

Edinaldo Favareto Gonzalez / Geziele Mucio Alves
Bruno Eduardo Mazetto Domingos / Diego Vieira Ramos
Lenilson Coutinho da Rocha / Lourival Domingos Zamuner
Luzia Mara Mendes Ferrer Amorim / Renan Gustavo Junqueira
Ricardo Cardoso de Oliveira / Rômulo Menck Romanichen
Sérgio Rodrigues de Souza / Shandy Alexandra Morassi
(Organizadores)

Engenharia Civil: a teoria e a prática



Edinaldo Favareto Gonzalez
Geziele Mucio Alves
Bruno Eduardo Mazetto Domingos
Diego Vieira Ramos
Lenilson Coutinho da Rocha
Lourival Domingos Zamuner
Luzia Mara Mendes Ferrer Amorim
Renan Gustavo Junqueira
Ricardo Cardoso de Oliveira
Rômulo Menck Romanichen
Sérgio Rodrigues de Souza
Shandy Alexandra Morassi
(Organizadores)

Engenharia Civil: a teoria e a prática

Maringá – Paraná
2019

2019 Uniedusul Editora
Copyright da Uniedusul Editora
Editor Chefe: Prof^o Me. Welington Junior Jorge
Diagramação e Edição de Arte: André Oliveira Vaz
Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Aline Rodrigues Alves Rocha – Pesquisadora
Ana Lúcia da Silva – UEM
André Dias Martins – Faculdade Cidade Verde
Brenda Zarelli Gatti – Pesquisadora
Carlos Antonio dos Santos – Pesquisador
Cleverson Gonçalves dos Santos – UTFPR
Delton Aparecido Felipe – UEM
Fábio Oliveira Vaz – Unifatecie
Gilmara Belmiro da Silva – UNESPAR
João Paulo Baliscai – UEM
Kelly Jackelini Jorge – UNIOESTE
Marcio Antonio Jorge da Silva – UEL
Márcio de Oliveira – UFAM
Pâmela Vicentini Faeti – UNIR/RM
Ricardo Bortolo Vieira – UFPR
Rodrigo Gaspar de Almeida – Pesquisador
Sâmilo Takara – UNIR/RM

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

E57 Engenharia civil: a teoria e a prática / Coordenador Edinaldo Favareto Gonzalez; organizadores Geziele Mucio Alves... [et al.].
– Maringá, PR: Uniedusul, 2019.
528 p. : il. ; 16 x 23 cm

Inclui bibliografia
ISBN 978-65-80277-16-2

1. Análise estrutural (Engenharia). 2. Construção civil.
3. Engenharia civil. I. Gonzalez, Edinaldo Favareto.

CDD 624

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

Permitido fazer download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.uniedusul.com.br

Apresentação da Obra

Prezados,

É uma honra ser convidado para redigir o texto de abertura do e-book que reúne os artigos técnicos elaborados pelos alunos do 5º ano de Engenharia Civil do Centro Universitário Ingá – Uningá.

Como Engenheiro Civil e também professor, sei da importância dos trabalhos desenvolvidos durante a vida acadêmica, para a futura atuação profissional.

Compartilhar conhecimento é uma via de mão dupla, onde cresce quem compartilha e quem recebe.

Com certeza os 28 alunos que aqui nos brindam com o resultado de suas pesquisas, serão os futuros profissionais que publicarão seus artigos na revista Técnico Científica do Crea-PR, que já está na sua 20ª edição e reúne trabalhos de todo o Paraná.

Iniciativas como esta, da Uningá, são extremamente louváveis, em especial por estarmos em um momento onde a Educação não está sendo tratada com a importância que merece, com mais respeito e maiores investimentos.

A Engenharia é uma das profissões que serão essenciais para a construção de um mundo mais igualitário, mais justo e mais sustentável. Os temas apresentados aqui exemplificam muito bem isso, como Gestão Sustentável de Recursos Hídricos e O aspecto Econômico nos Sistemas Construtivos Convencionais, por exemplo.

Parablenzo a todos os envolvidos no projeto deste e-book e desejo aos autores sucesso na caminhada.

Contem sempre com o Crea-PR!

Eng. Civ. Ricardo Rocha de Oliveira
Presidente do Crea-PR

SUMÁRIO

1. SISTEMA CONSTRUTIVO PAREDES DE CONCRETO MOLDADA IN LOCO	11
<i>BRUNO HENRIQUE MONTEIRO</i>	
<i>RICARDO CARDOSO DE OLIVEIRA</i>	
<i>SHANDY ALEXANDRA MORASSI</i>	
2. GESTÃO SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS HÍDRICOS EM ÂMBITO MUNICIPAL.....	31
<i>DAVID AMÉRICO NAKAGAWA</i>	
<i>LUZIA MARA MENDES FERRER AMORIM</i>	
<i>GEZIELE MUCIO ALVES</i>	
3. ESTUDO DE CASO DE UM RESTAURANTE COM A PROPOSTA DE UTILIZAR MÉTODOS ECOEFICIENTES NA CIDADE DE ÂNGULO/PR	51
<i>DELVAN BUZATTO</i>	
<i>LARISSA GABRIELA MIRAS MORENO</i>	
<i>LUZIA MARA MENDES FERRER AMORIM</i>	
<i>ALEXANDRE COELHO</i>	
4. ANÁLISE DE REVITALIZAÇÃO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL: ANEL VIÁRIO PREFEITO SINCLER SAMBATTI (CONTORNO SUL) - MARINGÁ PR	65
<i>FELIPE MARTINS</i>	
<i>SÉRGIO RODRIGUES DE SOUZA</i>	
5. USO DE PERMACULTURA NO TRATAMENTO DE EFLUENTES EM ÁREAS PERIURBANAS	79
<i>FLAVIO AUGUSTO FORCELLI</i>	
<i>DAVID AMERICO NAKAGAWA</i>	
<i>LENILSON COUTINHO DA ROCHA</i>	
<i>GEZIELE MUCIO ALVES</i>	
6. AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DO TRABALHO APLICADA EM CONSTRUTORAS DE MARINGÁ-PR.....	99
<i>HEITOR LOPES CANAVEZI</i>	
<i>EDINALDO FAVARETO GONZALEZ</i>	

7. ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE UM PAVIMENTO DRENANTE 119

HEITOR RODRIGUES CORDIOLI

SÉRGIO RODRIGUES DE SOUZA

8. ANÁLISE COMPARATIVA DO DIMENSIONAMENTO DE PILARES EM CONCRETO ARMADO ATRAVÉS DE CÁLCULOS MANUAIS E COM SOFTWARE 137

JHONATAN CARLOS RUIZ

RENAN GUSTAVO JUNQUEIRA

9. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMA DE AQUECIMENTO DE PISCINA A LENHA COM SOLAR ALIADO BOMBA DE CALOR..... 153

JOÃO VITOR MARTINEZ VICENTIM

LUZIA MARA MENDES FERRER AMORIM

10. DIAGNÓSTICO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA CIDADE DE IVAIPORÃ/PR 167

JOICE BARDINI BASTOS

LOURIVAL DOMINGOS ZAMUNER

11. NÃO CONFORMIDADES DE VIGAS E PILARES EM ESTRUTURA DE CONCRETO PRÉ- FABRICADO: ESTUDO DE CASO 185

JULIANA MOLINARI COSTA

LOURIVAL DOMINGOS ZAMUNER

12. LAUDOS DA DEFESA CIVIL DO ANO DE 2018 DA CIDADE DE APUCARANA/PR 203

LARISSA GABRIELA MIRAS MORENO

RENAN GUSTAVO JUNQUEIRA

13. IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIO PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL EM UMA RESIDÊNCIA..... 219

LÍGIA DE OLIVEIRA MARGUTTI

LENILSON COUTINHO DA ROCHA

LUZIA MARA MENDES FERRER AMORIM

**14. DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO
SANITÁRIO EXISTENTE NA CIDADE DE ITAGUAJÉ/PR ..233**

LUARA PEREIRA DA SILVA

LOURIVAL DOMINGOS ZAMUNER

**15. DIMENSIONAMENTO DE TRECHO DE TRANSPORTE
DE PESSOAS SOBRE TRILHO.....253**

LUCAS MATHEUS PEREIRA

SÉRGIO RODRIGUES DE SOUZA

**16. PRODUÇÃO DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO NO
NOROESTE DO PARANÁ 277**

LUIZ FELIPE PATRICIO

LUZIA MARA MENDES FERRER AMORIM

**17. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE
DETERMINAÇÃO DA CARGA DE INCÊNDIO EM
DEPÓSITOS.....301**

LUIZ GUSTAVO DE PAULO

DAVID AMÉRICO NAKAGAWA

LUZIA MARA MENDES FERRER AMORIM

LUÃ MARIANI SOARES

**18. ANÁLISE DAS RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO DO
CONCRETO PRODUZIDO POR MEIO DA ADIÇÃO DA
CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇUCAR NA
REGIÃO DA CIDADE DE MARINGÁ-PR.....319**

MARCELO PIERGENTILE SILVA

LENILSON COUTINHO DA ROCHA

**19. ANÁLISE DE ESTABILIZAÇÃO DO SOLO
GRANULOMÉTRICAMENTE PARA SUB – BASE E BASE DE
PAVIMENTOS 333**

MARCOS FERREIRA DE SOUZA

SÉRGIO RODRIGUES DE SOUZA

20. COMPARAÇÃO DE UM CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO ENTRE UMA CASA <i>LIGHT WOOD FRAME</i> E UMA CASA DE ALVENARIA CONVENCIONAL UTILIZANDO A PLATAFORMA BIM.....	351
<i>MURILO BORTOLO CATHARIN</i>	
<i>SHANDY ALEXANDRA MORASSI FRANCISCO</i>	
<i>LUZIA MARA MENDES FERRER AMORIM</i>	
21. CLASSIFICAÇÃO GEOTÉCNICA DO SOLO DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ	373
<i>NILTON CARLOS VALIM JUNIOR</i>	
<i>SERGIO RODRIGUES DE SOUZA KOBAYASHI</i>	
<i>TIAGO JOÃO PIZOLLI</i>	
22. O ASPECTO ECONÔMICO NOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS CONVENCIONAIS E EM WOOD FRAME.....	387
<i>PEDRO HENRIQUE TAVARES FERNANDES</i>	
<i>DIEGO VIEIRA RAMOS</i>	
<i>GEZIELE MUCIO ALVES</i>	
23. COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE ALVENARIA CONVENCIONAL E DRYWALL	407
<i>RHENAN CARLOS DE SOUZA CAETANO</i>	
<i>RICARDO CARDOSO DE OLIVEIRA</i>	
<i>EDINALDO FAVARETO GONZALEZ</i>	
24. CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO BORBA GATO (MARINGÁ- PR).....	423
<i>RODRIGO VASCONCELLOS</i>	
<i>LOURIVAL DOMINGOS ZAMUNER</i>	
<i>ORLANDO DONINI FILHO</i>	
25. GESTÃO DE PROJETOS UTILIZANDO BIM	437
<i>Taelis Barbosa</i>	
<i>Shandy Alexandra Morassi</i>	
<i>Bruno Eduardo Mazetto Domingos</i>	

**26. COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS
PRÉ-MOLDADO DE CONCRETO E ALVENARIA
CONVENCIONAL NA ETAPA DE VEDAÇÃO 459**

THIAGO ALVES PEREIRA

PEDRO HENRIQUE TAVARES FERNANDES

RÔMULO MENCK ROMANICHEN

SHANDY ALEXANDRA MORASSI

**27. O USO DO BIM NO DESENVOLVIMENTO
INTEGRADO DE PROJETO E NA COMPATIBILIZAÇÃO
DE PROJETOS 479**

VITOR MARIANO BARBOSA

SHANDY ALEXANDRA MORASSI

BRUNO EDUARDO MAZETTO DOMINGOS

**28. CARACTERIZAÇÃO DAS PATOLOGIAS DE UM
PAVIMENTO FLEXÍVEL ENTRE AS CIDADES DE
PAIÇANDU/PR À ÁGUA BOA/PR 499**

WELLINGTON HENRIQUE MOÇO

PEDRO HENRIQUE TAVARES FERNANDES

SÉRGIO RODRIGUES DE SOUZA

1. SISTEMA CONSTRUTIVO PAREDES DE CONCRETO MOLDADA *IN LOCO*

CONSTRUCTION SYSTEM OF CAST-IN-PLACE CONCRETE WALLS



BRUNO HENRIQUE MONTEIRO
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RICARDO CARDOSO DE OLIVEIRA
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

SHANDY ALEXANDRA MORASSI
Centro Universitário Ingá - UNINGÁ

RESUMO

Com a demanda elevada em escala de habitações sociais a serem construídas, as empresas da construção civil brasileira têm buscado por métodos construtivos que substituam os tradicionalmente utilizados, através da sistematização dos processos construtivos e, consequente, redução de custos, mão de obra e insumos a serem controlados nas construções. Em contraposição, buscam o aumento significativo da produtividade, eficiência e lucro. Desta forma, este trabalho teve por objetivo analisar um projeto arquitetônico utilizado em construções de unidades habitacionais financiadas pelo programa Minha Casa Minha Vida, no intuito de comprovar-se o rendimento, viabilidade executiva e financeira entre os métodos construtivos de paredes de concreto moldadas *in loco* com forma de alumínio em relação as paredes de alvenaria em blocos cerâmicos. Devido alguns processos construtivos da unidade habitacional (UH) não influenciarem no custo final da parede, por se tratar da mesma aplicação de serviços para ambos os métodos, a pesquisa se delimitou em realizar o comparativo de custo levando em consideração apenas os processos que pudessem interferir no custo da parede. Considerando a temática proposta, optou-se pela análise dos processos de execução e levantamento de insumos, mão de obra e produtividade utilizados em cada método construtivo, comparando-se

entre os orçamentos realizados, as vantagens e desvantagens de cada modelo e qual deles apresenta melhor desempenho em empreendimentos de alta repetitividade. Os resultados alcançados apontam que as paredes de concreto moldadas *in loco* com forma de alumínio demonstram ser um sistema construtivo com melhor produtividade, desempenho industrial e econômico quando comparado com o sistema de alvenaria em blocos cerâmicos.

Palavras-chave: Alvenaria convencional. Comparativo de custo. Insumos. Parede de concreto. Produtividade.

ABSTRACT

With the high demand for social housing to be built, Brazilian construction companies are looking for construction methods that replace those traditionally used, through the regularization of construction processes and, as a consequence: cost reduction, labor savings and reduction of inputs to control in buildings. However, they seek a significant increase in productivity, efficiency and profit. Thus, this paper aims to analyze an architectural project used in the construction of housing units funded by the federal government housing program “Minha Casa Minha Vida”, in order to prove the performance, executive and financial viability between the construction methods “cast-in-place aluminum-shaped concrete walls” in relation to the “masonry walls in clay-based ceramic blocks”. Due to the fact that some building processes of those housing units do not influence the final costs of the walls (because it is the same use of services for both methods) the research limit is to make the cost comparison taking into consideration only the processes that could influence the final price of the walls. Considering the proposed theme, the decision was by analyzing the execution processes and quantitative survey of inputs and labor used, and the productivity in each construction method; Comparing among the budgets made, the advantages and disadvantages of each model and which one presents better performance for high repeatability enterprises. The results show that the “cast-in-place aluminum-shaped concrete walls” appear to be a building system with better productivity, industrial and economic performance when compared to the “masonry walls in clay-based ceramic blocks”.

Keywords: Conventional masonry. Comparative cost. Inputs. Concrete wall. Productivity.

1. INTRODUÇÃO

Com a demanda elevada de habitações sociais sequenciais a serem construídas num espaço curto de tempo, observa-se que a execução de empreendimentos em alvenaria convencional, nem sempre alcançou lucro satisfatório. Jesus e Barreto (2018) destacam que a indústria da construção civil brasileira tem buscado soluções que visem substituir os tradicionais métodos de construção por processos com maior desempenho industrial.

Em sentido análogo, Santos (2013) relata que as empresas procuram alternativas para aumentar sua competitividade no mercado - redução de perdas, aumento da qualidade, diminuição de mão de obra e velocidade no processo construtivo – já que a racionalização desses itens reflete diretamente no lucro. Relata, ainda, que a industrialização do processo construtivo impõe que as empresas adquiriram novas tecnologias para permanecerem “vivas” no mercado e que dentre tantas, o modelo de paredes de concreto moldado *in loco* atende essas necessidades.

Inegavelmente, a relação entre volume produzido e recursos consumidos na construção civil brasileira é um dos tópicos que mais preocupam as empresas do setor. Ademais, o país apresenta um dos piores índices de produtividade na construção civil em termos mundiais. Este rendimento está diretamente relacionado com o aproveitamento dos recursos disponíveis em canteiro, ou seja, melhor utilização do espaço físico, das ferramentas, dos insumos, dos processos de transporte e, também, das técnicas de gerenciamento e, claro, da mão de obra (LOTURCO, 2017).

A utilização de sistemas construtivos não convencionais no Brasil foi impulsionada após a extinção do Banco Nacional de Habitação (BNH), em 1986, período em que as construtoras buscavam novas tecnologias que pudessem racionalizar a produção de edifícios, otimizando suas atividades e minimizando os seus custos. Dentre os sistemas construtivos desenvolvidos nesse período, destacou-

se o sistema de paredes de concreto moldados *in loco* (SACHT; ROSSIGNOLO; BUENO, 2011).

Em 1980, a empresa brasileira Gethal desenvolveu a tecnologia de paredes e lajes em concreto moldadas *in loco*. Este produto demonstrou ser tecnicamente melhor e com menor custo, quando comparado a parede convencional até então utilizado. A Gethal foi pioneira no uso deste sistema em nosso país, já visando à industrialização das construções. Entretanto, o alto investimento inicial necessário, a pouca flexibilidade do sistema na época e as limitações do sistema financeiro da habitação daquele período provocaram uma descontinuidade dessa tecnologia no Brasil (BRAGUIM, 2013).

Em função da demanda do programa Minha Casa Minha Vida, que começava a ser implantado, a Caixa Econômica Federal pediu um estudo de viabilidade sobre a tecnologia, o que desencadeou o desenvolvimento da norma brasileira NBR 16055 (ABNT, 2012) parede de concreto moldada *in loco* para a construção de edificação (BRAGUIM, 2013). Esta norma se aplica às paredes submetidas à carga axial, com ou sem flexão, concretadas com todos os elementos que farão parte da construção final, tais como detalhes de fachadas, armaduras distribuídas e localizadas, instalações elétricas e hidráulicas.

Antes da aprovação da norma NBR 16055 (ABNT, 2012), o sistema construtivo seguia as diretrizes do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT), a fim de que fossem verificadas e pudessem entrar no mercado de sistemas construtivos para o requerimento de financiamento. Superada essa fase, a tecnologia se transformou no melhor modelo acabado de industrialização na construção civil nacional de casas e prédios voltados para o Programa Minha Casa Minha Vida, tornando-se dominantes, principalmente, para as construtoras que atuavam nas regiões norte e nordeste do país (SANTOS, 2016).

Para a execução das paredes de concreto, o mercado brasileiro disponibiliza basicamente de três tipos de fôrmas: as metálicas, com quadros e chapas em alumínio ou aço; as metálicas com compensado,

compostas por quadros em alumínio ou aço e chapas de madeira; e as fôrmas plásticas, formadas por quadros e chapas de plástico reciclável. A utilização de moldes adequados potencializa os ganhos do sistema, por isso a escolha do material deve levar em conta fatores como produtividade da mão de obra, peso por metro quadrado dos painéis, número de peças do sistema, durabilidade da chapa e possibilidade de reutilizações. Fatores como modulação dos painéis, flexibilidade diante das opções de projeto, adequação à fixação de embutidos e suporte técnico oferecido pelo fornecedor também são decisivos para a compra ou locação do tipo ideal de fôrma (CICHINELLI, 2014).

Segundo Fonseca Junior (2018), o processo de execução das paredes de concreto moldado *in loco* consiste em:

Locação da fundação: para orientar o posicionamento dos painéis, é necessário esquadrear e marcar as linhas das faces internas e externas das paredes no piso de apoio e fixar entre as linhas espaçadores podendo assim dar direção as placas.

Montagem das armaduras: quem define e especifica a montagem de telas soldadas e reforços é o projeto estrutural. De modo geral, para a montagem da armadura é realizado a colocação de arranques verticais a cada 0,5 m possibilitando o levantamento da tela soldada. Depois, são acrescentadas nas armaduras os reforços, as ancoragens de cantos e as cintas. Para agilizar a montagem das armaduras, recomenda-se cortar previamente os locais onde serão posicionadas as esquadrias de portas e janelas.

Instalações elétricas, hidráulicas: eletrodutos, caixas de interruptores, tomadas, luz e kits hidráulicos devem ser fixados nas armaduras para evitar que se desloquem quando do lançamento do concreto. Espaçadores entre esses elementos e as faces dos moldes garantem o recobrimento pelo concreto e o posicionamento das peças. Deve-se proteger as caixas elétricas contra a entrada de concreto e consequente obstrução dos dutos.

Aplicação de desmoldante nas formas: antes de iniciar a montagem das formas é necessário aplicar o desmoldante na face interna da forma para melhor desforma, limpeza e como consequência

aumento da sua vida útil.

Montagem das formas: é comum iniciar a montagem dos painéis pelos cantos, formando um “L”, e depois a face interna. A partir desse momento, segue-se a sequência com faquetas, pino e cunha, sempre obedecendo à distribuição indicada na planta executiva. A conexão entre as placas e escoras que mantêm os painéis em pé. Por fim, é verificado o esquadro das formas, alinhamento das placas e prumo das paredes.

Concretagem das paredes: A preferência deve ser pelo concreto auto adensável, que dispensa vibração. É importante tomar precauções para manter a homogeneidade do concreto para que não ocorra a segregação dos materiais. O lançamento do concreto é realizado através de bombeamento diretamente sobre os vãos das paredes.

Desforma: ao atingir a resistência e a elasticidade previstas em projeto, o concreto deve ser desenhado sem choques para evitar o aparecimento de fissuras por ações mecânicas. Os painéis devem ser limpos, com cuidadosa remoção da película de concreto que adere à superfície. Assim que limpos, devem receber novamente o agente desmoldante. Este, por sua vez, deve ser escolhido de acordo com o material das superfícies - madeira, metal ou plástico. A cura, em geral a úmida, deve ser iniciada cedo para evitar o surgimento de fissuras superficiais, é recomendado molhar as superfícies pelo menos cinco vezes por dia.

As paredes de concreto moldado *in loco* são recomendáveis para obras nas pequenas e grandes cidades e que exigem prazos de entrega exíguos, economia e otimização da mão de obra (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2012).

Com uma diversificada família e grande variedade de peças, o bloco cerâmico garante flexibilidade nas plantas, atendendo a construções de baixo, médio e alto padrão. A alvenaria de vedação não é dimensionada para resistir a ações além de seu próprio peso, sendo o bloco cerâmico utilizado para constituir as alvenarias externas e internas. Como nesse caso não há função estrutural, os blocos cerâmicos de vedação não precisam ter alta resistência à compressão. A NBR

15270-1 (ABNT, 2005), que diz respeito a terminologia e requisitos, especifica uma resistência mínima de 3,0 MPA para blocos cerâmicos de vedação com furos na vertical (NETO, 2017).

Os materiais cerâmicos, ainda hoje, são largamente empregados na construção civil. Isso ocorre pelo seu baixo custo inicial quando comparado a outros métodos, além da disponibilidade do material no mercado. Suas propriedades de resistência mecânica e sua durabilidade são estáveis, fazendo com que, normalmente, eles não sejam atacados por agentes que corroem metais e materiais orgânicos. Estas propriedades são de grande valor para a construção civil, já que os blocos/tijolos cerâmicos se constituem em importantes elementos da edificação (OLIVEIRA, 1993).

Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi realizar um estudo comparativo de custo entre o sistema construtivo parede de concreto moldada *in loco* em relação ao de alvenaria convencional em blocos cerâmicos. Dentre os objetivos específicos tem-se o levantamento de mão de obra, tempo de execução e insumos utilizados em cada método construtivo, a apresentação do orçamento de uma habitação popular nos dois métodos citados, a análise de viabilidade do sistema construtivo mais econômico na concepção de um conjunto habitacional de 1000 (mil) unidades, bem como a descrição das vantagens e desvantagens dos respectivos sistemas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Devido alguns processos construtivos da unidade habitacional (UH) não influenciarem no custo final da parede, por se tratar da mesma aplicação para ambos os métodos, não foram levados em consideração os serviços de laje, fundação (tipo *radier*), esquadrias, estrutura de cobertura, entelhamento, assentamento cerâmico, revestimento cerâmico, emassamento e pintura.

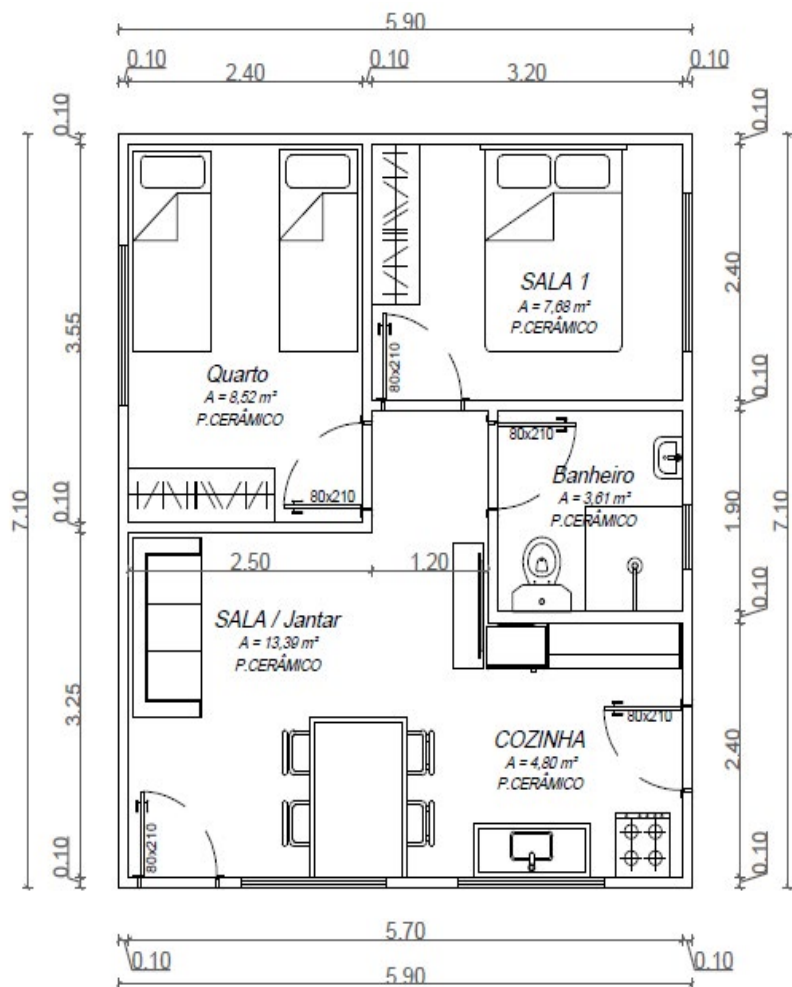
A pesquisa se delimitou em realizar o comparativo de custo entre as paredes em concreto moldado *in loco* e alvenaria em blocos

cerâmicos, levando-se em consideração os serviços de armação e reforços (paredes, pilares, vigas, verga e contra verga), instalações elétricas e hidráulicas, concretagem (paredes, pilares, vigas, verga e contra verga), reboco, estuque das paredes e a mão de obra para os serviços já citados.

Foram levados em consideração apenas os processos que pudessem interferir no custo da parede, no intuito de facilitar o alcance dos objetivos propostos. Portanto, realizou-se a análise de um projeto de uma residência de caráter unifamiliar que compõe vários conjuntos habitacionais projetados por uma grande construtora. A partir deste exame e de cada método construtivo, efetuou-se o levantamento de insumos e de custos para os sistemas parede de concreto moldada *in loco* e alvenaria convencional em blocos cerâmicos.

O projeto arquitetônico em estudo é utilizado em construções de unidades habitacionais financiadas pelo programa Minha Casa Minha Vida, os quais caracterizam-se de dimensões mínimas, atendendo o mobiliário mínimo definido nas especificações da Portaria 269/2017 do Ministério das Cidades: 2 (dois) dormitórios, sala de estar/ refeições, cozinha, banheiro e circulação, totalizando uma área total de 38 m² e 81,33 m² de paredes, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Planta baixa.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

No comparativo entre os dois métodos construtivos foram utilizados os seguintes processos:

- Estudo do projeto arquitetônico da unidade habitacional (UH) e levantamento das áreas de fechamento;
- Levantamento de insumos empregados em cada método construtivo para a obtenção do fechamento da unidade habitacional (UH);

- Para o sistema construtivo paredes de concreto moldado *in loco* foi realizado o quantitativo a partir de resumos de insumos e mão de obra fornecidos pela construtora;
- Para o sistema construtivo em alvenaria convencional em blocos cerâmicos a composição quantitativa de insumos e mão de obra, foi consultado a Tabela de Composição de Preços para Orçamento (TCPO) onde estão especificados os coeficientes necessários para cada função;
- Com o quantitativo de materiais, realizou-se o levantamento de custos adotando-se os valores médios de insumos pesquisados, conforme Tabela SINAPI para ambos os métodos construtivos (Tabela 1 e 2);
- Para cada sistema construtivo foram comparados os custos por m², utilizando-se como parâmetro um empreendimento de alta repetitividade de 1000 (mil) unidades habitacionais (Tabela 1 e 2).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando comparados os projetos de execução das duas paredes, observa-se que o sistema de alvenaria em blocos cerâmicos é o método construtivo tradicionalmente aceito e utilizado pela sociedade, visto que esse sistema é mais flexível em suas diferentes formas de execução, bem como pela disponibilidade dos insumos nos depósitos de construção. Por outro lado, o sistema de paredes de concreto moldado *in loco* com forma de alumínio, apresentam uma difícil alteração na execução de diferentes projetos, já que as formas de alumínio quando projetadas, servem para um único e específico tipo de projeto para o qual foi designada (SOUZA, 2018).

Analisando os insumos utilizados em cada método construtivo, consoante Tabelas 1 e 2, o alto custo das formas de alumínio evidenciam-se (Tabela 1), de modo que a viabilidade do sistema de paredes de concreto moldado *in loco* tende a ocorrer em empreendimentos de

alta repetitividade e com um grande número de unidades sequenciais. Dentre as vantagens desse método, destacam-se o seu reaproveitamento e longevidade, com um ciclo de reutilização entre 500 (quinhentos) a 2.000 (duas mil) vezes, redução de insumos a serem utilizados e controlados nos canteiros de obra, resultando num local mais limpo e organizado, com menos entulho e desperdícios (COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO, 2012).

De acordo com os dados obtidos nos índices de produtividade de cada um dos sistemas construtivos, conforme Tabelas 1 e 2, verifica-se que as paredes de concreto moldadas *in loco* com forma de alumínio apresentam uma produtividade de 56% maior quando comparado com o sistema de paredes em blocos cerâmicos de alvenaria. Ademais, há uma redução do número de serviços a serem executados, não havendo a necessidade de chapisco e reboco, pilares, viga de respaldo, verga, contra verga, quebra de paredes para a implantação do sistema elétrico e hidráulico (SOUZA, 2018).

Portanto, a redução de tarefas a serem executadas numa construção está intrinsecamente relacionada com a modificação dos insumos empregados em serviço, influenciando numa melhor produtividade, que demanda menos esforço para se obter determinado resultado. Padronizando-se o processo construtivo, as habitações tornam-se mais confiáveis devido seu maior controle de qualidade.

O sistema construtivo parede de concreto moldado *in loco* demonstrou melhor desempenho econômico, com uma economia média de 28,7 % quando comparado com o sistema construtivo de paredes de alvenaria em blocos cerâmicos. Outrossim, observou-se que esse sistema proporciona maior garantia de cumprimento de prazos, industrialização do processo e melhor controle de produção (MORAIS, 2017).

Tabela 1 - Resumo de custos e mão de obra para o sistema de paredes de concreto moldado *in loco*.

	Descrição	Un	Quant.	Preço unitário	Preço total
Tarefa	Armação em tela de aço soldada nervurada q-92, aço ca-60, 4,2mm, malha 15x15cm				
Insumo	Espaçador circular de plástico d=100 mm nbr 16095	Un	180,00	R\$ 0,50	R\$ 90,00
Insumo	Broca de videira 8 mm – sds	Un	0,10	R\$ 6,99	R\$ 0,70
Insumo	Adesivo estrutural a base de resina epóxi, bi componente, fluido	Kg	0,30	R\$ 38,85	R\$ 11,66
Insumo	Arame recozido 18 bwg, 1,25 mm (0,01 kg/m)	Kg	1,00	R\$ 11,90	R\$ 11,90
Insumo	Tela de aço soldada nervurada ca-60, q-92, (1,48 kg/m ²), diâmetro do fio = 4,2 mm, largura = 2,45 x 60 m de comprimento, espaçamento da malha = 15 x 15 cm	M ²	196,00	R\$ 11,13	R\$ 2.181,48
Composição	Armador com encargos complementares	H	6,00	R\$ 23,95	R\$ 143,70
Composição	Servente com encargos complementares	H	6,00	R\$ 18,58	R\$ 111,48
Tarefa	Armação das paredes, executada como reforço, vergalhão de 8,0 mm de diâmetro.				
Insumo	Aço ca-50, 8,0 mm, vergalhão	Kg	113,76	R\$ 5,63	R\$ 640,47
Insumo	Arame recozido 18 bwg, 1,25 mm (0,01 kg/m)	Kg	1,00	R\$ 11,90	R\$ 11,90
Composição	Ajudante de armador com encargos complementares	H	2,00	R\$ 18,30	R\$ 36,60
Composição	Armador com encargos complementares	H	2,00	R\$ 23,95	R\$ 47,90
Tarefa	Instalações elétricas e hidráulicas				
Insumo	Pedreiro com encargos complementares	H	4,00	R\$ 24,90	R\$ 99,60
Insumo	Pedreiro com encargos complementares	H	4,00	R\$ 24,90	R\$ 99,60
Tarefa	Formas manuseáveis para paredes de concreto moldadas <i>in loco</i>, de edificações de pavimento único.				
Insumo	Sistema de formas de alumínio, para edificação residencial unifamiliar com paredes de concreto moldadas <i>in loco</i> , unidade habitacional térrea com 38 m ² , com sala, circulação, 2 quartos, banheiro, cozinha e tanque externo	M ²	0,001	R\$ 228.303,60	R\$ 228,30
Insumo	Rolo de lã de carneiro 23 cm (sem cabo)	Un	0,10	R\$ 27,21	R\$ 2,72
Insumo	Suporte para rolo	Un	0,10	R\$ 8,31	R\$ 0,83

Insumo	Protetor de presilha camisinha elíptica	Un	500,00	R\$ 0,10	R\$ 50,00
Insumo	Desmoldante para formas metálicas a base de óleo vegetal	L	30,00	R\$ 11,16	R\$ 334,80
Composição	Carpinteiro de formas com encargos complementares	H	7,00	R\$ 23,95	R\$ 167,65
Composição	Carpinteiro de formas com encargos complementares	H	7,00	R\$ 23,95	R\$ 167,65
Composição	Servente com encargos complementares	H	7,00	R\$ 18,58	R\$ 130,06
Composição	Servente com encargos complementares	H	7,00	R\$ 18,58	R\$ 130,06
Tarefa	Concretagem de edificações (paredes e lajes) feitas com sistema de fôrmas manuseáveis, com concreto usinado auto adensável fck 25 mpa - lançamento e acabamento.				
Insumo	Concreto auto adensável (caa) classe de resistência c25, espalhamento slump flow 2, inclui serviço de bombeamento (nbr 15823)	M³	9,00	R\$ 244,21	R\$ 2.197,89
Composição	Pedreiro com encargos complementares	H	3,00	R\$ 24,90	R\$ 74,70
Composição	Pedreiro com encargos complementares	H	3,00	R\$ 24,90	R\$ 74,70
Composição	Pedreiro com encargos complementares	H	3,00	R\$ 24,90	R\$ 74,70
Composição	Pedreiro com encargos complementares	H	3,00	R\$ 24,90	R\$ 74,70
Tarefa	Tratamento em concreto com estuque e lixamento				
Insumo	Cimento Portland composto cp ii-32	Kg	60,00	R\$ 0,44	R\$ 26,40
Insumo	Disco de desbaste para metal ferroso em geral, com três telas, 9 x 1/4 x 7/8 “ (228,6 x 6,4 x 22,2 mm)	Un	8,00	R\$ 21,20	R\$ 169,60
Composição	Pedreiro com encargos complementares	H	8,00	R\$ 24,90	R\$ 199,20
			Custo final / UH		R\$ 7.590,95
			Custo para elaboração de 1000 UH		R\$ 7.590.950,00

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

Tabela 2 - Resumo de custos e mão de obra para o sistema alvenaria em blocos cerâmicos.

	Descrição	Un	Quant.	Preço unitário	Preço total
Tarefa	Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida maior ou igual a 6m² com vãos e argamassa de assentamento com preparo em betoneira.				
Insumo	Bloco cerâmico (alvenaria de vedação), de 9 x 19 x 19 cm	Mil	2,514	R\$ 435,00	R\$ 1.093,59
Composição	Argamassa traço 1:2:8 (cimento, cal e areia média) para emboço/massa única/assentamento de alvenaria de vedação, preparo mecânico com betoneira 400 l.	M³	0,5	R\$ 300,04	R\$ 150,02
Composição	Pedreiro com encargos complementares	H	48,54	R\$ 24,09	R\$ 1.169,33
Composição	Servente com encargos complementares	H	29,5	R\$ 18,58	R\$ 548,11
Tarefa	Serviços relacionados a rasgos				
Composição	Pedreiro com encargos complementares	H	4,6	R\$ 24,09	R\$ 110,81
Composição	Servente com encargos complementares	H	11,5	R\$ 18,58	R\$ 213,67
Tarefa	Enchimento dos rasgos				
Composição	Pedreiro com encargos complementares	H	6,9	R\$ 24,09	R\$ 166,22
Composição	Servente com encargos complementares	H	4,6	R\$ 18,58	R\$ 85,47
Composição	Argamassa mista de cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:4	M³	0,115	R\$ 296,51	R\$ 34,10
Tarefa	Reboco para parede com argamassa de cimento e areia sem peneirar e = 20 mm				
Composição	Pedreiro com encargos complementares	H	56,12	R\$ 24,09	R\$ 1.351,93
Composição	Servente com encargos complementares	H	56,12	R\$ 18,58	R\$ 1.042,71
	Argamassa mista de cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:4	M³	2,00	R\$ 296,51	R\$ 593,02
Tarefa	Fabricação de fôrma para pilares e estruturas similares, em chapa de madeira compensada plastificada, e = 18 mm.				
Insumo	Tabua de madeira não aparelhada *2,5 x 30 cm (1 x 12 ") pinus, mista ou equivalente da região	M²	21,02	R\$ 19,99	R\$ 420,19

Insumo	Pontaletes de madeira não aparelhada *7,5 x 7,5* cm (3 x 3 “) pinus, mista ou equivalente da região	M	16,08	R\$ 2,96	R\$ 47,60
Insumo	Sarrafo de madeira não aparelhada *2,5 x 7,5* cm (1 x 3 “) pinus, mista ou equivalente da região	M	71,67	R\$ 1,06	R\$ 75,97
Insumo	Prego de aço polido com cabeça 17 x 21 (2 x 11)	Kg	1,57	R\$ 10,14	R\$ 15,92
Composição	Ajudante de carpinteiro com encargos complementares	H	4,51	R\$ 20,02	R\$ 90,29
Composição	Carpinteiro de formas com encargos complementares	H	17,5	R\$ 23,95	R\$ 419,13
Tarefa	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando aço ca-50 de 8,0 mm - montagem.				
Insumo	Arame recozido 18 bwg, 1,25 mm (0,01 kg/m)	Kg	2,18	R\$ 11,90	R\$ 25,94
Insumo	Espaçador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão *4,2 a 12,5* mm, cobrimento 20 mm	Un	513,24	R\$ 0,14	R\$ 71,85
Insumo	Aço ca-50, 8,0 mm, vergalhão	Kg	109,2	R\$ 5,63	R\$ 614,80
Composição	Ajudante de armador com encargos complementares	H	15,48	R\$ 18,30	R\$ 283,28
Composição	Armador com encargos complementares	H	8,73	R\$ 23,95	R\$ 209,08
Tarefa	Concretagem de pilares e vigas, fck = 25 mpa, com uso de baldes em edificação com seção média de pilares menor ou igual a 0,25 m² - lançamento, adensamento e acabamento.				
Insumo	Concreto usinado bombeável, classe de resistência c25, com brita 0 e 1, slump = 100 +/- 20 mm, exclui serviço de bombeamento (nbr 8953)	M³	1,5	R\$ 214,31	R\$ 321,47
Composição	Carpinteiro de formas com encargos complementares	H	8	R\$ 23,95	R\$ 191,60
Composição	Pedreiro com encargos complementares	H	8	R\$ 24,09	R\$ 192,72
Composição	Servente com encargos complementares	H	8	R\$ 18,58	R\$ 148,64
Tarefa	Verga moldada <i>in loco</i> em concreto para janelas com até 1,5 m de vão.				
Insumo	Desmoldante protetor para formas de madeira, de base oleosa emulsionada em água	L	1	R\$ 5,28	R\$ 5,28
Insumo	Pontaletes de madeira não aparelhada *7,5 x 7,5* cm (3 x 3 “) pinus, mista ou equivalente da região	M	9	R\$ 2,96	R\$ 26,64

Insumo	Espaçador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão *4,2 a 12,5* mm, cobrimento 20 mm	Un	27	R\$ 0,14	R\$ 3,78
Composição	Pedreiro com encargos complementares	H	0,56	R\$ 24,09	R\$ 13,49
Composição	Servente com encargos complementares	H	8	R\$ 18,58	R\$ 148,64
Composição	Fabricação de fôrma para vigas, com madeira serrada, e = 25 mm.	M³	3	R\$ 62,61	R\$ 187,83
Composição	Corte e dobra de aço ca-50, diâmetro de 6,3 mm, utilizado em estruturas diversas, exceto lajes.	Kg	14,7	R\$ 6,47	R\$ 95,11
Composição	Concreto fck = 20mpa, traço 1:2,7:3 (cimento/ areia média/ brita 1) - preparo mecânico com betoneira 600 l.	M³	0,28	R\$ 279,25	R\$ 78,19
Tarefa	Contraverta moldada <i>in loco</i> em concreto para vãos de até 1,5 m de comprimento.	M			
Insumo	Desmoldante protetor para formas de madeira, de base oleosa emulsionada em água	L	0,5	R\$ 5,28	R\$ 2,64
Insumo	Espaçador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão *4,2 a 12,5* mm, cobrimento 20 mm	Un	12	R\$ 0,14	R\$ 1,68
Composição	Pedreiro com encargos complementares	H	0,3	R\$ 24,09	R\$ 7,23
Composição	Servente com encargos complementares	H	4,32	R\$ 18,58	R\$ 80,27
Composição	Fabricação de fôrma para vigas, com madeira serrada, e = 25 mm. Af_12/2015	M²	3,36	R\$ 62,61	R\$ 210,37
Composição	Corte e dobra de aço ca-50, diâmetro de 6,3 mm, utilizado em estruturas diversas, exceto lajes.	Kg	8,23	R\$ 6,47	R\$ 53,25
Composição	Concreto fck = 20mpa, traço 1:2,7:3 (cimento/ areia média/ brita 1) preparo mecânico com betoneira 600 l.	M³	0,15	R\$ 279,25	R\$ 41,89
			Custo final / UH		R\$ 10.643,73
			Custo para elaboração de 1000 UH		R\$ 10.643.730,00

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019).

4. CONCLUSÃO

A alvenaria convencional em blocos cerâmicos demonstra comumente ser uma ótima alternativa para a construção de obras de baixa escala, e, portanto, ainda é o método construtivo mais utilizado na construção civil devido ao baixo custo inicial dos materiais, além da facilidade de encontrá-los em depósitos de construção.

Devido a produtividade estar ligada diretamente com o lucro final do empreendimento, a alvenaria convencional não vem mais satisfazendo esse requisito, pois o alto número de tarefas e insumos a serem controlados no canteiro de obra, não possibilitam maior rendimento quando comparado com as paredes de concreto moldadas *in loco* com forma de alumino ou outros métodos construtivos.

O sistema de paredes de concreto moldado *in loco* é baseado em processos industrializados, o qual representa uma ótima alternativa para empreendimentos de alta repetitividade e obras de grande escala, como pode ser observado, por exemplo, no programa governamental de habitação popular Minha Casa, Minha Vida. A grande desvantagem desse método construtivo é o alto custo das formas e dificuldade de adaptação para diferentes tipos de projetos que só ocorre o retorno em um grande número de unidades habitacionais (UH). Esse sistema também aceita ampliações e tem baixa manutenção, elimina problemas de patologias que existem no sistema construtivo em alvenaria, pois possui maior rigidez dos elementos estruturais.

Os resultados obtidos a partir dos orçamentos elaborados demonstram que o uso das paredes de concreto moldada *in loco* é o meio mais econômico quando comparado com o de alvenaria convencional em blocos cerâmicos, obtendo uma economia média de 28,7% em relação ao outro sistema construtivo.

5. REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1**: componentes cerâmicos. Parte 1: blocos cerâmicos para alvenaria de vedação terminologia e requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16055**: parede de concreto moldada no local para construção de edificações – requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

BRAGUIM, Thales Couto. **Utilização de modelos de cálculo para projeto de edifícios de paredes de concreto moldadas no local**. 2013. 188 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

CARVALHO, LEANDRO FARIA. **Análise Comparativa dos Sistemas Construtivos em Alvenaria Convencional, Alvenaria Estrutural e Moldes Isolantes para Concreto (Icf)**. Trabalho de conclusão de curso (Engenheiro civil) - Mestre em Engenharia de Estruturas, São Paulo, 2012.

CICHINELLI, GISELE C. **Paredes de concreto**. São Paulo, 03 2014. Disponível em: <http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/152/artigo307910-1.aspx>. Acesso em: 8 jun. 2019.

COMUNIDADE DA CONSTRUÇÃO. **Parede de Concreto**. Disponível em: < <http://www.comunidade-da-construcao.com.br/sistemas-construtivos/2/vantagens/viabilidade/20/vantagens.html> >. Acesso em: 02 abr. 2019.

FERREIRA, A. S. **Estudo comparativo de sistemas construtivos industrializados: Paredes de concreto, steel frame e wood frame**. 2014. 62f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

LOTURCO, BRUNO. **Produtividade na construção civil: o que é e como medir**. [S. l.], 16 nov. 2017. Disponível em: <<https://www.sience.com.br/blog/produtividade-na-construcao-civil/>>. Acesso em: 9 jun. 2019.

JESUS, A. T. C.; BARRETO, M. F. F. M. Análise comparativa dos sistemas construtivos em alvenaria convencional, alvenaria estrutural e moldes isolantes para concreto (icf). **E&S - Engineering and Science**. Volume 3, Edição 7, Cuiabá, 2018. Disponível em: <<http://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/6926/4862>>. Acesso em:

JUNIOR, A. F. **Paredes de concreto**. São Paulo, 11 2008. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/140/paredes-de-concreto-287594-1.aspx>. Acesso em: 11 maio 2019.

MISURELLI, H.; MASSUDA, C. **Paredes de Concreto**. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/147/paredes-de-concreto-285766-1.aspx>>. Acesso em: 02 abr. 2019.

MORAIS, Gabriela Miranda. **Planejamento da Execução de Paredes de Concreto Armado: Um Estudo de Caso**. Goiânia-Go, 10 jul. 2017.

NETO, DIRCEU. **Blocos cerâmicos deixam de ser opção apenas para vedação e ganham espaço na alvenaria estrutural**. [S. l.], 15/02 2017. Disponível em: <https://techne.pini.com.br/2017/02/blocos-ceramicos-deixam-de-ser-opcao-apenas-para-vedacao-e-ganham-espaco-na-alvenaria-estrutural/>. Acesso em: 14 abr. 2019.

OLIVEIRA, S. M. **Avaliação dos Tijolos e Blocos Cerâmicos do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, 1993.

SACH, H.M.; ROSSIGNOLO, J.A.; BUENO, C. Vedações verticais em concreto moldadas *in loco*: avaliação do conforto térmico de habitações térreas no Estado de São Paulo. **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais**, v.4, São Paulo, 2011.

SANTOS, E. B. **Estudo comparativo de viabilidade entre alvenaria de blocos cerâmicos e paredes de concreto moldadas no local com fôrmas metálicas em habitações populares**. 2013. Trabalho de conclusão de curso (Curso superior de Engenharia Civil) Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campo Mourão, 2013.

SANTOS, ALTAIR. **Paredes de concreto já dominam Minha Casa Minha Vida**. [S. l.], 12 maio 2016. Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/paredes-de-concreto-minha-casa-minha-vida/>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

SOUZA, THIAGO GOMES. **Estudo de viabilização de métodos construtivos: alvenaria com blocos cerâmicos e paredes de concreto**. Trabalho de conclusão de curso, Maringá-PR, 23 nov. 2018.

TCPO. **Tabela de composição de preços e orçamento**. São Paulo: PINI, 2014.

SINAPI. **Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil**. Disponível em: http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria_556. Acesso em 26 mai.2018.

2. GESTÃO SUSTENTÁVEL DOS RECURSOS HÍDRICOS EM ÂMBITO MUNICIPAL

SUSTAINABLE WATER RESOURCE MANAGEMENT FOR CITIES



DAVID AMÉRICO NAKAGAWA
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

LUZIA MARA MENDES FERRER AMORIM
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

GEZIELE MUCIO ALVES
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RESUMO: O município de Marialva/PR é um exemplo de uma situação recorrente dentro os pequenos municípios do estado, onde a prosperidade econômica e o aumento vertiginoso da população não vieram necessariamente acompanhados de planejamento e obras de infraestrutura para atender a demanda de consumo de recursos, principalmente naturais. Nesta realidade, a água destaca-se como um importante e crítico recurso em carência de análises prospectivas de demanda e ações integradas para a sua boa gestão. Assim, esse trabalho teve como objetivo elaborar análises prospectivas sobre os recursos hídricos em âmbito municipal, sondando o aparato técnico e eficiência da gestão das fontes de água, analisando o grau de providência da autarquia vigente para cenários simulados de aumento de população e possíveis condições de escassez. Os resultados demonstraram que, seguindo uma tendência nacional, o grau de eficiência previsto para o aumento de demanda e possíveis cenários de falta de água é compatível com a realidade da maioria dos municípios brasileiros, ou seja, muito aquém do esperado ou, diga-se, necessário. Marialva possui reservas das quais não conhece com efetividade o volume total, por falta de estudos direcionados, não sendo ainda capaz de determinar uma saturação do sistema de captação, por exemplo. Além disso, possui carências na infraestrutura que, embora não comprometam a qualidade da água ofertada a população, geram desperdício de recursos hídricos e incertezas ao futuro da rede. Incertezas tais que, uma vez que os recursos financeiros dispensados para o saneamento básico no município são

dependentes de repasse público, parecem tender a se manter.

PALAVRA-CHAVE: Saneamento Básico. Gestão da água. Consumo sustentável.

ABSTRACT: The city of Marialva, in the state of Parana, is an example of a recurring situation among small towns, where economic prosperity and huge population growth are not accompanied by planning and infrastructure works to meet the demand for resource consumption, mostly natural. In this scenario, water stands out as an important and critical resource in the absence of prospective demand analysis and integrated actions for good management. Thus, this paper aimed to prepare prospective analyzes on water resources at the municipal level, checking the technical apparatus and efficiency of water source management, analyzing the degree of efficiency of the water management company, in simulated scenarios of population increase and possible shortage conditions. The results showed that, following a national trend, the expected degree of efficiency for possible scenarios of water shortage and increased demand is compatible with the reality of most Brazilian cities, being far below expected or necessary. Marialva has water reserves of which it does not know the total volume, due to lack of targeted studies, and is not yet able to determine a saturation of the water catchment system, for example. In addition, the system has deficiencies in infrastructure that, while not compromising the quality of water offered to the population, generate waste of water resources and uncertainties for the future of the network. Uncertainties such that, since the financial resources provided for basic sanitation in the municipality are dependent on public money, seems to remain.

KEYWORD: Basic Sanitation. Water management. Sustainable consumption.

1. INTRODUÇÃO

Os recursos hídricos são pontuais e relevantes para a discussão de qualquer temática envolvendo desenvolvimento e ocupação do espaço geográfico, uma vez que são a base para a manutenção das necessidades essenciais das populações, em total relação com a preservação da humanidade no planeta. Não há formação de aglomerados urbanos sem a disponibilidade acessível de água de alguma fonte, pois dela depende a efetivação da maior parte das nossas atividades. A importância da água como recurso de manutenção da vida vem ganhando evidência,

fazendo com que programas desenvolvimentistas, ações de órgãos públicos e agentes comunitários preocupem-se mais com a degradação das reservas hídricas, incentivando a evolução tecnológica e científica para a gestão integrada deste recurso. De forma tal que a manutenção da saúde das fontes de água possa garantir a preservação do ecossistema e a continuidade da evolução balanceada do desenvolvimento urbano (SALATI *et al.*, 1999).

Como sociedade, a relevância em debater sobre a escassez da água ganhando espaço, nos leva a necessidade de sistematizar ações de preservação do meio ambiente e dos recursos hídricos, tendo como fundamento políticas de gestão eficiente e sustentável dos mesmos. A gestão das águas envolve aspectos físicos, sociais, climáticos etc.; e visa preparar documentos (leis, cartilhas, regras, acordos, comunas etc.) que orientem ao uso responsável, eficiente e sustentável dos mananciais hídricos (ou águas de subsolo) de todas as bacias hidrográficas. Tal gestão deve ainda estruturar sistemas de gerenciamento para orientar decisões que preveem a proteção dos recursos hídricos e a possível exploração dos mesmos como bem econômico, comum, finito e economicamente negociável (BEZERRA, 2000).

Vê-se cada vez mais frequente a realização de reuniões e fóruns internacionais, especialmente com o advento da Conferência da ONU sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio 92) que aprovou o documento “Agenda 21” que estabelece um pacto pela mudança do padrão de desenvolvimento global. Percebe-se um fortalecimento de estudos e políticas para implantação de modelos de desenvolvimento comprometidos com a sustentabilidade, onde se insere a questão dos recursos naturais, com destaque para os recursos hídricos como potenciais fonte de conflitos, disputas e até mesmo guerras (ALMEIDA; BRIGHETTI, 1995). Todavia, o Direito Internacional ainda não dispõe de uma convenção ou tratado abrangente e eficiente sobre a preservação e o uso racionalizado da água. Como descrito por Silva (2005), a iniciativa mais considerável é o Fórum Mundial da Água, reunindo, a cada três anos, representantes de governos, organizações internacionais,

organizações não governamentais, instituições financeiras e indústrias, além de cientistas, especialistas em assuntos hídricos, empresários e acadêmicos para discutir prospectos sobre o futuro dos recursos hídricos. Contudo, embora conte com a participação de delegações oficiais de diversos países, não se trata de evento oficial da Organização das Nações Unidas (ONU).

Já no cenário nacional, a Constituição Federal Brasileira definiu que todas as águas pertencem à União ou aos Estados –incluído o Distrito Federal –, conforme sua localização, caracterizou a água como um bem público. Como informado no portal do Senado Federal, a Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, inspirada no modelo francês, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), dirimindo qualquer dúvida sobre a extinção dos conceitos de águas comuns, municipais e particulares, anteriormente previstos no Código de Águas (Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934). Entre os fundamentos da PNRH figura a disposição de que a água é um bem de domínio público. A Lei nº 9.433, de 1997, mostra-se, antes de tudo, um importante mecanismo de planejamento da exploração das águas (SILVA, 2005).

Silva (2005), ratificando o que diz Machado (2002), afirma que para serem colocadas em prática e não serem excluídas do cotidiano do gerenciamento hídrico, as diretrizes precisam permear as diversas etapas dos procedimentos de outorga do direito de uso das águas, elaboração dos Planos de Recursos Hídricos e na efetivação do sistema de cobrança pelo uso correto das águas.

Para além do estabelecimento de normativas e regulamentações, também pode-se dizer que é urgente avivar uma mudança cultural e entendimento amplo da população sobre as possíveis causas e efeitos da falta de água. É preciso fazer entender que a crise global da água não pode ser considerada apenas uma consequência de fatores como a mudança climática e condições geográficas, mas principalmente do uso irracional dos recursos hídricos pela sociedade. Silva (2005) pontua como principais causas do problema: 1) o fato de a água não ser tratada como um bem estratégico e de valor; 2) a falta de integração

entre a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e as demais políticas públicas; 3) os graves problemas na área de saneamento básico e 4) a forma como a água doce é compreendida, visto que muitos a consideram um recurso infinito, gratuito e banalizado. Somente através da promoção de ações de gestão eficiente dos recursos hídricos é que os municípios e estados brasileiros conseguirão preservar os corpos hídricos e garantir o acesso a eles.

Para definir marcos regulatórios principais e para averiguar a capacidade de suporte de cada bacia, é fundamental o conhecimento das necessidades dos usuários e da capacidade de oferta e de renovação das fontes naturais de água por meio de estudos geodésicos e outros em mananciais superficiais e reservatórios de subsolo (FREITAS, 1999). Somando-se a isso, relevar que o processo de poupar os recursos hídricos dessas reservas exige ainda uma redução do consumo pela economia de água, a reutilização e a reciclagem. Economiza-se água por meio da eliminação de vazamentos em tubulações de abastecimento e também pela diminuição do gasto em atividades domiciliares, industriais e agrícolas. A reutilização pode ser definida como o uso de água já utilizada para determinada função, ainda que sua qualidade tenha diminuído no primeiro uso. O reaproveitamento é justamente esse reuso antes que essa água seja dispensada para a rede de esgoto. A reciclagem consiste no reaproveitamento da água que já passou pela rede de esgoto e por uma estação de tratamento, e é retratada para novo uso (SILVA, 2005).

Indo de encontro com este chamado corporativo e institucional, este trabalho teve como objetivo diagnosticar os limites e potencialidades da gestão dos recursos hídricos do município de Marialva-PR, elaborando análises prospectivas sobre tais recursos em âmbito municipal, fazendo uso de indicadores de eficiência e sustentabilidade na gestão do ciclo da água na cidade. Para o alcance do objetivo principal, foi necessário: 1) avaliar a sondagem da quantidade hídrica disponível e a disponibilidade de infraestrutura existente para o acesso a ela; 2) diagnosticar a capacidade dos dispositivos administrativos em

gerir a captação, tratamento e distribuição da água para a população de forma satisfatória quanto: ao volume de demanda, a qualidade da água exigida por normativa, e efetivo controle e monitoramento da rede; e 3) determinar a sustentabilidade do sistema, relacionando os dados de oferta com a demanda da cidade no presente com prospectos para o futuro, fazendo uso de cálculo de projeção de população e, entendendo à realidade de escassez de recursos naturais, adequando seus processos as novas legislações em tramite sobre a água e sua exploração (superficial e subterrânea). Assim, o trabalho visou contribuir para o levante das forças pertinentes (academia, poder público e iniciativas da sociedade brasileira) em reunir informações que subsidiem tomadas de decisões quanto ao futuro do uso dos recursos hídricos nas suas devidas jurisprudências e derivadas responsabilidades.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de Marialva, localizado no noroeste do estado do Paraná, em divisão territorial datada de 14-V-2001, em revisão a V-1995, é constituído de 4 distritos: Marialva, Santa Fé do Pirapó, São Luiz e São Miguel do Cambuí, somando área total de 475564 quilômetros quadrados. A população descrita no censo do IBGE de 2010 era de 31959 habitantes, e estimada para 2018 em 35180. Apresenta 44.4% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 97.3% com fornecimento de água potável e 98.8% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização, com 49.2% de domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio) como resultados de serviços administrativos de todas as jurisprudências. Assim, Marialva é tida como um município com bons índices de serviço público, ocupando a posição de número 125 de 399 no estado do Paraná, de acordo com dados do último censo do IBGE em 2010 (BRASIL, 2010).

A lei municipal 1411/2010, de 02 de fevereiro de 2010, criou

para Marialva o Serviço de Água e Esgoto de Marialva SAEMA, como entidade autárquica de direito público, integrante da administração indireta do município de Marialva. A lei concede todas as providências sobre as propriedades administrativas da prestadora (PARANA, 2019). Desta forma, por meio deste decreto de lei, a autarquia formou equipe concursada e laboratório de análises com químico responsável próprio, para efetuar análises laboratoriais de rotina, enfrentamento de situações emergenciais e contraposição de dados externos sobre análises de potabilidade etc. Os funcionários da equipe da autarquia foram consultados para obtenção e discussão de dados gerais, da esfera administrativa até a operacional.

Para avaliar a sondagem da quantidade hídrica disponível e a disponibilidade de infraestrutura existente para o acesso a ela, foram feitas consultas diretas aos profissionais responsáveis pela gestão da autarquia, dentre a equipe da SAEMA, verificando-se a existência de estudos possivelmente encomendados para a finalidade de investigar os níveis e/ou volume de água das reservas no subsolo da cidade (tivessem eles sido encomendados pela própria autarquia, executivo municipal ou outrem). Com os mesmos profissionais foi possível apurar sobre a infraestrutura catalogada para possíveis operações de perfuração de futuros poços, ou aumento de vazão dos vigentes, implementações de estrutura ou afins. Visitas a sede e ao almoxarifado da empresa permitiram a observância das equipes, recursos de infraestrutura e dos equipamentos disponíveis e em operação, bem como a vitalidade das instalações.

Para diagnosticar a capacidade da SAEMA em gerir sua rede desde a captação, tratamento e até a distribuição da água, garantindo o volume de demanda e a potabilidade esperada, foram analisados indicadores e dados de relatórios e documentos das seguintes fontes:

- a. Relatórios da autarquia, compilados pelo sistema SysÁgua, um modelo de Sistema de Gerenciamento de redes de abastecimento preparado para atender as necessidades dos gestores das secretarias e autarquias de água;

- b. Portal da Transparência do Governo Federal;
- c. Relatórios de vistoria técnica da Cispar (Consórcio Intermunicipal de Saneamento Ambiental do Paraná);
- d. Relatório de Análises do Laboratório Regional de Controle de Qualidade da Água e Esgoto, construído pela Funasa para tal finalidade, em Maringá/PR;
- e. Dados agregados da coleta 2017 do SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento).

Por fim, cálculos de projeção de população permitiram contrapor a relação entre recursos disponíveis e os necessários no futuro, avaliando a sustentabilidade do sistema vigente e o possível grau de divergência e carência do mesmo. A população projetada precisa ser definida por previsão que, por sua vez, está sujeita a falhas, como quando sistemas atingem o seu limite de eficiência antes ou depois de decorridos prazo de projeto. O importante é que a previsão seja feita de modo criterioso, com base no desenvolvimento demográfico do passado próximo, a fim de que a margem de erro seja pequena. A previsão deve efetivar-se através de uma lei de crescimento que forneça o número de habitantes em qualquer época, dentro do período de “n” anos. Geralmente “n” varia de vinte a trinta anos, prazo geralmente necessário à amortização integral do capital investido nas obras. Para a projeção da população futura do município, adotou-se o “método geométrico” comum aos cálculos primários de população para plantas de estações de tratamento de água (QASIM, 1985).

Projeção Geométrica:

$$Kg = \frac{\ln P2 - \ln P0}{T2 - T1} \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

P2 – População de referência no tempo final

P0 – População de referência no tempo inicial

T2 – Tempo final

T1 – Tempo inicial

$$Px = P0. e^{Kg.(Tx-T1)} \text{ (Equação 2)}$$

Em que:

Px – População de referência no tempo desejado

P0 – População de referência no tempo inicial

Tx – Tempo desejado

T1 – Tempo inicial

Para o cálculo da projeção geométrica, foram utilizados dados demográficos do município obtidos pelo censo de 2010 do IBGE, com estimativas para 2018, 2019 e 2039, conforme listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados censitários de Marialva em 2010 e estimativas futuras para a época.

Atributo	Dados
Área	475,5 Km ²
População em 2010	31.959 hab
Densidade Demográfica em 2010	67,27 hab/Km ²
Estimativa População em 2018	35.180 hab
Densidade Demográfica em 2018	73,98 hab/Km ²
Estimativa População em 2019	35.810 hab
Densidade Demográfica em 2019	75,31 hab/Km ²
Estimativa População em 2039	50.165 hab
Densidade Demográfica em 2039	105,49 hab/Km ²

Fonte: Adaptado de IBGE (BRASIL, 2010).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em dossiê fornecido pela SAEMA em 22 de maio de 2019, com dados compilados do sistema SysAgua, informou-se que a captação para abastecimento de água para a população de Marialva é feita por poços artesianos e minas, recaindo em cobertura completa através de exploração de águas subterrâneas. Apurou-se que, sob

controle da autarquia, estão instalados 32 poços e 3 minas adutoras, num total de 35 pontos de captação, distribuídos em 25 unidades de tratamento de água (UTA) que, por sua vez, aportam um reservatório para cada, feitos em latão ou alvenaria, e com capacidades variadas de armazenamento, somando um total de 3.885 metros cúbicos de capacidade total de estocagem de água. Desta forma, confirmou-se a total dependência do município da manutenção de um sistema saudável e ponderado de exploração das águas subterrâneas em funcionamento contínuo, visto que a capacidade de armazenamento não é suficiente para suprir a demanda em qualquer longo período de interrupção de fornecimento. Assim, na falta de sondagens dos aquíferos, confirma-se que uma sobrecarga na captação poderia comprometer as reservas e o abastecimento para a população a qualquer tempo. Mas, até o momento da apuração deste diagnóstico, a autarquia não possuía estudo, elaborado ou em andamento, para garantir informação a respeito de sistemas de refúgio para situação emergencial ou riscos efetivos de escassez por esgotamento das reservas. Como esclarecido por Feitosa e Manoel (2000), definem-se como águas subterrâneas aquelas que correm abaixo do nível de saturação ou nível freático, presente nas formações geológicas profundas totalmente saturadas. Portanto, como também sugerido pelos autores, para determinar os limites na exploração desses recursos e avaliar condições pontuais a serem observadas, um conhecimento aprofundado da morfologia das zonas saturadas e seus aquíferos seria bastante apropriado para as autarquias e administradoras como a SAEMA.

Para a solução do problema, de acordo com Cleary (2007), a hidrogeologia (o ramo da geologia que estuda as águas subterrâneas) sugere formas diretas e indiretas de avaliar a disponibilidade de reservas de água no subsolo. Como forma direta, podemos considerar estudos geológicos *in situ*, perfurações, sondagens termais, observância de satélites etc. Um exemplo dado por Veloso (2011) desses instrumentos de satélite é o sistema Grace (sigla em inglês para Registro de Gravidade e Experimento Climático), desenvolvido pela Nasa e pela DLR, a agência

espacial alemã. Seus dispositivos conseguem detectar finas mudanças no volume de água dos mais variados reservatórios subterrâneos. Como forma indireta, pode-se considerar o exemplo de cálculo elaborado por Pires (2014) que relaciona fatores como área de abrangência, dimensões e porosidade efetiva da unidade aquífera estudada com análises de escoamento de base em séries históricas fluviométricas. Outra alternativa sugerível para coletar dados das reservas hídricas seria a observância do maior acervo possível de informação técnica e geológica já disponíveis ou, como sugestão endossada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), até mesmo a geração de um “mapa hidrogeológico local”, que poderia ser elaborado de duas maneiras bastante distintas:

1) como produto de um mapeamento específico, no qual os dados são gerados em próprio estudo encomendado ou;

2) como uma síntese temática de dados, mapas e relatórios já existentes e disponíveis em órgãos competentes.

O próprio CPRM possui um atlas denominado “Mapa Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo” disponível para consulta no site da entidade. Contudo, a segunda opção não apura detalhes importantes e relevantes para o levantamento das reservas disponíveis nos arredores dos poços instaladas no município de Marialva, tanto quanto a primeira metodologia.

Como resultado das análises dos indicadores quanto a capacidade da SAEMA em gerir a captação, tratamento e distribuição da água para a população de forma eficiente, pode-se apurar que os indicadores são *satisfatórios* quanto a qualidade e *suficientes* quanto a quantidade. Responsável pelo padrão de potabilidade da água fornecida ao usuário/cidadão, a entidade controla os índices de qualidade da água com ensaios *in loco*, caracterizações em laboratório próprio e também com encomenda em laboratórios parceiros. Os resultados são apresentados periodicamente aos órgãos reguladores pertinentes como a Vigilância Sanitária, Agência Nacional das Águas (ANA), Instituto das Águas do Paraná e o Ministério Público, por exemplo. A Tabela 2

apresenta um resumo dos resultados da última análise disponível para consulta de qualidade da água de abastecimento dos principais poços ativos, apurada pelo Laboratório Regional de Controle de Qualidade da Água e Esgoto da Funasa, sito em Maringá/PR, a pedido da autarquia, em maio de 2019.

Tabela 2 – Indicadores de qualidade da água de Marialva/PR de maio/2019.

Parâmetros > Localidades:	Cor (uH)	V MP	pH	VMP	Turbidez	VMP	Cloro (mg/L)	VMP	Fluor (mg/L)	VMP	E. Coli	Coliformes Totais
Adolfo Lazarin	<1	15	7,01	6-9,50	0,20	5	0,83	2,0	-	0,6-0,8	Ausente	Ausente
Alto Cafezal	<1	15	6,99	6-9,50	0,20	5	0,86	2,0	-	0,6-0,8	Ausente	Ausente
Aquidaban	<1	15	6,94	6-9,50	0,25	5	0,86	2,0	-	0,6-0,8	Ausente	Ausente
CSU	<1	15	6,98	6-9,50	0,18	5	0,90	2,0	-	0,6-0,8	Ausente	Ausente
Estádio	<1	15	6,87	6-9,50	0,19	5	0,84	2,0	-	0,6-0,8	Ausente	Ausente
Hamada	<1	15	6,95	6-9,50	0,17	5	0,75	2,0	-	0,6-0,8	Ausente	Ausente
Jardim Planalto	<1	15	6,93	6-9,50	0,20	5	0,92	2,0	-	0,6-0,8	Ausente	Ausente
João de Barro	<1	15	6,89	6-9,50	0,21	5	0,84	2,0	-	0,6-0,8	Ausente	Ausente
Olimpio Rocha	<1	15	6,89	6-9,50	0,18	5	0,92	2,0	-	0,6-0,8	Ausente	Ausente
Madre Rafaela	<1	15	6,96	6-9,50	0,20	5	0,85	2,0	-	0,6-0,8	Ausente	Ausente
Md. Rafaela B	<1	15	6,93	6-9,50	0,21	5	0,89	2,0	-	0,6-0,8	Ausente	Ausente
Dist. Santa Fé	<1	15	6,97	6-9,50	0,18	5	0,90	2,0	-	0,6-0,8	Ausente	Ausente
Dist. São Luiz	<1	15	6,92	6-9,50	0,19	5	0,67	2,0	-	0,6-0,8	Ausente	Ausente
Jd. São Pedro	<1	15	6,94	6-9,50	0,16	5	0,80	2,0	-	0,6-0,8	Ausente	Ausente
SMC I	<1	15	6,97	6-9,50	0,17	5	0,78	2,0	-	0,6-0,8	Ausente	Ausente
SMC II	<1	15	6,90	6-9,50	0,15	5	0,81	2,0	-	0,6-0,8	Ausente	Ausente
Vila Brasil	<1	15	6,85	6-9,50	0,14	5	0,74	2,0	-	0,6-0,8	Ausente	Ausente
Zé Doce	<1	15	6,94	6-9,50	0,18	5	0,71	2,0	-	0,6-0,8	Ausente	Ausente

Fonte: adaptado de Portal da Transparência dos Municípios (PARANÁ, 2019).

Vale considerar que os mesmos foram revalidados por análises internas feitas em laboratório na sede da empresa e vistoriados pelo Cispar, órgão supramencionado. Os resultados demonstram que a qualidade da água atenderia a portaria do Ministério da Saúde, hoje revogada, de número 2914, mas também atendem aos parâmetros de qualidade da resolução CONAMA 357 de 2005, que dispõe sobre padrões de potabilidade dos sistemas de abastecimento de água, e diretrizes ambientais para o seu enquadramento ao fornecimento de água tratada.

De acordo com o que cita o portal do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2000), a quantidade mínima per capita para abastecimento, seguindo diretrizes da Organização das Nações Unidas (ONU), é de 100 litros/dia por habitante. Já segundo diagnóstico apurado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), a média nacional de consumo foi de 159 litros/dia até o ano de 2010. Para fins de dimensionamento de sistemas hídricos, Carvalho Júnior (2014) sugere um valor de 200 litros/dia para garantir que um sistema não seja saturado.

Na leitura do “Relatório de Consumo Setorizado” emitido pela SAEMA através do sistema SYSagua, pode-se contabilizar um total de ligações ativas de 14229 pontos. Destes pontos, o total de consumo lido em hidrômetros individuais para o último mês (05/2019) é de 161063 m³/mês em toda a cidade, recaindo em média de 11,31m³/mês para cada ponto individual. Entretanto, vale ressaltar que os dados de captação e tratamento não são efetivos e precisos, visto que existe uma deficiência de aparelhos de macromedição, tanto na bomba de captação dos poços como nas unidades de tratamento (UTA). A comparação possível seria apenas a do volume de produção da bomba de saída das estações de tratamento com o consumo denotado nos hidrômetros. Todavia, tomando por base esse valor médio 11,31m³/mês, obteve-se um consumo médio por ponto de aproximadamente 377 litros/dia, mantendo valores acima do mínimo necessário para quase 4 moradores num mesmo ponto, ou 2 dentro da média nacional. Se passarmos a calcular o consumo

individual pela divisão do total produzido e a população do município (estimada em aproximadamente 35.180 habitantes em 2018 segundo o IBGE) os valores apurados seriam de 152,5 litros/dia por habitante, valor também satisfatório. Considerando ainda que a leitura dos hidrômetros estaria provavelmente abaixo do real (com a falta de macromedidores na captação e hidrômetros com mau funcionamento por toda a rede), esse consumo per capita pode ser bem maior, bem como o provável desperdício de água no sistema desde a captação até os leitores da distribuição. Além disso, é preciso citar que a SAEMA não detém controle sobre poços autônomos de fornecimento nas zonas rurais e periurbanas, nem sobre alguns pontos com poços e outorgas próprias na área urbana residencial e industrial, e muito menos sobre possíveis perfurações clandestinas. Em uma situação ideal, todos estes demais pontos de extração deveriam ser considerados na contabilidade do volume total de consumo de água do subsolo local, para a tentativa de estabelecer um nível de exploração calculadamente saudável para o aquífero.

Sobre a logística da gestão, destaca-se que o atendimento do fornecimento de água e a gestão dos resíduos é executado de forma organizada e setorizada, com porções denominadas pela SAEMA de “rotas”. As rotas são formadas por afinidade dos tipos de fornecimento e/ou áreas próximas afim de facilitar a organização dos dados e a distribuição de serviços de controle e manutenção pelas diretorias internas e funcionários das linhas de controle e reparos. Há um total de 54 rotas atendidas para fornecimento de água potável e serviço de tratamento de esgoto, este último não incluído no enfoque deste trabalho. O sistema informatizado SYSÁgua é incorporado a entidade, o que permite a geração de relatórios periódicos e supressão de dados pertinentes, como os já mencionados. Ainda assim, haverá divergências entre os dados reais e os de relatórios, devido ao fato que muitos hidrômetros estão negligenciados, com defeito ou burlados e as suas leituras e monitoramentos são executadas de forma manual, com amplo espaço para a falha operacional humana. E, ainda, constarão casos

como os demonstrados no “Relatório de Ligações sem Hidrômetro” de junho/2019, onde 2194 ligações estão fora da contabilidade, sendo que 196 constam como cortes e 17 como isentadas por parceria/permuta, dentre outros motivos e situações de complexa justificativa. Por fim, ainda pertinente ao status da qualidade do serviço prestado a população, na leitura dos dados agregados da Coleta 2017 do SNIS, declarou-se um total de 25 paralisações na distribuição de água naquele ano, somando um total de 175 horas de inatividade. O mesmo relatório apresenta que 6.700 ligações de reclamações ou solicitações de serviço foram executas, e todas supostamente atendidas.

Determinou-se a sustentabilidade do sistema vigente para o futuro relacionando-se a capacidade de produção de água tratada da SAEMA no hoje, com a demanda da população futura. Para fins de cálculo, o mesmo valor mínimo indicado pela ONU e a média nacional apontada pelo SNIS foram adotados. E o tempo de projeção foi a data futura do ano de 2050. Aplicando as equações 1 e 2, obteve-se os resultados:

$$Kg = \frac{\ln 35180 - \ln 31959}{2018 - 2010} = 0,012 \text{ (Equação 1)}$$

$$Px = 31959 \cdot e^{0,012 \cdot (2050 - 2010)} = 51.648 \text{ habitantes (Equação 2)}$$

Considerando a produção média atual estimada em cerca de 162.000m³/mês, a população estimada de 51648 habitantes para 2050, e os valores de referência, pode-se dizer que o resultado apurado de aproximadamente 104,5 litros/dia por habitante ainda estaria um pouco acima do mínimo indicado pela ONU, mas bem abaixo da média nacional para o presente. Como é pouco provável que a população vá reduzir suas taxas de consumo (o que contrariaria uma tendência nacional apontado pelo SNIS) e é muito possível que a captação excedente de outras fontes como a agricultura aumentem, sinaliza-se que o sistema tende a insustentabilidade, necessitando passar por adaptações técnicas,

aprimoramento da infraestrutura e otimização nos processos de captar, armazenar, tratar e distribuir água para a população. Como sugere Salati (1999), diagnosticada a sustentabilidade ou não de um sistema, importa ainda considerar que o conceito de desenvolvimento sustentável acrescentou às questões ambientais um sistema dinâmico de ações integradas, através de programas de gestão que visam a suficiência em condições satisfatórias para a saúde pública e ambiental, cogitando a possibilidade de problemas pontuais e emergenciais. Portanto, a SAEMA e o poder público de Marialva careceria de conhecer, mensurar e proteger melhor os recursos hídricos do seu território, a começar pela mudança cultural de consumo e gestão em cada pequena esfera de sua jurisprudentia, considerando investir em qualificação técnica, pesquisa e infraestrutura para o bem do futuro do município.

4. CONCLUSÃO

Diagnosticar a sustentabilidade de um sistema de gestão de abastecimento de água vai muito além de uma simples avaliação numérica de providência e a compensação de defasagem com aumento de captação, e alcança o modo de viver e consumir da sociedade, visando contribuir para um processo de transformação cultural que se inicia nos pequenos centros de administração em âmbito municipal, como o caso da SAEMA e o Município de Marialva/PR. É preciso estimular uma forma consciente de usar água nas cidades, mas também aplicar o aparato tecnológico e científico disponível para gerar sistemas capazes de suprir as necessidades de recursos hídricos quando estes, em situações emergenciais e pontuais, estiverem além do limite de outorga de extração, evitando que a saturação do sistema gere o esgotamento da fonte. As devidas providências a serem tomadas passeiam pela política do poder público, ação da sociedade e pela comunidade da engenharia em colaborar para a viabilização de melhoras em resultados focados no saneamento básico e à gestão sustentável dos recursos hídricos. No caso

de Marialva, pode-se dizer que o provável caminho para compensar o iminente aumento da população, e consequente aumento de demanda por água, seria o emprego de ações integradas de automação e excelência em engenharia, educação de consumo consciente, estímulo a reciclagem e reuso de água, adequação a normatização prevista, otimização de processos e aumento da eficiência da rede de fornecimento. E, por fim, avaliar a possibilidade de implantação de estudos de sondagem de reservas nos aquíferos, para determinar um limite previsível de captação para consumo, visando evitar o esgotamento dos recursos hídricos antes ele seja irreversível, como pode ser.

5. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D.M.; BRIGHETTI, J.M.P. **Poluição de recursos hídricos em meio urbano: uma abordagem inicial**. In: COLÓQUIO DE INCENTIVO À PESQUISA, 22., 1995, São José do Rio Preto. Boletim de resumos. São José do Rio Preto: UNESP/IBILCE, 1995. p. 75.

BEZERRA, M.C.L.; MUNHOZ, T.M.T. (coord) 2000. **Gestão dos Recursos Naturais**: subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira. Brasília: Ministério do Meio Ambiente; Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; Consórcio TC/BR/FUNATURA, 2000.

BRASIL. 2000. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis; Consórcio Parceria 21 IBAM-ISER-REDEH. **Cidades sustentáveis: subsídios à elaboração da Agenda 21 brasileira**. Brasília, 2000.

BRASIL, 2005. **Resolução CONAMA Nº 357/2005**. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459> Acesso em: 02/05/2019.

BRASIL, 2010. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Marialva, PR**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/marialva/panorama>. Acesso em: 30/05/2019.

BRASIL, 2017. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Sistema Nacional de Informação Sobre Saneamento**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: 02/08/2019.

CÁNEPA, Eugênio M. **A gestão dos Recursos Hídricos sob a perspectiva da economia ambiental**. Ciência & Ambiente. Santa Maria, UFSM, 1992.

CARVALHO JUNIOR, Roberto de. **Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias: Princípios básicos para elaboração de projetos**. São Paulo: Blucher, 2014.

CLEARY, Roberty W. **Águas Subterrâneas**. Tampa FL: Marques Saraiva, 2007.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Mapa de Domínios/Subdomínios Hidrogeológico do Brasil**. 2007. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/evento_PAP002766.pdf. Acesso em: 19/07/2019.

FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J. (Coord.). **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações**. 2. ed. Recife: CPRM: LABHID-UFPE, 2000.

FREITAS, Marco Aurélio Vasconcelos de & SANTOS, Afonso Henriques Moreira. **Importância da Água e da Informação Hidrológica**. In: O Estado das Águas no Brasil. Brasília: ANEEL e ANA, 1999.

KETTELHUT, Júlio Thadeu Silva et. al. **Aspectos Legais, Institucionais e Gerenciais**. In: O Estado das Águas no Brasil. Brasília: ANEEL e ANA, 1999.

LEMOS H. M. de. **Desenvolvimento sustentável**. Brasília: Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis, 1996.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Recursos Hídricos – Direito Brasileiro e Internacional**. Malheiros Editores: São Paulo, 2002.

MENDONÇA, F.; SANTOS, L. J. C. **Gestão da água e dos recursos hídricos no Brasil: avanços e desafios a partir das Bacias Hidrográficas – uma abordagem Geográfica**. In: Geografia, Rio Claro, v. 31, n. 1, 2006.

NINNI, Karina. **País faz mapeamento de águas subterrâneas**. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/noticias/geral,pais-faz-mapeamento-de-aguas-subterraneas-imp-,790652>. 26 de outubro de 2011. Acesso em: 02/07/2019.

OLIVEIRA, Márcio L. de. **Automação Residencial para o Reaproveitamento de Água**, 2010.

ORGANIZATION OF AMERICAN STATES – O.A.S. 2001. **Inter-American Strategy for the Promotion of Public Participation in Decision-Making for Sustainable Development**. Washington, DC. 2001.

PARANA. 2019. **Portal da transparência de Marialva**. Disponível em: <https://www.marialva.pr.gov.br/> Acesso em: 12/05/2019.

PIRES, Rian. **Metodologias para Cálculo de Reservas de Água Subterrânea: O estudo de caso da Bacia Hidrográfica do Entorno da Represa de Três Marias - MG**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto Três Rios. Rio de Janeiro. 2014.

QUASIM, S. R. **“Wastewater treatment plants: planning, design, and operation”**, CBS College Publishing, 1st Edition, Estados Unidos, 1985.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOUÇAS, A. C. et al. (orgs.) **Águas Doces no Brasil – Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 2ª Ed. Revisada e ampliada. São Paulo: Escrituras, 2002.

RETZLAFF, D.G. **A gestão dos recursos hídricos: uma análise teórica**. Artigo de conclusão do curso de especialização em geografia. Pelotas, 2007.

RODRIGUES, Lucas Alves. **Projeto de automação para uma estação de tratamento de múltiplas fontes alternativas de água utilizando softwares e hardwares**. Monografia (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. Campus Campos Centro. Campos dos Goytacazes. Rio de Janeiro, 2016.

SALATI, E., LEMOS, H.M., SALATI, E. Água e o Desenvolvimento Sustentável. In: REBOUÇAS, A.C., BRAGA, B., TUNDISI, J.G. (Org.). **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. São Paulo: Escrituras, 1999.

SANTOS, Thereza Christina Carvalho e CÂMARA, João Batista Drummond (Orgs.). **GEO Brasil 2002 – Perspectivas do Meio Ambiente no Brasil**. Brasília: Edições Ibama, 2002.

SILVA, Carlos Henrique R. Tomé. 2005. **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável no brasil**. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/outras-publicacoes/temas-e-agendas-para-o-desenvolvimento-sustentavel/recursos-hidricos-e-desenvolvimento-sustentavel-no-brasil>. Acesso em: 19/06/2019.

UNESCO - Organização das Nações Unidas para a educação, a ciência e a cultura. **Objetivos de desenvolvimento do milênio – Relatório Nacional**. Disponível em: <http://planipolis.iiep.unesco.org/upload/Brazil/Brazil%20MDG%20Report%20Portuguese%20version.pdf>>. Acesso em: 20/04/2019.

VELOSO, Larissa. **Satélites caçadores de água**. 2011. Disponível em: https://istoe.com.br/142721_SATELITES+CACADORES+DE+AGUA/. Acesso em: 02/07/2019.

VIEGAS Fº, J.S. **A Gestão de Recursos Hídricos e o papel das Microbacias nesse contexto**. In: CD RUM: Gestores Regionais de Recursos Hídricos. Curso de Especialização, Pelotas, 2007.

3. ESTUDO DE CASO DE UM RESTAURANTE COM A PROPOSTA DE UTILIZAR MÉTODOS ECOEFICIENTES NA CIDADE DE ÂNGULO/PR

**CASE STUDY OF A RESTAURANT WITH THE PROPOSAL
TO USE ECO-EFFICIENT METHODS IN THE CITY OF
ÂNGULO/PR**

**UNIEDUSUL
EDITORA**

DELVAN BUZATTO

Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

LARISSA GABRIELA MIRAS MORENO

Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

LUZIA MARA MENDES FERRER AMORIM

Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

ALEXANDRE COELHO

Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RESUMO

Este trabalho tem como tema a energia solar, energia renovável não poluidora, que tem grandes possibilidades de ser uma prática sustentável nos próximos anos. A água é um elemento imprescindível para a sobrevivência no planeta Terra, um recurso já considerado como interminável, porém, o mau uso e o desperdício têm como consequências a sua escassez. A ABNT NBR 5626:1998 estabelece recomendações quanto ao abastecimento de água potável e não potável a todos os pontos de utilização, e a falta do projeto hidráulico pode acarretar em altos custos com manutenção. O Brasil possui um grande potencial na geração de energia elétrica a partir da fonte solar, pelo sistema fotovoltaico é realizado a conversão direta da radiação solar em energia elétrica. O sistema fotovoltaico é constituído por painéis, módulos e equipamentos elétricos, não exigindo um ambiente com alta radiação para funcionamento. O sistema de energia solar é uma fonte de alternativa limpa e abundante na natureza e deve estar em conformidade com a NBR 15569:2008. As soluções ecoeficientes são possíveis de serem implantadas em restaurantes, preservando o meio ambiente e gerando meios de economia com preços satisfatórios, produzindo mais e melhor, com menos recursos e resíduos. Os dados das instalações

prediais foram disponibilizados pelo Restaurante e Lanchonete Galpão 3J, localizado na cidade de Ângulo/PR que possibilitaram o levantamento do estudo de caso. Os gastos apresentados foram no período de doze meses das concessionárias locais, sendo possível identificar as soluções a serem implantadas, como: a troca dos vasos sanitários e torneiras, uso de cisterna e a implantação do sistema de aquecimento solar, podendo reduzir até pela metade os gastos mensais, consequentemente tornando a empresa ecoeficiente e minimizando impactos ambientais.

PALAVRAS - CHAVES: Economia. Energia Solar. Reuso. Soluções Inteligentes.

ABSTRACT

This article has as its theme the solar energy, non-polluting renewable energy, witch has great possibilities of a being sustainable practice in the coming years. The water is an indispensable element for survival on Earth planet, a resource already regarded as endless, however, misuse and waste have consequences for its scarcity. The NBR 5626:1998 establishes recommendations for the supply of drinking and non-drinkable water to all points of use, the lack of hydaulic design can result in high maintenance costs. Brazil has a great potential in the generation of electricity from the solar source, by the photovoltaic system is direct conversion of solar radiation into electrical energy is carried out. The photovoltaic system consisto of panels, modules and electrical equipment, not requiring an environment with high radiation for operation. The solar power system is a source of clean and abundant alternative in nature and must conform to ABNT NBR 15569:2008. The eco-efficient solutions are possible to be implemented in restaurants, preserving the environment and generating means of economy with satisfactory prices, producing more and better, with fewer resources and residues. The data of the building facilities, were made available by the restaurant and Diner Galpão 3J, located in the city of Ângulo/PR that allowed the survey of the case study. The expenses presented were in the 12-month period of the local concessionaires, it is possible to identify the solutions to be implemented, such as: the exchange of sanitary vessels and taps, use of cistern and the implantation of the solar heating system, witch can reduce by half the monthly expenses, consequently making the company eco-efficient and minimizing environmental impacts.

KEYWORDS: Economy. Solar Energy. Reuse. Smart Solutions.

1. INTRODUÇÃO

A água já foi considerada um recurso interminável, o mau uso e o desperdício são consequências de conflitos mundiais (SOUSA; SARDINHA, 2012).

No planeta, a água doce disponível é variável conforme a presença de ecossistema nas diversas regiões, podendo ser encontrada em rios, lagos, águas subterrâneas, neves eternas e geleiras (SOUSA; SARDINHA, 2012).

Pena (2016) afirma que países desenvolvidos consomem mais água do que os subdesenvolvidos e emergentes, por motivos econômicos, estruturais e sociais. Em média, uma pessoa consome 575 litros diários de água em um país desenvolvido, enquanto a maior parte dos habitantes dos países subdesenvolvidos, sobrevivem com apenas 15 litros por dia.

O Brasil possui aproximadamente 12% de água doce do total mundial, porém, no território brasileiro não é distribuído uniformemente, na região Norte corresponde a 68% dos recursos hídricos, no Centro-Oeste a 16%, no Sul a 7%, no Sudeste a 6% e no Nordeste a 3% (SOUSA; SARDINHA, 2012).

De acordo com o Trata Brasil (2017), a carência de saneamento básico afeta a saúde humana, o sistema de água e esgoto inapropriado causam a morte de milhões de pessoas anualmente, como também reflete em custos financeiros com a saúde pública.

As instalações prediais de água fria devem ser regulamentadas pela NBR 5626:1998, onde se estabelece exigências e recomendações quanto ao abastecimento de água potável e não potável a todos os pontos de utilização, sendo de responsabilidade de um engenheiro o projeto de dimensionamento das instalações hidráulicas para se garantir a eficiência do mesmo. A omissão desse projeto pode acarretar em altos custos com manutenção para o reparo das manifestações patológicas que podem ocorrer, como vazamentos e infiltrações, uma vez que a execução e a manutenção da obra dependem de um projeto hidráulico

de qualidade, acompanhado da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) (OLIVEIRA, 2015).

As instalações de água fria têm por objetivo abastecer os pontos de utilização de água em uma edificação e podem ser classificados como diretos, indiretos ou mistos. O sistema direto é abastecido diretamente da rede pública para os pontos de utilização; o sistema indireto há o uso de reservatórios; o sistema misto é abastecido pelos sistemas direto e indireto. Uma instalação predial deve ser alimentada pelo sistema misto, atendendo as necessidades quando a primeira não estiver disponível (PEREIRA, 2018).

Conforme a ABNT NBR 5626:1998, uma instalação predial de água fria, deve manter a qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento, devendo ser separado fisicamente de outras instalações de água para o reuso ou de qualidade questionável, para que não ocorra nenhum tipo de contaminação e atendendo os requisitos da norma, como: preservar a potabilidade; o fornecimento de água deve ser de forma contínua, em quantidade e pressões adequadas; proporcionar economia de água e energia; fácil manutenção e econômica; evitar ruídos na ocupação do ambiente; atender as exigências dos ambientes e usuários.

O Brasil possui um grande potencial na geração de energia elétrica a partir da fonte solar, um país referência na utilização de fontes de energia renováveis e com destaque por possuir uma matriz energética predominantemente renovável. O investimento em fontes renováveis alternativas contribui para expansão de energia com menores impactos ambientais (SUÇUARANA, 2017).

Sousa (2015) reconhece que a energia solar pode ser usada na produção de energia elétrica. Pelo sistema fotovoltaica é realizado a conversão direta da radiação solar em energia elétrica. Ao ser captada nos painéis fotovoltaicos, a radiação solar se converte em energia elétrica pelas células fotovoltaicas. Quando a radiação solar incide sobre as células, a luz solar causa a movimentação dos elétrons do material condutor, movendo-os pelo material até serem absorvidos por

um campo elétrico, gerando-se a eletricidade.

O sistema fotovoltaico é constituído por painéis, módulos e equipamentos elétricos, não exigindo um ambiente com alta radiação para funcionamento, porém, quanto menos nuvens houver no céu, maior será a produção de eletricidade, pois a energia produzida depende da densidade das nuvens (SOUSA, 2015).

O Brasil foi o primeiro país subdesenvolvido a fabricar células fotovoltaicas, por ser um país tropical, uma região com alta incidência solar torna-se favorável a utilização do sistema (SOUSA, 2015).

Em conformidade com a ABNT NBR 15569:2008 as empresas de sistema de aquecimento solar, devem apresentar para os compradores condições impostas pela norma, como a documentação do projeto, manual de operação e manutenção, detalhes de funcionamento do sistema de aquecimento solar, procedimento de operação, programa de manutenção. O projeto do sistema de aquecimento solar deve ser elaborado por profissional habilitado e acompanhado da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART).

As edificações necessitam de grande quantidade de energia para o seu funcionamento, e os recursos energéticos alternativos atendem essa necessidade.

Loschiavo (2017) discrimina a sustentabilidade como o estado que atende as necessidades do presente, sem comprometer a eficiência das gerações futuras de atender as suas próprias necessidades. E define ecoeficiência como a relação dos bens sustentáveis a preços satisfatórios, produzindo mais e melhor, com menos recursos e resíduos.

As soluções ecoeficientes são possíveis de serem implantadas em restaurantes, atendendo as necessidades e podendo impactar em diferentes aspectos simultâneos, de forma positiva (MIRANDA, 2017).

O objetivo deste estudo de caso foi de identificar as tendências de desperdícios apresentadas no Restaurante e Lanchonete Galpão 3J durante o período de Junho de 2018 a Maio de 2019. Para isso, foi realizado um levantamento no local para reconhecer os pontos de desperdício e a verificação das possíveis soluções a serem aplicadas no

estabelecimento.

2. RELATO DE CASO

O Restaurante e Lanchonete Galpão 3J foi inaugurado em 28 de Março de 2014, uma empresa administrada familiarmente, atendendo em média uma clientela de 135 pessoas por dia. O estabelecimento possui uma área de 200,00 m², localizado na Av. Valério Osmar Estevão, nº 55, Centro, Ângulo/PR.

O estabelecimento do estudo em questão, se trata de interesse dos proprietários uma proposta para a economia de custos utilizando métodos ecoeficientes, produzindo a mesma quantidade do que se utiliza de água e energia, com menos recursos e com preço acessível.

O estudo de caso foi dividido em três etapas: na primeira etapa realizou-se uma revisão bibliográfica sobre o tema de estudo; na segunda etapa foram coletados os dados das atuais instalações, durante a visita ao local; na terceira etapa foi realizada uma análise das soluções para combater o desperdício das instalações.

3. DISCUSSÃO

A partir dos elementos coletados durante a visita no Restaurante e Lanchonete Galpão 3J, foram possíveis apresentar o levantamento das atuais instalações:

- a) **Abastecimento:** Atualmente, o Galpão 3J é abastecido pelo sistema misto, ou seja, abastecido pela rede pública e o uso de reservatório de 500 litros, alimentando os cômodos de cozinha e banheiros.
- b) **Refeições:** A maior utilização do consumo de água é nas refeições, onde são servidas em média 100 almoços diários e 35 lanches noturnos.

- c) **Dias e horário de funcionamento:** Terça – feira a domingo, das 11h às 14h e das 18h às 23h, totalizando oito horas de funcionamento diário, sendo que cinco horas no período noturno, são ocasionados um maior consumo de energia.
- d) **Consumo de energia:** A concessionária de energia apresentou na fatura, o consumo médio de 4460 kWh nos últimos doze meses.
- e) **Consumo de água:** A média apresentada em fatura é de 82 m³ de água nos últimos doze meses.
- f) **Equipamento de condicionamento do ar:** 01 climatizador da marca Big Ar – modelo BIG 23.000 (consumo médio elétrico: 1,5 kWh; consumo médio de água: 30 L/h) e 01 ar condicionado da marca Carrier – modelo Split Piso e Teto de 30.000 btus.
- g) **Iluminação:** O restaurante dispõe de 14 lâmpadas de LED atendendo o estabelecimento.
- h) **Sanitários:** Dispõem de um sanitário feminino e outro masculino, com dois vasos sanitários com válvulas de descargas convencionais e dois lavatórios com torneiras de abrir.
- i) **Cozinha:** Dimensionadas duas torneiras do modelo convencional.

As Figuras 1 e 2 foram provenientes das atuais instalações, fornecidas pelo estabelecimento do estudo em questão.

Figura 1. Fachada



Fonte: Restaurante e Lanchonete Galpão 3J (2019)

Figura 2. Salão



Fonte: Restaurante e Lanchonete Galpão 3J (2019)

O estudo de caso consistiu também, na análise dos gastos apresentados pelo Restaurante e Lanchonete Galpão 3J no período dos últimos doze meses, entre os meses de Junho de 2018 a Maio de 2019, cuja a distribuição se encontra na Tabela 1.

Tabela 1 – Gastos gerados nos últimos doze meses.

MÊS	CONCESSIOÁRIA		GASTO MENSAL
	SAMAE	COPEL	
JUN/2018	R\$ 1.629,00	R\$ 1.027,78	R\$ 2.656,78
JUL/2018	R\$ 1.707,00	R\$ 1.655,82	R\$ 3.362,82
AGO/2018	R\$ 1.789,00	R\$ 1.646,74	R\$ 3.435,74
SET/2018	R\$ 1.859,00	R\$ 1.523,98	R\$ 3.382,98
OUT/2018	R\$ 1.938,00	R\$ 1.817,72	R\$ 3.755,72
NOV/2018	R\$ 2.026,00	R\$ 1.982,49	R\$ 4.008,49
DEZ/2018	R\$ 2.106,00	R\$ 2.136,39	R\$ 4.242,39
JAN/2019	R\$ 2.191,00	R\$ 1.859,38	R\$ 4.050,38
FEV/2019	R\$ 2.271,00	R\$ 1.679,40	R\$ 3.950,40
MAR/2019	R\$ 2.358,00	R\$ 1.839,18	R\$ 4.197,18
ABR/2019	R\$ 2.428,00	R\$ 1.686,71	R\$ 4.114,71
MAI/2019	R\$ 2.496,00	R\$ 1.582,70	R\$ 4.079,70
TOTAL	R\$ 24.798,00	R\$ 20.438,29	R\$ 45.236,29

Fonte: Restaurante e Lanchonete Galpão 3J (2019)

Após a análise dos dados apresentados da Tabela 1 e com o levantamento realizado no local, foi possível propor soluções inteligentes a serem implantados no estabelecimento para a economia de água e energia, são elas:

- a) Sanitários:** A troca dos vasos sanitários com válvula de descarga convencional por vasos com caixa acoplada com válvulas de duplo comando; e a troca das torneiras convencionais, por torneiras com acionamento automático.

As torneiras com sensor de movimento reduzem o consumo de água em 80%, os vasos sanitários com caixa acoplada com válvulas de duplo comando proporcionam uma redução de 30% da conta de água (MIRANDA, 2017).

- b) Cisterna:** A cisterna é um reservatório de longa vida útil para armazenamento e reaproveitamento de água proveniente das chuvas, podendo ser utilizada na descarga e na limpeza dos pisos, evitando o desperdício de água potável onde não seria necessária e diminuindo em até 70%

do consumo de água potável.

A Figura 3 representa a proposta de uma cisterna pronta para o estudo de caso.

Figura 3. Modelo de cisterna pronta



Fonte: Eco Casa (2019)

Conforme a ABNT NBR 15527:2019, o sistema de reaproveitamento de águas das chuvas deve operar da seguinte forma: a água da chuva é levada pelas calhas da cobertura para um filtro, eliminando folhas, galhos e outras impurezas, sendo direcionadas para o reservatório, tratadas com cloro toda vez que a água é recebida na cisterna e ligada diretamente ao encanamento do estabelecimento, usada apenas para limpeza, pois se trata de uma água não potável.

- c) Energia renovável:** O sistema de aquecimento solar fotovoltaico para uso comercial permite gerar parte ou toda a energia para o consumo, e o excesso de energia é direcionado para a rede da distribuidora gerando créditos para serem utilizados de noite ou nos próximos meses. O sistema de aquecimento solar pode significar uma redução de até 80% na conta de luz.

A Figura 4 representa a proposta do sistema de aquecimento solar fotovoltaico para o estudo de caso.

Figura 4. Sistema solar fotovoltaico



Fonte: Portal Solar (2019)

Os painéis solares são instalados sobre o telhado, conectados uns aos outros e conectados no inversor solar, convertendo a energia solar dos painéis fotovoltaicos em energia elétrica, direcionando para o quadro de luz e é distribuído para o estabelecimento. O excesso de eletricidade volta para a rede elétrica através do relógio de luz bi-direcional, gerando créditos de energias para serem consumidos nos próximos meses. Reduzindo então, a quantidade de energia comprada da concessionária local (PORTAL SOLAR).

O investimento dedicado com a instalação de uma cisterna pronta, conforme o orçamento disponibilizado pelo site Eco Casa, tem o custo médio de mercado no valor de R\$ 16.977,00, podendo ser recuperado em 9 meses do seu uso, de acordo com os gastos no consumo com a água apresentados na Tabela 1.

O investimento na instalação do sistema de aquecimento solar fotovoltaico possui um custo elevado na sua implantação, pelo cálculo solar oferecido pelo site da Portal Solar, o preço médio praticado pelo mercado é de R\$ 31.985,00 para atender toda a demanda do estabelecimento. Conforme apresentado os gastos de consumo com energia na Tabela 1, o tempo médio para o retorno da aplicação são de 18 meses. Porém, o sistema ainda assim é economicamente viável,

considerando que o sol oferece energia gratuita.

Os resultados foram obtidos através de uma simulação de gastos dos últimos doze meses com água e energia, conforme apresentados na Tabela 1, sendo possível comparar a implantação dos sistemas alternativos e a utilização dos meios convencionais. A troca proposta no estudo de caso para a aplicação dos sistemas alternativos possui uma redução de custo no ano, no valor de R\$ 26.269,91, um percentual significativo de 58% de economia anual.

4. CONCLUSÃO

Nos últimos anos a preocupação ambiental pelos consumidores têm aumentado, com isso, a fabricação de produtos sustentáveis e a aplicação dos métodos ecoeficientes estão acompanhando a demanda.

A aplicação da consciência ecológica em empresas de alimentação, faz com que além de preservar o meio ambiente, também gere meios de economia e contribuição com a sociedade, garantindo um melhor *marketing* para a empresa e reduzindo a geração de resíduos e, conseqüentemente, a diminuição de despesas.

Após o desenvolvimento do estudo de caso aplicado no Restaurante e Lanchonete Galpão 3J pode-se concluir a utilização das soluções inteligentes buscam minimizar a intensidade energética de bens e serviços, aumentando a durabilidade dos produtos, diminuindo a dispersão de gases tóxicos, exigindo pouca manutenção e longa durabilidade, promovendo a conscientização racional dos recursos naturais e energéticos.

5. REFERÊNCIAS

ABNT, NBR 5626:1998. **Instalação Predial de Água Fria.**

ABNT, NBR 15527:2019. **Aproveitamento de Água de Chuva de Coberturas para Fins Não Potáveis – Requisitos.**

ABNT, NBR 15569:2008. **Sistema de Aquecimento Solar de Água em Circuito Direto.**

ECO CASA. **Quanto custa uma cisterna pronta?** Limeira, 18 mai. 2016. Disponível em: <<https://www.ecocasa.com.br/quanto-custa-uma-cisterna-pronta>>. Acesso em: 01 ago. 2019

LOSCHIAVO, R. **O que é Ecoeficiência e Sustentabilidade?** São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.ecoeficientes.com.br/o-que-e-ecoeficiencia-e-sustentabilidade/>>. Acesso em: 12 mai. 2019.

MIRANDA, R.L. **Restaurante Sustentável.** São Paulo, 2017. Disponível em: <<http://www.ecoeficientes.com.br/restaurante-sustentavel/>>. Acesso em: 12 mai. 2019.

OLIVEIRA, F. **A Importância da Elaboração de Projetos Hidráulicos.** Belo Horizonte, 16 nov. 2015. Disponível em: <<http://www.effiz.com.br/blog/a-importancia-da-elaboracao-de-projetos-hidraulicos/>>. Acesso em: 11 mai. 2019.

PENA, R.F.A. **Consumo de Água no Mundo.** São Paulo, 2016. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/consumo-agua-no-mundo.htm>>. Acesso em: 09 mai. 2019.

PEREIRA, C. **Instalações Hidráulicas.** São Paulo, 23 jul. 2019. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/instalacoes-hidraulicas/>>. Acesso em: 09 mai. 2019.

PORTAL SOLAR. **Cálculo Solar.** São Paulo. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/calculo-solar>>. Acesso em: 31 jul. 2019.

PORTAL SOLAR. **Sistema Fotovoltaico: Como Funciona a Energia Solar.** São Paulo. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/sistema-fotovoltaico--como-funciona.html>>. Acesso em: 31 jul. 2019.

SOUSA, R. **Energia Solar.** São Paulo, 2015. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/geografia/energia-solar.htm>>. Acesso em: 11 mai. 2019.

SOUSA, R.; SARDINHA, V. **Água.** São Paulo, 2012. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/geografia/agua.htm>>. Acesso em: 09 mai. 2019.

SUÇUARANA, M.S. **Fontes de Energia Renováveis no Brasil**. São Paulo, 2017. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/energia/fontes-de-energia-renovaveis-no-brasil/>>. Acesso em: 09 mai. 2019.

TRATA BRASIL. **Dia Mundial da Saúde – Um Alerta para a Importância do Saneamento Básico**. São Paulo, 06 abr. 2017. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/blog/2017/04/06/dia-mundial-da-saude-um-alerta-para-a-importancia-do-saneamento-basico/>>. Acesso em: 11 mai. 2019.

4. ANÁLISE DE REVITALIZAÇÃO DE PAVIMENTO FLEXÍVEL: ANEL VIÁRIO PREFEITO SINCLER SAMBATTI (CONTORNO SUL) - MARINGÁ PR

ANALYSIS OF FLEXIBLE PAVEMENT REVITALIZATION:
RING ROAD MAYOR SINCLER SAMBATTI (SOUTH
CONTOUR) - MARINGÁ

PRIEDUSUL
EDITORA



FELIPE MARTINS

Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

SÉRGIO RODRIGUES DE SOUZA

Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RESUMO: O objetivo do trabalho será analisar a revitalização do Anel Viário Prefeito Sincler Sambatti (Contorno Sul) no município de Maringá, ligação entre a rodovia BR-376, Contorno Norte Major Abelardo José da Cruz e Rodovia PR-317, distribuído em pista dupla com uma extensão de 11.600 metros. A obra escolhida está sendo realizada para corrigir manifestações patológicas identificadas no pavimento como, fissuras, trincas, afundamento, ondulação, exsudação, panelas, couro de jacaré, entre outras. Para a restauração do pavimento foram utilizadas técnicas de serviço padronizadas pelo DER (Departamento de Estradas e Rodovias), como, revitalização do pavimento por meio de fresagem das áreas afetadas, remoção da camada comprometida pelas manifestações patológicas e aplicação do Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ). Para averiguar a eficácia desta recomposição utilizou-se o processo da viga Benkelman, na qual mede a deflexão do pavimento. Primeiramente foram medidas as deflexões do pavimento antes da intervenção, então a nova capa asfáltica foi executada e novamente foram medida as deflexões nos mesmos pontos. No total 35 pontos analisados, com os resultados obtidos em cada ponto foram comparados com a deflexão admissível para o Concreto Betuminoso Usinado a Quente. A média das deflexões antes da recuperação era de 73 centésimos de milímetros e a média das deflexões após a recuperação está em 34 centésimos de milímetros ficando abaixo da deflexão admissível de 45,99 centésimos de milímetros, demonstrando a eficácia na restauração do pavimento asfáltico nos trechos analisados.

PALAVRAS-CHAVE: Pavimentação. Manifestação Patológica. Fresagem. Concreto Betuminoso Usinado a Quente.

ABSTRACT: The objective of this work will be to analyze the revitalization of the Mayor Sincler Sambati Ring Road (Contour South) in the municipality of Maringá, connecting the BR-376 highway, the North Abroad Major Abelardo José da Cruz and the PR-317 highway, distributed in a dual carriageway. length of 11,600 meters. The chosen work is being performed to correct pathological manifestations identified in the pavement as cracks, sinking, undulation, exudation, pots, alligator leather, among others. For the restoration of the pavement, service techniques standardized by the DER (Department of Roads and Highways) were used, such as revitalizing the pavement by milling the affected areas, removing the layer compromised by pathological manifestations and applying the Hot Machined Bituminous Concrete (CBUQ). To verify the effectiveness of this recomposition, the Benkelman beam process was used, which measures the deflection of the floor. First the deflections of the pavement were measured before the intervention, then the new asphalt cover was performed and again the deflections were measured at the same points. In total 35 points analyzed, with the results obtained in each point were compared with the permissible deflection for Hot Machined Bituminous Concrete. The average deflection before recovery was 73 hundredths of a millimeter and the average deflection after recovery is 34 hundredths of a millimeter below the permissible deflection of 45.99 hundredths of a millimeter, demonstrating the effectiveness of restoring asphalt pavement in the stretches. analyzed.

KEYWDORS: Pavement. Pathological Manifestation. Milling. Bituminous Concrete.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a pavimentação deu início somente em 1950, introduzindo a utilização da estabilização de solos com cimento e da estabilização granulométrica de materiais de construção viária com o aproveitamento de solos granulares em pavimentos. No final desta década, um acontecimento significativo, a criação de uma comissão técnica especial dentro do âmbito do extinto DNER, proporcionou

o crescimento das práticas e pesquisas tecnológicas relativa a pavimentação de rodovias (BALBO, 2007).

De acordo com Bernucci *et al.* (2006), o pavimento é a combinação de camadas sobrepostas de diversos materiais compactados, adequada para atender estrutural e operacionalmente ao tráfego, de maneira durável e resistente a intempéries.

Segundo Balbo (2007) pavimentar é um ramo da construção civil que tem como objetivo a melhoria operacional para o tráfego, na qual é criada uma superfície mais regular e mais aderente, sendo características que permitem maior conforto no deslocamento e mais segurança em condições de pista úmida ou molhada.

O pavimento é destinado econômica e simultaneamente em seu conjunto para resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego, melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança, e resistir aos esforços horizontais que nele atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento (ABNT NBR 7207, 1982).

A norma DNIT 005/2003 – TER de Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos, define os termos técnicos sobre as patologias que consistem em:

- Fenda: Qualquer descontinuidade na superfície do pavimento, que conduza a aberturas de menor ou maior porte, apresentando-se sob diversas formas;
- Fissura: Fenda de largura capilar existente no revestimento, posicionada longitudinal, transversal ou obliquamente ao eixo da via, somente perceptível a vista desarmada de uma distância inferior a 1,50 m;
- Trinca: Fenda existente no revestimento, facilmente visível a vista desarmada, com abertura superior à da fissura, podendo apresentar sob a forma de trinca isolada ou trinca interligada;
- Afundamento: Deformação permanente caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou

não, de solevamento, podendo apresentar sob a forma de afundamento plástico ou de consolidação;

- Ondulação ou Corrugação: Deformação caracterizada por ondulações ou corrugações transversais na superfície do pavimento;
- Escorregamento: Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento, com aparecimento de fendas em forma de meia-lua;
- Exsudação: Excesso de ligante betuminoso na superfície do pavimento, causado pela migração do ligante através do revestimento;
- Desgaste: Efeito do arrancamento progressivo do agregado do pavimento, caracterizado por aspereza superficial do revestimento e provocado por esforços tangenciais causados pelo tráfego;
- Panela ou buraco: Cavidade que se forma no revestimento por diversas causas (inclusive por falta de aderência entre camadas superpostas, causando o deslocamento das camadas), podendo alcançar as camadas inferiores do pavimento, provocando a desagregação dessas camadas.

A execução de Pavimentos Flexíveis exige deslocamentos de maquinário apropriado e mão-de-obra qualificada, mas é capaz de atingir grandes dimensionamentos de pavimentação, de forma rápida e com os mesmos resultados do pavimento rígido. Na manutenção, apesar de o pavimento flexível ter uma maior frequência de manutenção quando é grande o fluxo de veículos de tráfego pesado ou excesso de carga, a recuperação da ocorrência de defeitos no pavimento flexível é muito mais simples de solucionar do que os defeitos do pavimento rígido (SILVA, 2011).

O equipamento em operação deve ser suficiente para compactar a mistura de forma que atinja o grau de compactação estabelecido em projeto. Outros equipamentos e ferramentas a

serem utilizados complementarmente são: vassouras rotativas, compressores de ar para limpeza do pavimento, placas vibratórias (para a compactação de áreas inacessíveis aos equipamentos convencionais) (LIEDI, 2008).

A máquina Vibroacabadora é a ideal para aplicação, espalhamento e compactação do revestimento flexível (LIEDI, 2008).

Os equipamentos de espalhamento e acabamento devem compor de máquinas vibroacabadoras, capazes de espalhar e conformar a mistura no alinhamento desejado. Em áreas menores, deverá ser aplicada com motoniveladora ou manualmente (SILVA, 2011).

O concreto asfáltico é uma mistura executada a quente, em usina apropriada, com características específicas do projeto. É composto de agregado graduado, cimento asfáltico (tipo CAP) modificados ou não por polímeros, e se necessário, material de enchimento, filer (material de enchimento com características granulométricas determinadas) e melhorador de adesividade, espalhada e compactada a quente (MEDINA, 2005).

O DNIT (2006), diz que os pavimentos são executados para resistirem por um determinado período de tempo, durante esse período o pavimento sofre degradações.

Para a avaliação estrutural de um pavimento degradado, pode-se utilizar a viga Benkelman que é um equipamento com a função de medir a deformação elástica causada por um caminhão de eixo traseiro simples e roda dupla com carregamento de 8,2 toneladas conforme Bernucci *et al.* (2006).

ODNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem) através da norma (DNER-ME 24/94) visa a determinação de deflexões em pavimento asfáltico para demonstrar a capacidade

de carga da pavimentação, ensinando como medir e calcular as deflexões, bem como o procedimento correto do uso do equipamento.

Por fim, o objetivo desse trabalho foi demonstrar a revitalização do Anel Viário Prefeito Sincler Sambatti (Contorno Sul de Maringá), analisar os trechos de projeto de revitalização, identificar as principais manifestações patológicas existentes, observar a recomposição das manifestações identificadas, acompanhar a execução da fresagem, recomposição de pavimento e por fim analisar a eficácia dos métodos de manutenção de manifestações patológicas utilizados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

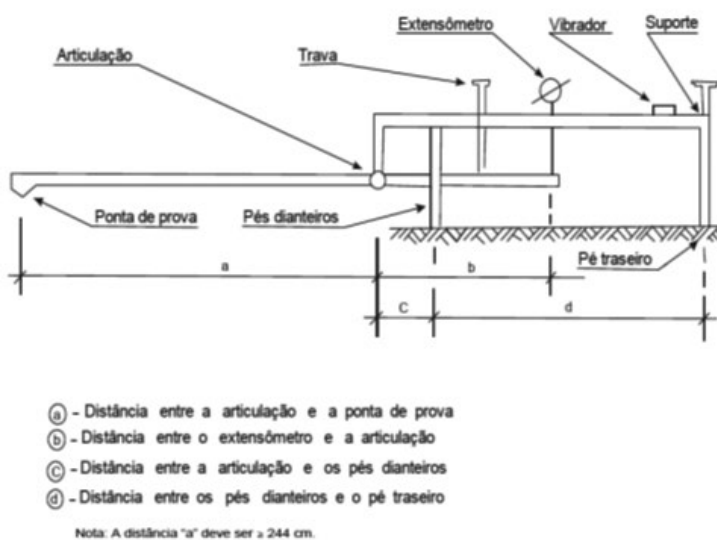
A obra escolhida para o estudo está em período de execução, facilitando o acesso aos projetos de fresagem, recomposição de pavimento e recapeamento, além do acesso à planilha orçamentária original da obra e a equipe laboratorial responsáveis pelos ensaios e controle de qualidade dos materiais empregados na obra.

Para realizar o levantamento das informações, foram necessárias uma análise inicial dos trechos de projeto onde seriam realizados a fresagem de capa asfáltica, recomposição de pavimento e projeto de recapeamento asfáltico, bem como as especificações técnicas necessárias à execução. Todas as etapas da obra terão um controle de execução e materiais por meio ensaio tecnológico determinado pelas normas do DER (Departamento de Estradas de Rodagem) e do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes).

Identificados os serviços a serem executados, será feita uma análise técnica dos trechos que sofreram intervenção, onde serão acompanhados e avaliados os resultados do delineamento da linha de influência longitudinal na bacia de deformação por intermédio da Viga Benkelman (Figura 1).

Um dos equipamentos de medição de deflexão mais utilizados no Brasil é a viga Benkelman. Este equipamento manteve larga utilização no meio rodoviário internacional e nacional, até que outras gerações de equipamentos, mais sofisticados e adequados, passaram gradualmente a ganhar espaço. Trata-se de um equipamento muito simples que necessita de um caminhão com eixo traseiro simples de roda dupla, para aplicar a carga sob a qual será medida a deformação elástica (CUNHA, 2008).

Figura 1 – Esquema da Viga Benkelman



Fonte: Norma do DNIT 133/2010.

O equipamento funciona como um braço de alavanca, onde a haste rígida com a ponta de prova é colocada entre um par de rodas de eixo traseiro de um caminhão do tipo toco carregado com 8,2 toneladas por eixo. Na outra extremidade dessa viga articulada está um extensômetro ou relógio comparador com uma precisão de centésimos

de milímetros. Esse extensômetro mede a deformação que ocorreu no pavimento assim que o caminhão se afasta da ponta de prova e o pavimento retorna ao seu plano original sem carregamento.

Durante o ensaio são obtidos os valores da leitura inicial (L_0), leitura intermediária (L_{25}) e a leitura final (L_f), como mostra a Figura 2. Tomando como referência os resultados obtidos, são calculados, a deflexão do pavimento em centésimos de milímetros, com o auxílio da equação (1) e o raio de curvatura da bacia de deformação utilizando a equação (2).

Para o cálculo das deflexões e do raio de curvatura da bacia de deformação, utilizam-se as seguintes equações:

$$D = k \times (L_0 - L_f) \quad (1)$$

$$RC = 6250 / (2 \times k \times (L_0 - L_{25})) \quad (2)$$

Sendo:

L_0 – Leitura Inicial;

L_{25} – Leitura a 25cm;

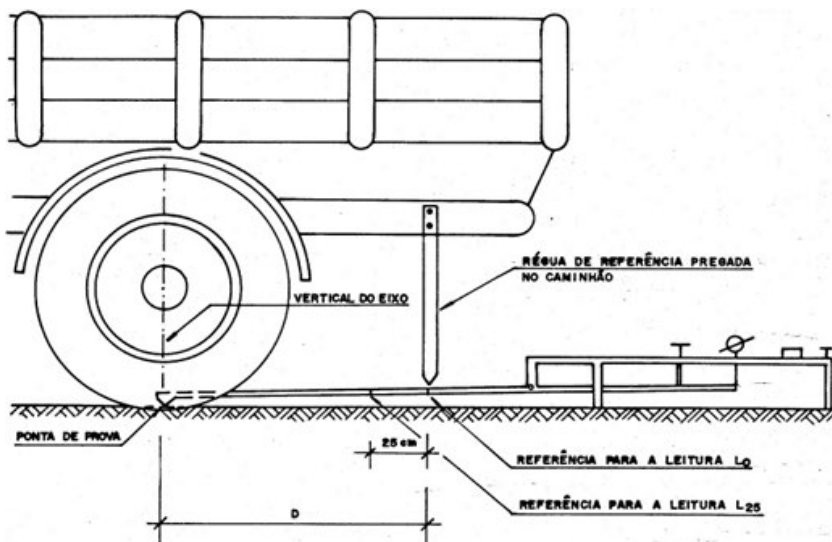
L_f – Leitura Final;

k – Constante da Viga Benkelman (a/b)

D – Deflexão

RC – Raio de Curvatura

Figura 2 – Uso correto da Viga Benkelman



Fonte: Norma do DNER-ME 024/94.

Para o cálculo das deflexões máximas admissíveis no pavimento, utiliza-se a equação:

$$\text{LogDadm} = 3,01 - 0,175 \log N$$

Onde:

$$N = 5,0 \times 10^7$$

$$Dadm = 45,99 \text{ mm} - ^2$$

Onde o trecho em estudo é classificado como uma via arterial principal ou expressa de tráfego muito pesado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O anel viário Prefeito Sincler Sambatti, popularmente chamado de Contorno Sul de Maringá, construído na década de 80 faz ligação entre a PR-376 e PR-317, conta com 11600 metros de extensão e atravessa mais de 20 bairros promovendo uma integração entre o tráfego local de veículos de passeio e motocicletas com o tráfego pesado das rodovias de carretas e caminhões bitrem. Com mais de 30 anos de execução do seu projeto original, o “Contorno Sul” apresenta inúmeras manifestações patológicas que geram desconfortos e transtornos aos usuários da via.

Figura 3 – Pavimento antes da recuperação.



Figura 4 – Pavimento após a recuperação.



Fonte: O autor, 2019.

Pelo ensaio da viga Benkelman, determina o delineamento da linha de influência longitudinal da bacia de deformação, foram analisados 35 pontos da via e coletados os dados referentes as leituras iniciais, leituras á 25cm e as leituras finais. Com o uso da equação (1) foram calculados a deflexão de estaca de referência e utilizando a

equação (2) foram calculados o raio de curvatura da bacia de deflexão. Estes dados, foram comparados com a deflexão admissível do CBUQ (Concreto Betuminoso Usinado a Quente), onde foi possível constatar a eficácia da recuperação no pavimento asfáltico.

Figura 5 – Ensaio da viga Benkelman.



Fonte: O autor, 2019.

Conforme Borges (2001), assim que o caminhão de eixo simples de roda dupla estiver posicionado e a viga ajustada, liga o vibrador, que por sua vez se encontra com carga gerada pelo eixo padrão, assim se faz a leitura inicial no extensômetro, como na figura 3.

Segundo Pereira (2007), após a leitura inicial (L_0), lentamente o caminhão se desloca para frente cerca de dez metros e realiza a leitura final (L_f).

Conforme resultados apresentados na Tabela 1, observa-se que houveram diferenças significativas nas deflexões antes da recuperação de pavimento e após a recuperação.

Tabela 1 – Resultados das deflexões.

PAVIMENTO ANTES DA RECUPERAÇÃO						
DETERMINAÇÃO DE DEFLEXÃO DNIT ME 133/2010						
RODOVIA: CONTORNO SUL DE MARINGÁ						
K VIGA: 2						
PERÍODO DE LEITURA : 14/01/2019 - 17/01/2019						
Estaca	L0	L25	Lf	Deflexão (mm ⁻²)	Defl. Adm (mm ⁻²)	Raio (m)
357	0	16	44	88	45,99	98
358	0	11	30	60	45,99	142
359	0	27	42	84	45,99	58
360	0	13	30	60	45,99	120
361	0	18	37	74	45,99	87
362	0	22	44	88	45,99	71
366	0	19	31	62	45,99	82
429	0	14	30	60	45,99	112
430	0	15	38	76	45,99	104
434	0	25	50	100	45,99	63
443	0	17	32	64	45,99	92
444	0	19	36	72	45,99	82
453	0	18	38	76	45,99	87
455	0	10	26	52	45,99	156
457	0	18	31	62	45,99	87
458	0	16	34	68	45,99	98
459	0	20	36	72	45,99	78
460	0	8	23	46	45,99	195
476	0	19	41	82	45,99	82
478	0	20	33	66	45,99	78
480	0	13	37	74	45,99	120
482	0	15	39	78	45,99	104
483	0	26	54	108	45,99	60
484	0	18	46	92	45,99	87
485	0	10	29	58	45,99	156
486	0	12	38	76	45,99	130
489	0	20	39	78	45,99	78
523	0	13	34	68	45,99	120
524	0	3	37	74	45,99	521
525	0	24	46	92	45,99	65
527	0	10	21	42	45,99	156
528	0	12	31	62	45,99	130
529	0	19	43	86	45,99	82
531	0	20	39	78	45,99	78
532	0	16	34	68	45,99	98
Média				73		

PAVIMENTO APÓS A RECUPERAÇÃO						
DETERMINAÇÃO DE DEFLEXÃO DNIT ME 133/2010						
RODOVIA: CONTORNO SUL DE MARINGÁ						
K VIGA: 2						
PERÍODO DE LEITURA : 21/01/2019 - 15/02/2019						
Estaca	L0	L25	Lf	Deflexão (mm ⁻²)	Defl. Adm (mm ⁻²)	Raio (m)
357	0	8	13	26	45,99	195
358	0	14	22	44	45,99	112
359	0	13	18	36	45,99	120
360	0	8	18	36	45,99	195
361	0	15	20	40	45,99	104
362	0	10	20	40	45,99	156
366	0	15	22	44	45,99	104
429	0	18	20	40	45,99	87
430	0	12	16	32	45,99	130
434	0	10	18	36	45,99	156
443	0	0	8	16	45,99	107
444	0	0	13	26	45,99	104
453	0	6	13	26	45,99	260
455	0	7	12	24	45,99	223
457	0	5	19	38	45,99	313
458	0	5	15	30	45,99	313
459	0	11	16	32	45,99	142
460	0	18	20	40	45,99	87
476	0	15	18	36	45,99	104
478	0	10	18	36	45,99	156
480	0	3	12	24	45,99	521
482	0	18	20	40	45,99	87
483	0	15	23	46	45,99	104
484	0	8	12	24	45,99	195
485	0	12	18	36	45,99	130
486	0	9	22	44	45,99	174
489	0	5	17	34	45,99	313
523	0	10	18	36	45,99	156
524	0	10	12	24	45,99	156
525	0	18	22	44	45,99	87
527	0	10	12	24	45,99	156
528	0	8	10	20	45,99	195
529	0	5	15	30	45,99	313
531	0	8	18	36	45,99	195
532	0	8	22	44	45,99	195
Média				34		

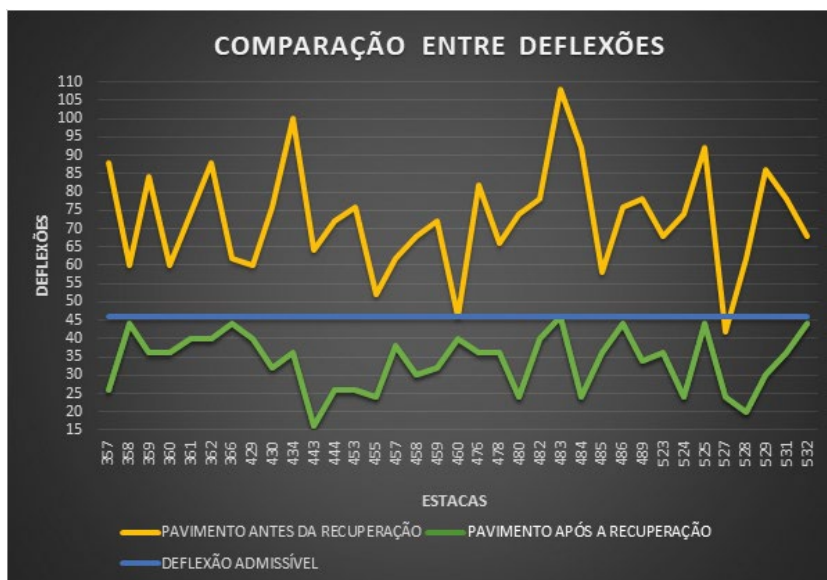
Fonte: O autor, 2019.

A média das deflexões antes da recuperação era de 73 centésimos de milímetros e a média das deflexões após a recuperação é de 34 centésimos de milímetros, ficando abaixo da deflexão admissível

de 45,99 centésimos de milímetros.

A figura 6, apresenta uma melhor visualização dos resultados.

Figura 6: Comparativo de deflexões antes e após a recuperação.



Fonte: O autor, 2019.

4. CONCLUSÃO

Ao avaliar a recuperação do pavimento asfáltico, constatou-se que os resultados encontrados estão aceitáveis e abaixo da deflexão admissível, mostrando a eficácia da recuperação neste trecho analisado da obra. As manifestações patológicas encontradas no trecho foram corrigidas através da fresagem e recomposição da capa asfáltica, melhorando as condições de tráfego e gerando conforto aos usuários da via.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) – **Terminologia e Classificação de Pavimentação** – NBR 7207, 1982.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projetos e restauração**. Oficina de texto, 2007.

BERNUCCI, L. B., MOTTA, L. M. G., CERATTI, J. A. P., SOARES, J. B. **Pavimentação Asfáltica – Formação Básica para Engenheiros**. Rio de Janeiro, PETROBRÁS: ADEBA, 2006.

BORGES, Carissa B. S. **Estudo Comparativo entre Medidas de Deflexão com Viga Benkelman e FWD em Pavimentos da Malha Rodoviária Estadual de Santa Catarina**. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/79447/188421.pdf?sequence=>>. Acesso em: 02 ago. 2019.

CUNHA, Carlos Roberto. **Determinação de Modelo de Deterioração dos Pavimentos para a malha rodoviária Estadual do Ceará**, Dissertação de Mestrado – UFCE, Fortaleza - CE, 2008.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. DNER-ME 024/94. **Determinação das deflexões pela viga Benkelman**. Rio de Janeiro, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT - 031/2006 – ES. **Pavimentos flexíveis – concreto asfáltico: especificação de serviço**. São Paulo, 2006.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 005/2003 - PRO. **Defeitos nos pavimentos flexíveis e semi-rígidos - Terminologia**. São Paulo, 2003.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. DNIT 133/2010 – ME. **Pavimentação asfáltica – Delineamento da linha de influência longitudinal da bacia de deformação por intermédio da viga Benkelman – Método de ensaio**. São Paulo, 2010.

LIEDI, B. B. M. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2008.

MEDINA, J. M. **Mecânica dos pavimentos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.

PEREIRA, José M. B. **Um procedimento de retroanálise para pavimentos flexíveis baseado na teoria do ponto inerte e em modelagem matemática**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18143/tde0607200084827/en.php>>. Acesso em: 27 jul. 2019.

SILVA, F.A. PAULO. **Manual de Patologia e Manutenção de Pavimentos**. 2. ed., 2011.

5. USO DE PERMACULTURA NO TRATAMENTO DE EFLUENTES EM ÁREAS PERIURBANAS

PERMACULTURE USE FOR WASTEWATER TREATMENT
IN PERIURBAN AREAS



FLAVIO AUGUSTO FORCELLI
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

DAVID AMERICO NAKAGAWA
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

LENILSON COUTINHO DA ROCHA
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

GEZIELE MUCIO ALVES
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RESUMO: Em áreas periurbanas, é bastante incomum que se tenha disponível uma rede pública de esgoto para tratamento de efluentes. Essa falta de saneamento ambiental pode propiciar riscos ao meio ambiente e a saúde dos moradores. Este é o caso da propriedade deste estudo, uma área que oferece serviço de lazer para os locais, pois trata-se de uma prainha continental e se compromete com uma proposta de ser ecologicamente correta na gestão de seus resíduos e exploração dos corpos de água no interior e entorno da propriedade. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo aplicar conceitos da Permacultura para dimensionar um sistema de tratamento de efluentes sanitários conhecido como tanque (ou bacia) de evapotranspiração no domicílio dos moradores permanentes da prainha, visando contribuir para o bom desempenho com menos impactos ambientais através do desenvolvimento de técnicas sustentáveis de tratamento de seus efluentes. Utilizou-se os parâmetros do modelo de fossa ecológica atribuída ao permacultor americano Tom Watson, agregado as instruções das normas NBR 7229:1993 e NBR 13969:1997 sobre projeto, construção e operação de fossas sépticas. Finalizando o dimensionamento, conclui-se que o tanque seria viável se fossem observadas as restrições técnicas de afinidade da mão de obra com a tecnologia, além de sanadas as dúvidas dos usuários sobre o

funcionamento do sistema e suas vantagens socioeconômicas.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de efluentes. Permacultura. Evapotranspiração.

ABSTRACT: In periurban areas, it is very unusual for a public sewage system to be available for wastewater treatment. This lack of sanitation can create risks to the environment and the residents' health. This is the case of the property of this study: a place that offers leisure services to the locals as a continental beach, and is committed to a proposal to be ecologically correct in its waste management and exploitation of surrounding water sources. In this sense, this paper aimed to apply permaculture concepts to design a sewage treatment system, known as an evapotranspiration tank, for the permanent residences of the property. Aiming to contribute to a good performance of reducing environmental impacts through the development of a more sustainable effluent treatment facility. It was used the model of ecological tank attributed to the American permacultor Tom Watson, aggregated to instructions from the normatives NBR 7229: 1993 and NBR 13969: 1997 regarding to design, construction and operation of septic tanks. Finishing the design project, we stated that the tank would be viable if the technical constraints and labor difficulties with technology were solved. In addition to resolving the doubts of users about the operation of the system and its socioeconomic advantages.

KEYWORDS: Effluent treatment. Permaculture. Evapotranspiration.

1. INTRODUÇÃO

Define-se por esgoto doméstico, basicamente, as águas de banho, excreto humano, águas de lavanderia de louça e roupa, provenientes de águas utilizadas em residências, papel higiênico, restos de alimentos, sabão, óleos e detergentes. A composição varia devido ao volume de água consumido e os hábitos das pessoas tidas como usuários e que compõem o volume total (LEME, 2014). Do total de efluentes, pode-se fazer uma subdivisão em dois tipos: águas negras (efluente do vaso sanitário, contendo fezes e urina) e águas cinzas (oriundas das pias, chuveiros, banheiras e lavanderias e que formam o maior volume do esgoto doméstico (RIDDERSTOLPE, 2004). Vale ressaltar que alguns autores consideram ainda como água negra a água residual de cozinhas,

devido à grande concentração de matéria orgânica e de óleos e gorduras (REBOUÇAS *et al.*, 2007).

Galbiati (2009) diferencia que, enquanto o tratamento da água cinza pode ser considerado simples, dependendo do objetivo do reuso dessa água, o da água negra necessita de sistemas de tratamento mais complexos para reduzir sua carga de patógenos. Baseada em Esrey *et al.* (1998), a autora também sugere que o tratamento das águas cinzas pode ser feito nas próprias residências e o reuso pode ser para aplicação direta no solo, para irrigação de árvores e jardins, desde que sejam seguidos alguns critérios de ordem sanitária.

Considerando as análises de Otterpohl (2002) sobre a proporção de nutrientes presentes nos efluentes, Galbiati (2009) destaca que, mesmo comportando a maior parte dos patógenos e dos nutrientes encontrados no esgoto doméstico, o volume de água negra é muito menor do que o volume de água cinza produzido, numa proporção de 25.000 a 100.000 litros por ano por pessoa de água cinza, para 500 litros de urina e 50 litros anuais de fezes produzidos por pessoa. Em um ano, a quantidade de fezes excretada por um humano fica entre 25 a 50 quilogramas, contendo cerca de 550 gramas de nitrogênio, 180 gramas de fósforo e 370 gramas de potássio, com a maior parte dos nutrientes encontrando-se na urina. Um adulto produz cerca de 400 litros de urina por ano, contendo 4 quilogramas de nitrogênio, 400 gramas de fósforo e 900 gramas de potássio.

Considerando o processo de evapotranspiração que seria aplicado, Sawyer (2006) afirma que os nutrientes estão na melhor disposição para serem absorvidos pelas plantas, sendo: fósforo como superfosfato simples, nitrogênio como ureia, e potássio em forma ionizada; distribuídos entre a urina e as fezes, com a maior concentração de carbono nas fezes e cálcio e magnésio nos dois dejetos em proporção semelhante. Já Esrey *et al.* (1998) sugere que o reaproveitamento dos nutrientes oriundos de dejetos de águas negras é uma alternativa que pode prevenir a contaminação de mananciais e demais ecossistemas causados pela descarga de águas negras e que, além disso, os nutrientes

podem ser reaproveitados para fertilização das plantas substituindo fertilizantes industriais.

Neste trabalho, apresenta-se uma abordagem ecológica para o saneamento doméstico, em contraposição aos métodos mais convencionais e gerais, como estações de tratamento de esgoto (ETE) e fossas sépticas, de forma a sugerir uma alternativa mais específica e direcionada, além de ambientalmente consciente: a fossa (ou tanque) de evapotranspiração (LEME, 2014). Tal abordagem ecológica leva em conta a possibilidade de aumento da disponibilidade hídrica pela economia de água. Assim, Galbiati (2009) considera que a técnica do tanque, bacia ou fossa de evapotranspiração é uma alternativa ecológica de saneamento pois consiste, em essência, num tanque impermeabilizado, preenchido com diferentes camadas de substrato e sobreposto de espécies de plantas cujo crescimento é rápido e durante o qual existe uma grande demanda por água que, no caso, são provenientes do reaproveitamento por tratamento dos efluentes. O sistema recebe o efluente dos vasos sanitários, que passa por processos naturais de degradação microbiana da matéria orgânica, mineralização de nutrientes, absorção e evapotranspiração pelas plantas. Pamplona e Venturi (2004) informam que a técnica foi desenvolvida e difundida por permacultores de diversas nacionalidades, e garantem que ela possui potencial para aplicação no tratamento domiciliar de águas negras em zonas urbanas e rurais.

Ainda como relatado por Galbiati (2009), a Permacultura surgiu na década de 1970, na Austrália, e primeiramente foi difundida pelos pesquisadores Bill Mollison e David Holmgren, sendo um sistema de planejamento baseado em éticas e princípios para criar e gerir sistemas humanos realmente sustentáveis. Ela passeia por diversas disciplinas, como arquitetura, economia, ecologia, entre outras, numa abordagem holística, integrando conhecimentos de culturas ancestrais com as conquistas da ciência moderna. Resumidamente, seria a aplicação de planejamento e implantação de sistemas humanos simples, integrados e sustentáveis, aliado a satisfação das necessidades humanas de

habitação, alimento e energia, à recuperação do equilíbrio ambiental e da diversidade biológica (WINBLAD e SIMPSON-HÉRBERT, 2004). Desde o seu surgimento, o conceito da Permacultura tem sido adotado e desenvolvido por uma rede de ambientalistas e agricultores mundo afora. Muitas das soluções encontradas pelos permacultores representam contribuições valiosas para áreas como a de habitações, saneamento, manejo da água, energia e recuperação de áreas degradadas (GALBIATI, 2009).

Leme (2014) recorda que para tratar águas negras contendo alta concentração de patógenos e uma grande carga orgânica, é preciso prover um sistema de pré-tratamento para a redução de matéria orgânica e sólidos, e um outro sistema de pós-tratamento para eliminação do excesso de nutrientes e patógenos, antes da disposição final no solo ou em corpos de água. Por isso, Pamplona e Venturi (2004) afirmam que a utilização de sistemas de evapotranspiração já é bastante difundida pelo mundo justamente pelo fato de que a fossa de evapotranspiração pode simplificar o processo funcionando como uma câmara de digestão anaeróbia em sua parte inferior diminuindo a necessidade de pós-tratamento do efluente. Sendo assim, Mandai (2006) define que os principais processos físicos, químicos e biológicos envolvidos no funcionamento da fossa de evapotranspiração são:

- Precipitação de sólidos;
- Sedimentação de sólidos;
- Degradação microbiana anaeróbia;
- Decomposição aeróbia;
- Movimentação da água por capilaridade e
- Absorção de água e nutrientes pelas plantas.

E Chernicharo (2007) afirma que os sistemas anaeróbios de tratamento de esgotos apresentam algumas qualidades positivas a serem destacadas:

- Baixa produção de lodo;
- Baixo requerimento nutricional;
- Permitem aplicação de elevadas cargas orgânicas;

- Degradam certos compostos tóxicos;
- Possuem habilidade em preservar a atividade do lodo por longos períodos sob ausência de alimentação e requerem baixo ou nenhum gasto de energia.

Além disso, num tanque de evapotranspiração, a câmara de recepção tem funções comparadas às de um tanque séptico, que são: decantação, flotação, desagregação e digestão dos sólidos sedimentados (lodo) e da crosta constituída pela espuma. Devido ao tempo de detenção hidráulica, os tanques sépticos propiciam também o tratamento anaeróbio da fase líquida e acumulam por longos períodos o lodo digerido (ANDRADE NETO, 1997). Segundo descreve Galbiati (2009), todo o processo de tratamento dos efluentes no tanque acontecem com base em duas fases principais, a definir-se:

Processos aeróbios – Ocorrem ao passo que o efluente ascende no leito do tanque, em direção à superfície, onde se concentra a maior presença de oxigênio. Neste estágio passa dos processos anaeróbios e facultativos para processos aeróbios de degradação da matéria orgânica. A massa microbiana envolvida aqui é constituída basicamente por bactérias e protozoários. As bactérias têm a maior presença e importância nos sistemas de tratamento de esgotos. A conversão aeróbia da matéria carbonácea consome oxigênio do meio, gerando gás carbônico, água e energia. Em ambiente aeróbio, os compostos orgânicos nitrogenados passam pelo processo de nitrificação, no qual a amônia é convertida em nitrito e, em seguida, em nitrato. Por fim, o nitrogênio na forma de nitrato pode ser absorvido pelas raízes das plantas presentes no tanque (VON SPERLING, 1996).

Evapotranspiração - A parte superior do leito da bacia, tanque ou fossa deve ter condições de insaturação em água, onde a água continua ascendendo até a superfície, por capilaridade, uma fase de interação dos fenômenos de coesão entre as moléculas de água e de adesão das mesmas em relação às partículas do solo, preenchendo seus poros menores. Ocorre, então, o fenômeno de adsorção da água pelas partículas do solo, carregadas eletricamente. Com a absorção da água

do solo pelas raízes das plantas, tem-se uma diferença de potencial entre as regiões próximas às raízes e as regiões mais distantes. Ao passo que a água procura espontaneamente estados mais baixos de energia, ela se move em direção às raízes (GALBIATI, 2009). Havendo a combinação de condições climáticas ideais (radiação solar, vento e umidade do ar abaixo da saturação) o potencial da água na parte aérea da planta é menor do que nas raízes, o que provoca a translocação da água dentro da planta, em direção às folhas, passando dessas para a atmosfera, fenômeno chamado de evapotranspiração (FERRI, 1985).

Finalmente, considerando o descrito, este trabalho buscou efetivar as propriedades de uma instalação alternativa sustentável para o tratamento domiciliar de águas negras popularmente conhecida como BET (Bacia de Evapotranspiração ou também chamado de TEvap, Tanque de Evapotranspiração) de forma a diagnosticar qualidades e desafios técnicos e operacionais do emprego deste sistema, com foco na região de Água Boa, no Paraná, onde está localizado o objeto de estudo selecionado. Para isso, as seguintes etapas foram realizadas: 1) reuniu-se bibliografia e estudos prévios que validem o método e o sistema em uso, com destaque para o trabalho de Galbiati (2009) que descreve a técnica e adota um modelo pré-estabelecido de referência para um dimensionamento; 2) executou-se o dimensionamento de uma instalação de uma fossa de evapotranspiração, sendo observado o nível de eficiência do tratamento sanitário inicial do sistema e 3) ratificou-se a viabilidade técnica regional do uso da alternativa BET e investigou-se a afinidade cultural do mercado, dos profissionais e dos habitantes do local com a possibilidade de uso desta tecnologia alternativa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Dimensionou-se o sistema de evapotranspiração para uma propriedade do distrito de Água Boa/PR, onde um tanque seria instalado como proposta complementar de redução de impacto ao meio ambiente, seguindo um projeto de adequação a medidas ecologicamente corretas

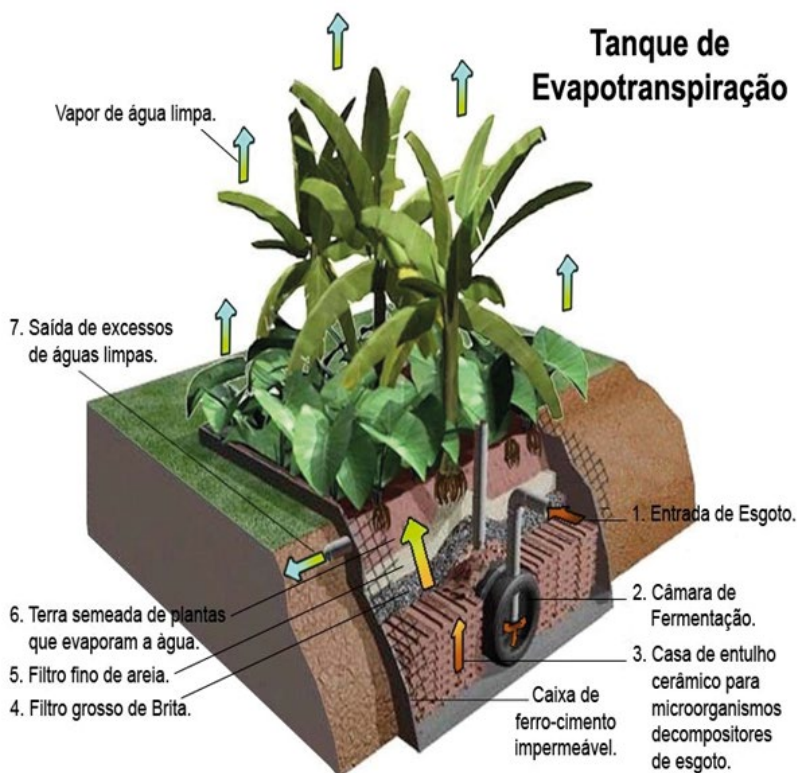
e sustentáveis da Prainha São Carlos, localizada no distrito supracitado do município de Paiçandu, as margens do Rio Bandeirantes, no endereço Estrada Ferroviária, 310b. De propriedade familiar, a prainha é gerenciada pelo Sr. Jose Carlos Benatti, e possui outorga para exploração turística da captação da água, sendo responsável legalmente pela não interferência na qualidade da água do rio e das minas *in loco* e, por isso, interessada direta na manutenção das propriedades de potabilidade da água que explora do rio Bandeirantes e das fontes e poços instalados.

A Prainha São Carlos gerencia serviço turístico que oferece piscina de água mineral, bar e lanchonete, restaurante, lagos para apreciação, quiosques com churrasqueiras, vestiários e estacionamento; no período de agosto a abril, todos os anos, além de alocar três residências fixas da família proprietária. Portanto, para finalidade de dimensionamento, serão considerados os volumes de geração de resíduos do estado máximo das residências fixas, em épocas de esgotamento e alta das chuvas, no verão. A altitude média do distrito é de 550 metros e o clima subtropical e úmido (PARANA, 2018).

Para o dimensionamento do tanque, utilizou-se a ideia original de fossa ecológica atribuída ao permacultor Tom Watson e revisada no trabalho de Galbiati (2009), associada com as especificações técnicas das NBRs 7229:1992 e 13969:1997 como referência complementar. O sistema originalmente proposto por ele, denominado de Watson Wick, consiste em uma trincheira escavada no solo, com largura e comprimento variáveis e aproximadamente 60 centímetros de profundidade, para a qual é encaminhado todo o esgoto doméstico. Este esgoto entra através de um tubo, posicionado dentro de um infiltrador, feito com um tambor cortado longitudinalmente ao meio e colocado com a concavidade voltada para baixo, no fundo do tanque, acima de uma camada de 5 centímetros de pedras porosas. O restante do volume do tanque é preenchido com uma camada de 45 centímetros de espessura de pedras, coberta com uma camada de 15 centímetros de solo, onde são colocadas as plantas (PAMPLONA; VENTURI, 2004). As paredes do tanque não

são impermeabilizadas, permitindo a infiltração do efluente no solo. Segundo Galbiati (2009), Watson recomenda o recobrimento das paredes e do fundo com uma mistura de esterco, argila e palha, permitindo o desenvolvimento de um biofilme composto por bactérias anaeróbias, que funcionaria como filtro biológico e melhoraria a filtragem do efluente. Na porção oposta à entrada do esgoto, próximo à superfície do solo, é colocado um tubo para drenagem do excesso de água. É atribuída a Tom Watson a indicação de dimensionamento para o sistema de 2 metros quadrados de área por pessoa (PAMPLONA; VENTURI, 2004). A Figura 1 é uma ilustração tridimensional do modelo proposto por Tom Watson com a descrição das etapas do tratamento.

Figura 1 – “Watson Wick”, Tanque modelo de Tom Watson.



Fonte – Adaptado de Galbiati (2009).

A determinação matemática da capacidade efetiva do tanque e a estimativa da taxa de evapotranspiração permitiriam diagnosticar o nível de eficiência do tratamento sanitário inicial do sistema, onde seria relevante a apuração prévia dos seguintes:

1. *Capacidade do tanque*: Numa possível instalação, o volume de entrada no tanque seria registrado através de leituras diárias de algum hidrômetro a ser definido e instalado na tubulação que alimenta a caixa de descarga do banheiro, e de algum pluviômetro próximo disponível com índices após cada chuva a ser observada, durante o período de coleta de dados. O volume de entrada de chuva no sistema seria estimado a partir da multiplicação do valor de leitura do pluviômetro pela área do tanque, considerando-se que toda a chuva incidente sobre o tanque penetre no sistema. Poderia ser registrado, periodicamente, o nível do conteúdo do tanque e observações a respeito do extravasamento ou não do tanque no período e outras ocorrências peculiares (GALBIATI, 2009).

2. *Taxa de evapotranspiração*: mesmo sem a instalação do sistema, pode-se calcular a taxa mediante aplicação de parâmetros relativos entre o volume de rejeitos, as condições climáticas e os agentes orgânicos envolvidos (GALBIATI, 2009).

Para o cálculo do volume útil da câmara de pneus do tanque de evapotranspiração na residência, seguiu-se as recomendações propostas pela NBR 7.229/1992:

$$V = 1000 + N (C.Td + K.Lf) \quad (\text{Equação 1})$$

Em que:

V = Volume útil (em litros);

N = Número de pessoas ou unidades de contribuição, sendo 9 pessoas;

C = Contribuição de despejos, em “litros/pessoa x dia” ou em “litros/unidade x dia”, conforme orientado pela Tabela 1;

Lf = Contribuição de lodo fresco, em “litros/pessoa x dia”, ainda na Tabela 1;

Td = Período de detenção (dias), da Tabela 2;

K = Taxa de acumulação total de lodo, em dias, da Tabela 3.

Obs.: Tabelas originais da NBR 7229:1992 e NBR 13969:1997

Apurou-se um total de 9 residentes fixos, e que as residências da família são de médio padrão. Por isso, para contribuição diária de esgoto (C), adotou-se 130 litros por pessoa e o coeficiente para lodo fresco (Lf) utilizado foi de 1, valores arbitrariamente selecionados através da indicação na Tabela 1. Vale ressaltar que as normas NBR 7229:1992 e NBR 13969:1997 prescrevem valores semelhantes, mas de forma distinta, onde a variação não oscila de forma significativa.

Tabela 1 - Contribuição diária de esgoto (C) e lodo fresco (Lf) por tipo de prédio.

Prédio	Unidade	Contribuição de esgoto (C) em litros e coeficiente de lodo fresco (Lf)	
		C	Lf
1 - Ocupantes permanentes			
- Residência			
Padrão alto	Pessoa	160	1
Padrão médio	Pessoa	130	1
Padrão baixo	Pessoa	100	1
- Hotel	Pessoa	100	1
- Alojamento provisório	Pessoa	80	1
2 - Ocupantes temporários			
- Fábrica em geral	Pessoa	70	0,30
- Escritório	Pessoa	50	0,20
- Edifícios públicos ou comerciais	Pessoa	50	0,20
- Escolas (externatos) e locais de longa permanência	Pessoa	50	0,20
- Bares	Pessoa	6	0,10
- Restaurantes e similares	Refeição	25	0,10
- Cinemas, teatros e locais de curta permanência	Lugar	2	0,02
- Sanitários públicos	Bacia sanitária	480	4,0

Fonte: ABNT NBR 7229:1992.

Para determinar o tempo de detenção (Td), observou-se na Tabela 2 o valor determinado pela multiplicação do número de moradores na residência (N), pela contribuição de esgoto (C), adotada em 130 litros.

Tabela 2 - Período de detenção dos despejos, por faixas de contribuição diária.

Contribuição diária (L)	Tempo de detenção (Td)	
	Dias	Horas
Até 1500	1	24
De 1501 a 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 a 6000	0,75	18
De 6001 a 7500	0,67	16
De 7501 a 9000	0,58	14
Acima de 9000	0,50	12

Fonte: Adaptado da Tabela 4 da ABNT 13969:1997.

O sistema de tanque de evapotranspiração não teria limpeza periódica, como nas fossas sépticas, que variam de 1 a 5 anos. Então, para a taxa de acumulação de lodo (K), foi utilizado o maior intervalo entre limpezas disponível na Tabela 3 da NBR 7.229:1992, que é a de 5 anos. Já a temperatura ambiente média para a região é acima de 20°C, segundo dados da Weather Spark 2019.

Tabela 3 - Taxa de acumulação de lodo (K), em dias, por intervalos entre limpezas e temperatura do mês mais frio.

Intervalo entre as limpezas (anos)	Valores de K por faixa de temperatura ambiente (T), em °C		
	$T \leq 10$	$10 \leq T \leq 20$	$T > 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fonte: ABNT NBR 7229:1992

Após a resolução do cálculo do volume útil (V), determinou-se a profundidade mínima e máxima do tanque de evapotranspiração, com uso da Tabela 4.

Tabela 4 - Profundidade mínima e máxima por faixa de volume útil.

Volume útil (m ³)	Profundidade útil mínima (m)	Profundidade útil máxima (m)
Até 6,0	1,20	2,20
De 6,0 a 10,0	1,50	2,50
Mais que 10,0	1,80	2,80

Fonte: ABNT NBR 7229:1992

Para determinar a área superficial do tanque de evapotranspiração utilizou-se a equação descrita por Galbiati (2009) e discriminada como Equação 2. Nela, para o cálculo da área superficial do tanque de evapotranspiração, considerou-se 9 residentes fixos. Cada pessoa tem o

costume de ir no banheiro 4 vezes por dia e os vasos sanitários liberam volume entre 7 a 20 litros por descarga.

Neste cálculo, adotou-se arbitrariamente o volume de 8 litros, chegando em uma vazão diária (Qd) de 32 litros/dia para cada residente (GALBIATI, 2009).

$$A = \frac{n.Qd}{(ETo.Ktepvat)-(P.Ki)} \text{ (Equação 2)}$$

Em que:

A= Área superficial;

n= número de residentes;

Qd= Vazão diária por pessoa em litros/dia;

Ktepvat= Coeficiente do tanque, adotado 2,71 conforme proposto por Galbiati (2009);

ETo= Evapotranspiração média local, em milímetros/dia;

P= Pluviosidade média do local, em milímetros/dia;

Ki= Coeficiente de infiltração, variando de 0 a 1.

Segundo dados da Weather Spark 2019, chove ao longo do ano inteiro em Paçandu. O máximo de chuva ocorre durante os 31 dias ao redor de 10 de janeiro, com acumulação total média de 177 milímetros. Assim, a pluviosidade média do local (P) do município de Paçandu, foi de 5,71 mm/dia, e a evapotranspiração média do local (ETo) pode ser estimada pelo abafamento em até 80%, sendo de 4.56 mm/dia. Por haver pequena influência da vegetação dos arredores, considerou-se 0.5 para o coeficiente de infiltração (Ki).

As indicações para a construção do tanque de evapotranspiração seguiram os critérios estabelecidos por Galbianti (2009), sendo recomendado que o tanque fosse construído afastado de árvores ou mananciais. Com isso o local escolhido para o projeto de construção do tanque de evapotranspiração, foi ao lado da última residência (considerando uma fila em declividade onde a última estaria no ponto mais baixo do terreno), pois além de ser afastado de árvores e do

manancial, também poderia ser aproveitado o encanamento que já está instalado na residência e a escavação de antigas fossas sépticas inativas, que seriam substituídas. Relembrando as considerações de Pamplona e Venturi (2004) e Galbiati (2009), Tom Watson sugere que, sobretudo, o tanque deva possuir no mínimo 2 metros quadrados por pessoa de área superficial.

Para colaborar para a viabilidade econômica do uso do tanque, há de se considerar o fato de que para a construção do tanque seriam utilizados materiais reaproveitados, como os 20 pneus (que poderiam ser adquiridos em borracharias sem nenhum custo, ou custo mínimo) em conjunto com os demais a serem orçados e comprados como a tela de aço galvanizado, cimento, areia e brita. O solo a ser utilizado seria o mesmo que for retirado para perfuração da trincheira, e os tijolos e resíduos de construção civil poderiam ser obtidos de uma construção em andamento na própria propriedade, sem nenhum custo. Sugeriu-se que sejam utilizadas e plantadas mudas de espécies frutíferas com folhas grandes e de raízes pequenas para que haja uma maior transpiração das plantas, evitando possíveis extravasamentos. Dentre as sugestões feitas, bananeiras foram o destaque.

Para investigar a afinidade cultural do mercado, dos profissionais e população interessada da região com a possibilidade de uso alternativo desta tecnologia, entrevistas foram feitas com os proprietários e possíveis prestadores de serviço de construção para estabelecer um grau de conhecimento e simpatia dos mesmos com a técnica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Da multiplicação da contribuição de despejos das residências de padrão médio (130 litros) pelo número de pessoas (9), obteve-se a faixa de contribuição diária (C):

$$130 \text{ litros/pessoa} \times 9 \text{ pessoas} = 1170 \text{ litros (C)}$$

Com essa contribuição diária (C), encontrou-se o período de detenção da faixa 1, para 1 dia e a contribuição de lodo fresco (Lf) também de coeficiente 1. Relembrando, a taxa de acumulação total de lodo adotada foi a da máxima de 5 anos (por não haver limpeza programada do sistema) e o seu coeficiente para temperaturas acima de 20°C é de 217. Aplicando a Equação 1 para determinação do volume útil, obteve-se:

$$V = 1000 \text{ litros} + 9 \text{ pessoas} (130 \text{ litros} \cdot 1 + 217 \cdot 1) = 4.123 \text{ litros} \quad (\text{Equação 1})$$

O volume útil da câmara de pneus é de 4.123 litros ou 4,1 metros cúbicos (Equação 1), portanto, a profundidade deve ser entre 1,20 a 2,20 metros, de acordo com a Tabela 4. Com isso, da relação inversamente proporcional do volume útil de 4,1 metros cúbicos pela altura do pneu, de 0,5 metros, determinou-se a área mínima para câmara de pneu:

$$\frac{4,1m^3}{0,5m} = 8,2m^2$$

Aplicando a Equação 2, com os resultados encontrados e valores adotados como descritos anteriormente, determinou-se a área superficial total necessária para o tanque de evapotranspiração:

$$A = \frac{9 \text{ pessoas} \cdot 32 \text{ litros}}{(4,56 \cdot 2,71) - (5,71 \cdot 0,5)} = 30,31m^2 \quad (\text{Equação 2})$$

Para chegar a esta área superficial total, foi preciso subdividir as medidas de comprimento e largura. Assim, sugeriu-se a construção do tanque com 5 metros comprimento e 6 metros de largura, o que seria espaço suficiente para o alcance da área solicitada e ainda um espaço propício para o cultivo de alguma cultura vegetal conveniente, como as

bananeiras sugeridas. A profundidade adotada poderia ser de 1,5 metros, suficiente para acomodar as camadas de substrato e o enraizamento da planta. Com a utilização de 20 pneus para a construção da câmara, tendo cada pneu uma área individual de 0,196 metros quadrados, obteve-se o total de 3,925 metros quadrados para a área da câmara de pneus, abaixo do mínimo sugerido por Galbiati (2009) no modelo de Watson, calculado anteriormente em 8,2 metros quadrados. Caso a área necessária fosse considerada muito grande, poderiam ser levadas em conta as considerações de Pamploma e Venturi (2004), primeiramente determinadas por Watson, de que cada usuário precisa de um mínimo de 2 metros quadrados de área e, sendo 9 residentes no total, um valor mínimo de 18 metros quadrados seria suficiente, a princípio.

Embora o tanque não tenha sido instalado até a data da conclusão deste trabalho, pode-se perceber que os possíveis custos de instalação seriam reduzidos pelo uso de materiais reaproveitados, solo do local e entulho de construção disponível na própria propriedade. Considerando-se que outras tecnologias como a fossa séptica (custando entre R\$ 2.500,00 a R\$ 3.500,00, dependendo do modelo, na região de estudo) ou um biodigestor para tratamento de esgoto (modelo Acqualimp 1300 litros por R\$ 2.948,00 nas lojas virtuais Leroy Merlin, sem instalação) teriam um custo elevado e sem um subproduto de retorno (bananas ou outras culturas), pode-se afirmar que a tecnologia ecológica teria um destaque na relação custo/benefício.

4. CONCLUSÃO

Finalizado o trabalho de dimensionamento e reunidas as observações necessárias, pode-se concluir que a ideia se mostrou viável e aplicável para a propriedade em área periurbana de estudo, uma vez que o espaço demandado para a instalação seria dentro da expectativa dos proprietários e o uso de entulhos e materiais reciclados possivelmente reduziria o custo da instalação. Entretanto, para que fosse realmente possível a implementação do projeto, haveria de se ter

um estudo mais aprofundado sobre a viabilidade técnica da operação para essa região, visto que o projeto esbarrou em bloqueios culturais, tais como: dificuldade de encontrar mão de obra especializada para execução e insegurança dos usuários com o método, por ser atípico. Também vale ressaltar que cada experiência e pesquisa prática, realizada por leigos ou permacultores em desenvolvimento, deve ser considerada no desenvolvimento de novas pesquisas acadêmicas e experiências práticas, pois é possível acumular conhecimento para ser aproveitado nos trabalhos subsequentes, além dos conhecimentos acadêmicos já em arquivo ou em produção. Assim, haveria uma maior contribuição como subsidio para informar os usuários e operadores e dar garantias de eficiência do sistema de evapotranspiração. Portanto, embora a ideia ofereça vantagens e pontos fortes, exige disposição do engenheiro envolvido em instruir melhor as partes, sobre a técnica, e é uma cultura em desenvolvimento sobre a qual ainda haverá muito que se avaliar e aprimorar, continuamente.

5. REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 7229**: 1992. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT. **NBR 13969**: 1997. Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ANDRADE NETO, C. O. - **Sistemas simples para tratamento de esgotos sanitários**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária - ABES. Rio de Janeiro. 1997.

CHERNICHARO, C. A. L., **Reatores anaeróbios**. Série: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, V 5. Departamento de Engenharia Sanitária – UFMG. Belo Horizonte. 2007.

ESREY SA, GOUGH J, RAPAPORT D, SAWYER R, SIMPSON-HÉBERT M, VARGAS J & WINBLAD U - **Saneamiento Ecológico**, tr. da edição em inglês Ecological Sanitation. Agencia Sueca de Cooperación para el desarrollo Internacional – SIDA. Estocolmo. 1998.

FERRI, M. G., **Fisiologia Vegetal**. Editora Pedagógica e Universitária Ltda. São Paulo. 1985.

GALBIATI, Adriana Farina. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. Programa de pós-graduação em tecnologias ambientais UFMS. Campo Grande. 2009.

LEME, Edson José de Arruda. **Manual prático de tratamento de águas residuárias**, 2a edição. EdUFSCar. São Carlos. 2014.

Leroy Merlin. **Loja Virtual**. Disponível em: https://www.leroymerlin.com.br/fossa-septica-biodigestor-1-300l-fundo-conico-polietileno-acqua-limp_87348961?region=grande_sao_paulo&gclid=CjwKCAjw1_PqBR-BIEiwA71rmtXV_PeKLce9pQ-HvdzVhg75-Fh_D0f-T8kqBw8WnrvABb-95fgNZKkxoCW4QAvD_BwE. Acesso em: 21/08/2019.

MANDAI, Camila Yumi. **Modelo descritivo da implantação do sistema de tratamento de águas negras por evapotranspiração**. Associação Novo Encanto de Desenvolvimento Ecológico - ANEDE. Monitoria Canário Verde, Brasília. Relatório técnico. Brasília, 2006.

OTTERPOHL RU. **Innovative technologies for decentralised wastewater management in urban and peri-urban areas**. Keynote presentation at IWA Small 2002, Istanbul. 2002.

PAMPLONA S & VENTURI M. **Esgoto à flor da terra**. Permacultura Brasil. Soluções ecológicas. V16. 2004.

PARANA. Prefeitura Municipal de Paicandu. **Prainha São Carlos**. Disponível em: <http://paicandu.pr.gov.br/index.php?sessao=b054603368pvb0&id=293> Acesso em: 12/05/2019.

REBOUÇAS TC, BIANCHI G & GONÇALVES RF. **Caracterização de águas residuárias de origem residencial**. Conferência Internacional em Saneamento Sustentável: Segurança alimentar e hídrica para a América Latina, Fortaleza. 2007.

RIDDERSTOLPE P. **Introduction to greywater management**. Stockholm Environment Institute - SEI, Uppsala. 2004.

SAWYER, R.. **Cerrando el Ciclo – Saneamiento ecológico para la seguridad alimentaria**. Segunda Edición. SIDA – Agencia Sueca de Cooperación para el desarrollo Internacional, Tepoztlán, México. 2006.

VON SPERLING, M. **Princípios básicos de tratamento de esgotos**. Série: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG. Belo Horizonte. 1996.

WEATHER SPARK. **Condições meteorológicas médias de Paiçandu.** Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/29640/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Pai%C3%A7andu-Brasil-durante-o-ano> Acesso em: 19/05/2019.

WINBLAD U & SIMPSON-HÉBERT . **Ecological Sanitation** - revised and enlarged edition. Stockholm Environment Institute - SEI, Estocolmo. 2004.

6. AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA DO TRABALHO APLICADA EM CONSTRUTORAS DE MARINGÁ-PR

EVALUATION OF WORK SAFETY APPLIED IN
CONSTRUCTION COMPANIES OF MARINGÁ-PR



HEITOR LOPES CANAVEZI
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

EDINALDO FAVARETO GONZALEZ
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RESUMO: A segurança do trabalho é uma ciência que estuda as prováveis causas de acidentes e tem como objetivo primário a prevenção dos mesmos durante a atividade do trabalhador, proporcionando um ambiente de trabalho muito mais saudável e seguro. As empresas construtoras possuem a função de propiciar segurança e bem-estar aos indivíduos em situações de risco, trazendo grande contribuição para a diminuição de acidentes no trabalho. O Brasil ainda sofre nesta área sendo o quarto país com maior número de acidentes e um gasto com acidentários que extrapolam R\$ 80 bilhões. O Estado do Paraná foi considerado o 5º com maior número de acidentes e a cidade de Maringá-PR a 36ª cidade. Neste contexto o objetivo do trabalho foi avaliar quais são as principais dificuldades encontradas na aplicação das normas regulamentadoras e o que a falta de aplicação destas normas interferem no acidente de trabalho. Para isso foi elaborado um questionário com 18 perguntas que foi aplicado em sete obras de médio porte em Maringá-PR, as perguntas eram objetivas e foram respondidas por engenheiros civis, mestres de obras, membros da CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes) e técnicos de segurança. Após a aplicação do questionário foram elaborados gráficos representativos com a análise dos resultados. Os resultados obtidos mostram que as empresas construtoras localizadas em Maringá-PR não estão aplicando corretamente o que é expresso nas normas regulamentadoras, causando um prejuízo muito grande para o estado, deixando evidente a preocupação em melhorias com relação a segurança do trabalho no âmbito da construção civil.

PALAVRA-CHAVE: Segurança do Trabalho. Construção Civil. Normas Regulamentadoras.

ABSTRACT: The occupational safety is a Science which studies the probable causes of accidents and one of its primary goal is the prevention of this in the workers activity, providing a healthy and safe work environment. Construction companies have the function of providing safety and well-being to individuals who are at risk situation, bringing great contribution to the reduction of accidents at work. The Brazil still suffers in occupational safety being the fourth country with the largest number of accidents and an accident expense that exceeds the 80 billions of reais. The Paraná state was considered the 5th state with the highest number of accidents in Brazil, and the city of Maringá is the 36th city in all the country. In this context the primary goal of this work was to evaluate what are the main difficulties in application of regulatory standards and the second goal was how the lack of this application interferes in work accidents. For this, a questionnaire with 18 question were applied in seven buildings in Maringá. The questions were objective and were answered by civil engineers, master builder, CIPA (Internal commission of accidents prevention) members and safety technicians. After the application, representative charts were prepared with the analysis of the results. The results show that the construction companies localized in the city of Maringá are not correctly applying what is expressed in the regulatory standards, causing a great damage to the state, making evident the concern about improvements regarding the work safety in the civil contruction area.

KEYWORDS: Work safety. Civil Construction. Regulatory standards.

1. INTRODUÇÃO

O homem ao longo da sua história esteve frequentemente submetido a perigos no trabalho, porém a partir da revolução industrial estes perigos passaram a aumentar, principalmente devido a criação de maquinários a vapor (FERREIRA; PEIXOTO, 2012).

A invenção dos maquinários levou a substituição do trabalho manual, e através desta nova tecnologia houve um aumento de produção; entretanto os trabalhadores eram submetidos a jornadas desumanas em locais improvisados. Os efeitos destas condições foram os inúmeros acidentes de trabalho, as diversas doenças associadas e um número elevado de trabalhadores que vieram a óbito ou tiveram amputações. Desde então é que iniciam as primeiras leis e pesquisas referentes a defesa e o bem-estar dos funcionários (FERREIRA; PEIXOTO, 2012).

A primeira lei de proteção aos trabalhadores foi aprovada em 1802, decretada “lei de saúde e moral dos aprendizes”, que tornava obrigatório a ventilação do local, proibia trabalho noturno, estabelecia um limite máximo de 12 horas de trabalho diário e obrigava empregados a higienizar o ambiente duas vezes por ano (BITENCOURT, 1998).

Durante a década de 30 ocorreu a Revolução Industrial no Brasil. Os acontecimentos relevantes nesta época foram, em 1941 a inauguração da ABPA – Associação Brasileira para Prevenção de Acidentes; em 1943 decretou-se a Lei N°5.452, de 1° de maio, onde ficou aprovada a Consolidação das Leis do Trabalho; no ano de 1966 originou-se a FUNDACENTRO e quase uma década depois, em 1972 por meio da Portaria 3.237/72 instituiu-se os Serviços Especializados em Segurança e Medicina no Trabalho (MATTOS; MÁSCULO, 2019).

Em 1978, foi aprovado as Normas Regulamentadoras – NR – do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à segurança e medicina do trabalho (BRASIL, 1978), na ocasião foram criadas 28 normas com o objetivo de regulamentar e fornecer orientações quanto a segurança e saúde do trabalhador (REIS; GUIMARÃES, 2017).

A partir da sua publicação em 1978, as Normas Regulamentadoras vêm sofrendo alterações significativas em seus argumentos, mudando particularidades dominantes em que foi gerada, onde os trabalhadores tinham apenas obrigações e nenhum benefício (MATTOS; MÁSCULO, 2019).

Segundo a Lei 8213 de 24 de julho 1991 do Ministério do Trabalho (BRASIL, 1991), estabeleceu como acidente de trabalho o funcionário que em plena função sofra ferimento corporal ou distúrbio funcional que cause óbito ou perda parcial e/ou total da sua competência para o trabalho. Inclui-se as doenças causadas ou provocadas por uma atividade repetitiva e as doenças que forem relacionadas ao trabalho; ação de agressão, ataque físico e desastres ligadas a natureza no horário de serviço ou em função da empresa.

De acordo com a Associação Nacional de Medicina do Trabalho

(ANAMT, 2018), o Brasil ocupa o quarto lugar no ranking mundial de acidentes de trabalho, onde a cada 3 horas e 38 minutos, um trabalhador vem a óbito e a cada 48 segundos ocorre um acidente por falta de prevenção a saúde e a segurança do trabalhador entre os anos de 2012 a 2018.

Conforme os dados do Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho (MPT-OIT, 2018), foram gastos no Brasil 79 bilhões de reais com benefícios acidentários entre 2012 e 2018, sendo o estado do Paraná o 5° com maior número de acidentes e Maringá-PR a 36° cidade. Segundo o IBGE (2010) Maringá-PR está na sexagésima terceira posição no ranking de cidades mais populosas do Brasil.

A diminuição das ocorrências de acidentes no âmbito da construção civil não é algo tão simples de solucionar, pois apesar das melhorias na qualidade das normas e o avanço na tecnologia, a prevenção de acidentes ainda é algo que necessita de evoluções significativas (BENITE, 2004).

A segurança do trabalho em um canteiro de obras está relacionada também com a sua organização, por exemplo, a aplicação de ferramentas como o programa 5S, que enfatiza, senso de utilização, organização, limpeza, segurança e autodisciplina, no ambiente de trabalho, proporcionando uma redução de acidentes (GONZALEZ, 2017).

A segurança do trabalho é uma ciência que estuda durante a atividade do trabalhador as prováveis causas de acidentes e tem como objetivo primário a prevenção dos mesmos, atingindo sua finalidade quando se proporciona um ambiente de trabalho saudável e seguro (BARSANO; BARBOSA, 2018).

A qualidade dos produtos ou serviços prestados, o aumento dos custos e a produtividade podem ser afetados devido à escassez de um modelo de gestão de segurança do trabalho. Graves prejuízos acabam sendo ocasionados, levando a investimentos em treinamento perdidos, baixa produção e outros custos quando não se investe em sistemas de segurança adequado (GROHMANN, 1997).

Neste contexto, as empresas construtoras têm a função de propiciar segurança e bem-estar aos indivíduos, em situações de risco, trazendo grande contribuição para a diminuição de acidentes (BENITE, 2004).

Os novos modelos de gestão da segurança e saúde no trabalho, devem objetivar atender as exigências legais e também instituir uma cultura que garantam a prevenção de acidentes de trabalho e a segurança e integridade dos trabalhadores, tendo então como consequência melhoria da qualidade dos serviços e aumento da produtividade (BENITE, 2004).

Neste cenário, o estudo objetivou avaliar as principais dificuldades na aplicação das normas regulamentadoras de segurança do trabalho em empresas de construção civil de Maringá-PR e, quando não houver a aplicação das normas, analisar quais as consequências geradas sobre os acidentes de trabalho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Visando avaliar as dificuldades na aplicação das normas regulamentadoras, foi elaborado um questionário em duas folhas com um total de 18 perguntas objetivas conforme apresentado em apêndice. (Apêndice A).

A pesquisa foi realizada *in loco* em obras verticais de médio porte junto aos responsáveis pela segurança do trabalho nas obras. Entre os responsáveis estão engenheiro civil, membros da CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes), técnico de segurança e mestre de obra. Ao todo, foram visitadas sete obras em Maringá-PR.

O motivo da escolha destas perguntas apresentadas no questionário será discutido nos parágrafos seguir.

A pergunta de número 1 foi realizada com o intuito de descobrir o nível de conhecimento técnico.

A pergunta de número 2 e 3 foi elaborada com o intuito de levantar o número de funcionários que trabalham na empresa e, desta

forma, impor quais delas serão obrigadas por norma a elaborar CIPA, SESMT, PPRA, PCSMO e laudo ergonômico. As perguntas 6, 7, 9, 10 e 12 foram elaboradas de acordo com o conhecimento das empresas em relação a esses quatro tópicos supracitados, que têm como objetivo, buscar a preservação da saúde e da integridade física dos trabalhadores, prevenir acidentes, rastrear e diagnosticar precocemente os agravos a saúde referente ao trabalho e melhorar o desempenho do trabalho.

Já as perguntas de número 8, 11 e 13, estão relacionadas com o conhecimento das empresas sobre as normas regulamentadoras. Dentre as 35 normas existentes apenas oito foram escolhidas para o questionário, devido ao fato destas normas serem mais específicas e mais aplicáveis a construção civil na região de Maringá-PR.

Os cursos de aperfeiçoamento e reciclagem disponibilizados muitas vezes pelas empresas tem como objetivo fazer o funcionário adquirir o conhecimento das normas regulamentadoras, visando melhorar a qualidade do trabalho e a saúde do trabalhador, conforme questionado na pergunta 14 e 16.

A pergunta de número 15 está relacionada com os equipamentos de proteção individual (EPI), no qual a sua devida distribuição, treinamento adequado e principalmente a consequência dos profissionais da construção civil, se apresentam como alternativas viáveis para combater os riscos de acidentes de trabalho.

Para atender o objetivo principal do trabalho foi elaborado as questões 17 e 18, no qual se refere as dificuldades encontradas pelas construtoras na aplicação das normas regulamentadoras, contendo em si a cultura organizacional, parte financeira, falta de treinamento, fiscalização insuficiente, prazo curto e falta de comprometimento.

Após a elaboração e aplicação do questionário em obras de médio porte na cidade de Maringá-PR, os resultados obtidos foram incluídos em uma tabela para a elaboração de gráficos representativos e para os procedimentos seguintes da análise dos resultados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

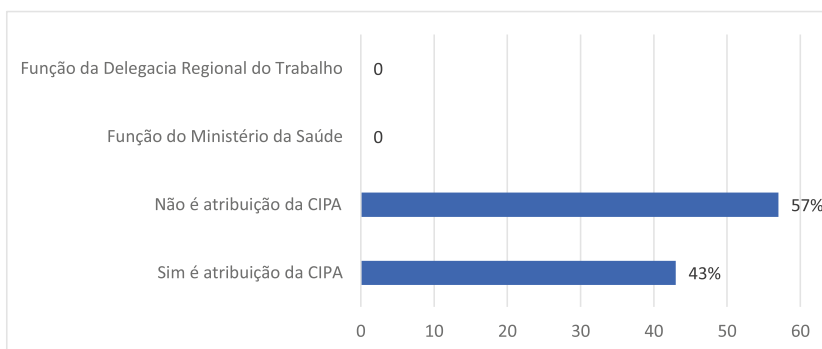
Os resultados obtidos através do questionário aplicado em obras de médio porte (prédio) estão expressos nas Figuras 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Conforme a norma NR 4 – Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho, para a construção de edifícios com até 100 funcionários não é necessário dimensionar o SESMT. No caso das obras visitadas, nenhuma delas possuía SESMT, sendo o número de funcionários inferior a 101, ficando dispensados de responderem à pergunta de número 6.

No total de sete obras vistoriadas, seis possuíam um designado da CIPA com base na pergunta de número 5 do questionário.

O resultado da pergunta número 7 está apresentado na Figura 1, no qual 43% dos questionados responderam corretamente sobre as atribuições da CIPA.

Figura 1 – Atribuições da CIPA ligadas a prevenção de AIDS, tabagismo, acidente de trabalho entre outros.



Fonte: o autor.

A norma NR-5 Comissão Interna de Prevenção de Acidentes em seu requisito 5.16, p – a CIPA terá por atribuição: participar, anualmente, em conjunto com a empresa, de Campanhas de Prevenção

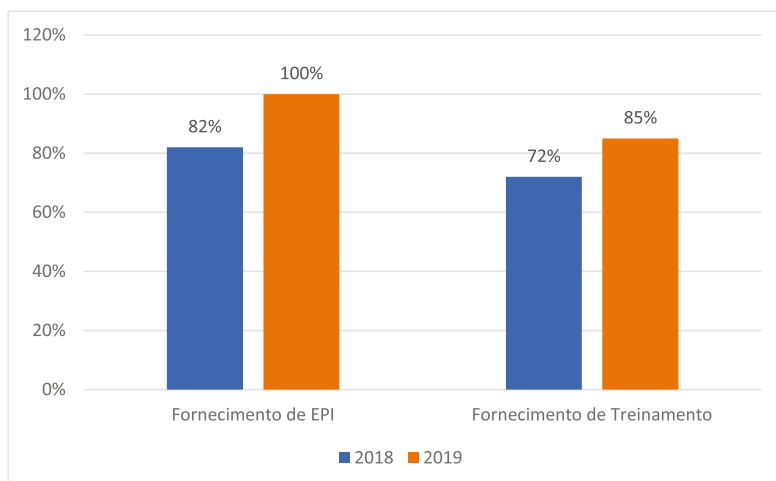
da AIDS.

O objetivo da CIPA é a prevenção de acidentes e doenças do trabalho, onde o designado verificará as prováveis causas de acidentes e em conjunto com a empresa promover métodos para evitar tais. A vantagem de possuir uma CIPA dentro de um estabelecimento é que o membro da CIPA, em parte, é representante dos trabalhadores, conseguindo verificar mais afundo as dificuldades de cada um, porém, com este trabalho foi visto que os designados da CIPA não estão desfrutando de todas atribuições que lhe são concedidas.

Em relação ao fornecimento de equipamentos de proteção individual, pergunta número 8, observou-se que 100% das empresas questionadas o fornecem, conforme a NR-6 – Equipamentos de Proteção Individual, no item 6.6.1.h – cabe ao empregador quanto ao EPI: registrar o seu fornecimento ao trabalhador, podendo ser adotados livros, fichas ou sistema eletrônico.

Em um estudo realizado por Medeiros (2018) feito com colaboradores da construção civil de pequeno e médio porte na cidade de Maringá-PR, concluiu-se que 82% dos entrevistados recebem os EPIs das empresas em que trabalham e 72% dos trabalhadores relataram que as empresas fornecem o treinamento adequado quanto ao uso dos equipamentos. Visto que no presente estudo 100% das empresas fornecem os equipamentos de segurança e proteção individual e 85% possuem um designado da CIPA, que com suas atribuições auxiliam os trabalhadores a utilizarem corretamente o EPI na atividade que está sendo exercida (Figura 2).

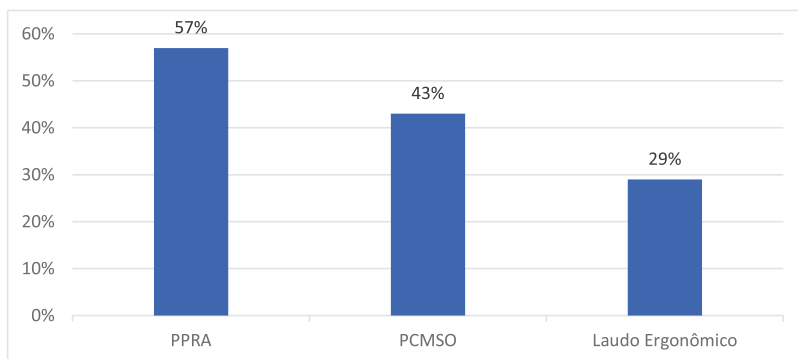
Figura 2 – Comparativo de fornecimento de EPI e treinamento entre 2018/2019



Fonte: o autor.

A figura 3 representa a documentação obrigatória dentro das empresas que possuem ao menos um funcionário registrado, no qual com base nas respostas foi constatado que quatro das sete obras possuem PPRA (Programa de Prevenção de Riscos Ambientais) correspondendo a 57% das empresas, três das sete possuem PCMSO (Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional) referindo-se a 43% e, por fim, duas das sete possuem Laudo Ergonômico, totalizando 29% das empresas. Todas as empresas questionadas possuíam um ou mais funcionários com carteira assinada.

Figura 3 – Demonstra a relação de documentos necessários para empresas com no mínimo um funcionário registrado.

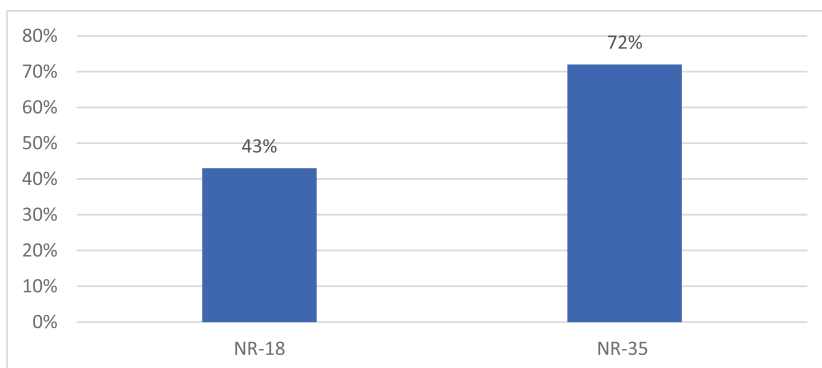


Fonte: o autor.

Uma pesquisa de Moraes (2017) sobre aplicabilidade das normas regulamentadoras em obras de pequeno porte da construção civil na cidade de Ijuí-RS e Tenente Portela-RS, demonstrou que a maior parte das empresas expõe seus trabalhadores a perigos de acidente, e em nenhuma delas ficaram claro os cuidados verdadeiros com a saúde e segurança do funcionário. Estas empresas não levam em conta a atuação dos trabalhadores na concepção de um sistema de gestão de segurança quando este existe.

As perguntas número 11 e 13 são relacionadas ao conhecimento das normas regulamentadoras dos questionados e sua frequente atualização. A figura 4 demonstra que 43% estão atualizados em relação a NR-18 e em relação ao NR-35 foram 72%.

Figura 4 – Conhecimento e Atualização das Normas Regulamentadoras.



Fonte: o autor.

Em uma recente atualização da NR-18 foi acrescentado o item 18.21.2. As instalações elétricas temporárias devem ser executadas e mantidas conforme projeto elétrico elaborado por profissional legalmente habilitado.

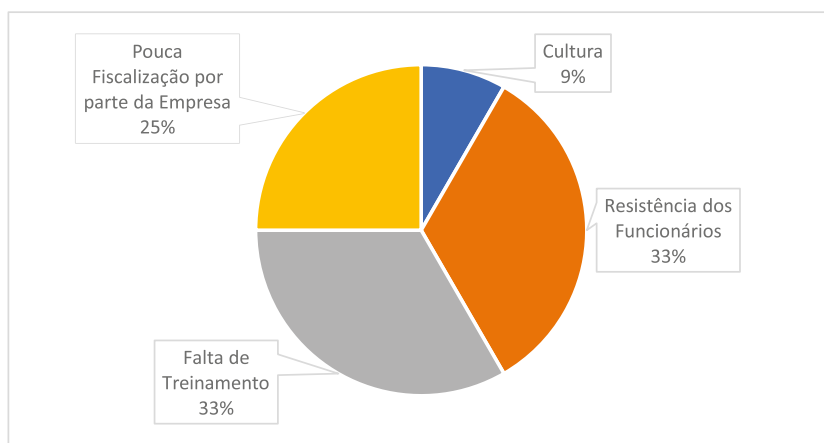
Em relação a pergunta de número 13, é verificado no item 35.4.1.2.1 da NR-35 que a aptidão para trabalhar em altura deve ser consignada no atestado de saúde ocupacional do trabalhador. Em relação a pergunta de número 14 o item da NR 35.3.3 impõe que o empregado deverá realizar treinamento periódico bianualmente e sempre que ocorrer quaisquer das situações como mudança de procedimento, eventos que indiquem necessidade de novo treinamento, após um afastamento superior a 90 dias e em caso de mudança de empresa.

Percebe-se que necessitaria existir uma compreensão maior por parte da empresa e dos funcionários em adquirir maior conhecimento para assimilar e exercer o que pede a normativa. A implantação de uma gestão de segurança do trabalho nos serviços das empresas, acabariam por envolver todos, tanto na aplicação como na manutenção das normas (MORAES, 2017).

Das sete construtoras questionadas sobre as dificuldades em

fazer os funcionários utilizarem os EPIs, 33% das respostas foram relacionadas a resistência dos funcionários, 33% correlacionaram a dificuldade ligada a falta de treinamento, 25% relacionaram com a pouca fiscalização por parte da empresa e 9% responderam sobre a dificuldade estar relacionada a cultura, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 – Dificuldade na utilização de EPI



Fonte: o autor.

De acordo com o blog Volk (2018), esta resistência se dá essencialmente quando o funcionário não obtém nenhum conhecimento de como ou porque usar o equipamento. Em muitos momentos a frente de serviço perde rendimento ou causa algum tipo de desconforto, acontecendo de os encarregados não fiscalizarem corretamente. Isso pode ser devido a apenas se atentarem com a produção, sem se importarem com os riscos que os trabalhadores podem ser submetidos.

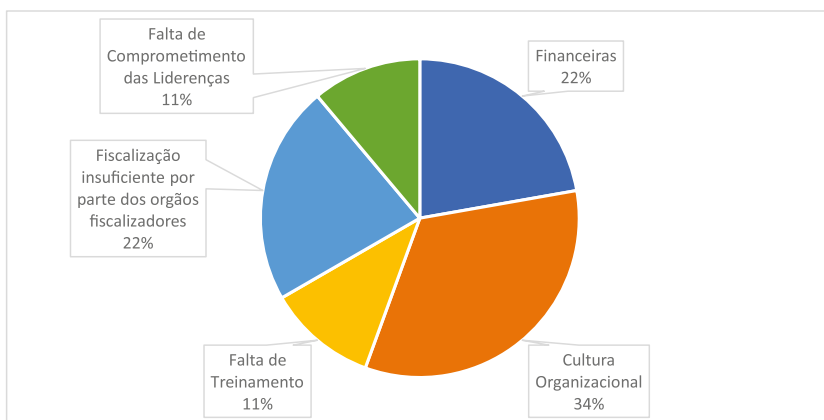
De acordo com a pesquisa, todos os entrevistados quando questionados com o descumprimento do uso de EPI, afirmaram que concedem três advertências e se mesmo assim o problema continuar, o funcionário é desligado automaticamente por justa causa.

Conforme a LEI n° 5452, de 1° de maio de 1943, no ART 158

– constitui ato faltoso do empregado a recusa injustificada: ao uso de equipamento de proteção individual fornecidos pela empresa (BRASIL, 1943).

Com relação a pergunta 18 os resultados foram os seguintes: 22% dos questionados relataram que a maior dificuldade em seguir todos os itens das normas de segurança do trabalho está na questão financeira; 22% responderam que a dificuldade está relacionada com a pouca fiscalização dos órgãos fiscalizadores; a questão da dificuldade cultural corresponde a 34% dos resultados; 11% ligaram a dificuldade com a falta de comprometimento das lideranças; e por fim, 11% correlacionaram com a falta de treinamento. Os dados estão expressos na Figura 6.

Figura 6 – As principais dificuldades em aplicar as Normas Regulamentadoras.



Fonte: o autor.

Em uma pesquisa realizada por Reis e Guimaraes (2017), no estado de Santa Catarina, as empresas abordadas foram questionadas sobre a dificuldade na prática da segurança do trabalho: a cultura organizacional, a resistência a mudanças dos trabalhadores e a falta de conhecimento das empresas, foram os principais motivos que dificultam

e afetam a segurança do trabalho, verificando então que as dificuldades de outro estado correlacionam com a do estado do Paraná.

Quanto a questão financeira, ficou evidenciado em uma pesquisa na cidade de Curitiba-PR em uma obra de médio porte, que os custos que envolvem a segurança do trabalho em obras civis são aproximadamente 7% do custo total da obra, já considerando taxas e impostos, deixando evidente que os altos índices de acidentes não são justificáveis (GURSKI, 2013). Também foi demonstrado nesta pesquisa que um acidente de trabalho sem gravidade (sem lesão permanente) e com apenas um acidentado pode gerar uma dívida para a empresa de aproximadamente R\$ 23.662,18. Para chegar neste valor o autor utilizou a ficha para cálculo de custo de acidentes – ABNT/NBR 14280.

Com relação ao aspecto de fiscalização, compete ao Poder Executivo, em particular da fiscalização federal do Ministério do Trabalho e Emprego, a incumbência de guiar e supervisionar com relação as condições de trabalho e coibir as empresas, aplicando penas, bloqueios de obras e fechando estabelecimentos para quaisquer operações que apresentem riscos ao trabalhador. No entanto, o MTE não possui uma mão de obra estruturada e com material apropriado e, portanto, não possui o efeito esperado (MALTA, 2015).

A falta de liderança dos responsáveis das empresas pode acarretar em um retrocesso aos tempos antigos, onde não havia nenhuma lei sobre a segurança do trabalho. O treinamento dos trabalhadores de uma firma não deve abranger apenas o grupo de funcionários que estão diretamente ligados ao risco, mas a empresa como um todo (OLIVEIRA; ARAÚJO; TEIXEIRA, 2012). Com isso, os maiores beneficiados com uma gestão da segurança do trabalho é a própria empresa, aumentando sua produção, melhorando a qualidade da obra, melhorando a organização do canteiro de obra e com trabalhadores mais felizes que chegam a conclusões de que os seus patrões não pensam apenas na questão financeira e sim nos trabalhadores.

4. CONCLUSÃO

Com base no presente estudo foi possível constatar que as empresas construtoras localizadas em Maringá-PR não estão aplicando corretamente o que é expresso nas normas regulamentadoras, mesmo possuindo a maioria dos documentos obrigatórios, distribuindo os equipamentos de proteção individual e fornecendo o treinamento necessário.

Fica evidente que a maior dificuldade na aplicação das normas é a cultural, a fiscalização insuficiente e a questão financeira, deixando assim implícito que o maior problema são os próprios dirigentes que ainda não orçam a obra pensando em segurança, apenas na taxa de retorno de um empreendimento, executando os documentos necessários somente a fim de “driblar” a fiscalização.

Das obras vistorias 86% dispõe de um designado da CIPA, um dado importante quando se lembra das funções de um designado, que são: identificar os riscos pertinentes ao processo de trabalho, elaborar mapas de riscos, elaborar planos de trabalho que possibilite a ação preventiva, entre outros. Quando este exerce corretamente a sua função e as normas são seguidas fielmente, pode-se evitar vários incidentes dentro de um canteiro de obra.

Incidentes geram um prejuízo para o Estado muito grande, conforme demonstrado no site do Observatório Digital, no qual o Brasil gastou cerca de R\$ 80 bilhões com benefícios acidentários. As empresas devem focar no empreendimento como um todo, pensando na qualidade, sustentabilidade, atendimento ao cliente e também na segurança do trabalho, pois um acidente, conforme a gravidade, desestabiliza as famílias e causa um problema social muito grande. Para que isso não ocorra futuramente, as empresas devem ter mais consciência e promover uma cultura voltada para a segurança do trabalho.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANAMT. **Brasil é Quarto Lugar no Ranking Mundial de Acidentes de Trabalho**, 2018. Disponível em: <<https://www.anamt.org.br/portal/2018/04/19/brasil-e-quarto-lugar-no-ranking-mundial-de-acidentes-de-trabalho/>>. Acesso em: 25 maio 2019.

BARSANO, Paulo Roberto; BARBOSA, Rildo Pereira. **Segurança do Trabalho Guia Prático e Didático**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2018.

BENITE, Anderson Glauco. **Sistema de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho para Empresas Construtoras**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana)—Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

BITENCOURT, Celso Lima; QUELHAS, Osvaldo Luis Gonçalves. Histórico da evolução dos conceitos de segurança. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, v. 18, 1998. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep1998_art369.pdf>. Acesso em: 11 maio 2019.

BRASIL. Decreto-lei n.º 5.452 de 1 de maio de 1943. **Consolidação das Leis do Trabalho**, Rio de Janeiro, 1 maio 1943. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del5452compilado.htm>. Acesso em: 11 maio 2019.

BRASIL. Portaria n.º 3.214, de 08 de junho de 1978. **Normas Regulamentadoras - NR - do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho, relativas à Segurança e Medicina do Trabalho**, Brasília, DF, 08 jun. 1978. Disponível em: <http://www.trtsp.jus.br/geral/tribunal2/ORGaos/MTE/Portaria/P3214_78.html>. Acesso em: 10 maio 2019.

BRASIL. Decreto-lei n.º 8.213 de 24 de julho de 1991. **DA FINALIDADE E DOS PRINCÍPIOS BÁSICOS DA PREVIDÊNCIA SOCIAL**, Brasília, DF, 24 jul. 1991. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8213cons.htm>. Acesso em: 12 abr. 2019.

IBGE. **População no último censo**: IBGE, Censo Demográfico, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/maringa/panorama>>. Acesso em: 10 maio 2019.

FERREIRA, Leandro Silveira; PEIXOTO, Nevertton Hofstadler. **Segurança do Trabalho I**. Santa Maria: UFSM, CTISM, Sistema Escola Técnica Aberta do Brasil, 2012.

GROHMANN, Márcia Zampieri. **Segurança no Trabalho através do uso de EPI's**: Estudo de Caso realizado na Construção Civil de Santa Maria. 1997. Disponível em: <http://www.aedmoodle.ufpa.br/pluginfile.php/166748/mod_forum/attachment/267664/epis-construcao.pdf>. Acessado em: 11 maio 2019.

GONZALEZ, Edinaldo Favareto. **Aplicando 5S na Construção Civil**. 3. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2017.

GURSKI, Eduardo André. **Custos relativos à engenharia de segurança do trabalho: estudo de caso em obra de construção civil**. 2013. 70 p. Monografia (Especialização)—Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MALTA, Matheus Valada. **Fiscalização em Segurança e Saúde no Trabalho**. 2015. Disponível em: <<https://matheusvalada.jusbrasil.com.br/artigos/178744392/fiscalizacao-em-seguranca-e-saude-no-trabalho>> Acesso em 04 ago. 2019

MATTOS, Ubirajara; MÁSCULO, Francisco. **Higiene e Segurança do Trabalho**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2019.

MEDEIROS, Caio Cesar. **A Realidade da Segurança do Trabalho em Obras Cíveis na cidade de Maringá**. 2018. 22 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)—Unicesumar, Maringá, 2018.

MORAES, L. Dias. **Análise da Aplicabilidade das Normas Regulamentadoras em Obras de Pequeno Porte da Construção Civil**. 2017. 96 p. Monografia (Especialização)—Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2017.

MPT-OIT. **Observatório Digital de Saúde e Segurança no Trabalho**, 2018. Disponível em: <<http://observatoriosst.mpt.mp.br>>. Acesso em: 10 maio 2019.

OLIVEIRA, L. T.; ARAÚJO, L. S. R.; TEIXEIRA, C. L. V. A Importância da Aprendizagem e do Treinamento para a Redução dos Acidentes de Trabalho. **Perspectivas em Psicologia**, v. 16, n. 2, 2012.

REIS, M. B.; GUIMARÃES, G. M. **Segurança do Trabalho na Construção Civil**: dados Estatísticos de Acidentes de Trabalho e a Prática da Segurança do Trabalho nos Canteiros de Obras. 2017. 52 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil)—Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017.

VOLK. **8 Razões para um Treinamento de Segurança do Trabalho**. 2018. Disponível em: <<http://blog.volkdobrasil.com.br/noticias/8-razoas-para-um-treinamento-de-seguranca-do-trabalho>>. Acesso em: 16 maio 2019.

APÊNDICE A – Questionário aplicado em obras de Maringá-PR

Os resultados desta pesquisa farão parte do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) sobre “Gestão da Segurança do Trabalho em Construtoras de Maringá e Região” realizado pelo acadêmico do Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico Ingá – UNINGÁ, Heitor Lopes Canavezi. As respostas obtidas com a aplicação deste questionário serão de extrema importância para o estudo, sendo garantido o completo sigilo das informações obtidas.

1. Setor/Cargo _____
2. Quantos funcionários registrados com carteira profissional a empresa possui na obra?

3. Quantos funcionários terceiros a empresa possui na obra?

4. Qual tipo de construção a empresa executa?

5. A obra possui um responsável pela segurança?

6. Quando instituído o SESMT é necessário comunicar algum órgão sobre a existência do mesmo?
☐ Sim ☐ Não ☐ Somente quando ter Engenheiro de Segurança
☐ Somente quando ter Médico do Trabalho
7. A CIPA dentre as suas atribuições é responsável junto a empresa de promover campanhas de prevenção da AIDS, anti-tabagismo, acidentes de trabalho, entre outras?
☐ Sim ☐ Não ☐ É função do Ministério da Saúde
☐ Função da Delegacia Regional do Trabalho
8. A empresa tem responsabilidade de registrar o fornecimento do EPI?
☐ Sim ☐ Não ☐ Empresas com até de 50 funcionários
☐ Empresas com mais de 100 funcionários
9. Segundo o PCMSO é obrigatório ter uma pessoa treinada para os primeiros socorros?
☐ Sim ☐ Não ☐ É a CIPA que realiza os primeiros socorros ☐ É o SESMT que realiza os primeiros socorros.
10. O PPRA, é obrigatório somente para qual ambiente de trabalho?
☐ Industrial ☐ Construção Civil ☐ Rural ☐ Todos
11. É obrigatório manter projeto atualizados das instalações elétricas provisórias com especificações do sistema de aterramento e demais equipamentos?
☐ Sim ☐ Não ☐ Somente para obras com mais de 100 m²
☐ Só para instalações definitivas

12. A NR 17 diz que as empresas devem fornecer treinamento com relação as condições de trabalho, proporcionando máximo conforto, segurança e desempenho eficiente, com relação a está norma qual laudo deve ser realizado?

☐ Laudo Civil ☐ Laudo de Conteúdo ☐ Laudo Ergonômico ☐ Laudo de Avaliação de Marcas e Intangíveis

13. A aptidão para trabalho em altura deve estar constando aonde?

☐ PPRA ☐ Ficha de EPI ☐ ASO ☐ CIPA

14. É obrigatório a empresa fornecer treinamento aos seus colaboradores referente as atividades que serão desenvolvidas, segundo a NR 35 – Trabalho em Altura este treinamento é realizado com que frequência?

☐ 1 ano ☐ 2 anos ☐ 3 anos ☐ 4 anos

15. Com relação a distribuição dos equipamentos de proteção individual, quando o funcionário não utiliza conforme treinamento, qual é a posição da empresa quando ao descumprimento da norma?

16. Quando se contrata um funcionário sendo ele temporário ou definitivo, a empresa exige que ele tenha o curso referente a atividade que vai desenvolver?

☐ Sim ☐ não ☐ nós fornecemos
☐ quando o funcionário não tem documentação exigida não é contratado

17. No que diz respeito ao fornecimento o Equipamento de Proteção Individual – EPI – aos funcionários qual a dificuldade em fazê-los usar corretamente?

☐ Cultura
☐ Resistências dos funcionários
☐ Falta de Treinamento
☐ Pouca Fiscalização por parte da Empresa.

Outra dificuldade _____

18. Na visão da empresa, qual a maior dificuldade de seguir todos os itens das Normas de Segurança do Trabalho?

☐ Cultura Organizacional.
☐ Financeiro.
☐ Falta de Treinamento.
☐ Fiscalização insuficiente por parte dos órgãos fiscalizadores.
☐ Prazo curto dos treinamento/documentos.
☐ Falta de comprometimento das lideranças.

Outra dificuldade _____

7. ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE UM PAVIMENTO DRENANTE

ANALYSIS AND DIMENSIONING OF A DRAINAGE FLOOR



HEITOR RODRIGUES CORDIOLI
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

SÉRGIO RODRIGUES DE SOUZA
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RESUMO: Com o aumento da urbanização, cada vez mais as cidades vão ficando impermeabilizadas e, basta apenas uma chuva com uma intensidade um pouco elevada para a ocorrência de alagamentos, inundações e enchentes. A partir dessa urbanização elevada se faz necessário soluções para o escoamento rápido da água. Esta pesquisa teve como objetivo o dimensionamento da estrutura de um pavimento drenante onde a água que caia sobre o pavimento seja infiltrada para uma camada de transição e por intermédio dela escoando até drenos na lateral do pavimento. Para o cálculo da camada de transição foi utilizado um diferente método, semelhante com o de cálculo de lastro de uma ferrovia, onde foi pego para o dimensionamento de acordo com o Dnit (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte) um veículo do tipo rodotrem com capacidade de carga de 74 toneladas. Para obtenção dos cálculos da estrutura inferior da camada de transição do pavimento foram coletados amostras de solos da Avenida Morangueira, Maringá – Pr afim de obter o limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) e a resistência do solo (CBR), os ensaios foram realizados no laboratório de solos da UNINGÁ – Centro Universitário Ingá, através dos resultados foi possível dimensionar a base e sub-base do pavimento. Obteve-se 16 cm para base e posteriormente 15 cm de sub-base, a camada de transição que era o principal objetivo foi de 33 cm. Com o desfecho deste projeto, espera-se reduzir o número de alagamentos, enchentes e consequentemente aumentar a velocidade de escoamento da água, buscando reduzir os transtornos causados a população.

PALAVRAS-CHAVE: Urbanização. Escoamento da água. Camada de transição.

ABSTRACT: With increasing urbanization, the level of soil impermeability has increased in cities and slightly higher rainfall is sufficient to cause flooding. Thus, the demand for fast-flowing water solutions is very high. This research designs the structure of a draining floor where water flows to a transition layer and then is drained into the side of the floor. To calculate the transition layer, this research used a different method, similar to those used for ballast calculation of a railway, taking the Dnit (National Department of transport infrastructure) design of 74 tons load-bearing vehicle. For the calibration of the lower structure of the pavement layer, soil samples were gathered from the Morangueira Avenue, Maringá – Pr to obtain liquidity limit (LL), plasticity limit (LP) and soil resistance (CBR). Experiments were performed at the soil laboratory of the UNINGÁ – Centro Universitário Ingá. The results show 16 cm for the base and 15 cm for the sub-base, and the transition layer, which was the main objective, has 33 cm. With the outcome of this research, it is expected to increase the water draining capacity of floor and reduce the number of floods, decreasing the inconveniences to the population.

KEYWORDS: Urbanization. Water flow. Transition layer.

1. INTRODUÇÃO

No intuito de aperfeiçoar o acesso para as áreas de cultivo e extração de madeira, rochas e água, bem como para expansão de seu território, o homem criou as estradas, provenientes da China. Posteriormente, os romanos aprimoraram-nas, criando pavimentos e drenagem para torná-las mais duradouras (BALBO, 2005).

De acordo com a cancelada NBR 7207 (ABNT, 1982), o pavimento é uma estrutura construída após terraplenagem, destinada econômica e simultaneamente para resistir e distribuir ao subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego, além de melhorar as condições de rolamento quanto à comodidade e segurança e resistir aos esforços horizontais, tornando-se mais durável a superfície de rolamento.

Esta superfície necessita continuamente de manutenção para estar em plenas condições de uso, sendo composta por camadas

sobrepostas de vários materiais compactados a partir do subleito da estrada. Ademais, visa atender de modo estrutural e operacional ao tráfego de maneira durável e mais econômica possível (BALBO, 2005).

Os pavimentos são classificados em flexíveis, semirrígidos e rígidos. Flexíveis são aqueles executados por camadas, não trabalha à tração com revestimento betuminoso. Pavimento semirrígido, por sua vez, é uma mistura de solo cal, solo cimento, entre outros, apresentando uma pequena resistência à tração. Por último, o pavimento rígido, que é constituído por camadas com esforços de tração, dimensionado com base na resistência das placas de concreto, apoiadas na sub-base. (SANTANA, 1993).

Este tipo de revestimento sobre a superfície tornou-se essencial ao ambiente social humano. Todavia, quanto maior a área urbanizada, maior será a área pavimentada. Assim, as áreas de impermeabilização das grandes cidades mostram-se muito elevadas, já que a maioria dos pavimentos utilizados atualmente não possuem qualquer tipo de drenagem, o que evidencia a importância de sua adoção.

Ferguson (2005) relata que os pavimentos drenantes são aqueles em que há espaço livre para a água circular, podendo ser infiltrada no solo ou escoada através de um sistema que auxilia na drenagem. Portanto, esse tipo de pavimento tem a função de reduzir o escoamento superficial da água, o requerimento do sistema de drenagem urbana e, consequentemente, a diminuição do número de enchentes e alagamentos.

Para Baptista et al. (2005), os pavimentos com revestimentos permeáveis proporcionam o acesso das águas das chuvas às camadas inferiores do pavimento, possibilitando uma pequena redução do escoamento superficial. Além disso, os pavimentos porosos de retenção tornam-se reservatórios temporários de águas pluviais, transferindo estas para outro ponto localizado, sem a função de infiltração.

Posto isto, diante de toda a questão abrangida sobre o aumento de áreas impermeáveis, o objetivo do presente artigo é analisar um material como sistema de drenagem para execução de via pavimentada, demonstrando, assim, as vantagens de sua utilização para a diminuição

do número de enchentes, inundações e alagamentos causados pela grande urbanização.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Será apresentado de forma concisa a aplicação de um material como sistema de drenagem para execução de via pavimentada. Conforme o método usual de execução de pavimentos, será adaptado condições em estruturas já definidas, como: base e sub-base de pavimento, onde será mantido no método convencional, chegando à compactação de 100% atingindo todas as considerações iniciais para definição de estradas. Para a camada final, não será diferente, será considerado na última camada, material poroso com vazios drenantes atingindo as condições desejáveis conforme volume pluviométrico no local escolhido. O principal ponto do estudo será definir uma nova camada de transição entre as duas extremidades já citadas, uma nova camada formada por um colchão Reno composto por manta geocomposta drenante com lançamento de pedra e amarração.

Antes de dimensionar o pavimento, deve-se fazer um estudo de tráfego para saber o tipo de usuário, o volume de tráfego, a magnitude dos veículos de cargas, etc. (VIRGILIIS, 2009). Os veículos utilizados como base para o cálculo e análise do pavimento são os caminhões e ônibus, já que os veículos leves como carros e motos praticamente não causam danos para a estrutura do pavimento (BALBO, 2005).

Para o cálculo da estrutura de um pavimento, associa-se a grandeza das cargas que utilizarão o pavimento. Para os pavimentos flexíveis, o cálculo é realizado tomando-se como influência um valor que equivale as repetições de um eixo padrão. Sendo este valor de 8,2 toneladas por eixo.

O dimensionamento de um pavimento drenante abrange o volume drenado pela superfície que escoar para a área do pavimento. A precipitação para o dimensionamento se dá através do tempo de retorno

e a equação IDF (intensidade, duração e frequência) do local (ARAÚJO et al, 2000).

Uma das fases mais importantes do ciclo hidrológico é o escoamento superficial, que se entende pelo transporte da água na superfície terrestre. Abrange desde o excesso de precipitação, que ocorre logo após uma intensidade elevada de chuva até o escoamento de um rio. Este escoamento é influenciado através da natureza climática ou pela natureza fisiográfica que está relacionada às características físicas da bacia hidrográfica (CARVALHO; SILVA, 2006).

Os fatores climáticos estão associados a intensidade e a duração das chuvas, pois quanto maior a intensidade, mais rápido o solo alcançará a capacidade de infiltração, aumentando-se o escoamento superficial. Por outro lado, os fatores fisiográficos mais importantes são área, permeabilidade, forma, topografia e a capacidade de infiltração da bacia hidrográfica (CARVALHO; SILVA, 2006).

A vazão ou volume escoado por uma unidade de tempo é o que caracteriza um escoamento, contendo uma unidade de medida, geralmente, em metros cúbicos por segundo (m^3/s) ou litros por segundo (L/s) (CARVALHO; SILVA, 2006).

Os métodos utilizados neste estudo serão pesquisas de revisão bibliográfica, comprovando-se através de base teórica a análise de dimensionamento da estrutura de um pavimento drenante. Em seguida, serão feitos ensaios de resistência do solo (CBR), limite de liquidez (LL) e limite de plasticidade (LP) no laboratório do de solos do Centro Universitário Ingá – UNINGÁ, com o fim de obter-se a caracterização do solo e também do material utilizado para a base e sub-base do pavimento.

A pesquisa trata-se de uma adaptação nas estruturas definidas do pavimento usual tornando-o um pavimento drenante, mostrando não apenas a estrutura convencional de um pavimento, mas sim a parte drenante do mesmo.

Antes da execução do pavimento permeável é realizado alguns ensaios de caracterização do solo, capacidade de suporte do subleito

e dos materiais constituintes do pavimento feito pelo CBR, adotando-se o método especificado pelo DNER, em corpos de prova moldados em laboratório a fim de obter a massa específica aparente e umidade específica do solo.

O ensaio de CBR também conhecido como índice suporte Califórnia (ISC) é usado para determinar a resistência do solo através de penetração de um pistão em uma amostra saturada compactada pelo método de Proctor. Para isso colocado um pistão de diâmetro 49,6 mm penetrado na amostra com uma velocidade de 1,27 mm/min (SOUZA, 2007).

A Figura 1 demonstra o rompimento do corpo de prova para a obtenção da resistência à penetração.



Figura 1 – Rompimento do corpo de prova.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a presente pesquisa coletou-se aproximadamente 10 (dez) kg de solo da Avenida Morangueira do município de Maringá/PR para a determinação dos ensaios de limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) e resistência do solo (CBR). Esses ensaios foram realizados no laboratório de solos do Centro Universitário Ingá – UNINGÁ, com o fim de estabelecer os limites de consistência de um solo, ou seja, seu estado físico numa determinada condição.

A plasticidade é uma propriedade que define a capacidade de deformação de um solo, baseando-se na maior ou menor eficácia de ser moldado. O limite de plasticidade consiste na porcentagem de umidade em que o solo se fissa na tentativa de molde e o limite de liquidez determina a porcentagem de umidade na qual o solo passará do estado plástico para o líquido, sendo este ensaio determinado pelo aparelho de Casagrande (CAPUTO, 1996).

Através do CBR do solo é que será dimensionado a base ou reforço do subleito de um pavimento. O método utilizado para o dimensionamento foi o de projeto de pavimentos flexíveis do Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER). O pavimento é dimensionado em função do número “N”, número de repetições de um eixo-padrão equivalente a 8,2 tf. Esse valor representa durante o período de projeto da rodovia o mesmo efeito que o tráfego ocasionará sobre o pavimento (DNER-MT 667/22).

O número “N” é obtido através da equação 1:

$$N = Vt \times Fv \times Fr \quad (1)$$

Onde:

Vt é o volume total de veículos em um sentido para um período em anos determinado pelo projeto.

Fv é o fator veículo, número que irá converter todos tipos de veículos em eixos padrões.

Fr é um fator climático relacionado as chuvas das regiões onde será executado o pavimento.

Com o número “N” e o CBR definidos, será feita a adaptação

na estrutura do pavimento, com uma camada de transição entre o revestimento e a base. O método utilizado será semelhante com o cálculo de lastro de ferrovia. A partir da execução da sub-base e base, será feita a impermeabilização da mesma com uma manta geocomposta. Por conseguinte, será colocada a camada de transição permeável de brita, conforme observa-se na Figura 2.

Figura 2 – Execução de camada de brita sobre base impermeabilizada.



Fonte: Officine Maccaferri (2019).

A camada de transição ficará abaixo do revestimento e sobre a base impermeabilizada, como o revestimento do pavimento será de C.B.U.Q (concreto betuminoso usinado quente), com elevado índice de vazios, alcançado através de uma dosagem de agregados minerais britados, *filler*, CAP (cimento asfáltico de petróleo), os vazios da mistura tornarão o pavimento permeável sobre a ocorrência das águas das chuvas.

Após a definição da estrutura de sub-base e base, foi feito o cálculo da camada de transição do pavimento, com as seguintes considerações:

- Carga de 74 toneladas de um veículo Rodotrem;
- Distância entre eixos variadas;
- Faixa de socaria de 75 cm;

- 1850 número de dormentes;
- Coeficiente de impacto de 1,3;
- CBR do solo obtido no ensaio de laboratório;
- Dimensões do dormente (2,00 x 0,22 x 0,16), medidas em metros;
- Coeficiente de segurança de 5,5.

As equações utilizadas foram:

$$a = \frac{1000}{\text{número de dormentes}} \quad (2)$$

$$n1 = \frac{d}{a} \quad (3)$$

$$Pc = \frac{Pr}{n1} \times cd \quad (4)$$

$$P0 = \frac{Pc}{b \times c} \quad (5)$$

$$CBR = \frac{\rho}{70} \times 100 \quad (6)$$

$$N = \frac{\rho}{n} \quad (7)$$

$$N = \frac{53,87 \times P0}{h^{1,25}} \quad (8)$$

Onde:

a é a distância entre dormentes.

Pr é carga do veículo dividido pelo número de eixos.

Pc, carga sobre o dormente.

P0, pressão na fase interior do dormente.

N, pressão admissível na camada de transição

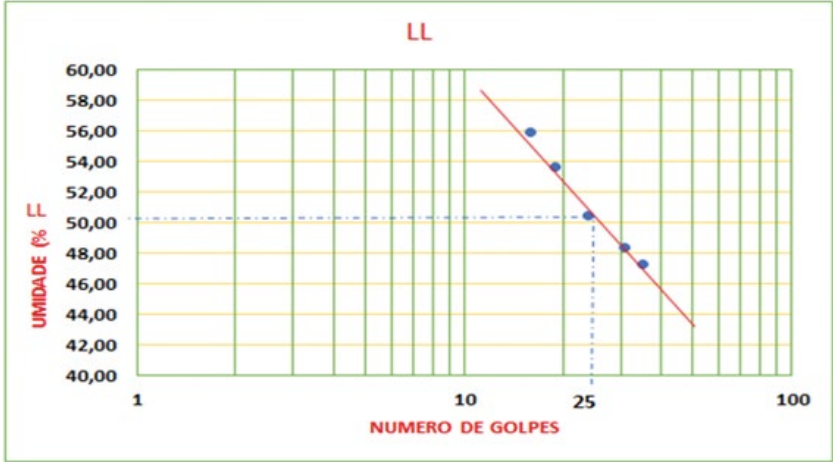
n, coeficiente de segurança.

h, altura da camada de transição

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O solo para os ensaios de caracterização foi recolhido na Avenida Morangueira no município de Maringá /PR. Os valores obtidos de limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) e CBR encontram-se demonstrados, respectivamente, na Figura 3 e Quadro 1.

Figura 3 - Resultado do ensaio de limite de liquidez.



Quadro 1 - Resultado do ensaio de limite de plasticidade.

LIMITE DE PLASTICIDADE - NBR 7180/1984					
Nº da Cápsula	2	25	26	27	28
Amostra Úmida + Cápsula (g)	8,95	8,8	9,03	9,94	8,01
Amostra Seca + Cápsula (g)	8,21	8,14	8,47	8,93	7,59
Massa de Água (g)	0,74	0,66	0,56	1,01	0,42
Massa da Cápsula (g)	5,89	6,3	6,73	5,82	6,3
Massa do Sólido (g)	2,32	1,84	1,74	3,11	1,29
Umidade (%)	31,90	35,87	32,18	32,48	32,56
Umidade Média (%)	32,28				
Informações					
ISC (%)	10,5				

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesse sentido, tem-se que o solo em análise começará a se fraturar com aproximadamente 32% água, não sendo possível se moldar mais, bem como passará do estado líquido para o plástico com 50% de umidade.

Para a determinação do número “N” seria necessário a contagem de veículos ao entorno de onde o pavimento seria executado. No entanto, para determinar-se todos os fatores da equação, devido à falta de recursos para esse procedimento, o número “N” utilizado para os cálculos do pavimento foi de , que consiste em um tráfego muito pesado, utilizado pelo Departamento de Instrução de Projetos da Prefeitura de São Paulo/SP consoante Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação das vias – tráfego meio pesado, pesado e muito pesado.

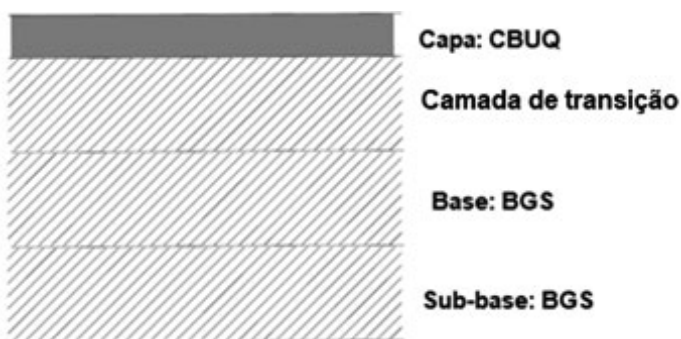
Função predominante	Tráfego previsto	Vida de projeto	Volume inicial faixa mais carregada		Equivalente / Veículo	N	N característico
			Veículo Leve	Caminhão/ Ônibus			
Via local	LEVE	10	100 a 400	4 a 20	1,50	$2,70 \times 10^4$ a $1,40 \times 10^5$	10^5
Via Local e Coletora	MÉDIO	10	401 a 1500	21 a 100	1,50	$1,40 \times 10^5$ a $6,80 \times 10^5$	5×10^5
Vias Coletoras e Estruturais	MEIO PESADO	10	1501 a 5000	101 a 300	2,30	$1,4 \times 10^6$ a $3,1 \times 10^6$	2×10^6
	PESADO	12	5001 a 10000	301 a 1000	5,90	$1,0 \times 10^7$ a $3,3 \times 10^7$	2×10^7
	MUITO PESADO	12	> 10000	1001 a 2000	5,90	$3,3 \times 10^7$ a $6,7 \times 10^7$	5×10^7
Faixa Exclusiva de Ônibus	VOLUME MÉDIO	12		< 500		3×10^6 ⁽¹⁾	10^7
	VOLUME PESADO	12		> 500		5×10^7	5×10^7

Fonte: IP 02/2004 – São Paulo.

Para tanto, usou-se um pré-dimensionamento com espessuras e materiais das camadas em conformidade com o utilizado em rodovias de alto tráfego da região pelo Departamento de Estradas de Rodagem do Paraná (DER/PR). Posteriormente, verificou-se as mesmas pelo

método DNER para pavimentos flexíveis. Sendo assim, o pavimento pré-dimensionado encontra-se representado pela Figura 4.

Figura 4 - Representação da estrutura do pavimento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os coeficientes de equivalência estrutural para os diversos materiais que constituem um pavimento flexível foram adotados com base nos resultados da Pista Experimental da A.A.S.H.O. e com as modificações julgadas do lado da segurança. Tais coeficientes encontram-se fornecidos no Quadro 3.

Quadro 3 - Coeficientes de equivalência estrutural. Fonte: A.A.S.H.O.

Componentes do Pavimento	Coeficiente	K
1 – Base ou revestimento de concreto betuminoso		2,00
2 – Base ou revestimento pré-misturado a quente de graduação densa		1,70
3 – Base ou revestimento pré-misturado a frio de graduação densa		1,40
4 – Base ou revestimento por penetração		1,20
5 – Base Granular		1,00
7 – Reforço do subleito		0,71
8 – Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias superior a 45 Kgf/ m ²		1,70
9 – Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias entre 45 e 35 Kgf/m ²		1,40
10 – Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias inferior a 35 Kgf/ m ²		1,20

Fonte: DNER

Para a utilização do método, além da configuração demonstrada anteriormente no pré-dimensionamento, foram feitas as seguintes considerações:

- Número “N” de 5×10^7 ;
- Sub-base de BGS com coeficiente estrutural 1,00;
- Base de BGS com coeficiente estrutural 1,00;
- CBUQ com coeficiente estrutural 2,00.

Em seguida, para a determinação das espessuras das camadas de base e sub-base do pavimento são utilizadas 3 inequações:

$$R \times Kr + B \times Kb \geq H_{20} \quad (9)$$

$$R \times Kr + B \times Kb + h_{20} \times K_s \geq H_n \quad (10)$$

$$R \times Kr + B \times Kb + h_{20} \times K_s + h_n \times K_{ref} \geq H_m \quad (11)$$

Sendo que:

R = espessura do revestimento;

K_R = coeficiente estrutural do revestimento;

B = espessura da base;

K_B = coeficiente estrutural da base;

H_{20} = espessura total (em termos de material granular) para proteger a sub-base;

h_{20} = espessura da sub-base;

K_S = coeficiente estrutural da sub-base;

h_n = espessura do reforço;

H_n = espessura total (em termos de material granular) para proteger um reforço do subleito;

K_{REF} = coeficiente estrutural do reforço do subleito;

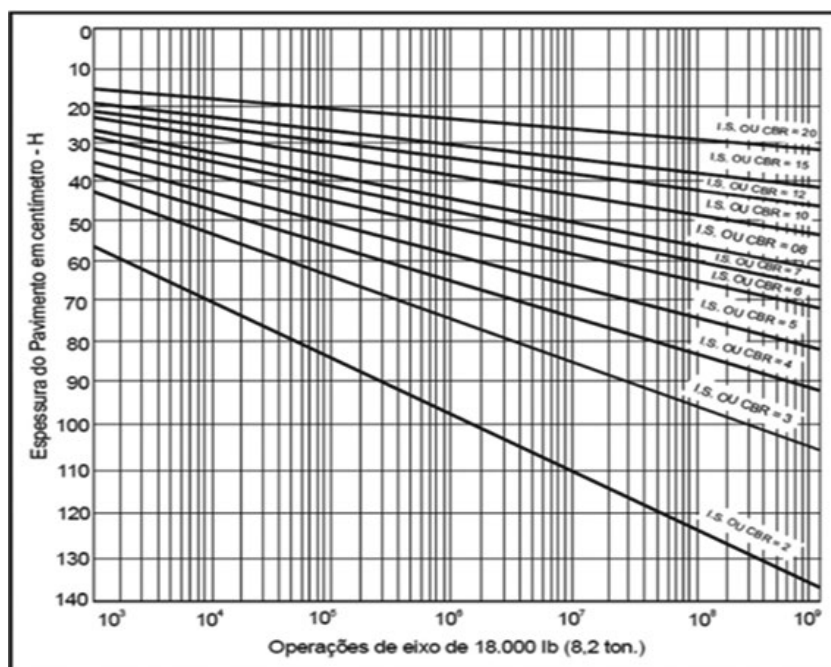
H_m = espessura total do pavimento.

Mesmo que o CBR da sub-base seja superior a 20, a espessura de pavimento necessária para protegê-la é determinada como se este valor fosse 20. Para determinar as espessuras das camadas do pavimento, encontra-se o valor de H_m , H_n e H_{20} , obtido através do gráfico da

Figura 5, juntamente com o valor de CBR do solo onde será executado este revestimento (DNER-MT 667/22).

Obteve-se os valores de 48 cm para Hm, 30 cm para H20 e 48 cm para Hn.

Figura 5 - Gráfico para a determinação dos valores de Hm, Hn e H20.



Fonte: DNER-MT 667/22.

A espessura da camada de revestimento betuminoso foi obtida através do método de dimensionamento do DNER, conforme Figura 6.

Figura 6 - Espessura do revestimento betuminoso em relação ao número “N”.

N	Espessura mínima de revestimento betuminoso
$N \leq 10^6$	Tramentos superficiais betuminosos.
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura.
$5 \times 10^6 \leq N < 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura.
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura.
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura.

Fonte: DNER-MT 667/22.

O número “N” adotado nessa pesquisa foi de , obtendo-se uma espessura de 10 cm de acordo com a Figura 5. Com o valor da espessura do revestimento definido e também os valores de Hm, Hn e H20 realizou-se o dimensionamento da base e sub-base do pavimento através das inequações supracitadas.

$$RxKr + BxKb = H20$$

$$10x2,0 + Bx1,0 = 1,2x30$$

$$B = 16 \text{ cm}$$

$$RxKr + BxKb + h20x1,0 = Hn$$

$$10x2,0 + 16x1,0 + h20x1,0 = 48$$

$$H20 = 12 \text{ cm}$$

$$H20 \text{ adotado} = 15 \text{ cm.}$$

Por fim, tem-se que **não foi calculado reforço** do subleito devido a espessura do pavimento não ser tão elevada, somente a base e a sub-base foram suficientes. Nesse viés, aplicando-se as equações 2 a

8, obteve-se a altura da camada de transição de 33 cm.

Com a espessura obtida, a água da chuva infiltrará pelo revestimento até a camada de transição. Considerando que esta é altamente permeável e acompanha a inclinação da base e sub-base, a água escoará até o bordo da pista, encontrando o dreno que se situa na lateral de todo o pavimento, conduzindo a água até as caixas de boca de lobo.

4. CONCLUSÃO

Diferentemente de áreas florestais ou permeáveis em que a água cai sobre a vegetação, escoar e se infiltra lentamente no solo, observa-se que com o aumento considerável da urbanização e, conseqüentemente, maior o número de áreas impermeabilizadas, a ocorrência de chuvas volumosas acarreta o aumento da velocidade de escoamento superficial nos grandes centros urbanos, ocasionando muitos transtornos para a população.

Os resultados obtidos com o presente artigo demonstraram que o **método alternativo de drenagem de pavimento** mostra-se bastante eficaz na redução e extensão dos transtornos causados a população com a ocorrência de alagamentos, inundações e enchente. Ademais, esse tipo de drenagem pode ser desenvolvido em qualquer tipo de solo, não se restringindo a estradas e rodovias.

5. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, P. R.; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 21-29, jul./set. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7207: Terminologia e classificação de pavimentação**. Rio de Janeiro. 1982.

BALBO, J. T. **Pavimentação asfáltica: materiais, projetos e restauração**. São Paulo: Oficina de textos, 2005, 557 p.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**, Porto Alegre: ABRH, 2005, 266 p.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 6. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Hidrologia**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006. 115 p. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/it113-hidrologia.htm>>. Acesso em: 03 de jun. 2019.

FERGUSON, B. K. **Porous Pavements**. Integrative studies in water management and land development. Florida: Taylor & Francis, 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM. **DNER-MT 667/22**: Método de projeto de pavimentos flexíveis. Rio de Janeiro, 1981.

DEPARTAMENTO DE INSTRUÇÃO DE PROJETOS. **IP 02/2004**: Classificação das vias. São Paulo, 2004.

LEE, S. H. **Introdução ao projeto geométrico de rodovias**. Florianópolis: UFSC, 2015, 442p.

OFFICINE MACCAFERRI. **Maccaferri do Brasil**: Soluções para pavimentação de estradas e ferrovias, 2019. Pavimentos Viários. Disponível em: <<https://www.maccaferri.com/br/aplicacoes/pavimentos-viarios/>>. Acesso em: 04 de ago. 2019.

SANTANA, H. **Manual de pré-misturados a frio**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Petróleo (IBP), 1993. 298 p.

SOUZA, A. R. **Estudo comparativo dos ensaios de CBR e Mini-CBR para solos de Uberlândia**. 2007. 114p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2007.

VIRGILIIS, A. L. C. **Procedimentos de projeto e execução de pavimentos permeáveis visando retenção e amortecimento de picos de cheias**. 2009. 185 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

8. ANÁLISE COMPARATIVA DO DIMENSIONAMENTO DE PILARES EM CONCRETO ARMADO ATRAVÉS DE CÁLCULOS MANUAIS E COM SOFTWARE

COMPARATIVE ANALYSIS OF PILLAR SIZING
IN ARMED CONCRETE THROUGH MANUAL
CALCULATIONS AND WITH SOFTWARE



JHONATAN CARLOS RUIZ
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RENAN GUSTAVO JUNQUEIRA
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RESUMO

O objetivo do trabalho foi fazer análise comparativa do dimensionamento de pilares em concreto armado, através de cálculos manuais e com software. O trabalho foi realizado com base em um projeto arquitetônico de uma residência de uso misto, com 233,6 m² de área construída. As normas utilizadas para fazer o dimensionamento, foram a ABNT NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto, que define todos os critérios que regem o projeto das estruturas de concreto no Brasil, e a ABNT NBR 6120:1980 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificação, que determina os valores das cargas, que devem ser consideradas em um projeto de estruturas. O método utilizado para os cálculos, tanto manual, quanto realizado pelo software, foi o método do pilar-padrão com curvatura aproximada. Os pilares escolhidos para análise foram pilar de extremidade (P6), pilar intermediário (P9) e o pilar de canto (P15). O atributo a ser comparado foi a área de aço (As), que seria necessária para resistir aos esforços solicitantes de cada pilar. Os valores de área de aço, encontrados no cálculo manual, foram verificados com os valores limites trazidos pela norma, sendo satisfatórios. Os resultados obtidos na área de aço, feito com o cálculo manual foram inferiores aos encontrados pelo software, chegando a 50% para o pilar de maior variação. Quando levado em consideração outros fatores, além da área de aço, constatou que o cálculo realizado pelo software se sobressai em relação ao manual, o que o torna mais vantajoso, e a melhor opção para este projeto em específico.

Palavras-chave: Concreto armado. Dimensionamento. Manual. Software.

ABSTRACT

The objective of this work is to make a comparative analysis of the sizing of reinforced concrete pillars through manual and software calculations. The work was carried out based on an architectural project of a mixed use residence, with 233,6m² of built area. The standards used to the sizing the pillars were ABNT NBR 6118: 2014 - Design of concrete structures, which defines all the criteria governing the design of concrete structures in Brazil, and ABNT NBR 6120:1980 - Loads for the calculation of building edification, which determines the load values that must be considered in a structure project. The method used for both manual and with software calculations was the standard abutment method with approximate curvature. The pillars chosen for analysis were, far end pillar (P6), intermediate pillar (P9) and corner pillar (P15). The compared attribute was the steel area (A_s), which would be required to withstand the stresses of each pillar. The steel area values found in the manual calculation were verified with the limit values brought by the standard and were satisfactory. The results obtained from the steel area, made with the manual calculation were lower than those found by the software, reaching 50% for the column with the highest variation. When considering factors other than the steel area, he found that the calculation made through the software outperforms the manual, which makes it more advantageous, and the best option for this project.

Keywords: Reinforced Concrete. Sizing. Manual. Software.

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um material composto de água, cimento e agregados, a mistura do cimento com a água gera uma pasta, que também é colocada em contato com agregado miúdo (areia), para se ter a argamassa, quando misturado com o agregado graúdo (brita), tem-se o concreto (CARVALHO; FIGUEIREDO FILHO, 2014).

Segundo Carvalho e Figueiredo Filho (2014), apenas o concreto, não é recomendado como elemento de resistência para utilização estrutural, pois apesar de possuir boa resistência a compressão, o mesmo

resiste pouco aos esforços de tração, cerca de 10% da resistência à compressão. Consequentemente, se faz necessário a utilização de algum material que possua boa resistência a tração. Neste caso, o mais comum é o aço, que trabalha muito bem a esses esforços, assim criando essa combinação, denominado concreto armado, que é altamente empregado nos projetos estruturais da construção civil.

Os pilares são elementos estruturais que tem a função de receber as cargas das lajes ou vigas e redireciona-las para a fundação. A maioria dos pilares tem sua seção transversal retangular, quadrada ou circular, e acabam sendo dispostos na vertical, porém, em algumas ocasiões, podem ser inclinados, o que acaba dificultando o dimensionamento desses elementos (CARVALHO; PINHEIRO, 2009). Segundo Carvalho e Pinheiro (2009), os pilares são solicitados, predominantemente, a esforços internos de compressão, podendo, então, estarem submetidos a uma compressão composta normal ou oblíqua. A NBR-6118:2014, em seu item 14.4.1.2, define pilares como “Elementos lineares de eixo reto, usualmente dispostos na vertical, em que as forças normais de compressão são preponderantes”.

Para Scadelai e Pinheiro (2005), nesse formato de estrutura mais usual, composto por lajes, vigas e pilares, cada elemento tem sua função, e os mesmos seguem uma ordem para fazer as transferências de cargas. As lajes recebem as cargas permanentes e acidentais da edificação e as transmitem para as vigas, que recebem essas cargas, que são somadas com seu peso próprio e as cargas das paredes que estão sobre elas, e as encaminham até os pilares, que as conduzem até a fundação.

Quando se fala em estruturas de concreto armado, uma das primeiras questões que devem ser levadas em consideração, é o projeto estrutural, por isso se faz necessário a criação de um projeto, que deve ser muito bem elaborado. O projeto estrutural é constituído por diversos tipos de desenhos, porém Júnior e Costa (1993), citam três projetos principais, sendo eles: planta de carga e locação dos pilares, desenho de formas, e por fim, desenho de armações.

A primeira planta a ser utilizada em um projeto estrutural, é a planta de carga e locações dos pilares. Se trata de uma planta simples, porém de extrema importância, pois neste desenho, está a locação dos pilares, as dimensões da seção, as cotas em relação a um eixo de referência da planta e as cargas que serão transmitidas para a fundação. Logo, juntando essas informações com uma sondagem do solo, pode-se determinar o melhor tipo de fundação para cada tipo de obra (JÚNIOR; COSTA, 1993).

Para se fazer o dimensionamento de pilares em concreto armado, deve-se atentar para as solicitações normais na estrutura, essas solicitações são esforços que produzem tensões normais nas seções transversais das peças estruturais, as solicitações normais englobam momento fletor e força normal, que são os principais esforços aos quais os pilares são submetidos (FUSCO, 1981).

Nas edificações os pilares podem ser classificados em duas categorias, a primeira é quanto ao tipo de solicitação inicial, em que podem ser classificados em: pilares intermediários, pilares de extremidade e pilares de canto, é importante saber a posição desses elementos, pois assim permite considerar as diferentes situações de projeto e cálculo, em relação aos esforços solicitantes (SCADELAI; PINHEIRO, 2005).

Os pilares intermediários são submetidos principalmente às forças axiais de compressão, assim admitindo-se compressão simples para os cálculos, portanto, as excentricidades iniciais podem ser desprezadas. Já os pilares de extremidade, também estão sujeitos a esforços de momento transmitidos pelas vigas que tem suas extremidades externas nesses pilares, as solicitações iniciais correspondem a flexão composta normal, assim admitindo-se excentricidade inicial em uma direção. Como o próprio nome já diz, os pilares de canto, são localizados nos cantos da edificação, em que duas vigas nele chegam, e são solicitados a flexão oblíqua composta, com excentricidades iniciais, além da força normal de compressão (SCADELAI; PINHEIRO, 2005).

A segunda forma de classificação dos pilares, é quanto a

esbeltez (λ), que é uma razão entre o comprimento de flambagem, e o raio de giração da seção, assim Carvalho e Pinheiro (2009), classificam os pilares em:

- Pilares curtos ($\lambda \leq \lambda_1$).
- Pilares mediantemente esbeltos ($\lambda_1 < \lambda \leq 90$).
- Pilares esbeltos ($90 < \lambda \leq 140$).
- Pilares Muito esbeltos ($140 < \lambda \leq 200$).

Fazer a classificação dos pilares é um passo fundamental para iniciar seu dimensionamento, pois é a partir deste momento que se pode verificar o melhor método de cálculo, pois a ABNT NBR 6118:2014 apresenta quatro métodos diferentes para fazer o dimensionamento, e a escolha da melhor opção se dá através da classificação destes pilares.

Quando o índice de esbeltez de um pilar for ≤ 90 , a norma traz três métodos de dimensionamento de pilares, porém os mais utilizados são os métodos do pilar-padrão com curvatura aproximada e com rigidez k aproximada.

O método do pilar-padrão com curvatura aproximada:

“Pode ser empregado apenas no cálculo de pilares com $\lambda \leq 90$, com seção constante e armadura simétrica e constante ao longo de seu eixo. A não linearidade geométrica é considerada de forma aproximada, supondo-se que a deformação da barra seja senoidal. A não linearidade física é considerada através de uma expressão da curvatura na seção crítica” (NBR 6118:2014, 15.8.3.3.2).

O método do pilar-padrão com rigidez k aproximada:

“Pode ser empregado apenas no cálculo de pilares com $\lambda \leq 90$, com seção retangular constante e armadura simétrica e constante ao longo de seu eixo. A não linearidade geométrica deve ser considerada de forma aproximada, supondo-se que a deformação da barra seja senoidal. A não linearidade física deve ser considerada através de uma expressão aproximada de rigidez” (NBR 6118:2014, 15.8.3.3.3).

O terceiro método apresentado é utilizado para pilares esbeltos ($90 < \lambda \leq 140$), é chamado de método do pilar-padrão acoplado a diagramas M, N, 1/r, esse método também pode ser aplicado para pilares com índice de esbeltez menores que 90, porém devido a sua complexidade nos cálculos, acaba sendo pouco empregado.

“A determinação dos esforços locais de 2ª ordem em pilares com $\lambda \leq 140$ pode ser feita pelo método do pilar-padrão ou pilar padrão melhorado, utilizando-se para a curvatura da seção crítica os valores obtidos de diagramas M, N, 1/r específicos para o caso”. (NBR 6118:2014, 15.8.3.3.4).

Para o cálculo de pilares classificados como esbeltos ($140 < \lambda \leq 200$), é utilizado o método geral, que é pouco usual, visto que pilares como estes, são pouco utilizados. Esse método difere dos anteriores pois baseia-se no fato que a “Análise não linear de 2ª ordem efetuada com discretização adequada da barra, consideração da relação momento-curvatura real em cada seção e consideração da não linearidade geométrica de maneira não aproximada” (NBR 6118:2014, 15.8.3.2).

Citando Araújo (2014), “A maioria dos pilares dos edifícios se enquadra nas categorias de pilares curtos ou moderadamente esbeltos. Somente em poucos casos especiais é que eles devem ser tratados como pilares esbeltos”.

Outra maneira de fazer o dimensionamento de Pilares, é através da utilização de programas computacionais, a utilização destes softwares tem aumentado, isso se deve à grande facilidade e velocidade, que se tem, quando se utiliza programas computacionais, fazendo com que os profissionais acabem optando por adquirirem estes programas (TÉCHNE, 2003).

Outra facilidade que a utilização destes softwares traz, é a realização de cálculos estruturais complexos em pouco tempo e com uma grande precisão, o que demoraria muito tempo se fosse feito manualmente, diminuindo, assim, o cronograma da obra e o tempo de entrega da construção. Algo que cada vez mais os profissionais

têm buscado é a rapidez e qualidade, porém sabe-se que a utilização destes programas não dispensa o conhecimento teórico aprendido na academia, sendo assim, sempre feito da união de profissional com a máquina (TÉCHNE, 2003).

Com o passar dos anos, houve uma grande mudança na forma de se construir, fazendo com que o cálculo das estruturas se tornasse cada vez mais arrojado e complexo, estruturas cada vez mais altas e com vãos cada vez maiores foram sendo criadas, gerando maiores desafios para os engenheiros, fazendo com que novos softwares de cálculo estrutural fossem criados (TÉCHNE, 2003). Nos últimos anos, ocorreu uma grande evolução no mercado de software de cálculo estrutural, as pequenas máquinas de cálculos foram sendo substituídas por microcomputadores sofisticados, com performance maiores, que ajudaram e facilitaram o processo de dimensionamento estrutural, porém foi necessário pagar um preço alto por tudo isso, o custo só foi crescendo (TÉCHNE, 2003)

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para fazer o dimensionamento dos pilares da edificação escolhida, serão empregados dois softwares, sendo um o AutoCAD 2016 versão estudantil, que será utilizado para a criação dos projetos arquitetônicos, e o segundo, o AltoQi Eberick 2019 - demo, usado para o dimensionamento estrutural. Este trabalho possui um método de cálculo baseado na ABNT NBR 6118:2014, que define os critérios gerais que regem o projeto de estruturas de concreto, que é o caso dos pilares que este presente trabalho ira abordar.

A primeira etapa baseou-se em fazer a criação dos projetos necessários, como os projetos arquitetônicos da edificação, que se encontram nos anexos A e B. Optou-se por criar o projeto de uma residência de uso misto (comercial/residencial), com 233,6 m² de área construída, o pavimento inferior possui 3,10 m de pé-direito

e o pavimento superior 2,50 m de pé-direito, ambos foram feitos no AutoCad e importados para o Eberick posteriormente.

A partir do momento que se tem os projetos arquitetônicos no Eberick, é feito a modelagem da estrutura, seguindo as recomendações da NBR 6118:2014. As lajes escolhidas foram as treliçadas, com lajotas de cerâmica, a espessura da laje é de 12 cm, sendo 4 cm de concreto, com cobrimento de 2,5 cm. Todas as vigas foram modelas em formato retangular, sendo maciças de concreto armado, com cobrimento de 3 cm. O tipo de fundação escolhido foi o bloco de concreto armado, com estacas circulares de 40 cm de diâmetro, e cobrimento de 3 cm. E por fim, os pilares da edificação, também modelados em concreto armado, com cobrimento de 3 cm. Todos esses elementos foram utilizados concreto com classe de resistência de 25 Mpa e aço CA50. Os valores das cargas utilizadas para fazer o dimensionamento, foram escolhidas, baseadas na NBR 6120 - Cargas para o cálculo de estruturas de edificação.

Quando se tem, a estrutura modelada com as cargas e as dimensões, é feito o dimensionamento da estrutura no software, para que se possa extrair os resultados de esforços e armaduras dos pilares, o próprio software faz todo o dimensionamento destes elementos, e nos fornece as plantas de carga e locação dos pilares, os desenhos das formas e das armações já dimensionadas.

Com a classificação dos pilares feita e as cargas extraídas do software, é feito o cálculo de forma manual. Foram escolhidos três pilares, nomeados de P15, P6 e P9, que são, respectivamente, pilares de canto, extremidade e intermediário. Os anexos A e B mostram a posição destes pilares em planta, e suas escolhas se deram devido ao fato de ambos serem solicitados de uma forma diferente, sendo todos classificados como pilares medianamente esbeltos.

O cálculo manual é feito através do método do pilar-padrão com curvatura aproximada, que é empregado no cálculo de pilares com $\lambda \leq 90$, com seção constante e armadura simétrica e constante ao longo de seu eixo. Para auxiliar no dimensionamento e determinação das áreas de aço, foram utilizados os ábacos de flexão reta de Venturini

(VENTURINI, 1985), e os ábacos para flexão composta oblíqua de Pinheiro (PINHEIRO; BARALDI; POREM, 1994).

A última etapa se inicia com o término de todos os cálculos, para que seja feita um quadro com os valores obtidos de área de aço para cada pilar da edificação proposto no trabalho, e verificar se a quantidade de armadura está semelhante, tanto para o cálculo manual, quanto para o realizado no software e, assim, pode-se dar uma opinião de até que ponto um método acaba sendo vantajoso em relação ao outro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme os resultados apresentados no Quadro 1, observa-se os valores obtidos de A_s (Área de aço), para os pilares P6, P9 e P15, através do cálculo feito pelo software. A importância de iniciar os cálculos através do software, é que ele mesmo verifica se a área de aço está entre os valores limites trazidos pela norma, bem como determina os esforços normais aos quais os pilares estarão submetidos, e através desses valores de N_d máx, nível da altura e as dimensões da seção, foram feitos os cálculos manuais.

Quadro 1 – Resultados encontrados através do cálculo com software

Dados				Resultados
Pilar	Seção (cm)	Nível Altura (cm)	N_d Máx (Kn)	A_s (cm ²)
P6	15x25	325	336,00	7,80
P9	15x30	325	406,14	7,85
P15	15x30	325	160,00	6,28

Fonte: Autoria própria

O Quadro 2, indica os resultados encontrados de A_s (Área de aço), para os cálculos feitos manualmente. Por meio dos dados obtidos no quadro 1, pode-se determinar manualmente os esforços solicitantes dos pilares, o índice de esbeltez nas direções X e Y, a verificação de esbeltez limite, os momentos fletores mínimos e totais, e as excentricidades, todos necessários para conseguir determinar a área de aço necessária para cada pilar.

Quadro 2 – Resultados encontrados através do cálculo manual

Dados				Resultados
Pilar	Seção (cm)	Nível Altura (cm)	Nd Máx (Kn)	A_s (cm ²)
P6	15x25	325	336,00	6,31
P9	15x30	325	406,14	7,39
P15	15x30	325	160,00	3,14

Fonte: Autoria própria

Com relação aos resultados determinadas no cálculo manual, a ABNT NBR 6118:2014, estabelece em seu item 17.3.5.3, valores-limites para armaduras longitudinais de pilares, sendo $A_{s,mín}$ a armadura longitudinal mínima e $A_{s,máx}$ a armadura longitudinal máxima permitida.

$$A_{s,mín} = (0,15 N_d / f_{yd}) \geq 0,004 A_c \quad \text{Equação (1)}$$

$$A_{s,máx} = 0,08 A_c \quad \text{Equação (2)}$$

Através dos cálculos, com as equações 1 e 2, pode-se determinar para os pilares P9 e P15 a armadura mínima e máxima, que foram, respectivamente, 1,8 cm² e 36 cm². Ambos os pilares obtiveram resultados dentro dos valores limites, sendo P9 com 7,39 cm² e P15 com 3,14 cm², para o pilar P6 a área de aço encontrada foi de 6,31 cm², enquanto que o valor mínimo era de 1,5 cm² e o máximo de 30 cm², sendo, assim, também atendeu os limites estabelecidos pela norma.

As armaduras longitudinais precisam atender os valores-limites

determinados pela norma, para se ter um bom dimensionamento, pois apenas o concreto, não é recomendado como elemento de resistência para utilização estrutural (CARVALHO; FIGUEIREDO FILHO, 2014). A utilização correta da armadura ajuda a diminuir a seção do pilar, bem como suas deformações, devido ao aço resistir as tensões de tração e colaborar com o concreto na resistência aos esforços de compressão (SCADELAI; PINHEIRO, 2005).

Quadro 3 – Comparativo entre o cálculo manual e com software

PILAR	SOFTWARE	MANUAL	VARIAÇÃO (%)
	cm ²	cm ²	
P6	7,80	6,31	19,10
P9	7,85	7,39	5,86
P15	6,28	3,14	50,00

Fonte: Autoria própria

O Quadro 3 mostra a variação entre os dois métodos de cálculo, para P9, o pilar intermediário, sujeito a compressão simples, ocorreu a menor variação entre os três, diminuição de cerca de 5,86%. O pilar P6, considerado de extremidade e solicitado a flexão composta reta, apresentou com o cálculo manual uma redução de 19,10% em relação ao software. Por fim o pilar de canto P15 apresentou a maior discrepância entre eles, houve uma redução de 50% na armadura, quando feito o dimensionamento manualmente.

Um dos fatores que veio a contribuir para tal variação, foi o fato do cálculo manual levar em consideração a utilização de ábacos para se determinar a área de armadura, e não através de equações com valores exatos.

4. CONCLUSÃO

Ao analisar os resultados obtidos, verificou-se que o dimensionamento, feito de forma manual, resultou em uma área de aço menor para ambos os três pilares. Quando se tem um projeto com menor área de aço, pode-se reduzir o valor gasto com armadura na execução do projeto, o que faz com que o cálculo manual seja vantajoso em relação ao software quando se fala em quantidade de armadura gasta, porém, esse tipo de cálculo, demanda uma quantidade maior de tempo para ser feita e pode estar suscetível a erros de dimensionamento. Sendo assim, se levar em consideração esses fatores, o dimensionamento feito com o software, é mais ágil e seguro, o que o torna mais vantajoso entre essas duas opções.

Conforme o que foi citado acima, a melhor maneira de se fazer o dimensionamento de pilares de concreto armado é com a utilização de um software de cálculo estrutural, porém é importante ressaltar que deve ser feito com um software de confiança, e o lançamento e a modelagem da estrutura por um profissional habilitado, que não tenha só o conhecimento computacional, mas todo o conhecimento teórico aprendido na academia, para conseguir interpretar e analisar os resultados obtidos, sempre buscando a melhor solução para cada tipo de projeto.

5. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J. M. **Curso de Concreto Armado**, 4^a ed, v.3. Rio Grande: Dunas, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118:2014, **Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120:1980, **Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 1980.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, J.R. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado: segundo a NBR 6118:2014**. 4ª ed. São Carlos: EDUFSCAR, 2014.

CARVALHO, R. C.; PINHEIRO, L. M. **Cálculo e Detalhamento de Estruturas Usuais de Concreto Armado**, 1ª ed, v.2. São Paulo: PINI, 2009.

FUSCO, P. B. **Estruturas de Concreto – Solicitações Normais**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois S.A., 464p, 1981.

JÚNIOR, A. L. M.; COSTA, F. O. **Execução de desenhos para obras de concreto armado**. Campinas: Unicamp, 1993.

PINHEIRO, L. M.; BARALDI, L. T.; POREM, M. E. **Concreto Armado: Ábacos para flexão oblíqua**. São Carlos, Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 1994.

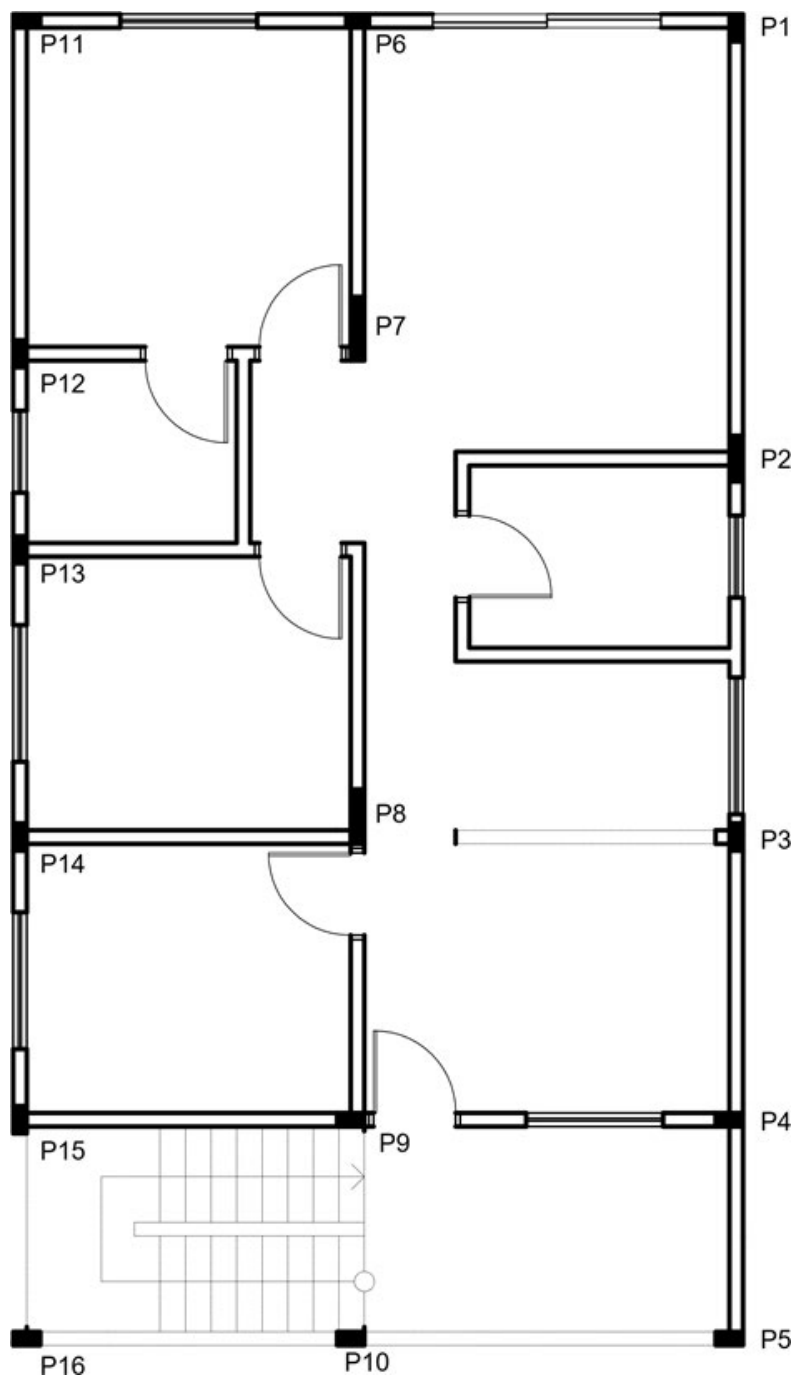
SCADELAI, M. A.; PINHEIRO, L. M. **Estruturas de Concreto – Capítulo 16 – notas de Aula**. São Carlos: EDUFSCAR, 2005.

TÉCHNE. **Softwares auxiliam o cálculo estrutural**. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/73/artigo285268-1.aspx> > Acesso em 7 abr. 2019.

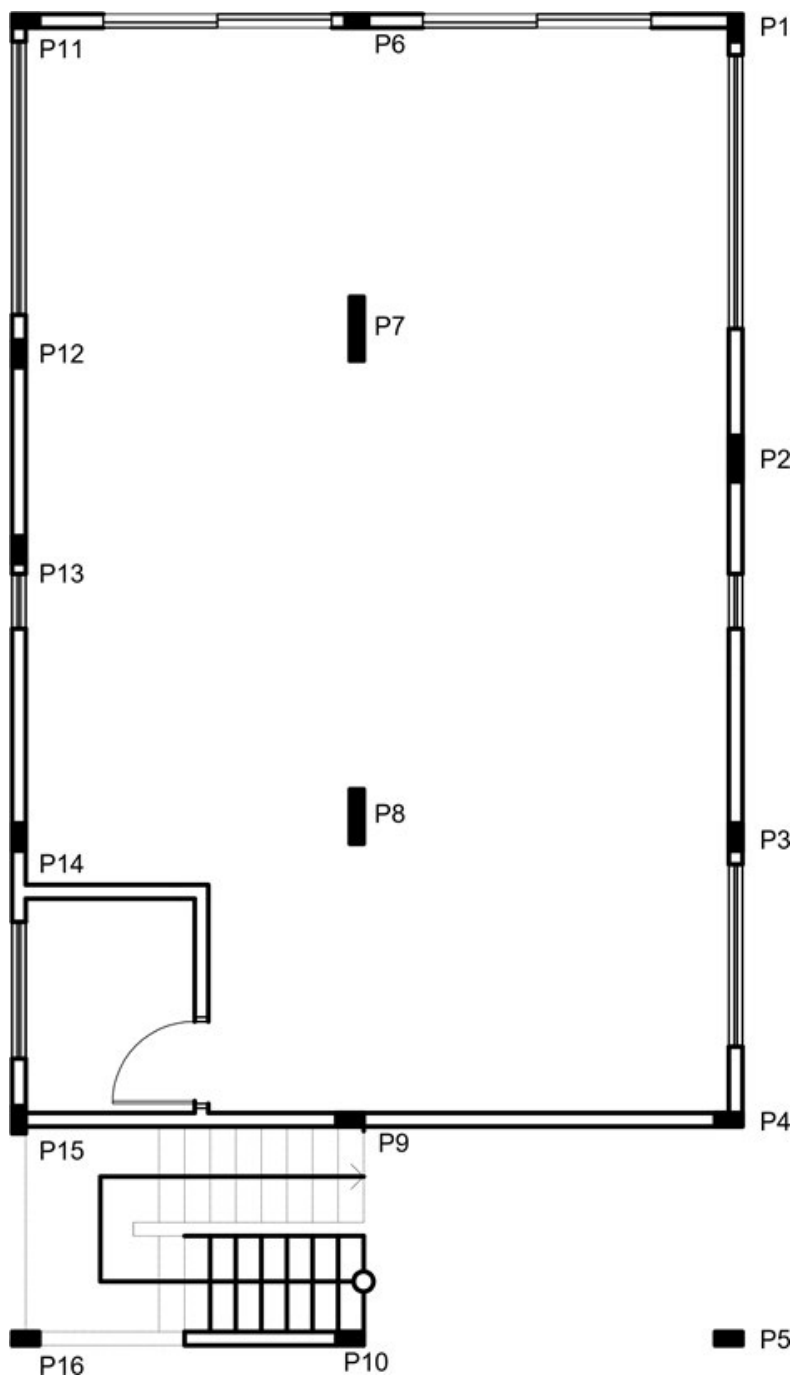
VENTURINI, W. S. **Dimensionamento de peças retangulares de concreto armado solicitadas à flexão reta**. São Carlos, Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 1987.

ANEXO A

PLANTA BAIXA PAVIMENTO SUPERIOR



ANEXO B
PLANTA BAIXA PAVIMENTO INFERIOR



9. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMA DE AQUECIMENTO DE PISCINA A LENHA COM SOLAR ALIADO BOMBA DE CALOR

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN WOODEN POOL HEATING SYSTEM WITH SOLAR ALLIED HEAT PUMP



JOÃO VITOR MARTINEZ VICENTIM
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

LUZIA MARA MENDES FERRER AMORIM
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RESUMO: O objetivo do trabalho foi analisar dois sistemas de aquecimento de piscina, sendo o aquecimento a lenha e o solar auxiliado pela bomba de calor. O trabalho foi realizado no município de Maringá – PR, no ano de 2019. Informações foram retiradas e analisadas dos dois sistemas de aquecimento, comparando suas informações técnicas, como custos, instalação, manutenção e o impacto de cada um no meio ambiente. Foi possível observar algumas particularidades de cada sistema e algumas informações importantes como alto custo de investimento das bombas de calor ou como deve ser um local preparado para a caldeira. Informações foram retiradas de informativos técnicos de fabricantes e de visita realizada em um clube que utiliza o sistema de caldeira para o aquecimento.

PALAVRAS-CHAVE: Aquecimento a lenha. Aquecimento solar. Bomba de calor.

ABSTRACT: The objective of the work was two pool heating systems, the heating and solar energy assisted by the heat pump. The work was carried out in the city of Maringá - PR, in the year 2019. Information on the withdrawals and analyzed of the two heating systems, comparing the technical bases, costs, maintenance, impact and impact of each environment. In the content of particular calories and empiries as well as the most important place prepared for the boiler. Information was taken from technical information from manufacturers and from a club visit that uses the boiler system for heating.

KEYWORDS: Wood burning. Solar heating. Heat pump.

1. INTRODUÇÃO

A forma com que o homem lida com os recursos da natureza vem se tornando cada vez mais alvo de discussões, trabalhos científicos e inúmeras pesquisas, sempre com o intuito de elevar a qualidade desse uso, tendo como objetivo a melhor utilização de tais recursos. Um exemplo disso é o aumento do uso de energias alternativas para o aquecimento da água de piscinas, como a solar, que está substituindo outras formas de aquecimento, como o sistema a lenha por caldeira.

Aquecimento Solar

A energia solar é a fonte primordial de energia do planeta, uma vez que todas as formas de energia existentes são originadas da ação da radiação solar sobre a terra. Esta radiação, que incide sobre a superfície do planeta, é cerca de 10000 vezes superior à demanda bruta de energia atual de humanidade. A energia solar tem um grande potencial, tendo sua fonte infinita (BEZERRA, 2001).

A principal dificuldade de instalar o sistema de aquecimento solar é o alto valor inicial para sua instalação o que deixa diversos consumidores em dúvida e muitas vezes optam por fontes convencionais de energia. O ideal seria fazer uma análise geral financeira, pesquisar o valor do equipamento, desde sua instalação até a sua manutenção, verificar à quais necessidades o mesmo suprirá, e após quanto tempo este passará a trazer retorno lucrativo (ANEEL, 2005).

Para que possa ser simplificado o sistema de aquecimento solar de água (SAS), podem ser consideradas as seguintes etapas: captação da energia solar; transferência dessa energia para o fluido; armazenamento da energia térmica e a distribuição da água aquecida para o sistema. Sempre que o coletor recebe uma luz visível ou energia solar radiante, o aquecedor solar entra em funcionamento. Quando a energia é absorvida pela placa, transforma-se em calor aquecendo a água que está no interior dos coletores. A densidade da água aquecida diminui e começa a se

movimentar em direção ao reservatório, quando se inicia um processo natural de circulação da água. Assim, sempre que aquecida, a mesma se direciona ao reservatório do sistema. Enquanto existe a incidência de radiação solar sobre a placa, esse processo se mantém em atividade, ou até que toda a água do circuito atinja o equilíbrio térmico. Esse funcionamento recebe o nome de termossifão (OLIVEIRA *et al.*, 2006).

Coletor solar é definido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na NBR 12269 como sendo todo dispositivo que absorve radiação solar incidente, transferindo para um fluido de trabalho, sob a forma de energia térmica. Existem alguns modelos disponíveis no mercado. Dentre eles, um dos mais utilizados, o coletor plano, que se divide entre aberto e fechado. Para o aquecimento de piscinas, é fabricado o coletor solar aberto. Devido à ausência da cobertura de vidro e do isolamento térmico, ele não atinge temperaturas elevadas como o coletor coberto, podendo chegar ao máximo a 40 °C (NBR 12269).

A NBR 15569 define itens que se devem conter em projetos de sistema de aquecimento solar. Podem ser citados alguns itens como o dimensionamento, memorial descritivo, volume de armazenamento, área coletora, ângulos de orientação e de inclinação dos coletores solares, estudo de sombreamento, indicação do norte geográfico, representar em planta, corte, isometria, vista detalhe e diagrama esquemático para que possa ser compreendida toda a instalação, também a especificação dos coletores solares e reservatórios térmicos (NBR 15569).

Após o projeto finalizado, segue o processo realizando a instalação. Antes de iniciar a instalação, é necessário verificar alguns pontos, como a disponibilidade de área para coletores, necessidade de suporte metálico, existência de sombreamento, orientação e inclinação do telhado ou cobertura, facilidade de acesso a esse telhado ou cobertura, se a relação de material está completa, utilização de equipamentos de proteção individual (EPI) e a altura manométrica entre a casa de máquina e os coletores (KOMEKO, 2017).

1.1 Bombas de Calor

O sistema de aquecimento solar é bastante eficiente, porém, em algumas situações, ela não é capaz de suprir a quantidade de calor necessária para a manutenção da temperatura da piscina. Com isso, o funcionário ou o próprio sistema que possui a capacidade de programação, aciona a ou as bombas de calor (MALUF, 2010).

Em aquecimentos solares de piscina, principalmente, de clubes ou piscinas públicas, é necessária a instalação de um sistema alternativo para ser utilizado em momentos em que não haja radiação solar suficiente, chamado também de sistema auxiliar. Uma opção é a instalação de bombas de calor (EPEX, 2019).

A bomba de calor é um equipamento que retira o calor existente no ambiente e transmite essa energia para um sistema de aquecimento por meio de um circuito fechado de frio (funcionamento parecido com o sistema de refrigeração). Esse processo contínuo pode ser utilizado para transferir energia térmica para um sistema de aquecimento de água (HELIOTEK, 2019).

As bombas de calor possuem seu funcionamento similar ao ar-condicionado, só que de forma inversa. Elas retiram calor do ar, mesmo nos dias mais frios, o transferem para a piscina de forma muito eficiente, permitindo economia de até 70% quando comparado a outros sistemas de aquecimento. Além de respeitarem o meio ambiente, utiliza o calor contido no ar, uma fonte de energia inesgotável e disponível na natureza. Podem ser aplicados em casas, condomínios, clubes, academias e hotéis (HELIOTEK, 2019).

A bomba realiza um ciclo de refrigeração para transportar o calor existente que é contido no ar para a água. Um fluido refrigerante, em seu estado líquido, é admitido em um trocador de calor, em contato com o ar do ambiente, evapora-se, absorvendo o calor do ar. Esse fluido em estado gasoso é pressurizado e circula através de um circuito impulsionado por um compressor. Com essa pressurização, o fluido é altamente aquecido e submetido a troca de calor com a água da

piscina que está sendo aquecida, consequentemente, no fluido resfriado, condensado. Passa por um dispositivo que reduz sua pressão, chamado de válvula de expansão. Com isso, é repetido o ciclo (MALUF, 2010).

A maior vantagem da bomba de calor é a sua grande economia de energia elétrica já que utiliza o calor do ambiente como auxílio no aquecimento da água. Para que possa ser compreendido, se comparado com um aquecedor com resistência elétrica, para que possa ser produzido 1kW de calor, é necessário 1kW de energia elétrica. No caso da bomba de calor, com 1kW de energia elétrica, são gerados 5kW de calor. Isso devido ao aproveitamento de calor.

1.2 Aquecimento a lenha

Por não existir nenhuma norma de aquecimento a lenha, as fontes de pesquisas são catálogos e manuais de fabricantes desses sistemas.

O aquecedor a lenha é um sistema de aquecimento considerado como um sistema econômico, podendo ser fornecido o aquecimento por meio de um trocador de calor de acumulação ou de passagem para serem acoplados aos reservatórios ou aquecedores existentes. Segundo informações da Chama Aquecedora (2019), (empresa que desenvolve e fabrica sistemas de aquecimento), um aquecedor a lenha pode proporcionar uma economia no consumo de gás em até 80%. Podem também aquecer não só água para piscina, mas, simultaneamente, para os chuveiros, calefação ou alguma outra necessidade (ASTROSOL AQUECEDORES, 2019).

Os aquecedores possuem uma fornalha onde se processa a queima do combustível, uma área de troca térmica onde o calor é aproveitado, uma chaminé por onde saem os gases da combustão e um isolamento térmico para impedir a perda do calor. Para produzir uma determinada potência o aquecedor tem que queimar uma quantidade equivalente de combustível, aproveitar quase todo esse calor na área de troca térmica, emitir o mínimo de calor pela chaminé e também perder

o mínimo possível através do isolamento (CHAMA AQUECEDORES, 2019).

O uso de piscina aquecida com lenha possui um custo de equipamento baixo, porém, é um método que demanda uma grande área destinada ao armazenamento de lenha e dependendo das condições locais, um gasto elevado com a lenha necessária para o aquecimento (EPEX, 2019).

Os aquecedores a lenha podem operar em diversas funções, bem como em piscinas, reservatórios, fornecimento direto de água quente entre outros. Existem modelos de aquecedores que são fabricados em chapa de aço-carbono para potência térmica até 600.000 Kcal/h. Possuem os tubos trocadores de calor em aço ASTM-A-178-A, fornalha ampla com porta e anti-porta corta fogo, grelha e fornalha refrigerados a água (CHAMA AQUECEDORES, 2019).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Análise dos dois sistemas de aquecimento para piscina

- A análise dos dois sistemas de aquecimento foi realizada a partir de pesquisas em informações técnicas com fabricantes e visita técnica realizada no Country Club da cidade de Maringá-PR.
- A partir das informações técnicas obtidas, foi realizado o estudo comparativo entre os dois sistemas.

Comparativo de custos

- O orçamento foi feito em duas empresas de cada sistema de aquecimento, para uma piscina de grande porte. Assim, foi definido um valor médio para cada sistema.
- A partir de dois projetos já existentes, um de cada sistema, realizou-se um comparativo de valores, tendo uma resposta referente ao sistema mais viável financeiramente.

Comparativo entre sistemas com menor impacto no meio ambiente

- Foi definido o sistema tem o menor impacto ao meio ambiente a partir das informações de consumo de cada um, como o consumo de energia elétrica e lenha.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após análise de informações obtidas por meio de pesquisas em informações técnicas e a análise de dois casos reais, um sendo o aquecimento a lenha do Country Club de Maringá e o outro o aquecimento por coletores solares com as bombas de calor no Centro Esportivo Municipal de Maringá, do Jardim Alvorada, sendo realizado um estudo comparativo, com relação ao funcionamento dos dois sistemas, como é preparado o local para cada tipo de aquecimento, custo inicial e de funcionamento e os impactos ambientais de cada um.

3.1 Funcionamento

Cada um dos sistemas possui suas características específicas, como por exemplo, a fonte de energia para gerar o calor.

Como o próprio nome diz os aquecedores a lenha possui sua fonte de energia através da queima da lenha. Em alguns modelos de aquecedores, como o utilizado no Country Club, onde foi realizada a visita, é utilizado o sistema de caldeira, que ao gerar calor pela queima da lenha, a água que está na caldeira é aquecida à altíssima temperatura gerando o vapor. Esse vapor é conduzido por uma tubulação que é ativada e desativada por uma válvula solenoide que recebe o comando do medidor de temperatura, que ao atingir determinada temperatura mínima dá o *start* no sistema que começa a trabalhar levando esse vapor até um sistema de trocador de calor, onde ocorre a troca térmica. O nível da água na caldeira é constantemente monitorado, pois nunca se deve deixar que atinja um nível muito baixo podendo elevar muito a

pressão da caldeira.

No sistema solar, a água da piscina é levada até os coletores. Os coletores são feitos para que recebam os raios solares na maior quantidade possível, transformando em calor e aquecendo a água. Essa água quente é levada até a piscina.

Nas bombas de calor, o sistema envolve algumas etapas. Essa bomba trabalha a partir da energia elétrica. Porém, a sua vantagem é em como ela transforma esse trabalho em calor, pois é retirado o calor do próprio ambiente. Em sua serpentina, circula um fluido refrigerante em estado líquido. Ao receber o calor que foi retirado do ambiente, esse fluido passa para evapora-se, passando para o estado gasoso. O fluido é pressurizado e circula através impulsionado por um compressor. Com essa pressurização, o fluido é altamente aquecido e submetido à troca de calor com a água da piscina que está sendo aquecida, consequentemente no fluido resfriado, condensado. Passa por um dispositivo que reduz sua pressão, chamado de válvula de expansão. Com isso, é repetido o ciclo.

3.2 Local

Para cada tipo de sistema, é necessário que sejam atendidas as características de cada tipo de aquecimento. A sua instalação é um dos fatores principais que contribuem para um bom funcionamento.

O sistema lenha exige que seja instalado em um local seguro, longe de inflamáveis ou qualquer coisa que possa causar acidente. São executados abrigos, para que o aquecedor fique seguro. É necessário que tenha um espaço razoável para que sejam realizadas manutenção, quando necessário, ou o próprio serviço de limpeza e retirada das cinzas. Este abrigo deve conter abertura para a chaminé do aquecedor, fazendo com que o local não fique com qualquer fumaça em seu interior.

Outro ponto a ser considerado é o espaço para o armazenamento de lenha. Deve ser um local seguro, livre da chuva, pois perderia a eficiência da queima, caso molhasse. Necessita também ter uma

dimensão que comporte uma quantidade de lenha necessária para suprir a necessidade por um tempo, principalmente, quando se trata de piscinas de grandes dimensões e de uso público, pois caso falte lenha por um longo período, a temperatura pode baixar muito, gerando transtornos para os usuários e consumindo mais lenha para recuperar a temperatura perdida.

No caso dos aquecedores solares, geralmente, se tem menos dificuldade para encontrar um local para sua instalação, já que necessitam apenas do recebimento de raios solares para que possa fazer o aquecimento, principalmente, quando o sistema não utiliza de termossifão – quando a água circula naturalmente entre coletor e reservatório, ocorrendo pela diferença de densidade. Em caso de piscina de grande porte, é utilizado o sistema forçado com bomba, assim, não necessitando respeitar níveis de coletor e reservatório. No caso do Centro Esportivo, os coletores solares foram projetados para se localizar em cima da cobertura, recebendo o maior índice de raio solar possível, sem nenhuma interferência. Para que possam ser ainda mais eficientes, foram dispostos a um metro da cumeeira, para que a mesma não faça sombra em nenhum dos lados. Segundo a Komeco, empresa que atua no ramo de aquecedores solares, é necessário utilizar uma capa térmica que elimina 70% da perda térmica da piscina. Essa capa térmica pode ser feita de plástico bolha. Instaladas com as bolhas viradas para a lâmina d'água. Além de diminuir a perda de temperatura, diminui também a evaporação do cloro, protegendo a piscina de sujeiras e assim, reduzindo o tempo de filtragem.

As bombas de calor necessitam apenas de um local aberto. São dispensados locais fechados como abrigos ou casas de máquina. Visto que seu funcionamento perfeito depende do aproveitamento do calor do ambiente, é necessário que a bomba esteja localizada em local aberto. Seu material deve ser feito com que resista às contínuas ações das intempéries.

3.3 Custo inicial

Com orçamentos, foi possível definir valores parciais dos sistemas para que sejam adquiridos.

Para o sistema de aquecimento a lenha, foi definido uma piscina de 600 m², contendo 900 mil litros, ou seja, 900 m³. De acordo com a J.A Aquecedores, para elevar a temperatura da água até 35°C, e fazer com que a mesma se mantenha com uma variação de no máximo 4°C, seria necessários três aquecedores do modelo LPC 300, que gera uma potência térmica de 300.000 Kcal/h, sendo que no seu trocador de calor gera 150.000 Kcal/h. Cada aquecedor individual tem seu valor de 42.000,00 reais, totalizando 126.000,00 reais.

As bombas de calor que constam no projeto são da marca Sodramar modelo SD 220 V trifásica. O valor de cada bomba variou de 22.495,00 reais e 28.498,00 reais, nas lojas on-line da Bomba Shopping e Sodramar, respectivamente. Considerando o menor valor encontrado, totalizando as seis bombas definidas em projeto chegam ao valor total de 134.988,00 reais.

Associado as bombas de calor, também tem o sistema de coletores solares. Segundo Délcio *et al.*(2010), a estimativa da área de coletores a ser instalada, é feita em função da área da superfície da piscina. Porém, há uma variação em cada região do país. Em Brasília, por exemplo, a relação é 1:1, no Piauí, onde o clima é quente, pode-se reduzir 30% em relação à área da piscina, porém em Porto Alegre estima-se acrescentar 60% de coletores para compensar o clima frio. Em termos de mercado, Brasília é a cidade que mais usa aquecedor solar, seguida por Belo Horizonte. No caso de Maringá, a cidade possui um clima com características próximas a Brasília, conforme a Quadro 01 comprova comparando as médias de temperatura anual das duas cidades.

Quadro 01 - Médias anuais de temperatura de 2018

Brasília			Maringá		
	Max (°C)	Min (°C)		Max (°C)	Min (°C)
JAN	28	18	JAN	30	21
FEV	28	18	FEV	31	21
MAR	28	18	MAR	30	20
ABR	28	17	ABR	28	18
MAI	27	15	MAI	25	16
JUN	26	12	JUN	23	14
JUL	26	12	JUL	25	15
AGO	28	13	AGO	27	16
SET	30	16	SET	29	17
OUT	29	18	OUT	30	19
NOV	28	18	NOV	30	20
DEZ	28	18	DEZ	30	21
<i>Média</i>	<i>27,83</i>	<i>14,67</i>	<i>Média</i>	<i>28,17</i>	<i>18,17</i>

Fonte: The Weather Channel

Este sistema contém 3 baterias de coletores, sendo duas com 190 e outra com 200, totalizando 580 coletores. Os coletores que foram definidos em projeto são os da linha PP Flex 3 da Bosch (3000 x 330 mm). Cada coletor custa 99,90 reais, de acordo com o site Mercado livre. Totalizando um valor de 57.942,00 reais. O sistema como um todo, unindo as bombas de calor e os coletores solares, chega ao valor final de 192.930,00 reais.

3.4 Custo Contínuo

Com a visita realizada no Country Clube de Maringá, foi possível também estimar uma quantidade de lenha necessária para realizar o aquecimento. Para que se obtivesse uma estimativa mais precisa, foi realizado um contato com a J.A Aquecedores, que com base em seus cálculos, seria gasto cerca de 6240 Kg de lenha por mês. Uma

opção é utilizar os pellets de biomassa. No caso do Country Club, é utilizado Malka Pellets da Briquepar. São transportados e armazenados em sacos de 15Kg. Cada tonelada de pellets é vendida por 650 reais pela Briquepar, totalizando um gasto mensal de aproximadamente 4100 reais.

Outro ponto que foi observado com a visita, é que esse tipo de sistema exige um monitoramento constante de um profissional capacitado, um operador de caldeira. No caso do clube, são dois turnos de oito horas, pois as vistorias na caldeira e os preparativos para começar o aquecimento deve se começar um certo tempo antes do clube abrir. Segundo o CAGED (Cadastro Geral de Empregados e Desempregados) o salário médio mensal de um operador de caldeira é de 1800 reais. Sendo assim, seria gasto com salário dos operadores da caldeira 3600 reais. Totalizando assim, um gasto com lenha e funcionário de 7700 reais por mês.

Para as bombas de calor, os cálculos para quantificar os custos de consumo foram realizados pela equipe da Sodramar. Para manter a temperatura da piscina a 30°C, mesma temperatura considerada para quantificar a lenha, serão gastos 16.361,76 reais mensais. Conforme as temperaturas médias de Maringá, que no verão é de 20°C e no inverno 15,6°C, serão gastos 17 horas de funcionamento por dia no inverno e 7 horas no verão. Para que esses valores sejam garantidos, a Sodramar recomenda o uso da capa térmica sempre que a piscina passe por um longo período sem uso, pois caso não use a mesma, ocorrerá uma perda grande de temperatura e, consequentemente, um maior consumo de energia elétrica para elevar a temperatura.

No caso dos coletores solares, o custo para a utilização é apenas das bombas e filtro, sendo que o outro sistema de aquecimento – caldeira, também possui esses equipamentos, sendo assim, não tendo nenhum custo de utilização. Sua eficiência não é como a da bomba de calor ou da caldeira, além de ser um processo mais lento, também depende do clima e da incidência de sol, porém não há custo para que se gere o aquecimento.

4. CONCLUSÃO

O presente estudo observou que cada sistema diferente de aquecimento possui suas particularidades, podendo ser levado em conta na hora da escolha de qual sistema utilizar.

O sistema de caldeira possui um valor de investimento inicial mais baixo, porém deve atender alguns requisitos como um local reservado para a caldeira e um espaço amplo e coberto para a estocagem da lenha, o que em alguns casos pode ser uma dificuldade na hora da sua instalação.

O funcionamento desses dois sistemas tem suas particularidades. No caso da caldeira, necessita que certas medidas de segurança sejam tomadas, pois caso ocorra alguma falha, podem ocorrer sérios acidentes, como por exemplo, um superaquecimento chegando até uma explosão.

Em relação ao custo contínuo, as bombas de calor possuem uma previsão de gasto mais alto. Isso pode ser devido a não se levar em conta a capacidade de aquecimento dos coletores solares que também serão instalados, visto que não é possível ser previsto a quantidade de calor que gerará com os coletores solares.

Um dos principais pontos a ser considerado é a influência no meio ambiente. O sistema solar e as bombas de calor podem ser considerados que não influenciam e não emitem nenhum poluente ao meio ambiente, devido ao seu funcionamento. Já a caldeira, ocorre a queima de lenha, que além de ser um combustível finito, emite alguns gases, como o CO_2 (dióxido de carbono).

Portanto, esses dois sistemas de aquecimento possuem características próprias que foram apresentadas no decorrer desse estudo, sendo possível tomar a decisão sobre qual sistema de aquecimento utilizar variando a necessidade de cada um, do usuário ou região a ser trabalhado.

5. REFERÊNCIAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2 ed – Brasília, 2005.

ASTROSOL AQUECEDORES – Catálogo – **Aquecedor a lenha para piscina**. Disponível em: <<http://astrosolaquecedores.com.br/aquecedores-de-piscina/aquecedor-a-lenha-para-piscinas/>>. Acesso em 7 de abril de 2019.

BEZERRA, A. M. **Aplicações Térmicas da Energia Solar**. 4 ed. Editora UFPB. João Pessoa, 2001.

CHAMA AQUECEDORES – Catálogo – **Sistemas de Aquecimento**. Disponível em: < <http://www.aquecedoreschama.com.br/aquecedor-lenha.php>>. Acesso em 29 de abril de 2019.

DÉLCIO, R. *et al.* **Introdução ao sistema de aquecimento solar**. 1 ed. São Paulo, 2010.

EPEX – Catálogo – **Sistemas de Aquecimento**. Disponível em: < <https://epex.com.br/blog/piscina-aquecida/>>. Acesso em 29 de abril de 2019.

HELIOTEK - Catálogo - **Linha de aquecimento solar da Bosch**. Disponível em: < <http://www.heliotek.com.br/para-casa/bombas-de-calor>>. Acesso em 3 de abril de 2019.

KOMECO – Catálogo – **Sistema de aquecimento solar de piscina**. Disponível em: <https://www.komeco.com.br/fmanager/komeco2017/manuais_produtos/arquivo28_1.pdf>. Acesso em 29 de abril de 2019.

NBR 12.269, 2006. **Instalação de sistemas de aquecimento solar de água em circuito fechado – Procedimento**. 2006.

NBR 15.569, 1988. **Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto – Projeto e instalação**. 1988.

OLIVEIRA, M. *et al.* Análises técnicas e econômica de um sistema de aquecimento solar com bomba de calor. Pós-graduação em Engenharia Mecânica - FEMEC/UFU, Uberlândia-MG, 2006.

MALUF C. **Desempenho energético e caracterização dos sistemas de aquecimento de água de piscinas**. São Paulo: EPUSC, 2010.

10. DIAGNÓSTICO DO PLANO DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DA CIDADE DE IVAIPORÃ/PR

DIAGNOSIS OF URBAN SOLID WASTE MANAGEMENT
PLAN IN THE CITY OF IVAIPORÃ / PR



JOICE BARDINI BASTOS
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

LOURIVAL DOMINGOS ZAMUNER
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RESUMO: A gestão incorreta dos resíduos sólidos pode acarretar em prejuízos, tanto para o meio ambiente, como também para a saúde humana. Desta forma, o presente trabalho objetivou em realizar um diagnóstico do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) da cidade de Ivaiporã/PR, no que diz respeito as etapas essenciais de gestão dos resíduos sólidos, sendo estas: acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final. Assim, por meio de um levantamento em campo, análise ao PGIRS, normativas, leituras em bibliografias, juntamente com a Lei Federal 12.305/2010 Política Nacional de Resíduos Sólidos, foi possível constatar que a cidade de Ivaiporã/PR ainda não acata a normas para correta destinação final dos resíduos sólidos. Além disso, o município precisa fazer um trabalho de conscientização aos moradores para que, como parte integrante deste processo, façam sua parte em prol de melhorias neste segmento. Seguindo a Lei Federal 12.305/2010, muitas são as etapas que constituem uma gestão de resíduos sólidos, e cabe aos munícipes as medidas para se adequarem a este processo, investindo em benefícios de reuso, reciclagem, compostagem e minimização de geração de resíduos. E, assim, consigam proporcionar aos moradores qualidade de vida, tendo em vista que uma destinação inadequada dos resíduos sólidos são vetores de doenças, contaminações do solo e dos corpos de água. Neste âmbito, a cidade de Ivaiporã/PR foi escolhida como material de estudo para se analisar e avaliar todas etapas presentes neste processo. Como foi constatado falhas

nesta gestão, foi proposto a cidade algumas medidas mitigadoras para melhorias.

PALAVRAS CHAVE: Resíduos sólidos. Gerenciamento de resíduos sólidos. Diagnóstico.

ABSTRACT: Improper management of solid waste can cause damage to both the environment and human health. Thus, the present work aimed to make a diagnosis of the Integrated Solid Waste Management Plan (PGIRS) of the city of Ivaiporã / PR, regarding the essential stages of solid waste management, which are: packaging, collection, transportation, treatment and final disposal. Thus, through a field survey, analysis of PGIRS, regulations, readings in bibliographies, along with Federal Law 12.305 / 2010 and National Policy of Solid Waste, it was found that the municipality of Ivaiporã / PR still does not comply with standards for correct final disposal of solid waste. In addition, the municipality needs to raise awareness among residents so that, as part of this process, they can do their part to improve this segment. Following Federal Law 12.305 / 2010, there are many stages that constitute solid waste management, and it is up to the municipalities to take measures to suit this process, investing in reuse, recycling, composting, minimization of waste generation benefits. Thus, they can provide residents with quality of life, given that an improper disposal of solid waste is a vector of disease, contamination of the soil and bodies of water. In this context, the municipality of Ivaiporã / PR was chosen as a study material to analyze and evaluate all stages present in this process. As it was found flaws in this management, it was proposed to the city mitigation measures for improvements.

KEYWORDS: Solid waste. Solid waste management. Diagnosis.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao aumento da proporção da população nas cidades, associado ao uso de materiais de pouco tempo de utilização, fez com que acarretasse em uma maior geração de lixo, tornando necessário, desta forma, uma atenção especial dos municípios, quanto ao processo de gerenciamento do mesmo (VILHENA, 2010).

Segundo Barros (2012), os resíduos sólidos com destinação não controlada estão se tornando uma ameaça para humanidade por ser

um gerador de epidemias, que em ocorrência a este fato acaba sendo prejudicial à saúde da humanidade, a plenitude do meio ambiente e, ainda, causador de desequilíbrios ecológicos. Nagalli (2014), ressalta que deve-se estabelecer um correto manejo e disposição final aos resíduos sólidos, além de, se possível, seja minimizado a formação dos mesmos.

O termo “lixo”, como aqui já citado, comumente entendido como restos de materiais de recorrência de atividades domésticas e comerciais, neste trabalho, será substituído, de preferência, pelo termo “resíduos sólidos”, assim como podemos encontrar em diferentes bibliografias.

Quanto à origem dos resíduos, a Lei Federal 12.305/2010 estabelece que:

- Resíduos domiciliares: originários de atividades domésticas em residências urbanas;
- Resíduos de limpeza urbana: originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
- Resíduos sólidos urbanos: resíduos domiciliares e de limpeza pública;
- Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços: os gerados nessas atividades (exceto resíduos de limpeza urbana, resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, resíduos dos serviços da saúde – RSS, resíduos da construção civil - RCC e resíduos dos serviços de transporte);
- Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico: gerados nessas atividades (exceto os resíduos sólidos urbanos);
- Resíduos industriais: gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
- Resíduos de serviços da saúde: gerados nos serviços da saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente) e do Serviço Nacional de Vigilância Sanitária;
- Resíduos da construção civil: gerados na construção,

reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluindo os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;

- Resíduos agrossilvopastoris: gerados nas atividades de agropecuária e silviculturais;

- Resíduos de serviços de transporte: originários de portos, aeroportos, rodoviários e ferroviários;

- Resíduos de mineração: gerados nas atividades de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.

Com relação a periculosidade dos resíduos, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, por meio da NBR 10.004:2004, estabelece os seguintes critérios para a classificação dos resíduos:

- Resíduos classe I – Perigosos.

- Resíduos classe II – não perigosos; subdivididos em:

- a) Resíduos Classe II A – Não inertes.

- b) Resíduos Classe II B – Inertes.

Para sabermos se um resíduo é perigoso ou não perigoso (inerte ou não-inerte) é necessário procedermos alguns ensaios físico-químicos, como visto abaixo:

Para os resíduos classe I – Perigosos – esses ensaios devem determinar se o resíduo tem características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.

Os resíduos classe II B – considerados inertes, são quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada, à temperatura ambiente não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Já os resíduos da classe II A – não inertes, podem ter propriedades tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água. No caso de classificação de um resíduo industrial, e se este for composto por várias substâncias, é necessário proceder os ensaios de acordo com a ABNT.

Dentre os resíduos perigosos, podemos destacar os mais

perigosos:

- Resíduos classe I – perigosos: lâmpadas fluorescentes, pilhas, baterias, latas de tintas, latas de solventes, resíduos químicos.
- Resíduos classe II A – Não Inertes: papel, metal, plástico, resíduos orgânicos.
- Resíduos classe II B – Inertes: tijolos, resíduos cerâmicos, madeira sem pintura.

Dessa forma, o presente estudo se refere a cidade de Ivaiporã, situado no norte central paranaense, Estado do Paraná, e de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2019), possui a população estimada de 32.035 habitantes, com área da unidade territorial de 431,502 km², o qual possui em seu banco de dados o PGIRS do município.

Sendo assim, o objetivo geral do presente trabalho é realizar o diagnóstico do PGIRS da cidade de Ivaiporã/PR, por intermédio das normativas existentes e de bibliografias que discorre sobre o assunto. Foi avaliado o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos em execução no município, bem como suas principais deficiências e dificuldades, visando sua importância a fim de preservar o meio ambiente, e propor ao final deste trabalho, medidas mitigadoras para solução dos resíduos sólidos na cidade de Ivaiporã.

REFERENCIAL TEÓRICO

Em sua definição, Lima (2004), classifica o lixo, aqui tratado como resíduo sólido, como todo resto de atividades do cotidiano do ser humano, bem como sobras de alimentos, papéis, papelões, plásticos, trapos, couros, madeira, latas, vidros, lamas, gases, vapores, poeiras, sabões, detergentes e outras substâncias descartadas pelo homem no meio ambiente. O autor ressalta, ainda, que esse lixo quando descartado de modo impróprio sem devido tratamento, pode poluir o

solo, modificando assim suas características e resultando num sério problema para saúde pública.

Visando a problemática subsequente dos resíduos sólidos, nota-se a importância em que os municípios devem dar ao processo de gestão e gerenciamento dos RS (resíduos sólidos) para que não haja prejuízos ao meio ambiente e à saúde pública.

O ministério do meio ambiente (MMA), para melhor administrar a geração dos resíduos sólidos, apresenta a gestão integrada, a qual incumbe aos planos nacional, estaduais, microrregionais, intermunicipais, municipais e os de gerenciamento, para a resolução em comum e de procura de ações mitigadoras no que diz respeito aos resíduos sólidos.

Nesta gestão integrada faz-se presente também os resíduos da construção civil - RCC, de mineração, de portos, aeroportos e fronteiras, industriais e agrossilvopastoris.

No que cabe ao gerenciamento destes resíduos sólidos, a Lei Federal 12.305/2010, descreve como sendo:

“conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei”.

Para Monteiro *et al.* (2011), “acondicionar os resíduos sólidos domiciliares significa prepará-los para a coleta de forma sanitariamente adequada, como ainda compatível com o tipo e a quantidade de resíduos”.

No processo de coleta dos resíduos sólidos cabe ao serviço de limpeza pública a gestão dos resíduos domésticos, comerciais e públicos, iniciando-se este processo no local de origem, deste resíduo, e preocupando-se com uma destinação final adequada. Essa coleta se torna melhor quando unida ao processo de separação dos resíduos,

não sendo certo assim a coleta dos mesmos sem estarem devidamente separados. Quando a fonte geradora de RS obedece a este quesito, torna mais eficaz os demais estágios de processo de gestão (BARROS, 2012).

Vilhena (2010), aponta, também, que para um acondicionamento correto dos resíduos, faz-se necessário que os cidadãos se utilizem de recipientes que respondam a um bom funcionamento e condições de acondicionamento e, ainda, que os mesmos sejam coletados em dias, locais e horários determinados.

No que diz respeito as embalagens de descarte dos resíduos, a NBR 9191:2008 regulamenta e vistoria a produção dos sacos plásticos que são utilizados para acondicionamento correto dos resíduos.

Complementando a etapa de coleta dos resíduos sólidos, a mesma está caracterizada pelo transporte, processo pelo qual, Barros (2012), define como “ponto de término desta coleta, até as estações de transbordo ou as unidades de tratamento ou de destinação final”.

Quanto a destinação final do lixo, encontra-se alternativas ecológicas de formas de tratamento do resíduo, sendo que essa fase passa pelo processo de reciclagem, compostagem e incineração.

Quanto ao processo de reciclagem, para Nani (2007), “reciclar é economizar energia, poupar recursos naturais e trazer de volta ao ciclo produtivo o que é jogado fora”. Assim sendo, o autor retrata a reutilização do resíduo como uma fonte de riqueza, pois poupa a utilização de novas matérias primas, o consumo de energia, além de diminuir, significativamente, o volume de resíduos que são descartados ao meio ambiente, prolongando a vida útil dos aterros sanitários e, ainda, gerando oportunidade de ocupação e renda para cidadãos, o que é uma ótima alternativa de economia no processo de comercialização.

No processo de compostagem, os resíduos utilizados são os orgânicos. Barros (2012), aponta que por este método é possível obter um produto proveitoso, um condicionador orgânico denominado composto, embora seja de forma imprópria chamado de “fertilizante”. Este produto é obtido através de processos físicos, químicos e biológicos, que contribui na diminuição de matéria orgânica que seria descartada

ao meio ambiente de maneira incorreta.

No tratamento por meio da incineração, este processo é classificado pela diminuição dos RS do peso em até 70% e do volume em até 90%, por meio da combustão, recomendado para resíduos sólidos considerados perigosos e, também, quando há uma distância considerável entre o local de origem (produção dos resíduos) e local de tratamento. Vale ressaltar, que o processo de incineração não pode ser classificado como destinação final dos RS, pois é considerada um tratamento térmico, onde se faz necessário aterramento final das sobras (BARROS, 2012).

Nos municípios de pequena área territorial, é muito comum, ainda, o descarte dos RS a céu aberto, os chamados lixões. Monteiro *et al.* (2011), denomina esses montões de restos (lixões), como uma maneira desapropriada para o descarte dos resíduos, devido a repercussão negativa ao meio ambiente, apontando assim os aterros sanitários como método correto para o descarte destes resíduos.

Nesse mesmo contexto, SEBRAE (2012), diz que “os montões de restos que se acumulam geram uma substância que atinge negativamente o solo, e também poluem o ar, o que é prejudicial aos seres vivos em geral, já que um grande vilão para o efeito estufa é o destino indevido dos resíduos sólidos”.

A Lei Federal 12.305/2010, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos proíbe a destinação dos resíduos sólidos a céu aberto, ou seja, em lixões.

Neste contexto, os aterros sanitários são definidos pela NBR 8.419:1992 como sendo:

“técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário”.

Para construção de um aterro sanitário, faz-se necessário a escolha adequada do local para execução do mesmo e que cumpra as leis da instância municipal, além de ser necessário seguir a normas governamentais que regem tal atividade, tornando assim a construção do mesmo uma tarefa nada fácil (MONTEIRO *et al.*, 2011).

Vesilind e Morgan (2015), compartilham da mesma ideia quanto a execução de um aterro sanitário, apontando como uma atividade que exige competência e projeto de engenharia. Sobre essa prática, descrevem que deve ser feita inicialmente a escolha do local, com coberturas (manta geotérmicas) capazes de impedir infiltração ao lençol freático, e o resíduo depositado no fosso seja compactado e aterrado ao final da ação.

Outra alternativa para disposição final do resíduo, é o chamado aterro controlado. Em Vilhena (2010), o autor aponta como sendo uma opção mais adequada que os lixões, porém não tão eficaz quanto aos aterros sanitários. Os aterros controlados comprometem a qualidade das águas subterrâneas por não ter impermeabilização na base, tampouco tratamento do chorume, material este obtido por meio da dissolução do resíduo em contato com as águas das chuvas que percorre pelo aterro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um diagnóstico do PGIRS em vigência na cidade de Ivaiporã/PR e, desta forma, será necessário a apropriação de embasamentos teóricos em levantamentos bibliográficos, de fontes já existentes, referente ao exposto para melhor análise do plano de gerenciamento do município.

A gestão dos resíduos sólidos cabe aos municípios de acordo com a Lei Federal 12.305/2010, normativas e regulamentações e, desta forma, foi avaliado se os gestores da cidade de Ivaiporã/PR cumprem com os requisitos presentes no Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos aprovado.

Como forma de cumprimento à Lei, foi observado se etapas

primordiais, que dizem respeito aos resíduos sólidos, estão tendo sua devida gestão no que se refere ao acondicionamento, coleta e transporte, tratamento e disposição final destes resíduos sólidos, e ao final deste estudo, propor soluções mitigadoras para o referido PGIRS, quando verificado dificuldades e/ou deficiências no dia a dia das etapas de gerenciamento dos RS.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cidade de Ivaiporã/PR possui Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS, 2016), com objetivos de visações integradas e diretrizes quanto aos aspectos ambientais, sociais, econômicos, legais, administrativos e técnicos, para todas as fases da geração e dos geradores de resíduos sólidos, levando em consideração, também, às fases de segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos, priorizando atender requisitos ambientais e de saúde pública. Além da administração integrada dos resíduos, o PGIRS tem como base a redução, reutilização e reciclagem dos resíduos gerados no município.

O serviço de coleta atende 100% da área urbana, e quanto a áreas rurais, somente 80%, dados estes fornecidos pela Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Ivaiporã, referente ao ano de 2018.

O PGIRS sugere que sejam realizadas também ações educativas de cunho ambiental aos moradores rurais quanto a destinação adequada dos resíduos, evitando a queima dos mesmos, por exemplo, e que quando, por algum motivo, se dirigirem até área urbana, que façam o encaminhamento correto destes resíduos. No entanto, quando realizadas visitas expeditas em alguns pontos da zona rural, não é possível observar tais atitudes de conscientização a estes moradores, e que uma prática comum dos mesmos é a queima, o que segundo a Lei Federal 12.305/2010, é uma forma desapropriada para disposição final dos resíduos.

Quanto ao diagnóstico e análise do PGIRS (PMI, 2016) realizados no presente estudo, para a coleta e destinação final dos resíduos coletadas na cidade, são necessários o uso de quatro caminhões compactadores para essas atividades, caminhões esses com capacidade de 7 m³ cada, além de um caminhão-compactador reserva em caso de necessidade, ambos em bom estado de uso. No entanto, o município conta com apenas 3 (três) caminhões compactadores, os quais atendem rotas diferentes e esquematizadas, visando atender melhor as áreas de maior solicitação, como o centro da cidade, que tem franqueada a coleta todos os dias, sendo que os bairros são de duas a três vezes por semana.

Para desenvolvimento destas ações, a cidade conta um motorista para cada rota, acompanhado de três coletores. Estes trabalhadores devem estar devidamente equipados com Equipamentos de Proteção Individual – EPI, como: uniformes, bonés, luvas, botas e capas de chuva, quando necessário, assim como manda o próprio documento vigente (PGIRS, 2016).

No que diz respeito a coleta seletiva, a cidade conta com a COOPREARA - Cooperativa dos Recicladores da Cidade de Ivaiporã e, também, com os coletores ditos informais (garis), os quais fazem suas próprias coletas e vendem seus materiais coletados à um ferro velho situado no próprio município. Os serviços destes trabalhadores se torna mais eficaz quando há a contribuição da população, assim como aponta Barros (2012), que os resíduos devem ser coletados quando feito acondicionamento correto, ou seja, separados adequadamente.

As coletas seletivas pela cooperativa são realizadas todos os dias da semana no círculo central da cidade, e nos bairros, apenas uma vez por semana, para os quais são dispostos dois caminhões e motoristas da prefeitura municipal, e os coletores são responsabilidade da cooperativa. Os resíduos coletados são encaminhados para um barracão também cedido e mantido pela prefeitura municipal, os quais passam por processo de triagem. Este local ainda não possui refeitório adequado para atender todos os trabalhadores, não atendendo a NR-18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção.

Um outro fato que chamou atenção foi o grande acúmulo de resíduos coletados e não dado a destinação final adequada dos mesmos (Figura 1).

Figura 1 – Barracão de Triagem



Fonte: A autora

A forma como os pneus estão dispostos sugere deposição inadequada e imprópria, e assim, pode deixar os trabalhadores a mercê de fontes (vetores) geradoras de doenças, como, o mosquito da dengue, além de entrar em conflito com a Lei Federal 12.305/2010, que delega a obrigatoriedade aos comerciantes de pneus em verificar uma forma de reutilização deste material após o uso.

A coleta dos resíduos hospitalares não é de responsabilidade dos serviços de coleta da Prefeitura Municipal, portanto são os próprios geradores que contratam empresas especializadas para tal atividade. Isto se dá de acordo a Resolução CONAMA 358/2005, a qual dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde, em concordância com a Lei Federal 12.305/2010, a qual delega

a obrigatoriedade de formularem um próprio plano de gerenciamento a estes resíduos.

Os serviços de capina, varrição e limpeza de ruas e praças são realizados por empresa terceirizada pela cidade de Ivaiporã, sendo a mesma responsável, também, pela coleta de entulhos.

Quanto os Resíduos da Construção Civil e Demolição – RCC, a Prefeitura Municipal incumbe aos geradores a responsabilidade de contratarem os chamados “caçambeiros” para realizar a coleta dos mesmos. Estes materiais são coletados em caçambas metálicas e transportados por caminhões próprios até a um aterro, que é uma antiga pedreira próxima da cidade, com intuito de recuperar esta área.

Quanto à destinação final dos resíduos orgânicos, o município conta com um aterro controlado para este fim, podendo ser visualizado na figura 2. Consta no PGIRS (2016), do município que o antigo lixão foi desativado no final do ano de 2013.

Figura 2 – Aterro controlado existente na cidade de Ivaiporã/PR



Fonte: A autora

Quanto levantamento expedito no presente estudo, notou-se, nesse aterro, uma má distribuição dos resíduos sólidos, além de entrar em conflito com o PGIRS, que consta que o município possui um aterro sanitário devidamente licenciado, porém pode-se notar que o município conta com um aterro controlado, que segundo Vilhena (2010), é uma outra forma de destinação final dos resíduos, inferiores aos aterros sanitários, porém uma alternativa ainda melhor em comparação aos antigos lixões.

Neste local, os resíduos orgânicos são descarregados aleatoriamente pelos caminhões compactadores, de forma a não montar leiras de fácil compactação e, a cada uma ou duas vezes por semana, os mesmos são compactados, acomodados e aterrados por frações de solo por tratores de esteiras do município, porém como visto por Vesilind e Morgan (2015), um aterro sanitário deve ter ao final de toda atividade a compactação dos resíduos, além de serem aterrados e, ainda, este local deve ser devidamente forrado com uma manta geotérmica.

De modo geral, a cidade de Ivaiporã possui uma composição gravimétrica de predominância orgânica de 60% em resíduos sólidos urbanos, seguida de 24% de materiais recicláveis e o restante de 16% de rejeitos, dados estes fornecidos pela Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal de Ivaiporã, referente ao ano de 2018.

Junto à Secretaria de Meio Ambiente de Ivaiporã, foi possível obter valores investidos pelo Poder Municipal, referente aos serviços de limpeza durante o ano de 2018, sendo de R\$ 1.654.320,00 para os resíduos domiciliares; para a capina, varrição de ruas e coleta dos RS, o valor de R\$ 1.073.592,00; para os serviços de resíduos hospitalares o valor de R\$ 54.000,00, e outros serviços de limpeza como poda de árvores, galhos e demais entulhos, o valor de R\$ 298.000,00.

4. CONCLUSÃO

Com base nos dados apresentados, foi possível constatar que a cidade de Ivaiporã/PR, referente as etapas essenciais de gerenciamento dos resíduos sólidos no que diz respeito ao acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final, de modo geral não atingiu resultados satisfatórios.

Durante a execução deste trabalho, percebemos que há necessidade de se proceder junto aos moradores, educação ambiental para que realizem o acondicionamento correto dos resíduos sólidos produzidos pela população como forma e parte integrante do processo, pois em visita ao aterro do município, foi possível averiguar que não estão contribuindo para coleta seletiva, dificultando os serviços dos trabalhadores da cooperativa na etapa de destinação final dos RS.

Os serviços de coleta e transporte ocorre como está exposto no PGIRS, no que diz respeito ao número de coletores, motoristas e rotas em que atendem, porém, faz-se necessário um caminhão reserva, e o município ainda não possui o mesmo.

Percebemos ainda a importância de melhorar a etapa de disposição final dos resíduos, pois não está atendendo quesitos em prol da preservação do meio ambiente, conseqüentemente, não garante boas condições de trabalho neste local.

No entanto, vale ressaltar que o município de Ivaiporã/PR, embora apresente algumas falhas nos serviços de gerenciamento dos resíduos, é perceptível que as ruas são mantidas limpas, e mais especificamente, na região central e em praças públicas contam com um número considerável de lixeiras; os serviços de capina e varrição de ruas, de um modo geral, atende a condições satisfatórias.

Desta forma, considerando os resultados obtidos, podemos sugerir algumas medidas mitigadoras no que diz respeito a: para que as etapas de gerenciamento dos resíduos ocorram de forma satisfatória, sugerimos que sejam realizadas algumas campanhas de conscientização a população da cidade, incentivando-os a procederem

um acondicionamento correto dos resíduos sólidos produzidos em suas residências.

Quanto a destinação final dos resíduos sólidos coletados no aterro municipal, sugerimos que os mesmos sejam dispostos em camadas e não aleatoriamente, sugerimos que a cidade invista no processo de recebimento e destinação final dos resíduos, como por exemplo, meios para reuso e compostagem dos mesmos, atendendo a Norma Técnica de disposição dos RS e para que não traga prejuízos ao meio ambiente e, também, aos trabalhadores deste local.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8.419:1992 – **Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. NBR 9191:2008 – **Sacos plásticos para acondicionamento de lixo – requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

_____. NBR 10.004:2004 – **Resíduos Sólidos** – Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

BARROS, R. T. V. **Elementos de gestão de resíduos sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura, 2012.

BRASIL. Presidência da República. **Lei Federal 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Brasília: Presidência da República, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 07 abr. 2019.

_____. MINISTÉRIO DO TRABALHO. Norma Regulamentadora nº 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. Disponível em: <http://www.trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-18-condicoes-e-meio-ambiente-de-trabalho-na-industria-da-construcao>. Acesso em 15.08.2019.

SEBRAE NACIONAL SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. Sebrae-MS. **Gestão de resíduos sólidos: uma oportunidade para o desenvolvimento municipal e para as micro e pequenas empresas**. São Paulo: Instituto Envolverde: Ruschel & Associados, 2012. p. 32. il. Disponível em: http://web-resol.org/cartilhas/gestao_de_residuos_solidos-sebrae.pdf. Acesso em 15.08.2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Informações sobre os municípios brasileiros**. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/ivaipora/panorama>. Acesso em: 06 abr. 2019.

LIMA, Q. M. A. **Lixo tratamento e biorremediação**. São Paulo: Hemus, 2004.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Guia para elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Brasília: 2011. Disponível em: https://mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_arquivos/guia_elaborao_plano_de_gesto_de_resduos_rev_29nov11_125.pdf. Acesso em: 06 abr. 2019.

MONTEIRO, J. H. P.; FIGUEIREDO, C. E. M.; MAGALHÃES, A. F.; MELO, M. A. F. de; BRITO, J. C. X. de; ALMEIDA, T. P. F. de; MANSUR, G. L. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. Coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2011.

NAGALLI, A. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

NANI, E. L. **Meio Ambiente e reciclagem: Um caminho a ser seguido**. Curitiba: Juruá, 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE IVAIPORÃ. **Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PGIRS)**. PMI: Ivaiporã, p. 222, 2016.

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 358/2005. **“Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências”**. 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462>. Acesso em: 02 ago. 2019.

VESILING A. P.; MORGAN, M. S.; **Introdução à engenharia ambiental**. 2 ed. São Paulo: Cengage Learning, 2015.

VILHENA, A. **Lixo municipal manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: Cempre, 2010.

11. NÃO CONFORMIDADES DE VIGAS E PILARES EM ESTRUTURA DE CONCRETO PRÉ-FABRICADO: ESTUDO DE CASO

NON CONFORMITIES OF BEAMS AND PILLARS IN PREFABRICATED CONCRETE STRUCTURE: CASE STUDY



JULIANA MOLINARI COSTA
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

LOURIVAL DOMINGOS ZAMUNER
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RESUMO: A ausência de acompanhamento regularmente dos processos de montagem de vigas e pilares em pré-fabricados de concreto armado e protendido, proporcionam o desenvolvimento de não conformidades, que podem ocasionar o comprometimento da qualidade arquitetônica, estrutural e até mesmo a segurança da construção. O presente estudo consiste em demonstrar as verificações necessárias durante o período de construção de um edifício de estrutura em pré-fabricados, cujo objetivo é identificar as não conformidades através de análise visual e medições *in loco*, posteriormente classificá-las de acordo com a ferramenta de gerenciamento de riscos utilizando a metodologia gravidade, urgência e tendência (GUT), propondo prioridades para a correção das não conformidades de acordo com o seu grau de risco, com intuito de tornar a construção precisa no que se refere em dimensões físicas necessárias para os encaixes dos elementos estruturais, contribuindo para diminuir os índices de erros e ocorrências de não conformidades, evitando o desenvolvimento de futuras manifestações patológicas em sua vida útil, e por fim garantindo a segurança durante a construção e dos futuros usuários.

PALAVRAS-CHAVE: matriz GUT, pré-fabricados, não conformidades.

ABSTRACT: The absence of regular monitoring of the beam and pillar assembly processes in prefabricated reinforced and prestressed concrete, lead to the development of nonconformities, which can lead to the compromise of architectural, structural quality and even construction safety. The present study consists in demonstrating the necessary verifications during the construction period of a prefabricated structure

building, whose objective is to identify nonconformities through visual analysis and on-site measurements, and then to classify them according to the design tool. risk management using the severity, urgency and trend methodology (GUT), proposing priorities for the correction of nonconformities according to their degree of risk, in order to make the construction accurate regarding the physical dimensions required for the fittings. structural elements, helping to reduce the error rates and occurrences of nonconformities, avoiding the development of future pathological manifestations in their useful life, and finally ensuring safety during construction and future users.

KEYWORDS: GUT matrix, prefabricated, non-conformities.

1. INTRODUÇÃO

O uso de pré-moldados no Brasil inicia-se em 1925 com a utilização de elementos pré-fabricados no hipódromo da Gávea (Jockey Clube do Rio de Janeiro), sendo usadas estacas e cercas pré-fabricadas. Foram utilizadas 218 estacas pré-fabricadas de concreto armado na região da tribuna dos sócios para superar as dificuldades apresentadas pelo terreno ruim, totalizando 8 km de comprimento em estacas. Essas estacas foram produzidas no próprio canteiro, utilizando cimento Portland dinamarquês de endurecimento rápido (VASCONCELOS, 1992).

O sistema construtivo em pré-fabricados consiste na precisão de execução, que devera ser maior que o sistema construtivo convencional moldado *in loco*, embora as exigências sejam inferiores as montagens de uma indústria mecânica por exemplo. Existe, portanto, uma faixa de precisão intermediária em que o sistema de estruturas pré-fabricadas se adapta. A tolerância define parâmetros e quantificam valores para aceitação do produto (MELO, 2007).

Nesse cenário foi elaborada a norma ABNT NBR 9062:2017, que trata especificamente do projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado, tanto para o padrão quanto para o controle de qualidade mínimo a ser atendido na produção de dois tipos de elementos, a mesma traz as seguintes definições:

a) elemento pré-moldado é o elemento moldado previamente e fora do local de utilização definitiva na estrutura; b) elemento pré-fabricado é o elemento pré-moldado executado industrialmente, em instalações permanentes de empresa destinada para este fim. (ASSOCIAÇÃO..., 2017, p. 4).

Ainda, outro ponto que deve ser considerado quando se executa a montagem da estrutura em função de sequências definidas por condições locais ou contratuais, pode-se carregar a estrutura de forma assimétrica e impor deformações aos pilares, que dificultam a montagem das demais peças da estrutura, e neste aspecto uma estrutura esbelta pode sofrer pequenas deformações durante a montagem por apenas apresentar a facilidade de ser mais deformável, com maior probabilidade de ser “puxada” durante a colocação de outra peça (MELO, 2007).

Além disso, Paulani (2008) argumenta que as manifestações patológicas podem ocorrer nos elementos pré-fabricados durante percurso da fábrica até o canteiro de obras. Destaca-se algumas das principais não conformidades devido a essa etapa como sendo: fissuração, impacto e queda, esse último na maioria das situações podendo comprometer totalmente a qualidade do elemento.

No que se refere ao controle de qualidade da montagem, existem folgas necessárias para a montagem das peças pré-fabricadas, que são medidas físicas mínimas para permitir sua montagem com encaixes precisos. As tolerâncias estão diretamente ligadas a qualidade arquitetônica do empreendimento, e caso o sistema apresente grandes desvios nas diversas etapas do empreendimento, as tolerâncias serão altas. Tolerâncias elevadas geram desconfortos visuais e, portanto, a perda da qualidade arquitetônica final (MELO, 2007).

Para o controle dessas tolerâncias e não conformidade será avaliada por meio do método GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), que é uma ferramenta desenvolvida por Charles H. Kepner e Benjamin B. Tregoe para definir prioridades de forma racional. Consiste em analisar a gravidade ou o impacto do problema nas operações e pessoas

envolvidas, a urgência ou a brevidade necessária para a resolução dos problemas e a tendência ou apresentação de melhora ou piora do problema. São utilizados três escalas (colunas de decisão) para definir uma prioridade, e através da combinação delas é possível fazer uma priorização eficaz, orientando a tomada de decisão e a resolução de problemas. (MARTINS, 2017).

No que se refere ao preenchimento da matriz, de acordo com Daychoum (2012) a metodologia da matriz GUT contém uma pontuação para cada parâmetro (Gravidade, Urgência e Tendência) que varia de 1 a 5, a qual 1 é uma não conformidade sem gravidade e 5 é extremamente grave, e o resultado GUT é obtido através da multiplicação destes parâmetros.

Nesse sentido, o objetivo geral do estudo é apresentar as verificações realizadas nas vigas e pilares e comparando-as com o que preconiza a ABNT NBR 9062:2017, em um empreendimento projetado de acordo com sistema construtivo em estrutura pré-fabricada em concreto armado e protendido, e que de acordo com as verificações encontradas, poderão ocasionar futuramente problemas estruturais ou manifestações patológicas ao longo da vida útil da estrutura, bem como, apresentar os resultados destas verificações de “não conformidades” identificadas *in loco* ou no momento de descarga destas peças de concreto no canteiro de obras, e compará-las com os limites estabelecidos pela norma citada. Posteriormente, apresentar os índices de não conformidades avaliadas em cada item da verificação dos pilares e vigas pré-fabricadas de concreto e por meio da matriz gravidade, urgência e tendência (GUT) classificá-las e priorizá-las para a adequada correção.

2. RELATO DE CASO

A obra em estudo possui área construída total de 10.000 m², sendo que o sistema estrutural empregado é de elementos pré-fabricados, e a estrutura é composta por 72 pilares, 215 vigas distribuídas em 5

pavimentos.

Foi efetuada a inspeção visual dos elementos estruturais instalados na estrutura, tendo como objetivo verificar a existência de não conformidades nos mesmos, como: fissuras, trincas, avarias e juntas entre ligação de vigas e pilares.

No que se refere às fissuras e trincas, realizou-se a verificação da dimensão de abertura em milímetros com auxílio do fissurômetro da marca Trident modelo FISS-01 com intervalo de aberturas de 0,05mm à 1,5mm, e comparou-se aos limites estabelecidos pela norma ABNT NBR 6118:2014, que quando esse valor é extrapolado recomenda-se a rejeição do elemento estrutural para a realização do tratamento ou substituição da peça.

Para a verificação das avarias nos elementos estruturais de concreto, foram realizadas inspeções visuais, sendo duas etapas: a primeira no momento em que as peças eram depositadas no canteiro de obra e a segunda após a montagem do elemento estrutural.

Também foi realizada a verificação de dimensões dos elementos estruturais e das distâncias entre eles, com o objetivo de compará-los com as dimensões de projeto e analisar de acordo com as tolerâncias estabelecidas pela norma ABNT NBR 9062:2017. Foram analisadas também as dimensões dos elementos estruturais, tais como: seção transversal e comprimento, também foram verificados a distância entre pilares com o objetivo de determinar desalinhamentos entre os mesmos.

Na sequência foram realizados gráficos de índices de não conformidades, com o objetivo de aperfeiçoar a visualização dos resultados atingidos.

Posteriormente, em uma planilha foram descritas as não conformidades identificadas, tendo como objetivo organizar as informações obtidas. Devido à grande quantidade de não conformidades identificadas, elaborou-se a matriz gravidade, urgência e tendência (GUT), com o propósito de melhorar a análise e priorizar por meio de uma ordem decrescente de correção.

2.1 DIMENSÕES DE VIGAS E PILARES

A verificação das dimensões das peças pré-fabricadas segue as tolerâncias admitidas pela norma ABNT NBR 9062:2017, visto pela Tabela 1, abaixo.

Tabela 1 – Tolerância de fabricação para elementos pré-moldados

Elementos pré-moldados	Seção ou dimensão		Tolerância
Pilares e vigas	Comprimento	$L < 5 \text{ m}$	$\pm 10 \text{ mm}$
		$5 \text{ m} < L < 10 \text{ m}$	$\pm 15 \text{ mm}$
		$L > 10 \text{ m}$	$\pm 20 \text{ mm}$
	Seção Transversal		- 5 mm e + 10 mm

Fonte: ABNT (2017)

Quanto a verificação de dimensões dos elementos pré-fabricados, chegou-se a 9% das vigas e 20% em pilares, e a seguir são apresentados os resultados obtidos pela Tabela 2.

Tabela 2 – Dimensões dos elementos estruturais

Elemento estrutural	Quantidade Verificada	Seção transversal		Comprimento	
		Conforme	Não conforme	Conforme	Não conforme
Viga	154	143	11	140	14
Pilar	53	51	2	42	11

Fonte: A autora (2019)

2.1.1. Desníveis de vigas

Foram verificados os desníveis de 61 vigas e identificadas 24 não conformidades, aproximadamente 44% das vigas analisadas ultrapassaram a tolerância estabelecida pela ABNT NBR 9062:2017, que determina “A tolerância em relação ao nível dos apoios é de $\pm 1,0 \text{ cm}$.” (ASSOCIAÇÃO..., 2017), e os desníveis obtidos são apresentados pela Tabela 3.

Tabela 3 – Desníveis de vigas

Pavimento	Quantidade		Desníveis (cm)
	Conforme	Não conforme	
1º	13	1	10,3
2º	20	8	2,6
3º	19	10	3,1
4º	13	4	2,6
5º	30	19	12,5
Quantidade Verificada	95	42	

Fonte: A autora (2019)

2.1.2. Desalinhamento e desaprumo de pilares

No que se refere a distância entre os eixos dos pilares, segundo a ABNT NBR 9062:2017 “a tolerância para montagem em planta é de $\pm 1,0$ cm entre apoios consecutivos, não podendo exceder o valor acumulado de 0,1 % do comprimento da estrutura.” (ASSOCIAÇÃO..., 2017). Neste caso houve “não conformidades” que ultrapassaram o limite estabelecido pela norma, como é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Desalinhamento na distância entre eixos de pilares

Pavimento	Quantidade		Desvio (cm)
	Conforme	Não conforme	
Térreo	27	3	2,5
5º	16	18	10,9

Fonte: A autora (2019)

A verificação de prumo dos pilares, a norma ABNT NBR 9062:2017 determina que “a tolerância em relação à verticalidade é de $\pm 1/300$ da altura até o máximo de 2,5 cm, verificada logo após a montagem do elemento pilar.” (ASSOCIAÇÃO..., 2017), porém neste caso não foram identificadas não conformidades no que se refere a esse item.

2.2. ANÁLISE VISUAL DA LIGAÇÃO ENTRE VIGAS E PILARES

No que se refere às ligações entre vigas e pilares, foram identificados dois tipos de não conformidades que são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Juntas excessivas ou inexistentes na ligação entre vigas e pilares

Elemento estrutural	Quantidade			
	Verificada	Junta excessiva	Junta inexistente	Conforme
Viga	61	21	10	30

Fonte: A autora (2019)

As Figuras 1 e 2 apresenta as não conformidades identificadas, relacionadas aos apoios de ligação da viga entre os pilares, podendo-se observar que a viga da Figura 1 possui uma rachadura na extremidade inferior da seção transversal, ocasionadas pelo acumulo de tensões devido ao tamanho inadequado do apoio.

Figura 1 – Junta excessiva em ligação entre viga e pilar



Fonte: A autora (2019)

Figura 2 – Junta inexistente em ligação entre viga e pilar



Fonte: A autora (2019)

2.2.1. Ligação entre pilares

A análise visual da ligação entre os pilares foi identificada apenas uma não conformidade visível, podendo ser vista pela Figura 3

Figura 3 – Desalinhamento da ligação entre pilares



Fonte: A autora (2019)

Os resultados obtidos desta análise visual são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Desalinhamento da ligação entre pilares

Pavimento	Quantidade		
	Verificada	Não conforme	Conforme
3°	72	1	71

Fonte: A autora (2019)

2.2.2. Elementos estruturais danificados

As não conformidades verificadas nos elementos estruturais danificados estão relacionadas ao transporte e montagem. No entanto, por meio da análise visual simples, constataram-se falhas de fabricação dos elementos pré-fabricados no momento do descarregamento no canteiro de obras. Essas falhas identificadas se referem as quantidades e abertura de fissuras, a norma ABNT NBR 6118:2014 “estabelece limites para fissuração e proteção das armaduras quanto à durabilidade, a abertura máxima característica das fissuras, desde que não exceda valores da ordem de 0,2 mm a 0,4 mm.” (ASSOCIAÇÃO..., 2014).

Desta maneira, a Tabela 7 apresenta os limites superiores de aberturas das fissuras encontradas, numa classificação realizada por Oliveira (2012):

Tabela 7 – Classificação das aberturas

Identificação	Abertura (mm)
Fissura	$\leq 0,5$
Trinca	$0,5 \geq 1,5$
Rachadura	$1,5 \geq 5$

Fonte: Oliveira (2012)

Na sequência, foi analisada a existência de fissuras, segregação do concreto, avarias em vigas e pilares e flechas nas vigas, vistas pela Tabela 8.

Tabela 8 – Não conformidades obtidas através da análise visual

Não conformidade	Elemento estrutural	
	Vigas	Pilares
Avarias	29	16
Segregação	0	0
Fissura	215	6
Trinca	8	9
Rachadura	2	0
Flecha	0	0
Quantidade verificada	215	72

Fonte: A autora (2019)

No que se refere às aberturas registradas em vigas e pilares pré-fabricados de concreto, foram verificadas durante o descarregamento no canteiro de obras e após a montagem dos elementos estruturais, na sequência é apresentado na Figura 4 o registro de verificação da abertura de fissura em uma viga com o fissurômetro.

Figura 4 – Fissuras e trincas em viga de abertura de até 1,3 mm



Fonte: A autora (2019)

Quanto à análise visual das avarias em vigas e pilares, apresentaram ocorrências significativas nestes elementos pré-fabricados, na sequência é apresentado na Figura 5, como exemplo, uma avaria em um pilar apresentando armadura exposta, sendo que essa “não conformidade” foi identificada após sua montagem na estrutura.

Figura 5 – Avaria no concreto com armadura exposta em pilar



Fonte: A autora (2019)

3. DISCUSSÕES

Da análise das verificações procedidas na estrutura de concreto pré-fabricado o objeto deste estudo, podemos afirmar que houve quantidades significativas de “não conformidades” quando se procedeu a análise visual das peças em concreto e também quando das medições das mesmas em comparação com o projeto estrutural da edificação, e para uma otimização de visualização foram elaborados índices de “não conformidades” por meio de gráficos.

Quanto a análise de índices de “não conformidades” no elemento estrutural viga, podemos observar pelo Gráfico 1 que as fissuras apresentaram valores maiores em relação as outras não conformidades, atingindo 77% das “não conformidades” identificadas.

Gráfico 1 - Não conformidades identificadas em vigas antes e após a montagem



Fonte: A autora (2019)

Na sequência, as “não conformidades” verificadas em pilares que apresentaram as maiores ocorrências foi o desalinhamento entre os mesmos, atingindo 32% do total de peças verificadas.

Também, destaca-se neste item, as avarias provocadas durante o transporte e montagem, podendo ser vistas pelo Gráfico 2.

Gráfico 2 - Não conformidades identificadas em pilares antes e após a montagem



Fonte: A autora (2019).

No que se refere as ligações entre vigas e pilares, os desníveis de apoios em vigas atingiram 75%, outra “não conformidade” que apresentou valor elevado de 21% foram as juntas excessivas entre as ligações, tornando o apoio para a viga inadequado (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Não conformidades na ligação entre vigas e pilares após a montagem



Fonte: A autora (2019)

3.1. ANÁLISE DAS “NÃO CONFORMIDADES”

A análise gráfica das “não conformidades” é realizada por meio de uma ferramenta de gerenciamento de riscos chamada GUT (Gravidade, Urgência e Tendência), que é uma metodologia que trabalha com a priorização da resolução de problemas. Pode-se usar também essa matriz para dar prioridade aos planos de ação que se quer dar à obra frente as “não conformidades” encontradas.

Utilizando-se da matriz GUT, podemos analisar as prioridades das “não conformidades” de acordo com seu grau de risco para o empreendimento, vistas pela Tabela 9.

Tabela 9 - Matriz (GUT) – Classificação de “não conformidades”

Não Conformidade	Gravidade	Urgência	Tendência	GUT	Classificação
Montagem Assimétrica	5	5	5	125	1º
Variação de dimensões	5	5	5	125	1º
Desalinhamento entre pilares	5	4	5	100	2º
Elementos estruturais danificados	4	4	3	48	3º

Fonte: A autora (2019)

Finalizada a classificação das “não conformidades” identificadas no estudo de caso por meio da Matriz de Gerenciamento de Risco (GUT), podemos observar a relevância do prosseguimento em que será realizada a correção, e essa sequência, além de considerar o grau de risco da não conformidade, pondera as disposições construtivas, ou seja, determinadas “não conformidades” só poderão ser corrigidas se as antecessoras estiverem reparadas. Na sequência são discutidas as justificativas da classificação de cada não conformidade.

A primeira análise está relacionada à montagem assimétrica dos elementos estruturais, especificamente, as vigas e pilares. A execução de um plano de montagem realizado dessa maneira proporciona o desenvolvimento de outras não conformidades, como: juntas excessivas

e inexistentes na ligação entre vigas e pilares; desalinhamento e desaprumo de pilares; desníveis de vigas, ou seja, a elaboração de um minucioso plano de montagem deve ser realizada em etapas que certifique a montagem simétrica dos elementos, para que as ligações possam desempenhar a função para qual foram projetadas.

Ainda nesse sentido, está classificada como prioridade a “não conformidade” da variação das dimensões dos elementos estruturais vigas e pilares. Essa não conformidade ocorreu durante a fabricação dos elementos, e nesse caso o controle de dimensões foi realizado *in loco* no momento do descarregamento, os elementos que apresentaram variações maiores que os limites estabelecidos pela norma ABNT NBR 9062:2017 foram recomendadas rejeições, para que as peças retornassem a fábrica e fossem substituídas.

A variação de dimensões dos elementos pré-fabricados é de notável importância, pois garantem os encaixes necessários entre as ligações de vigas e pilares. Segundo a norma ABNT NBR 9062:2017, os desvios devem ser considerados em projeto afim de prever equívocos ao longo do processo de fabricação e construção, a mesma traz a seguinte observação:

No projeto de estruturas compostas de elementos pré-moldados, é necessário estabelecer folgas e tolerâncias, bem como dimensionar os elementos e as ligações levando-se em conta os desvios de produção, de locação, de verticalidade da obra e de montagem dos elementos. (ASSOCIAÇÃO..., 2017, p. 16).

O terceiro item é referente ao desalinhamento entre pilares, o surgimento dessa “não conformidade” pode estar relacionado a duas causas: a primeira se refere ao posicionamento do pilar no cálice de fundação, e a segunda é provocada pela montagem assimétrica dos elementos estruturais, com isso elevando a um aumento de tendência de desenvolvimento de outras “não conformidades”, tais como: juntas

excessivas e inexistentes na ligação entre vigas e pilares; decréscimo ou aumento na dimensão de vãos prejudicando a montagem de outros elementos estruturais como lajes, vigas e estrutura da cobertura.

No que se refere as “não conformidades” dos elementos estruturais danificados, elas formam um conjunto de manifestações patológicas, provenientes na maioria das ocorrências do transporte e montagem, sendo essas: avarias, segregação do concreto, fissuras, trincas, rachaduras e flechas, e elas se apresentam como “não conformidades” visíveis, e na maioria dos casos apresentadas como superficiais, tornando o tratamento e correções breves, sendo necessário a reparação das mesmas, já que se tratam de “não conformidades” visíveis, caso não proceder com a correção proporcionam desconfortos visuais e insegurança aos usuários.

4. CONCLUSÃO

A partir da realização deste estudo, observou-se quanto da importância da elaboração de um minucioso plano de montagem da estrutura de concreto pré-fabricado composta por pilares e vigas, torna-se imprescindível a consideração em todas as etapas da montagem a simetria dos elementos estruturais, especificamente vigas e pilares, contribuindo significativamente para o decréscimo de “não conformidades” ao longo da montagem da estrutura e da sua vida útil.

Constatamos que, as tolerâncias estabelecidas pela norma ABNT NBR 9062:2017 são imprescindíveis para que a montagem dos elementos estruturais seja realizada corretamente, respeitando os espaços físicos mínimos necessários para os encaixes dos mesmos, com isso consequentemente o desempenho da estrutura será de acordo para com o qual foi projetado, além de contribuir no prolongamento da vida útil da estrutura, precavendo e diminuindo consideravelmente o desenvolvimento de futuras anomalias na estrutura.

Por fim, este estudo tem o objetivo de contribuir para o entendimento de quais as possíveis “não conformidades” em vigas

e pilares que poderão ser desenvolvidas ao longo da construção de um edifício construído sob o conceito de estrutura de pré-fabricados, e quais as verificações necessárias para diminuir os índices de não conformidades, colaborando com a qualidade arquitetônica final e segurança dos envolvidos durante o período de construção.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 9062**: Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

_____. **ABNT NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

DAYCHOUM, Merhi. **40+8 Ferramentas e técnicas de gerenciamento**. Rio de Janeiro: Brasport, 2012. Disponível em: http://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/civil/182_udmgnpdmpesphes.pdf. Acesso em: 9 jun. 2019.

MELO, Carlos Emrich. **Manual MUNTE de projetos em pré-fabricados de Concreto**. 2. ed. São Paulo: PINI, 2007.

OLIVEIRA, Alexandre Magno. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque de diferencial de fundações**. 2012.

PAULANI, Fernando. **A tecnologia das construções em pré-fabricados de concreto**. 2008. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade São Francisco, Itatiba, 2008.

VASCONCELOS, Augusto Carlos. **O Concreto no Brasil: Recordes - Realizações - História**. São Paulo: PINI, 1992.

MARTINS, Natália. Priorização na Resolução de Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto Armado: Método GUT. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 2, n. 3, 2017. Disponível em: <http://www.revistas.poli.br/index.php/rep/issue/view/12/12>. Acesso em: 9 jun. 2019

12. LAUDOS DA DEFESA CIVIL DO ANO DE 2018 DA CIDADE DE APUCARANA/PR

CIVIL DEFENSE REPORTS OF THE YEAR 2018 OF THE
CITY OF APUCARANA/PR



LARISSA GABRIELA MIRAS MORENO
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RENAN GUSTAVO JUNQUEIRA
Universidade Estadual de Maringá – UEM

RESUMO:

A patologia está consolidada na recuperação e longevidade da edificação, sendo o estudo das origens, causas, natureza e mecanismos, referente as condições em que a construção ou parte dela não apresentam o desempenho mínimo pré-estabelecido. O laudo técnico deve atender critérios sem desencadear quaisquer dúvidas do meio técnico e firmados pela literatura do tema, e apenas terão valor legal se acompanhados da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART). O engenheiro perito em patologia deve apresentar conclusões sobre as condições técnicas do imóvel, diante do Código Civil e o Código de Obras, de forma que oriente o juiz a tomar uma decisão. Após identificar a situação patológica, o responsável técnico estabelece as condutas a serem seguidas com o problema, levando para terapia ou intervenção e o processo se encerra com o registro do caso. Os laudos gerados no ano de 2018 pela Defesa Civil da cidade de Apucarana/PR, foram disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Apucarana que possibilitaram o levantamento de dados, dos elementos coletados nos vinte e dois laudos, foram possíveis apresentar as manifestações patológicas: muros sem arrimo, fissuras, recalques, infiltrações, drenagens, aterros e fenômeno natural. Após a identificação de cada manifestação patológica apresentada nos laudos, foi possível reconhecer que as alterações climáticas não sofreram total influencia para que a manifestação patológica fosse diagnosticada. Pode-se concluir que as obras de construção civil devem atender as necessidades, como também, as exigências propostas em projeto. Analisando-se as manifestações patológicas apuradas no parecer técnico dos laudos, é evidente a negligência entre profissional técnico, operário e cliente.

PALAVRAS - CHAVES: Construção Civil. Economia. Manifestação Patológica. Negligência.

ABSTRACT

The pathology is consolidated in the recovery and longevity of the building, and the study of the origins, causes, nature and mechanisms, referring to the conditions under which the construction or part thereof does not present the minimum pre-established performance. The technical report should meet criteria without triggering any doubts of the technical environment and signed by the literature of the theme, and will only have legal value if accompanied by the Technical Responsibility Annotation (ART). The expert engineer in pathology should present conclusions on the technical conditions of the property, the Civil Code and the Code of Works, in order to instruct the judge to make a decision. After identifying the pathological situation, the technical officer establishes the conducts to be followed with the problem, leading to therapy or intervention and the process closes with the case record. The reports generated in the year 2018 by the Civil Defense of the city of Apucarana/PR, were made available by the Municipality of Apucarana that enabled the collection of data, of the elements collected in the twenty-two reports, it was possible to present the pathological manifestations: wall without retaining, cracks, subsidence, infiltrations, drainages, landfills and natural phenomena. After the identification of each pathological manifestation presented in the reports, it was possible to recognize that climate change did not suffer influence for the pathological manifestation to be diagnosed. It can be concluded that civil construction works must meet the needs, as well as the requirements proposed in the project. Analyzing the pathological manifestations found in the technical opinion of the reports, it is evident the negligence between technical professional, worker and client.

KEYWORDS: Civil Construction. Economy. Pathological Manifestation. Negligence.

1. INTRODUÇÃO

O termo patologia é grandemente utilizado em diversas áreas, variando de acordo com o objeto de estudo e consolidado na recuperação e longevidade da edificação. A manifestação patológica é resultado dos meios de degradação, os sintomas que a edificação apresenta, e

a patologia é composta por estudos que explicam a manifestação patológica (SILVA, 2011).

Assim como a população, as construções também adoecem por fatores endógeno, exógenos e pela natureza. As anomalias endógenas ou internas, sucedem por falhas construtivas por violação as normas técnicas e na deterioração natural por envelhecimento. As anomalias exógenas ou externas, originadas na interferência de fatores causada por terceiros, voluntárias ou involuntárias, situações não previstas na execução da obra por falta de supervisão. A anomalia natural se manifesta por fenômenos imprevisíveis da natureza (VITÓRIO, 2003).

As principais causas de patologia estão relacionadas ao mal projeto, erro de execução, uso inadequado e a falta de manutenção, e os agentes causadores são os físicos, químicos, mecânicos e biológicos (MAIDEL *et al.*, 2009).

Sabbatini *et al.* (2003) afirmam que a patologia das edificações é o estudo das origens, causas, natureza e mecanismos, referente às condições em que a construção ou parte dela não apresentam o desempenho mínimo pré-estabelecido. A origem é definida pela razão do seu aparecimento, associada no seu processo de produção. A causa está relacionada ao motivo primário da manifestação patológica, caracteriza a justificativa do seu aparecimento. A natureza está relacionada ao motivo secundário da manifestação patológica, ligada aos aspectos produtivos do revestimento do material. E o mecanismo definido pela ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas.

As anomalias funcionais se originam no fim da vida útil dos materiais utilizados na composição da edificação, estando relacionadas pela falta de manutenção periódica para constatação da substituição dos mesmos. Os materiais possuem maior ou menor vida útil, devido a sua qualidade e a sua exposição (TEIXEIRA; SANTOS, 2009).

O Laudo é um relatório técnico expedido obrigatoriamente por um engenheiro especialista em perícias, onde se descreve a avaliação fiscalizada da edificação de forma técnica e evidenciando o diagnostico encontrado.

A NBR 13752/1996 declara que o laudo técnico deve atender alguns critérios como sua linguagem técnica apropriada, com disposição coerente de texto e imagens, parágrafos breves e conclusivos. Os argumentos não devem desencadear quaisquer dúvidas do meio técnico e firmados pela literatura do tema, os laudos judiciais devem ser objetivos e apenas terão valor legal se acompanhados da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART).

Porém, a legislação não determina o padrão pelo qual os laudos devem ser manifestados, devido à grande variabilidade de ações em que a atuação dos peritos é requerida e também à especificidade dos casos (VITÓRIO, 2003).

A instabilidade que a construção civil vem enfrentando nesses últimos anos, o curto prazo na execução das obras e a carência de mão de obra qualificada, vem acarretando agravamentos na qualidade da construção (OLIVARI, 2003).

Em 2003, o Código de Defesa do Consumidor fora ampliado com o novo Código Civil, no qual os consumidores adquiriram mais conhecimentos acerca dos seus direitos. A partir desse momento, as empresas da construção civil sentiram a real necessidade em manter um maior controle de qualidade nos processos, pois os consumidores tornaram-se mais exigentes no que se estava adquirindo.

De acordo com o Manual de Direito do Consumidor (2014), é exigido o cumprimento às normas técnicas brasileiras (ABNT), e a sua violação condiz a infrações. A omissão do conhecimento referente as normas, como também a falta de qualidade dos materiais, mão de obra mal qualificada, negligência dos construtores, podem gerar vícios construtivos, defeitos e danos na construção.

O engenheiro perito em patologia deve apresentar conclusões sobre as condições técnicas de um imóvel, avaliando as causas, anomalias e qualquer desempenho insatisfatório. O entendimento sobre o jurídico processual, como noções sobre o Código Civil e o Código de Obras, pode contribuir nos esclarecimentos da ação judicial, de forma que oriente o juiz a tomar uma decisão (GEROLLA, 2011).

Conforme o Código Civil Brasileiro (p. 165, 2008), negligência, imprudência e imperícia são três categorias de culpa. A negligência compromete em deixar de fazer algo que conhecidamente deveria ter feito, causando um resultado negativo, por não tomar as devidas precauções.

A imprudência está associada na falta de cautela em realizar ações contrárias daquelas conhecidas de forma correta, mas não se precavendo com cuidado para que o mesmo aconteça.

A imperícia consiste na falta de conhecimento ou habilidade para desenvolver determinada tarefa, sem considerar que deveria conhecer a ação para desenvolvê-la. As três ações podem ser sujeitas a punição no âmbito civil e criminal, saber distinguir cada uma delas é de suma importância na diferenciação das ocorrências, pois após as averiguações, possa ser aplicada a devida pena.

O Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM) define o Código de Obras como uma ferramenta para as Administrações Municipais desempenharem o controle e a fiscalização do espaço construído e suas redondezas, certificando a segurança e a salubridade das edificações. As prefeituras devem garantir através do Código de Obras, uma maior qualidade de vida para os munícipes, com as diretrizes para a construção constantemente revisadas, para atender as exigências da atualidade do município.

Piancastelli (2017) reconhece “que é a partir dos sintomas que se inicia todo o processo de averiguação das causas e origem do fenômeno patológico, fundamental para o correto diagnóstico”.

Na engenharia civil o diagnóstico está pertinente ao conhecimento da confirmação da patologia, no momento do seu exame, e o prognóstico está inerente na previsão do curso provável da patologia, baseado necessariamente no diagnóstico (SILVA, 2011).

Conhecida a situação patológica, o responsável técnico estabelece as condutas a serem seguidas com o problema, conduzindo-se para a sondagem das evoluções futuras da patologia. Com o prognóstico já definido, o profissional determina as alternativas para as

soluções, levando para terapia ou intervenção e o processo se encerra com o registro do caso, mantendo formalizada a situação da obra para possíveis novas intervenções (LICHTENSTEIN, 1986).

A Defesa Civil no Estado do Paraná, foi criada pelo Decreto Estadual nº 3.002, de 29 de Dezembro de 1972, que ficou vigente até no ano de 1992, onde o Governo do Estado passou para o âmbito da Casa Militar até no ano de 2007, que pelo Decreto Estadual nº 1.132, de 11 de Julho de 2007, aprovou o Regulamento da Casa Militar, instituindo a Divisão da Defesa Civil como órgão de execução programática dentro da Casa Militar.

No Estado estão distribuídas 18 Coordenadorias Regionais de Proteção e Defesa Civil (CORPDEC), onde se prestam apoio a nível regional, de maneira que possa possibilitar uma proximidade entre a Coordenadoria Estadual e as Coordenadorias Municipais (DEFESA CIVIL PARANÁ).

O Ministério Público do Paraná afirma que o objetivo do amparo da Defesa Civil, são de reduzir os riscos de sinistros e ações para prevenção da edificação, de forma multissetorinal entre Governos Municipais, Estaduais e Federal, juntamente com a participação da sociedade, onde o município deve estar preparado para atender a comunidade por qualquer tipo de desastre, conforme o art. 8º da Lei n. 12.608/2012.

Para Loturco (2007) a patologia é o resultado de danos que atuam em conjunto ou isoladamente, ao longo do tempo, quando não tratadas podem-se transformar em sinistro, ocasionando o desastre.

O sinistro são situações súbitas e imprevistas que resultam em danos e prejuízos, na engenharia civil, pode-se ocorrer por situações patológicas desprezadas ou tratadas inadequadamente. Os cuidados devem ser tomados em todas as fases da construção, iniciando pelo projeto, a execução e posteriormente pelas manutenções preventivas e corretivas (LOTURCO, 2007).

O controle de qualidade e o acompanhamento técnico buscam minimizar os riscos, o desastre raramente acontece por um único

fator, normalmente são decorrentes pela somatória de pequenos erros. A conscientização das manutenções e vistorias periódicas tem por consequência a redução de custos e no aumento da vida útil da construção (LOTURCO, 2007).

O objetivo deste artigo foi de identificar as tendências das falhas patológicas apresentadas nos laudos da Defesa Civil realizados no ano de 2018 na cidade de Apucarana/PR. Para isso, foi realizada uma análise das manifestações patológicas apontada nos laudos e a verificação das possíveis causas dos sinistros ocorridos nas edificações.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia adotada foi por meio de uma inspeção nos laudos da Defesa Civil gerados no ano de 2018, na cidade de Apucarana/PR que possibilitaram a pesquisa. Esses laudos foram disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Apucarana a fim de contribuir exclusivamente para esse estudo.

O trabalho foi dividido em três etapas: a primeira etapa constitui-se na revisão bibliográfica sobre o tema; na segunda etapa foram avaliados os laudos em questão, a fim de identificar e classificar as manifestações patológicas apresentadas; e na terceira etapa foi realizado uma análise das prováveis causas dos danos ocorridos.

A partir dos elementos coletados nos vinte e dois laudos, foram possíveis apresentar as manifestações patológicas:

- a) **Muro sem Arrimo:** Foram seis laudos de construções não projetadas o muro de arrimo, causando deslizamentos pela falta de contenção da estrutura, os muros não resistiram à pressão lateral do solo. A Figura 1 apresenta o desmoronamento do muro de divisa sem contenção.

Figura 1. Muro sem contenção



(Fonte: Defesa Civil de Apucarana, 2018).

O muro de arrimo é uma estrutura de contenção para terrenos que apresentam perfis acentuados em auge ou declive, com risco de desmoronamento, proporcionando estabilidade na construção (PEREIRA, 2019).

- b) Fissura:** Dos cinco laudos realizados, as possíveis causas estão relacionadas pela falta das técnicas construtivas na execução da estrutura e a edificação existente não confere com o projeto aprovado. A Figura 2 evidencia o muro de divisa fissurado em sua extensão vertical.

Figura 2. Fissura



(Fonte: Defesa Civil de Apucarana, 2018).

A fissura é originada pelo comportamento das tensões nos materiais, quando a solicitação for maior que a capacidade de resistência do material, a tendência da fissura é de aliviar suas tensões e quanto maior for a limitação imposta ao movimento dos materiais, e mais frágil ele for, maior será a intensidade da fissuração (CORSINI, 2010).

- c) **Recalque:** Os três laudos foram ocasionados pelo mesmo motivo, o vizinho realizou uma grande quantidade de retirada do solo. A Figura 3 expõe a fissura no pilar, ocasionado pelo recalque do solo.

Figura 3. Recalque



(Fonte: Defesa Civil de Apucarana, 2018).

O recalque de solo ocorre quando a edificação sofre rebaixamento devido ao adensamento do solo sob sua fundação, esse fenômeno resulta em trincas e rachaduras, podendo levar a ruína da construção (OLIVARI, 2003).

- d) **Infiltração:** Foram três laudos, sendo que dois laudos apresentaram o mesmo dano de infiltração pelo muro de arrimo de divisa e o terceiro, foi ocasionado pela construção de um jardim vertical no muro de divisa. A Figura 4 retrata a infiltração no muro de arrimo de divisa, sendo notável a apresentação de infiltração somente na parte aterrada pelo lote vizinho.

Figura 4. Muro de arrimo com infiltração



(Fonte: Defesa Civil de Apucarana, 2018).

A infiltração é a ação da água que permeia pelos espaços vazios da alvenaria, quando desprotegidas da impermeabilização ou de lona, a água escoe pelos vazios até encontrar saída (GARCEZ, 2014).

- e) **Drenagem:** Os dois laudos apresentaram situações semelhantes, os moradores afirmam que a água da chuva proveniente do lote vizinho, deságua dentro do seu terreno. A Figura 5 apresenta o muro de divisa com uma abertura ocasionada pelo escoamento pluvial.

Figura 5. Falta de drenagem



(Fonte: Defesa Civil de Apucarana, 2018).

Conforme o Código de Águas (1934), a água de origem da chuva que escoe pelo telhado, deve ser destinada para as sarjetas, sendo de responsabilidade do proprietário edificar o beiral do seu telhado de maneira que não despeje no lote vizinho.

- f) Aterro:** Foram dois laudos, o primeiro em decorrência de um grande volume de aterro sob a rede de galerias de águas pluviais e no segundo laudo, constituiu em consequência do aterro executado no terreno ao lado, onde não foi identificado estrutura de contenção. A Figura 6 apresenta a edificação construída sob um grande volume de aterro em cima da rede de galerias de águas pluviais.

Figura 6. Aterro em cima da rede de galerias pluviais



(Fonte: Defesa Civil de Apucarana, 2018).

Aterro refere-se ao local onde são depositadas porções de terra para tornar plano um terreno, de origem em declive ou com depressão, tendo em vista uma melhor compactação e consequentemente a estabilidade do solo (ALMEIDA; MARQUES, 2014).

- g) Fenômeno Natural:** O laudo em questão, é referente ao destelhamento de uma residência de padrão baixo, conforme apresentada na Figura 7.

Figura 7. Destelhamento



(Fonte: Defesa Civil de Apucarana, 2018).

A engenharia civil pode prevenir os desastres naturais pela identificação e avaliação das áreas de risco, orientando e projetando conforme a necessidade de segurança, para que se possa eliminá-los ou reduzir o risco de sinistro (LOTURCO, 2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na realização desse trabalho foram identificadas cada manifestação patológica nos vinte e dois laudos apresentados em face das informações coletadas, em que cada laudo é representado por uma falha patológica perante ao mês ocorrido, cuja a distribuição se encontra na Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição das manifestações patológicas pelos meses

MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	MÊS												TOTAL DE LAUDOS
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
Muro sem arrimo		02	01					01	01			01	06
Fissura				02			02				01		05
Recalque			01						01			01	03
Infiltração		02						01					03
Drenagem								01		01			02
Aterro	01						01						02
Natureza	01												01
TOTAL GERAL	02	04	02	02	00	00	03	03	02	01	01	02	22

Fonte: Defesa Civil de Apucarana (2018).

Após a distribuição realizada na Tabela 1, foi possível reconhecer que as alterações climáticas não sofreram total influencia para que a manifestação patológica fosse diagnosticada.

Os meses de Janeiro, Fevereiro, Outubro e Dezembro, são os meses que apresentam maiores precipitações comparados com os demais meses, em que se encontram mais secos (CLIMATE DATE).

Perante ao resultado encontrado na Tabela 1, é evidente a negligência entre profissional técnico, operário e cliente. A edificação de pequeno porte, o sinistro é decorrente por fenômeno natural. Já as edificações de médio e grande porte, são notáveis a economia por redução de custos, acarretando para que os danos nas edificações ocorressem.

4. CONCLUSÃO

Diante da análise dos vinte e dois laudos expostos, pode-se concluir que as obras de construção civil devem atender as necessidades, como também, as exigências propostas em projeto. Inspeccionar, avaliar e diagnosticar as patologias apresentadas ao passar dos anos, são funções que devem ser praticadas periodicamente, para que as manutenções possam cumprir a reabilitação da construção de forma efetiva, sempre

que se for necessário.

Se o desempenho da estrutura apresentar sintomas insatisfatório iniciais, deve-se procurar acompanhamento profissional de imediato, para que o problema patológico não tome proporções maiores, porém, quando a manifestação é imperceptível, torna-se o ato mais difícil. A inspeção periódica em manutenções rotineiras é constatada de imediato a deformidade e a resolução do problema acaba se tornando breve.

Analizando-se as manifestações patológicas apuradas no parecer técnico dos laudos, os danos identificados se destacam pela economia de custos para a execução dos mesmos, pois é notável a falta de mão de obra qualificada e da falta de uso correto dos materiais. Os vinte e dois laudos houveram que reparar os transtornos causados dos próprios moradores ou de seus vizinhos.

5. REFERÊNCIAS

ABNT, NBR 13752/1996. **Perícias de Engenharia na Construção Civil.**

ALMEIDA, M.S.S.; MARQUES, M.E.S. **Aterro Sobre Solos Moles.** São Paulo, ed. 2, p. 50, 2014.

CLIMATE DATA. **Clima Apucarana.** Oedheim, Alemanha. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/parana/apucarana-4481/>>. Acesso em: 24 mar. 2019.

CÓDIGO CIVIL BRASILEIRO. Brasília, ed. 2, p. 165, jul. 2008.

CÓDIGO DE ÁGUAS. Rio de Janeiro, Decreto nº 24.643, 10 jun. 1934. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm>. Acesso em: 10 jul. 2019

CORSINI, R. **Trinca ou Fissura?** São Paulo, Revista Techne, ed. 160, jul. 2010.

DEFESA CIVIL PARANÁ. Curitiba. Disponível em: <<http://www.defesacivil.pr.gov.br/Pagina/Historico>>. Acesso em: 29 mai. 2019.

GARCEZ, A. **Infiltração: O que é?** São Paulo, 11 mar. 2014. Disponível em: <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/idiomas/infiltracao-o-que-e/54921>>. Acesso em: 31 mai. 2019

GEROLLA, G. **Perito em Engenharia**. São Paulo, Revista Techne, ed. 182, dez. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA. **Código de Obras**. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.ibam.org.br/projeto/3>>. Acesso em: 31 mai. 2019

LICHTENSTEIN, N.B. **Patologia das Construções**. São Paulo, Boletim Técnico nº 06/1986.

LOTURCO, B. **Sinistro na Construção**. São Paulo, Revista Techne, ed. 122, mai. 2007.

MAIDEL, B.; *et. al.* **Patologia das Edificações**. Florianópolis, jun, 2009. Disponível em: <<https://speranzaengenharia.ning.com/page/patologias-das-edificacoes>>. Acesso em: 06 out. 2018.

MANUAL DE DIREITO DO CONSUMIDOR. Brasília, ed. 4. 2014.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO PARANÁ. **Proteção e Defesa Civil – Apresentação**. Curitiba. Disponível em: <<http://www.urbanismo.mppr.mp.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=50>>. Acesso em: 29 mai. 2019.

OLIVARI, G. **Patologia em Edificações**. Graduação em Engenharia Civil da Universidade Anhembí Morumbi como Requisito Parcial à Obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, 2003.

PEREIRA, C. **Muro de Arrimo: O que é e Principais Tipos**. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/muro-de-arrimo/>>. Acesso em: 30 jul. 2019.

PIANCASTELLI, E.M. **Patologias do Concreto**. São Paulo. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/patologias-do-concreto_6160_10_0>. Acesso em: 08 out. 2018.

SABBATINI, F.H.; *et. al.* **Patologia das Construções**. Mossoró, nov. 2003. Disponível em: <<https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/patologia-e-rec-de-estrutura/conceitos-de-patologias>>. Acesso em: 24 mar. 2019.

SILVA, F.B. **Patologia das Construções: Uma Especialidade na Engenharia Civil**. São Paulo, Revista Techne, ed. 174, set. 2011.

TEIXEIRA, R.; SANTOS, J.C. **Vícios, Falhas e Anomalias nas Edificações**. Curitiba. Disponível em: <<https://www.teixeiracosta.com/patologia-das-construcoes-curitiba>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

VITÓRIO, A. **Fundamentos da Patologia das Estruturas nas Perícias de Engenharia**, Recife, nov. 2003. Disponível em: <http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Fundamentos_Patologia_Estruturas_Pericias_Engenharia.pdf>. Acesso em: 27 set. 2018.

13. IMPLANTAÇÃO DE RESERVATÓRIO PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL EM UMA RESIDÊNCIA

IMPLEMENTATION OF A PLUVIAL WATER COLLECTION RESERVOIR IN A RESIDENCE



LÍGIA DE OLIVEIRA MARGUTTI
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

LENILSON COUTINHO DA ROCHA
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

LUZIA MARA MENDES FERRER AMORIM
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RESUMO: A conservação dos recursos hídricos é fundamental para que não ocorra a falta de água potável. Uma das alternativas para maior aproveitamento da água são os reservatórios para captação de água da chuva, esse método possui grande eficiência, além de contribuir ambientalmente evitando inundações e enchentes. O objetivo do presente trabalho foi dimensionar um reservatório para captação de águas pluviais em uma residência. A água armazenada poderá ser utilizada para descarga sanitária, rega de jardins, lavagem de calçadas e automóveis. O trabalho foi realizado em uma residência de 4 moradores localizada no município de Santa Fé – PR, no ano de 2019. Para o dimensionamento foram utilizados o Método de Rippl e o Método de Azevedo Neto, realizando uma comparação entre eles para se obter maior confiabilidade nos valores do volume do reservatório, calculados de acordo com a NBR 15527/2007 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. O Método de Rippl é o mais comumente utilizado em aproveitamento de água de chuva devido a sua simplicidade e facilidade de aplicação. Para sua aplicação se utiliza uma série histórica de precipitações mensais o mais longo possível para se aplicar o método, os valores das precipitações de chuva foram medidos na Universidade Estadual de Maringá, no ano de 2017. No Método de Azevedo Neto é considerado a precipitação média anual e os meses de pouca precipitação ou seca. Além disso, para a utilização dos métodos citados também é necessário conhecer o valor da área de cobertura, sabendo que a mesma possui valor de 181,16 m²,

sendo por completo cobertura do tipo platibanda.

PALAVRAS-CHAVE: Reservatório; Dimensionamento; Precipitações mensais.

ABSTRACT: Conservation of water resources is essential to ensure that there is no shortage of drinking water. One of the alternatives for greater use of water is the reservoirs for rainwater capture, this method has great efficiency, besides contributing environmentally avoiding floods and floods. The objective of the present work was to size a reservoir for rainwater capture in a residence. The stored water may be used for toilet flushing, garden watering, sidewalk washing and car washing. The work was carried out in a residence of 4 residents located in Santa Fé - PR, Brazil, in 2019. For the design, the Rippl Method and Azevedo Neto Method were used, making a comparison between them to obtain greater reliability. reservoir volume values, calculated according to NBR 15527/2007 - Rainwater - Utilization of covers in urban areas for non-potable purposes. The Rippl Method is the most commonly used in rainwater harvesting because of its simplicity and ease of application. For its application is used a historical series of monthly precipitation as long as possible to apply the method, the values of rainfall were measured at the State University of Maringá, in the year 2017. In the Azevedo Neto Method is considered the average rainfall. annual and months of low rainfall or drought. In addition, for the use of the mentioned methods it is also necessary to know the value of the coverage area, knowing that it has a value of 181.16 m², being completely platibanda type coverage.

KEYOWRDS: Reservoir; Sizing; Monthly Rainfall.

1. INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais importantes do nosso planeta, uma vez que é indispensável para a vida humana. Além de ser primordial para diversas atividades no cotidiano (MARINOSKI, 2007).

Desde o início das civilizações, o homem já se instalava em áreas próximas aos rios para o abastecimento humano, agricultura, navegação e outras atividades necessárias para sobrevivência (ALMEIDA; MAZINI; MALTA, 2017).

Atualmente, há uma grande preocupação da sociedade em relação à conservação dos recursos hídricos, considerando a grande utilização dos mesmos e, conseqüentemente, gerando sua escassez. Portanto, vem se tornando um recurso natural de elevado valor econômico, estratégico e social. Nesse aspecto, se faz necessário à utilização desse recurso de maneira cada vez mais racional e eficiente, devendo estabelecer mecanismos que possam prover melhores incentivos e meios mais eficientes na utilização da água (SCARE, 2003).

Como solução do problema de escassez da água é preciso reformular novas alternativas para o abastecimento de água, até porque, atualmente utiliza-se água tratada e clorada para todos os meios e fins, inclusive para no uso doméstico, nas edificações, higiene pessoal, rega de jardins, lavagem de calçadas e veículos, dentre outros. Portanto atualmente um dos meios para amenizar ou solucionar o preocupante problema, seria a utilização de águas pluviais para fins não potáveis, que irá contribuir sustentavelmente com o meio, sem contar, ainda, a contribuição em relação a enchentes e inundações (PEREIRA; PASQUALETTO; MINAMI, 2010).

De acordo com, Cohim *et al.* (2007) a captação direta de águas pluviais nas edificações pode ser considerada como uma fonte alternativa para a redução da demanda do sistema público, possibilitando o menor uso dos equipamentos do sistema de abastecimento urbano, até porque, o aproveitamento de águas pluviais mostra-se eficaz, inclusive no que se refere ao consumo de energia.

Sendo assim, não há dúvidas que o sistema de captação de água pluviais é um fator importante para a preservação e sustentabilidade do meio ambiente, reduzindo com isso a utilização dos recursos hídricos naturais, já que esta água pode ser usada para outros fins não nobres que não necessitem de água potável tratada, fornecida pelo sistema tarifado de abastecimento de água (COSTA, 2016).

Além disso, os benefícios obtidos pela implantação de reservatórios para captação de águas pluviais, estão relacionados tanto com aspectos ambientais quanto econômicos. Em relação ao meio,

ambientalmente, evita-se erosões, assoreamento dos rios, danos ao sistema de drenagem urbana, bem como contribui na diminuição de inundações e enchentes. Quanto aos aspectos econômicos, mesmo que seja necessário avaliar o custo de implantação do sistema e verificar a economia obtida na redução do consumo de água tarifada, com certeza, ainda vale a pena a instalação do sistema, por conta da sustentabilidade (VERÇOSA, 2014).

A norma na qual estabelece os métodos para o dimensionamento de reservatório para captação de águas pluviais é a NBR 15527/2007 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. De acordo com a norma, os possíveis métodos de dimensionamento são: método de Rippl, método da simulação, método Azevedo Neto, método prático alemão, método prático inglês e método prático australiano.

O reservatório funcionará de maneira que, será captada a água da chuva no período chuvoso e será utilizada nos períodos de estiagem, conseqüentemente, contribuindo na regularização das vazões naturais (SANTOS; LOPES, 2002). A captação será feita através de cisternas instaladas em residências, que irá captar as águas de chuva através do telhado da edificação, porém os primeiros milímetros da água captada devem ser descartados, por influenciar negativamente na qualidade da água, tal procedimento é denominado *first flush* (NETO, 2013).

Sua capacidade deverá ser dimensionada de maneira correta na edificação, pois é um dos pontos fundamentais na implantação do sistema. É considerado um alto investimento e o retorno será em longo prazo, portanto o dimensionamento deve ser correto e muito bem planejado para evitar que a quantidade de água armazenada seja suficiente para atender as atividades demandadas (RUPP; MUNARIM; GHISI, 2011). A dimensão do reservatório a ser implantado será em conformidade com a área disponível para a implantação e seu volume deve ser dimensionado considerando as necessidades para atender a demanda necessária pelas atividades que utilizarão essa água (MORUZZI; OLIVEIRA, 2010). Sua implantação poderá ser em nível elevado, nos quais são projetados

quando há necessidade de garantia de uma pressão mínima na rede e as cotas do terreno disponíveis não oferecem condições para que o mesmo seja do tipo térreo, semienterrado, são aqueles em que, uma parte da construção se encontra abaixo do nível do terreno e a restante acima do mesmo, enterrado, quando são construídos totalmente abaixo da superfície do terreno, utiliza - se quando o comportamento do terreno é adequado para o funcionamento hidráulico da rede de distribuição ou quando é necessário escavar para encontrar um estrato de terreno mais resistente, apoiado, são construídos diretamente sobre a superfície do terreno (RAMOS, 2010).

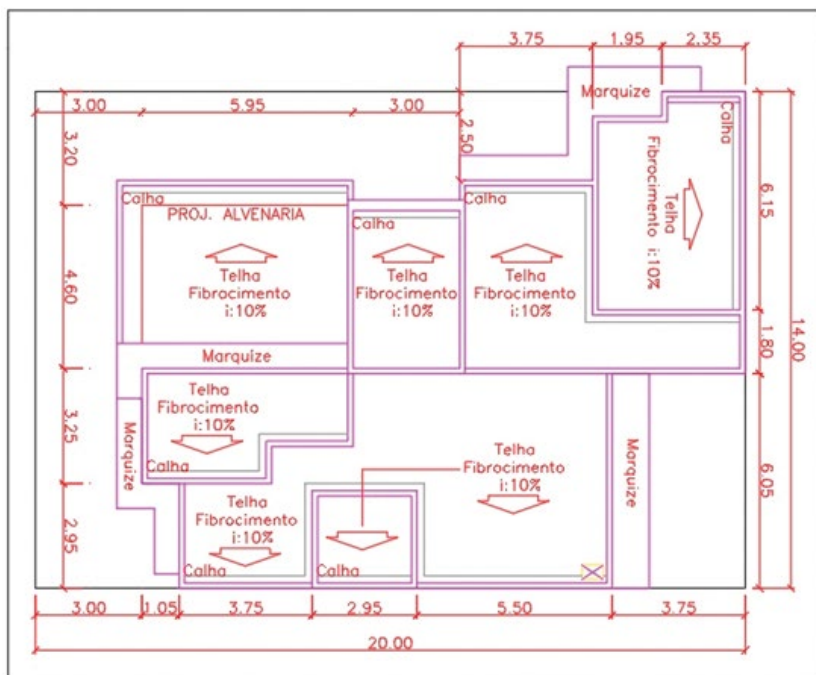
O retorno financeiro de um projeto de implantação de um sistema para captação de água pluvial completo é demorado. Porém, a conscientização acerca da importância de economizar água de qualidade para fins nobres é fundamental, uma vez que atualmente se preocupam tanto com a escassez de água potável, que torna primordial as soluções inovadoras no uso da água pluvial (JABUR; VARGAS; MILANI, 2010). Estima-se a possibilidade de economizar cerca de 15% do serviço de abastecimento público com o aproveitamento de água da chuva para fins residenciais e comerciais (TOMAZ, 2005). Contudo, há uma limitação, no que tange o uso dessa água, que é a dificuldade de controlar os fatores ambientais de contaminação quando a chuva entra em contato com as coberturas (MAY, 2004). Essa alteração ocorre pela concentração de substâncias sólidas e armazenadas, trazidas pelo vento e por pássaros, demandando, assim, um cuidado para que as águas iniciais da chuva não sejam conduzidas ao reservatório e sim descartadas (TOMAZ, 2003).

Assim, o objetivo do presente trabalho foi implantar um reservatório para captação de águas pluviais em uma residência, mais especificamente diminuir o consumo de água tarifada na edificação, reduzindo custos e contribuindo ambientalmente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo - Inicialmente, realizou-se um estudo bibliográfico sobre sistema de captação de água de chuva para fins não potáveis. Essa pesquisa possui relevância para se averiguar teoricamente o dimensionamento de uma cisterna implantada em uma residência térrea residida por 4 moradores, no município de Santa Fé - PR, no ano de 2019. O projeto utilizado possui área de cobertura de 181,16 m², construído com telha de fibrocimento (Figura 1).

Figura 1 - Planta de cobertura da edificação de estudo



Fonte: O autor

Volume de chuva aproveitável - Para o cálculo de água pluvial que realmente será aproveitado é necessário considerar as perdas que ocorrem no processo de captação por fatores como, intensidade que

irá variar em função da região, tipo de material utilizado na cobertura e, também, volume de água descartada no início de cada precipitação, devido as impurezas presentes no telhado da edificação.

Portanto, o volume de chuva aproveitável foi calculado através da equação 1, presente na NBR 15527/2007.

$$Vm = P * A * C * \eta \quad (1)$$

Onde: V_m = Volume mensal, de água de chuva aproveitável, em litros; P = Precipitação média anual, mensal ou diária, em milímetros; A = Área de captação, em metro quadrado; C = Coeficiente de escoamento superficial da cobertura, adimensional; η fator de captação: é a eficiência do sistema de captação (através de dispositivos como o de descarte de resíduos sólidos, sendo η a variação de 0,5 a 0,9, nesse caso foi adotado $\eta \approx 0,8$).

Dimensionamento do reservatório de captação - Os cálculos necessários para o dimensionamento desse reservatório foram determinados de acordo com a NBR 15527/2007, conforme o método de Rippl, no qual consiste em um balanço de massa, podendo ser utilizados dados de precipitação mensal ou diário e o método de Azevedo Neto calculado de acordo com a precipitação média anual e os meses de pouca precipitação ou seca.

É fundamental realizar a demarcação do reservatório no método de análise da viabilidade do projeto. Para tal dimensionamento, considerou-se algumas variáveis como, a precipitação média mensal expressa em milímetros (mm), área de cobertura de telhado expressa em metros quadrados (m^2), assim como o coeficiente de runoff, estabelecido de acordo com a Lei Complementar nº 766, Decreto nº 346/2015 do município de Maringá.

Os valores de precipitações médias mensais foram determinadas considerando um histórico de precipitações dos últimos cinco anos coletados na Estação Meteorológica de Maringá – ECPM e a demanda

mensal foi calculada de acordo com a NBR 5626/1998.

Com os dados das precipitações médias anuais da região, onde ocorre o levantamento do estudo, com a área do telhado calculada, acrescidas as formas de cálculos de cisternas baseadas na norma NBR 15527/2007, é possível calcular o volume adequado para que o reservatório atenda às necessidades de captação de água.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cálculo das precipitações médias - A tabela 1 apresenta os valores das precipitações médias mensais entre os últimos cinco anos e na última coluna, a média por mês utilizada no presente trabalho.

Tabela 1 – Precipitações mensais em mm da cidade de Maringá entre 2014 e 2018.

MÊS/ANO	2014	2015	2016	2017	2018	MÉD. MÊS
Janeiro	188,3	236,0	419,8	338,6	357,7	308,08
Fevereiro	194,3	214,3	384,1	149,3	88,7	206,14
Março	340,0	307,2	101,7	161,2	221,5	226,32
Abril	162,3	91,4	120,7	159,2	26,7	112,06
Mai	123,9	184,5	252,4	306,1	48,5	183,08
Junho	142,1	12,7	78,0	103,0	66,7	80,5
Julho	132,8	378,6	64,8	0,0	6,5	116,54
Agosto	48,4	53,7	144,4	142,9	257,2	129,32
Setembro	151,3	236,7	39,4	33,2	143,5	120,82
Outubro	58,1	312,3	138,6	311,9	319,5	228,08
Novembro	149,2	369,6	36,9	132,9	197,9	177,3
Dezembro	239,2	327,0	215,3	210,1	140,7	226,46
Média mês						176,22
Sendo precipitação média anual						2.114,7 mm

Fonte: ECPM

Volume de chuva aproveitável - Realizou-se o cálculo do volume de chuva aproveitável da edificação, de acordo com a equação 1.

$$Vm = P * A * C * \eta$$

$$Vm = 176,22 * 181,16 * 0,9 * 0,8 = 22.985,98 \text{ Litros}$$

$$Vm = 22,98 \text{ m}^3$$

Método de Rippl - A tabela 2 apresenta os resultados do dimensionamento do reservatório implantado.

Tabela 2 – Dimensionamento do reservatório Método de Rippl, baseado na NBR 15527:2007

Col. 1	Col. 2	Col. 3	Col. 4	Col. 5	Col. 6	Col. 7	Col.8
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda const. Mensal (m³)	Área de captação (m²)	Vol. de chuva mensal (m³)	Difer. vol. Demanda e vol. chuva (m³)	Difer. acumula val. positivo (m³)	OBS
Jan.	308,08	12	181,16	50,23	- 38,23	0	E
Fev.	206,14	12	181,16	33,60	- 21,6	0	E
Mar.	226,32	12	181,16	36,90	- 24,9	0	E
Abril	112,06	12	181,16	18,27	- 6,27	0	E
Mai	183,08	12	181,16	29,85	- 17,85	0	E
Jun.	80,5	12	181,16	13,12	- 1,12	0	E
Jul.	116,54	12	181,16	19,00	- 7	0	E
Ago.	129,32	12	181,16	21,08	- 9,08	0	E
Set.	120,82	12	181,16	16,69	- 4,89	0	E
Out.	228,08	12	181,16	37,18	- 25,18	0	E
Nov.	177,3	12	181,16	28,90	- 16,9	0	E
Dez.	226,46	12	181,16	36,92	- 24,92	0	E

Fonte: ECPM

Para melhor entendimento, serão detalhadas as colunas sobre a forma de dimensionamento do reservatório: Coluna 1, corresponde aos meses do período de janeiro a dezembro; Coluna 2, são os valores de precipitações médias de acordo com os dados da ECPM; Coluna 3, é o cálculo da demanda constante mensal, portanto, 200 L/pessoa/dia x 4

pessoas x 30 dias = 24000 L/mês = 24 m³/mês. Considerando que: vaso sanitário se tem uma demanda de: 4 pessoas x 8 descargas/pessoa/dia x 9 litros/descarga x 30 dias = 8640 L/mês, rega de jardim: 90m² x 2 L/dia/m² x 12 dias/mês = 2160 L/mês, lavagem de calçadas: 60 L/dia x 10 dias/mês = 600 L/mês e lavagem de automóveis: 1 automóvel x 150 L/lavagem x 4 lavagens/mês = 600 L/mês. Sendo assim, o volume de água não potável necessário é de 12000 L/mês = 12 m³/mês; Coluna 4, é o valor da área de captação apresentado no projeto proposto; Coluna 5, foi calculado considerando valores das chuvas médias mensais, área de captação e coeficiente de escoamento superficial. O coeficiente de escoamento superficial é igual a 0,9. Sendo assim, o cálculo foi realizado da seguinte maneira: Janeiro: 308,08 x 181,16 x 0,9/1000 = 50,23 m³; Coluna 6, apresenta a diferença entre o volume da demanda e o volume de chuva mensais, cujo sinal negativo indica que há excesso de água, eliminada pelo extravasor; Coluna 7, mostra as diferenças acumuladas a partir da Coluna 6, levando em conta os valores positivos; Por fim a coluna 8 é elaborada utilizando as letras E, para quando a água está escoando pelo extravasor, ou seja, o reservatório está cheio, letra D, quando o consumo for maior que a captação, portanto, o nível de água baixando e letra S para nível de água subindo.

Método de Azevedo Neto - A seguinte equação apresenta a capacidade da cisterna de acordo com o método de Azevedo Neto:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

$$V = 0,042 \times 176,22 \text{ mm/mês} \times \frac{1\text{m}}{1000\text{mm}} \times 181,16 \text{ m}^2 \times 3 \text{ meses}$$

$$V = 4,02 \text{ m}^3$$

Foram considerados os valores numéricos de 2114,7 mm para a precipitação média anual (P); Área de captação de 181,16 m² (A) e 3 meses de pouca chuva ou seco. Sendo assim, o volume da cisterna obtido de acordo com o método de Azevedo Neto é de 4,02 m³.

Após a realização dos cálculos e análises, verificou-se que

de acordo com o método de Azevedo Neto, o volume do reservatório calculado não seria suficiente para a demanda necessária da residência. Portanto, selecionou-se um reservatório com capacidade de 12.000 Litros, ou seja, aproximadamente, 12 m³.

Contudo, verifica-se na Coluna 6 (Tabela 2) do método de Rippl, que é formada por valores negativos. Após realizar a finalização dos cálculos de dimensionamento, verifica-se que o volume da chuva aproveitável supre a capacidade de armazenamento do reservatório com maior capacidade, considerando que a água de chuva aproveitável é de cerca de 22,98 m³/mês. Portanto optou-se por um reservatório de maior volume, com capacidade para 20.000 litros ou 20 m³. Considerando que a captação é de elevado volume, poderá ser utilizada futuramente para outros fins não potáveis. Então, será instalado dois reservatórios para captação de águas pluviais com capacidade de 10.000 litros, suprimindo a demanda necessária da residência e atendendo o volume de chuva aproveitável.

O reservatório em cotação ACQUALIMP, é produzido em polietileno de alta densidade (PEAD), portanto não se deforma e garante total estanqueidade. Excelente opção para quem busca aumentar a capacidade de armazenamento e uma alternativa muito eficiente para captação de água da chuva, principalmente em escassez e baixa pressão da rede pública.

4. CONCLUSÃO

Pelo estudo feito e descrito nesse artigo, somos levados a acreditar que o uso de sistema de captação e armazenamento de águas pluviais contribuem e muito para a sustentabilidades das edificações residenciais, o uso de água não potável para fins secundários no dia a dia do usuário é uma forma de diminuir o custo fixo da manutenção da vida do ser humano que moram nos centros urbanos. Além desse aspecto, deve-se levar em consideração a convivência entre os moradores, se

essa prática for amplamente divulgada, será uma ótima alternativa para descongestionamos as galerias de águas do sistema urbano. O uso de reservatórios pré-moldados existentes no mercado, industrializados em alta escala, diminui o custo de implantação do sistema popularizando a sua implantação. Essa solução vem de encontro com as políticas de gerenciamento hídrico que tornaram nosso planeta mais inteligente no manuseio do bem mais precioso, a água.

5. REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 15527: 2007.** Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ABNT. **NBR 5626: 1998.** Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ALMEIDA, G. H. T. D; MASINI, L. S; MALTA, L.R. **Hidrologia e Drenagem.** Editora e Distribuidora Educacional, Londrina, 2017.

ACQUALIMP. Disponível em: <http://www.acqualimp.com>. Acesso em Maio. 2019.

COHIM, E. *et al.* Captação direta de água de chuva no meio urbano para usos não potáveis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABES, 2007.

COSTA, R.D. **Aproveitamento de águas pluviais – Estudo de caso no residencial Lagoa Nova.** Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016.

Estação Meteorológica Principal de Maringá (ECPM), órgão ligado ao INMET de Maringá-PR. Universidade Estadual de Maringá, 2019.

JABUR, A. S; VARGAS, N; MILANI, C. **Aproveitamento de Água Pluvial: Estudo de casos em Pato Branco/PR.** Pato Branco: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2010.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de caso em Florianópolis - SC.** Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

MAY, S. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações**. Dissertação (Mestrado). Curso de Pós-Graduação em Engenharia da Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004.

MORUZZI, R. B; OLIVEIRA, S. C. **Aplicação de programa computacional no dimensionamento de volume de reservatório para sistema de aproveitamento de água pluvial da cidade de Ponta Grossa, PR**. Revista de Engenharia e Tecnologia: UNESP, 2010.

NETO, C. O. A. **Aproveitamento imediato da água de chuva**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Rio Grande do Norte, 2013.

PEREIRA, L. R; PASQUALETTO, A; MINAMI, M. Y. M. **Viabilidade econômico/ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em edificação de 100m² de cobertura**. Goiânia: Universidade Católica de Goiás, 2010.

RAMOS, J. M. G. **Análise e dimensionamento de reservatórios semi – enterrados circulares de Betão armado pré - esforçado**. Universidade do Porto - FEUP, Portugal, 2010.

RUPP, R. F; MUNARIM, U; GHISI, E. **Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial**. Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2011.

SANTOS, R. C. P; LOPES, J. E. G. **Capacidade de reservatórios**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002.

SCARE, R. F. **Escassez de água e mudança institucional: análise da regulação dos recursos hídricos no Brasil**. Dissertação (Mestre em Administração) – Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis**. 1 ed. São Paulo. Ed. Navegar, p. 180 2003.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. São Paulo. Ed. Navegar p. 180, 2005.

VERÇOSA, D. K. S. **Análise dos métodos de dimensionamento de reservatórios de captação de águas pluviais em edificações no município de Niterói**. Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2014.

14. DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EXISTENTE NA CIDADE DE ITAGUAJÉ/PR

DIAGNOSIS OF THE EXISTING SANITARY EXHAUST SYSTEM IN THE CITY OF ITAGUAJÉ / PR



LUARA PEREIRA DA SILVA
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

LOURIVAL DOMINGOS ZAMUNER
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RESUMO

A cidade de Itaguajé, conta com aproximadamente 90% dos domicílios atendidos por abastecimento de água tratada por concessionária municipal, por outro lado não conta com sistema de coleta e tratamento de esgoto, mesmo que no Brasil o saneamento básico é um direito assegurado pela Lei Federal 11.445/2007. Esta define que o planejamento do saneamento básico fica sob a responsabilidade do gestor municipal. Com isso, objetivou-se propor a implantação de fossas sépticas, associadas a filtro e sumidouro, nas residências da cidade de Itaguajé, com objetivo de diagnosticar e analisar sobre a ausência de sistema de esgotamento sanitário e subsidiar os gestores municipais na solução dos problemas existentes, além de fornecer um projeto padrão para a população, com o fim de implantar fossas sépticas para atender residências compostas de 2 a 5 pessoas por domicílio. Com isso, contribuir para a preservação do meio ambiente, como também proporcionar qualidade de vida para a sociedade. O uso do sistema de tanque séptico somente é indicado para áreas desprovidas de rede pública coletora de esgoto, como é o caso da cidade de Itaguajé, sendo que o sistema quando em funcionamento deve preservar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, observando a estanqueidade e distâncias requeridas. No entanto, não é interessante oferecer para a sociedade somente água tratada sem antes preocupar-se com o seu destino após o uso. Vale ressaltar a importância dos meios que fazem o sistema de esgotamento sanitário funcionar na sua plenitude, desde a coleta realizada pelos ramais prediais até a disposição final.

Palavras-chave: Esgoto Sanitário. Fossas sépticas. Sustentabilidade ambiental.

ABSTRACT:

The city of Itaguajé has approximately 90% of the households served by water supplied by municipal utilities. On the other hand, there is no sewage collection and treatment system, even though in Brazil basic sanitation is a right guaranteed by Federal Law 11,445 / 2007. This defines that the sanitation planning is under the responsibility of the municipal manager. Thus, the objective was to propose the implementation of septic tanks, associated with filter and sink, in the residences of the city of Itaguajé, in order to diagnose and analyze the absence of a sewage system and to subsidize the municipal manager in solving the existing problems, as well as providing a standard project for the population to set up septic tanks to serve homes consisting of 2 to 5 people per household. Thus, contributing to the preservation of the environment, as well as providing quality of life for society. The use of the septic tank system is only indicated for areas without public sewage collection system, such as the city of Itaguajé, and the system when in operation must preserve the quality of surface and groundwater, observing the tightness and required distances. However, it is not interesting to offer society only treated water without first worrying about its destination after use. It is worth mentioning the importance of the means that make the sewage system work to its fullest, from the collection made by the building extensions to the final disposal.

Keywords: Sanitary sewage. Septic tanks. Environmental sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Na grande maioria dos pequenos municípios brasileiros, a poluição difusa produzida pelo esgoto sanitário e pela drenagem urbana dispostos inadequadamente nas ruas e solo ou fora dos padrões ambientais, ou ainda, o despejo de sua coleta em locais inapropriados, levou a sociedade a adotar medidas para eliminar os detritos e a procurar meios para se obter água potável de origem confiável, dando origem o que chamamos de saneamento básico (JORDÃO, 2014).

No Brasil, o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição Brasileira e definido pela Lei Federal 11.445/2007 (BRASIL, 2007), que institui a Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), a qual estabelece as diretrizes para os serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana,

manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais. Entretanto, o país ainda precisa avançar consideravelmente nessas áreas, em especial no esgotamento sanitário.

Art. 3º: Para os efeitos da Lei, considera-se:

“I - Saneamento Básico: conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;

b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente;

c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas;

d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas”.

A partir desta lei ficou definido que o planejamento do saneamento básico fica sob a responsabilidade do gestor municipal, e a prestação dos serviços pode ser feito pelo poder público municipal ou por empresas privadas.

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (BRASIL, 2016), mais de 100 milhões de brasileiros não possuem acesso a rede coletora de esgoto, e dez anos após a Lei do Saneamento Básico (PNSB) entrar em vigor no Brasil, metade da população do país continua sem acesso a sistemas de esgotamento sanitário. Segundo os dados mais recentes, do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

(SNIS), divulgados em janeiro de 2016 e referentes a 2015, apenas 50,3% dos brasileiros têm acesso à coleta de esgoto, o que significa que mais de 100 milhões de pessoas utilizam medidas alternativas para lidar com os dejetos – seja através de uma fossa, seja jogando o esgoto diretamente em rios (BRASIL, 2016).

Aliado a isso, verifica-se uma enorme disparidade entre os municípios em função do seu tamanho. Nas cidades com população superior a 1 milhão de habitantes, a relação entre os esgotos tratados e o esgoto coletado é superior a 90% (BRASIL, 2016), e da análise destes dados, percebemos que há uma falta de investimento em infraestrutura no país - no que se refere ao afastamento dos esgotos domésticos – principalmente, em municípios de médio e pequeno porte.

Ainda, e de acordo com a Fundação Nacional da Saúde (BRASIL, 2006) a falta de esgotamento sanitário reflete diretamente na saúde da população, no ambiente em que ela vive e no desenvolvimento econômico e social desta região. Deste modo, o destino adequado aos efluentes gerados, não só fomentaria uma melhora no meio ambiente e no desenvolvimento econômico de uma região, como também, se tornaria uma forma preventiva para o surgimento de doenças relacionadas à falta desse sistema. (SCHUMANN *et. al.*, 2016).

Em um estudo realizado pelo Instituto Trata Brasil (2010), foi verificado que há uma clara associação entre o saneamento básico precário, pobreza e índices de internação por diarreias. Este estudo destacou que o número de internações por diarreias atingia, principalmente, crianças de até 5 anos de idade. As cidades com melhores índices de atendimento de esgoto possuíam um número de internações muito menor quando comparadas com as cidades com piores índices. Consequentemente, a melhora de atendimento de esgoto nos municípios com baixos índices de coleta ou nenhum tipo de afastamento do esgoto sanitário, promoveria uma diminuição de 50% das taxas e custos de internação.

Quanto ao abastecimento de água na cidade de Itaguajé, a cidade conta com aproximadamente 90% dos domicílios atendidos por abastecimento de

água tratada por concessionária municipal, ao passo que a cidade não conta com nenhum sistema de coleta e tratamento de esgoto.

A cidade Itaguaí, situada no noroeste do Estado Paraná, com área de 190,4 km², com 355 metros de altitude em relação ao nível do mar, tem as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 22° 36' 52" Sul, Longitude: 51° 57' 59" Oeste de Greenwich. Sua população é de aproximadamente 4.568 habitantes (IBGE/2010), que vivenciam o desordenamento urbano e sofrem com a ausência de infraestrutura e qualidade de vida devido à falta de saneamento básico adequado.

Figura 1 – Mapa de Localização



Fonte: A autora

O substrato geológico desta cidade é constituído por rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, que se originou de extensos derrames de lavas no período Jurássico-Cretáceo. A intemperização dessas rochas gerou solos bem profundos, desenvolvidos e de alta fertilidade natural, o Latossolo Roxo e a Terra Roxa Estruturada. O Latossolo Roxo, atualmente, designado como Latossolo Vermelho, pode ser encontrado no topo e altas vertentes, enquanto que a Terra Roxa Estruturada, designada como Nitossolo Vermelho, ocorre na

média e baixas vertentes (EMBRAPA, 2017).

Entende-se que a importância de um trabalho de diagnóstico e análise sobre a ausência de sistema de esgotamento sanitário pode fornecer subsídios aos gestores municipais, na solução dos problemas existentes advindo por esta ausência de redes coletoras de esgotos, com o intuito de planejar e evitar danos ambientais futuros, causados pelo processo de urbanização. Neste sentido, a produção de dejetos oriundos das atividades humanas e industriais precisam ser coletados, transportados, tratados e destinados de forma adequada sem causar transtornos à comunidade.

O presente trabalho tem o objetivo de avaliar como é feito o esgotamento sanitário existente na cidade, com ênfase nas existentes “fossas negras” e dos problemas associados com a falta de um sistema de esgotamento planejado e, ao fim, propor e fornecer ao poder público da cidade, um projeto padrão para a população de Itaguajé/Pr, e, com isso, implantar fossas sépticas compostas por filtro e sumidouro para atender residências compostas por 2, 3 e 5 pessoas, com o intuito de contribuir para a preservação do meio ambiente, como também proporcionar qualidade de vida para a sociedade.

SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O resultado da mistura dos dejetos humanos com águas de descargas denomina-se águas cinzas. Essa massa líquida misturada às águas, que são procedentes das atividades de asseio, formam o esgoto doméstico. O esgoto doméstico é basicamente proveniente de residências, estabelecimentos comerciais e hospitais. A composição dos esgotos domésticos, segundo Von Sperling (2011), é de aproximadamente 99,9% de água e 0,1% de sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, e microrganismos, e esta pequena fração é responsável pela necessidade de tratamento dos esgotos.

A contaminação das águas é um dos grandes problemas ambientais atuais, e a principal origem destas contaminações são os

lançamentos indiscriminados de efluentes ao ambiente. Atualmente, tanto em pequenas como em grandes cidades do Brasil, os esgotos são lançados diretamente em corpos hídricos ou infiltrados no solo, gerando com isso, além de contaminação, vários problemas de saúde pública. Nas zonas rurais ou cidades, com menos recursos financeiros para destinar o afastamento correto deste esgoto gerado pela população residente, não é diferente. Como é inviável a construção de redes de esgoto nestas áreas rurais, os dejetos são desviados para fossos, as chamadas “fossas negras”. O que observamos nas pequenas cidades, e como cada residente é responsável pelo destino do seu próprio esgoto gerado, na grande maioria das vezes este é lançado nestas mesmas “fossas negras”, e que não possuem qualquer tipo de isolamento entre esta fossa e o solo (FILIPINI, 2009).

Um dos fatores que contribuem de forma significativa para a contaminação do solo é o lançamento indevido de poluentes, resultado de esgotos depositados sem nenhum tipo de tratamento ou controle, em que as substâncias são capazes de provocar alterações em sua estrutura natural, causando sérios efeitos ambientais. (RODRIGUES et. al, 2012)

A disposição inadequada dos dejetos humanos favorece o aumento de incidências de doenças devido à contaminação das águas e solo. O esgoto é composto por resíduos e pode contaminar o meio ambiente e prejudicar a saúde pública se não receber o devido tratamento. Portanto, considera-se que a qualidade de vida da população está associada ao serviço de tratamento de esgoto (RODRIGUES et. al, 2012).

De acordo com a norma ABNT NBR 9648:1986, esgoto sanitário é o despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária, já o esgoto doméstico é denominado como despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas. O esgoto doméstico é gerado através do abastecimento, que expressa uma taxa de consumo per capita de 130 litros/hab. dia, variando para cada região do Brasil.

Segundo a norma ABNT NBR 12209:2011:

“A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) é o conjunto de unidades de tratamento, equipamentos, órgãos auxiliares, acessórios e sistemas de utilidades cuja finalidade é a redução das cargas poluidoras do esgoto sanitário e condicionamento da matéria residual resultante do tratamento”.

Estas são instaladas nas cidades com população superior a 100.000 habitantes, devido a seu custo ser relativamente elevado tanto de implantação e execução quanto da sua manutenção (ABNT NBR 12.209), e esse afastamento é constituído por um sistema de tubulações e as singularidades com destino ao tratamento final, podendo ser uma ETE ou lagoas de estabilização.

Em pequenas comunidades o esgoto gerado por essa população é usual e mais economicamente utilizado é a fossa séptica para o descarte desses materiais, também chamadas de decanto-digestores, pois é uma unidade que atua química e fisicamente nos dejetos, fazendo a purificação da água vinda do vaso sanitário, separando líquidos de elementos mais densos para devolvê-la ao meio ambiente com o mínimo de qualidade. Esse tipo de sistema vem sendo utilizado há mais de 100 anos. Foi a primeira unidade inventada para o tratamento de esgotos e, até hoje, é a mais extensivamente empregada (NUVOLARI, 2011).

Esse sistema pode ser definido como uma câmara única convenientemente construída para reter e tratar os esgotos sanitários por um período de tempo criteriosamente estabelecido, de modo a permitir a sedimentação dos sólidos e a retenção do material graxo presente no esgoto, transformando-os bioquimicamente em substâncias e compostos mais simples e estáveis. No Brasil, é uma solução bastante disseminada entre a população, servindo tanto a residências com poucos moradores, como a edificações mais complexas, como escolas e outros (FUNASA, 2006).

Para o atendimento unifamiliar, o conjunto de tanque séptico e sumidouro, quando bem dimensionado e executado, pode trazer benefícios, mas por ser relativamente simples de se construir, nem sempre é executado por pessoas qualificadas e de acordo com as normas

vigentes (NUVOLARI, 2011).

O sumidouro ou a vala de infiltração são estruturas destinadas a receber os efluentes provenientes do filtro e permitem sua infiltração no solo dando fim ao processo de tratamento dos efluentes residenciais. O filtro anaeróbio é um dispositivo empregado no tratamento de efluentes de esgoto e que consiste de um tanque contendo material de enchimento que propicie a proliferação e fixação de microrganismos capazes de decompor a matéria orgânica e, dessa forma, ocorre uma “filtragem química” do efluente, eliminando substâncias que prejudicariam o meio ambiente. Os sumidouros devem sofrer inspeções semestrais, pois, observada a redução da capacidade de absorção do solo, novas unidades devem ser construídas. (ABNT NBR 13.969).

Com base no Manual de Saneamento (FUNASA, 2015), para pequenas localidades, a escolha de soluções tecnológicas mais simples e naturais é mais recomendada, devendo-se atender a alguns requisitos principais:

- Baixo custo de implantação e de operação, com nenhuma ou mínima dependência de fornecimento de energia, equipamentos e peças;
- Adequada eficiência na remoção de poluentes com simplicidade operacional e de controle;
- Tecnologia aplicável em pequena escala (sistemas descentralizados), mas com flexibilidade para expansões futuras e aumento de eficiência no processo;
- Reduzido problema com o manejo e disposição do lodo produzido e possibilidade de recuperação de subprodutos utilizáveis;
- Elevada vida útil e experiência prática na utilização da tecnologia.

Os registros de caráter históricos apontam como inventor do tanque séptico, Jean Louis Mouras que, em 1860, construiu na França um tanque de alvenaria, no qual passava os esgotos, restos de comida e águas pluviais, antes de ir para o sumidouro. Este tanque fora aberto 12

anos mais tarde e não apresentava acumulada a quantidade de sólidos que foi previamente estimada, em função da redução apresentada no efluente líquido do tanque (FUNASA, 2015).

A NBR 7229:1993, descreve os tanques sépticos como sendo de forma prismática retangular ou cilíndrica, e tendo como tratamento complementar filtros aeróbios, anaeróbios e de areia, valas de infiltração, escoamento superficial e desinfecção.

REFERENCIAL TEÓRICO

O volume útil total do tanque séptico para atender o grupo familiar objeto deste estudo, pode ser calculado pela equação 1:

$$V = 1.000 + N (C . Td + K . L_f) \quad \text{Equação (1)}$$

Sendo:

V = volume útil, em litros.

N = número de pessoas ou unidade de contribuição.

C = contribuição de despejos, em $\frac{\text{litros}}{\text{pessoa}} \cdot \text{dia}$ ou em $\frac{\text{litro}}{\text{unidade}} \cdot \text{dia}$

Td = período de detenção, em dias.

K = taxa de acumulação de lodo digerido, em dias.

L_f = contaminação de lodo fresco, em $\frac{\text{litro}}{\text{pessoa}} \cdot \text{dia}$

As tabelas 1, 2 e 3, fornecem os dados relativos a contribuição de despejos por pessoa, o tempo de detenção (em dias), a taxa de acumulação de lodo digerido (em dias) e a contribuição do lodo fresco, para a determinação do volume útil da fossa séptica;

Tabela 1 – Contribuição diária de esgoto (C) e de lodo fresco (L_f) por tipo de prédio e de ocupantes

Contribuição de esgoto "C" e de Lodo fresco "L _f " por tipo de ocupação			
Tipo e ocupação de edificações	Contribuição de esgotos "C" (litros/pes.dia)	Contribuição fresco (litros/pes.dia)	lodo "L _f "
1. Alojamentos permanentes			
Residência de alto padrão	160		1
Residência de padrão médio	130		1
Residência de baixo padrão	100		1
Hotéis (exceto lavanderia e cozinha)	100		1
Alojamentos provisórios	80		1
2. Alojamentos temporários			
Fábricas em geral	70		0.30
Escritórios	50		0.20
Edifícios públicos e comerciais	50		0.20
Escolas (externato) e locais de longa permanência	50		0.20
Bares	6		0.10
Restaurantes e similares	25		0.10
Cinemas, teatros e locais de curta permanência	2		0.02
Sanitários públicos	480		4.0

Fonte: NBR 7229:1993

Tabela 2 – Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária.

Tabela 2 – Período de detenção dos despejos, por faixa de contribuição diária.

Contribuição diária (litros)	Tempo de detenção T _d	
	em dias	em horas
Até 1500	1,00	24
De 1501 á 3000	0,92	22
De 3001 a 4500	0,83	20
De 4501 á 6000	0,75	18
De 6001 á 7500	0,67	16
De 7501 á 9000	0,58	14
Maior que 9000	0,50	12

Fonte: NBR 7229/1993

Tabela 3 – Taxa de acumulação total de lodo (K) em dias

Intervalo entre Limpeza (anos)	Valores de K (em dias) por faixa de temperatura ambiente (t) em (°C)		
	$T \leq 10$	$10 \leq t \leq 20$	$T \geq 20$
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fonte: NBR 7229:1993

TANQUES SÉPTICOS E SUMIDOUROS

O uso do sistema de tanque séptico (TS) somente é indicado para áreas desprovidas de rede pública coletora de esgoto, como é o caso da cidade de Itaguajé, objeto deste estudo de caso, sendo que o sistema quando em funcionamento deve preservar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, observando a estanqueidade e distâncias requeridas. Ainda, é vedado o encaminhamento ao TS de águas pluviais ou despejos capazes de causar interferência negativa em qualquer fase do processo de tratamento (ABNT NBR 7229).

Os dois princípios básicos de funcionamento de um tanque séptico envolvem a sedimentação e digestão do lodo, além de existir reações anaeróbias de estabilização da parte líquida. Estas reações existem, pois todo tanque séptico possui um tempo de detenção, e será durante este tempo que estas reações irão ocorrer, tanto o lodo resultante da sedimentação das partículas sólidas quanto a espuma (material flutuante, formado por óleos e graxas) é atacada por bactérias, predominantemente, anaeróbias, oferecendo um melhor grau de tratamento do que um simples processo de sedimentação. Este processo oferece uma redução no volume de lodo, além de sua estabilização (ABNT NBR 7229).

Alguns cuidados devem ser tomados antes do lançamento do afluente no tanque sépticos. A figura 2, abaixo, mostra o funcionamento de tanque séptico, seguidas de sumidouro.

Figura 2 – Estilização de um sistema composto por Fossa Séptica, Filtro e Sumidouro



Fonte: EcoRecover (2019)

Muitas vezes, somente o tanque séptico (TS) não oferece um efluente final com características aceitáveis, que variam de acordo com o corpo receptor e a legislação vigente. A águas residuais que saem do TS ainda possui mau cheiro, grande quantidade de sólidos e organismos patogênicos, além de alta quantidade de nutrientes e DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) (NUVOLARI, 2011).

A função principal do sistema de **tratamento** é receber o afluente e submetê-lo a um processo biológico, com o objetivo de minimizar a sua quantidade de DBO existente. A DBO é a forma mais utilizada para medir a quantidade de matéria orgânica presente no esgoto, e este método mede a quantidade de oxigênio necessária para que ocorra a estabilização biológica da matéria orgânica.

As análises de DBO são realizadas, normalmente, em um período de 5 dias ($DBO_{5,20^{\circ}}$) a 20°C , devido a estabilização completa da matéria orgânica exigir naturalmente um tempo maior, em temperaturas de 20°C . A DBO dos esgotos domésticos varia entre 100 a 400 mg/L de

acordo com a condição do esgoto, no entanto, a legislação dos estados brasileiros determina uma concentração limite para o efluente e, no Paraná, admite-se até 60 mg/L (NUVOLARI, 2011).

Ainda, de acordo com Nuvolari (2011), com a utilização de fossas sépticas de câmara única para tratamento do efluente final, notou-se as seguintes eficiências na remoção desses efluentes, quando este sistema for bem projetado e construído, ou seja:

DBO – remoção entre 40 a 60% de remoção;

DQO – remoção entre 30 a 60% de remoção;

Sólidos sedimentáveis – 50 a 70% de remoção;

Óleo e graxas – 70 a 90% de remoção.

Por outro lado, a DQO (Demanda Química Orgânica) é um parâmetro de grande utilidade quando utilizado em conjunto com a DBO, no qual é observada a degradabilidade dos despejos, ou seja, detecta as substâncias resistentes a degradação biológica e é considerada indispensável nos estudos de caracterização de esgotos domésticos e industriais. Outro fator, a importância da DQO é a sua utilização para previsão das diluições das amostras na análise de DBO. Assim como a DBO_5 , os valores da DQO podem variar entre 200 mg/L a 800 mg/L, e a vantagem da DQO sobre a DBO é permitir a resposta em um tempo menor a 2 horas. (NUVOLARI, 2011).

Os efluentes de uma fossa séptica podem ser lançados em sumidouros ou poço absorvente, quando a taxa de absorção do solo for igual ou superior a 40 litros/m². Os solos que possuem essa taxa de infiltração são as argilas arenosas e/ou siltosas, variando a areia argilosa ou silte argiloso de cor amarela, vermelha ou marrom (BATALHA, 1986). São poços secos escavados no chão e não impermeabilizado, que orienta a infiltração de água residuais no solo (ABNT NBR 7229).

Finalizando, a função principal deste sistema de fossa séptica, filtro e sumidouro é fazer com que o lodo seja digerido e seus efluentes sejam tratados e, que alcance níveis aceitáveis para que seja encaminhado ao sumidouro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo de caso se divide em levantamento bibliográfico e levantamentos *in loco* das condições do esgotamento sanitário existente na cidade de Itaguajé/PR. O levantamento bibliográfico consiste em explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em artigos, livros, dissertações e teses, e pode ser realizada independentemente (CERVO, 2007).

Dessa forma, foi realizado um levantamento *in loco* de material bibliográfico relativo ao estudo de sistemas de esgotamento sanitário, a história do sistema de esgoto sanitário na cidade de Itaguajé/Pr, partes constituintes para o dimensionamento de fossas sépticas e a proposta de localização das mesmas nas residências dos munícipes da cidade, conforme as normas que tratam de estudos de projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos (ABNT NBR 7229) combinada com a Tanques Sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação (ABNT NBR 13.969).

De acordo com o Censo da cidade de Itaguajé (IBGE, 2010), a cidade conta com 1.468 domicílios e dentre estes somente 1,6% dos domicílios com esgotamento sanitário adequado, ou seja, dotado de Fossas Sépticas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como estudo de caso, dimensionou-se uma proposta de fossa séptica de câmara única de acordo com os procedimentos estabelecidos pelas normas brasileiras citadas e, de acordo com o número de pessoas residentes nos domicílios e que irá melhor atender à população dos pontos de vista técnico, econômico, financeiro e social,

As tabelas 4, 5 e 6, fornecem os dados relativos ao dimensionamento do tanque séptico, filtro e sumidouro.

O volume útil total do tanque séptico deve ser calculado pela

equação 1,

$$V = 1.000 + N (C.Td + K.L_f) \quad \text{Equação (1)}$$

De acordo com a equação, preconizada pela norma, o volume útil necessário para o tanque séptico é obtido em m³ e a altura útil é obtida através da divisão do volume útil pela sua área. Com a finalidade de facilitar o processo construtivo, arredonda-se os valores relativos ao comprimento, largura e profundidade. Logo, aumentando a profundidade, o volume também aumentará. Diante disso, com o volume encontrado, determinou-se as fossas sépticas para as quantidades de pessoas inicialmente previstas, podendo ser visualizadas na Tabela 4, com as seguintes dimensões internas:

Tabela 4 – Dimensionamento de fossas sépticas retangulares

Dimensionamento - Fossa Séptica Retangular				
Nº de pessoas	Comprimento	Largura	Profundidade	Volume (m ³)
Até 2	1,25	1	1,2	1,5
Até 3	1,4	1,1	1,3	2
Até 5	1,5	1,2	1,4	2,5

Fonte: A autora.

Os cálculos realizados para o dimensionamento do tanque séptico foram feitos para residências de padrão médio, com um tempo determinado para limpeza de 2 (dois) ano; contribuição de despejo equivalente à 130 litros/habitantes.dia. Esses dados serão necessários para atender a necessidade da população das residências.

O volume útil do filtro anaeróbio deve ser calculado pela equação 2, porém o volume mínimo do filtro deve ser de 1.000 litros (ABNT NBR 13.969). Esses valores podem serem vistos na Tabela 5.

$$V = 1,6 * N * C * T \quad \text{Equação (2)}$$

Sendo:

V = volume útil do filtro, em m³.

N = número de contribuinte.

C = contribuição dos dejetos, em litros/habitante.dia

T = tempo de detenção hidráulica, em dias

Tabela 5 – Dimensionamento do filtro anaeróbico

Dimensionamento – Filtro anaeróbico				
Nº de pessoas	Comprimento	Largura	Profundidade	Volume (m ³)
Até 2	1,1	0,80	1,20	1
Até 3	1,1	0,80	1,20	1
Até 5	1,1	0,90	1,20	1.10

Fonte: A autora.

Como volume do filtro não atingiu o mínimo necessário em cálculo, vamos adotar como sendo 1000 litros, esse o volume mínimo preconizado na norma ABNT NBR 13.969:1997.

Com os valores utilizados no dimensionamento da fossa séptica, obtém-se o volume do sumidouro, através do volume de contribuintes X contribuição de esgoto (130 litros/pessoa), o tipo de solo da cidade de Itaguajé/Pr que é do tipo argiloso semipermeável e o coeficiente de infiltração determinado foi de 88 litros/m².dia., e por meio da equação 4, foi possível dimensionar o sumidouro, conforme pode-se observar os resultados na tabela 6 (ABNT NBR 7229)

$$N = \frac{A}{AT} \quad \text{Equação (4)}$$

Sendo:

N= Numero de sumidouro necessário

A = área do sumidouro, em m².

At = área do sumidouro, em m².

Tabela 6 – Dimensionamento do sumidouro

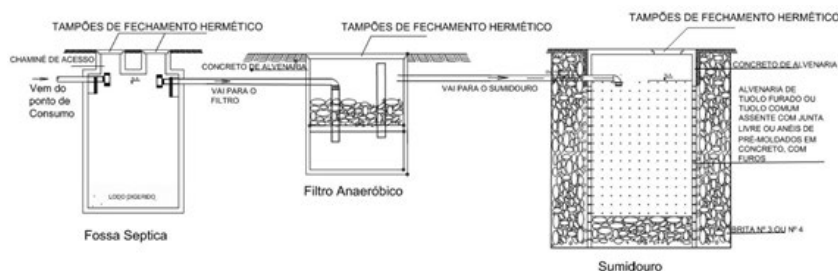
Dimensionamento – Sumidouro Circular				
Nº de pessoa	Área Total (m ²)	Diâmetro (m)	Altura (m)	Quantidade
Até 2	2,95	2,20	3	1
Até 3	4,43	2,20	3	1
Até 5	7,38	2,20	3	1

Fonte: A autora.

Como a norma descreve, o diâmetro mínimo do sumidouro é de 1,20 (um metro e vinte centímetros) e a altura de 2,50 (dois metros e cinquenta centímetros) além do tamanho mínimo proposto, é preciso preencher o fundo e as laterais do sumidouro com 0,50 (cinquenta) centímetros de espessura de brita 4 (quadro).

Abaixo, pela Figura 3, esquema representando o projeto proposto por este trabalho para ser implantado na cidade de Itaguajé/Pr.

Figura 3 – Projeto Padrão de Fossa Séptica, Filtro Anaeróbico e Sumidouro



OBS: TODAS AS MEDIDAS ESTÃO ESPECIFICADAS EM TABELAS

Fonte: A autora (2019).

4. CONCLUSÃO

O projeto proposto de fossa séptica, filtro e sumidouro poderá ser implantado na cidade de Itaguajé para aquelas residências determinadas em quantidades de pessoas e oferecido gratuitamente pelo

poder municipal para os munícipes que quiserem fazer o uso do mesmo e, para tanto, no ato da aprovação de novas edificações pela secretaria de obras responsável, os projetos arquitetônicos de construção ou de reforma, deverá constar esse sistema de tratamento de esgoto para ser construído no imóvel.

Não é interessante oferecer para a sociedade somente água tratada sem antes preocupar-se com o seu destino após o uso. Vale ressaltar, a importância dos meios que fazem o sistema de esgotamento sanitário funcionar na sua plenitude, desde a coleta realizada pelos ramais prediais até a disposição final. Todo esse processo não requer somente eficiência nas construções das fossas sépticas, como também um modelo de manutenção efetiva e que realmente funcione, ou seja, é necessário um planejamento estratégico de implantação e manutenção que envolva nas atividades executadas, equipamentos adequados e profissionais habilitados, retratando a preocupação com a sustentabilidade econômica e a minimização dos impactos causados à natureza.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229:1993. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

_____. **NBR 9648. Estudos de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário**. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

_____. **NBR 12209. Elaboração de Projetos hidráulico-sanitários de estações de tratamento de efluentes sanitários**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

_____. **NBR 13.969. Tanques Sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 11.445**, de 05 de dezembro de 2007. Brasília: Presidência da República do Brasil, 2007.

_____. **Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento**. Diagnóstico dos serviços de Água e Esgoto - 2014. Brasília: SNIS, 2016.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. **Metodologia científica**. 6 ed. São Paulo, PEARSONS, 2007.

Embrapa. **Manual de métodos de análise de solo**. 2017. Disponível em <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1085209>> Acesso em: 25 mai. 2019.

FILIPINI, G. T.R. **A EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO PARQUE**: uma experiência de pesquisa e formação de educadores ambientais no Vale do Rio do Peixe. 2007. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Oeste de Santa Catarina, Joaçaba, 2007.

FUNASA. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios**, 2006. Disponível em <http://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/pdf/manual_20de_20saneamentomunicipios_feam2002.pdf> Acesso em: 15 mai. 2019.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento**. 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/Windows/Desktop/tcc%20e%20artigo/manual_saneamento_3ed_rev_p1.pdf> 10. Acesso em: 15 mai. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico por Cidades, 2010**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em 05 abr. 2019.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Painel Saneamento do Brasil**. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>. Acesso em: 16.08.2019.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 7. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2014.

NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário: Coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola**. Edgard Blucher, 2 ed, São Paulo, 2011.

RODRIGUES, A. S. L.; CARVALHO, F.F.; CASTRO, A.L.S.; VEIGA, B. G. A.; PINTO, G.M. **Gerenciamento do tratamento de água e esgoto realizados pela companhia de saneamento básico de Pires do Rio – GO: Um estudo de caso**. Gl. Sci. Technol., Rio Verde, V. 5, n. 01, p.40 – 51, jan/abr. 2012.

SCHUMANN, C.; NAZARI M. T.; FAVRETTO, C. R.; DALL'AGNOL, A. L. B.; MÊLORY, M. M. F. de; MAURIZIO, M. Q. **Avaliação do sistema de esgotamento sanitário do município de Arroio Grande/Rs**. 5º Fórum Latino Americano de Engenharia e Sustentabilidade. Brasília, 2016. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3saeast1.amazonaws.com/engineeringproceedings/necamb2016/es-005-4896.pdf>. Acesso em: abr. 2019.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2011. p. 452.

15. DIMENSIONAMENTO DE TRECHO DE TRANSPORTE DE PESSOAS SOBRE TRILHO

SCALING THE TRANSPORT SECTION OF RAILS ROADS FOR PASSENGERS



LUCAS MATHEUS PEREIRA
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

SÉRGIO RODRIGUES DE SOUZA
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RESUMO

A mobilidade urbana é um elemento presente no dia a dia da população, onde pessoas se deslocam de seus domicílios até seus destinos utilizando veículo particular, coletivo, bicicleta ou até mesmo a pé. A quantidade de veículos no centro da cidade aumenta a cada dia, com isso as vias vêm excedendo sua capacidade de tráfego, causando transtornos para o usuário. Ao analisar as grandes cidades, a ineficiência do trânsito causa falhas na qualidade de vida das pessoas, uma vez que o tempo de deslocamento de um lugar para o outro é maior. A imagem caótica de um trânsito parado é um indicador de um planejamento insuficiente para o crescimento urbano. Portanto, observou-se a necessidade de realizar um estudo para solucionar o tráfego volumoso nas vias centrais da cidade de Maringá-PR. A partir das condições existentes e necessidades observadas, o trabalho propõe dimensionar um novo sistema de transporte na Avenida Brasil, o VLT – Veículos Leve sobre Trilhos, veículo já utilizado com frequência como meio alternativo para melhorar o nível de serviços, diminuição de gargalos entre outros modais (volume de veículos automotores), e minimizar os impactados locais, com maior mobilidade e flexibilidade aos pedestres.

Palavras-chave: Infraestrutura. Mobilidade urbana. Ferrovias. Transporte.

ABSTRACT

Urban mobility is an everyday element of the population, where people move from their homes to their destinations using a private vehicle,

a collective, a bicycle or even on foot. The amount of vehicles in the center of the city increases every day, so the roads have exceeded their traffic capacity, causing inconvenience to the user. If one observes in the big cities the inefficiency of the traffic fails in the quality of life of the people, since the time of displacement from one place to the other is greater. The chaotic image of a stopped traffic is an indicator of insufficient planning for urban growth. Therefore, it was observed the need to carry out a study to solve the massive traffic in the central highways of the city of Maringá-PR. Based on existing conditions and observed needs, the work proposes to dimension a new transportation system at Avenue Brasil, VLT - Veículos Leve sobre Trilhos, a vehicle already used frequently as an alternative means to improve the level of services, decrease of bottlenecks among other modalities (volume of motor vehicles), and minimize the impacted places, with greater mobility and flexibility for pedestrians.

Keywords: Infrastructure. Urban mobility. Railways. Transport.

1. INTRODUÇÃO

Necessidade de um transporte alternativo no centro de maringá.

A lei federal nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012, em seu art. 2º nos diz que:

“A Política Nacional de Mobilidade Urbana tem por objetivo contribuir para o acesso universal à cidade, o fomento e a concretização das condições que contribuam para a efetivação dos princípios, objetivos e diretrizes da política de desenvolvimento urbano, por meio do planejamento e da gestão democrática do Sistema Nacional de Mobilidade Urbana”.

OS SISTEMAS DE GESTÃO DA QUALIDADE

Grande parte das cidades do país utiliza um planejamento de transporte que incentiva a mobilidade motorizada individual. A ausência de políticas públicas em planejamento de médio e longo prazo

atenuam uma série de intempéries, que são diretamente proporcionais ao crescimento das cidades. Isso gera engarrafamentos, ausência de segurança e diminuição da qualidade de vida (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2004).

Os centros urbanos têm apresentado alguns problemas, tais como engarrafamentos constantes, a dependência de automóveis, o crescimento da frota de carros e o aumento da poluição, ocasionando assim a diminuição da qualidade de vida (GOLIAS, 2002). Segundo Denatran (2019), a frota de veículos no município de Maringá já soma a quantia de 326.896 veículos, esse número é cerca de 11% maior que 2013, quando esse valor atingiu uma marca de 293.402 veículos.

Quando feito de forma eficaz, a infraestrutura de transporte público, não surge apenas para diminuir o fluxo de carros, serve também para o desenvolvimento do município e é benéfico para o crescimento social, pois fazendo a escolha do transporte ideal lhe permite a integração com outros modais, reduzindo assim problemas ambientais, e também, garante uma melhoria de qualidade de vida da sociedade (BERNARDES; FERNANDES, 2016).

Para Carvalho (2014), já é possível separar cada modal de transporte. Hoje, por forma de mobilidade urbana, há uma locomoção mais apropriada para cada atividade, desde as mais comuns até as mais singulares. Em sua plenitude, o planejamento de ocupação do solo é a melhor forma de garantir o ingresso dos cidadãos ao que o recinto urbano tem de oferecer (comércio, centros médicos, universidades, parques). O Ministério das Cidades (2013) nos remete que o interesse e um conjunto de forças, tanto do Estado quanto da iniciativa privada costuma gerar o desenvolvimento de uma cidade. Essa cumplicidade pode se alterar entre os agentes (público e privado), variando muito das condições típicas de cada época.

Em cidades de continentes como a Europa, por exemplo, o VLT (veículo leve sobre trilhos) é costumeiramente utilizado. Essa solução permite a locomoção da população, através de transporte de pessoas sobre trilhos para áreas de maior demanda das cidades. Durante o

trajeto, terminais de integração teriam de ser implantados, facilitando aos passageiros a integração com as linhas de ônibus (CARVALHO, 2014).

Nas grandes cidades existem dificuldades a serem sanadas para o trânsito de pessoas, desta forma, se direciona um estudo a fim de potencializar um transporte coletivo e como garantir a circulação de veículos a fim de evitar congestionamentos, entre outros (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2005).

Devido ao grande crescimento populacional que se tem no município de Maringá nos últimos anos, nota-se a necessidade de maior mobilidade urbana, essa mobilidade, conseqüentemente, acarreta em crescimento da malha viária do município, gerando assim transtornos como acidentes, engarrafamentos. O sistema de transporte sobre trilho visa minimizar esses problemas, pois esse tipo de transporte não ocupa espaço nas ruas, e potencializaria essa mobilidade populacional dentro do referido município.

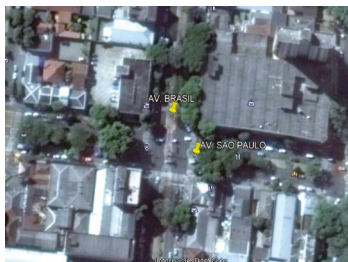
Nesse sentido o presente estudo tem como objetivo realizar um estudo de viabilidade de implantação do VLT (veículo leve sobre trilhos) na cidade de Maringá e dimensionar o sub-leito, reforço, sub-base e base para instalações de dormentes e trilhos, além de determinação de inclinação do trecho.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a implantação do novo modal de transporte em um trecho na avenida Brasil, entre a praça 7 de setembro até a avenida São Paulo, utilizou-se uma metodologia básica, verifica as características físicas (de espaço) do local, propondo analisar a possibilidade de uso no eixo central entre as duas vias paralelas, hoje canteiro central com a implantação do sistema de transporte em trilhos, ligando os dois extremos da avenida através de terminais, contudo uma nova alternativa de transporte de fluxo para pedestres. Após as análises e necessidades,

baseado nas metodologias que o transporte ferroviário de cargas utiliza como meio de implantação, e as condições de infraestrutura que o local apresenta, foi possível realizar um pré dimensionamento com o intuito de definir se existi ou não condições necessárias para implementação do VLT na cidade de Maringá, conforme figuras 01 e 02

Figura 01: vista aérea do local onde será feito o corte transversal.



Fonte: Google earth

Figura 02: vista longitudinal do local do corte transversal.



Fonte: Google earth

Analisou-se todas as etapas e características que classifica o veículo sobre trilhos exclusivamente para o uso como transporte de passageiros, níveis adequados de infraestrutura ferroviária que influencia na compatibilização entre modais já implantados no local de estudo, como: veículos, ciclovias, entre outros envolvidos.

O sistema para a implantação do VLT foi dividido em três níveis, que foram: dormentes, lastro e infraestrutura. O conjunto de camada e de elementos, que possibilitam a locomoção dos trens, é chamada de “via permanente”. O subleito se encontra à camada inferior da terraplanagem, assim sendo denominada infraestrutura, assim como todas as camadas abaixo desse nível. Já a superestrutura é composta por:

- Sublastro: basicamente constituída por material granular, costumeiramente bem graduado, situa-se entre o subleito e o lastro. Esta atua como um filtro, que evita a infiltração de solo no subleito do lastro. Suas funções são:
 - Diminuir a pressão oriunda do lastro, adequando, assim essas cargas ao subleito;

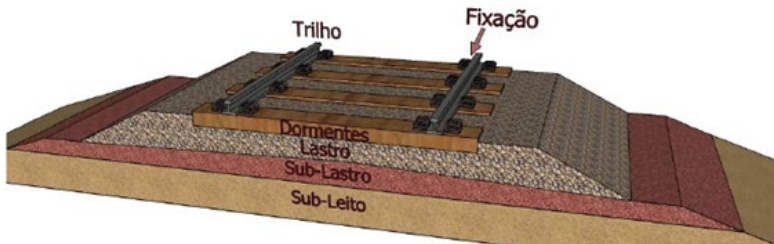
- Não permitir o bombeamento de finos, quando a “lama”, que se resulta da mistura fina do solo com água, se desloca pela ação do tráfego, em direção a camada do lastro, assim modificando suas propriedades;
- Diminuição da espessura do lastro, assim gerando economia, pois o material empregado no sublastro é menos oneroso.
- Lastro: formado por uma camada de produto granular, situado sobre o sublastro, espessura gira em torno de 250mm a 350mm. Suas funções são:
 - Resistir e dividir uniformemente as grandes tensões verticais, ocorridas na área de interação dormente/lastro, ocasionadas pela passagem dos veículos;
 - Repassar os esforços reduzidos para as camadas inferiores (sublastro e subleito), assim esses esforços sendo em níveis adequados para os materiais dessas camadas;
 - Manter a estabilidade de dormentes e trilhos referente aos esforços (verticais, laterais e longitudinais).
- Dormente: São partes perpendiculares aos trilhos, costumeiramente são usados como madeira, concreto ou aço. Esses materiais devem resistir às solicitações de cargas e as condições ambientais da via. Dormentes é um item primordial no VLT, tendo como funções:
 - Garantir suporte adequado e seguro dos trilhos;
 - Manter a bitola e a estabilidade vertical, lateral e longitudinal da via;
 - Amortecer parcialmente as vibrações;
- Fixações: são estas quem estabilizam o posicionamento dos trilhos nos dormentes. Desta forma, os trilhos não sofrem deslocamentos laterais, verticais e longitudinais, causados pelos esforços dos veículos e pela variação de temperatura;
- Trilhos: estes são peças de aço, alocadas de forma

longitudinal na via, os mesmos são responsáveis por:

- Repassar os esforços da passagem dos veículos para os dormentes;
- Direcionar o caminho dos trens;
- Fornecer uma superfície adequada e distribuir as forças de aceleração e frenagem;
- Conduzir corrente elétrica para os circuitos de segurança da via.

Esses componentes são demonstrados na figura 03, que se dividem em infraestrutura e superestrutura.

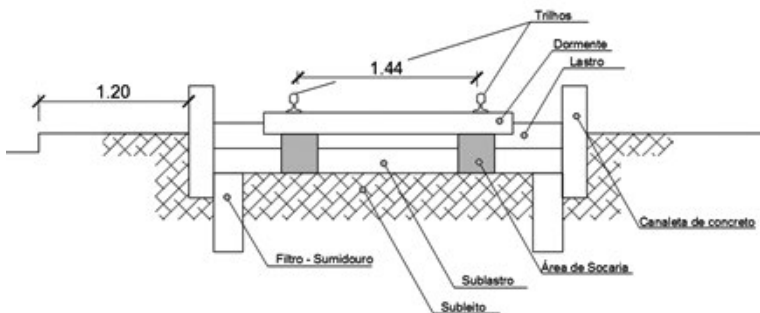
Figura 03 - Componentes de uma via permanente



Fonte: Klinevicius (2011)

Neste caso, a via se formou pela infraestrutura, camadas de suporte a partir da terraplenagem (subleito), sublastro, lastro, dormentes, fixadores e trilhos. Conforme figura 04.

Figura 04 – seção transversal da via permanente



Fonte: O autor

O espaço que delimita os trilhos é definido por bitola, padrões distribuídos em intervalos de 1,00m (bitola métrica) e de 1,60m (bitola larga). Para o dimensionamento da via no município de Maringá, foi considerado um intervalo de 1,44m, levando em consideração o espaço disponível na avenida Brasil, e a metodologia aplicada para a definição em cada nível estipulado.

Infraestrutura

Souza (2016) nos remete que a infraestrutura está distribuída em sublastro, camada granular, costumeiramente feita com areias naturais, pó de pedra, escórias de fornos siderúrgicos, com missão de absorver esforços recebidos pelo lastro e descarregar uniformemente para a plataforma (subleito). Também, impede a penetração dos agregados localizados na parte inferior do lastro, e serve como camada drenante, protegendo a camada do solo de águas oriundas de chuvas, evitando a ascensão dos finos do solo para o lastro. Já o lastro, transmite os esforços para o sublastro, distribui de forma equitativa toda pressão recebida pela passagem do veículo na camada situada entre dormentes e sublastro, sua função primordial é atuar como um “colchão flexível” no qual amortece vibrações que a tensão admissível introduz pelo veículo sobre a via, além de manter os dormentes travados, trilhos alinhados e plataforma regularizada, costumeiramente composta por pedra britada.

Os dormentes, por sua vez, são elementos estruturais da via, possuem função de receber e distribuir toda pressão e esforços produzidos pelo veículo ao lastro. Seu objetivo principal é de ser um suporte para os trilhos, não permitindo a locomoção dos mesmos, logo mantendo as distâncias da bitola, criando elasticidade no trilho para que o sistema não seja rígido, pois assim danificaria todo o conjunto da via. Existem 3 tipos de materiais para dormentes, sendo madeira, concreto, e concreto protendido.

Segundo Souza (2016), para dimensionar transporte ferroviário, as etapas se referem a infraestrutura e superestrutura. Partiu dessas considerações a definição da nova metodologia para VLT (veículo

leve sobre trilhos), com mesmo conceito seguido com características diferentes, assim a infraestrutura se divide em:

Sublastro

Com um suporte ideal, aumenta-se a capacidade de receber esforços pela plataforma, dessa forma o lastro fica com um tamanho reduzido, distribui equitativamente as cargas transmitidas pelo veículo até o subleito. Um fator primordial é o aumento da resistência contra erosões no subleito, com função de formar barragem para erradicar penetrações de água na estrutura, assim gerando condições de elasticidade na via Souza (2016).

Índices

Para Rives (1977), o sublastro como material deverá apresentar as seguintes características:

IP – Índice de Plasticidade com variação entre 4, no máximo 6;

IG – Índice de grupo, igual a 0;

LL – Limite de liquidez, no máximo 35;

CBR – Índice de suporte Califórnia, no mínimo de 30.

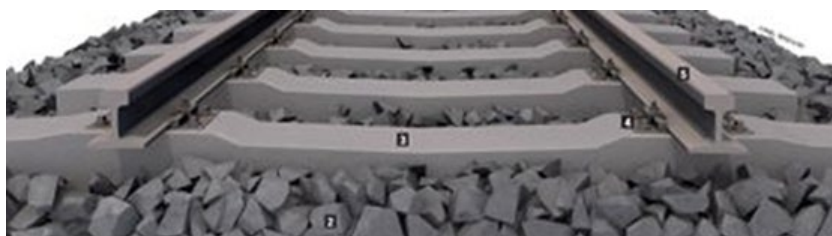
Recomenda-se que a compactação para chegar ao peso específico aparente, corresponda a 100% do obtido no ensaio de proctor. Conforme DNER – ES – P09 – 71, os recursos estão na adoção de solo molhado com cimento aumentando o índice de resistência para o lastro, conforme Souza (2016).

Lastro

Seu principal objetivo é distribuir os esforços verticais que resultam do veículo sobre a plataforma, assim fazendo a transferência para o sublastro, e minimizando a taxa de trabalho na plataforma de suporte até o subleito. Uma função importante do lastro é garantir a superfície contínua e uniforme através dos dormentes, não apenas estrutural, contudo da drenagem da superestrutura. O lastro é composto por: terra, areia, cascalho, pedra britada. Para o VLT, no município de

Maringá, foi utilizada pedra britada, pois não sofre alterações nas suas características como intempéries de agentes atmosféricos. Esse material é permeável, e garante elevado nível de nivelamento, conforme Souza (2016).

Figura 05 – Representação do lastro para suporte do dormente apoiado na plataforma formada pelo sublastro



Fonte: Souza (2016), Infraestrutura Urbana (2013)

Especificações

AREMA (2009) nos informa que os parâmetros para as vias brasileiras ferroviárias estão distribuídos nos pesos específicos, resistência de ruptura do material, absorções no material e ensaios de granulometria, conforme Souza (2016). Assim sendo, foram utilizadas as mesmas características das vias ferroviárias, que foram capazes de suportar os mais altos níveis de carga para o VLT, veículos menos pesados, somente de passageiros.

De acordo com AREMA (2009), temos:

- a) Peso específico mínimo – 2,7;
- b) Resistência de ruptura para o material – 700 kg/cm².
Ensaios realizados com 5 cm de aresta, material lavado em máquinas de compressão;
- c) Absorção do material com uma amostra de 230 gramas (1/2 libras) mergulhada em água, por aproximadamente, 2 horas com o intuito de aumentar o peso não ultrapassando a 8

gramas/dm³;

- d) Solubilidade do material com 7 dm³ para brita triturada e lavada. Coloca-se dentro de um recipiente, agita no período de 48 horas durante 5 minutos com intervalo de 12 horas. Neste processo, se houver descoloração o material, é considerável solúvel e impróprio para uso;
- e) As substâncias nocivas atuantes no material não devem ultrapassar 1%, torrões de argila, conforme método apresentado na ABNT da MB8;
- f) Granulometria do material, sem grandes dimensões, pois o material funcionaria como cunhas e o nivelamento, um dos principais processos, seria pouco durável. Por outro lado, se o material tiver dimensões muito pequenas, acaba selando todo o conjunto de rocha, perdendo a função de drenagem. Conforme as determinações da ABNT, o material de lastro deve obedecer às dimensões entre 3/4 e 2.1/2 de 2 – 6 cm.

Para pontos de parada e áreas de manobra admite-se granulometria com diâmetros reduzidos. Para AREMA (2009), a resistência à abrasão é classificada mediante o ensaio Los Angeles, processo para verificar a resistência do material. São lançados uma amostra de 5 kg limpa e seca diretamente na máquina de Los Angeles com 12 bolas de aço pesando cada uma 390 a 445 gramas, com velocidade no tambor de 30 a 34 rotações (RPM), a partir de 500 revoluções a amostra passa na peneira número 12 de 1.68 mm, depois é pesada, obedecendo os seguintes requisitos:

P = peso da amostra (5kg)

Pr = peso do material retido na peneira

Souza (2016) nos diz que se leva em consideração a porcentagem de descarte em relação ao peso inicial ou coeficiente de desgaste Los Angeles, definido como:

$$CLA = \frac{P - Pr}{P} * 100$$

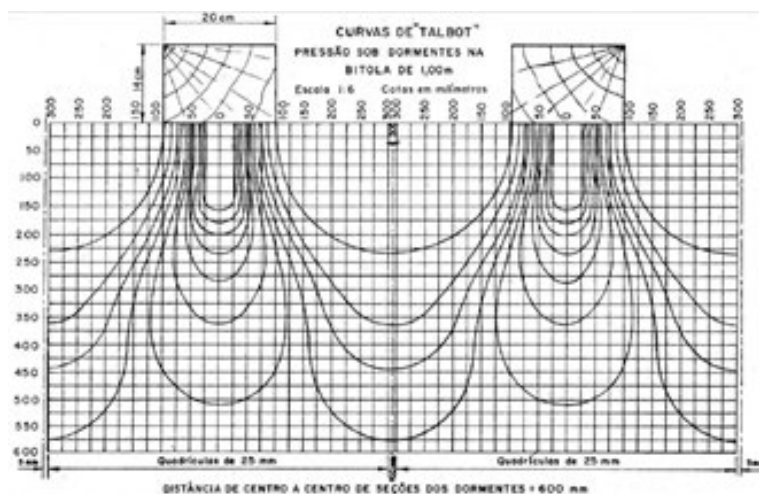
Para o lastro, o coeficiente deverá estar no máximo com 35%.

Altura do lastro

Camada formada pela pedra britada com resistência para receber a carga distribuída exercida pela via. Assim sendo, um dos fatores com maior índice de impacto está na pressão admissível ou taxa de trabalho sobre o solo, neste caso, sublastro, conforme Souza (2016).

Na figura 06, diagrama de cargas sobre o lastro, este é causado pela distribuição de pressão, assim forma-se um bulbo de pressões, de acordo com estudos de Talbot (1920). Essas são pressões médias na face inferior do dormente, chamado de P_0 .

Figura 06 – Curva de pressão de Talbot



Fonte: Brina (1979)

Após análise foi possível identificar que as pressões variam sobre o dormente. Fica claro que as pressões no centro do dormente exerceram maior esforço do que as aplicadas nas extremidades. Segundo Talbot, (1894), divulgado pela AREMA – American Railway Engineering Association, essa distribuição de carga foi realizada conforme modelo matemático dada pela equação:

$$K\% = \frac{\eta}{P_0} * 100$$

Temos:

$$P_h = \frac{16,8}{h^{1,25}} * P_0$$

Sendo:

P_h = pressão à profundidade com a altura h .

P_0 = pressão na fase inferior do dormente.

h = altura do lastro em polegadas.

Transformação de unidade polegadas para métricas:

$$P_h = \frac{16,8}{\frac{hcm^{1,25}}{2,54}} * P_0 = \frac{16,8 * 2,54^{1,25}}{(hcm)^{1,25}} * P_0$$

Ou:

$$P_h = \frac{16,8 * 3,206}{h^{1,25}} * P_0$$

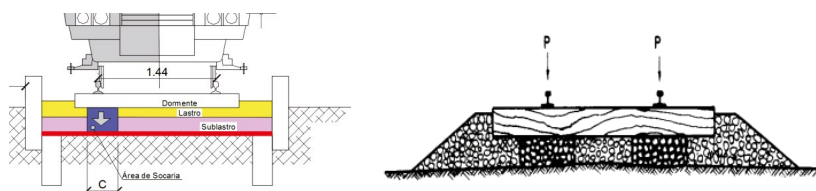
Finalmente,

$$P_h = \frac{53,87}{h^{1,25}} * P_0 \quad (1)$$

No caso, h (altura), será obtido em centímetros, classificando P_0 e P_h em kg/cm². P_0 com os seguintes valores:

Através de P_c define a carga sobre o dormente, já b a largura e c a distância longitudinal definida como área de socaria, (recebe a vibração do lastro sob o dormente) com aproximadamente 70 a 90 cm dependendo da bitola aplicada na via.

Figura 07 – Área de socaria. Ponto de concentração de carga distribuída por trilhos



Fonte: Brina (1979)

De acordo com Souza (2016), é considerado para P a carga total dividida em duas, classificada como o valor da roda mais pesada, ou seja, a metade do veículo em virtude da rigidez dos trilhos e deformações elásticas da via.

Conforme AREMA (2009), recomenda-se:

$$P_c = \frac{P_r}{n} * C_d$$

P_r = peso da roda mais pesada

C_d = coeficiente dinâmico das cargas, e

$$n = \frac{d}{a} = \frac{\text{distância entre eixos}}{\text{distância entre centros dos dormentes}}$$

Foi considerado o valor do coeficiente dinâmico conforme manual da AREMA (2009):

$$C_d = 1 + \frac{V^2}{30.000}, \quad \text{sendo} \quad V \text{ a velocidade em km/h.}$$

Um dos pontos principais a considerar é o valor da pressão admissível na base da plataforma, sublastro. São valores extraídos do terreno por provas de carga, técnicas expostas pela Mecânica dos Solos, entende-se que:

$$P_h \leq \eta \quad - \text{pressão admissível}$$

$$\eta = \frac{P_r}{n}, \quad \text{sendo}$$

P_r pressão de ruptura do solo, por falta de dados precisos, deve-se utilizar o seguinte processo muito satisfatório, somente para fins práticos, como valor do CBR – Índice de Suporte Califórnia. No caso do sublastro o valor é conhecido, como:

$$CBR = \frac{p}{70} * 100$$

$$\text{sendo,} \quad p = \frac{70 * CBR}{100}$$

Adotado:

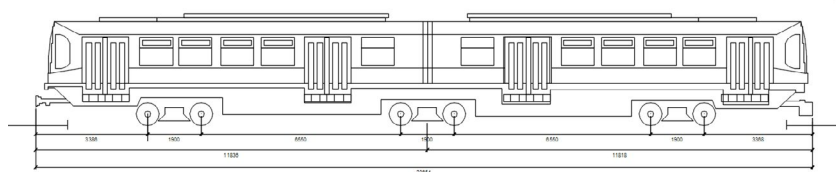
$$\eta = \frac{p}{n} \quad \text{sendo } n \text{ o coeficiente de segurança com valores entre 5 e 6.}$$

Quando aplicado alto coeficiente de segurança, evita recalques diferenciais causados pelos esforços dinâmicos repetitivos devido a desigualdade de pressões distribuídas sobre a plataforma, conforme Souza (2016).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O VLT tem um grande potencial na requalificação urbana, além de ser um elemento estruturador do tecido urbano, garante os princípios básicos do transporte público. A infraestrutura para a implantação do VLT não é diferente dos outros modais, basicamente da camada de suporte no solo, subleito, sublastro e lastro.

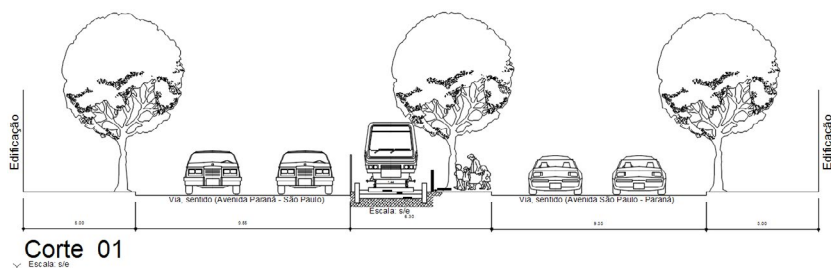
Figura 08 – Veículo Leve sobre Trilhos



Fonte: O autor

No caso da Avenida Brasil, além das análises físicas do local, foram medidos de uma extremidade a outra, calçada de pedestre com 5,0m, vias de tráfego dos veículos com 9,55m e canteiro central com 6,30m, conforme figura 09.

Figura 09 – Corte 01. Seção transversal da via



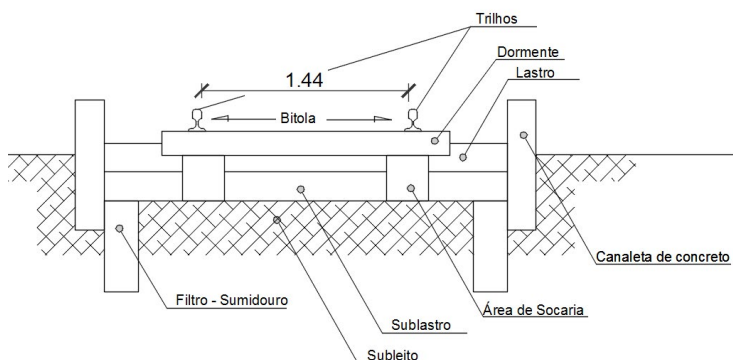
Fonte: O autor

Com informações do caderno técnico para projetos de mobilidade urbana - veículo leve sobre trilho, apresenta aspectos

mínimos e máximos a serem seguidos, como: tipo do trilho, declividade máxima, no qual não deve ultrapassar 7%, largura da via, limite de velocidade máxima de 70km/h.

No dimensionamento do lastro, acondicionou-se canaleta de concreto nas extremidades e 100% de compactação no Subleito. Com função de drenagem foram feitos furos paralelos às canaletas de concreto passando 1,0 m pelo subleito, método sumidouro (brita graduada e areia), lançamento de 15 cm de sublastro para regularização do lastro, dormentes e trilhos, conforme figura 10.

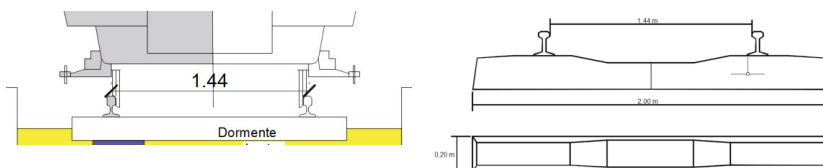
Figura 10 – Corte da seção e identificação de cada item



Fonte: O autor

A bitola foi escolhida no padrão europeu *standard*, que possui dimensão de 1,44 m, usualmente para transporte de passageiros.

Figura 11 – Dormente com trilho – TR45, Bitola de 1,44 m



Fonte: O autor

Se tratando de transporte ferroviário, ficou claro a importância do lastro como principal item a se definir a via, equilibra o alinhamento até 2% de declividade para toque do veículo, assim distribui, uniformemente, a carga vertical aplicada sobre os trilhos até a plataforma do solo, sem ocorrer qualquer tipo de dano estrutural e sem prejudicar a segurança da via.

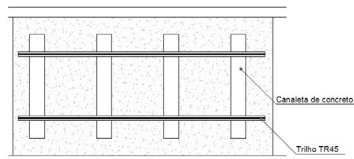
Para o dimensionamento, considera-se os seguintes dados:

1. Peso por eixo do veículo – 20 toneladas;
2. Dimensões do dormente – 2,00 x 0,20 x 0,16 (padrão ABNT);
3. Coeficiente de impacto – 1,4 (coeficiente dinâmico);
4. Faixa de socaria entre lastro e sublastro – 70 cm (c);
5. Distância entre eixos do veículo automotor – 7,50 m (Sem padrão, conforme dimensional do veículo proposto);
6. Número de dormente por km – 650 (conforme ABNT);
7. CBR do sublastro – 20% (amostra de laboratório, conforme ABNT).

Solução:

Figura 12 – Distribuição de dormentes sobre trilhos

Distribuição de dormentes em 1 km

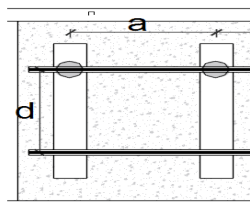


$$ad = \frac{1000}{650} = 1,53 \text{ m}$$

(considerando 1 km para cada intervalo)

Fonte: O autor

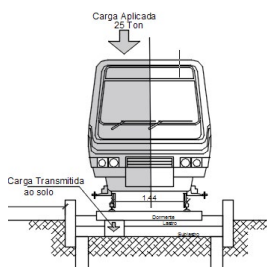
Figura 13 – Distância entre eixos



$$n = \frac{d}{a} = \frac{7,50}{1,53} = 4,90$$

Fonte: O autor

Figura 14 – Carga distribuída para cada trilho

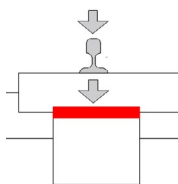


$$P_c = \frac{P_r}{n} * C_d = \frac{20.000 \text{ kg}}{4,90} * 1,4 = 5.714,28 \text{ kg}$$

(considerado coeficiente de impacto)

Fonte: O autor

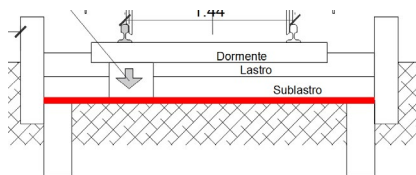
Figura 15 – Transferência de carga do trilho para o dormente, para o lastro



$$P_0 = \frac{P_c}{b * c} = \frac{5.714,28}{20 * 70} = 4,05 \text{ kg/cm}^2$$

Fonte: O autor

Figura 16 – Transferência da carga do lastro para o sublastro



$$p = \frac{CBR * 70}{100} = \frac{20 * 70}{100} = 14 \frac{kg}{cm^2}$$

Fonte: O autor

Coefficiente de segurança. Relção entre CBR e o fator de segurança conforme tabela 1-05-B. DNIT (2013).

$$\eta = \frac{p}{n} = \frac{14}{5,5} = 2,551 \frac{kg}{cm^2}$$

(coeficiente de segurança, média entre 5 e 6)

De acordo com AREMA - American Railway Engineering Association, o P_h é definido em kg/cm^2 . Pressão a profundidade com a altura do lastro.

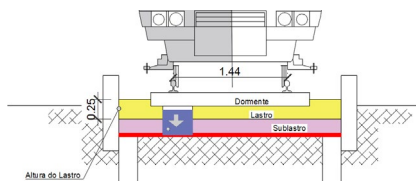
Temos que $P_h \leq \eta$, sabemos que $p = \frac{53,87}{h^{1,25}} * n$

e que $n = \frac{2,55}{4,05} = \frac{53,87}{h^{1,25}} = p h$, assim temos:

$$\frac{53,87}{h^{1,25}} = 0,63 \rightarrow h^{1,25} = 85,10$$

Cálculo matemático:

Figura 17 – Vagão sobre trilhos



$$\text{Onde: } \sqrt[1,25]{h^{1,25}} = \sqrt[1,25]{85,10}$$

$$\text{Logo: } h = 34,98 \text{ cm}$$

$$h \cong 35,00 \text{ cm}$$

Fonte: O autor

Ou seja,

Admitindo a mesma base de estudo para a distribuição de pressões por meio do sublastro, considerando uma altura para o mesmo de 35 cm, poderá verificar qual pressão admissível na base do sublastro, então leito e/ou plataforma da via, somados a camada superficial do subleito de 20 cm, 15 cm de sublastro e 35 cm calculado de lastro.

Temos:

$$h = 20 + 15 + 35 = 70 \text{ cm}$$

$$P_h = \frac{53,87}{h^{1,25}} * P_0 \dots P_h = \frac{53,87}{70^{1,25}} * 4,464$$

Onde, o , estruturalmente a carga aplicada, para , o que é razoável, ao considerar a plataforma compactada a 100%, maior resistência de suporte.

4. CONCLUSÃO

A partir da pesquisa levantada em campo e seus resultados, fica claro a necessidade de adequação na região central de Maringá-PR. A condição de acessibilidade e infraestrutura de transporte não atende a necessidade do município de Maringá, ainda é possível identificar que atingiu seu limite máximo de capacidade quando se trata de mobilidade

urbana.

A proposta teve o objetivo não somente de apresentar a viabilidade para a implantação de outro modal de transporte, mas criar condições de infraestrutura com o objetivo de unificar todos os modais, basicamente, tornar o local de estudo em uma plataforma logística integrada entre mais modais, no intuito de facilitar o deslocamento de pedestres sem a intervenção direta entre veículos, com qualidade, segurança e conforto.

Para a conclusão do estudo e análise da viabilidade em implantar o sistema de veículos leve sobre trilhos, foi dimensionado o lastro, após, caracterizado as estruturas que compõe a infraestrutura ferroviária (subleito, sublatros, dormentes, fixadores e trilhos), por fim, propor a adequação e a compatibilização entre veículos que utilizam o mesmo espaço.

5. REFERÊNCIAS

AREMA - American Railway Engineering Association, 2009. Disponível em: <http://www.arena.org/>. Acesso em 02 de ago. 2018.

BERNARDES. F. F; FERREIRA, W. R. veículo leve sobre trilhos (VLT) – proposta de implantação para o transporte público em Uberlândia/MG. **Universidade Federal de Uberlândia**. Uberlândia, 2016.

BRASIL. **Palácio do Planalto. Legislação Federal do Brasil: Lei 12.587/2012** (Lei Ordinária). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12587.htm. Acesso em: 03 abr. 2019.

BRASIL. **Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes - DNIT: Diretoria de Infraestrutura Ferroviária** 2015. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/download/sala-de-imprensa/isf-212-projeto-desuperestrutura-da-via-permanente-lastro-e-sublastro.pdf> . Acesso em: 3 abr. 2019.

BRASIL. **Caderno Técnico para Projetos de Mobilidade Urbana, veículo leve sobre trilhos**. Brasília: 2016. Disponível em: <https://www.mobilize.org.br/midias/pesquisas/veiculo-leve-sobre-trilhos-caderno-tecnico.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

CARVALHO, F. G.; **Sistema de veículo leve sobre trilhos para transporte de passageiros na grande Florianópolis - Estudo preliminar de viabilidade**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.

DENATRAN – **Departamento Nacional de Trânsito**. Disponível em: www.denatran.gov.br/busca?searchword=frota%20nacional&searchphrase=all. Acesso em 23 mar. 2019.

GOLIAS, J. C. Analysis of traffic corridor impacts from introduction of the new Athens Metro system. **Journal of Transport Geography**, v. 10, p. 91-97, 2002.

KLINCEVICIUS, M. G. Y. **Estudo de propriedades, de tensões e do comportamento mecânicos de lastros ferroviários**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Pontifícia Universidade Católica, São Paulo, 2011.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Trânsito, questão de cidadania**. Caderno Mcidades 7. Brasília: Mcidades, 2004.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Planejamento em Mobilidade Urbana - Projeto Diálogos Setoriais União Europeia – Brasil**. 2013. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/index.php/publicacoes.html>. Acesso em: 10 abr. 2019.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Mobilidade Urbana é Desenvolvimento Urbano**. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.polis.org.br/uploads/922/922.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2019.

RIVES, F.O. – **Tratado de Ferrocarriles I**. Madri (Espana), Editora Ruerda. 1977.

SOUZA, S. R. **Fundamentos de engenharia de transportes e de tráfego**. 1ed. Uberaba/MG: Universidade de Uberaba, v. 01. 186p., 2016.

TALBOT, A.N. **Second progress report of the Special Committee on Stresses in Railroad Track**. Proceeding of the AREA, v. 21. 645-814p., 1920.

VASCONCELLOS, E. A. **Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas**. 4. Ed. São Paulo, 2000.

16. PRODUÇÃO DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO NO NOROESTE DO PARANÁ

PRODUCTION OF SOIL-CEMENT BRICKS IN
NORTHWEST PARANÁ



LUIZ FELIPE PATRICIO
Centro Universitário – UNINGÁ

LUZIA MARA MENDES FERRER AMORIM
Centro Universitário - UNINGÁ

RESUMO: O objetivo desta pesquisa é trazer mais informações a respeito da produção de tijolos de solo-cimento, apresentando os principais critérios de seleção do solo e mostrando as principais vantagens da aplicação dos tijolos para construção civil. Iniciando pela análise do solo coletado no município de Presidente Castelo Branco no Paraná, determinando as principais características através de ensaios de laboratório. Em seguida moldando os tijolos de solo-cimento em diferentes traços, 1:12, 1:12 +3% cal, 1:10 e 1:8 (corpos-de-prova), afim de se determinar a resistência à compressão e absorção de água, que são os principais parâmetros que a norma exige. A caracterização do solo foi bem-sucedida, e os resultados foram positivos. Porém constatou-se que seja feita correção na granulometria do solo, pois este apresentou fração de areia muito fina, aumentando o consumo de cimento. Nos ensaios de resistência pode-se dizer que quase todos os traços tiveram o desempenho esperado, apenas o traço pobre foi quem não conseguiu atingir a resistência mínima exigida pela norma. Todos os corpos-de-prova tiveram o percentual de absorção de água abaixo do valor máximo que a norma exige, o que é positivo. Contudo, pode-se dizer que o solo é adequado para a produção de tijolos de solo-cimento, e deve-se levar em consideração vários critérios para a escolha do tipo de cimento e o traço que irá ser utilizado na produção em grande escala, e não só o mínimo que exige a norma.

PALAVRAS-CHAVE: Tijolo de Solo-cimento, produção, resistência à compressão, absorção de água.

ABSTRACT: The objective of this research is to bring more

information about the production of soil-cement bricks, presenting the main soil selection criteria and showing the main advantages of applying the bricks for civil construction. Starting with the analysis of the soil collected in the city of Presidente Castelo Branco in Paraná, determining the main characteristics through laboratory tests. Then molding the soil-cement bricks in different strokes, 1:12, 1:12 + 3% cal, 1:10 and 1: 8 (specimens), in order to determine the compressive strength and absorption. Which are the main parameters required by the standard. The soil characterization was successful and the results were positive. However, it was found that a correction is made in the soil particle size, as it presented a very fine sand fraction, increasing the cement consumption. In the endurance tests it can be said that almost all traits had the expected performance, only the poor trait was who could not reach the minimum resistance required by the standard. All specimens had the percentage of water absorption below the maximum value that the standard requires, which is positive. However, it can be said that the soil is suitable for the production of soil-cement bricks, and consideration should be given to various criteria for choosing the type of cement and the trait that will be used for large-scale production. And not just the minimum that the standard requires.

KEYWORDS: Soil-cement brick, yield, compressive strength, water absorption.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a preocupação com o meio ambiente vem se intensificando. A construção civil é um dos setores que mais causa impactos ambientais, mas é essencial para o desenvolvimento tanto econômico como social. Suas atividades degradam tanto na extração da matéria prima, quanto no descarte de resíduos de construção e demolição. O setor da construção civil não pode deixar de se adequar a esta nova visão sustentável, por isso, possui uma a difícil tarefa de conduzir suas atividades produtivas visando à preservação ambiental (PINTO, 2005, apud KARPINSKI, 2009).

Além do aspecto ambiental, outro item que se mostra relevante para a escolha deste tema é o déficit habitacional no Brasil. De acordo com a Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (ABRAINC, 2018), em 2017 o déficit habitacional no país foi estimado

em 7,8 milhões de unidades e, quando distribuído por faixa de renda, concentra-se basicamente nas famílias que recebem até 1 salário mínimo, e que recebem entre 1 e 3 salários mínimos. Juntos, acumulam um percentual de 91,7% do total, ou seja, 7,1 milhões. Perspectivas apontam que nos próximos dez anos, o país precisará de mais de 12 milhões de moradias para reduzir o déficit habitacional e atender as famílias que se formarão. O recurso necessário estimado varia de acordo com o cenário, podendo estar entre 154 e 300 bilhões de reais.

Tendo em vista estes problemas, faz-se necessário novas pesquisas, que facilitem o acesso à moradia digna para as famílias carentes, e que também esteja ligada as questões ecológicas, contribuindo para a preservação do meio ambiente e trazendo conscientização para a população.

O tijolo de solo-cimento apresenta-se como um material de construção com qualidades ecológicas e econômicas, tanto na sua produção quanto na utilização. Diferente dos blocos cerâmicos convencionais, que na sua produção gera grande impacto ambiental. Os tijolos de solo-cimento utilizam em sua composição apenas solo local, uma pequena fração de cimento, e água. Para se efetuar a cura, os tijolos precisam apenas ser molhados por alguns dias. Além da produção sustentável, a geração de resíduos ao longo da obra é muito menor, e ainda é possível empregar na sua produção resíduos triturados de construção e demolição, reutilizando um material que seria descartado no meio ambiente. (ECOMAQUINAS, 2019).

Além dos benefícios ecológicos, a utilização de tijolos de solo-cimento torna as obras mais baratas. Segundo Fiais (2016), as construções que empregam tijolos de solo-cimento tendem a economizar de 20 a 40% em relação às construções convencionais, isso se deve principalmente ao acabamento, podendo deixar o tijolo aparente, sem necessitar de chapisco ou reboco, e por se tratar de uma construção modular, onde há uma queda significativa na mão de obra, devido à rapidez na execução.

Observa-se um grande potencial, tanto sustentável como

econômico, podendo combater não só o déficit habitacional, mas também minimizar os impactos causados ao meio ambiente.

Pode-se dizer que o solo é um material ideal nas mais diversas aplicações construtivas, pois, é abundante, de fácil obtenção e manuseio, além de ser de baixo custo e permitir ampla aplicação em soluções arquitetônicas. Sua eficiência é comprovada, pois existem construções que foram feitas com materiais derivados do solo, datando séculos e que, continuam resistindo às intempéries e mantendo sua estabilidade estrutural até os dias de hoje (GRANDE, 2003).

Em princípio, todo solo pode ser empregado para produzir o solo-cimento, exceto os que contêm quantidades não recomendadas de matéria orgânica. Contudo, alguns solos exigem maiores ou menos quantidades de cimento para obter-se bom resultado, necessitando assim, além dos estudos técnicos, os estudos econômicos para determinar o quanto vantajoso pode ser sua utilização (ABIKO, 1975).

O objetivo do presente estudo é analisar o solo de uma propriedade na Região de Presidente Castelo Branco no Paraná, para produção de tijolos de solo-cimento, visando produzir um material de qualidade, sustentável e de baixo custo.

A princípio, analisar, em laboratório, amostras do solo escolhido, determinar suas características para comparar com as características propostas pela ABNT NBR 10833 e verificar a necessidade de correção do solo.

Na sequência, realizar a moldagem de corpos-de-prova para a determinação da resistência a compressão e absorção de água, realizar os ensaios em diferentes traços de solo e cimento, analisar os resultados e as especificações da norma, além de expor as principais questões que envolvem a produção de tijolos de solo-cimento.

Por fim, fazer uma comparação entre os tijolos produzidos pelo atual estudo, e tijolos produzidos pela fábrica ArchFaz localizada na cidade de Floresta, no Paraná, que já comercializam o produto, e utilizam o mesmo solo da região para a produção.

2. MATERIAIS E METODOS

A coleta das amostras foi feita a uma profundidade de cerca de 50 centímetros em relação à superfície, evitando excesso de matéria orgânica ou algum tipo de contaminação superficial. O solo coletado foi submetido aos ensaios proposto pela ABNT NBR 10833, que propõe uma série de ensaios para a caracterização do solo. Também foi realizado um ensaio para determinação do pH do solo, devido a sua influência nas reações com o cimento. Todos os ensaios foram realizados nos laboratórios de Materiais de Construção e Solos da Universidade Ingá, onde se encontram todos os equipamentos necessários para a realização dos ensaios (Figura 1).

Figura 1 – Equipamentos utilizados para realização dos ensaios.

Fonte: o Autor.



Fonte: O Autor.

- **Ensaio de Caracterização:** Prepararam-se as amostras como exige a ABNT NBR 6457.

- **Massa Específica:** realizou-se o ensaio de acordo com a

ABNT NBR 6457, utilizando o método do picnometro.

- **Granulometria:** foi feito de acordo com a ABNT NBR 7181, utilizando o método de peneiramento.

- **Limite de Liquidez (LL):** foi realizado de acordo com a ABNT NBR 6459, utilizando aparelho de Casagrande.

- **Limite de Plasticidade (LP):** foi ensaiado de acordo com ABNT NBR 7180, moldando pequenos cilindros de solo que atinjam 3 mm de diâmetro e então determinado a umidade.

- **pH do Solo:** foi medido através de solução eletrolítica de 25 ml de água destilada juntamente com 10g de solo, pré-peneirado na peneira #10 (ABNT), submetido à intensa agitação manual, e posteriormente repouso de 20 minutos, para então se realização a leitura através do pHmetro.

- **Moldagem dos Corpos-de-prova:** moldou-se os tijolos de solo-cimento na fábrica ArchFaz, utilizando prensa hidráulica da marca Alroma. Os traços escolhidos para os corpos-de-prova foram: *1:12*, *1:12 + 3% cal hidratada*, *1:10* e *1:8*. Foi realizada uma correção na granulometria do solo anteriormente a moldagem, com 10% de areia lavada de granulação média/grossa. E adicionado 3% de cal em um dos traços.

- **Cura:** curou-se utilizando o método de cura da fábrica Archfaz, que consiste em envolver os tijolos com filme PCV, para que permaneçam úmidos.

- **Resistência a Compressão:** utilizou-se prensa hidráulica da marca IMEC, com capacidade de 2000kN. Devido ao encaixe que o tijolo de solo-cimento possui, foi necessário retificar a superfície superior. Então, submetidos a ensaio de compressão simples até o rompimento, nas idades de 7, 21 e 28 dias.

- **Absorção de água:** as amostras foram submetidas à imersão em tanque de água por 24 horas, e em seguida foram secas em estufa, e verificou-se a umidade.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2010), define solo-cimento como resultado da mistura uniforme, compactada e curada de solo, cimento e água nas corretas proporções, resultando em um produto de boa resistência à compressão, bom índice de impermeabilidade, baixo índice de retração volumétrica e boa durabilidade. De acordo com Isaia (2010), os principais fatores que afetam as propriedades do solo-cimento são o tipo de solo utilizado, teor de cimento, umidade, compactação, homogeneidade da mistura e cura.

De acordo com Bauer (2015), a descoberta do solo-cimento possui algumas controvérsias, porém, a versão mais aceita pela maioria dos pesquisadores é a do engenheiro Márcio Rocha Pitta, da Associação Brasileira de cimento Portland (ABCP), afirmando que, em 1915, o engenheiro Bert Reno utilizou uma mistura de conchas marinhas, areia e cimento para pavimentar uma rua. O produto foi patenteado em 1920, mas ainda não havia sido implementado seus estudos, por falta de conhecimento sobre mecânica dos solos.

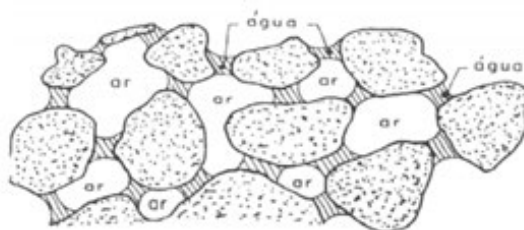
O início efetivo do solo-cimento em 1929, com a descoberta de Proctor, determinando a relação *umidade/peso específico* no comportamento dos solos. Permitindo o desenvolvimento da técnica para as mais diversas construções, como: pavimentação, revestimento de canais, diques, reservatórios e barragens de terra, estabilização de taludes, injeções, ladrilhos, tijolos, blocos, painéis e paredes monolíticas. Os primeiros grandes estudos foram feitos por Moore-Fields e Mill, nos Estados Unidos, em 1932. Em 1944, a American Society for Testing Materials (ASTM) normatizava os ensaios, seguida pela American Association of Highway Officials (AASHO) e a Portland Cement Association (PCA).

No Brasil, o interesse pelo assunto começou a partir de 1936, por meio da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), que

realizou regulamentação e pesquisas na aplicação. Em 1945, foi feita a primeira edificação em solo-cimento, uma casa de bombas com 42m² para abastecer as obras do aeroporto de Santarém, PA. Tanto no Brasil como em outros países, o solo-cimento tem difusão maior na execução de bases de pavimentos rodoviários, mas com a possibilidade de redução de custos e com aspectos de preservação ambiental, despertou o interesse pelas construções com tijolos modulares. Com inovações tecnológicas recentes, o processo de fabricação dos tijolos é feito com maior agilidade e inúmeras vantagens para o processo construtivo, destacando-se principalmente a redução de custo final da construção. (ISAIA, 2010)

O solo é o componente de maior percentual na mistura de solo-cimento, necessitando ser selecionado para evitar alto consumo de cimento. Para o Engenheiro Civil, o solo pode ser definido como qualquer aglomerado de partículas minerais formadas pela decomposição de rochas devido à ação do intemperismo. Estas partículas sólidas contêm espaços vazios intermediários que podem estar ocupados por água e/ou ar (Figura 2) (CRAIG, 2010).

Figura 2 – Ilustração da Estrutura do Solo



Fonte: Grande, 2003.

De acordo com Caputo (2015), no que diz respeito à natureza das partículas, o solo é constituído por grãos minerais, podendo conter matéria orgânica. As frações grossas são em maioria compostas por grãos silicosos, enquanto que os minerais que estão na fração

compreendida como argila, pertencem a três principais grupos, caolinita, montmorilonita e ilita.

A massa específica é definida como uma determinada quantidade de massa de solo por unidade de volume e, depende do constituinte mineralógico da partícula, sendo que para a maioria dos solos seu valor varia entre 2,65 e 2,85, diminuindo para solos que contém teor elevado de matéria orgânica e crescendo para solos ricos em óxidos de ferro.

Quanto ao tamanho das partículas do solo, quando se necessita conhecer a dimensão dos grãos, realiza-se a *análise granulométrica*, que se resume, geralmente, em duas etapas: *peneiramento* e *sedimentação* (PINTO, 2006). Segundo Caputo (1996), a análise granulométrica é representada graficamente, pela chamada *curva granulométrica*, que nada mais é do um gráfico que contém as dimensões das partículas do solo e das suas relativas porcentagens. A forma da curva pode identificar os diferentes tipos de granulometria, podendo existir granulometria contínua, descontínua uniforme, bem graduada ou mal graduada.

Pinto (2006), diz que apenas a distribuição granulométrica não é suficiente para caracterizar bem o comportamento dos solos. A fração fina apresenta comportamento bastante diferenciado perante a água, devido a sua maior superfície específica, estrutura mineralógica, e cátions adsorvidos. Craig (2011) completa, a plasticidade é uma característica importante da fração fina, é definida como a capacidade do solo de sofrer deformação irreversível sem se romper ou esfarelar. O solo pode se apresentar dentre os estados, líquido, plástico, semissólido e sólido. Sendo a mudança de estado influenciada basicamente pelo percentual de umidade ao qual o solo se encontra, e ocorre com valores diferentes de umidade para cada tipo de solo.

Quando a umidade de um solo está excessivamente alta, ele se comporta como um fluido denso, e se diz *estado líquido*. À medida que, a umidade diminui e chega até o LL (*Limite de Liquidez*), o solo perde a capacidade de fluir, mas pode ser moldado facilmente, encontrando-se, agora, no *estado plástico*. Conforme continua a perder água, se chegar até o LP (*Limite de Plasticidade*), quando o solo perde sua plasticidade

e esfarela ao ser trabalhado, caracterizando o *estado semissólido*. Secando-se ainda mais, ocorre à passagem para o *estado sólido*, o limite entre os dois é o LC (*Limite de Contração*). Todo esse processo pode ser facilmente entendido através da figura abaixo (FIGURA 3) (CAPUTO, 1996).

Figura 3 – Mudanças de Consistência do Solo.



Fonte: Caputo, 1996.

Para Klein (2014), a consistência do solo é definida como a manifestação das forças físicas de coesão e adesão atuando entre as partículas do solo em diferentes níveis de umidade. A força de adesão é resultante da atração entre dois materiais não semelhantes, como, superfícies líquidas e sólidas e, quanto menores forem às partículas, maior será a força de adesão. Desta forma, solos argilosos tendem a possuir maior adesão do que solos arenosos. A força de coesão dar-se-á entre partículas iguais, quando o solo se encontra úmido a coesão ocorre pelas forças da tensão superficial da água, pelas forças de Van der Waals e por efeitos da matéria orgânica, além das cargas das partículas do solo. E, quando o solo está seco, a coesão dar-se-á através da atração sólido-sólido.

Quando se trata de solo-cimento a plasticidade é bastante importante, segundo Associação Brasileira de Cimento Portland (2000), os solos arenosos, necessitam, quase na maioria das vezes, quantidades menores de cimento do que solos argilosos e siltosos. Porém, a presença de argila na composição do solo é totalmente necessária para dar à mistura de solo e cimento, quando umedecida e compactada, a coesão suficiente para permitir o desmolde e manuseio dos tijolos, posteriormente, à prensagem.

Quanto à acidez do solo, Grande (2003) diz que solos ácidos possuem dificuldade em se estabilizar com cimentos. A reação que ocorre em solos granulares é bastante similar à que ocorre no concreto, mas solos que apresentam significativa fração fina contêm substâncias quimicamente ativas (argilo-minerais) que reagem com o cimento. Instantes após a adição de cimento em solos argilosos, nota-se a mudança nas propriedades, como a alteração dos Limites de Atterberg, ou seja, mudança de consistência, e formação de material com aspecto granular, tais fenômenos se devem à floculação promovidas pelos íons cálcio.

O segundo componente mais empregado na mistura de solo-cimento, como o próprio nome já diz é o cimento. A ABNT define o Cimento Portland como aglomerante hidráulico adquirido através da moagem de *clínquer*, sendo este, um material formado em sua maior parte por silicatos de cálcio com propriedades hidráulicas. Durante a moagem, pode-se adicionar à mistura alguns componentes, como: pozolana, escórias granulares de alto forno, e material carbonatos. ABNT reconhece 11 tipos de cimento.

1. CP I (Cimento Portland Comum);
2. CP I-S (Cimento Portland comum com adição);
3. CP II-E (Cimento Portland composto com escória);
4. CP II-Z (Cimento Portland composto com pozolana);
5. CP II-F (Cimento Portland composto com fíler);
6. CP III (Cimento Portland de alto forno);
7. CP IV (Cimento Portland Pozolânico);
8. CP V-ARI (Cimento Portland de alta resistência inicial);
9. CP RS (Cimento Portland resistente a sulfatos);
10. CP BC (Cimento Portland de baixo calor de hidratação);
11. CPB (Cimento Portland Branco);

As propriedades químicas do cimento Portland estão diretamente ligadas ao processo de endurecimento e hidratação. O processo de endurecimento é bastante complexo, e ainda não é perfeitamente compreendido. Admite-se, atualmente, que o processo se desenvolve

por dissolução da água, precipitações de cristais e gel com hidrólises e hidratações dos componentes do cimento. Os grãos de cimento que, anteriormente à hidratação estavam em suspensão, vão se aglutinando por efeito de floculação criando uma espécie de esqueleto sólido que é responsável pela estabilidade geral da estrutura. O prosseguimento da hidratação em idades avançadas, ou seja, o endurecimento, é quem confere ao produto qualidades mecânicas permanentes (BAUER, 2015).

De acordo com Grande (2003), compreender os tipos de cimento e suas diversas propriedades tecnológicas, juntamente com o entendimento das variáveis que estão presente nas características dos solos, possibilita o desenvolvimento mais aprimorado do solo-cimento, possibilitando a produção de um material de elevado desempenho.

Outro aspecto que interfere na resistência do solo-cimento é a compactação, sendo compreendida como processo manual ou mecânico que busca de forma simples reduzir o volume de seus vazios presentes no solo, melhorando suas características referentes à resistência, permeabilidade, compressibilidade e absorção de água (CAPUTO, 1996).

A compactação do solo é bastante utilizada nas mais diversas obras de engenharia, como aterros, camadas construtivas de pavimentos, construções de barragens, muros de arrimo, etc. A técnica de compactação mais eficiente é mérito do engenheiro norte-americano Proctor que, em 1933, observou em seu experimento que se aplicando uma determinada energia de compactação, a massa específica resultante varia de acordo com a umidade em que o solo se encontra. Ao se aplicar a compactação com teores de umidade considerados baixos, não se obtém significativa redução dos vazios, devido ao alto atrito que as partículas estão submetidas. Já, quando se aplica com umidades mais elevadas, ocorre um efeito de lubrificação entre as partículas, causando uma acomodação e uma maior compactação. A constatação de Proctor foi que existe, portanto, um teor de umidade específico que confere ao solo a massa específica máxima, ou seja, o melhor empacotamento das partículas sólidas (PINTO, 2006).

Passando por todos os aspectos relevantes sobre o solo-cimento, resta o processo de fabricação dos elementos de alvenaria, ou seja, os tijolos neste caso. Para se fabricar os tijolos de solo-cimento é necessário equipamento específico, variando o tipo desde os mais simples, feitos com caixa de madeira e moldagem manual com socamento de camadas, até as diversas prensas que vão desde manuais ou mecânicas, até as prensas totalmente automáticas, variando bastante quanto ao preço de cada uma delas (BAUER, 2015).

De acordo com Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), o processo de fabricação de tijolos de solo-cimento segue as seguintes etapas: *Preparação do solo*; *Preparação da mistura*; *Moldagem do tijolo solo-cimento*; *Cura*. Detalhando os processos, tem-se:

Preparação do Solo

- Extraí-se o solo da jazida e armazena-se o mesmo em um depósito, sendo ideal que o solo contenha baixa umidade;
- Desagrega-se os torrões e elimina-se o material retido na peneira ABNT 4,8mm.

Preparação da Mistura

- Após a desagregação e peneiramento, espalha-se o solo sobre uma superfície, (de preferência cimentada) formando uma camada de até 20 cm de espessura;
 - Distribui-se o a dosagem de cimento sobre o colchão de solo;
 - Realiza-se o processamento do solo com o cimento, utilizando-se um equipamento adequado;
 - Coloca-se água quando necessário, até que se atinja a umidade ideal;
 - É recomendável se realizar novamente um peneiramento, desta vez com intensão de permitir uma melhor homogeneização da água com o solo-cimento.

Moldagem do Tijolo de Solo-Cimento

- Verifica-se a regulação do equipamento antes da prensagem, para que se garanta as dimensões e adensamento adequado;

- A mistura é então adicionada à prensa e os tijolos são moldados;
- Logo após a prensagem, os tijolos são retirados cuidadosamente, a fim de evitar possíveis danos ao produto;

Os tijolos devem ser colocados à sombra, sobre uma superfície plana e empilhados com no máximo 1,5m de altura.

Cura

- Após 6 horas da moldagem e durante os 7 primeiros dias, os tijolos devem ser umedecidos constante e frequentemente, para garantir a cura necessária;

- Caso não se tenha um local coberto, as pilhas de tijolos devem ser protegidas com lona plástica.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De modo geral, a ABNT NBR 10833 estabelece alguns critérios de seleção para a escolha do solo adequado, sendo as seguintes características (Tabela 1).

Tabela 1 – Características adequadas do solo para produção de elementos em solo-cimento.

CARACTERÍSTICA	REQUISITOS (%)
% de solo passante na peneira ABNT 4,8mm (nº4)	100
% de solo passante na peneira ABNT 0,075mm (nº200)	10 a 50
Limite de Liquidez	≤ 45
Limite de Plasticidade	≤ 18

Fonte: ABNT NBR 10833

Os ensaios de caracterização foram realizados no laboratório de Mecânica dos Solos, na Universidade Ingá, e obtidos os seguintes resultados. (Tabela 2)

Tabela 2 – Resultados obtidos com ensaios de caracterização.

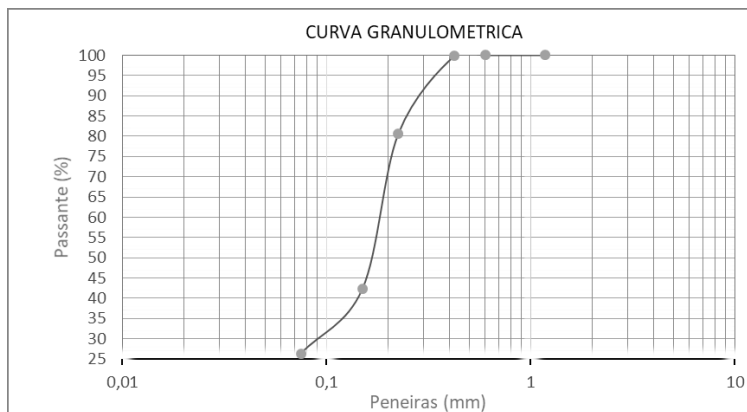
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	Norma ABNT	Valor
Massa específica dos sólidos (g/cm ³)	6508	2,74
% passante na peneira ABNT 4,8mm (nº4)	7181	100
% passante na peneira ABNT 0,075mm (nº200)	7181	26,40
Limite de Liquidez (LL)	6459	20
Limite de Plasticidade (LP)	7180	13
<i>pH</i> a 25°C	-	4,94

Fonte: O Autor.

Segundo Associação Brasileira de Cimento Portland (2000), devem ser evitados solos que contenham excesso de matéria orgânica, pois esta pode perturbar a hidratação do cimento e, conseqüentemente, a estabilização do solo. Nota-se que o valor da massa específica (2,74g/cm³) consta dentro do intervalo para maioria dos solos, pode-se dizer que o percentual de matéria orgânica não é alto, pois solos contendo alto teor de matéria orgânica tendem a apresentar valores abaixo de 2,65g/cm³ para massa específica.

Para este trabalho, não foi possível realizar a etapa de sedimentação, devido às limitações do laboratório. Mas o peneiramento é suficiente para separar a fração grossa da fração fina e atender as necessidades principais do estudo. Determinada a granulometria do solo, torna-se possível traçar a curva granulométrica. (Figura 4)

Figura 4 – Curva Granulometria.



Fonte: O Autor.

Analizando a Granulometria, pode-se constatar que o solo estudado não possui material com diâmetro superior a 2 mm, passando 100% na peneira nº 4 (4,8mm), ou seja, não possui pedregulhos. O percentual passante na peneira nº 200 (0,075mm) é de cerca de 26% (Argila+Silte), portanto, está dentro das recomendações da norma. A maior parte do solo é considerada areia. Segundo ABNT NBR 6402, a areia é compreendida como um mineral derivado das rochas, com diâmetros variando entre 0,06mm e 2,0mm e podendo ser classificada como areia grossa (0,6mm a 2,0mm), areia média (0,2mm a 0,6mm), e areia fina (e 0,06mm e 0,2mm). Analisando a curva granulométrica, pode-se dizer que o solo é constituído na sua maioria por areia fina e apresenta uma granulometria contínua e bem graduada.

Apesar de o solo estar dentro do intervalo característico de recomendação, ainda existe a possibilidade de corrigi-lo, devido sua granulometria apresenta grãos de areia muito finos, o que pode ocasionar um aumento no consumo de cimento. A correção mais adequada é adicionar agregado miúdo, com granulometria média/grossa, que apresente a maioria dos grãos entre 0,2 e 2,0mm.

Os limites de consciência LL e LP, também, apresentam-se

dentro dos parâmetros proposto pela norma, o que confere ao solo uma boa plasticidade e trabalhabilidade.

Além dos ensaios propostos pela norma, foi realizada a medição do pH do solo natural e na presença de cal hidratada para verificar quanto à mudança de pH. Utilizou-se o valor de 5% de cal hidratada em relação à massa de solo, e após a medição com cal hidratada, adicionou-se 10% de cimento Portland CP-IV, da marca Votoram correspondente à massa de solo, para verificar quanto ao comportamento da alcalinidade. Os valores estão expressos na Tabela 3.

Tabela 3 – pH do solo com diferentes compostos.

MISTURA	Valor de pH
Solo Natural	4,94
Solo + 5% Cal Hid.	12,14
Solo + 5% Cal Hid. + 10% Cimento	11,4

Fonte: O Autor.

O solo do estudo apresenta baixo pH, o que indica acidez, podendo atrapalhar as reações do solo com o cimento, comprometendo a resistência, como diz Grande (2003). Nota-se que uma pequena quantidade cal hidrata é capaz de elevar bastante este pH, tornando-o alcalino, e ao se adicionar uma quantidade de cimento, o pH baixou um pouco, mas a mistura permanece ainda alcalina.

A cal hidratada provoca acentuada elevação da alcalinidade do solo, tornando instáveis alguns de seus constituintes. Pode ocorrer o ataque parcial ao silício e ao alumínio dos minerais do solo e a combinação desses íons com o cálcio, formando compostos estáveis nessas condições, tais como silicatos e aluminatos hidratados de cálcio. Descrições estes, referentes a reações pozolânicas, nas quais a cal, com a presença de água, e em contato com a sílica e a alumina, produz compostos estáveis e com propriedades ligantes (HERZOG &

MITCHEL, 1963, apud GRANDE, 2003).

Contudo, o solo analisado cumpre todos os parâmetros propostos pelas NBR 10833. Possui características positivas para produção de tijolos de solo-cimento, como alto percentual de areia, e fração de argila + silte que garante boa plasticidade. Porém, a fração areia fina representa quase o total de material grosso, o que pode aumentar significativamente o consumo de cimento, além do *pH* ácido pode atrapalhar a reação do cimento.

Neste caso, optou-se por adicionar 10% em massa de areia com granulação média/grossa, em relação à massa de solo, para corrigir a granulometria. E 3% de cal hidratada em um dos corpos-de-prova, para tornar o pH do solo alcalino e analisar o comportamento.

Então, foram moldados os corpos-de-prova, na fábrica de Tijolos Ecológicos Archfaz no município de Floresta-PR. Utilizando seu equipamento passou-se pelos processos de dosagem, mistura, moldagem e cura. O cimento utilizado foi o CP IV com adição de pozolana, nos traços 1:12, 1:12 + 3% cal, 1:10 e 1:8, relação cimento e solo. A fábrica Archfaz possui um equipamento da marca Alroma, bastante moderno e automatizado que garante facilidade, rapidez e qualidade ao produto (Figura 5).

Figura 5 – Equipamentos para Produção de Tijolos de Solo-Cimento.



Fonte: Alroma, 2019. <https://www.alroma.com.br/maquinas>

As verificações das resistências à compressão dos corpos-de-prova foram realizadas com 2 corpos de prova (Figura 6) para cada traço, nas idades de 7, 21 e 28 dias. Os resultados das resistências individuais e a média estão expressos nas tabelas abaixo (Tabela 4) e (Tabela 5).

Figura 6 – Tijolos de Solo-Cimento produzidos no estudo.



Fonte: O Autor.

Tabela 4: Resistências a Compressão das amostras de solo-cimento, individualmente.

Amostra	Resistência 7 dias (Mpa)	Resistência 21 dias (Mpa)	Resistência 28 dias (Mpa)
1:12 A	1,32	1,80	1,89
1:12 B	1,44	1,62	2,02
1:12 + 3% cal A	1,29	1,56	2,26
1:12 + 3% cal B	1,46	2,04	2,22
1:10 A	1,67	2,07	2,30
1:10 B	1,65	2,17	2,27
1:08 A	1,73	2,48	2,54
1:8 B	1,86	2,47	2,33

Fonte: O Autor.

Tabela 5: Média das Resistências a Compressão das amostras de solo-cimento.

Traços	Resistência 7 dias (Mpa)	Resistência 21 dias (Mpa)	Resistência 28 dias (Mpa)
1:12	1,38	1,71	1,95
1:12 + 3% cal	1,37	1,80	2,24
1:10	1,66	2,12	2,28
1:8	1,79	2,48	2,43

Fonte: O Autor.

Segundo ABNT NBR 8491, as amostras ensaiadas de acordo com a NBR 8492 não devem apresentar a média dos valores de resistência à compressão menor do que 2,0 Mpa, nem valores individuais inferiores a 1,7 Mpa com idade mínima de sete dias.

Analizando os valores percebe-se resultados que satisfazem as exigências da norma, e quanto maior a quantidade de cimento, maior é a resistência à compressão. Individualmente, todos os traços apresentam após os 21 dias valores superiores a 1,7 Mpa. Mas na média, o traço 1:12 não conseguiu alcançar o valor mínimo de 2,0 Mpa nem aos 28 dias. Contudo, todos os outros traços cumprem as exigências da norma após os 28 dias. Nota-se também que o traço 1:12 + 3% de cal apresentou um ganho de resistência considerável, o que é positivo. Para absorção de água foram obtidos os seguintes resultados: (Tabela 6).

Tabela 6: Percentual de absorção de água para cada traço de solo-cimento.

Traço	1:12	1:12 + 3% cal	1:10	1:08
Absorção de água (%)	17,8	19,9	6,5	15,6

Fonte: O Autor.

A amostra ensaiada, de acordo com a NBR 8492, deve apresentar a média dos valores de absorção de água igual ou menor de 20% e valores individuais menores que 22%, com idade mínima de 7 dias.

Nota-se que quanto maior a quantidade de cimento menor é a absorção de água, ou seja, a quantidade de cimento influencia na impermeabilidade do tijolo. Percebe-se que o traço composto com cal hidratada apresentou maior absorção de água entre todos, mas todos os resultados foram positivos e cumprem os requisitos da norma ABNT NBR 8492. Mas a quantidade de amostras ensaiadas foi apenas uma para cada traço.

A fábrica ArchFaz, utiliza solo da mesma região do solo estudado, Presidente Castelo Branco, aplica o traço 1:8 e usa o cimento CP-V ARI, cimento com alta resistência inicial, o que, segundo o proprietário Antoniel Oliveira, permite que a produção seja escoada mais rapidamente e que seu produto apresente alta resistência, além de um acabamento mais perfeito, faces mais lisas com menos porosidade. A empresa realiza verificação de resistência e absorção de água nos seus lotes, realizando os ensaios de compressão e absorção de água. Últimas verificações de resistência foi feita no Laboratório da Unicesumar, apresentando os seguintes resultados (Tabela 7).

Tabela 7 – Resultado de Ensaios: Resistência à compressão e Absorção de água, idade 45 dias.

AMOSTRA	Resistência à Compressão (Mpa)	Média de Resistência (Mpa)	AMOSTRA	Absorção de água (%)	Média (%)
1	5,1	6,1	1	11,86	13,24
2	5,8		2	13,07	
3	7,0		3	14,79	
4	5,7				
5	5,3				
6	6,1				
7	7,7				

Fonte: Unicesumar. Certificado nº 0006/19 – LMCC

Analisando outros trabalhos, para comparar com os resultados obtidos neste estudo, constatou-se que GRANDE (2003), obteve valores próximos, utilizando traço de 1:7, o valor de resistência aos 7 dias foi de 2,31Mpa e 4,22Mpa aos 28 dias, utilizando Cimento CP II E. Já quando fez o mesmo traço utilizando Cimento CP V ARI, a resistência à compressão aos 7 e 28 dias foram respectivamente 5,25Mpa e 6,91 Mpa. GRANDE (2003), realizou um estudo bastante complexo dentro do tema tijolos de solo-cimento em sua tese de mestrado. Comparando dois tipos de cimento CP II E e CP V ARI, com o mesmo traço, nota-se que a diferença de resistência é bastante grande, onde o cimento CP V ARI consegue atingir maiores resistência, e sua resistência aos 7 dias já é o suficiente para o produto ser encaminhado para a obra, além de superar o CP II E em todas as idades.

5. CONCLUSÃO

O solo estudado apresentou excelente potencial para produção de tijolos, como alto percentual de areia e uma quantidade de argila+silte que garante ao tijolo a coesão necessária para o manuseio logo após a moldagem. Necessita apenas de algumas correções para melhorar o seu desempenho e diminuir o consumo de cimento.

Quanto à escolha do traço para a produção em série, deve-se levar em conta alguns critérios além da resistência a compressão e absorção de água. Pois, os tijolos normalmente são utilizados a vista, sem revestimento, ou seja, são apenas pintados ou impermeabilizados com resina, estando assim a mercê das intempéries. Utilizar um traço mais rico em cimento, além de proporcionar aumento da resistência, pode fazer com que os tijolos tenham uma vida útil ainda maior, garantindo que a edificação dure muito mais tempo sem precisar de reformas significativas.

Quanto à escolha do tipo de cimento a ser utilizado, o cimento CP V ARI é muito vantajoso, mesmo com custo maior, seus benefícios vão bastante além dos proporcionados pelos cimentos comuns. Porém,

a produção de CP V ARI é teoricamente mais poluente do que de cimentos com adição de pozolana, que são cinzas reaproveitadas. O CP V ARI na sua composição tem quase 100% de clínquer, sendo a produção do clínquer bastante degradante ao meio ambiente. Então, a escolha é bastante singular e vai depender do que o fabricante gostaria de representar ou como gostaria de produzir.

Quanto ao traço de solo-cimento com adição de cal hidratada, pode-se dizer que são necessários mais estudos para comprovar sua eficiência, mas observa-se que houve sim um aumento de resistência, o que deve ser melhor averiguado com outros ensaios em diferentes proporções.

Contudo, a produção de tijolos de solo-cimento pode parecer simples, mas é complexo manter a qualidade do produto todos os dias, exige-se muita atenção e técnica para se aferir os equipamentos e garantir que os tijolos apresentem características semelhantes no decorrer da produção.

6. REFERENCIA

ABIKO, A. K. **Tecnologias aprimoradas:** Tijolos e paredes monolíticas de solo-cimento. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola politécnica da USP, São Paulo, 1980.

AMBROZEWICZ, Paulo Henrique Laporte. **Materiais de construção.** São Paulo: Pini, 2012.

Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP). **Boletim Técnico:** Fabricação de tijolos de solo-cimento com a utilização de prensas manuais. BT-111. São Paulo, 2000.

Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (ABRAINC). **Análise das Necessidades Habitacionais e suas Tendências para os Próximos Dez Anos.** Fundação Getúlio Vargas, 2018.

ABNT **NBR 6457:**1986. Preparação de Amostra de Solo para Ensaio de Compactação e Ensaio de Caracterização.

ABNT **NBR 6508:**1984. Determinação da Massa Específica dos Grãos de Solos Solo.

- ABNT **NBR 6459**:1984. Determinação do Limite de Liquidez.
- ABNT **NBR 7180**:1984. Solo - Determinação do Limite de Plasticidade.
- ABNT **NBR 7181**:1984. Solo - Análise Granulométrica.
- ABNT **NBR 8491**:1984. Tijolo de solo-cimento – Requisitos.
- ABNT **NBR 10833**:1984. Fabricação de tijolos e blocos de solo-cimento com utilização de prensa manual ou hidráulica – procedimento.
- ABNT **NBR 8492:1982**. Tijolo maciço de solo-cimento – Determinação da resistência a compressão e da absorção de água.
- BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção**, v2, 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e suas Aplicações**. 6ªed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.
- CRAIG, R. F. **Mecânica dos solos**, 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
- FIAIS, B. B.; SOUZA, D. S. **Construção sustentável com tijolo ecológico. Revista Engenharia em Ação**. UNITOLEDO. 2016.
- GRANDE, F. M. **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.
- INDUSTRIA ECOMAQUIAS. **O tijolo de solo cimento**. Disponível em: <https://ecomaquinas.com.br/o-tijolo-ecologico>. Acesso em: 20 de março, 2019.
- ISAIA, G. C. **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. V1, 2ed. São Paulo: IBRACON, 2010.
- KARPINSK, L. A. [et al]. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental**. Porto Alegre: Edipucrs, 2009.
- PINTO, C. S. **Curso Básico de Mecânica dos solos em 16 aulas**, 3ª ed. São Paulo: Oficina de textos, 2006.
- YEMAL, J. A.; TEIXEIRA, N. O. V.; NÄAS, I. A. **Sustentabilidade na Construção Civil**. 3rd International Workshop Advances In: Cleaner Production. Santos, 2011.

17. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DA CARGA DE INCÊNDIO EM DEPÓSITOS

COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN METHODS FOR DETERMINING FIRE LOAD IN DEPOTS



LUIZ GUSTAVO DE PAULO
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

DAVID AMÉRICO NAKAGAWA
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

LUZIA MARA MENDES FERRER AMORIM
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

LUÃ MARIANI SOARES
Universidade Estadual de Maringá – UEM

RESUMO: Este estudo busca ampliar uma discussão sobre o cálculo da carga de incêndio em depósitos, conforme prescreve o contido no Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico (CSCIP) e na NPT 014 do Corpo de Bombeiros do Estado do Paraná, na elaboração do Plano de Segurança Contra Incêndio e Pânico. A NPT 014 descreve dois métodos de cálculo: o método probabilístico e o determinístico, que apresentam resultados totalmente divergentes na maioria dos casos em que se aplicam ambos. Para demonstrar a divergência e a consequência de cada método nos resultados, o estudo baseou-se em um depósito de utilidades domésticos com demais dependências de área total de 7.768,33 m². Os resultados apresentaram uma grande diferença entre a carga de incêndio quando calculada pelos dois métodos descritos pela NPT 014, sendo que pelo método probabilístico a carga de incêndio classifica a edificação em risco moderado (J-3), enquanto que pelo método determinístico a classificação da edificação é de risco leve (J-2). A diferença determina níveis distintos de investimento em materiais de combate ao incêndio. Este trabalho visa fazer uma análise comparativa entre os dois métodos, e a consequência mediante a escolha de cada um, na segurança, nos recursos necessários e custos apurados.

PALAVRA-CHAVE: Prevenção de Incêndios. Carga de Incêndio. Depósitos.

ABSTRACT: This paper aims to broaden the discussion about the calculation of the fire load for depots, as prescribed in the Code of Fire and Panic Safety (CSCIP) and NPT 014 of the Fire Department of Paraná State, in the elaboration of: Fire and Panic Security Plan. NPT 014 describes two calculation methods: the probabilistic method and the deterministic method, and they present very divergent results in most cases where both are applied. To demonstrate the divergence and the consequence of each method in the results, the study was based on a household utility depot, with the depot area and other dependencies with a total area of 7,768.33 m². The results showed a great difference between the fire load when calculated by the two methods described by NPT 014, where by the probabilistic method the fire load classifies the building in moderate risk (J-3), whereas by the deterministic method the classification is of low risk (J-2). The difference entails different levels of investment in firefighting materials. This paper aims to make a comparative analysis between the two methods, and the consequence through the choice of each one in the security, the required resources and the verified costs.

KEYWORD: Fire Prevention. Fire load. Depots.

1. INTRODUÇÃO

Incêndios são uma constante ameaça à vida humana em qualquer aglomerado urbano, podendo atingir todos e quaisquer tipos de construção feita pelo homem. Todos os anos, 10 a 20 pessoas por cada milhão perdem a vida devido a essa ação. Para os países mais ricos, o custo total do fogo, incluindo perdas e proteções, é sensivelmente cerca de 1% do produto interno bruto (PIB) por ano. Encontrar uma forma de reduzir os danos (sejam eles materiais ou de vida humana) é um desafio permanente que deve sempre direcionar a legislação vigente de entidades competentes da gestão da segurança pública no tocante a prevenção e controle de desastres (COX, 1999).

Recentemente, o desenvolvimento de conhecimento técnico e a melhor compreensão física sobre o modo como os materiais empregados nas estruturas e edificações respondem a elevadas temperaturas, condições de pressão e demais dinâmicas presentes nos incêndios,

tem-se desenvolvido rapidamente. Hoje, é possível incluir uma grande variedade de fenômenos nos modelos estruturais e prever com certa precisão a resposta da estrutura quando está sujeita a um fenômeno de incêndio (BAILEY *et al.*, 1995; FRANSSEN *et al.*, 1995).

Assim, o engenheiro civil especializado em projetos de prevenção de incêndio tem consigo o aparato técnico para dimensionar estruturas para resistir a elevadas temperaturas de forma mais inovadora e eficiente. Com as orientações contidas na literatura e na Norma Técnica NPT 014 do Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico (CSCIP), o profissional deve ser capaz de direcionar o projeto de forma a atender requisitos descritos na NBR 14432:2001 - Exigências de Resistência ao Fogo de Elementos Construtivos de Edificações: Procedimento - que abrangem diversas áreas, dentre elas:

- Meios de fuga;
- Propagação do fogo, incluindo “resistência ao fogo” e “reação ao fogo”;
- A resistência ao fogo da estrutura em termos de escalões de resistência, por exemplo: R30, 60, 90, 120, 180 ou 240;
- Os sistemas de ventilação: evacuação de fumos e calor;
- Medidas ativas de segurança contra incêndio como extintores de mão, alarmes detectores de calor, alarmes detectores de fumo, sprinklers, sistemas de extinção de pó químico, sistemas de gases e de vapor de água, etc.;
- Acessos para as equipas de bombeiros.

Contudo, o estudo e a prática do emprego de ações de combate contra incêndio constituem um assunto um pouco mais complexo do que se possa imaginar inicialmente. Ela vai além da simples orientação de materiais e aparelhos de combate ao fogo, abrangendo ainda o aspecto humano envolvido e muito mais, num sistema composto por elementos de proteção passiva e elementos de proteção ativa (PEREIRA, 1993).

Segundo Fagundes (2013), todas as medidas preventivas de incêndio devem ser orientadas e implantadas levando em conta a necessidade de cada tipo de edificação, sempre visando diminuir as

chances de surgimento de um princípio de fogo e, a posteriori, seu alastramento. Tais medidas podem ser de dois tipos: ativas e passivas. E ambas se complementam.

Medidas do tipo ativas são equipamentos, acessórios, dispositivos e instalações prediais que serão acionadas em caso de emergência, de forma manual ou automática. Em geral, não exercem outra função no decorrer da rotina normal da edificação (SEITO *et al.*, 2008).

São exemplos destas medidas:

- Equipamentos portáteis (extintores de incêndio);
- Sistema de hidrantes e mangotinhos;
- Sistema de chuveiros e automáticos (sprinklers);
- Sistema de detecção e alarme, entre outras.

Já medidas passivas tem como característica principal a ausência de acionamento humano para seu funcionamento, ou seja, são medidas implantadas que funcionam de modo inato diminuindo o poder de propagação do incêndio pela edificação e facilitando a fuga dos usuários. Podemos considerar medidas passivas, os seguintes itens:

- Compartimentação vertical e horizontal;
- Provisão de rotas de fuga seguras;
- Sinalização adequada e acesso dos equipamentos de combate a incêndio;
- Portas corta-fogo;
- Pintura anti-chamas etc.

Por determinação da Constituição Federal de 1988, ficam estabelecidas as competências legislativas, tanto para a União, como para Estados e Municípios. Decorrente das competências estabelecidas pela Constituição Federal resulta a legislação federal, estadual e municipal, como segue:

- Legislação Federal: Norma Regulamentadora n.º 23 - Proteção Contra Incêndios; e Normas Técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT);
- Legislação Estadual: Normas do Corpo de Bombeiros da

Polícia Militar;

- Legislação Municipal: Códigos de obras e/ou edificações.

No Paraná a primeira norma que norteava a prevenção de incêndio era o Código de Prevenção de Incêndios, elaborado e publicado pela Polícia Militar do Paraná e Corpo de Bombeiros, em 2001. Esse código era dividido em onze capítulos que instruíam a elaboração dos projetos e exigências mínimas que uma edificação tinha que cumprir na proteção contra incêndio, conforme a classificação do seu risco. Já era discutido sobre as instalações especiais com armazenamento ou depósitos, revenda de gases combustíveis, casos de edificações antigas, fogos de artifícios, e também definia como prosseguir a vistoria.

O Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico (CSCIP) do Corpo de Bombeiros do Paraná entrou em vigor em 2012 e, de lá para cá, já houve algumas alterações para melhor adequação à realidade do estado, a última alteração foi em março de 2015. Fazem parte do código várias Normas de Procedimentos Técnicos: as NPTs. Ao todo são 41 NPTs a serem seguidas, para procedimentos administrativos, execução de vistorias, classificação das edificações, elaboração de projetos, elaboração de planos de segurança, desempenho de edificação e treinamento de pessoas, etc.

A normatização do Paraná traz o que há de mais atual em termos de prevenção de incêndio e pânico no mundo contemporâneo, preparando a edificação para um bom desempenho e diminuindo o risco de um possível incêndio, além de preparar a edificação com equipamentos para extinção do fogo. O código visa evitar que o incêndio ocorra, focando na segurança estrutural, nos materiais de acabamentos, no tipo de ocupação, nas sinalizações de padrão internacional e no treinamento das pessoas que utilizam as edificações, a fim de que as pessoas saibam utilizar os equipamentos do sistema de combate a incêndio e também evitar o pânico, a perda de vidas e os danos ao patrimônio.

De acordo com a NPT 014 do CSCIP, define-se:

Carga de incêndio: soma das energias caloríficas que poderiam ser liberadas pela combustão completa de todos os materiais

combustíveis em um espaço, inclusive os revestimentos das paredes divisórias, pisos e tetos;

Piso: superfície superior do elemento construtivo horizontal, sobre a qual haja previsão de estocagem de materiais ou à qual os usuários da edificação tenham acesso irrestrito.

Carga de incêndio específica: é o valor da carga de incêndio dividida pela área de piso do espaço considerado, expresso em megajoule (MJ) por metro quadrado (m^2);

Método de cálculo probabilístico: é o método de baseado em resultados estatísticos do tipo de atividade exercida na edificação em estudo;

Método de cálculo determinístico: método de cálculo baseado no prévio conhecimento da quantidade e da qualidade de materiais existentes na edificação em estudo.

O cálculo da carga de incêndio por meio do método probabilístico leva em consideração a ocupação da edificação e a altura de armazenamento de material em depósitos. O valor da carga de incêndio é integralmente baseado em dados estatísticos e tabelado pela NPT 014. Em relação aos depósitos de materiais, este valor depende unicamente da sua altura de armazenagem, não levando em conta nem mesmo a quantidade de pilhas de armazenamento (CBME-SP, 2011).

O cálculo da carga de incêndio por meio do método determinístico leva em consideração a quantidade de material armazenado nos depósitos. O valor da carga de incêndio associa à relação entre a massa do material, área piso de armazenamento e potencial calorífico específico dos componentes do material, também tabelados pela NPT 014 (CBME-SP, 2011).

Nesse sentido, este estudo visou analisar e comparar a eficiência e conveniência do emprego da melhor forma de cálculo da carga de incêndio para situações distintas em depósitos, entre os métodos probabilístico e determinístico, obedecendo a proposta da NPT 014 do Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico, utilizada como normativa pelo Corpo de Bombeiros do Estado do Paraná na elaboração

do Plano de Segurança Contra Incêndio e Pânico. Mais especificamente, objetivou-se descrever a relação da sociedade com os riscos do fogo e seu histórico na determinação de metodologias e recursos de prevenção e controle de incêndios; Identificar o papel do profissional da engenharia civil na gerência do projeto de prevenção de incêndio; Identificar o tipo da edificação estudada e as orientações aplicáveis da normativa; Reunir, ordenar e explicar as normativas aplicadas pelos órgãos competentes nas exigências para a construção de edifícios como o do modelo estudado, na região de jurisprudência; Esclarecer os métodos discutidos, bem como comparar a viabilidade e conveniência do emprego de ambos em situações distintas, identificando o melhor uso dos mesmos com justificativas econômicas, de segurança ou qualidade de projeto; Apresentar os cálculos, no memorial de dimensionamento de cargas de incêndio, e desenhos do modelo estudado e as propostas de solução para a problemática identificada, usando o método probabilístico e determinístico para um mesmo depósito, com resultados comparados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O objeto de estudo foi um depósito que armazena utensílios domésticos com as características seguintes:

Obra: Edificação de Depósito em Alvenaria e Estrutura Metálica.

Proprietário: Tessaro Empreendimentos Imobiliários LTDA.

CNPJ: 07.837.359/0001-67

Endereço: Avenida das Torres, s/n, rodovia PR-317, Lote 32-P2-A – Gleba Ribeirão Pinguim, Maringá, Paraná.

Ocupação: Distribuidora atacadista de utensílios domésticos.

Área total construída: 7.768,33 metros quadrados.

Área de piso do depósito: 6.590,57 metros quadrados.

Para esclarecer e classificar a normativa aplicada pelos órgãos competentes nas exigências para a construção de edifícios como o do modelo estudado, utilizou-se as seguintes regras e métodos abaixo apresentados:

Método Probabilístico: O CSCIP (Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico) rotula qualquer edificação em estudo, e a cotação de sua carga de incêndio por meio do método probabilístico é feita pelo Anexo A da NPT 14, que relaciona o dado determinado estatisticamente para a ocupação descrita. Já para depósitos, que é o caso deste estudo, o método probabilístico utiliza os valores tabelados no Anexo B da mesma norma, para variadas alturas de armazenamento.

Método Determinístico: O método determinístico aplicado aos depósitos foi realizado por meio do emprego da Equação 1:

$$\sum qf = \frac{\sum M_i \times H_i}{A_f} \text{ (Equação 1)}$$

Em que:

qf é a carga de incêndio específica (em MJ/m²)

Mi é a massa do componente do material (em kg)

Hi é o potencial calorífico específico do componente citado (em MJ.kg⁻¹)

Af é a área total do piso do compartimento (em m²)

Para apresentar os resultados de cálculos propostos e a ilustração pertinente ao projeto, utilizar-se-á de um modelo de Memorial de Dimensionamento de Cargas de Incêndio e a figura da Planta do projeto em estudo, conforme solução sugerida ao cliente potencial, pelo método julgado mais conveniente. Foram demonstrados e comparados os dois modelos (probabilístico e determinístico) e apresentadas as medidas preventivas que cada método exige de acordo com o grau de risco a eles relacionado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerações iniciais:

De acordo com a NPT 014, no item 5.1.2, ocupações não listadas nas tabelas dos Anexos A e B podem ter os valores da carga de incêndio específica determinados por similaridade. Alternativamente, para ocupações do Grupo “J” admite-se adotar o método determinístico, do anexo C. A edificação de estudo foi classificada como “J”, tratando-se de um depósito de um comércio atacadista com armazenamento de materiais combustíveis e incombustíveis alocados em estantes metálicas empilhados em caixas de papelão, madeira ou plásticas (constante no anexo B da NPT 014). A classificação das edificações e áreas de risco quanto a carga de incêndio é determinada pela tabela “3” do Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico (CSCIP) do Corpo de Bombeiros do Paraná. Nela, as edificações podem ser classificadas como de risco leve, moderado ou elevado (Figura 1).

Figura 1 – Tabela 3 do CSCIP– Classificação de risco das edificações.

Risco	Carga de incêndio MJ/m ²
Leve	até 300MJ/m ²
Moderado	Acima de 300 até 1.200MJ/m ²
Elevado	Acima de 1.200MJ/m ²

Fonte: Adaptado de CCBPM/PR (2015).

Resultados da carga de incêndio calculada pelo método probabilístico:

Aplicou-se os valores tabelados pelo anexo B da NPT 014, considerando a altura observada de 6 metros para estantes metálicas empilhados em caixas de papelão, madeira ou plástico. A carga de

incêndio admitida é de 300 MJ.m⁻² para que a ocupação em questão configure *Risco Leve*. Entretanto, observando a altura das prateleiras e o tipo de material armazenado no depósito, determinou-se o valor de carga de incêndio com valor estimado em 540 MJ.m⁻², seguindo a tabela. Portanto, o resultado pelo método probabilístico eleva o grau de risco da edificação para *risco moderado*. A figura 2 apresenta um recorte de onde foram extraídos os valores da carga de incêndio.

Figura 2 – Recorte do anexo B da NPT 014: Relação de carga de incêndio x altura de armazenamento nas edificações e áreas de risco.

NPT 014 – CARGA DE INCÊNDIO NAS EDIFICAÇÕES E ÁREAS DE RISCO						
ANEXO B (continuação)						
Tipo de Material	Carga de Incêndio (qfi) em MJ/m ²					
	Altura de armazenamento (em metros)					
	1	2	4	6	8	10
Depósitos de mercadorias incombustíveis em pilhas de caixas de plástico	90	180	360	540	720	900
Depósitos de mercadorias incombustíveis em estantes metálicas (sem embalagem)	9	18	36	54	72	90
Depósitos de mercadorias incombustíveis em pilhas de caixas de madeira ou de papelão	90	180	360	540	720	900

Fonte: CSCIP/PR (2018).

Para este resultado, e considerando o depósito como de risco moderado, classificou-se o mesmo como “J-3”, segundo indicação do CSCIP/CBPMR, de onde a Tabela “6J.2” descreve as exigências para edificações do grupo “J”, nas divisões “J-3” e “J-4”. Dentre as exigências para depósitos do tipo J-3 está a *Compartimentação Horizontal* (para subdivisão de áreas). A compartimentação, de custo bastante elevado e que pode prejudicar as futuras operações de logística da empresa, pode ser substituída por *sistema de chuveiros automáticos*, conforme a nota específica 1, indexada abaixo da Tabela “6J.2”. A instalação do chuveiro automático tem um custo apurado em aproximadamente R\$ 250,00/m² para a região de estudo. Este equipamento é muito eficiente para combater qualquer princípio de incêndio, mas seu custo inviabiliza o seu uso em pequenos e médios empreendimentos. A figura 3 é um

recorte da tabela “6J.2” com as considerações mencionadas.

Figura 3 – Recorte da tabela “6J.2” do CSCIP/CBPMPR.

TABELA 6J.2

EXIGÊNCIAS PARA EDIFICAÇÕES DO GRUPO “J” - DIVISÃO “J-3” E “J-4”

RL - ÁREA SUPERIOR A 1.500m² E/OU ALTURA SUPERIOR A 9,0m
RM / RE - ÁREA SUPERIOR A 1.000m² E/OU ALTURA SUPERIOR A 6,0m

Grupo de Ocupação e Uso	GRUPO J – DEPÓSITO											
Divisão	J-3 (Risco Moderado)						J-4 (Risco Elevado)					
Medidas de Segurança contra Incêndio	Classificação quanto à altura (em metros)						Classificação quanto à altura (em metros)					
	Térrea	H ≤ 6	6 < H ≤ 12	12 < H ≤ 23	23 < H ≤ 30	Acim a de 30	Térrea	H ≤ 6	6 < H ≤ 12	12 < H ≤ 23	23 < H ≤ 30	Acima de 30
Acesso de Viatura na Edificação	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Segurança Estrutural contra Incêndio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Compartimentação Horizontal (áreas)	X¹	X¹	X¹	X¹	X¹	X	X¹	X¹	X¹	X¹	X¹	X
Compartimentação Vertical	-	-	-	X³	X³	X	-	-	-	X³	X³	X
Controle de Materiais de Acabamento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Saídas de Emergência	X	X	X	X	X	X²	X	X	X	X	X	X²
Plano de Emergência	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Brigada de Incêndio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Iluminação de Emergência	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Deteção de Incêndio	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X
Alarme de Incêndio	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Sinalização de Emergência	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Extintores	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hidrante e Mangotinhos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Chuveiros Automáticos	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X
Controle de Fumaça	-	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	X

NOTAS ESPECÍFICAS:

1 - Pode ser substituída por sistema de chuveiros automáticos;

2 - Deve haver Elevador de Emergência para altura maior que 60 m;

3 - Pode ser substituída por sistema de controle de fumaça, detecção de incêndio e chuveiros automáticos, exceto para as compartimentações das fachadas e selagens dos *shafts* e dutos de instalações.

Fonte: CSCIP/PR (2018).

Resultados da carga de incêndio calculada pelo método determinístico:

A distribuidora tem um depósito com uma área de piso de 6.590,57m² (valor utilizado para cálculo pelo método determinístico) onde são armazenados artigos de diferentes materiais. O cálculo da carga de incêndio desse depósito pelo método determinístico foi fundamentado no Anexo C da NPT 014.

O depósito possui 81 prateleiras idênticas com altura de 6 metros e, em cada prateleira, existe uma quantidade variada de utensílios de materiais distribuídos entre plásticos, inox, ferro fundido, madeira, vidro, cerâmica etc. Na NPT 014 é encontrado o valor do potencial calorífico em MJ.kg⁻¹ para cada um deles, listados no anexo A. O cálculo da carga de incêndio no depósito, utilizando-se o método determinístico, levou em consideração o tipo de material, a quantidade depositada e a área de piso do depósito. Assim, o valor da carga de incêndio do empreendimento foi calculado através da soma da multiplicação da massa total dos materiais combustíveis armazenados e de seus respectivos potenciais caloríficos. O somatório foi dividido pela área do piso do compartimento e assim é obtido o valor final da carga de incêndio do ambiente. O empreendimento armazena vidro, papelão, madeira, plástico, aço inox etc. Listou-se a quantificação destes produtos e suas características quanto a potencial calorífico específico e o peso apurado:

Materiais Combustíveis:

1. Papelão (embalagens)

Potencial calorífico específico (papel): $H = 16 \text{ MJ/kg}$

Peso de armazenamento total: $P = 4.600 \text{ Kg.}$

2. Utensílios de madeira

Potencial calorífico específico: $H = 18 \text{ MJ/kg}$

Peso de armazenamento total: $P = 881,76 \text{ Kg.}$

3. Utensílios de plástico

Potencial calorífico específico: $H = 31 \text{ MJ/kg}$

Peso de armazenamento total: $P = 48.521,33 \text{ Kg}$.

Materiais Incombustíveis:

1. Utensílios de ferro fundido

Peso de armazenamento total: $P = 106,80 \text{ Kg}$.

2. Utensílios de alumínio

Peso de armazenamento total: $P = 225.918,00 \text{ Kg}$.

3. Utensílios de cerâmica e/ou porcelana

Peso de armazenamento total: $P = 16.493,76 \text{ Kg}$.

4. Utensílios de vidro

Peso de armazenamento total: $P = 38.782,34 \text{ Kg}$.

Aplicando a Equação 1:

$$\sum qf = \frac{\sum M_i \times H_i}{A_f}$$

$$qf = \sum (881,76 \times 18 + 4600 \times 16 + 48521,33 \times 31) / 6.590,57$$

$$\sum qf = 241,81 \text{ MJ/m}^2$$

Portanto, o depósito da edificação possui carga de incêndio de $241,81 \text{ MJ/m}^2$ quando calculado pelo método determinístico, enquadrando a edificação como de risco leve. E, para este enquadramento, as medidas de combate a incêndio são menos rigorosas e, por consequência, menos custosas.

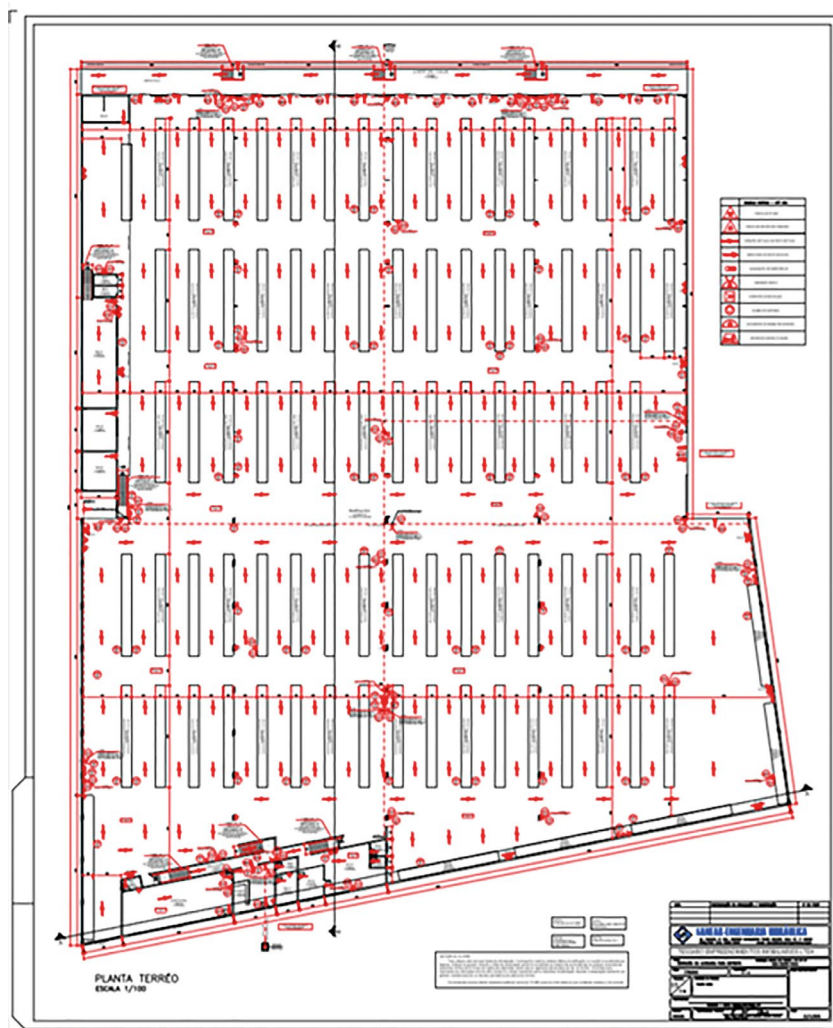
Considerações finais:

Após a aplicação dos dois métodos para o cálculo da carga de incêndio do mesmo depósito, pode-se observar a variância entre os valores obtidos ao final da determinação e a classificação do risco de incêndio para a edificação. Ocorre que a consideração da área no método probabilístico intensifica a diferença dos resultados. Dessa forma, o depósito contendo 10 ou 200 prateleiras terá a mesma carga de incêndio

se analisado pelo método probabilístico, o que perceptivelmente não é o mais indicado visto que tal abrangência não permite uma especificidade apurada, recaindo em superdimensionamento e uso de medidas excessivas (e custosas) de equipamentos de combate ao fogo. Nota-se que o cálculo da carga de incêndio pelo método determinístico é mais coerente, pela precisão. Entretanto, a sua aplicação poderia ser melhor definida caso toda a composição dos materiais fosse possivelmente determinada.

Para discutir custos, considerou-se que um bom projeto de incêndio feito pelo método determinístico requer maior tempo de levantamento *in loco* de informações e medidas, e mais cálculos. Neste estudo de caso, o projetista precisou de 160 horas de trabalho para conclusão dos serviços, ao custo de R\$ 107,00/hora. No total, o projeto custaria R\$ 17.120,00, pelo método determinístico. Porém, é importante recordar que, uma vez adotado este método e descartado o probabilístico, a redução do risco da edificação de moderado para leve, resultou na dispensa do uso de chuveiros automáticos que, como já dito anteriormente, custam 250,00/m². Multiplicando este valor pela área de piso do depósito, de 6.590,57m², obteve-se o valor final de R\$ 1.541.244,34. Assim, observou-se com facilidade que um bom projeto utilizando um método mais específico como o determinístico é infinitamente mais aconselhável e viável para o cliente. A figura 4 apresenta uma simulação do projeto apresentado ao cliente utilizando os equipamentos e recursos necessários para risco leve, conforme apurado pelo método julgado como mais conveniente, o determinístico.

Figura 4 – Planta baixa PSCIP 03/06.



Fonte - O autor, em parceria com Sanear Engenharia Hidráulica.

4. CONCLUSÃO

Com as diferenças entre os métodos aqui demonstrados, abrem-se as discussões em torno do método de cálculo da carga de incêndio para chegar a resultados próximos ao real na área de armazenamento e estocagem dos depósitos, com a finalidade de ajustar as medidas

preventivas a serem adotadas, sempre em via de preservar os custos e garantir a maior segurança necessária para a edificação e seus usuários.

Comparando-se os métodos, pode-se concluir que o probabilístico, levando em conta somente a altura de armazenamento, poderia ser usado em pequenos depósitos onde a quantidade de material armazenado não tem tanta relevância, apenas o tipo de ocupação. Já grandes e médios depósitos deveriam ser calculados pelo método determinístico, ainda que ele seja mais trabalhoso, pois devem ser mensurados todos os materiais do depósito etc. O determinístico exige muito mais trabalho da equipe técnica de projeto, devido ao estudo de campo demandado, mas, em compensação, este tempo de projeto é revertido em economia dos equipamentos a serem instalados, o que foi percebido como uma grande redução de custos para o cliente.

5. REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 14432**: 2001. Exigências de Resistência ao Fogo de Elementos Construtivos de Edificações – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2001.

BAILEY, C. G., Burgess, I. W. and Plank, R. J. **Computer simulation of a fullscale structural fire test**. The Structural Engineer. Vol. 74, p. 93-100. 1995.

CBME-SP. **Instrução Técnica n. 14** – Carga de incêndio nas edificações e áreas de risco. 2011.

CCBPR. **Código de Prevenção de Incêndios**. 2001.

CCBPM – PR. **Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico (CSCIP)**. 2015.

CCBPM – PR. **NPT 014 – Carga de Incêndio nas edificações e áreas de risco**. 2018.

COX, G.,. **Fire research in the 21st century**. Fire Safety Journal. Vol. 32, n.º 3, p. 203-219. 1999.

FAGUNDES, Fábio. **Plano de prevenção e combate a incêndios: Estudo de caso em edificação residencial multipavimentada**. Rio Grande do Sul: Monografia (Engenharia de Segurança do Trabalho) UNIJUÍ, 2013.

PEREIRA, P. J. R. M., - **Incêndios em Edifícios na Cidade do Porto**. Tese de Mestrado em Construção de Edifícios Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 1993.

SEITO, Alexandre (coord.) et al., **A Segurança Contra Incêndio no Brasil**. 3.ed. São Paulo: Projeto Editora, 2008.

18. ANÁLISE DAS RESISTÊNCIAS À COMPRESSÃO DO CONCRETO PRODUZIDO POR MEIO DA ADIÇÃO DA CINZA DO BAGAÇO DA CANA-DE-AÇUCAR NA REGIÃO DA CIDADE DE MARINGÁ-PR

ANALYSIS OF RESISTANCE TO COMPRESSION OF
CONCRETE PRODUCED THROUGH THE ADDITION
OF SUGAR CANE BAG GRAY IN THE CITY REGION OF
MARINGÁ-PR

MARCELO PIERGENTILE SILVA
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

LENILSON COUTINHO DA ROCHA
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RESUMO: O Brasil produz 720 milhões de toneladas de cana de açúcar anualmente, gerando grande quantidade de resíduos oriundo da produção de subprodutos. A Lei Federal 12.305/2010 Política Nacional de Resíduos Sólidos, foi criada com a finalidade de orientar o descarte desses resíduos. No processo de moagem, 30% da cana moída resulta em bagaço, onde 95% são queimadas para geração de vapor e 5% para ração, cama animal e adubo. No processo de queima, é gerada uma cinza onde é formada basicamente por dióxido de silício (SiO_2), podendo-se configurar em sério problema ambiental, as cinzas podem ser utilizadas como matéria-prima para a produção de materiais pozolânicos, como para o concreto. Objetivando a sustentabilidade, várias indústrias como Química, Farmacêutica, Alimentícia e da Construção Civil, vem estudando a possibilidade da utilização de resíduos da cana de açúcar evitando a degradação ambiental. Outro benefício encontrado pelo aproveitamento destas cinzas se deve à redução do consumo de cimento. A utilização de resíduos gerados por outros setores da economia é vantajosa não apenas pela produção de subprodutos, mas também pela diminuição de matéria- não renováveis. Com o intuito de minimizar os acúmulo de materiais e o impacto causado por eles, tem-se a necessidade de ser feitos testes para viabilizar o consumo desses resíduos em outras áreas, como por exemplo, a construção. Foram produzidos corpos de provas de concreto empregando diferentes taxas de substituição parcial do cimento por cinza: 0, 10 e 20%. Utilizando Cimento Portland CII 32 da marca Votoran, areia lavada, brita, água e cinza obtidas na região de Maringá. Os materiais foram submetidos a testes para determinação de suas características físicas como, granulometria e massa específica, para poder determinar o traço a ser usado. Foi determinado o fator água

cimento a partir do Slump Test e resistência à compressão pelo teste de resistência na prensa hidráulica.

PALAVRAS CHAVES: Resíduos. Subprodutos. Pozolânicos. Concreto.

ABSTRACT: Brazil produces 720 million tons of sugar cane annually, generating a large amount of waste from the production of byproducts. Federal Law 12.305 / 2010 National Policy on Solid Waste, was created with the purpose of guiding the disposal of such waste. In the milling process, 30% of ground sugarcane results in bagasse, where 95% is burned for steam generation and 5% for feed, animal litter and fertilizer. In the burning process, an ash is generated where it is basically formed by silicon dioxide (SiO_2), which can be a serious environmental problem. Ashes can be used as raw material for the production of pozzolanic materials, such as concrete. Aiming at sustainability, several industries such as Chemical, Pharmaceutical, Food and Construction, have been studying the possibility of using sugarcane residues avoiding environmental degradation. Another benefit found by the use of these ashes is due to the reduction of cement consumption. The use of waste generated by other sectors of the economy is beneficial not only for the production of by-products, but also for the reduction of non-renewable raw materials. In order to minimize the accumulation of materials and the impact caused by them, there is a need to make tests to enable the consumption of these wastes in other areas, such as construction. Concrete specimens were produced using different rates of partial replacement of cement by ash: 0, 10 and 20%. Using Portland cement CPII 32 of Votoran brand, washed sand, gravel, water and ash obtained in the region of Maringá. The materials were subjected to tests to determine their physical characteristics such as particle size and specific mass, in order to determine the trait to be used. The water cement factor was determined from the Slump Test and compressive strength by the hydraulic press strength test.

KEYWORDS: Waste. By-products. Pozzolamics. Concrete.

1. INTRODUÇÃO

Aproximadamente 1,7 bilhões de toneladas de cana-de-açúcar são produzidas, anualmente, em 24 milhões de hectares em todo o mundo. Sendo o Brasil, com 720 milhões de toneladas (aproximadamente 42%) o maior produtor mundial (CONAB). Com isto, acontece a produção de subprodutos como Álcool, Açúcar, Caldo da Cana, entre outros.

Gerando como consequência resíduos, onde esses causam diversos danos no meio ambiente.

A fim de minimizar tais danos causados por essa cultura, foi desenvolvida a Lei Federal 12.305/2010, onde estabelece a política nacional de resíduos sólidos que foi elaborada para a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental, tratamento dos resíduos sólidos e arrumação final ambientalmente apropriada. Objetivos esses da legislação instigam e obrigam as indústrias a adotarem um plano de gestão de resíduos sólidos, desenvolver uma correta finalidade para os rejeitos e elaborar tecnologias para reutilizar, reciclar ou tratar esses resíduos.

Durante a extração do caldo da cana-de-açúcar é gerada grande quantidade de bagaço (aproximadamente 30% da cana moída), biomassa de suma importância como fonte energética. Cerca de 95% de todo o bagaço produzido no Brasil são queimados em caldeiras para geração de vapor, resultando na cinza de bagaço, resíduo cujo disposição não obedece, na maior parte dos casos, a práticas propícias, podendo-se configurar em sério problema ambiental, por ser constituída, basicamente, de sílica (Dióxido de Silício), SiO_2 (CORDEIRO, G. C. 2006).

Tabela 1: Composição química da cinza (% em peso)

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	K_2O	MgO	CaO	MnO	P_2O_5	ZrO_2	PF
CINZA	77,5	4,7	3,8	0,3	5,4	3,0	2,3	0,3	2,3	0,06	0,31

Fonte: Borlini (2005)

Normalmente, apesar de ser um material de difícil degradação e que apresenta poucos nutrientes, as cinzas são descartadas na natureza de forma irregular, utilizada como adubo nas lavouras de cana-de-açúcar (SOUZA et al., 2007).

Durante a queima do bagaço nas caldeiras, são gerados dois tipos de cinza, uma provinda do fundo das fornalhas (cinza pesada) e

outra do lavador de gases que fica vinculado à chaminé (cinza volante ou leve).

Estima-se sobre esses dados que a indústria sucroalcooleira gera 3,61 milhões de toneladas de cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC), volume até considerável devido a sua alta produção anual (FEITOSA, MALTONI E SILVA, 2009).

Por ser constituída predominantemente de Dióxido de Silício, as cinzas podem ser utilizadas como matéria-prima para a produção de materiais pozolânicos para construção civil (SOUZA et al., 2007).

Estudos como o de Ferrato (2009) enfatizou a diversidade no ramo das indústrias química, farmacêutica, alimentícia e da construção civil, no que diz respeito à utilização de resíduos da cana-de-açúcar, objetivando a sustentabilidade como fonte de renda alternativa, isto é, evitando a degradação ambiental.

Sabe-se que o aproveitamento de resíduos pode muitas vezes trazer melhorias técnicas, além da redução de custos e de impacto ambiental, visto que tem crescido no mundo inteiro.

Outro benefício encontrado pelo aproveitamento destas cinzas se deve à redução do consumo de cimento, tanto no seu processo de fabricação pela economia de energia gasta e pela redução das matérias-primas usadas quanto na produção de concreto e argamassa, conforme estudos de Caldas et al (2000), Cordeiro (2006), Ganesan, Rajagopal e Thangavel (2007), Santos e Formagini (2008), Singh, Singh e Rai (2000).

A utilização pela construção civil de resíduos gerados em outros setores da economia é vantajosa não apenas em virtude do aumento da atividade industrial e, conseqüentemente, de subprodutos, mas, sobretudo, devido à redução da disponibilidade de matérias-primas não renováveis, tão necessárias às atividades da construção civil convencional. Grande parte dos resíduos gerados pode ser reciclada, reutilizada, transformada e incorporada, de modo a produzir novos materiais de construção e atender à crescente demanda por tecnologia alternativa de construção mais eficiente, econômica e sustentável

(JOHN, 2007).

Dentre os resíduos se destacam as cinzas minerais oriundas de diferentes atividades agroindustriais, que apresentam altas porcentagens de sílica e de outros óxidos, podendo ser então utilizadas como pozolâneas. A propriedade da pozolâna é a sua capacidade de reagir com o hidróxido de cálcio liberado durante o processo de hidratação do cimento, formando compostos estáveis de poder aglomerante, tais como os silicatos e aluminatos de cálcio hidratados (FAIRBAIRN et al. 2010).

Ao misturar o cimento com outros materiais, cria-se o concreto. Segundo Sampaio (2013), o concreto é o material resultante da combinação em determinadas proporções dos seguintes itens: O aglomerante, como o cimento Portland; o agregado miúdo, geralmente areia lavada; o agregado graúdo, normalmente brita; e água. Além disso, podem ser adicionados aditivos que influenciem no desempenho. Os agregados são materiais granulares, geralmente inertes, sem forma e volume definidos. Podem ser de origem natural ou artificial, tendo um papel marcante na composição do concreto, pois ocupa quase 80% do peso estrutural.

Com o intuito de minimizar os acúmulos de materiais e o impacto causado por eles, tem-se a necessidade de ser feitos testes para viabilizar o consumo desses resíduos em outras áreas, como por exemplo, a construção.

Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o processo de fabricação de concreto com a adição do bagaço da cana-de-açúcar e a partir das análises, elaborar melhorias para o método aplicado por meio de testes de resistência.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Na produção dos corpos de provas de concreto foram empregadas diferentes taxas de substituição parcial do cimento por CBC: 0, 10 e

20%. As relações entre cimento – CBC, são: A1 (100-0), A2 (90-10) e A3 (80-20), em que os valores representam os percentuais de cimento e CBC, respectivamente, produzidos 2 corpos de prova de cada relação para cada idade de rompimento para melhor margem de resultado.

Foram utilizados Cimento Portland CII 32 da marca Votoran, areia lavada, Brita, Água e CBC obtida da Usina Nova Produtiva, situada no município de Astorga, a 66 Km de Maringá-PR, onde foram submetidos a ensaios para determinação de suas características físicas.

Inicialmente, com os materiais secos em estufa, foi realizado ensaio de determinação da composição granulométrica, regido pela NBR NM 248:2003 que prescreve o método a ser seguido para tal determinação, a partir do processo de peneiramento dos materiais, obter as curvas granulométricas com os valores de materiais retidos em cada peneira (9,5mm, 4,5mm, 2,36mm, 1,18mm, 0,6mm, 0,3mm e 0,15mm). Por meio desse processo, foi obtido o Diâmetro máximo característico, onde, de acordo com a NBR 7211:2009, “o diâmetro máximo característico (DMC) é a grandeza associada a distribuição granulométrica do agregado correspondente à abertura, em milímetros, da malha da peneira em que foi retida uma porcentagem acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% de sua massa”; o Módulo de Finura, que de acordo com a NBR 7211:2009, é a somatória da porcentagem acumulada de um determinado material, em massa, na série de peneira normal, dividida por 100.

Para continuar com a determinação das características, foi realizado ensaio de determinação da Massa Específica do agregado miúdo (areia fina), onde a NBR 6467:2009 com auxílio da norma de solos ME – 2 prescreve o método para tal determinação, onde é pesado às combinações de Picnômetro, água e areia (atentando-se para que não fique nenhum vazio). No próximo passo, é pesado somente o Picnômetro com a água e tirado sua temperatura. Com esses resultados em mãos, a partir de uma fórmula é determinada sua massa específica. Em posse da NBR NM 53:2009, é possível determinar a massa específica do agregado graúdo, cujo norma orienta que se faça três amostras, pesadas

em três estágios (saturado, com a superfície seca e submerso), que a partir de uma fórmula é determinado sua massa específica.

O traço foi determinado conforme método IPT, desenvolvido pela Secretaria de Desenvolvimento do Estado de São Paulo juntamente com a Lei de Abraham determinante para o teor de água/cimento. O Método IPT determina três traços, NORMAL 1:2,18:2,82:a/c; RICO 1:1,39:2,11:a/c; POBRE 1:2,97:3,53:a/c.

Com o traço desejado, é preciso saber o fator água/cimento. Para descobrir tal fator, é necessário fazer-se o ensaio de Slump, ensaio este onde determina a quantidade de água a utilizar partindo do abatimento causado pelo cone.

Os corpos de provas são moldados segundo NBR 5738:2015, onde a mesma orienta a dividir em três camadas, e com o auxílio de uma haste golpear 12 vezes entre uma camada e outra. Os corpos de provas devem ficar moldados pelas primeiras 24 horas, depois de cumprido o período de cura inicial, os corpos de prova devem ser submetidos à cura submersa.

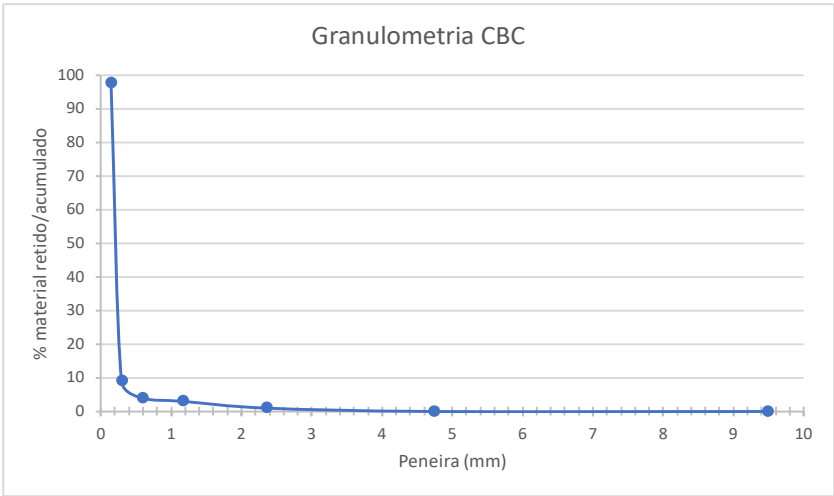
A NBR 5739 orienta para a determinação da resistência a compressão do concreto.

Para se obter o comparativo de resistência do concreto com as variações de adição de CBC, foi adotado ensaios de compressão com 3, 7 e 28 dias com cura em câmara úmida, constituído de 3 tratamentos, ou seja: 2 níveis de adição de CBC e um testemunho (100% cimento).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os resultados obtidos no processo de granulometria da CBC foi possível conhecer a porcentagem de material retido/acumulado em cada peneira, essa expressa na curva do Gráfico 1.

Gráfico 1: Porcentagem de material retido/acumulado de CBC em cada peneira.



Fonte: O autor.

A partir dessa, obtivemos os valores para determinar suas características físicas, como diâmetro máximo característicos e módulo de finura (Tabela 2).

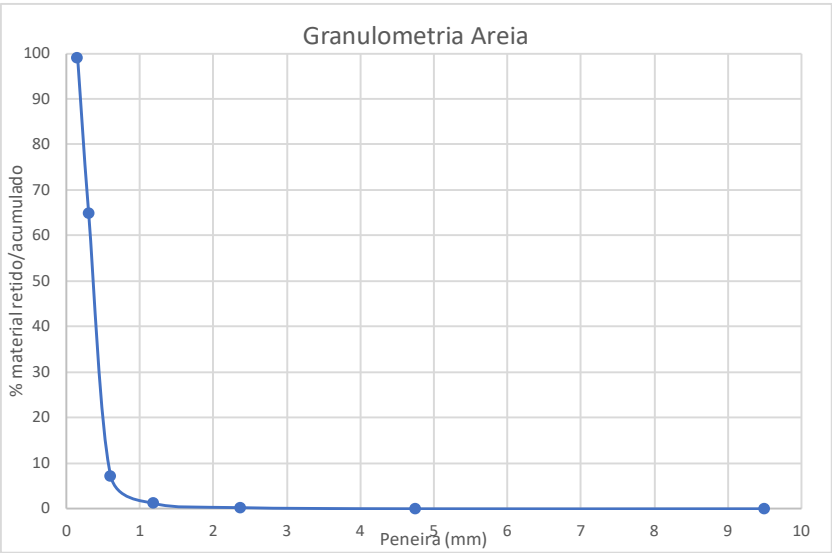
Tabela 2: Características físicas da CBC

Diâmetro Máx. Característico	0,6 mm
Módulo de Finura	1,15

Fonte: O autor.

Ao fazer o processo de granulometria para a areia, obtivemos a porcentagem de material retido/acumulado pelas peneiras dispostas na curva mostrada no Gráfico 2.

Gráfico 2: Porcentagem de material retido/acumulado de areia em cada peneira.



Fonte: O autor.

A granulometria do agregado miúdo nos forneceu valores, cujo módulo de finura e diâmetro máximo estão representados na tabela 3.

Tabela 3: Características físicas da areia

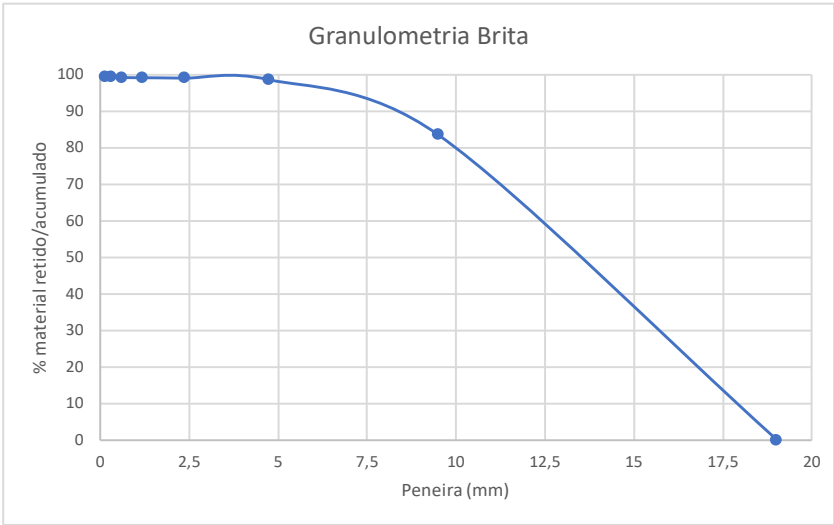
Massa Especifica	2,643 Kg/dm³
Diâmetro Máx. Característico	1,18 mm
Módulo de Finura	1,74

Fonte: O autor.

Conforme NBR NM 248:2003, areia é considerada muito fina se seu retido acumulado na peneira 0,6 mm for entre 0 e 20%. Por essa areia ter um retido acumulado de 7,28% na peneira 0,6 mm, é considerada muito fina.

No Gráfico 3, seguem os valores de material retido em cada peneira no ensaio de granulometria do agregado graúdo.

Gráfico 3: Porcentagem de material retido/acumulado de brita em cada peneira.



Fonte: O autor.

A NBR 9211 estabelece que para brita ser denominada brita 1, é necessário que tenha uma porcentagem de retido acumulado na peneira de abertura 9,5 mm de 80-100%, classificando assim, a brita utilizada nesse trabalho como brita 1, visto que retido acumulado obtido no ensaio de granulometria foi de 83,47%.

Expressa na Tabela 4, as características físicas da brita utilizada.

Tabela 4: Características físicas da brita.

Massa Específica	2,757 kg/dm ³
Diâmetro Máx. Característico	19 mm
Módulo de Finura	6,74

Fonte: O autor.

Com a realização do ensaio de resistência a compressão foi possível analisar a influência da CBC diretamente no concreto. Na tabela 5, temos o comparativo das forças e resistências obtidas de todas as variações de amostra, por meio do ensaio para as idades de 3, 7 e 28 dias.

Tabela 5: Resistência à compressão

Traço	Idade	Força aplicada (Kn)	Tensão (Mpa)
A1 (100-0)	3 dias	84,76	10,799
	7 dias	159,62	20,337
	28 dias	262,51	33,447
A2 (90-10)	3 dias	73,99	9,427
	7 dias	144,33	18,389
	28 dias	234,81	29,917
A3 (80-20)	3 dias	62,41	7,952
	7 dias	104,66	13,335
	28 dias	146,05	18,608

Fonte: O autor.

Diante da tabela 5, podemos observar que dentre as Tensão obtidas por meio do ensaio de resistência a compressão, somente a amostra A1, que não sofre adição da cinza (Traço piloto) está nos parâmetros estabelecidos pela norma NBR 11578 – Cimento Portland Composto, parâmetros esses que estabelece tensões mínima para resistência à compressão para o cimento CII-32.

Segundo ABNT NBR 11578 – CP II, a resistência mínima para 3 dias de 10 Mpa, para 7 dias de 20 Mpa e para 28 dias de 32 Mpa.

Mesmo com composição não completamente apropriada, a cinza da cana de açúcar manteve as propriedades básicas principais sem alteração intensa na argamassa (DE PAULA, 2006).

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que, esse material não seria apropriado para uma obra estrutural, ou seja, sendo indicado apenas para fins não estruturais.

Este campo é amplo, contendo inúmeras oportunidades, como por exemplo, fabricação de blocos de concreto para alvenaria de vedação, calçadas, pavers, contrapisos, quadras esportivas para escolas, entre outros.

5. REFERÊNCIAS

ABRELPE – **Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2017.pdf>> Acesso em: 9 abr. 2019.

ABNT NBR 16697: **Cimento Portland – Requisitos**. Rio de Janeiro, 2018.

ABNT NBR 7211: **Agregados para concretos**. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT NBR 6502: **Rochas e solos**. Rio de Janeiro, 1995.

ABNT NBR 5738: **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de CP**. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT NBR 5739: **Ensaio de Compressão de Corpos-de-prova**. Rio de Janeiro, 2018.

ABNT NBR 7212: **Execução do concreto**. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT NBR 7680: **Extração, preparo e análise de testemunho**. Rio de Janeiro, 2015.

ABNT NBR 11578: **Cimento Portland Composto**. Rio de Janeiro, 1991.

ABNT NBR 7211: **Agregados para concretos**. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT NBR NM 248: **Determinação granulométrica**. Rio de Janeiro, 2003.

CONAB, **Safra Brasileira de Cana-de-açúcar**. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>> Acesso em: 9 abr. 2019.

CORDEIRO, G. C., TOLEDO FILHO, R. D., TAVARES, L. M., FAIRBAIRN, E. R. M., “Pozzolanic activity and filler effect of sugar cane bagasse ash in Portland cement and lime mortars”, *Cement & Concrete Composites*, n. 30, pp. 410-418, 2008.

CORDEIRO, G. C. **Utilização de cinzas ultrafinas do bagaço de cana-de-açúcar e da casca de arroz como aditivos minerais em concreto**. 2006. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

FERRATO, E. **Mecanismos de regulação no uso e na comercialização do bagaço e dos resíduos vegetais da cana-de-açúcar: uma nova *commodity* no mercado?** Santa Bárbara d'oeste- SP; Tese de doutorado. Dezembro de 2009.

JOHN, V. M. **Materiais de Construção Civil e Princípios da Ciência e Engenharia de Materiais**. 1ª Ed. v1, IBRACON: São Paulo, 2007.

Lei Federal 12.305/2010: **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm> Acesso em 11 Abr. 2019

SAMPAIO, Z. L. M. **Análise do comportamento mecânico de concretos produzidos com incorporação de cinza do bagaço da cana-de-açúcar de variedades SP911949, RB 92579 e SP 816949**. 2013. 134f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2013.

SCHNEIDER, C. F.; SCHULZ, D. G; LIMA, P. R.; GONÇALVES JÚNIOR, A. C. Formas de gestão e aplicação de resíduos da cana-de-açúcar visando redução de impactos ambientais. **Revista Eletrônica Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n.5, p.08-17. Edição especial, Mossoró – RN, 2012.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. Botânica sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de fanerógamas nativas e exóticas no Brasil. **Editora Nova Odessa: Instituto Plantarum**, 3a. Edição, p 230, 2012

YARA BRASIL, Produção mundial de cana-de-açúcar. Disponível em: <<https://www.yarabrasil.com.br/nutricao-de-plantas/cana-de-acucar/producao-mundial-de-cana/>> Acesso em: 23 mai. 2019

19. ANÁLISE DE ESTABILIZAÇÃO DO SOLO GRANULOMÉTRICAMENTE PARA SUB – BASE E BASE DE PAVIMENTOS

SOIL STABILIZATION ANALYSIS GRANULOMETRICALLY
FOR SUB - BASE AND FLOOR BASE



MARCOS FERREIRA DE SOUZA
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

SÉRGIO RODRIGUES DE SOUZA
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RESUMO: A partir da necessidade do homem em trabalhar com solos, obrigou-se a caracterizar como tipo de material e suas propriedades físicas, material de suporte e base estabilizadora para qualquer tipo ou composto que tenha a cima de sua estrutura. Quanto trata-se de solos, analisa suas características e aplicações tratadas a partir da engenharia, neste caso Engenharia Civil. Material mais utilizado nas obras de engenharia civil, está presente em praticamente todos os tipos de construções, alguns casos utilizados para construção ou como suporte de cargas atuantes. O objetivo do trabalho foi de avaliar o índice de suporte california (I.S.C), do solo quando estabilizado granulométricamente com pedras britadas, ainda, visando aplicação em sub-base e base de pavimentos rodoviários. Para concretizar o estudo foram feitas coletas de material na região de Mandaguaçu – PR, já pedras britadas coletadas na pedreira Extracon, Maringá – PR. A proposta buscou os seguintes resultados; realizar análise da influência a partir do CBR no solo quando sujeito as misturas com britas sobre propriedades mecânicas. Verificar qual a mistura de solo brita 01 com CBR suficiente para uso na sub-base e averiguar as porcentagens da mistura solo brita para faixas 03 e 05 do conforme DER – PR, aplicação na base. Foram realizados ensaios de granulometria, limite de liquidez, limite de plasticidade, compactação, expansão do solo, e o CBR, considerando o solo natural, já na mistura com brita 19mm de 5%,10% e 20% para a sub-base, e nas faixas 03, 05 do DER para base. Os resultados para o uso em sub-base indicaram que a mistura de 5% de solo brita teve 38% de CBR, sendo assim mais adequada para a execução da sub-base. Na mistura para a base com 15% de solo na faixa 03 e 25% de solo na faixa 05. O I.S.C. é de 104% para faixa 03 e 82% na faixa 05. Após resultados concluídos os valores foram satisfatórios para o material da sub-base e também

para as misturas de agregados aplicados na base, sendo assim podendo ser utilizado na execução de pavimentos.

Palavras Chaves: solo estabilizado granulométricamente, camada de sub-base, camada da base, Índice de Suporte Califórnia.

ABSTRACT: From the necessity of man to work with soils, it was forced to characterize as type of material and its physical properties, support material and stabilizing base for any type or compound that has above its structure. When it comes to soils, it analyzes its characteristics and applications treated from engineering, in this case Civil Engineering. Material most used in civil engineering works, is present in practically all types of constructions, some cases used for construction or as support for acting loads. The objective of this work was to evaluate the California support index (I.S.C) of the soil when granulometrically stabilized with crushed stones, also aiming at application in sub-base and base of road pavements. To carry out the study were collected material in the region of Mandaguaçu - PR, already crushed stones collected in the quarry Extracon, Maringá - PR. The proposal sought the following results; perform analysis of the influence of CBR in the soil when subjected to gravel mixtures on mechanical properties. Verify the crushed soil mixture 01 with sufficient CBR for use in the subfloor and check the percentages of the crushed soil mixture for bands 3 and 5 of the DER - PR, application in the base. Grain size, liquidity limit, plasticity limit, compaction, soil expansion, and CBR tests were performed, considering the natural soil, already in the mix with 5%, 10% and 20% 19mm gravel for the subfloor. and tracks 3, 5 from DER to base. The results for use in subfloor indicated that the 5% mixture of crushed soil had 38% CBR, thus being more suitable for the subfloor execution. In the mix for base with 15% soil in lane 3 and 25% soil in lane 5. I.S.C. It is 104% for lane 3 and 82% for lane 5. After results are completed, the values are satisfactory for the subfloor material and also for the aggregate mixtures applied to the base, so it can be used for paving.

Key words: granulometrically stabilized soil, sub-base layer, base layer, California support index.

1. INTRODUÇÃO

A infraestrutura e desenvolvimento seja local, regional e ou nacional são direcionadas priorizando investimentos em pontos específicos com o intuito de otimizar o escoamento de bens, mercadorias e serviços. No Brasil, país tradicional quanto trata-se de obras infraestrutura na Engenharia Civil, totalmente autossuficiente na construção de Aeroportos, Hidrovias, Portos, Ferrovias e Rodovias, através de métodos e processos controlados e administrados pelos órgãos governamentais não é diferente. Para cumprir com todo ou qualquer objetivo quando se trabalha com obras de infraestrutura, o primeiro e principal ponto é a condição da área, no caso, característica local e tipo de material que dará suporte. Na maioria, se não todas as obras de infraestrutura, a necessidade de tratar o solo é primordial para o sucesso do empreendimento, seja na condição do material natural ou modificado, o intuito é definir sua resistência, se possui suporte e o quanto será necessário para sua estabilização adequada através de processos mecânicos ou químicos (MASSAD, 2003).

O solo na condição natural apresenta características geotécnicas homogêneas, aglomerados de partículas provenientes de decomposição estrutural rochosa. Quando empregado na construção civil exige uma série de fatores que influencia seu uso e aplicação, material complexo e variável, muitas vezes não corresponde a exigências do projeto, sendo necessário substituí-lo por outro material de melhor qualidade ou alterar suas propriedades de modo a criar um novo material, alterações necessárias quando aplicadas nas propriedades primárias de um solo, objetivando a estabilização através das análises granulométricas. Na construção são empregadas nas fundações superficiais, pavimentos rodoviários, canais, aterros e barragens.

Já em obras de pavimentação a formação das camadas define a estabilização, não utilizam ligantes asfálticos ou hidráulicos, puramente mecânico, por compressão ou adensamento dos agregados granulares, pedras britadas, solo ou por uma mistura de ambos materiais (BALBO,

2007).

No entanto, as características primárias que define e compõem cada estrutura de um solo varia conforme cada região devido as camadas rochosas, solos que apresentam estruturalmente estabilizados no uso da pavimentação e a escolha da região para coleta (jazida) são baseados conforme alguns parâmetros chave que os define, para que isto ocorra o Índice de Suporte Califórnia deverá ser maior que 30%, para camadas de sub-base, quando distribuídos conforme peso e categoria de transporte, para tráfego leve o I.S.C. maior que 60%, e tráfego médio/pesado o CBR maior que 80%, com expansão de material na base menor que 0,30% e na sub-base menor que 0,5% conforme o (DER-PR ES-P 07/05).

A partir dos dados levantados e considerações sobre pavimentação, foi possível avaliar e caracterizar a pesquisa utilizando agregados britados de brita basáltica, solo arenoso fino laterítico, próprio da região do município de Mandaguaçu - PR, levados em laboratório e realizado ensaios como, análise granulométrico, limite de liquidez, limite de plasticidade, compactação e o Índice de Suporte Califórnia, caracterizando seus valores físicos e mecânicos.

O presente trabalho, tem como objetivo principal analisar a estabilidade do solo granulométricamente pelo Índice de Suporte Califórnia (I.S.C.), uso na Sub-Base e Base de Pavimentos. Ficando claro que, o uso nas camadas de pavimento deverá ser verificado as porcentagens de mistura, fator classificatório na viabilidade, conforme CBR e expansão, seguindo a orientação da norma DER/PR ES – P07/05.

2. MATERIAS E METODOS

A coleta de material (solo) ocorreu no município de Mandaguaçu – PR próximo da BR- 376, profundidade de um metro com amostra de 80 kg. Na figura 1 representa a área utilizada como jazida.

A coleta da pedra britada ocorreu na pedreira Extracom localizada na Cidade de Maringá – PR, amostra de 30 kg para cada tipo de material, como: pó de pedra, pedrisco, brita ½, brita 1, brita 2. Na

figura 2 representa a área e local de coleta utilizada como jazida.

Figura 1 – Jazida Solo de Mandaguaçu - PR



Figura 2 – Jazida Pedreira Extracom



Fonte: Autor (2019)

Ensaios com uso de Solo

Ocorreram através de análise granulométrica, limite de liquidez, limite de plasticidade, compactação e índice de suporte califórnia (I.S.C).

Para granulometria os ensaios seguiram a NBR 7181/2016, peneiramento manual, ensaios de limite de liquidez (LL) e limite de plasticidade (LP) consideradas a ABNT NBR 6459/2016 e ABNT NBR 7180/2016, para o ensaio de compactação, conforme a ABNT NBR 7182/2016, energia intermediária com o proctor pequeno, já o CBR conforme norma do DNIT 172/2016 – ME.

Ensaios da Brita Basáltica

Ocorreram por análise granulométrica com as serie de peneiras estabelecidas na norma DER ES – P 07/05.

Ensaio da Mistura Solo e Brita para Sub-Base.

Realizado através do índice de suporte Califórnia e expansão na mistura da brita de 19 mm de diâmetro em porcentagem de amostra seca

do solo, valores de 5%, 10% e 20%. Não foram necessários determinar umidade ótima para cada mistura pois a brita utilizada possuía pouco finos com CBR compactado na energia intermediária. Com relação a porcentagem da mistura a análise se baseou no CBR do solo natural.

Ensaio da Mistura na Faixa do DER ES-P 07/05 para BASE

Para o uso na base a mistura granulométrica de brita e solo deve estar entre faixas adequadas à Tabela 1.

Tabela 1 – limites da faixa granulométrica da mistura para base.

Peneira		% Passante em peso					
ASTM	mm	I	II	III	IV	V	VI
2"	50.8	100	100	-	-	-	-
1"	25.4	-	75 - 90	100	100	100	100
3/8"	9.5	30 - 65	40 - 75	50 - 85	60 - 100	-	-
Nº4	4.8	25 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 - 100
Nº10	2	15 - 40	20 - 45	25 - 65	40 - 70	40 - 100	55 - 100
Nº40	0.42	8 - 20	15 - 30	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 70
Nº 200	0.074	2 - 8	5 - 15	5 - 20	5 - 20	6 - 20	8 - 25
Tráfego		Leve / Médio / Pesado				Leve/Médio	
Numero		-				$N \leq 5 \times 10^6$	

Fonte: autor (2019)

A partir das considerações definiu-se a mistura ideal que se enquadra nos limites estabelecidos nas faixas 03 e 05, utilizando brita 19 mm, brita 12,5 mm, pedrisco 9,5 mm, pó de pedra e solo A-2-4.

Contudo para realizar o ensaio de CBR deve primeiramente determinar a umidade ótima e densidade máxima das misturas, foram executados ensaios de compactação com energia intermediária nas misturas das faixas 03 e 05.

Em posse dos valores da umidade ótima e peso específico máximo das misturas, foram executados ensaios do CBR para faixas 03

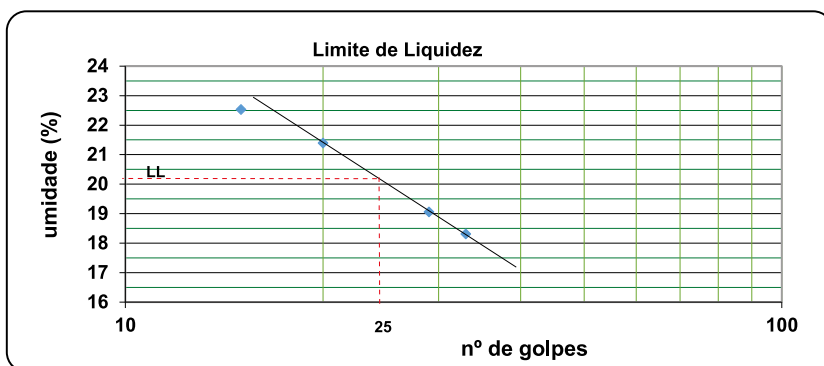
e 05, imerso em água por quatro dias e coletado a sua expansão, após rompimento, pressão por penetração do pistão.

3. RESULTADOS E ANÁLISE

Solo Natural

Ensaios realizados em laboratório com amostras secas em ar e passado totalmente na peneira 4,8 mm, limite de liquidez do solo determinado conforme representado na figura 3.

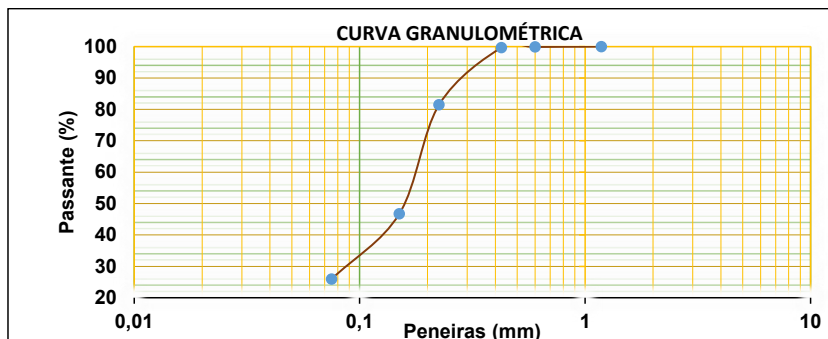
Figura 3 – gráfico do limite de liquidez do solo



Fonte: Autor (2019)

Na sequência obtive os seguintes valores, 20% para o limite de liquidez, 13% para a plasticidade, índice de plasticidade 7%, um solo arenoso fino laterítico e está apto para o uso em camadas de pavimentos conforme solicita o DER/PR ES-P 08/05. Os valores de análise granulométrica do solo estão expressos na figura 4.

Figura 4 – curva granulométrica do solo



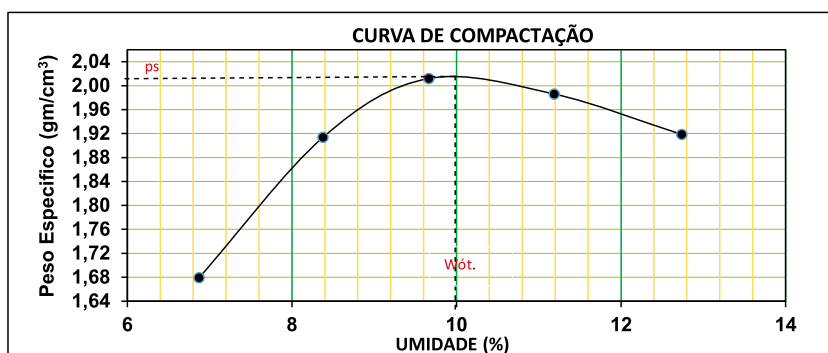
Fonte: Autor (2019)

As porcentagens passantes dos agregados, 26% de argila e silte, 44% de areia fina e 30% de areia média, fica claro na figura 4. Toda amostra é passante na peneira 2 mm, caracterizando um solo fino.

Os valores constatados em laboratório foram deferidos, classificados pelo método rodoviário TRB/AASHO que enquadra no tipo de solo A-2-4, areia excelente para o uso em rodovia.

Para ensaio de compactação do solo natural, foram realizados na energia intermediária, amostra de reuso conforme curva de compactação demonstrada na figura 5.

Figura 5 – curva de compactação do solo natural



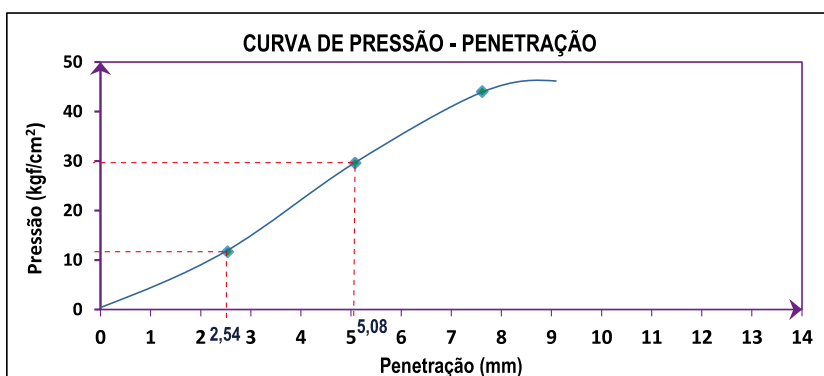
Fonte: Autor (2019)

Através das amostras do gráfico a umidade ótima de compactação, 10% e o peso específico máximo aparente seco com 2,01 gm/cm³.

No que se refere ao ensaio de índice de suporte Califórnia e expansão, a análise executada no proctor com energia intermediária a umidade ótima é de 10%, em relação a amostra do solo seco os valores são de 28% de CBR e 0,32% de expansão. Para uso do subleito dentro o especificado pelo DER não necessita de reforços mais para o uso em sub-base o CBR fica abaixo do valor especificado, maior que 30%, neste caso será necessário a estabilização do solo, ocorrendo também na base que deve ser maior que 60% para trafego leve e maior que 80% para trafego médio e pesado.

Sendo assim a expansão está dentro do padrão do DER ES-P 07/05, para sub-base menor que 0,5%, logo a base não está adequada, deve ser menor 0,3% conforme figura 6, demonstra a relação de penetração por pressão do CBR.

Figura 6 – curva de penetração por pressão



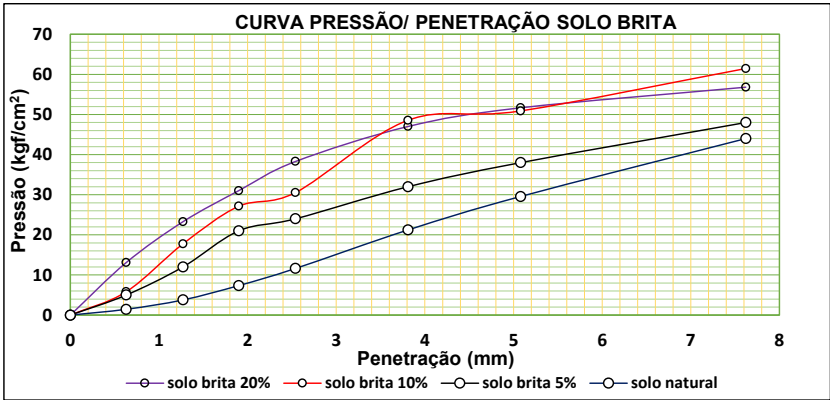
Fonte: Autor (2019)

Solo Brita para Sub-Base

Os ensaios de CBR conforme norma do DNIT 172/2016 – ME, porcentagens em relação a massa seca da amostra de solo para a mistura do solo e brita 20%, CBR com 55% de suporte, mistura de solo brita de

10%, suporte de 48% e mistura de 5% determinada pelo valor de 37% de índice de suporte califórnia. A figura 07 abaixo demonstra os ensaios de CBR das misturas de 5%,10%,20%.

Figura 7 – curva pressão por penetração das misturas solo brita



Fonte: Autor (2019)

A tabela 2 apresenta valores de ensaios de compactação da mistura e CBR. Com o aumento das porcentagens da mistura de brita no solo teve um ganho de maior densidade máxima na compactação, obtive resultados aceitáveis para compactação nas misturas. Para os ensaios de CBR os suportes nas misturas são satisfatórios, ganhos de resistência em cada mistura adicionada de 5%, valor do CBR 37%, mais adequado para o uso em sub-base conforme especificações do DER – PR. O valor deverá ficar maior que 30% de suporte.

Tabela 2 – valores das misturas de solo brita de CBR e expansão

Mistura	Compactação		I.S.C.	
	Umidade	Dens. Máxima	Expansão	CBR
	Ótima	gm/cm³	%	%
-	10%	2,01	0.32	28
5%	10%	2,05	0.13	37
10%	10%	2,08	0	48
20%	10%	2,15	0	55

Fonte: Autor (2019)

Os valores estabelecidos na expansão foram satisfatórios, aumento da mistura de brita 19 mm diminuiu a expansão chegando a ser nula, o DER estabelece uma expansão menor que 0.5%, misturas adequadas para o uso em sub-base.

Solo Brita Para Base

As misturas determinadas foram realizadas a partir do material passante nas peneiras, brita com diâmetros alternados, solos A-2-4, resultou em porcentagens formando a combinação perfeita na mistura final, permanecendo dentro dos limites estabelecidos da faixa do DER ES-P 07/05, (Tabela 3).

Tabela 03 – Determinação da mistura da composição granulométrica da faixa 03.

Pen.	3/4" / 19 mm		1/2" 12,5 mm		3/8" 9,5 mm		Pó de Pedra		Solo - A-2-4		Mistura
Pol.	20.00%		25.00%		15.00%		25.00%		15.00%		(%)
2"	100	20	100	25	100	15	100	25	100	15	100
1"	100	20	100	25	100	15	100	25	100	15	100
3/8"	1.15	0.23	37.62	9.40	97.48	14.62	100	25	100	15	64.26
n°4	0.62	0.12	1.01	0.25	13.23	1.99	98.5	24.63	100	15	41.99
n°10	0.62	0.12	0.21	0.05	0.29	0.04	64	16.00	100	15	31.22
n°40	0.61	0.12	0.21	0.05	0.28	0.04	34.57	8.64	99.5	14.93	23.79
n°200	0.46	0.09	0.18	0.04	0.26	0.04	20.69	5.17	24.85	3.73	9.08

Fonte: Autor (2019)

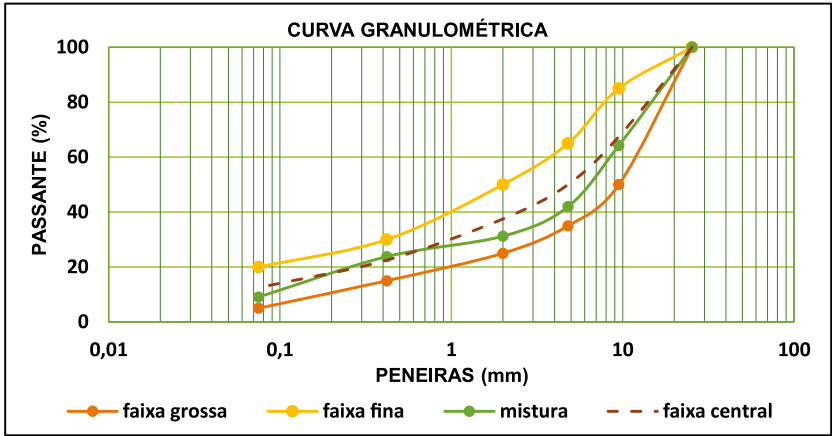
Tabela 04 – Determinação da mistura da composição granulométrica da faixa 05

Peneiras	1/2" / 12,5 mm		3/8" / 9,5 mm		Pó de Pedra		Solo - A-2-4		Mistura
Pol.	25.00%		10.00%		40.00%		25.00%		(%)
2"	100	25	100	10.00	100	40	100.00	25.00	100.00
1"	100	25.00	100	10.00	100	40	100.00	25.00	100.00
3/8"	37.62	9.40	97.48	9.75	100	40	100.00	25.00	84.15
n°4	1.01	0.25	13.23	1.32	98.5	39.40	100.00	25.00	65.98
n°10	0.21	0.05	0.29	0.03	64	25.60	100.00	25.00	50.68
n°40	0.21	0.05	0.28	0.03	34.57	13.83	99.50	24.88	38.78
n°200	0.18	0.04	0.26	0.03	20.69	8.28	24.85	6.21	14.56

Fonte: Autor (2019)

Na mistura de pedra britada e solo para faixa 03 do DER, a curva granulométrica ficou bem próxima da faixa central, situada no ramo mais grosso da mistura (Figura 8).

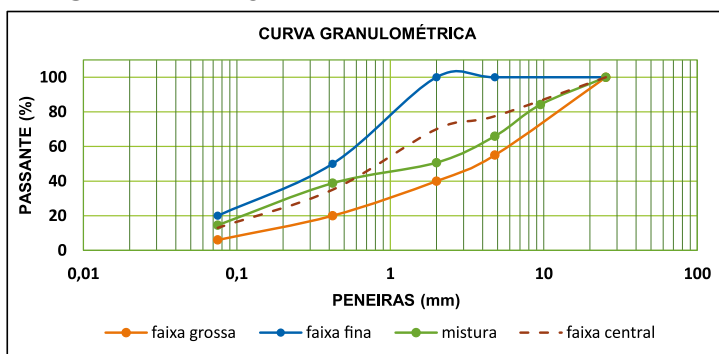
Figura 8 – curva granulométrica da faixa 03



Fonte: Autor (2019)

A curva de combinação na faixa 05, apresenta a mistura com britas de diâmetros menores com mais filer (solo e pó de pedra), valores na tabela 4, composição mais fina de materiais (Figura 9).

Figura 9 - curva granulométrica da mistura faixa 05.



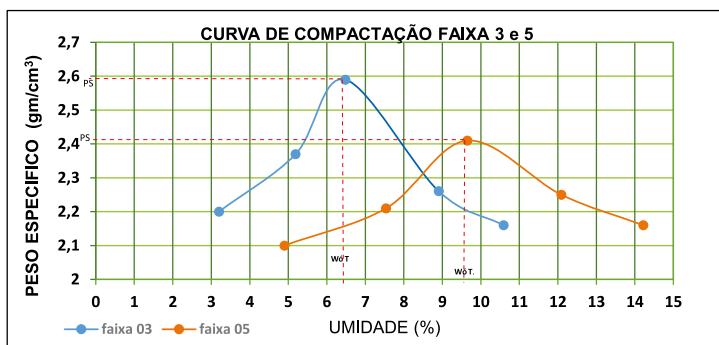
Fonte: Autor (2019)

Na faixa 03 a curva granulométrica da mistura está dentro dos limites estabelecidos pelo DER, graduação de agregados mais utilizados nas execuções de base por ter excelente suporte, podendo utilizar em tráfego médio e pesado.

A faixa 03 da mistura está próxima da faixa central, mistura perfeita, situado no ramo grosso da faixa da combinação. A faixa 05 formada por um composto de agregados mais fino, adquirindo menos suporte em base para tráfego leves, mistura realizada no ramo mais grosso, estando dentro dos limites determinados.

O ensaio de compactação foi realizado conforme ABNT NBR 7182/2016, executado com as duas misturas, faixa 03 e a 05, (Figura 10).

Figura 10 – curva de compactação das faixas 03 e 05.



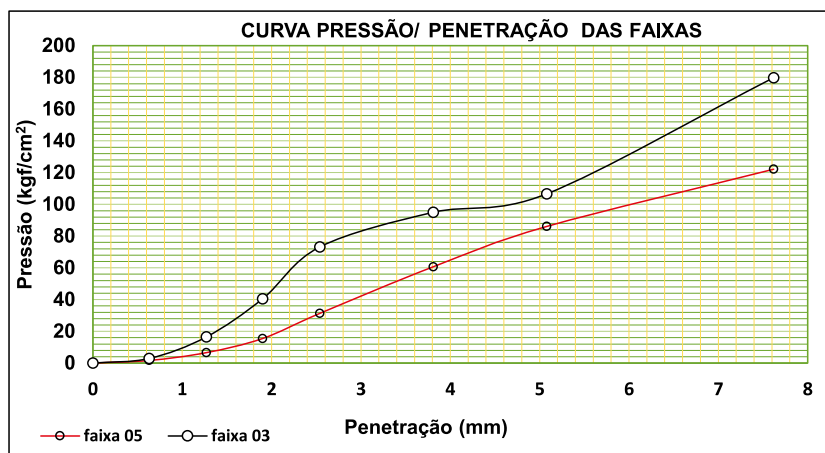
Fonte: Autor (2019)

O ensaio de compactação na energia intermediária dentro das faixas 03 e 05, são satisfatórios com os valores de 6,5% de umidade ótima e 2,59 gm/cm³, peso específico máximo para a faixa da combinação 03. Na faixa 05 a umidade ótima é de 9,6%, peso específico máximo de 2,41 gm/cm³.

Na compactação de materiais segundo CRAING (2007), afirma que quanto mais a amostra for fina menos será o seu peso específico máximo e maior será a porcentagem de umidade ótima. A faixa 03, faixa mais grossa, o peso específico é bem maior que a faixa 05, uma faixa mais fina. A mistura na faixa 05 por ser mais refinada a sua umidade ótima é maior se comparado com a combinação na faixa 03.

Com valores da umidade ótima e peso específico máximo nas misturas 03 e 05 das faixas, foram executados ensaios de índice de suporte califórnia conforme norma do DNIT 172/2016 – ME, na energia intermediária, cilindro de proctor grande. O CBR da faixa 03, 104% de suporte e 82% na faixa 05. Conforme demonstrado na figura 11, pressão por penetração no rompimento do CBR.

Figura 11 – curva de pressão por penetração das faixas 03 e 05



Fonte: Autor (2019)

Os valores adquiridos nos ensaios de compactação, CBR e expansão estão descritos na tabela 4.

Tabela 4 – valores obtidos através do ensaio de compactação e I.S.C.

Mistura Faixas	Compactação		I.S.C.	
	Umidade	Dens. Máxima	Expansão	CBR
	Ótima	gm/cm ³	%	%
03	6,5%	2,59	0.0	104
05	9,6%	2,41	0.04	82

Fonte: Autor (2019)

A figura 11, demonstra os valores correspondentes aos rompimentos encontrados nos ensaios do CBR, aonde a faixa 03 de maior peso específico alcançou uma maior resistência de pressão comparada com a mistura na faixa 05 de menor densidade seca, logo quanto maior for a densidade maior será o seu suporte. No rompimento 2,54 mm da penetração do pistão foi determinado o CBR de 104% da faixa 03. Segundo DER – PR SP- P 07/05, o CBR da mistura na faixa 03 deve ser no mínimo 80% de suporte, uso em tráfego médio e pesado, a combinação da faixa 03 foi satisfatória, teve I.S.C. de 104% de suporte, estando apto para o uso em base de pavimento.

A faixa da mistura 05, CBR de 82% de suporte, adquirida através da penetração por pistão em 5,08 mm, para o DER – PR SP- P 07/05 deve ser utilizada para tráfego leve, seu suporte deverá ser no mínimo de 60% de CBR, adequada para uso em base de estradas.

Os valores calculados da expansão nos ensaios das faixas 03 e 05 foram considerados não expansivos com valores de 0%, conforme DER para base deve expandir menos de 0,3% para ser executado, as combinações dos agregados das faixas 03 e 05, estão apropriados para construção de base.

4. CONCLUSÃO

A partir das coletas foram possíveis analisar as propriedades do solo natural em mistura com pedra britada, obtidas por ensaios físicos mecânicos. Ficou claro a combinação do solo da região de Mandaguaçu –PR com brita no uso em sub-base e base de pavimentos.

A mistura do solo A-2-4 com porcentagens de brita 19 mm proporcionou efeitos positivos no CBR e sua expansão, a expansão diminuiu para nulo com o aumento da porcentagem de pedra, porcentual de 5%, 10% e 20% de brita em relação a amostra do solo. CBR de 37%, 49%, 55% obteve elevado índice de suporte, propriedades físicas mecânica ideal para o uso em sub-base.

A combinação do solo e pedra britada na faixa 03 e 05 conforme DER, teve comportamento nas curvas granulométricas estando dentro do limite. A expansão nos ensaios com porção 03 e 05, atingiu valores muito baixo, praticamente nulos. No processo de compactação o solo agiu como um filer preenchendo os espaços vazios, proporcionando aumento do peso específico máximo. A resistência física mecânica das misturas nas faixas 03 e 05, concedeu expansão nula com CBR nas faixas 03 e 05 de 104% e 82%, suporte excelente.

As adições do solo nas faixas 03 e 05 com brita para o uso na base, mistura de solo com brita 19 mm para sub-base, apresentaram valores de CBR e expansão dentro dos limites estabelecidos pelo DER – PR ES – P 07/05. No uso das camadas em sub-base e base de pavimentos foram compactados na energia intermediária, todas as misturas atingiram valores mínimos de CBR e expansão.

Fica evidente que, a utilização do solo do município de Mandaguaçu estabilizado granulométricamente com pedra britada, é viável para execução em sub-base e base de pavimentos, CBR de excelente suporte e expansão baixa, proporcionando alternativas quando trata-se de execuções em fundações de estradas para a região.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6459: Solo – **Determinação do limite de liquidez**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9895: Solo – **Índice de Suporte Califórnia**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7180: Solo – **Determinação do limite de plasticidade**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7181: Solo – **Análise granulométrica**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7182: Solo – **Ensaio de compactação**. Rio de Janeiro, 2016.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação Asfáltica: materiais, projeto e restauração**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

CRAIG, R. F. **Mecânica dos Solos**. LTC. Rio de Janeiro. 7ª edição 2007. 19 p.il.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGENS DO PARANÁ (DER-PR). **Camadas Estabilizadas Granulométricamente**. 07/05. Curitiba. 2005.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGENS DO PARANÁ (DER-PR). **Solo Arenoso Fino Laterítico**. 08/05. Curitiba. 2005.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **Determinação do Índice de Suporte Califórnia utilizando amostras não trabalhadas** – Método de ensaio. 172. Brasília. 2016.

MASSAD, F. **Obras de Terra: Curso Básico de Geotécnica**. São Paulo: Oficina de texto 2003.

20. COMPARAÇÃO DE UM CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO ENTRE UMA CASA *LIGHT WOOD FRAME* E UMA CASA DE ALVENARIA CONVENCIONAL UTILIZANDO A PLATAFORMA BIM

COMPARISON OF NA EXECUTION SCHEDULE BETWEEN A LIGHT WOOD FRAME HOUSE AND A CONVENTIONAL MASONRY HOUSE USING THE BIM PLATFORM

MURILO BORTOLO CATHARIN
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

SHANDY ALEXANDRA MORASSI FRANCISCO
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

LUZIA MARA MENDES FERRER AMORIM
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RESUMO: Na atualidade é muito comum observar edificações serem executadas de modo convencional, onde todos os processos são manuais e o tempo de execução é consideravelmente extenso à demanda da sociedade. Entretanto, o sistema construtivo em *Light Wood Frame* é considerado uma solução construtiva promissora, pois além de ser sustentável e com a mesma qualidade e garantia, permite a redução do tempo de execução das edificações. Dessa forma, esse artigo teve como objetivo realizar a comparação de um cronograma de execução entre uma casa em *Light Wood Frame* em contraposição de alvenaria convencional através da plataforma BIM, identificando-se o método construtivo mais rápido e eficiente em termos de produtividade. Considerando a temática proposta, utilizou-se um projeto arquitetônico modelável para dois métodos construtivos, bem como o uso de alguns *softwares*, Tabela de Composição de Custos de Obra (TCPO) e as diretrizes constantes na DATec nº. 020-C, com as especificações necessárias para enquadrar o projeto no Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV). Os resultados alcançados apontam que o método construtivo em *Light Wood Frame*, além de ser mais sustentável também é mais eficaz quanto ao tempo de execução em relação ao sistema de alvenaria convencional.

PALAVRAS-CHAVE: *Wood Frame*. Sustentabilidade. Método construtivo. Planejamento e controle de produção.

ABSTRACT: At present, jobs are edited and executed in a conventional manner, where all processes are executed and the execution time is considerably extended to society's demand. However, the construction system in Light Wood Frame is a constructive solution, as well as being sustainable and with quality and warranty, allows a reduction of the execution time of buildings. Thus, this article has resulted in comparing an execution schedule between a Light Wood Frame house against a conventional masonry comparison using the BIM platform, identifying the fastest and most efficient building method in terms of productivity. If a thematic proposal, we use an architectural project for two construction methods, as well as the use of some software, and a directive constant in DATec no. 020-C, with the specifications needed to fit the project into the *Minha Casa Minha Vida* (MCMV) program. The achieved accessories that are constructive in Light Wood Frame, as well as being better suited to the execution time compared to the conventional masonry system.

KEYWORDS: Wooden frame. Sustainability. Constructive method. Planning and production control.

1. INTRODUÇÃO

Segundo Limmer (2015), um dos principais fatores no desenvolvimento de uma edificação é a previsão do tempo que será gasto para realizar cada atividade, visto que, assim, torna-se possível prever desde problemas de execução, obstáculos em atividades e até mesmo redução do prazo de entrega. Para elaborar o planejamento de execução de uma obra leva-se em consideração alguns fatores, como: tipo de obra, clima, mão de obra qualificada e acessibilidade de materiais para a execução dos serviços. O sistema mais utilizado para elaborar um planejamento é conhecido como PERT/CPM, onde a PERT (Program Evaluation and Review Technique – Técnica de Avaliação e Revisão de Programas) foi desenvolvida em 1957 para a execução de um míssil (Polaris) e devido sua finalidade estatística, é uma ferramenta nomeada como Probabilística. Já o CPM (Critical Path Method – Método do caminho Crítico) também desenvolvido no ano de 1957 pela E.I Dupont de Nemours, empresa no ramo químico que devido

à expansão na sua produção decidiu ter um controle de cada atividade que era executado na produção de seus materiais através de registros dos prazos e atividades que possuíam, tornando possível a comparação da produção em relação ao tempo. Devido a essa comparação o CPM se denomina um sistema determinístico.

O sistema construtivo em *Light Wood Frame* possui características distintas do sistema de alvenaria convencional e por ser um sistema pouco comum, o mesmo ainda não possui uma norma técnica prescritiva. Para tanto, no intuito de suprir provisoriamente essa lacuna, o Sistema Nacional de Avaliação Técnica de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais (SINAT), no âmbito do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), vinculado ao Ministério das Cidades, apresenta diretrizes para a sua execução.

O Documento de Avaliação Técnica n.º 020-C (DATEC, 2018) do SINAT (2017) estabelece às condições de uso do sistema *light wood frame* e destina-se à construção de unidades habitacionais unifamiliares (casas térreas e sobrados) isoladas e geminadas, bem como edifícios multifamiliares de até 04 pavimentos (térreo + 3 pavimentos). Dentre os principais componentes, elementos e interfaces avaliados, tem-se:

- Estrutura principal;
- Contraventamentos das paredes;
- Juntas entre chapas de OSB;
- Barreira impermeável;
- Membrana impermeável;
- Revestimento dos quadros estruturais das paredes;
- Tratamento de juntas de placas cimentícia;
- Tratamento de juntas entre placas cimentícias nas extremidades de paredes e requadros de abertura;
- Interface entre base dos quadros estruturais da parede e elemento de fundação;
- Interface entre os quadros estruturais das paredes com os entrepisos;
- Interface entre os quadros estruturais das paredes e sistema

de piso;

- Interface entre os quadros estruturais das paredes e esquadrias;
- Interface com tubulações hidráulicas, sanitárias, elétricas e de gás.

Por outro lado, o sistema construtivo convencional é um conjunto de estruturas e material de vedação termo acústico (alvenaria), que quando unificadas constituem a edificação. O descarregamento de cargas das edificações é realizado através de lajes, pilares, vigas e a fundação, podendo ser direta ou indireta. As paredes não tem função estrutural, sendo apenas utilizadas para fechamento de paredes e vedação termo acústico (IBDA, 2019).

Borges (1957) relata que se na execução do sistema de alvenaria convencional cada etapa for cumprida de maneira correta por um profissional qualificado, é possível reduzir o tempo de serviço dentro do prazo especificado pelo responsável do setor de planejamento. Para elaboração dos projetos e planejamento das construções, a tecnologia do *Building Information Modeling (BIM)*, em português, Modelagem da Informação da Construção, pode ser utilizada como uma ferramenta eficiente na reunião de informações de uma construção de forma integrada e organizada.

De acordo com Biotto, Formoso e Isatto (2013), o BIM permite a modelagem tridimensional, o desenvolvimento de componentes parametrizados, bancos de dados e controle das fases dos processos construtivos para ser aplicada uma gestão com mais precisão e outros modelos possíveis. Os modelos 4D nada mais são que a unificação das três dimensões carregadas de informações ligadas ao tempo. Com esse sistema, é possível desenvolver um projeto, planejar suas etapas e fazer o acompanhamento digital em tempo real, facilitando para os planejadores identificar e realizar correções de problemas que possam vir a surgir numa execução. Um método construtivo que vem

explorando o mundo BIM é o sistema construtivo seco, ou também conhecido como método enxuto.

Ainda quanto ao sistema BIM 4D, Biotto, Formoso e Isatto (2013), destacam num estudo a importância da aplicação de ferramentas BIM na gestão de cronogramas de um empreendimento. Foi possível encontrar algumas falhas no cronograma devido à simulação desenvolvida no *software* Naviswork®, pois ele permitiu visualizar e compreender de uma melhor forma o cronograma, pois é mais nítido do que a visualização que se tem no *Microsoft Project* (ferramenta que utiliza PERT/CPM), mostrando o decorrer da execução das etapas da obra no tempo. Nesta pesquisa, identificou que algumas etapas estavam programadas a serem executadas antes da hora. Por exemplo: execução de *radier* sem executar o serviço de terraplanagem. Também foi constatado a execução da cobertura antes de executar paredes. Assim, foi possível corrigir tais problemas identificados no planejamento antes do início da execução.

Segundo Mendes Júnior et al. (2014), as construções do tipo enxuta têm uma alta influência no setor de PCP (Planejamento e Controle de Produção). Levando-se em consideração que o sistema *light wood frame* tem grande parte da sua execução em indústria, permite-se que o PCP seja elaborado por meio de mapeamentos e definições de fluxos de trabalho de cada setor, aperfeiçoando-se, assim, o desempenho do método enxuto quando comparado a uma casa de alvenaria convencional.

Posto isto, tem-se que na atualidade é muito comum observar edificações serem executadas de modo convencional, onde todos os processos são manuais e o tempo de execução é consideravelmente extenso à demanda da sociedade. Entretanto, o sistema *light wood frame* é considerado uma alternativa construtiva promissora, já que mais sustentável e com a mesma qualidade e garantia de uma edificação convencional. Dessa forma, pretende-se realizar o comparativo de um cronograma de execução entre uma casa *light wood frame* e uma casa de alvenaria convencional através da plataforma BIM, identificando-se

o método construtivo mais rápido em termos de produtividade.

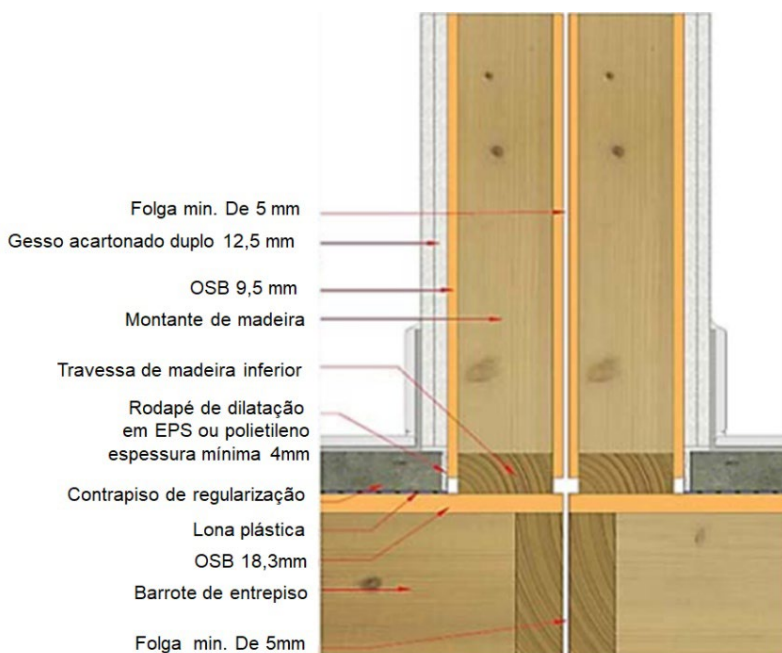
2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a elaboração desse trabalho foram utilizados o DATec n.º 020-C (2018), a Tabela de Composição de Custos de Obra (TCPO, 2018) e alguns *softwares*, quais sejam:

- Ferramenta computacional de modelagem, simulação de sistema e interação de projetos: Revit® (Autodesk, 2019, versão educacional);
- Ferramenta computacional de análise 3D: Naviswork® (Autodesk, 2019, versão educacional);
- Ferramenta computacional de desenvolvimento e edição de planilhas: Microsoft Excel® (Microsoft, 2010);
- Ferramenta computacional de gestão de projetos: Microsoft Project® (Microsoft, 2013).

Os parâmetros apresentados no DATec n.º 020-C (2018) foram aplicados na modelagem da casa em *light wood frame*. Para tanto, destaca-se algumas etapas de execução, as quais devem ser cumpridas de acordo com o referido documento, já que atualmente não existe norma específica. O sistema permite executar casas geminadas consoante informações da Figura 1.

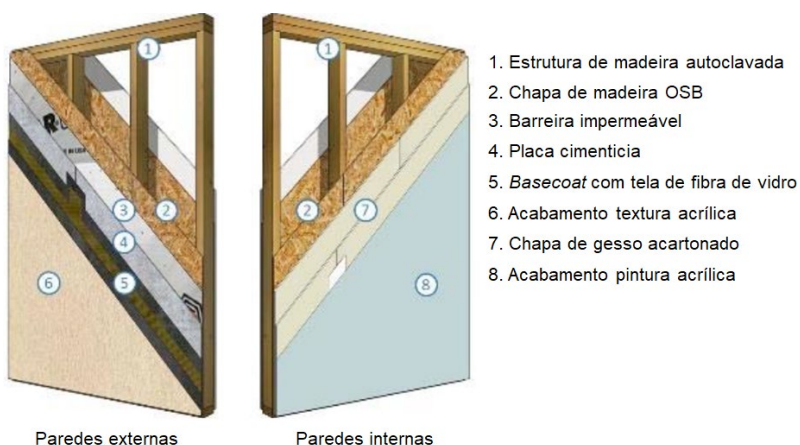
Figura 1 – Ilustração da parede dupla de geminação.



Fonte: DATec n.º 020-C (2018).

As paredes em *light wood frame* são compostas por diversas camadas, diferenciando-se a parte externa da parte interna, consoante observa-se na Figura 2.

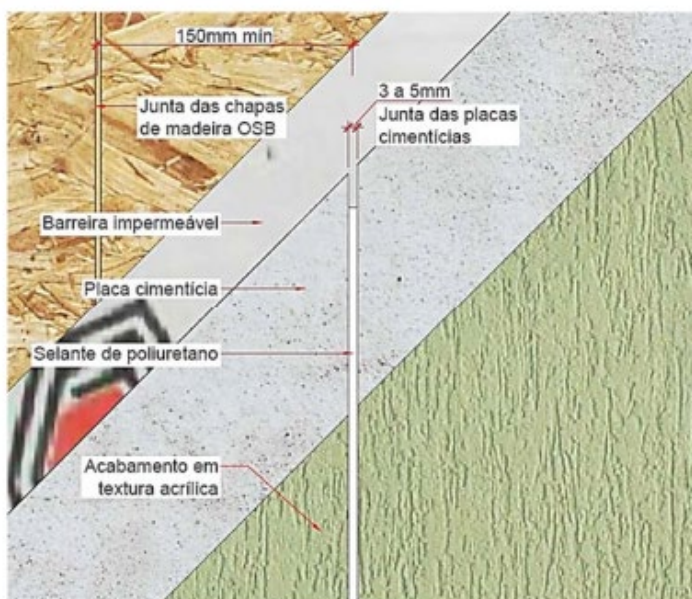
Figura 2 – Composição da parede externa e interna.



Fonte: DATec n.º 020-C (2018).

No acabamento externo são utilizadas placas cimentícias, onde entre cada placa é necessário ter uma junta de dilatação, sendo esta aparente, de acordo com as especificações da Figura 3.

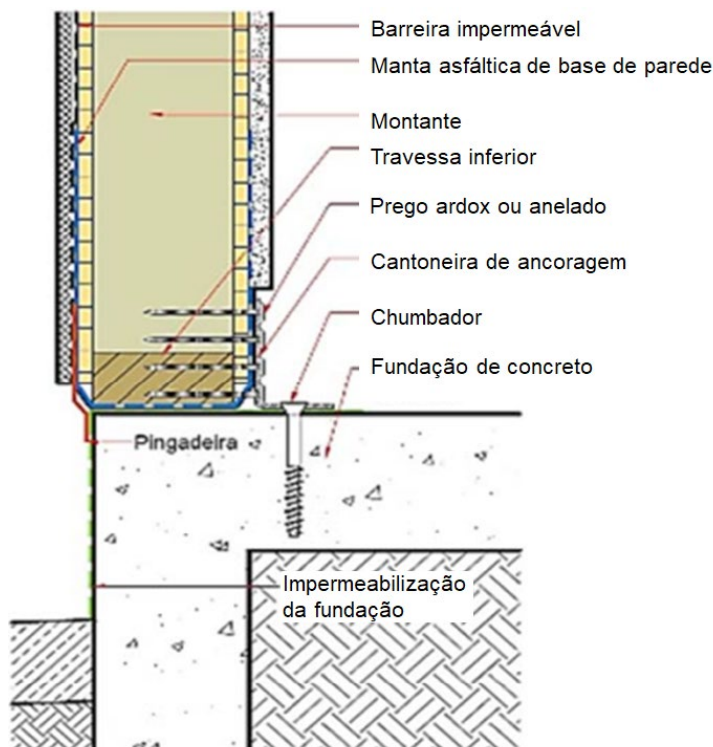
Figura 3 – Detalhe da junta aparente entre placas cimentícia.



Fonte: DATec n.º 020-C (2018).

As paredes em *light wood frame*, também denominadas de painéis, são fixadas na fundação, conforme verifica-se na Figura 4.

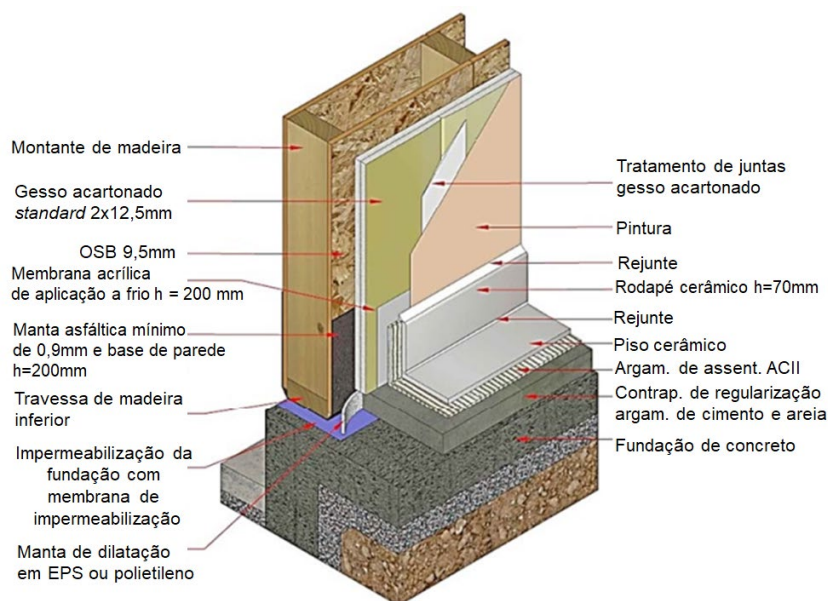
Figura 4 – Detalhe da fixação da parede externa no elemento de fundação.



Fonte: DATec n.º 020-C (2018).

Um dos principais pontos do método construtivo em *light wood frame* é a impermeabilização, que deve ser executada de acordo com as especificações constantes na Figura 5.

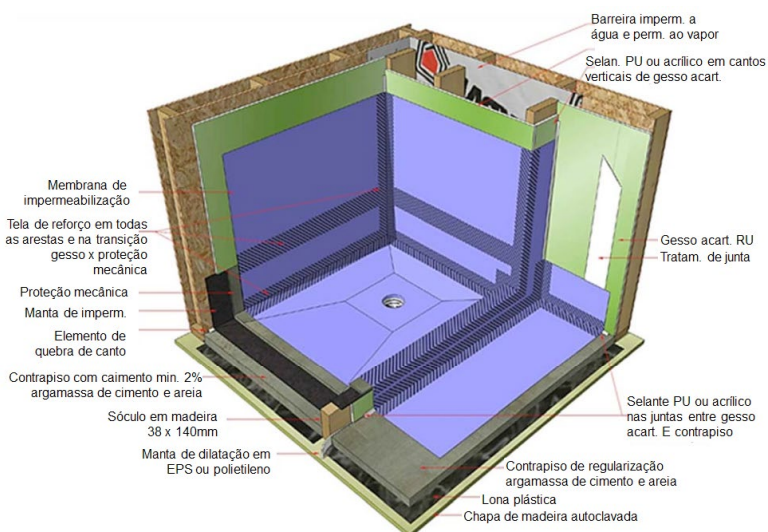
Figura 5 – Detalhe da impermeabilização da base das paredes externas junto ao elemento de fundação.



Fonte: DATec n.º 020-C (2018).

Nas áreas molhadas como no banheiro e na cozinha, por exemplo, é necessário realizar uma impermeabilização mais particularizada, evitando-se ao máximo o contato entre o material utilizado no sistema construtivo e a água, conforme denota-se na Figura 6.

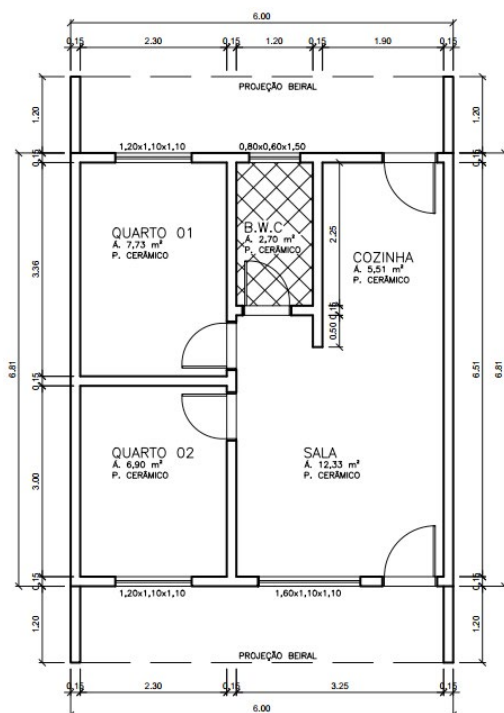
Figura 6 – Desenho esquemático das interfaces para áreas molhadas (box do banheiro)



Fonte: DATec n.º 020-C (2018).

O modelo de planta baixa utilizado no presente estudo está de acordo com a Figura 7.

Figura 7 – Planta baixa utilizada tanto para alvenaria convencional quanto para *light wood frame*.



Fonte: O Autor.

Para a realização do cronograma da edificação em alvenaria convencional, utilizou-se as composições estabelecidas pela Tabela de Composições de Preços e Orçamento (TCPO). O projeto arquitetônico utilizado para este artigo foi concedido por empresas parceiras que executam obras tanto em *light wood frame* como no sistema convencional. Os projetos foram modelados através do *software* Revit®.

A partir dos projetos modelados e com o auxílio da planilha eletrônica Microsoft Excel®, realizou-se o levantamento quantitativo de cada serviço para preenchimento da tabela de composição com relação ao tempo. Esta foi elaborada de acordo com a TCPO, já que continha a especificação do tempo que cada profissional consome para

executar determinada atividade. Neste artigo a tabela foi elaborada no *software* Microsoft Excel® e considerou que um dia teria 08h00min horas trabalhadas para realização do presente estudo.

O cronograma de tempo, também denominado de cronograma físico, é elaborado após a conclusão da tabela de composição em relação ao tempo, onde se determina os valores relacionados a cada serviço numa operação de produtos entre hora x unidade de medida de cada serviço. De acordo com a TCPO, um pedreiro gasta 1 hora para executar 1 m² de alvenaria. No caso de 80,08m² para ser executado, multiplica-se a quantidade de horas pela quantidade de metros quadrados, obtendo-se, então, 1 hora x 80,08m² = 80h08min de serviço. Por fim, para determinar quantos dias serão necessários, divide-se o valor obtido por 08h00min, conforme demonstrado na Tabela 1. Isso se aplica a todas as atividades do sistema de alvenaria convencional.

Tabela 01 – Exemplo da tabela de composição de serviços.

04211.8.2 .3	ALVENARIA DE 1/2 VEZ, TRAÇO 1:3:8, JUNTAS DE 12mm, E=9cm						m ²
	Componentes	Consumos	Unid	Quantid.	Total em horas	Total em dias	
	Oficial	1	h	80,08	80,075	10,01	
	Servente	1,135	h	80,08	90,885125	11,36	

Fonte: O Autor.

Para elaboração do cronograma do sistema *light wood frame*, considerou-se o cronograma de execução e o material de 40 (quarenta) unidades residenciais fornecidas pela empresa especializada no ramo, Tecverde Engenharia, para essa pesquisa. Entretanto, como o comparativo de execução entre os dois métodos trata de apenas 1 unidade, dividiu-se os dias que constava no cronograma por 40 e aplicou-se o valor encontrado no processo de execução de apenas uma

unidade, consoante apresentado na Tabela 2.

Tabela 02 – Composição de serviços para *light wood frame*.

ATIVIDADE A SER EXECUTADA	Tempo de serviço para 40 unidades (dias)	Tempo de serviço para 1 unidade (dias)
Montagem de paredes e Oitões	19	0,475
Montagem da estrutura do telhado (Ripamento e cobertura)	20,8	0,52
Rufo	24,4	0,61
Calha	48,8	1,22
Ajustes e arremates do OSB	15	0,375
Chapeamento de gesso	15	0,375
Tratamento de juntas internas	15	0,375
Arremate de placas cimentícias	15	0,375
Selagem de juntas	15	0,375
Tubos de gás	5	0,125
Instalação de castelo hidráulico	1	0,025

Fonte: O Autor.

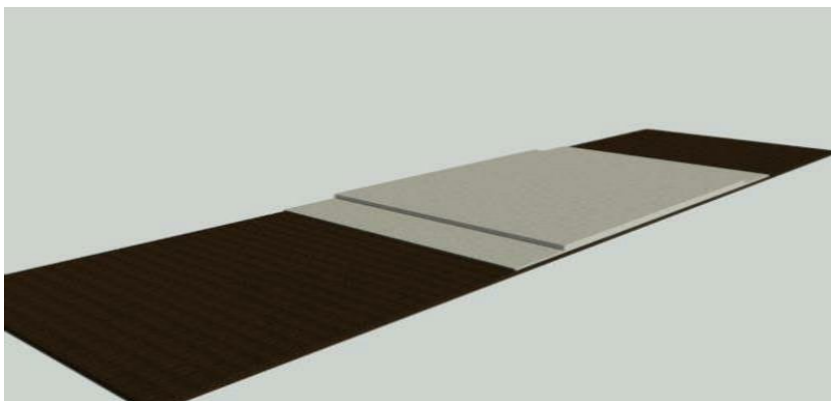
Com os cronogramas finalizados, transferiu-se os dados para o *software* MS Project®, que opera o gerenciamento de projetos. Assim, tornou-se possível compatibilizá-los com os projetos desenvolvidos no Revit® e, por conseguinte, no BIM. Ademais, a unificação e sincronização dos projetos com os seus respectivos cronogramas foi realizada através do *software* Naviswork®, permitindo-se visualizar a execução conforme a linha do tempo do cronograma, bem como a comparação entre os dois métodos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao lado destas considerações, percorre-se o cronograma de execução através de imagens comparativas entre os métodos construtivos de *light wood frame* e alvenaria convencional. Para tanto, utilizou-se o 9º, 14º e 31º dia de obra para evidenciar a distinção de

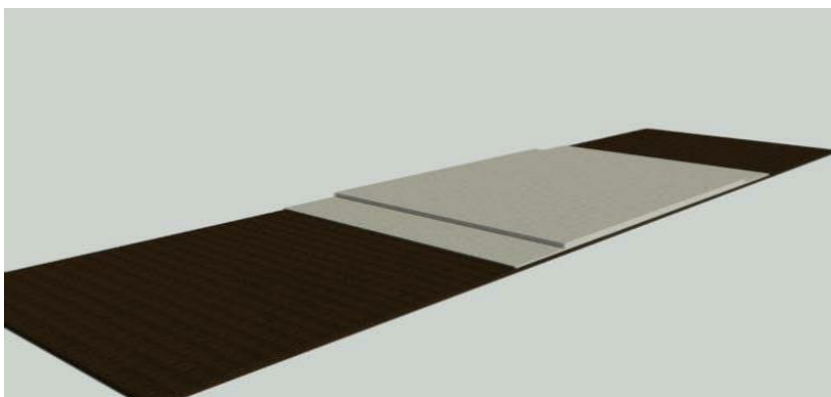
execução em cada data determinada.

Figura 8 – 09º dia de execução no sistema em *light wood frame*.



Fonte: O Autor.

Figura 9 – 09º dia de execução no sistema em alvenaria convencional.



Fonte: O Autor.

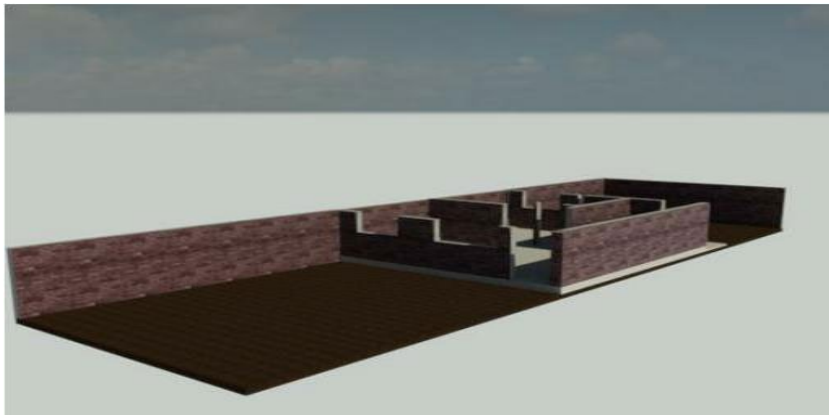
Nota-se através das Figuras 8 e 9 que até a etapa de infraestrutura os dois métodos levam o mesmo tempo para serem executados.

Figura 10 – 14º dia de execução no sistema em *light wood frame*.



Fonte: O Autor.

Figura 11 – 14º dia de execução no sistema em alvenaria convencional.



Fonte: O Autor.

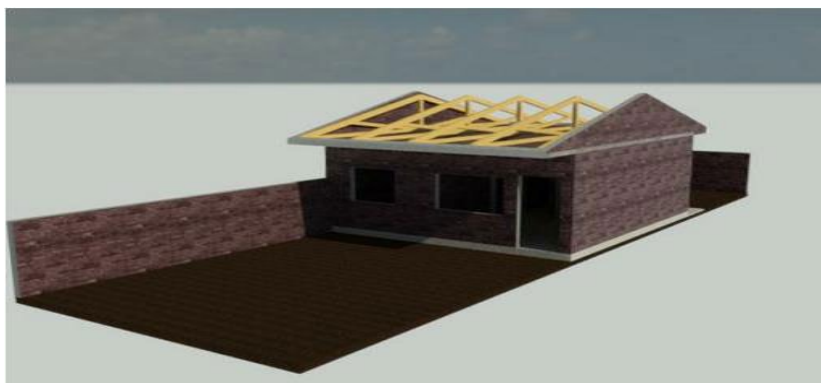
Nas Figuras 10 e 11 já é possível notar uma grande diferença entre os dois processos executivos, na medida em que o sistema *light wood frame* já se encontra na etapa de cobertura, enquanto o sistema de alvenaria convencional ainda está na parte inicial de assentamento de bloco cerâmico.

Figura 12 – 31º dia de execução no sistema em *light wood frame*.



Fonte: O Autor.

Figura 13 – 31º dia de execução no sistema em alvenaria convencional.



Fonte: O Autor.

As Figuras 12 e 13 retratam o 31º dia de execução entre os dois métodos construtivos. Verifica-se que no sistema em *light wood frame* a obra da casa já está finalizada, enquanto que no sistema de alvenaria convencional esta encontra-se na etapa da estruturação do telhado.

Os resultados obtidos demonstram que mesmo tendo uma mão de obra qualificada e capacitada para executar o sistema convencional e, deste modo, ocorrendo a redução do prazo de execução, o sistema em *light wood frame* consegue ser mais rápido quando comparado com o convencional. (BORGES, 1957).

Mendes Júnior et al (2014) destaca que o *sistema light wood frame* é um sistema construtivo enxuto, com mais de 75% do seu sistema produzido na indústria através de máquinas automatizadas, o que permite a aplicação do PCP (Planejamento e Controle de Produção).

Para análise dos resultados, a ferramenta BIM 4D foi de extrema importância, na medida em que facilitou a compreensão dos cronogramas e como cada etapa estava sendo executada, consoante trabalho de Biotto, Formoso e Isatto (2013).

Por fim, quanto aos cronogramas do sistema de alvenaria convencional e do sistema em *light wood frame*, demonstrados, respectivamente, nas Figuras 14 e 15, verifica-se que o sistema construtivo em *light wood frame* necessita de 31 dias para ser executado, enquanto o sistema em alvenaria convencional necessita de 57 dias. Deste modo, comparando um sistema com o outro, é possível reduzir 45,61% do tempo de execução de uma obra de 40,86 m².



4. CONCLUSÃO

No estudo comparativo dos cronogramas de execução entre uma casa construída no sistema *light wood frame* e no sistema de alvenaria convencional constatou-se que o sistema em *light wood frame* requer apenas 31 dias para ser executado, enquanto que no sistema em alvenaria convencional são necessários 57 dias para a sua conclusão. Portanto, considerando que há uma redução de 45,61% de tempo de execução entre os dois métodos, o sistema *light wood frame* mostra-se mais veloz e eficaz quanto a demanda do mercado.

A utilização do sistema BIM foi de extrema importância para análise de cada etapa dos cronogramas, visto que permitiu a visualização instantânea de cada método conforme era aplicada cada etapa de execução, facilitando, assim, a compreensão do desenvolvimento de cada sistema construtivo.

A aplicação da ideia utilizada na elaboração deste artigo poderá ser aplicada em um estudo futuro, onde será realizado um comparativo de cronograma de execução entre os dois sistemas construtivos, mas para duas ou mais unidades executadas ao mesmo tempo, como por exemplo, um conjunto habitacional.

5. REFERÊNCIAS

BIOTTO, C. N.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L. Método Para o Uso da Modelagem Bim 4d na Gestão da Produção em Empreendimentos de Construção. In: simpósio brasileiro de qualidade do projeto no ambiente construído, 3., Campinas, 2013. **Anais...** Campinas, 2013.

BORGES, Alberto de Campos. **Práticas das pequenas construções**. São Paulo: Edgard Blucher, 1957.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional da Habitação Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat. Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SINAT). Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos. **Diretriz SINAT: n.º 05**. Rev. 2. Sistemas construtivos estruturados em peças leves de madeira 110 maciça serrada, com fechamentos em chapas (Sistemas

leves tipo “*Light Wood Framing*”). Brasília, 2017.

DOCUMENTO DE AVALIAÇÃO TÉCNICA. **DATec** N°020-C. Sistema estruturado em peças leves de madeira maciça serrada – Tecverde (tipo light wood framing). São Paulo: Ifbq, 2018. 49 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO DA ARQUITETURA (IBDA). Fórum da Construção. **Sistema construtivo convencional em alvenaria**. 2019. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=7&Cod=2116>>. Acesso em: 12 abr. 2019.

LIMMER, C. V. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras**. Rio de Janeiro: LTC, 2015. 225p.

MENDES JUNIOR, R.; SCHEER, S.; GARRIDO, M. C.; CAMPESTRINI, T. F. **Integração da Modelagem da Informação da Construção (BIM) com o planejamento e controle da produção**. Trabalho apresentado em: XV EN-TAC – Encontro Tecnologia do Ambiente Construído, Maceió, 2014.

TCPO. **Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos**. 13ª edição. São Paulo: Pini, 2008.

21. CLASSIFICAÇÃO GEOTÉCNICA DO SOLO DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ

GEOTENTIC CLASSIFICATION OF THE SOIL OF THE
MARINGÁ STATE UNIVERSITY



NILTON CARLOS VALIM JUNIOR
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

SERGIO RODRIGUES DE SOUZA KOBAYASHI
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

TIAGO JOÃO PIZOLLI
Centro Universitário Ingá - UNINGÁ

RESUMO: O solo é um dos materiais mais utilizados nas obras de engenharia civil, pois está presente em praticamente todos os tipos de construções, em alguns momentos sendo utilizado para construção ou como suporte de cargas atuantes. Portanto, o domínio do conhecimento das suas propriedades geotécnicas é de suma importância para o desenvolvimento de futuros projetos com segurança e economia. Objetivou-se analisar e classificar o solo coletado na Universidade Estadual de Maringá (UEM), localizada na cidade de Maringá - PR, de acordo com o Sistema Unificado de Classificação dos Solos e a classificação adotada pela AASHTO (HBR). As amostras de solo foram coletadas em um talude localizado em um local de média para baixa vertente, na camada superficial, em uma profundidade média de 2 metros. Após isso, o solo foi preparado de acordo com a norma brasileira NBR 6457, com a secagem prévia ao ar até a umidade higroscópica. No laboratório de solos do Centro Universitário Ingá – Uningá, foram realizadas as análises de massa específica dos sólidos, limite de liquidez, limite de plasticidade, granulometria e o ensaio de compactação. Concluiu-se que o solo estudado para o Sistema Unificado de Classificação dos Solos é uma argila arenosa de alta plasticidade e, conforme a classificação adotada pela AASHTO (HBR), o solo de Maringá é do tipo A-7-5 com índice de grupo IG=26, sendo, considerado pobre para o uso em subleito de rodovias. Portanto, mais estudos envolvendo a análise do solo da região são necessários para que o tema seja discutido com maior profundidade.

PALAVRAS-CHAVE: Investigação geotécnica, Ensaios de caracterização, Ensaios de laboratório, Solo argiloso.

ABSTRACT: Soil is one of the most widely used materials in civil engineering works, as it is present in virtually all types of buildings, sometimes being used for construction or as a support for acting loads. Therefore, mastering the knowledge of its geotechnical properties is of paramount importance for the development of future projects safely and economically.. The objective of this study was to analyze and classify the soil collected at Maringá State University (UEM), located in Maringá - PR, according to the Unified Soil Classification System and the classification adopted by AASHTO (HBR).

Soil samples were collected on a slope located at a medium to low slope site in the topsoil at an average depth of 2 meters. After that, the soil was prepared according to Brazilian standard NBR 6457, with air drying to hygroscopic moisture. In the soil laboratory of the University Center Ingá - Uningá, the specific mass of solids, liquidity limit, plasticity limit, granulometry and compaction tests were performed. It was concluded that the soil studied for the Unified Soil Classification System is a high plasticity sandy clay and, according to the classification adopted by AASHTO (HBR), the soil of Maringá is type A-7-5 with group index $IG = 26$, being considered poor for use in subgrade of highways. Therefore, further studies involving soil analysis of the region are needed for the topic to be further discussed.

KEYWORDS: Geotechnical investigation, Characterization tests, Laboratory tests, Clay soil.

1. INTRODUÇÃO

O solo é um material utilizado com grande frequência nas obras de engenharia, assim como, o aço e o concreto, entretanto, esses materiais podem ser considerados homogêneos, devido ao controle no processo de fabricação que controla a quantidade e a qualidade de seus componentes, já o solo é um material em sua maior parte heterogêneo, devido aos seus mecanismos de formação serem os mais variados possíveis. Sendo assim, a classificação geotécnica do solo é necessária para conhecer o comportamento do mesmo (MENEGOTTO *et. al.*, 2016).

A caracterização geotécnica do solo refere-se as investigações

do solo, onde se pretende executar uma obra ou utilizá-lo como material de construção, a fim de determinar seu tipo, estratigrafia, composição, estrutura, parâmetros de resistência, ou seja, suas propriedades geotécnicas necessárias para os projetos de engenharia (LAMBE; WHITMAN, 1970).

A caracterização e classificação do solo permite segregá-los em grupos pois apresentam comportamentos semelhantes, de acordo com os interesses da engenharia. A finalidade principal da classificação geotécnica é prever o comportamento mecânico ou hidráulico do solo, respectivamente, quando submetido a alterações no seu estado de tensões ou a percolação de fluídos em seus vazios, podendo ainda servir de base para o planejamento de um programa de investigação complementar (PINTO, 2006).

Na construção de edificações, estradas, taludes, barragens, aterros sanitários, e outras obras, problemas em torno da infraestrutura ou o desconhecimento das propriedades do solo podem comprometer a utilização ou o desempenho produto final, trazendo grandes prejuízos financeiros. Para a solução de muitos desses problemas, se faz necessário a melhoria de algumas características do solo, seja para seu uso como material de fundação, construção, aterros, barragens e rodovias, de maneira que assegure que o solo possa suportar cargas sem deformações excessivas, manter sua estabilidade, e em alguns casos, manter sua estanqueidade (YODER; WITCZAKL, 1975).

O município de Maringá está situado no Noroeste do estado do Paraná, sobre rochas da bacia sedimentar Fanerozóica do Paraná, na unidade morfoescultural chamada de Terceiro Planalto Paranaense, subunidade planalto de Maringá, predominadas por colinas amplas e médias com vertentes do tipo convexa com topos planos e longos. No geral, o município apresenta um relevo suavemente ondulado com altitudes que variam de 400 a 560 metros (SANTOS *et. al.*, 2006).

A caracterização geológica do município é mostrada pelo contato entre as rochas eruptivas vulcânicas básicas da constituição da Formação Serra Geral com os arenitos da Formação Caiuá. A

maior parte da região é ocupada por rochas vulcânicas, enquanto as rochas sedimentares ocupam uma pequena parte da região oeste (MINEROPAR, 2002). A classe de solo dominante na região é a dos Latossolos Vermelhos. A parte norte do município apresenta depósitos fluviais quaternários. A parte correspondente a formação Serra Geral é composta, quase totalmente, por rochas vulcânicas, vindas de eventos magmáticos ocorridos durante a era Mesozóica (PINESE; NARDI, 2003). A formação Caiuá apresenta arenitos Vermelhos Arroxeados, com estrutura cruzada acanalada fluviais em alguns pontos e estrutura cruza de grande proporção com característica eólica em outros momentos, já a mineralogia apresenta arenitos constituídos de quartzo, feldspato potássico e óxido de ferro (FERNANDES, 1997).

Se tratando de solos tropicais, algumas outras considerações devem ser colocadas em pauta sobre o controle de compactação desses solos. Os solos tropicais podem apresentar comportamentos distintos em relação com seu comportamento mecânico e hidráulico devido ao processo de “laterização” (SANTOS; PARREIRA, 2015). Conforme esse processo ocorre em regiões tropicais úmidas onde os cátions básicos são lixiviados, com consequente concentração residual de óxidos de ferro e de alumínio (VILLIBOR; NOGAMI, 2009).

Desta forma, devido a este processo, a fração argila dos solos lateríticos é constituída essencialmente de argilominerais do grupo das caulinitas e de hidróxidos e óxidos hidratados de ferro e/ou alumínio. A combinação desses componentes supracitados é responsável pela formação de agregações estáveis em presença de água, graças ao recobrimento dos argilominerais pelos hidróxidos e óxidos hidratados que atuam como agentes cimentantes naturais entre as partículas, além de reduzirem a capacidade de adsorção de água pelos argilominerais (SANTOS; PARREIRA, 2015).

Devido a este comportamento, o solo pode ser utilizado em camadas de pavimentos apresentando boa capacidade de suporte, baixa resiliência e pouca expansão (PIZOLI *et. al.*, 2018).

Um dos sistemas utilizados para classificar o solo no meio

rodoviário é o Highway Research Board (HRB), produzido em 1945, a partir de um aperfeiçoamento do antigo sistema de Bureau Public Roads Administration, proposto em 1929 (DNER, 1996).

Esta classificação dividia os solos em oito grupos que iam de A-1 até A-8, de acordo com sua granulometria. Entre os anos de 1943 e 1945, esta classificação foi alterada e revisada pelo HRB, em que alguns grupos foram subdivididos e introduzido o índice de grupo (IG), sendo este um número inteiro variando de 0 a 20 e, representando a porcentagem de material que passa pela peneira de número 200 e das propriedades de índice de liquidez e plasticidade. Este número auxilia no dimensionamento das camadas de pavimento, estabelecendo a ordenação do solo dentro de um grupo, de acordo com sua aptidão, sendo o pior solo aquele que apresentar maior valor do índice de grupo (SANTOS; PARREIRA, 2006).

Outro método de classificação dos solos é o sistema unificado de classificação dos solos, que foi proposto por Arthur Casagrande, na década de 1940, que buscava classificar os solos para utilização em construções de aeroportos, que foi adotada pelo U.S. Corps of Engineers, que lhe deu o nome e o divulgou. Este sistema tem, como parâmetros para a determinação da classificação dos solos, a granulometria, limite de liquidez e índice de plasticidade (SANTOS; PARREIRA, 2006).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar o solo da área na Universidade Estadual de Maringá, servindo de base para o desenvolvimento de futuras pesquisas que busquem o conhecimento sobre o solo da região e de obras geotécnicas, buscando a melhoria de sua segurança e economia.

2. MATERIAL E MÉTODOS

COLETA E PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

O solo utilizado no trabalho é proveniente da cidade de Maringá, possuindo um perfil do subsolo composto de duas camadas distintas, originadas da alteração do basalto. A camada superficial, é formada

de solo evoluído, laterizado, com textura argilo-siltosa porosa, de cor marrom avermelhado, com espessura que varia de até 12 metros ou mais. A camada abaixo da superficial, é constituída de argila siltosa e silte argilo-arenoso, apresenta tonalidade de cor, variada entre marrom, roxo ou cinza amarelado (BELINCANTA; GUTIERREZ, 2006).

As amostras de solo foram coletadas na Universidade Estadual de Maringá localizada na avenida Colombo, número 5790, zona 7 de Maringá – PR, em um talude localizado em um local de média para baixa vertente, na camada superficial, em uma profundidade média de 2 metros. O solo foi retirado com o auxílio de uma pá-carregadeira e transportado para um pátio onde foi peneirado, ainda na condição de umidade natural, utilizando uma peneira de malha de 4,8 mm. O solo foi seco até a umidade higroscópica e armazenados em sacos devidamente identificados.

Visando a caracterização das amostras, o solo foi preparado de acordo com a norma brasileira NBR 6457 (ABNT, 1986), com a secagem prévia ao ar até a umidade higroscópica.

ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO

Para determinação da massa específica dos sólidos utilizou-se o método proposto pela norma NBR 6508 (ABNT, 1984). Para iniciar o ensaio, foi reservada uma amostra de 50 gramas de solo submerso em água destilada, por um período de 24 horas e, posteriormente, agitada em um copo de dispersão por 15 minutos. A mistura obtida foi despejada em um picnômetro onde foi submetida ao vácuo por 20 minutos. Em seguida, completou-se o recipiente com água destilada até atingir a marca de um dedo antes do gargalo do picnômetro. Repetiu-se o procedimento de vácuo e, após isto, completou-se o volume total adicionando água com um conta gotas. Durante o processo, foram anotados os dados para determinar a massa específica dos sólidos.

Para a determinação do limite de liquidez foi utilizada a NBR

6459 (ABNT, 2017). Para iniciar, 200 gramas de solo devidamente pesadas e passadas na peneira 0,42mm foram reservadas em um recipiente de porcelana, onde acrescentou-se água destilada enquanto era amassada e revolvida. No experimento de Casagrande, adicionou-se a amostra cobrindo 2/3 da concha, então com o cinzel foi produzida uma ranhura na massa de solo, a qual se fechou com a execução de no mínimo 35 golpes e, ao final, uma pequena parte da amostra foi coletada para determinação da umidade. O processo foi repetido mais 4 vezes, E com os resultados obtidos, produziu-se um gráfico.

Para determinar o limite de plasticidade, foi utilizada a NBR 7180 (ABNT,2016). Para iniciar o ensaio, reservou-se uma parte da amostra do ensaio anterior no formato de uma pequena bola, com a mão rolou-se a amostra na placa de vidro até se obter um formato cilíndrico de 3 mm, após isso a amostra foi reservada em um pequeno recipiente e levada em estufa para a determinação da umidade. Repetiu-se o processo 5 vezes.

Para determinar a granulometria com peneiramento, utilizando-se o método proposto pela norma brasileira NBR 7181 (ABNT, 2016). Pesou-se 120 gramas do solo lavado em uma peneira de 0,075mm, a lavagem foi executada até que a água que saísse da peneira estivesse limpa. Os materiais que restaram na peneira foram reservados em um recipiente de porcelana e levados a estufa por 24 horas, após isso, passou-se a amostra por um conjunto de peneiras de 2 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,42 mm, 0,25 mm, 0,15 mm e 0,075 mm.

Para o ensaio de compactação, foi utilizado o método proposto pela NBR 7182 (ABNT, 1986), em que determinou-se a umidade atual do solo por meio da secagem na estufa. O teor de umidade inicial foi definido 5% abaixo da umidade ótima presumível, para isso adicionou-se água destilada para atingir o valor desejado. No cilindro pequeno (cilindro Proctor), com peso e medidas já conhecidas, foi adicionada 3 camadas do solo, a cada camada realizou-se 26 golpes com o soquete pequeno. Então, foi pesado o solo compactado com o cilindro e retirada uma amostra para a determinação da umidade. Repetiu-se o processo

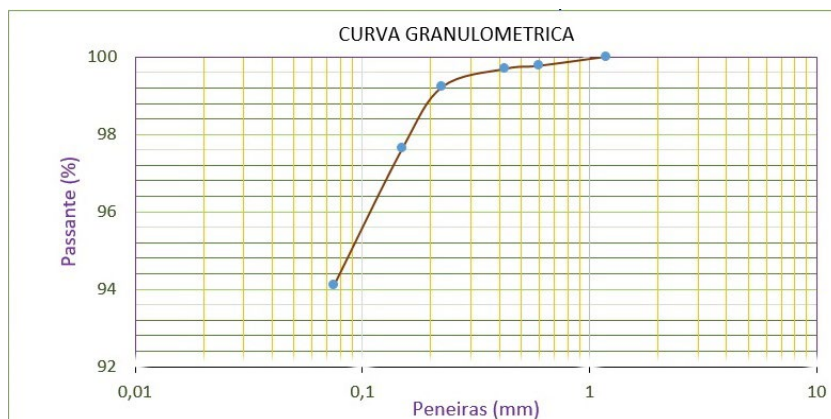
adicionando mais 2 % de umidade a cada ponto até realização de 5 pontos. Com as informações obtidas foi possível produzir um gráfico com a relação de peso específico aparente seco e o teor de umidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO

A seguir pode ser avaliado os dados apresentados nos ensaios de caracterização, com intuito da classificação do solo estudado. A curva granulométrica obtida por meio de peneiramento esta apresentada na Figura 1.

Figura 1 – Curva granulométrica do solo estudado

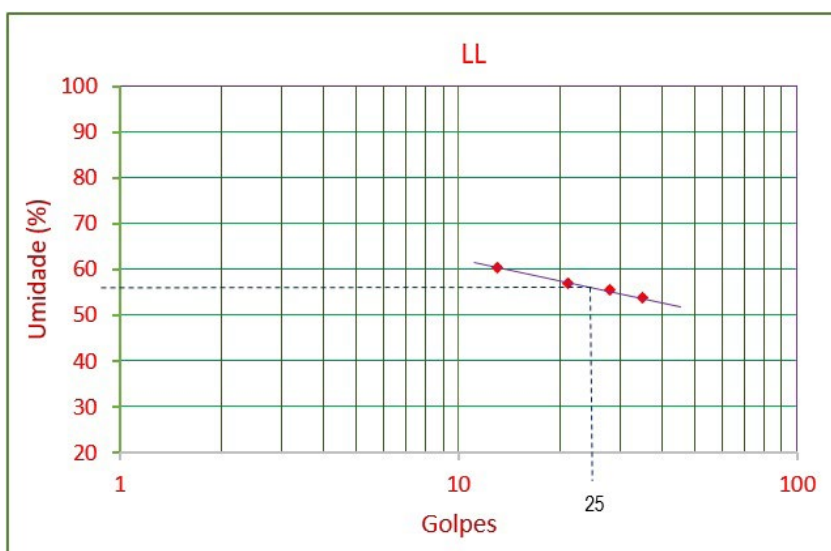


Fonte: Os autores

Por meio das informações obtidas no gráfico, é possível identificar que o solo estudado apresenta grande quantidade de finos (aproximadamente 94%).

Em relação aos limites de consistência do solo, obteve-se para o Limite de Liquidez o valor de 56%, conforme apresentado pela Figura 2, e o Limite de Plasticidade determinado foi de 38 %. Desta forma, o Índice de Plasticidade, definido por $IP = LL - LP$, foi de 19% para este solo.

Figura 2 – Gráfico para determinação do Limite de Liquidez



Fonte: O autor

No ensaio de determinação da massa específica dos sólidos, através do método do picnômetro, foi obtido o resultado de $2,98 \text{ g/cm}^3$.

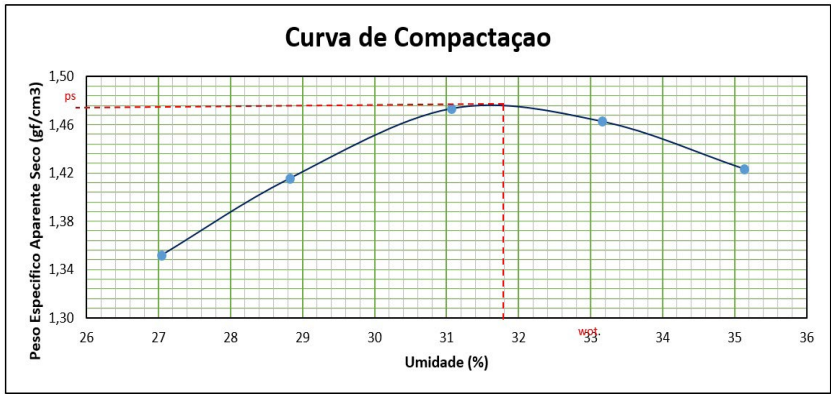
Por meio dos ensaios de caracterização realizados, o solo foi classificado pelo Sistema Unificado e HRB. Para o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (ASTM 2487, 1985), o solo de Maringá é uma argila arenosa de alta plasticidade e, conforme a classificação adotada pela AASHTO (HBR) e a norma ASTM D3282 (2015), o solo de Maringá é do tipo A-7-5 com índice de grupo $IG=26$ sendo, portanto considerado pobre para o uso em subleito de rodovias.

O solo de Maringá, por ser argiloso, poderia ser aplicado em trechos de tráfego leve (bases de Argila Laterítica) e a energia recomendada, neste caso, para compactação, seria a normal, exigindo-se um grau de compactação mínimo de 100% (VILLIBOR; NOGAMI, 2009).

A seguir será apresentada a curva de compactação realizada na energia normal, conforme a norma brasileira NBR 7182 (ABNT, 1986).

A Figura 3 apresenta a curva obtida para o solo de Maringá.

Figura 3 – Curva de Compactação



Fonte: O autor

Por meio da curva de compactação, o valor do teor de umidade ótimo (w_{ot}) obtido, foi de 31,80% e o do peso específico aparente seco foi de 1,47 gf/cm³.

Os parâmetros, peso específico aparente seco (γ) e umidade (w), dos pontos ensaiados e plotados na curva de compactação estão organizados na Tabela 1.

Tabela 1 - Pesos específicos aparente seco máximos e umidades ótimas

γ_d (gf/cm³)	Umidade (%)
1,35	27,04
1,42	28,95
1,47	31,07
1,46	33,16
1,42	35,14

Fonte: O autor

Como o esperado para solos argilosos, os resultados de umidade ótima são relativamente elevados, com a curva de compactação se apresentando em formato de sino.

4. CONCLUSÃO

O trabalho apresentou os resultados de ensaios de laboratório realizados para caracterizar um perfil de solo representativo da cidade de Maringá. Esses resultados trazem informações de parâmetros geotécnicos que são de extrema importância para qualquer obra geotécnica.

O perfil analisado é composto de argila arenosa de alta plasticidade, de acordo com o Sistema Unificado de Classificação dos Solos (ASTM 2487, 1985) e A-7-5 de índice de grupo 26 pela norma ASTM D3282 (2015).

Os resultados dos ensaios de compactação, também, são típicos para solos argilosos, com valor de teor de umidade ótimo elevado e de massa específica seca baixa.

5. REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 6508/84**. Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm - Determinação da massa específica. Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT, Rio de Janeiro, Brasil, 1984.

ABNT. **NBR 6457/86**. Amostra de solo: Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT. Rio de Janeiro, Brasil, 1986.

ABNT. **NBR 7182/86**. Solo: Ensaio de compactação. Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT. Rio de Janeiro, Brasil, 1986.

ABNT. **NBR 7181/16**. Solo: Análise granulométrica. Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT. Rio de Janeiro, Brasil, 2016.

ABNT. **NBR 7180/16**. Solo: Determinação do Limite de Plasticidade. Asso-

ciação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT. Rio de Janeiro, Brasil, 2016.

ABNT. **NBR 6459/17**. Solo: Determinação do Limite de Liquidez. Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT. Rio de Janeiro, Brasil, 2017.

ASTM D 2487-85. Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). West Conshohocken, PA, 1985.

ASTM D3282-15. Standard Practice for Classification of Soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes, West Conshohocken, PA, 2015.

BELINCANTA, A., GUTIERREZ, N. H. M. Campos Experimentais Brasileiros. **XIII Congresso Brasileiro de Mecânica Solos e Engenharia Geotécnica**, Curitiba, Paraná. Workshop Campos Experimentais de Fundações. v. único. p.28 – 35, 2006.

DNER-ME 256/94. Solos compactados com equipamento miniatura - Determinação da perda de massa por imersão. Método de ensaio, 1996.

FERNANDES, L. A. **A cobertura cretácea suprabasáltica no Paraná e pontal do Paranapanema (SP): os grupos Bauru e Caiuá**. Dissertação (Mestrado)- Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, Bauru, 1997.

LAMBE, T.W.; WHITMAN, R.V. **Soil Mechanics**, John Wiley & Sons, New York, 1970.

MENEGOTTO, M. L; BANDEIRA, F. O; SARTORI, L. MORAIS, M. Caracterização Geotécnica Preliminar do Solo da Área Experimental da UFFS - Campus Chapecó. **XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica**, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2016.

MINEROPAR. **Mapas Geológicos do estado do Paraná**. Curitiba: MINEROPAR, 2002. Escala 1: 650.000, 1989.

PINESI, J. P. P.; NARDI, A. J. R. Contexto geológico da Formação Serra Geral no terceiro planalto paranaense. Encontro Geotécnico do Terceiro Planalto Paranaense, 1., 2003, Maringá. **Anais....** Maringá: UEM, 2003.

PINTO, C.S. **Curso básico de Mecânica dos Solos**. 3. ed. Oficina de Textos, São Paulo, p. 354, 2006.

PIZOLI, T. J., REIS, J. H., BELINCANTA, A. Estudo da Utilização do Penetrômetro Dinâmico de Cone no Controle de Compactação de Solo Evoluído do Noroeste do Paraná. **XIX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e**

Engenharia Geotécnica Geotecnia e Desenvolvimento Urbano. Bahia, Salvador, 2018.

SANTOS, L. J. C. et al. Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia.** Uberlândia, Minas Gerais, v. 7, n. 2, p. 3-12, 2006.

SANTOS, E. F.; PARREIRA, A. B. **Estudo comparativo de diferentes sistemas de classificações geotécnicas aplicados aos solos tropicais.** Dissertação. Universidade de São Paulo, 2015.

VILLIBOR, D. F., NOGAMI, J. S. **Pavimentos Econômicos: tecnologia do uso dos solos finos lateríticos.** Editora Arte & Ciência, 2009.

YODER, E.J.; WITCZAK, M.W. **Principles of pavement design.** New York: John Wiley & Sons Inc., 2. ed., p. 711, 1975.

22. O ASPECTO ECONÔMICO NOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS CONVENCIONAIS E EM WOOD FRAME

THE ECONOMIC ASPECT IN CONVENTIONAL AND WOOD FRAME CONSTRUCTION SYSTEMS



PEDRO HENRIQUE TAVARES FERNANDES
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

DIEGO VIEIRA RAMOS
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

GEZIELE MUCIO ALVES
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RESUMO: O setor da construção civil é responsável por gerar empregos, moradias e solucionar problemas de infraestrutura que assolam áreas urbanas. Contudo, propiciou uma disputa interna entre empreendedores com a finalidade da obtenção de lucro. Ainda, influenciado por estas competições, apresentou-se a necessidade de implantações de novas técnicas, visto que, o atual sistema construtivo empregado em maior escala no Brasil, elabora-se de maneira depreciável. Assim, sistemas conhecidos como Wood Frame ganham força no mercado nacional, e exigem uma maior atenção para com ele, visto que, são mecanismos que agregam valores para a indústria da construção civil. Sistema este, desenvolvido dentro de um ambiente industrializado, no qual consegue relacionar velocidade de execução e qualidade simultaneamente. Deste modo, o presente estudo teve como objetivo analisar a variável econômica por meio dos sistemas construtivos em alvenaria convencional e um sistema alternativo conhecido como Wood Frame, em residências unifamiliares. Foi elaborada uma planilha orçamentária visando à comparação entre os dois métodos construtivos. Para a sua estruturação, comparou-se as fases edificadoras com a finalidade de alcançar valores para cada etapa, e por fim, relacionar ambos os mecanismos levantados. Consequentemente a isto, obteve-se o preço total de cada sistema construtivo. Mesmo as tecnologias apresentando-se como um atrativo para o mercado dentro e fora dos canteiros de obras, as unidades unifamiliares construídas de maneira convencional são mais vantajosas no aspecto econômico do que a de Wood Frame. Isto se

deve ao fato de que, mesmo que as técnicas inovadoras visem garantir à qualidade da sociedade, preocupam-se com aspectos econômicos, ambientais e sociais, as implantações dos mecanismos edificadores levam em consideração fases construtivas, técnicas empregadas e uma logística de transporte favorável para que seja viável. Para estas considerações, o sistema de alvenaria apresenta vantagem em relação ao Wood Frame e assim, torna-se vantajosa financeiramente.

Palavras Chave: Alvenaria Convencional. Aspecto Econômico. Wood Frame. Sistema Construtivo.

ABSTRACT: The construction sector is responsible for generating jobs, housing and solving infrastructure problems that plague urban areas. However, it has fostered an internal dispute between entrepreneurs for the purpose of making a profit. Still influenced by these competitions, there was the need to implement new techniques, since the current constructive system employed in Brazil is elaborated in a depreciable way. Thus, systems known as Wood Frame gain strength in the domestic market, and require greater attention to it, as they are mechanisms that add value to the construction industry. This system, developed within an industrialized environment, in which it can relate execution speed and quality simultaneously. Thus, the present study aimed to analyze the economic variable through conventional masonry construction systems and an alternative system known as Wood Frame, in single-family homes. A budget spreadsheet was prepared to compare the two construction methods. For its structuring, the building phases were compared in order to reach values for each step, and finally, to relate both mechanisms raised. Consequently, the total price of each building system was obtained. Even though technologies are attractive to the market inside and outside construction sites, conventionally built single family units are more economically advantageous than Wood Frame. This is due to the fact that, even though innovative techniques aim at guaranteeing the quality of society, they are concerned with economic, environmental and social aspects, the implementation of building mechanisms take into consideration constructive phases, techniques employed and favorable transport logistics to be viable. For these considerations, the masonry system has an advantage over Wood Frame and thus becomes financially advantageous.

Keywords: Constructive System. Conventional Masonry. Economic Aspect. Wood Frame.

1. INTRODUÇÃO

O mercado da construção civil apresenta-se como uma forte indústria, com isso, proporciona inúmeras contribuições para o cenário nacional, onde é encarregado de gerar oportunidades profissionais de forma direta e indireta, o que lhe atribui papel representativo na formação do Produto Interno Bruto (PIB). O setor é responsável ainda, pela implantação de infraestrutura de base como, geração de energia, saneamento básico, comunicações, transporte, a formação dos espaços urbanos e a execução de edifícios públicos e privado, com fonte de moradia, trabalho, educação, saúde e lazer em nível de cidade, estado e nação (AGOPYAN; JOHN, 2011, p.50).

Devido a uma grande exibição de atrativos junto à comercialização de unidades residenciais que ocorrem desde a Revolução Industrial em meados do século XVIII, o setor é impulsionado pelas primícias do lucro.

Movido pelo interesse financeiro, muitos empreendedores da área encontram-se em competitividade comercial, a qual apresenta conflitos, como por exemplo, concorrência entre construtores, onde, leva-se a certas precariedades, tais como falta de qualificação na edificação, falta de planejamento, entre outros e, assim, ocasiona-se diversos problemas durante a vida útil da construção. Contudo, esta disputa possibilita a extração de ações positivas, tais como técnicas inovadoras que apresentam como soluções de problemáticas dentro do setor da construção civil.

A inovação tem se destacado como um dos principais responsáveis pelos incrementos de competitividade de empresas e países e, os processos adotados têm sido amplamente estudados e aplicados em diversos campos a fim de potencializar os resultados (OLIVEIRA, 2015, p.22).

O sucesso da inovação está ligado à capacidade da organização na percepção desta como uma etapa contínua de crescimento, e não um simples processo de loteria (CARVALHO; FERREIRA; SILVA, 2008).

Assim, todo e qualquer método de revolução a ser incrementado junto aos sistemas construtivos, requer tempo para que possa ser aperfeiçoado e alcançar o resultado estimado.

Consequentemente, a aplicação de novos conceitos exige a qualificação da mão de obra, especialização de indústrias e aceitação do mercado consumidor. Ao mesmo momento, demanda-se paciência para a implantação de técnicas, contudo, profissionais e, empresários assemelham a velocidade de construção com retorno financeiro. Ainda, devido esta contraposição, as aceitações das terminologias inovadoras perdem espaço junto ao método convencional. Seguindo este pensamento, surge-se uma indagação: Até qual ponto é viável a aplicação de técnicas construtivas inovadoras?

Na busca por soluções, que melhorem a produtividade, diminuam custos, impactos ambientais e melhorem o desempenho das edificações, destaca-se o sistema construtivo em Wood Frame (BRÜGGEMANN, 2017, p.7). Sendo assim, os sistemas Steel Frame e Wood Frame, apresentam-se como uma solução interessante para atender a demanda de mercado. No caso do segundo, o termo Framing, no âmbito da construção civil, refere-se a uma tecnologia construtiva inteligente e sofisticada, capaz de proporcionar grande agilidade de execução, conforto satisfatório ao usuário e sustentabilidade em todas as fases de projeto incluindo o pós-ocupação (CARDOSO, 2015, p.12). Abrange ainda, uma relação entre tempo e dinheiro, onde o sistema em moldes de madeira apresenta-se eficaz, visto que, a introdução de componentes industrializados reduz significativamente o tempo de construção no canteiro de obras, aumentando-se a eficiência (ALLEN; THALLON, 2011). Contudo, requer compreensão para que seja difundido entre os praticantes do setor.

O sistema construtivo em Wood Frame utiliza de peças padronizadas produzidas em ambiente industrial e montadas na obra, dando forma a estrutura. O elemento base desta técnica são painéis de OSB grampeados em montantes de madeira auto clavada que estruturam as paredes, a eles são agregadas camadas para enrijecer e atribuir massa

ao sistema (BRÜGGEMANN, 2017, p.36). Este sistema apresenta uma particularidade: a modulação dos acessórios hidráulicos e elétricos, onde se manifestam embutido as chapas modulares.

Outro ponto diz respeito à fundação, que consiste em é um elemento de transição entre a estrutura e o solo, seu comportamento está ligado ao que acontece com o solo quando submetido a carregamento por meio de elementos estruturais (MILITITSKY, *et al.*, 2008). Este método apresenta um peso próprio baixo, propiciando poucas cargas para as fundações, as quais permite execução de maneira direta e rasa a partir da empregabilidade do alicerce em formato de *radier*, um tipo de laje fabricada acima do solo.

O seu acabamento interno utiliza-se de fechamento em gesso acartonado, instalado frente aos painéis de OSB, preenchidas por materiais termo acústicas, onde as quais evitam a propagação de ruídos para fora da edificação. Agora, as suas etapas externas aplicam-se placas de cimento e membranas hidrófugas, com a finalidade do exílio hídrico, além de isolantes termo acústicos, sustentadas pelos painéis modulares de madeira.

Entretanto, deve-se ressaltar que o sistema de construção em Wood Frame requer algumas atenções e importantes cuidados em sua concepção e construção para fornecer durabilidade, conforto e segurança (GOMES, 2018). Etapas como cobertura, esquadrias, serviços iniciais e complementares, assemelham-se com a técnica em alvenaria convencional.

As edificações construídas seguindo as técnicas do sistema de alvenaria são mais populares no Brasil, uma herança trazida pelos portugueses de uma prática já consolidada há séculos na Europa (MEIRELLES, 2008). O sistema convencional divide-se em algumas fases construtivas que começam na fundação da edificação, sem considerar os serviços preliminares, e vão até a fase de acabamento. Em especial, destaca-se a etapa da alvenaria. Esta serve para o preenchimento por meio de vedações sem responsabilidade estrutural, onde se utiliza blocos cerâmicos. Ainda, para que seja executada de maneira correta,

necessita que a viga baldrame se apresente impermeabilizada e nivelada, além de seus pilares e vigas superiores apresentar-se chapiscadas há pelo menos três dias (tempo de cura), para condições de aderência entre a estrutura e as paredes. Relacionado a esta etapa, as instalações elétricas e hidráulicas exibem-se com uma particularidade, visto que, para a execução delas necessita-se de rasgos pela alvenaria, tornando-a uma etapa artesanal.

Desta maneira, os estudos para novos sistemas construtivos dentro da construção civil são essenciais, pelo fato de que as ações edificadoras utilizadas com maior frequência na atualidade empregam metodologias arcaicas que influenciam negativamente no cronograma de execução da edificação. Assim, a empregabilidade de tecnologia inovadora exige-se como solução para sanar a eminente sujeição ao sistema de alvenaria convencional. Dessa maneira, a etapa de planejamento apresenta-se como elemento essencial do processo construtivo, responsável por englobar aspectos como orçamentos, compras, gestão de pessoas e comunicação, entre outros (OLIVEIRA; ALVES, 2018).

Para a viabilidade de novos métodos construtivos, são necessários que os sistemas se apresentem com vantagens econômicas para impulsionar sua aprovação dentro do setor. Com a intenção de expor os benefícios financeiros da adesão da metodologia construtivas na execução de edificação residenciais unifamiliares em estruturas em Wood Frame, foi realizado um comparativo financeiro entre o sistema convencional (em alvenaria) e o referido sistema.

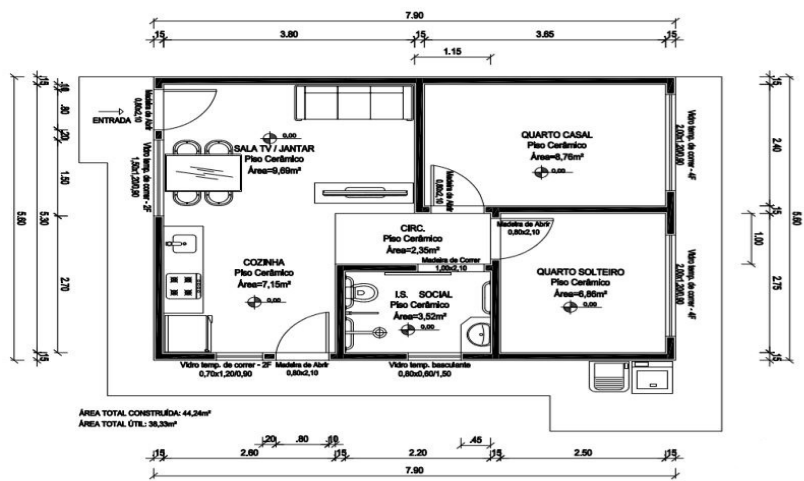
Assim, o objetivo deste trabalho foi analisar os aspectos econômicos contidos no sistema construtivo em alvenaria e no sistema alternativo conhecido como Wood Frame, em residências unifamiliares. Mais especificamente, objetivou-se apresentar orçamentos onde se discrimina as etapas construtivas de ambos os sistemas construtivos, assim, verificar a viabilidade econômica tanto do mecanismo edificador de alvenaria, quanto ao método construtivo com painéis modulares de madeira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o aporte teórico, utilizou-se de uma revisão teórica em artigos científicos que abordassem os sistemas construtivos em alvenaria convencional e Wood Frame. Para os dados estatísticos, foram estruturadas planilhas orçamentárias a fim de quantificar a pesquisa. Assim, trata-se de uma pesquisa quali-quantitativa. Pois, por um lado, qualitativa, uma vez que, se preocupa com aspectos de realidade que não podem ser quantificados, e, quantitativo visto que enfatiza a objetividade e analisa dados numéricos coletados (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

O trabalho propôs a adaptação da metodologia de Silva e Sperandio (2018), com o intuito realizar o comparativo econômico das etapas contidas nos sistemas construtivos em *Wood Frame* e Alvenaria, a fim de verificar a execução de 100 habitacionais. Dessa maneira, a metodologia consiste ainda na utilização de um projeto piloto, dotado de uma área total de 38,33 m² (conforme Figura 1). As medidas empregadas na elaboração do projeto arquitetônico não seguem medidas pré-estabelecidas pelo sistema Wood Frame. Isto se deve ao fato de às modulações não seguirem comprimentos múltiplos de um número específico.

Figura 1 – Representação do protótipo utilizado para a elaboração dos quantitativos.



Fonte: Dos Autores (2019).

Na Tabela 1 apresentam-se as áreas separadas por ambientes individualizados, a fim de facilitar a realização do levantamento das etapas orçamentárias. A residência divide-se em sala de televisão/jantar, cozinha, banheiro social, quartos de casal e solteiro, além da circulação.

Tabela 1 – Área por ambiente desenvolvida junto ao protótipo base da pesquisa.

Ambiente	Área
Sala de TV/Jantar	9,69 m²
Cozinha	7,15 m²
Circulação	2,35 m²
I.S Social	3,52 m²
Quarto Casal	8,76 m²
Quarto Solteiro	6,86 m²
Total	38,33 m²

Fonte: Os autores.

Dessa forma, para a elaboração do levantamento financeiro, optou-se pela consulta junto a uma empresa especializada do setor, intitulada ALFA. Este orçamento foi realizado em julho de 2013 e, por intermédio de dois indicadores econômicos, sendo eles o Custo Unitário Básico (CUB), fornecido pelo SINDUSCOM, o qual serve para a correção de valores referentes à mão de obra. Outro indicador foi o Índice Geral de Preços do Mercado (IGPM) que se faz responsável pela correção dos valores dos materiais, assim, controlando a inflação.

Contudo, os autores Silva e Sperandio (2018) apresentam orçamentos realizados pelas empresas ALFA e a empresa BETA, a qual responsável para os valores referentes à alvenaria convencional. Portanto, para a viabilização desta pesquisa, os orçamentos foram elaborados por meio de composições e, ainda, para a obtenção dos valores precisos, realizaram-se pesquisas de mercado e consulta junto ao SINDUSCON, para a obtenção de valores precisos dos materiais e mão de obra, respectivamente. Os únicos valores que se efetuaram correções, foram os materiais industrializados em *Wood Frame*, tais como os painéis modulares, instalações elétricas e hidro sanitárias, por exemplo.

Ambos os mecanismos de construção seguiram o mesmo projeto para a sua estruturação, algumas etapas elaboram-se com mecanismos edificadores distintos, entre eles. No Quadro 1, são expostas etapas de ambos os sistemas construtivos, onde é possível verificar-se semelhança entre ambos, tais como instalações de esquadrias, cobertura, serviços iniciais, louças e aparelhos de metais aplicados na edificação.

Quadro 1 – Técnicas empregadas nos sistemas construtivos em Wood Frame e Alvenaria.

ETAPA	WOOD FRAME	ALVENARIA CONVENCIONAL
Fundação	<i>Radier</i>	Estava escava de concreto armado moldado <i>in loco</i> .
Parede (Vedação)	Painéis em Wood Frame	Alvenaria de vedação
Revestimento Interno	Gesso e Cerâmica	Reboco e Cerâmica
Revestimento Externo	Placa de Cimento	Reboco
Instalações Elétricas	Instalações elétricas industrializadas acopladas nos Painéis de Wood Frame/Eletricista	Instalações executadas <i>in loco</i> por meio de mão de obra manual/Eletricista
Instalações Hidro sanitárias	Pré-Industrializadas/ Encanador	Instalação Manual/Encanador
Pintura	Aplicada para cada método construtivo	Aplicada para cada método construtivo
Impermeabilização	Radier	Baldrame
Serviços Complementares	Aplicado para cada método construtivo	Aplicado para cada método construtivo

Fonte: Os autores.

Em conformidade com as tabelas e quadros desenvolvidos, empregou-se a Tabela de Composição de Preços para Orçamento – TCPO, da editora PINI, edições 13 e 14. Realizaram-se pesquisas de mercado para obter valores atualizados, além de acesso a informação de sindicatos que regulamentam os processos orçamentários. Desta maneira, esta etapa apresenta-se em caráter quantitativo. Para o estudo orçamentário do método alternativo, empregaram-se orçamentos de anos anteriores, mais especificamente de 2013, fornecidos por Silva e Sperandio (2018) e, devido à falta destas informações atualizadas do sistema em *Wood Frame*, adaptaram-se os valores por meio das correções junto ao Sindicato da Indústria da Construção Civil (SINDUSCON), onde se apresenta por meio dos Custos Unitários Básicos (CUB) da construção, responsável pela correção dos valores de mão de obra, e do Índice Geral de Preços de Mercado, a fim de obter dados atualizados quanto os valores de materiais para a construção. Para esta última correção, aplicou-se a utilização da calculadora do cidadão, disponibilizada pelo Banco Central para a correção dos materiais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como resultados verificou-se que ambos os sistemas possuem etapas que se mostram economicamente mais vantajosas quando comparadas. Neste caso o sistema em Wood Frame, mostrou melhor desempenho monetário nas etapas infraestrutura, sistema hidro sanitário, sistema elétrico, pintura e serviços complementares. Já o sistema convencional, em alvenaria e concreto armado, apresentou melhor custo benefício nos itens Superestrutura e fechamento, impermeabilização e revestimento externo. Em itens como serviços iniciais e cobertura, observou semelhança nos valores. Na Tabela 2 é possível ser verificados os valores detalhados.

Tabela 2 – Orçamento simplificado em *Wood Frame* e convencional por etapas construtivas.

Etapas	Valor Wood Frame	Valor Convencional
Serviços Iniciais	R\$701,85	R\$701,85
Infraestrutura	R\$4.504,35	R\$6.345,04
Superestrutura	R\$17.369,30	R\$3.347,05
Alvenaria		R\$4.650,05
Esquadrias	R\$4.811,45	R\$4.811,45
Cobertura	R\$2.665,69	R\$2.665,69
Impermeabilização	R\$1.079,62	R\$360,00
Sistema Hidro sanitário	R\$581,55	R\$3.383,52
Sistema elétrico	R\$581,50	R\$7.471,84
Revestimento Interno	R\$15.754,65	R\$10.407,17
Revestimento Externo	R\$2.972,70	R\$922,71
Pintura	R\$1.292,03	R\$4.436,96
Louças e Aparelhos de Metais	R\$1.007,30	R\$1.007,30
Serviços Complementares	R\$241,92	R\$500,40
Totais	R\$53.563,89	R\$51.011,02

Fonte: Os autores.

Silva e Sperandio (2018), afirmaram que, “o emprego adequado de mecanismo e materiais alternativos, que consigam competir ou substituir as técnicas convencionais na construção civil, pode servir

como uma alternativa para o problema do déficit habitacional presente na sociedade”. O que de fato está correto, desde que, não se vise apenas lucros. Conforme apresentado na Tabela 2, o sistema construtivo em Wood Frame apresentou-se mais caro do que o sistema em alvenaria convencional. Muito se deve ao fato de que como a industrialização dos painéis modulares de madeira não ocorre em grandes quantidades, a aquisição destas placas é prejudicada pelo alto preço, que está ligada a distância de transporte e também, pela pouca procura e, conseqüentemente, pouca fabricação quando comparado com o mecanismo construtivo convencional, constitui-se a necessidade do aumento do produto buscando lucros imediatos para a indústria.

Nota-se ainda que, algumas fases apresentam-se os valores iguais, visto que, adotou-se o mesmo mecanismo construtivo, conforme apresentada na Tabela 3. Nas etapas em que os valores não coincidiram, empregaram-se mecanismos mais próximos da realidade e próximos um do outro.

Tabela 3 – Valores das etapas onde foram adotados os mesmos mecanismos construtivos.

Etapas	Valores
Serviços Iniciais	R\$ 701,85
Esquadrias	R\$ 4.811,45
Cobertura	R\$ 2.665,69
Louças e Aparelhos de Metais	R\$ 1.007,30
Totais das Etapas Iguais	R\$ 9.186,29

Fonte: Os autores.

Ainda, existem as demais etapas que não apresentaram valores igualitários, expõe-se com divergência entre às considerações construtivas. Ou seja, um exemplo para isto, é a infraestrutura. Etapa esta que, para o sistema construtivo em Wood Frame se utiliza de uma fundação leve, conhecida como *radier*, visto que, devido sua

alvenaria ser um componente estrutural, alivia as cargas aplicadas sobre a fundação, além também, de se apresentarem com um peso próprio relativamente baixo, quando comparado com o sistema convencional. Já a alvenaria convencional, devido a um peso próprio maior, necessita de uma fundação mais elaborada, desta forma, elabora-se com um custo mais elevado, devido às cargas atuantes da estrutura ser maiores e, conseqüentemente, necessita de componentes que equalizem os esforços atuantes. Para a fundação do sistema convencional, adotou-se a execução de estaca profunda escava *in loco* de concreto armado. Desta forma, para a etapa de fundação, analisando de maneira separada do restante do orçamento da obra, o *radier*, alicerce aplicado para o sistema em Wood Frame se faz vantajoso financeiramente.

Contudo, por mais que a infraestrutura do sistema em Wood Frame seja mais vantajosa economicamente, o mesmo não se repete para a alvenaria. Esta fase, quando comparada à alvenaria convencional, leva-se em consideração duas etapas construtivas: fechamento e superestrutura. Isto se deve pelo fato de que os painéis modulares de madeira, elaboram-se com montantes (elementos estruturais deste mecanismo), o que se assemelha à superestrutura presente na alvenaria convencional composta por vigas e pilares. Enquanto isto, as vedações em Wood Frame são feitas pelos painéis de OSB (*Oriented Strand Board*) e nos sistemas tradicionais, blocos cerâmicos. Nestas etapas, os valores dos painéis de madeira apresentam-se com valores altos pelo fato da industrialização ter um preço mais caro que os métodos manuais, e, conseqüentemente, quando comparado com a alvenaria tradicional, os valores obtidos são superiores ao deste sistema. Mais precisamente, a soma das fases de superestrutura e alvenaria do mecanismo tradicional não representa 50% dos valores em Wood Frame.

Em consequência, a aplicação do sistema em painéis modulares de madeira, se ganha tempo dentro da construção, mas, diversos fatores influenciam na aquisição destes painéis perante a indústria. Estes fatores são expostos pelo fato de que a mão de obra do sistema ainda é escassa, além de que, faltam aperfeiçoamentos. Além disto, os valores

de transporte dos componentes apresentam-se como um empecilho, devido ao fato de que as indústrias se encontram em locais distantes dos canteiros de obras.

A etapa, referente à impermeabilização, apresentou-se maior no sistema em Wood Frame, visto que, a área de contato com o solo neste mecanismo é superior, pois, o método de fundação requer áreas superiores de contato junto ao solo, lugar proveniente para o surgimento das infiltrações e, conseqüentemente, às patologias nas edificações. Outras fases apresentam-se com altas despesas. A Tabela 4 foi elaborada para mostrar as porcentagens referentes aos gastos financeiros nas etapas construtivas. Nota-se uma concentração financeira em etapas de superestrutura e revestimento interno, quando analisado o mecanismo em painéis de madeiras. Juntas, ultrapassam os 50% de gastos na edificação.

Tabela 4 – Representação em percentual das despesas das etapas construtivas de cada sistema.

Etapa	(%) Wood Frame	(%) Convencional
Serviços Iniciais	1,31%	1,38%
Infraestrutura	8,41%	12,44%
Superestrutura	32,43%	6,56%
Alvenaria		9,12%
Esquadrias	8,98%	9,43%
Cobertura	4,98%	5,23%
Impermeabilização	2,02%	0,71%
Sistemas Hidro Sanitário	1,09%	6,63%
Sistema Elétrico	1,09%	14,65%
Revestimento Interno	29,41%	20,40%
Revestimento Externo	5,55%	1,81%
Pintura	2,41%	8,70%
Louça, Metais e Aparelhos.	1,88%	1,97%
Serviços Complementares	0,45%	0,98%
Totais	100,00%	100,00%

Fonte: Os autores.

Ainda, analisam-se as porcentagens referentes de cada etapa edificadora de ambos os sistemas construtivos e, neles, expõe-se uma distribuição proporcional junto ao mecanismo convencional, visto que, necessita-se de ao menos quatro etapas para representar metade do investimento total da edificação, enquanto no sistema em Wood Frame, bastam duas fases para que seja alcançado 50% da edificação.

Para mais, os revestimentos internos e externos de ambos os sistemas se assemelham entre si, contudo, divergem em considerações que influenciam no sistema construtivo. Enquanto as edificações em painéis modulares de madeira apresentam-se revestimentos internos com paredes de gesso acartonado, o sistema convencional expõe-se com um mecanismo de chapisco e reboco. Outras considerações internas são igualitárias, sendo elas os pisos, rodapés, forros em gesso, isolantes termo acústicos e azulejos em áreas molhadas. Financeiramente, as paredes em gesso acartonado elaboram-se com valores maiores do que o sistema convencional, assim, a etapa de revestimento interno expõe-se vantajosamente para a alvenaria convencional.

Não diferente do revestimento interno, o externo apresenta-se inviável para o mecanismo inovador de painéis modulares de madeira. Nela, as camadas externas são representadas por placas cimentícias industrializadas, as quais elevam o valor pelos mesmos motivos apresentados junto à etapa de alvenaria. No sistema convencional, adotou-se o sistema de chapisco e reboco, deprecia-se esta fase, a deixa novamente em vantagem quando comparada com o Wood Frame.

Contudo, a partir das considerações dos revestimentos internos e externos, o sistema Wood Frame apresenta-se vantajoso quanto à etapa de pintura, pois a realização desta fase perante os revestimentos apresentados no sistema convencional requer metodologias que encarecem o estágio da edificação, visto que, necessita-se de emassamento e pinturas, enquanto nos painéis de madeira, aplica-se diretamente a pintura nos gessos e texturas junto às placas externas. Assim, os valores referentes à pintura no sistema tradicional representam mais que o triplo do sistema em Wood Frame.

Também, observam-se disparidades entre duas fases construtivas, sendo elas os sistemas hidro sanitários e elétricos. Estas diferenças motivam-se pelo fato de que os painéis modulares de madeiras se apresentaram de maneira industrializada e assim, permitiram a execução destas etapas dentro dos ambientes industriais, ou seja, os painéis em Wood Frame, quando entregues no canteiro de obras, expõem-se com os sistemas hidro sanitários e elétricos acoplados neles. Por outro lado, as obras de alvenaria convencional necessitam profissionais *in loco* disponíveis para às instalações manuais por um método longo e artesanal. Desta forma, justifica-se ainda, os preços da etapa de alvenaria nas placas de madeira ser elevados. Ao contrário destas séries de industrialização, as instalações manuais exigem execuções detalhadas e que se prendem a outras etapas, tais como revestimentos internos e o término da alvenaria, apresentando-se mais ineficientes que o sistema Wood Frame.

Por fim, Silva e Sperandio (2018) afirmam que “todas as técnicas construtivas apresentam vantagens e desvantagens em vários aspectos, como: custos, trabalhabilidade, disponibilidade local da matéria prima, mão de obra adequada, tempo de execução, durabilidade”. O qual esclarece as diferentes análises financeiras das etapas construtivas de ambos os sistemas construtivos, onde, em uma fase o Wood Frame apresenta-se vantajoso, e em outros, o convencional.

Há alguns anos atrás, se por um lado definia o preço de um empreendimento pela soma de seu custo mais o lucro desejado pela construtora e pelos investidores, atualmente, o preço de uma obra é definido pelo lucro mais a economia do sistema construtivo (VASQUES; PIZZO, 2014, p. 12). Desta forma, para a viabilização da empregabilidade de um sistema construtivo está diretamente ligado ao lucro, o que desvaloriza a aplicação do sistema construtivo em Wood Frame, visto que, apresenta-se num todo, com um valor superior ao convencional.

4. CONCLUSÃO

A necessidade da implantação de novas técnicas construtivas no cenário da construção civil se faz de maneira eminente. Contudo, estas determinadas implantações exigem tempo, paciência e uma boa qualificação da mão de obra para que seja realizada a edificação e as manutenções por toda a vida útil da construção. O sistema em Wood Frame, por mais que se apresente como um mecanismo construtivo que se preocupa com as vertentes econômica e ambiental, apresentou-se inviável para a edificação de uma residência unifamiliar (aproximadamente 40 metros quadrados) pelo fato de que quando comparado a um sistema convencional, expõe um valor total da edificação em aproximadamente 5% superior, ou seja, em uma construção de baixo padrão, o sistema em Wood Frame custa cerca de R\$2.500,00 a mais que um sistema tradicional (precificação estimada para construções com variáveis semelhantes aquelas analisadas). Valor este, por mais que não seja representativa para uma unidade habitacional, quando aplicada em 100 habitacionais, torna-se expressiva, desta forma, economicamente a técnica em Wood Frame é mais custosa.

Entretanto, quando abordado a esfera da sustentabilidade, os aspectos sociais e ambientais podem impulsionar a utilização deste mecanismo construtivo, visto que, são variáveis que quando trabalhadas com êxito, influenciam positivamente no desenvolvimento da construção civil e que para isto, necessita-se de um maior aprofundamento nestas duas temáticas.

5. REFERÊNCIAS

ALLEN, E.; THALLON, R. **Fundamentals of residential construction**. Hoboken. Nj: John Wiley & Sons, 2011.

AGOPYAN, V.; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Blücher, 2011.

BRÜGGEMANN, C.; WESTPHAL, F. S. **Comparativo entre alvenaria e wood frame ao longo da vida útil**. 2017. 130 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

CARDOSO, L. A. **Estudo do método construtivo Wood Framing para construção de habitações de interesse social**. 2015. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

CARVALHO, A. M.; FERREIRA, M. A. T.; SILVA, S. M. da. **Definição de temas tecnológicos para pesquisa e desenvolvimento**. In: SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA (SGIT), 25., 2008, Brasília. Anais... Brasília, DF, Brasil, 2015. Disponível em: [http://www.anpad.org.br/admin/pdf/Simposio 323. pdf](http://www.anpad.org.br/admin/pdf/Simposio%20323.pdf). Acesso em: 6 abr. 2019.

DATec nº 020. DATec nº 020 – **Sistema Construtivo Tecverde: “ Sistema leve em madeira”**, 2013.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GOMES, Reginaldo Barbosa. **Análise comparativa entre os sistemas construtivos: alvenaria e Wood Frame em relação à vida útil**. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Anhanguera Educacional – Unidade I, Joinville, 2018.

MEIRELLES, C. R. M. *et al.* **A viabilidade das construções leves em madeira no Brasil**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE LARES – MERCADOS EMERGENTES DE REAL ESTATE: NOVOS DESAFIOS E OPORTUNIDADES, 7., 2008, São Paulo. Anais. São Paulo: Lares, 2008.

MILITITSKUY, Jarbas. CONSOLI, Nilo Cesar. SCHINAID, Fernando. – **Patologia das Fundações**, Editora PINI, São Paulo, Maio, 2007.

OLIVEIRA, F. A. de. **Organizações inovadoras sustentáveis: um estudo de caso no setor da construção civil**. 2015, 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração de Empresas) - Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto: USP, 2015.

TECVEERDE ENGENHARIA LTDA. **Como projetar em Wood Frame**. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/78512406/6491-Diretrizes-Para-Projetar-Em-Wood-Frame-Tecverde>> . Acesso em: 25 de junho de 2019.

TCPO. **Tabela de Composição de Preços Para Orçamentos** – 13. Ed. São Paulo: PINI, 2008. 640p.

SILVA, Luiz Gustavo Zuliani da; SPERANDIO, Diego. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL: COMPARATIVO DE CUSTOS ENTRE O SISTEMA DE ALVENARIA CONVENCIONAL E WOOD FRAME COMO FORMA DE REDUÇÃO DO DÉFICIT HABITACIONAL NO MUNICÍPIO DE FREDERICO WESTPHALEN/RS. **Revista Gedecon**, Cruz Alta, v. 6, n. 1, p.219-234, jun. 2018.

VASQUES, Caio Camargo Penteado Correa Fernandes; PIZZO, Luciana Maria Bonvino Figueiredo. **COMPARATIVO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS, CONVENCIONAL E WOOD FRAME EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES**. 2014. 17 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Estruturas, Centro Universitário de Lins - Unilins, Lins, 2014.

23. COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE ALVENARIA CONVENCIONAL E DRYWALL

COMPARATIVE OF COST BETWEEN WALL CONVENTIONAL AND DRYWALL



RHENAN CARLOS DE SOUZA CAETANO
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RICARDO CARDOSO DE OLIVEIRA
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

EDINALDO FAVARETO GONZALEZ
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RESUMO: No Brasil, atualmente, diversas empresas construtoras buscam, nas inovações tecnológicas, a melhoria qualitativa e também produtiva, impondo assim, novos desafios aos métodos convencionais, sejam de habitações, estruturas ou edificações. O método com tijolos cerâmicos furados (método convencional) ainda é um dos sistemas mais utilizados, no entanto, as construtoras vem buscando novas alternativas para se firmar no mercado obtendo maior lucro, utilização do drywall (parede de gesso acartonado), foi introduzida por volta da década de 1970 e nos meados do século XX foi iniciado um sistema para métodos pré-fabricados, assim veio se difundindo. O drywall é um produto pouco utilizado no Brasil, mas bastante difundido em países da Europa e América do Norte, enquanto que a alvenaria de tijolo cerâmico furado é bastante difundida no Brasil, devido à quantidade de material argiloso e mão de obra abundante. Um tema em bastante relevância na atualidade é a sustentabilidade. Com drywall, é possível se fazer a logística reversa e diminuir perdas e impacto ao meio ambiente. Este trabalho visa destacar se o sistema presente no mercado atual de fechamento interno em drywall é propício, financeiramente, para substituir o método convencional. O principal objetivo do trabalho visa destacar qual o método de vedação interna que tem o melhor custo-benefício quando comparados no orçamento do fechamento das paredes internas de um apartamento de 140m², situado na cidade de Maringá-PR. A comparação foi possível tendo em mãos as informações necessárias

para orçamento em drywall da construtora do empreendimento e para orçamento da vedação em tijolos furados foi possível tendo o contato com empreitas locais e TCPO.

Palavras-chave: Vedação vertical interna. *Drywall*. Alvenaria convencional. Custo-benefício.

ABSTRACT: In Brazil, currently, several construction companies seek, in technological innovations, qualitative and also productive improvement, thus imposing new challenges to conventional methods, whether of housing, structures or buildings. The method with drilled ceramic bricks (conventional method) is still one of the most used systems, however, the builders have been looking for new alternatives to establish themselves in the market obtaining greater profit, use of drywall (plasterboard wall), was introduced around the 1970s and in the mid-twentieth century was initiated a system for prefabricated methods, thus spreading. The drywall is a product little used in Brazil, but quite widespread in countries of Europe and North America, while the masonry of ceramic brick drilled is quite widespread in Brazil, due to the amount of clay material and abundant labor. A theme of great relevance today is sustainability. With drywall, it is possible to do reverse logistics and reduce losses and impact on the environment. This work aims to highlight whether the system present in the current market of internal closure in drywall is conducive, financially, to replace the conventional method. The main objective of the work aims to highlight which method of internal sealing has the best cost-benefit when compared in the budget of the closure of the internal walls of an apartment of 140m², located in the city of Maringá-PR. The comparison was possible with the necessary information for the drywall budget of the construction company and for the budget of the fence in bricks drilled was possible having contact with local enterprises and TCPO.

Key-words: Internal vertical sealing. Drywall. Conventional masonry. Cost benefit.

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil, no Brasil, atravessa um processo de desenvolvimento e mudanças em que a competitividade está cada vez mais acentuada, como afirma (BARROS, 1998). Neste contexto, busca-se a racionalização, a qualidade, a produtividade, bem como reduzir perdas e custos são medidas de vital importância.

Segundo SABBATINI (1997), o desenvolvimento deve ocorrer não só com a utilização de novos métodos e processos construtivos, novas técnicas e novos materiais, mas principalmente com o incremento progressivo do nível de organização da atividade de construção civil em todas as suas fases, do projeto ao uso do produto fabricado pela indústria.

A vedação das paredes internas de um edifício ou casa popular, tanto a de tijolos cerâmicos e de gesso acartonado (*Drywall*), tem o mesmo objetivo que é de separar os ambientes (vedar). Segundo SABBATINI (1997), a vedação interna pode ser também classificada quanto a sua capacidade de suporte, podendo ser classificadas em: Resistente, que além da função de compartimentação e divisão de ambientes internos, a vedação possui função estrutural, tendo como exemplo a alvenaria estrutural; Autoportante, que possui apenas a função de compartimentação, tendo como exemplo a alvenaria de vedação (tijolos furados) e a parede de gesso acartonado.

Segundo ABNT NBR 15575 (BRASIL, 2013), em que aponta e diz que em mesmo sem função estrutural, as vedações autoportante citadas pelo autor SABBATINI (1997), podem atuar como contraventamento de estruturas reticuladas, ou sofrer as ações decorrentes das deformações das estruturas, requerendo assim uma análise conjunta do desempenho dos elementos que interagem. Podem também interagir com demais componentes, elementos e sistemas da edificação, como caixilhos, esquadrias, estruturas, coberturas, pisos e instalações. As vedações verticais exercem ainda outras funções, como estanqueidade à água, isolamento térmica e acústica, capacidade de fixação de peças suspensas, capacidade de suporte a esforços de uso, compartimentação em casos de incêndio etc.

O sistema de vedações verticais é um dos sistemas que mais impacta economicamente uma obra, em razão de influenciar em questões de: retrabalho, perdas de recursos e riscos construtivos. Em razão da exigência do atendimento da ABNT NBR 15575 (BRASIL, 2013) pelas construtoras, há interesse por um sistema de paredes que

atenda a norma e que apresente o melhor custo-benefício.

Sabendo que, tanto o sistema de fechamento interno convencional de tijolos furados e de Drywall atende as normas e especificações citadas pela ABNT NBR 15575 (BRASIL, 2013) antes de abordar o principal objetivo, será referenciado uma introdução de cada sistema ressaltando, principalmente, o sistema de placas de gesso acartonado que até então ainda é uma novidade para construtoras atuais no Brasil.

As primeiras placas de gesso acartonado foram criadas pela empresa Gympsum em 1917, quando começaram a se tornar uma opção de elemento construtivo e se tornou popular nos Estados Unidos e na Europa na década de 1940, período pós-guerra em que havia sido limitado a quantidade de madeira (FLEURY, 2014). Ao longo dos anos, foi sendo aprimorada, principalmente, quanto à resistência ao fogo, durabilidade e força-peso, tornando-se útil não apenas para sua finalidade primária (SILVA, 2007).

No Brasil, a utilização do *drywall* foi iniciada por volta da década de 1970, mais precisamente no ano de 1972, com a chegada da primeira fábrica de produção de chapas de gesso acartonado, filial da Gympsum, que à época foi instalada em Petrolina, estado de Pernambuco. Nos meados do século XX iniciava-se no setor da construção civil um esforço para introdução de processos e métodos por sistemas pré-fabricados e vale destacar, inclusive, a construção de canteiros experimentais na década de 1980, onde eram empregados sistemas diversos, incluindo os sistemas mais leves de construção como o *drywall* (MITIDIÉRE, 2012).

A expressão *drywall* originada da língua inglesa significa “Parede Seca”, trata-se de uma técnica alternativa e competitiva à construção com alvenaria convencional amplamente e conservadoramente utilizada no mercado brasileiro. (MITIDIÉRI, 2012)

O projeto de execução do sistema *drywall* deve ser planejado antes mesmo da chegada do material ao canteiro de obras. Devem ser definidos parâmetros importantes para esse projeto, como por exemplo

os tipos de placas e as dimensões mais adequadas das placas que serão utilizadas, considerando, ainda, a espessura final da parede (NUNES, 2015).

A execução do *drywall* dar-se-á, basicamente, utilizando-se montantes, guias e gesso acartonado, no entanto, as chapas mais utilizadas são as de gesso acartonado standard, conforme citadas abaixo e são regulamentados pela norma ABNT NBR 14715 (BRASIL, 2001).

É importante mencionar que a matéria prima da placa de gesso é a gipsita, que misturada a aditivos e água resulta nas placas que são revestidas pelo papel cartão, formando um “sanduíche” de placa de gesso entre as folhas. Depois de endurecidas, as placas são cortadas ainda úmidas e levadas à forma, o que constitui placas secas que passam por um circuito de ar frio e tem por finalidade evitar a perda das propriedades do material. Só depois de todo esse processo as placas de gesso acartonado estão prontas e são empacotadas e estocadas (FLEURY, 2014).

As placas resistentes à umidade são constituídas por gesso e aditivos, como silicone ou fibras de celulose, e têm as duas superfícies cobertas por um cartão com hidrofugante, tratando-se de uma chapa de cor verde (FERGUSON, 1996).

As placas resistentes ao fogo, segundo FERGUSON (1996), possuem aditivo no gesso e fibras de vidro, que melhoram a resistência à tração e reduzem a absorção de água, além de conferirem maior resistência ao fogo à placa de gesso. De acordo com a ASTM (1995), as placas resistentes ao fogo devem apresentar resistência ao fogo durante uma hora, no caso das placas com espessura de 15 mm, e 45 minutos, para as placas com espessura de 12.5mm. Trata-se de uma chapa na cor rosa.

Para a montagem do sistema de *drywall*, obrigatoriamente, deve-se obedecer uma ordem de execução de sub processos, de forma que uma etapa só pode se iniciar após que a anterior tenha sido terminada e executada de forma correta. Essa forma de execução facilita a correção prévia de possíveis erros e evita que, posteriormente, tenha-se que

refazer todo o processo por conta de um erro cometido no primeiro sub-processo, por exemplo (NETO, 2017).

Portanto, o sistema *Drywall* constitui-se, basicamente, de chapas de gesso aparafusadas em perfis de aço galvanizados e as juntas entre as chapas de gesso são tratadas com fitas de papel e massa. Entretanto, pode haver também a necessidade de placas *OSB* (Oriented Strand Board – placa compensada de lascas de madeira) antes da fixação das placas de gesso para fins de reforços no sistema *Drywall* em razão de objetos que, por causa do formato e peso que devem suportar, requerem condições especiais de fixação. Exemplos: bancada de pia, armários, etc.

Segundo a ABNT NBR 15758 (BRASIL, 2009), deve ser mantido o espaçamento entre as guias, sendo em “T” ou em “L” para haver a junção das paredes e, posteriormente, a colocação da chapa de gesso. Para que seja fixado. Segundo a mesma norma, é aconselhado que seja feito com bucha, parafusos, ou pinos de aço, que serão fixados com pistola, específicos para o material. Cada parafuso pode ter no máximo 60 cm de espaçamento, tanto para guias superiores como inferiores.

Já os tijolos cerâmicos (alvenaria convencional) são um dos componentes básicos para execução da alvenaria segundo ABNT NBR 15270 (BRASIL, 2005), produzidos a partir da argila, são de coloração avermelhada e extrudados, ou seja, possuem ranhuras para facilitar a aderência com a argamassa e furos ao longo do seu comprimento. A ABNT NBR 15270 (BRASIL, 2005) especifica os requisitos dimensionais, propriedades físicas, mecânicas e visuais dos tijolos cerâmicos a serem utilizados em obras de alvenaria e estabelecem critérios para sua execução. Determina ainda que, os tijolos cerâmicos devem ser fabricados por conformação plástica de matéria prima argilosa, contendo ou não aditivos, queimado a temperaturas elevadas.

Ao erguer uma parede, segundo a ABNT NBR 13754 (BRASIL, 1996), várias etapas são necessárias, bem como a utilização de vários equipamentos e ferramentas. Também um bom planejamento logístico como distribuição e empilhamento dos tijolos, transporte e

preparo da argamassa para dar agilidade ao trabalho. Ao assentar os tijolos, é importante que a execução das paredes tenha assentamento diário a uma mesma altura para não sobrecarregar a estrutura de forma desbalanceada.

Na sequência, a ABNT NBR 13754 (BRASIL, 1996) conclui que após o assentamento dos tijolos a parede deverá ser chapiscada e rebocada. O chapisco tem função de formar uma camada rugosa na superfície do tijolo para receber o reboco, que tem função de impermeabilizante e a formação de uma camada lisa para receber acabamento, tais como tintas, texturas, cerâmica ou papel de parede. O reboco para paredes de fechamento interno tem em média 1,5 cm ou 15 mm. Quando as paredes são executadas sem prumo, alinhamento, esquadro ou a qualidade dos tijolos apresentam problemas, o reboco poderá ter de ser engrossado, o que aumenta o consumo de argamassa e, conseqüentemente, os custos.

Figura 1 – Parede em drywall x parede em alvenaria convencional



*figura ilustrativa de parede drywall e parede de alvenaria convencional de tijolos furados.

Fonte: Internet

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o presente trabalho foi realizado um orçamento em base da planta de um apartamento tipo, do Edifício Contemporaneum Prime Residence. Empreendimento de alto padrão, localizado na zona 7, Rua Marechal Deodoro, número 440, centro de Maringá-PR (Figura 2).

Figura 2 - Apartamento tipo – Edifício Contemporaneum prime residence



*Planta baixa humanizada, apartamento tipo, 140m².

Fonte: Escritório de administração da Construtora Elohim

Escolha da obra

O principal motivo de escolha da obra, é por ter acesso a informações como: Quantitativo para orçamento; Valores do orçamento original; Acesso a equipe de engenharia responsável; Contato direto com arquiteta responsável pelo projeto; Contato direto com empreita local responsável pela execução dos serviços e Paredes verticais internas já finalizadas a fim de ter um resultado final sobre a mesma.

Em fases preliminares de acabamento, as paredes internas foram feitas pela empresa de gesso (Gesso-teto) e administrada pela construtora Elohim, ambos localizado na cidade de Maringá, os valores do orçamento desta será a base para comparar com o sistema convencional no qual será usado a TCPO 2013 e valores de empreita local da região.

Materiais para vedação *Drywall*

Os principais materiais em ordem de execução são: Guias de 80 mm de largura fixados na horizontal na parte superior e inferior; Montante de 80 mm de largura fixados na vertical e a cada 60 cm; Placa compensada de lascas de madeira (OSB) quando necessário reforço na parede; Lã de vidro entre as montantes e placas; Placas de gesso standard, resistente ao fogo e a elevada umidade que são parafusadas nas montante e guias; Massa para *drywall* usada entre as placas de gesso juntamente com fitas para cobrir a cabeça dos parafusos, evitar fissuras e obter um melhor acabamento.

Todos os materiais foram calculados pela empreita (Gesso-teto) para a solicitação do orçamento total, as placas standard foram calculadas para ser utilizadas em áreas onde a umidade é mínima, as áreas que tem umidade mais elevada foram colocadas placas resistente a umidade, as placas resistente ao fogo são comumente utilizadas no revestimento de churrasqueira que não foram necessárias para o orçamento. Lã de vidro serve como isolante acústico e é utilizada entre o meio das placas formando um “sanduíche”. Os reforços OSB foram previstos para ser colocados nos lugares onde se encontra armários e bancadas. Por ser um empreendimento de alto padrão foi utilizado em maior quantidade, pelo contrário não teria necessidade. Montante e guias são necessários em toda divisória, é a “estrutura da parede”, posteriormente, as placas como “revestimento” para acabamento. (Figura 2).

Figura 2 – Guias e montantes da divisória da parede Drywall.

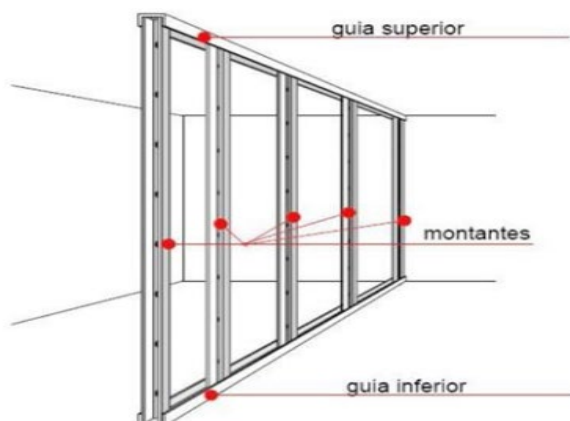


*Imagem ilustrativa das montantes e divisórias da parede Drywall

Fonte: Taniguti (1998).

Materiais para vedação convencional

Tijolo cerâmico 9x19x19; Cimento; Areia média; Cal hidratada.

Os materiais são comumente usados e empregados em qualquer residência, a massa (cimento, areia média, cal hidratada) usada para o assentamento, chapisco e por fim o reboco, todos com diferentes dosagens, assim, obtendo acabamento na vedação vertical.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para obter o valor do custo para fechamento em *Drywall*, precisou-se acesso aos orçamentos que constam no sistema da construtora para execução do edifício no qual foi permitido acesso pelo engenheiro responsável da obra. O valor médio para o fechamento em *Drywall* de um apartamento foi de R\$ 110,00 reais por metro quadrado e o total foi resultante da multiplicação do valor pela metragem das paredes internas do Apartamento (Tabela 1).

Tabela 1 – Valor total do fechamento *Drywall*

Descrição (MÃO DE OBRA + MATERIAL)	Quantidade	Und.	Valor Unit.	Valor total
Parede interna Drywall	123,2	m²	R\$ 110,00	R\$13.552,00

Valor total resultante da multiplicação do valor unitário pela metragem total.

Fonte: Escritório de administração, construtora Elohim.

Para compatibilizar o orçamento de alvenaria convencional com o de Drywall foi necessário consultar empreitas, valores comerciais locais e a TCPO para obter o custo dos materiais que são utilizados no assentamento por metro quadrado (Tabela 2).

Tabela 2 – Custo total do material detalhado para vedação vertical de tijolos cerâmicos.

Custo material para assentamento e reboco / M²	Quantidade	UND	Valor Mercado	UND Mercado	Sub. Total
Areia média	0,01647	M³	R\$ 78,00	M³	R\$ 1,28
Cal hidratado CH III	2,457	KG	R\$ 8,00	SC - 20KG	R\$ 0,98
Cimento CII E-32	2,457	KG	R\$ 22,00	SC - 50KG	R\$ 1,08
Bloco cerâmico furado 9X19X19	25,7	UND	R\$ 0,60	UND	R\$ 15,42
Areia média peneirada para reboco	0,0244	M³	R\$ 80,00	M³	R\$ 1,28
Cimento CII	3,64	KG	R\$ 22,00	SC - 50KG	R\$ 1,60
Cal hidratado	3,765	KG	R\$ 8,00	SC - 20KG	R\$ 1,51
TOTAL					R\$ 23,15

*Custo total dos materiais que são utilizados para o assentamento e reboco da alvenaria convencional.

Fonte: Valor comercial local e TCPO 2013

Assim, tendo o valor do custo dos materiais que são utilizados para vedação vertical convencional, precisou-se obter também o custo da mão de obra das empreitas locais para assentamento e reboco, com espessura de 20 mm (10 mm a cada face) da alvenaria convencional, para assim, obter o custo total (Tabela 3).

Tabela 3 - Valor resultante da mão de obra mais materiais.

Descrição (MÃO DE OBRA)	Quantidade	UND	Valor Unitário	TOTAL
Assentamento Divisória Alvenaria convencional com tijolos 9x19x19	123,2	m²	R\$ 37,00	R\$ 4.558,40
Reboco em alvenaria convencional com tijolo 9x19x19 (2 faces)	246,4	m²	R\$ 29,00	R\$ 7.145,60
Descrição (CUSTO MATERIAL)				
Assentamento e reboco	123,2	m²	R\$ 23,15	R\$ 2.852,08
TOTAL			R\$ 118,15	R\$ 14.556,08

*Tabela 3 – Valor total da mão de obra mais material para execução da alvenaria convencional de um apartamento com 123,2m² de parede interna.

Fonte: Valor comercial de empreita local e TCPO 2013.

Portanto, ainda existem as influências na mão de obra de hidráulica e elétrica que, ao consultar empreitas locais, a alvenaria convencional teria um aumento entorno de 20% a 40% a mais no valor da mão de obra, isso se dá pela mão de obra mais bruta, recorte da alvenaria por exemplo. Foi apresentado para orçamento um valor de 30% a mais para mão de obra em alvenaria convencional.

Ainda assim, pode-se comparar a geração de entulho, que se obtém nos dois métodos construtivos, e que foi possível comparando com um sobrado executado pela própria construtora Elohim, de alvenaria convencional com 220 m² e que a mesma gera 10 m³ de entulho. Tendo essa base, foi possível estimar que um apartamento de 140 m², desconsiderando as paredes externas, gera entorno de 5 m³ por apartamento, o volume de uma caçamba. Já os entulhos gerados pela parede em drywall de acordo com as informações da construtora foi entorno de 0,15 caçamba que nada mais é que 0,75 m³ de entulho por apartamento e os valores são de acordo com a destinação de resíduos da empresa local, R\$ 502.44 por caçamba de gesso e R\$ 200.00 por caçamba de resíduos em alvenaria.

Tabela 4 - Valor resultante das influências na mão de obra hidráulica, elétrica e resíduos.

Descrição influências na mão de obra e entulho	Valor drywall	Valor alvenaria convencional
Hidráulica	R\$ 2.070,90	R\$ 2.692,17
Elétrica	R\$ 4.150,00	R\$ 5.395,00
Entulho	R\$ 75,37	R\$ 200,00
TOTAL	R\$ 6.296,27	R\$ 8.287,17

*Tabela 4 – Valor total da mão de obra de hidráulica, elétrica e na geração de entulho em alvenaria convencional e *drywall*.

Fonte: Escritório de administração, construtora Elohim e valor comercial de empreita local.

Por fim, após calculados os valores de mão de obra, material e as influências de cada método construtivo, foi possível ter uma comparação mais detalhada, o resultado foi satisfatório quanto a execução no sistema drywall, tabela 5.

Tabela 5 – Valor final resultante de cada método construtivo.

Método construtivo	Valor total
Drywall	R\$ 19.848,27
Alvenaria convencional	R\$ 22.843,25

*Tabela 4 – Valor total final na execução de um apartamento com 123,2m² de parede interna.

Fonte: Administração construtora Elohim, valor comercial de empreita local e TCPO 2013.

Ainda assim, vale destacar que apesar dos dois sistemas serem orçados com mão de obra empreitada, o sistema de vedação convencional necessitaria de mais funcionários extras como por exemplo, servente para remoção de entulhos, um pedreiro para betoneira e, conseqüentemente, um servente para servir massa de assentamento e reboco para os pedreiros da empreita.

Pode-se, ainda assim, acrescentar que as vantagens da utilização da vedação interna em gesso acartonado em relação a vedações com tijolos cerâmicos são: Redução do volume de material transportado; Facilidade na execução das instalações evitando-se quebras na parede e, com isso diminuindo a geração de resíduos e retrabalho; Redução da mão de obra para a execução; Alta produtividade; Redução do peso sobre a estrutura já que o drywall possui densidade menor que uma parede com alvenaria convencional; Diminuição com custos de estrutura e fundação já que o peso próprio sobre a estrutura é menor; Flexibilidade de layout; Facilidade de execução em eventuais manutenções.

4. CONCLUSÃO

Após apresentado os valores orçamentários do custo em drywall e da vedação convencional em tijolos furados, obteve-se uma grande satisfação no método de execução em *drywall*. Diferença de R\$ 2.994,98 por apartamento, assim, levando em conta o custo-benefício, rapidez, flexibilidade, mobilidade que o mesmo oferece, conclui-se que o sistema de parede em gesso acartonado traz grandes vantagens quando comparado ao sistema convencional.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13.754- **Revestimento de Paredes Internas Com Placas Cerâmicas e Com Utilização de Argamassa Colante - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14715 – **Chapas de gesso acartonado - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270 – **Blocos cerâmicos de alvenaria para vedação**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15758-1: **Sistemas construtivos em chapas de gesso para *drywall* – Projetos e procedimentos executivos para montagem**. Parte 1: Requisitos para sistemas usados

como paredes. Rio de Janeiro, 2009

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). Edificações habitacionais — Desempenho - Parte 4: **Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas**, NBR 15575-4: 2013

ASTM - AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Specification for Gypsum Wallboard**, 1995.

BARROS, M.M.S.B. **O processo de produção das alvenarias racionalizadas**. In. Seminário Tecnologia e gestão na produção de edifícios: Vedações verticais. 1. anais. São Paulo. EPUSP. 1998.

FLEURY, L.E. **Análise das vedações verticais internas de drywall e alvenaria de blocos cerâmicos com estudo de caso comparativo**. 2014. 66f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Brasília, DF, 2014

FERGUSON, MYRON R. **Drywall: Professional Techniques for Walls & Ceilings**. United States of America, Tauton Books & Videos, 1996.

MITIDIERI, C.V. **Patologias de paredes drywall: formas de prevenção**. Seminário Patologias precoces de obra, São Paulo: IPT, 2012

NUNES, H.P. **ESTUDO DA APLICAÇÃO DO DRYWALL EM EDIFICAÇÃO VERTICAL**. 2015. 66f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, PR, 2015.

NETO, M.M.C.; SANTO, M.W.E; PIRES, L.G. **USO DE DRYWALL NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. UNITOLEDO, 2017.

SILVA, D.C.V. **Avaliação da satisfação dos usuários de edificações residenciais com vedação vertical em gesso acartonado**. 2007. 69f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, SC, 2007.

SABBATINI, FERNANDO H. **Tecnologia de produção de vedações verticais**. Notas de aula, 1997.

TCPO, **Tabela de composição de preços para orçamento**. São Paulo: PINI, 2013, tabelas 04211.8.2 pg.200 e 09705.8.2.36 pg.326.

24. CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO BORBA GATO (MARINGÁ- PR)

MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION OF THE RIBEIRÃO BORBA GATO HYDROGRAPHIC WATER BASIN (MARINGÁ-PR)



RODRIGO VASCONCELLOS
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

LOURIVAL DOMINGOS ZAMUNER
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

ORLANDO DONINI FILHO
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

RESUMO: O intuito deste trabalho foi proceder a caracterização física da bacia hidrográfica do córrego Borba Gato, no município de Maringá, Estado do Paraná, apontando dados para um manejo dos recursos hídricos desta bacia. Os resultados encontrados como fator de forma (0,345) e coeficiente de compacidade (1,24), permitem ter uma visão se a região tem tendências a enchentes. Para tanto, foi utilizado a bases cartográfica ITCG (2019), IBGE (2019), Google Maps, e o programa computacional Quantum Gis. Com os resultados obtidos permitem uma previa avaliação geral das características de relevo e da rede de drenagem da bacia.

PALAVRAS-CHAVE: Bacia Hidrográfica; Características Morfométricas; Córrego Borba Gato.

ABSTRACT: The purpose of this work was to proceed to the physical characterization of the Borba gato stream watershed, in Maringá municipality, Paraná State, aiming to provide data for the management

of the water resources of this basin. The results found as form factor (0.314) and compactness coefficient (1.24), give us an insight into whether the region has flood trends. For this, the cartographic bases ITCG (2019), IBGE (2019), Google Maps, and the computer program Quantum Gis were used. With the obtained results it allows an overview of the relief characteristics and the drainage network of the basin.

KEYWORDS: Hydrographic basin; Characteristics Morphometric; Córrego Borba Gato.

1. INTRODUÇÃO

Bacia hidrográfica é a unidade de análise no ciclo hidrológico, sendo este denominado por Righetto (1998), como o processo natural de evaporação, condensação, precipitação, retenção, escoamento superficial, infiltração, percolação da água no solo e nos aquíferos, escoamentos fluviais e interações entre esses componentes.

Analizando hidrologicamente, Barrella (2001) relata que bacia é uma área drenada por um curso de água principal e seus afluentes, no qual as águas precipitadas ou escoadas superficialmente gera os córregos e rios, ou infiltram no solo criando as nascentes e reservatórios de águas subterrâneas, como também alimentando o freático.

Agora, focando em sua parte terrestre, ela é definida como uma área delimitada por divisores topográficos, que circundam a área drenada por um canal ou sistema conectado de canais, sendo considerada como unidade territorial ideal para o planejamento integrado e manejo dos recursos naturais (POLITANO; PISSARA, 2003).

A bacia hidrográfica também pode ser considerada como um sistema físico, na qual, a entrada é o volume de água precipitada e a saída o volume de água escoado pelo exutório, considerando como perdas intermediárias, os volumes evaporados, transpirados e os infiltrados profundamente (TUCCI, 2005).

Por meio de uma rede de drenagem, formada por cursos de

água, faz convergir os escoamentos para a seção de exutório, seu único ponto de saída (LINSLEY; FRANZINI, 1978; SILVEIRA, 2003). A quantidade de água que atinge os cursos d'água depende do tamanho da área da bacia, precipitação total e seu regime, e das perdas devido à infiltração, evaporação e transpiração (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A legislação sobre recursos hídricos no Brasil iniciou-se através da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), pela Lei Federal nº 9.433/1997, no qual é definido bacia hidrográfica como um território de planejamento. Esta unidade de planejamento tem função indispensável para aspectos hidrológicos, desta forma, é necessário o conhecimento do uso e ocupação do solo, das características morfométricas, climáticas, pedológicas e geomorfológicas (ANA, 2019).

Já o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é a função de suas características morfológicas, ou seja, área, forma, topografia, geologia, solo, cobertura vegetal (LIMA, 2008). Estas características são utilizadas em análises hidrológicas ou ambientais, com finalidade de esclarecer questões ligadas ao entendimento ambiental local e regional (TEODORO *et al.*, 2007).

Com a caracterização morfológica é possível conhecer os potenciais naturais existentes na bacia, facilitando identificar as áreas de risco de ocupação, ambientes frágeis, impactos ambientais, interferência antrópica e a dinâmica da evolução natural da paisagem (BARBOSA e FURRIER, 2012). Portanto, a execução da análise morfológica visa detectar variações no meio, sendo elas antrópicas ou não (PISSARA *et al.* 2010).

O entendimento desse comportamento hidrológico é fundamental para o conhecimento da sua dinâmica interna, devendo sua análise partir do levantamento das suas características morfométricas. E suas propriedades físicas permitem uma avaliação do seu comportamento hidrológico, pois à medida que se estabelecem as relações e comparações entre os dados conhecidos é possível determinar de forma indireta diversos parâmetros (VILLELA e MATTOS, 1975).

A cidade de Maringá caracteriza-se como sendo uma área de

nascentes, com sua compartimentação de topo muito plana, do qual brotam vários córregos e ribeirões. Possuem comprimentos e vazões modestas, correndo no sentido divergente das duas vertentes (N-S), a partir do divisor de águas que tem sentido (E-W). O padrão de drenagem predominante é do tipo dendrítico, com orientação estrutural caracterizada pela orientação (N-S) dos cursos de água principais e (E-W) dos seus afluentes.

Conforme Silveira (2003), a cidade de Maringá tem uma área de aproximadamente 472 km², localizado na região noroeste do estado sobre o Terceiro Planalto Paranaense, entre os paralelos 23° 15' e 23° 34' de latitude sul e os meridianos 51° 50' e 52° 06' de longitude oeste. O município abrange terras das bacias do rio Pirapó e do rio Ivaí, estendendo-se sobre o espigão divisor de águas.

De acordo com Zamuner (2001), o substrato geológico da cidade é constituído por rochas vulcânicas da Formação Serra Geral, do período Jurássico Cretáceo. O autor afirma que, a intemperização dessas rochas gerou os Latossolos e a Terra Roxa Estruturada, atualmente denominada de Nitossolo, segundo a mais recente classificação da Embrapa (EMBRAPA, 2018). Os Nitossolos são solos férteis e profundos. Silveira (2003) afirma que nos topos dos principais divisores topográficos, predominam os Latossolos, logo, os nitossolos são os solos predominantes nos fundos de vales e de médias vertentes.

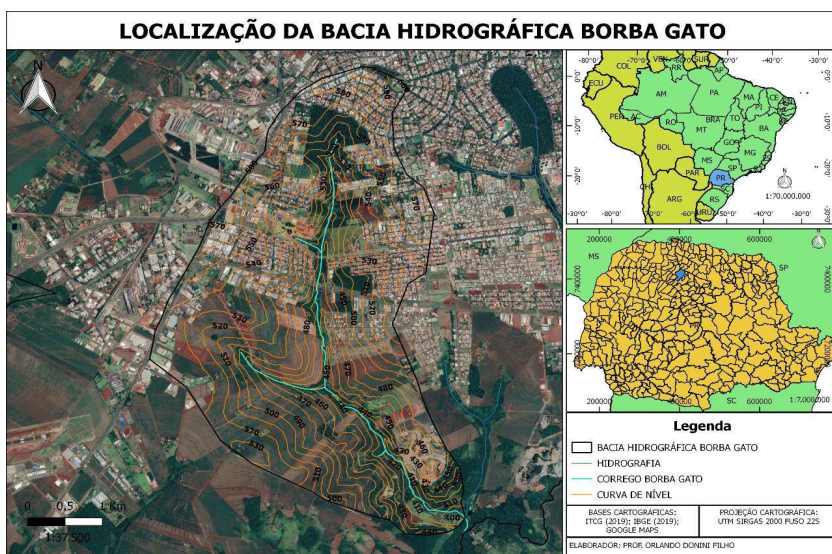
O relevo é basicamente formado de espigões longos, aplainados e levemente ondulados nos topos dos divisores topográficos, principalmente na área urbana. A partir das médias vertentes e nos fundos dos vales mais dissecados é que se encontra as superfícies mais onduladas (SILVEIRA, 2003).

A vegetação da Floresta Estacional Semidecidual que cobria a parte norte do Terceiro Planalto e seus vales fluviais é uma variação da mata pluvial tropical do litoral (BIGARELLA; MAZUCHOWSKI, 1985; VELOSO; GÓES FILHO, 1985 apud ZAMUNER, 2001). No interior da cidade existem algumas reservas dessa vegetação, sendo que uma delas é o Horto Florestal que possuem obras de urbanização no seu

interior, localizada dentro da bacia hidrográfica do ribeirão Borba Gato.

O Horto Florestal (Figura 1) se constitui em uma das maiores reservas ecológicas do município, preservando significantes espécies da flora e fauna, algumas em vias de extinção e ainda, como lazer contemplativo para a população. Está situado em anel central do perímetro urbano da cidade de Maringá, com área de 36,8 hectares, e mesmo devido a sua localização sendo de fácil acesso, o parque é fechado a visitação pública, e ainda, é dotado de infraestrutura mínima para atendimento à população, e o córrego Borba Gato possui suas nascentes no interior desta área florestada.

Figura 1 – Localização e morfologia da Bacia Hidrográfica do córrego Borba Gato



Fonte: o autor

Assim, o objetivo deste estudo foi analisar as características morfológicas da bacia hidrográfica do córrego Borba Gato, situado na área urbana de Maringá-PR, pertencente à bacia do rio Ivaí. Mais especificamente, objetivou-se descrever as características físicas dessa bacia e determinar a morfometria, como o coeficiente de compacidade

(K_c), fator de forma (K_f), densidade de drenagem (D_d), extensão média do escoamento superficial (l), sinuosidade do rio principal (S) e declividade média da bacia ($S1$) para essa área, dentre outras.

2. MATERIAL E MÉTODO

A área e outras características físicas da sub-bacia do córrego Borba Gato foram determinadas com o auxílio do Quantum Gis, software de Sistema de Informações geográficas.

As características morfométricas da área de estudo foram analisadas com base nos atributos a seguir:

Coefficiente de compacidade - O coeficiente de compacidade (K_c) é um valor adimensional que permite relacionar a forma da bacia com a forma de um círculo. Este coeficiente varia de zero a um, sendo que os valores mais próximos a unidade, apresentam uma forma irregular e os mais próximos a 0 (zero) uma forma circular com maior potencialidade de picos de enchentes (COLLISCHONN, 2013):

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}} \text{ Equação (1).}$$

Fator de Forma - O fator de forma (K_f) da bacia relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, levando em consideração a largura e o comprimento axial da bacia. A equação do fator de forma é adimensional e relaciona a área (A) em m^2 , com o comprimento (L) da bacia em m (TUCCI, 2005):

$$K_f = \frac{A}{L^2} \text{ Equação (2).}$$

Densidade de drenagem - A densidade de drenagem (D_d) consiste na relação do comprimento (L) total dos cursos de água, sendo eles intermitentes e perenes, de uma bacia hidrográfica, com a área (A)

(CARDOSO et al., 2006):

$$D_d = \frac{\sum L t}{A} \text{ Equação (3).}$$

Extensão média do escoamento superficial - A extensão média do escoamento superficial (I) pode ser determinada como a distância em linha reta do local em que a chuva caiu até o curso de água intermitente mais próximo (COLLISCHONN e DORNELLES, 2013):

$$I = \frac{A}{4 * L} \text{ Equação (4).}$$

Sendo:

A = a área da bacia hidrográfica em km²;

L = comprimento do curso de água (km);

Sinuosidade principal - A sinuosidade do rio principal (S) é um valor adimensional definido como a relação entre o comprimento do rio principal (L) e o comprimento de um talvegue (L_t) (TUCCI, 2005):

$$S = \frac{L_t}{L} \text{ Equação (5).}$$

Declividade média da bacia - A declividade média da bacia (S1) é obtida através da relação da diferença de altura do ponto mais alto com o mais baixo (ΔH) em metros, com a extensão horizontal do curso de água entre estes dois pontos (L) dado em km (COLLISCHONN e DORNELLES, 2013):

$$S1 = \frac{\Delta H}{L} = \frac{(Cota maior - Cota menor)}{L} = \frac{H1}{L} \text{ Equação (6).}$$

Índice de circularidade – O índice de circularidade (Ic) é a

relação entre área e perímetro da bacia, cujas bacias de forma circular tem valores próximo a 1, para bacias com formas mais alongadas valores menores que a unidade (CARDOSO et al., 2006):

$$lc = 12,57 * \frac{A}{P^2} \text{ Equação (7).}$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área da bacia é de 16,280 km² visto na Tabela 1, abaixo, caracteriza como sendo uma bacia pequena, ou seja, uma sub-bacia que alimenta uma bacia maior.

Tabela 1 – Características físicas da bacia do ribeirão Borga Gato

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	RESULTADOS
Área (A)	16,280 km ²
Perímetro (P)	17,881 km
Comprimento total dos canais (L _t)	8,717 km
Comprimento do rio principal (L)	6,862 km
Comprimento axial da bacia	7200 m
Altitude mínima na bacia (exutório)	390 m
Altitude da nascente do rio	535 m
Altitude máxima da bacia	600 m
Amplitude altimétrica (H1)	210 m
Declividade do rio principal	2,112%
Ordem da bacia	2 ^a .

Fonte: o autor

Quanto maior a área da bacia maior o volume escoado, como consequência, maior poderá ser o pico de enchente esperado, e o tempo de concentração, definido como o tempo a partir do início da chuva necessária para que toda a bacia contribua no exutório, e ela tem relação direta com a forma da bacia (VILLELA; MATTOS, 1975). Quanto mais estreita e comprida for a bacia, menor a possibilidade de uma

chuva intensa atingir toda a área no mesmo tempo, portanto, maior será o tempo de concentração, desta forma, a disposição para inundações é menor.

Tabela 2 – Características morfométricas da bacia do córrego Borga Gato

MORFOMETRIA	RESULTADOS
Coefficiente de compacidade (k_c)	1,24
Fator de forma (k_f)	0,345
Densidade de drenagem (D_d)	0,535 km/km ²
Extensão média do escoamento superficial (l)	0,593 km
Índice de sinuosidade (S)	1,270
Declividade média da bacia (S1)	30,603 m/km
Índice de Circularidade (I_c)	0,64

Fonte: o autor

Pela compacidade (K_c) pode-se observar que a bacia obteve um valor de 1,24, deste modo, podemos afirmar que ela apresenta baixa suscetibilidade a picos de escoamento superficial, considerando todos os outros fatores intervenientes constantes.

O valor do fator de forma (K_f) encontrado de 0,345, é **relativamente baixo** o que confirma sua forma alongada. Assim, Vilella e Matos (1975), discorre que esta bacia é menos sujeita a enchentes que outra bacia de igual tamanho, mas com fator de forma maior. Isso acontece, pois a bacia é estreita e longa, e o escoamento de precipitação na sua área não se concentra rapidamente.

Densidade de drenagem (D_d) em 0,535 km/km², e esta medida depende da litologia e do tipo de solo da bacia hidrográfica, sendo que quanto mais permeável a bacia, mais baixa é a densidade de drenagem, e quanto menos permeável, ou rasos, ou ainda que possuam rochas no subsolo menos porosas, a densidade de drenagem é mais alta.

Neste trabalho será utilizado os parâmetros descritos por (TUCCI, 2005) para a densidade de drenagem, sendo eles:

Baixa D_d : 5,0 km/km²;
Média D_d : 5,0 - 13,5 km/km²;
Alta D_d : 13,5 - 155,5 km/km²;
Muito alta D_d : > 155,5 km/km².

O índice de sinuosidade (S) do ribeirão em estudo foi de 1,270, e este valor indica que o córrego Borba Gato não existe sinuosidade. Valores de sinuosidade menor ou igual a 1,1, significa que o rio é retilíneo, estreito e profundo, e leito com depressões e soleiras. Se o valor for entre 1,1 e 1,5, significa um canal sinuoso com mudanças bruscas de direção. Os valores superiores a 1,5 correspondem a canais tortuosos (TUCCI, 2005).

A extensão média do escoamento superficial foi de 0,593 km, indicando que as gotas de chuva percorrem no máximo 593 m até chegar no sistema de drenagem.

A declividade média da bacia foi de 30,603 m/km, e este valor elevado indica uma declividade maior próxima as nascentes, mas na maior parte do seu percurso o canal apresenta uma declividade relativamente constante.

O índice de circularidade da bacia indica um valor de 0,640 que reflete em sua forma mais alongada, favorecendo um melhor escoamento das águas. Isso indica que a precipitação pluviométrica sobre a bacia hidrográfica se concentra em diferentes pontos, contribuindo para amenizar a influência da intensidade de chuvas.

4. CONCLUSÃO

A caracterização morfométrica das bacias hidrográficas é um dos estudos preliminares e de extrema importância em análises ambientais e hidrológicas de bacias hidrográficas, levando em conta que esta caracterização é capaz de dar suporte na avaliação do potencial hídrico da região.

As análises desenvolvidas, o levantamento e a interpretação dos

dados sobre as características físicas da bacia hidrográfica do córrego Borba Gato, utilizando-se de técnicas de obtenção de dados a partir do geoprocessamento, a utilização desse método facilita o entendimento de forma integrada dos processos hidrogeomorfológicos que ocorrem em uma bacia hidrográfica, embora ela apresente uma estruturação complexa.

Ao analisar as características morfométricas da bacia do córrego Borba Gato, como as suas cabeceiras de drenagem encontram-se em área florestada, verificou-se que, em condições naturais, apresenta baixa suscetibilidade a inundações, confirmada pelos valores de coeficiente de compacidade, coeficiente de forma, densidade de drenagem e índice de circularidade e ainda pelas características de declividade observadas.

5. REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Água, 2019. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/gestao-da-agua/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos>. Acesso em: 15 Mar. 2019.

BARRELLA, W. *et al.* **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes.** In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação.** 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BARBOSA, T. S.; FURRIER, M. **Avaliação Morfológica e Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Marés – PB, Para Verificação de Influência Neotectônica.** Cadernos de Geociências, v. 9, n. 2, 2012.

BRASIL. Decreto n. 9433, de 8 de jan. de 1997. **Política nacional de recursos hídricos**, Brasília, DF, jan 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em 11.08.2019.

BIGARELLA, J. J. & MAZUCHOWSKI, J. Z. **Visão integrada da problemática da erosão.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DA EROSÃO, 3,1985, Maringá. Anais, Maringá: ABGE-ADEA. 332 p.

CARDOSO, C.A. *et al.* **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan**, Nova Friburgo-RJ. *Árvore*, Viçosa, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

COLLISCHONH, W; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: Associação Brasileiras de recursos Hídricos (ABRH), 2013. 336 p.; Ilustrado.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação – Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018.

LIMA, M. I. C. **Análise de drenagem e seu significado geológico-Geomorfológico**. 3. ed. Belém/Pará, 2008.

LINSLEY, R. K. Jr. *et al.* **Hydrology for engineers**. 2ª ed. New York: McGraw – hill, 1975. (McGraw – hill Series in Water Resources and Environmental engineering).

PISSARRA, T.C.T. et al. **Morfometria de microbacias do córrego rico, afluente do Rio Mogi-Guaçu, estado de São Paulo, Brasil**. Revista Árvore, Viçosa, v. 34, n.4, p. 669-676, 2010.

POLITANO, W.; PISSARRA, T. C. T. **Relações entre características morfométricas quantitativas e estimativa da vazão em função da área em microbacias hidrográficas de 2ª ordem de magnitude**. Engenharia Agrícola, Sorocaba, v. 23, n. 1, p. 179-186, 2003.

RIGHETTO, A.M. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESC/USP, 1998.

SILVEIRA, L. M. **Análise rítmica dos tipos de tempo no norte do Paraná, aplicado ao clima local de Maringá – PR**. 2003. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2003.

STRAHLER, A.N. **Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology**. Trans. Amer. Geophys. Union, v. 38, pp. 913-920.

TEODORO, V. L. I.; TEXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. **O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local**. Revista Uniara, n.20, p.137-156, 2007.

TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 2005. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v.4).

VILELLA, S.M.; MATTOS, A. **A Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.

ZAMUNER, L. D. **Erosão urbana em Maringá/PR: o caso do Parque Florestal dos Pioneiros – Bosque II.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Maringá – UEM. Departamento de Geografia. Maringá, 2001.

25. GESTÃO DE PROJETOS UTILIZANDO BIM

PROJECT MANAGEMENT USING BIM



Taelis Barbosa

Centro Universitário Ingá - UNINGÁ

Shandy Alexandra Morassi

Centro Universitário Ingá - UNINGÁ

Bruno Eduardo Mazetto Domingos

Centro Universitário Ingá - UNINGÁ

RESUMO: É muito comum as pessoas se relacionarem com algo futuro como, por exemplo, uma viagem ou a compra de um imóvel. Esses são exemplos de projetos, que por sua vez é uma vontade, desejo ou intenção de realizar algo. O mercado atual vive a era da indústria 4.0 que permite que os processos de produção se tornem cada vez mais eficientes, autônomos e customizáveis, ou seja, há um aumento significativo na produção dos mais diversos tipos de projetos. Este fato impacta significativamente na construção civil, pois o profissional deve ser capaz de gerir de forma eficiente todos estes projetos, garantindo a eficácia dos processos, minimização de custos e tempo e ainda e a perfeita comunicação entre as áreas envolvidas para a realização do mesmo. A construção civil no Brasil ainda é muito carente de tecnologias que auxiliem na sua gestão. A falta de comunicação entre todos os agentes envolvidos em um empreendimento torna o trabalho sujeito a muitos erros, como por exemplo, a contraposição entre seguimentos de projetos. O presente artigo demonstra que a metodologia BIM pode além de auxiliar, otimizar os processos de gestão de projetos técnicos, em nível de estudo preliminar, por meio do *software* Revit, que é uma ferramenta BIM paramétrica que utiliza o conceito de interoperabilidade. Verificou-se que o desenvolvimento dos projetos de forma eficiente e de maneira integrada e colaborativa entre os profissionais, possibilita que possíveis falhas sejam minimizadas e corrigidas ainda nas etapas de projeto e que estas não se estendam até o canteiro de obras.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de Projetos. PMBOK. BIM.

ABSTRACT: It is very common for people to relate to something future, such as a trip or buying a property. These are examples of projects, which in turn is a desire, desire or intention to accomplish something. The current market lives the era of industry 4.0 which allows production processes to become increasingly efficient, autonomous and customizable, meaning that there is a significant increase in the production of various types of projects. This fact has a significant impact on the construction industry, as the professional must be able to efficiently manage all these projects, ensuring the effectiveness of the processes, minimizing costs and time and the perfect communication between the areas involved for its realization. Civil construction in Brazil is still very lacking in technologies that help in its management. The lack of communication between all agents involved in a project makes the work subject to many errors, such as the contrast between project segments. This paper demonstrates that the BIM methodology can, besides helping, optimize the technical project management processes, at preliminary study level, through Revit software, which is a parametric BIM tool that uses the concept of interoperability. It was found that the development of projects efficiently and in an integrated and collaborative manner among professionals, enables possible failures to be minimized and corrected even in the design stages and that they do not extend to the construction site.

KEYWORDS: *Project management.* PMBOK. BIM.

1. INTRODUÇÃO

Para que o conceito de gestão de projetos seja compreendido, primeiramente é necessário entender o que é um projeto. Um projeto é um esforço temporário e distinto de qualquer outra atividade repetitiva. Em outras palavras, é um empreendimento com resultado exclusivo a ser alcançado dentro de um prazo estabelecido (GESTÃO..., 2019)

Muitas empresas, principalmente as recém-formadas, sofrem diariamente com o fracasso de seus projetos. Um projeto é considerado um fracasso quando o mesmo não entrega o que era necessário, de acordo com as expectativas (JORGE, 2015).

Dito isto, a inserção da gestão de projetos nos escritórios de

arquitetura e engenharia é tão importante que já não se pode mais pensa-la como um processo recomendável e sim como uma estratégia assertiva de manter as empresas que buscam por meio do sucesso de seus trabalhos, a competitividade no mercado (KERZNER, 2016).

A construção civil no Brasil ainda é muito carente de tecnologias que auxiliem na sua gestão. A falta de comunicação entre todos os agentes envolvidos em um empreendimento torna o trabalho sujeito a muitos erros, como por exemplo, a incompatibilidade entre os projetos de distintas disciplinas.

Os proprietários não costumam investir em projetos elaborados. Na maioria das vezes buscam por um projeto mais econômico que em longo prazo inviabiliza o empreendimento, pois pode surgir a necessidade de adaptações durante a fase de execução e ainda problemas de ordem estrutural e funcional (VITÓRIO, 2003).

O gerenciamento inadequado das informações pode afetar a obra de diversas formas, como exemplo, com o surgimento de manifestações patológicas. Segundo Grandisk (2004), estudos mostram que 40% das patologias que são rotineiramente constatadas em perícias, poderiam ter sido evitadas na fase de planejamento e projeto. Essas falhas são graves, pois dificilmente são corrigidas no canteiro de obras.

Para Giandon (2019) atualmente se faz presente a era da indústria 4.0 que possibilita inovações como a internet das coisas, realidade virtual, possibilidade de tudo ser baseado em serviços e a nanotecnologia. Esta nova realidade exigirá que o profissional da engenharia tenha uma maior capacidade para tomada de decisões, para a execução da gestão de pessoas, riscos, prazos, dentre outros, pois a quantidades de projetos aumentará significativamente.

A gestão de projetos pode ser definida como um conjunto de práticas e competências utilizadas para planejar, executar, monitorar e controlar os projetos de uma organização, independentemente do tamanho ou da complexidade desses projetos, objetivando atender as necessidades dos clientes e conduzir o projeto sem falhas ou desvios (GIANDON, 2019).

Segundo Alberico (2018), na construção civil o gerenciamento de tempo, custo e qualidade, através do planejamento e do uso de mecanismos de controle, torna-se um importante aliado na obtenção do produto final desejado.

Montedo (2019) argumenta que “um gerenciamento de projetos eficiente tem como resultado um aumento da probabilidade de sucesso das atividades e na finalização dessas conforme prazos, custos e escopo planejados, bem como de acordo com a qualidade demandada”.

Os benefícios gerados por meio desta pratica são a redução de custos, a otimização do tempo, obtenção de resultados mais assertivos, maior controle de riscos, maior engajamento da equipe e maior satisfação dos clientes.

Um dos guias de boas práticas mais tradicional para a gestão de projetos é o Guia *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK), que atualmente se encontra na 6ª edição, e organiza o gerenciamento de projetos por áreas de conhecimento e grupos de processos. No que diz respeito às áreas do conhecimento, tem-se: os gerenciamentos do escopo, do cronograma, de custos, da qualidade, de recursos, da comunicação, de riscos, das aquisições, de partes interessadas e da integração, totalizando dez áreas do conhecimento. Os grupos de processos, são os que na prática serão executados. São eles: iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle e finalização.

Com os grupos de processos bem definidos, o que determina o ciclo de vida de um projeto, é possível observar as interações e desenvolvimento dos grupos de processos no decorrer da vida do projeto, os grupos de processos se relacionam de acordo com as suas: entradas (documentos, produtos e outros), ferramentas e técnicas (que se aplicam às entradas) e as saídas (documentos, produtos e outros). (HERREIRA, 2018).

Nesse sentido, o uso da metodologia BIM (*Building Information Modeling* - Modelagem da Informação da Construção) proporciona grande benefício para todos os envolvidos na construção

de um empreendimento, visto que permite um melhor planejamento dos processos construtivos.

Um projeto produz uma quantidade enorme de informação. E através do conceito BIM, toda essa informação pode ser gerenciada por meio de um modelo virtual. O conceito trata-se de uma tecnologia que permite criar digitalmente modelos virtuais precisos de uma construção, constituindo, portanto, um processo de criação integrado em todas as disciplinas e que abrange todo ciclo de vida da edificação, permitindo melhor análise e controle (PAULA; GOUVÊA; LORENZI, 2013).

Existe na metodologia BIM informações detalhadas de componentes que podem ser conectadas a outras aplicações, permitindo que construtores e empreendedores possam ganhar novas percepções (EASTMAN *et al.*, 2014).

Para Penttilä (2006), BIM é um modo de gerenciar a essência do projeto e dados da construção ou empreendimento em toda a abrangência do seu ciclo de vida no formato digital.

No modelo virtual uma parede apresenta muito mais do que apenas as informações volumétricas, que são largura, altura e espessura. São expressas também as informações de custo, área, volume, materiais gastos, dentre outros, que agregam valor ao projeto.

De acordo com Bezerra (2019) o BIM vem garantindo o seu espaço na área da construção civil como um novo método de desenvolvimento de projetos e de organização do trabalho. Esta metodologia possibilita uma melhor visualização dos projetos, detecção de interferências entre disciplinas, além de estabelecer novas formas de comunicação entre os profissionais envolvidos.

Quando implementado de maneira apropriada, o BIM apresenta o benefício de facilitar o processo de projeto e construção de forma integrada, resultando em construções de melhor qualidade com custo e prazo reduzidos. Além disto, permite uma avaliação mais cuidadosa do esquema proposto para determinar se ele cumpre os requisitos funcionais e de sustentabilidade da construção. Permite ainda correções automáticas de baixo nível quando mudanças são feitas no projeto e a

colaboração entre as disciplinas (EASTMAN *et al.*, 2014).

A modelagem paramétrica oferecida pela metodologia BIM tem por definição ser um processo de decisão e definição dos parâmetros necessários para uma especificação completa ou relevante de um modelo ou objeto geométrico. Para exemplificar, considerando um objeto como uma esfera e mudando alguns dados dessa esfera, ela muda, mas não perde o formato. Ainda que mude o material continua uma esfera (EASTMAN, 2014).

Com a possibilidade de parametrização, é possível facilitar a personalização de componentes, altera-los ao atualizar suas informações ao longo do desenvolvimento do projeto conforme a necessidade, aumentando assim a produtividade (COELHO; NOVAES, 2008).

Partindo do conceito de que nenhuma aplicação pode suportar sozinha todas as tarefas associadas ao projeto e a produção de uma construção, a interoperabilidade surge para representar a necessidade de passar dados entre aplicações, permitindo que múltiplos tipos de especialistas e aplicações contribuam para o trabalho em questão (BIM..., 2013).

Segundo Eastman (2014), a interoperabilidade permite que várias disciplinas e aplicações compartilhem informações objetivando o bem maior do projeto.

Por meio da interoperabilidade da metodologia BIM é possível a detecção de interferência entre as disciplinas. Este tipo de problema, se detectado somente na fase de execução, pode gerar transtornos como aumento de custos e mudança da distribuição de projetos gerando uma possível insatisfação do cliente que caracteriza o insucesso do projeto.

“O BIM possibilita a escolha de uma melhor estratégia de ação, beneficiando a gestão dos empreendimentos pelo fato de antecipar decisões que, provavelmente, seriam tomadas em um segundo momento” (SILVA, 2019).

O *software* Revit, ferramenta escolhida para realização deste trabalho, foi criado pela Autodesk e é uma plataforma BIM que permite analisar as fases preliminares do projeto, verificando a sua evolução

ao longo das etapas, além de abordar a documentação e apresentação do projeto. Seus pontos fundamentais são que, uma modificação na planta reflete em todas as vistas do projeto e vice-versa, a modelagem dos objetos é realizada por meio de parâmetros, cria-se desenhos de forma automática e os componentes são organizados em hierarquias (categoria, famílias, tipo e instancias).

O objetivo deste trabalho foi aplicar a gestão de projetos referente aos processos de iniciação e planejamento, sugeridos pelo guia PMBOK em conjunto com a metodologia BIM. Teve ainda como objetivos específicos: levantar as informações consideradas relevantes para elaboração das etapas de iniciação e de planejamento sugeridos pelo guia PMBOK para a gestão de um residencial com seis residências; verificar a aplicabilidade da metodologia BIM apresentada pelo *software* Revit como ferramenta de auxílio para o gerenciamento de projetos; apresentar os resultados da colaboração entre a metodologia BIM e a gestão de projetos.

Assim pressupõe-se que: I) com a aplicação da metodologia BIM as tarefas de gestão de projetos são otimizadas; II) os processos de acesso as informações permitirão quantificar, planejar e coordenar os dados de forma facilitada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para realização deste trabalho, utilizou-se uma pesquisa descritiva, que pode ser aplicada em qualquer área do conhecimento. De acordo com Gil (2008), vários estudos podem ser classificados sob este título e um de seus aspectos mais significativos está na utilização de coleta de dados, que poderá ser questionário, formulários e a observação sistemática.

Neste estudo, utilizou-se da abordagem quali-quantitativa, que Oliveira (2005) conceitua como um processo de reflexão e análise da realidade por meio de métodos e técnicas para entendimento detalhado

do objeto de pesquisa, em seu contexto histórico e/ou segundo sua estruturação. Defende ainda que o processo implica em revisão de literatura, relevante ao assunto abordado na pesquisa, observações e análise de dados, que deve ser exposta de forma descritiva.

Inicialmente fez-se um levantamento bibliográfico sobre gestão de projetos das etapas de iniciação e planejamento do guia PMBOK 6^a ed., como aporte para o levantamento das informações pertinentes ao gerenciamento de projetos de um residencial para idosos, bem como o funcionamento da metodologia BIM no *software* Revit.

O objeto de pesquisa foi um residencial para idosos com 6 residências, sendo cada uma com 71,05m² de área construída. O programa de necessidades é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Programa de necessidades

Espaço	Áreas (m²)	Característica
Sala/Cozinha	22.90	Integrada
Banheiro	5.42	Acessível
Quarto	15.77	Espaço para leitura
Garagem	19.52	Com lavanderia

Fonte: Os autores

Formulou-se então um questionário que resultou nas informações necessárias para a gestão dos grupos de processos de iniciação (o que é o projeto e quem são as partes interessadas?) e de planejamento (escopo, requisitos, EAP, cronograma, custos, qualidade, recursos, comunicação, riscos e aquisições) do guia PMBOK, que são os dois processos considerados pertinentes para a pesquisa. Construiu-se então, um modelo de residencial paramétrico no software *Revit*, na sua versão estudante 2019 da Autodesk.

Após a conclusão do modelo, aplicou-se o conceito de gerenciamento de projetos, dos grupos de iniciação e planejamento conforme o guia PMBOK, as informações fornecidas pela metodologia

BIM no *software* Revit.

Avaliaram-se os dados de forma quantitativa e qualitativa, aos quais resultaram em informações visuais e numéricas sobre dados de gestão de projetos fornecidos pelo programa *Revit* por meio da metodologia BIM.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção apresentar-se-ão as duas etapas da gestão de projetos que são pertinentes para este trabalho, a iniciação e planejamento e também as informações que podem ser coletadas no programa Revit por meio da metodologia BIM. Os dados que serão levantados para elaboração do plano de gerenciamento de projetos, serão complementados com os dados extraídos de um modelo virtual obtido por meio do programa Revit.

3.1 GESTÃO DE PROJETOS

Com relação ao processo de iniciação para a gestão de projetos, o guia PMBOK (2017) aborda dois conceitos que são: o que é o projeto e o que o mesmo vai fazer, e quais são as partes interessadas, que seriam todas as pessoas ou organizações que podem afetar ou podem ser afetadas pelo projeto tanto de forma positiva quanto de forma negativa.

Diante disto, tem-se que o projeto se trata da proposta de um residencial, com foco em idosos independentes de renda máxima de quatro salários mínimos, proposto por uma comunidade filantrópica anônima, com fins de que os idosos possam adquirir uma moradia segura e acessível as suas necessidades. As pessoas envolvidas nesse projeto serão os idosos, os familiares dos idosos, comunidade filantrópica anônima, os doadores e os fornecedores.

Ao que se refere a etapa de planejamento, inicialmente tem-se o gerenciamento do escopo, que especifica qual o trabalho precisa ser feito e como se pretende realizar este trabalho. Para isto é necessário

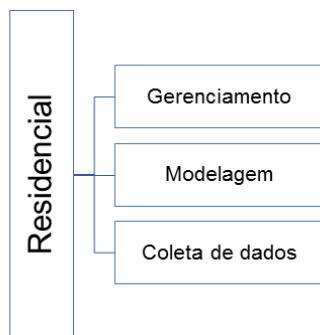
a especificação dos requisitos, que é o desejo e as vontades do cliente e a criação da EAP - estrutura analítica de projeto, que é a subdivisão hierárquica do trabalho do projeto em partes menores, mais facilmente gerenciáveis.

O escopo será restringido ao projeto técnico, em nível de estudo preliminar, gerado no *software* Revit e não apresentará os processos de execução, monitoramento e controle e finalização proposto pelo guia PMBOK para o completo gerenciamento de projetos.

Os requisitos para esse projeto são materiais de boa qualidade, porém com custo acessível, dentro de uma distribuição específica, sendo quarto, banheiro com acessibilidade, cozinha integrada com sala e a garagem. Além disto deverá ser bem ventilado e aproveitar a luz natural.

As etapas da Estrutura Analítica de Projetos (EAP) são apresentadas no Figura 1.

Figura 1 – Etapas da Estrutura Analítica de Projetos



Fonte: Os autores

Na fase de planejamento também se gerencia o custo e a qualidade. No que se refere ao custo, será gerenciado por meio de planilhas específicas para cada material e o desembolso será por doações. Caso as doações não atinjam o valor total necessário para a conclusão do residencial, haverá o rateamento entre os clientes de

acordo com a renda per capita.

Para que atenda aos requisitos de qualidade solicitados, o residencial deverá apresentar acabamento de boa qualidade, dentro de um custo acessível aos clientes, além de apresentar janelas grandes que permitam a entrada de luz e ventilação, portas com um tamanho mínimo de 0,80X2,10, banheiro acessível para cadeirantes, móveis com distribuição adequada e garagem privativa.

No gerenciamento das partes interessadas que também faz parte da fase de planejamento do guia PMBOK, tem-se as especificações no Quadro 1.

Quadro 1 – Comunicação com as partes interessadas

PARTE INTERESSADA	INFORMAÇÃO	MEIO DE COMUNICAÇÃO
Idoso	Etapas evolutivas	Reuniões
Familiares do Idoso	Vantagens e benefícios	Reuniões
Comunidade filantrópica anônima	Tomadas de decisões	Telefonemas, mensagens e reuniões
Doadores	Necessidades	Síde de doação
Fornecedores	Orçamentos	E-mail

Fonte: Os autores

Com relação a concretização do projeto será necessário a divulgação em prol de doadores comprometidos com a causa. Além disto, o residencial deve ser capaz de atender as exigências citadas, para que se obtenha a satisfação do cliente.

3.2 METODOLOGIA BIM

A versão estudante do *software Revit* 2019 da Autodesk foi adquirida para fins da iniciação da modelagem do residencial. Os critérios para a escolha deste *software* foi o fato de que o mesmo é

facilmente adquirido na sua versão gratuita para estudantes e ainda possui grande disponibilidade de conteúdos explicativos sobre a sua funcionalidade na internet.

A visualização 3D é muito útil para uma boa gestão do projeto, pois com esse recurso, o cliente consegue visualizar a obra final, podendo pensar em alterações que gostaria de fazer na obra. E isso é possível de ser feito antes de finalizar a obra, fato este que minimiza erros e desperdício de materiais e de tempo (EASTMAN *et al.*, 2014).

A modelagem também influencia na extração de dados. Esses dados devem ser gerados da melhor forma possível, pois podem se tratar por exemplo, de quantitativos, que por sua vez, que resultarão em orçamentos e cronogramas que devem coincidir com a realidade para que possa servir como base para a gestão do projeto.

Levando em consideração que as edificações se tratam de residências **térreas, foram necessários a criação de apenas dois níveis**, sendo eles, o nível térreo e o nível de cobertura.

Para modelagem topográfica do terreno, inseriu-se uma base de origem do *software Autocad* que possibilitou a especificação das curvas de nível do terreno e de seu entorno.

Objetivando o nivelamento perfeito do terreno, criou-se uma superfície plana, denominada de platô, dentro dos limites do mesmo. Outro platô, porém, desta vez inclinado, foi modelado para representar a calçada. Para uma melhor visualização da fachada do residencial, modelou-se também o logradouro (Figura 2A).

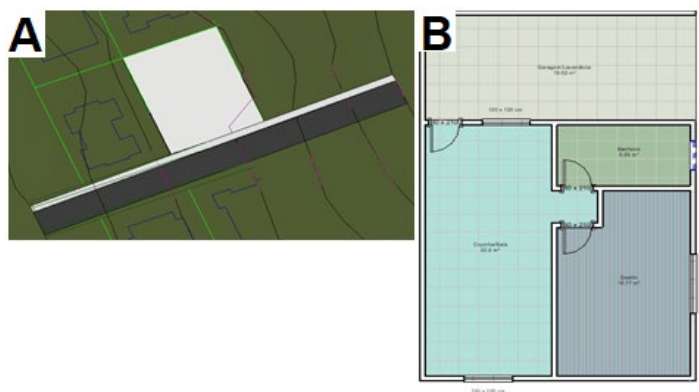
Após o planejamento da estrutura, as paredes, portas, janelas, pisos e ambientes foram modelados respeitando os requisitos solicitados pela comunidade filantrópica anônima (Figura 2B).

Todas as portas criadas para o projeto possuem tamanho de 0.80x2.10 devido ao fato de atenderem as normas de acessibilidade. Para modelagem das janelas, optou-se por modelos grandes que proporcionassem boa ventilação e aproveitamento de iluminação natural, para que com isso, possa contribuir nos aspectos econômicos e ambientais.

Optou-se por piso laminado no quarto, devido ao fato de oferecerem melhor conforto térmico e acústico. Entretanto nas áreas molhadas preferiu-se o piso cerâmico convencional, devido aos procedimentos de limpeza.

Para uma melhor visualização e compreensão do projeto, adicionou-se a cada cômodo um ambiente com suas respectivas áreas úteis e cores distintas para diferenciação

Figura 2 – A) Criação dos níveis, da topografia, dos platôs e do logradouro; B) Criação das paredes, das portas, das janelas, dos pisos e dos ambientes



Fonte: Os autores

Obteve-se a área total de uma residência, bem como a área total do térreo com o auxílio do *software Revit*. É importante ressaltar que o residencial possui seis residências, sendo necessário, portanto, que o valor da área do terreno seja multiplicado se houver interesse sobre o valor de metragem quadrada de todas as residências. Futuramente esta informação pode tornar-se necessária para aprovação na prefeitura e para registro em cartório (Figura 3A).

Figura 3 – A) Áreas totais; B) Distribuição do mobiliário

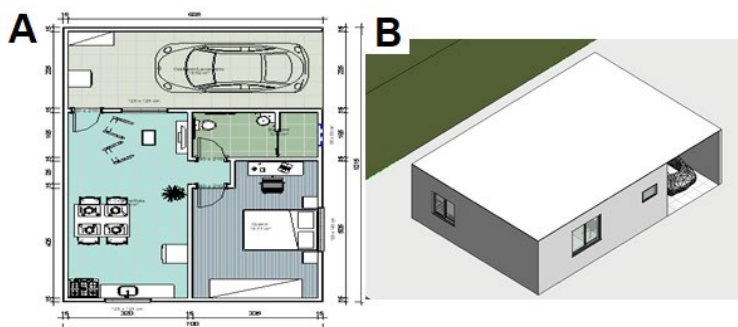


Fonte: Os autores

Com foco no conforto dos idosos, que serão os futuros moradores do residencial, pensou-se na melhor forma de distribuição do mobiliário. Para isto, foi realizado uma análise técnica do projeto a partir da modelagem. O resultado foi que a residência conta com peças acessíveis no banheiro, área para leitura/estudo, cozinha funcional integrada com sala aconchegante e ainda garagem coberta com área de serviço (Figura 3B).

Ao fazer o projeto arquitetônico, é de extrema importância pensar na planta técnica, pois esta permite a visualização das cotas e, caso necessário, apresentar também outros detalhes técnicos como nível e inclinação (Figura 4A).

Figura 4 – A) Planta Técnica; B) Modelagem do forro de gesso

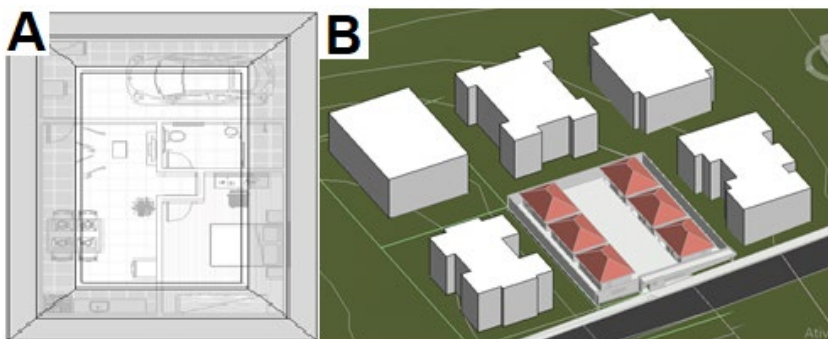


Fonte: Os autores

A modelagem começou a ganhar forma e passou do nível térreo para o nível de cobertura. Optou-se por forro de gesso em razão do refinamento, da fácil execução futura e principalmente devido ao fato de o material ser resistente e ser bom isolante (Figura 4B).

A estrutura tradicional de telha cerâmica foi a escolhida para este projeto, tendo o telhado, quatro águas com beiral de 70cm (Figura 5A).

Figura 5 – A) Modelagem da cobertura com telha cerâmica; B) Modelagem completa do residencial



Fonte: Os autores

Por meio das etapas e dos requisitos citados, pode-se concluir o modelo piloto da residência que possibilitou a completa edificação do residencial. Modelou-se então, muros ao redor do residencial e criou-se uma portaria que deverá funcionar 24 horas por dia com a finalidade de fornecer aos moradores segurança e tranquilidade. Para finalizar a etapa de modelagem realizou-se um estudo de volumetria ao redor do terreno residencial com fins de uma melhor visibilidade da vizinhança (Figura 5B).

Por fim, realizou-se o estudo de quantitativos e orçamentação. O *software Revit* fornece tabelas paramétricas que são geradas automaticamente após a solicitação dos comandos. Para fins de exemplificação das tabelas geradas pelo Revit para extração de

quantitativos, pode-se solicitar uma planilha de portas que especifique apenas o seu tipo e a sua quantidade ou uma planilha que solicite o custo e o local do projeto onde a família porta foi empregada ou ainda uma planilha mais complexa que englobe todas as informações das portas pertinentes para um determinado projeto.

As informações necessárias para alimentar as planilhas solicitadas **são criadas** em tempo real no momento em que a modelagem é realizada. É possível solicitar tabelas específicas com características diferentes, como por exemplo uma tabela de ambiente que fornece informações referente a nome do ambiente, área e nível (patamar) ou ainda um quadro de topografia fornecendo informações de áreas de superfícies (contabilizam as inclinações do terreno) e projetadas (Quadro 2).

Coelho e Novaes (2008) defendem que por meio da parametrização é viável a personalização de componentes, transformá-los ao atualizar suas informações decorrer do desenvolvimento do projeto atendendo a necessidade, aumentando assim a produtividade.

Quadro 2 - Quadro de topografia

QUADRO DE TOPOGRAFIA	
A	B
ÁREA DA SUPERFÍCIE	ÁREA PROJETADA
37,612.39m ²	37,551.81m ²
1,250.57m ²	1,250.57m ²
310.36m ²	310m ²
1,184.12m ²	1,182.71m ²

Fonte: Os autores

O *software* Revit permite também que o custo e a quantidade de um determinado material sejam fornecidos, como é o caso das planilhas de pisos (Quadro 3) e janelas (Quadro 4).

Quadro 3 - Quantitativo de piso

QUANTITATIVO DE PISOS				
A	B	C	D	E
TIPO	PATAMAR	ÁREA/m²	CUSTO/m²	CUSTO TOTAL
10 cm concreto	Térreo	11.96	165.00	1,973.35
15 cm cerâmico	Térreo	331.7	225.00	74,631.38
15 cm concreto	Cobertura	50.5	200.00	10,100.30
15 cm madeira laminada	Térreo	94.61	225.00	21,286.13
Total		488.76		107,991.15

Fonte: Os autores

Quadro 4 - Quadro de janelas

QUADRO DE JANELAS						
A	B	C	D	E	F	G
Tipo	Função	Largura	Altura	Altura Peitoril	Quantidade	Custo
J1	Janela de correr 2 folhas	120	120	100	12	7200.00
J7	Janela pivotante 1 folha	80	60	160	6	1800.00
J8	Janela de correr 2 folhas	160	140	100	6	3600.00
Total:24						12600.00

Fonte: Os autores

A metodologia BIM possibilita projetos que contém muito além do que apenas as informações volumétricas (largura, altura e espessura), pois expressam além dessas informações, o custo, o volume os materiais gastos, dentre outros. Esse diferencial agrega valor ao projeto (EASTMAN *et al.*, 2014). No quadro 5, é possível observar o quadro de paredes onde há três tipos de famílias diferentes, assim como o seu tipo, suas respectivas quantidades e custos.

Quadro 5 - Quadro de parede

QUADRO DE PAREDE			
A	B	C	D
Família	Tipo	Quantidade	Custo
Parede básica	15 cm	80	1600.00
Parede cortina	Portão	2	160.00
Parede cortina	Vidraça perfis verticais	1	80.00
Total:83			1840.00

Fonte: Os autores

Os dados fornecidos de forma paramétrica pelo *software* Revit são de extrema importância para a gestão, pois facilita o processo de extração de quantitativos e minimiza o tempo do profissional para o planejamento e desenvolvimento do projeto evitando retrabalhos.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que a metodologia BIM é uma ferramenta com grande potencial de aplicação para o gerenciamento de projetos, mesmo que envolva distintos *softwares* para a completa gestão. Por meio da análise dos resultados obtidos neste trabalho, verificou-se que foi possível a obtenção da maioria dos requisitos de gestão solicitados pelo guia PMBOK no que diz respeito aos processos de iniciação e planejamento.

Foi possível, por meio da gestão aplicada ao modelo BIM, esclarecer do que se tratava o projeto e quem eram as partes interessadas, além da identificação do escopo, dos requisitos, da EAP, dos custos, da qualidade, dos recursos materiais, da comunicação, dos riscos, que neste caso, foram avaliados como nulos, e também das aquisições.

No que se refere a fase de planejamento do ciclo de vida do projeto pode-se verificar que o gerenciamento do cronograma e o

gerenciamento de recursos humanos, sugeridos pelo guia PMBOK, não foram obtidos, devido às limitações do *software* Revit, o que confirma parcialmente a segunda hipótese de que os processos de acesso as informações permitiram quantificar, planejar e coordenar os dados de forma facilitada. Entretanto, a grande maioria desses gerenciamentos são possíveis por meio do *software* Naviswork, que é uma ferramenta BIM para planejamento, não abordada no estudo deste trabalho.

Tendo como base o fato de que o uso da metodologia BIM como ferramenta de gestão de projetos possibilita que os esforços de trabalho estejam concentrados, resultando em um gerenciamento eficaz e preciso e ainda em projetos otimizados que por sua vez confirmam a primeira hipótese de que com a aplicação da metodologia BIM as tarefas de gestão de projetos são otimizadas, pretende-se continuar com o desenvolvimento deste trabalho por meio de um mestrado em gestão de projetos, objetivando gerenciar completamente o projeto apresentado com o auxílio da metodologia BIM, utilizando para isto, os *softwares* necessários e também os processos de execução, monitoramento e controle e finalização sugeridos pelo guia PMBOK.

REFERÊNCIAS

ALBERICO, A. X. *et al.* Gerenciamento de projetos na construção civil: tempo, custo e qualidade. **Construindo**, v. 10, n. 2, p. 1-20, 2018. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/5034-19175-1-PB.pdf>. Acesso em: 8 abr. 2019.

BEZERRA, P. H. P. *et al.* Proposta de plano de execução Bim na empresa Júnior de engenharia civil da Universidade Federal do Paraná: uma alternativa para a introdução de Bim na formação universitária. **Revista Brasileira de Ciências Aplicadas**, v. 3, n. 2, p. 1136-1151, 2019. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1159-3090-1-PB.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2019.

BIM: o que é? Porto: FEUP: MIEC, 2013. Disponível em: https://paginas.fe.up.pt/~projfeup/bestof/12_13/files/REL_12MC08_01.PDF. Acesso em: 7 ago. 2019.

COELHO, S. S., NOVAES, C. C. **Modelagem de Informações para construção (BIM) e ambiente colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. 2008. Disponível em: http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gpacc/BIM/referencias/COELHO_2008.pdf Acesso em: 11 abr. 2019.

EASTMAN, C. *et al.* **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

GESTÃO de projetos. Joinville: EUAX Consulting, [201-]. Disponível em: <https://www.euax.com.br/conteudo/e-book-gestao-de-projetos-entenda-como-entregar-iniciativas-que-geram-mudancas-relevantes-ao-negocio/>. Acesso em: 7 ago. 2019.

GIANDON, A. C. **Planejamento e gestão da produção na construção civil**. (Apostila AVA). Maringá: UNINGÁ, 2019.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GRANDISCK, P. Olhar de perito. **Revista Técnica**, São Paulo, v. 87, n. 12, p. 24-26, jun. 2004. Disponível em: <http://technet17.pini.com.br/Engenhariacivil/87/artigo285316-1.aspx> Acesso em: 4 abr. 2019.

GUIA PMBOK. **Guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**. 6. ed. Atlanta: PMI, C2017. Disponível em: <http://baixadorlivre.blogspot.com/2017/12/guia-pmbok-6-edicao-em-portugues-2017.html> Acesso em: 8 abr. 2019.

HERRERA, F. J.; RODRIGUES, D. C. Gestão de projetos na construção civil. In: ETIC - ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, v. 14, n. 14, 2018. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/7294-67648742-1-PB.pdf> Acesso em: 10 abr. 2019.

JORGE, J. **Análise dos fatores responsáveis pelo sucesso ou pelo fracasso de um projeto**. 2015. Disponível em: <https://administradores.com.br/artigos/analise-dos-fatores-responsaveis-pelo-sucesso-ou-pelo-fracasso-de-um-projeto>. Acesso em: 7 ago. 2019.

KERZNER, H. **Gestão de Projetos: as melhores práticas**. Porto Alegre: Bookman, 2016. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=qZFRDQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=KERZNER+2016&ots=iS-yf2Pkqc&sig=k9tMpDmKs616P4ox6Fpggc717HU#v=onepage&q=KERZNER%202016&f=false> Acesso em: 10 abr. 2019.

MONTEDO, C. V. **A importância da gestão de projeto e sua flexibilidade**.

de no tempo da construção civil. Disponível em: https://www.riuni.unisul.br/bitstream/handle/12345/6922/Caroline_Montedo_artigofinal.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: 9 abr. 2019.

OLIVEIRA, M. M. de. **Como fazer pesquisa qualitativa.** Recife: Bagaço, 2005.

PAULA, F. A. de; GOUVÊA, L. B. de; LORENZI, P. C. **Análise de ferramentas de modelagem na elaboração de um modelo Bim 5d.** 2013. 69 p. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013. Disponível em: http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/2/2c/TCC_2013_Felipe_Alves_de_Paula_e_Leandro_Brito_de_Gouvea_e_Pedro_Caldas_Lorenzi.pdf. Acesso em: 7 ago. 2019.

PENTTILÄ, H. Describing the Changes in Architectural Information Technology to Understand Design Complexity and Free-Form Architectural Expression. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 11, special issue, p. 395-408, 2006. Disponível em: <https://www.itcon.org/paper/2006/29> Acesso em: 11 abr. 2019.

SILVA, E. N. Sinergia BIM - Lean Construction: Mudanças e Desafios para a Gestão de Empreendimentos. **Gestão e Gerenciamento**, v. 1, n. 5, 2019. Disponível em: <http://nppg.org.br/revistas/gestaoegerenciamento/article/view/208/122> Acesso em: 8 abr. 2019.

VITÓRIO, A. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia.** Recife: Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícia de Engenharia, 2003. Disponível em: http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Fundamentos_Patologia_Estruturas_Pericias_Engenharia.pdf. Acesso em: 4 abr. 2019.

26. COMPARATIVO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS PRÉ-MOLDADO DE CONCRETO E ALVENARIA CONVENCIONAL NA ETAPA DE VEDAÇÃO

COMPARATIVE BETWEEN CONCRETE PRE-FRAMED AND CONVENTIONAL MASONRY CONSTRUCTION SYSTEMS ON THE SEALING STAGE



THIAGO ALVES PEREIRA
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

PEDRO HENRIQUE TAVARES FERNANDES
Centro Universitário Ingá - UNINGÁ

RÔMULO MENCK ROMANICHEN
Centro Universitário Ingá - UNINGÁ

SHANDY ALEXANDRA MORASSI
Centro Universitário Ingá - UNINGÁ

RESUMO: Neste artigo, apresentou-se um estudo comparativo sobre a viabilidade econômica de dois métodos construtivos: a aplicação de alvenaria convencional e a utilização de estruturas pré-modulares de concreto na etapa de vedação da edificação. Métodos estes, em que quando observado o convencional, está a muito tempo inserido no mercado de trabalho, enquanto o mecanismo modular busca a sua inserção nos canteiros de obras por se apresentar como um método industrializado. Analisou-se ainda, a execução de dois galpões localizados na cidade de Maringá, Estado do Paraná de aproximadamente 400 metros quadrados. Nas duas obras observaram-se os seguintes pontos: tempo de execução, custos com materiais e mão de obra, despesas desnecessárias e planejamento e controle da edificação. Após a obter todos os dados, elaborou-se uma planilha orçamentária comparativa e assim, verificar o mais eficaz, analisando do ponto de vista econômico, ambiental e veloz. Para a observação, elaborou-se um protótipo semelhante às duas edificações comerciais que visou à realização do levantamento quantitativo. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade da aplicação de estruturas pré-moldadas no mercado da construção civil, comparando com o método construtivo de alvenaria convencional junto à etapa de vedação. Ainda,

objetivou-se analisar as aplicações das estruturas pré-moldadas e convencionais na indústria da construção na cidade de Maringá, Estado do Paraná, verificando a viabilização econômica das edificações. Os resultados obtidos permitiram concluir que a industrialização apresenta-se de maneira eficaz para a construção civil, visto que, a menor geração de resíduos, o menor tempo de execução e as vantagens econômicas presentes nos pré-modulares de concreto armado, fazem com que torne uma alternativa extremamente viável. Contudo, não se pode descartar a utilização do método convencional, visto que, o mesmo apresenta-se ainda em predominância para diversas áreas de atuação, além de, apresentar maior disponibilidade de mão de obra.

Palavras-chave: Alvenaria Convencional. Pré-fabricado. Vedação.

ABSTRACT: This article presents a comparative study on the economic viability of two construction methods: the application of conventional masonry and the use of concrete modular pre-framed structures in the sealing step of building. These methods, when conventionally observed, have long been inserted in the labor market, while the modular mechanism seeks its inclusion in the construction sites because it presents itself as an industrialized method. The execution of two warehouses located in the city of Maringá, Paraná was also analyzed, in which both warehouses had approximately 400 square meters. In both works the following points were observed: time of execution, materials and human labor costs, unnecessary expenses and planning and control of the building. After obtaining all the data, a comparative budget spreadsheet was prepared, and from the analysis of both methods it was possible to verify the most effective, analyzing from the economic, environmental and timing point of view. For the observation, a prototype similar to the two commercial buildings was elaborated aiming at the accomplishment of the quantitative survey. The results allowed us to conclude that industrialization is effective for civil construction, since the lower generation of waste, the shorter execution time and the economic advantages in concrete modular pre-framed structures make it possible to an extremely viable alternative. However, the use of the conventional method cannot be ruled out, since it is still predominant in several activity fields, besides having greater availability of human labor.

Keywords: Conventional Wall. Pre-molded. Seal.

1. INTRODUÇÃO

Não se faz surpresa para ninguém afirmar que o mercado nacional da construção civil apresenta-se como um grande impulsor do sistema econômico mundial, visto que, é um atrativo de investimento para fins residenciais e comerciais. Desde sempre, esta indústria se fez apta para solucionar problemáticas de desenvolvimento urbano, contribuindo para a evolução civil. Entretanto, o cenário da construção por alguns anos observou um único método construtivo se destacar perante outros mecanismos de edificação, deixando outros sistemas em segundo plano, fala-se da alvenaria convencional. Desta forma, permitiu ser taxada como uma construção defasada, com diversas falhas aparentes e pertinentes, visto que, não apresentavam evoluções e se prendiam a uma mesma técnica edificadora. A razão disso está no fato de ela apresentar, de uma maneira bem global, uma falha da produtividade, acarretando em um grande desperdício de materiais, morosidade e baixo controle de qualidade (DEBS, 2000).

Agora, passando por um período de transição junto a novas tecnologias, a indústria da construção iniciou uma nova postura, onde, visa-se gerir melhor os custos de edificações, investido em planejamento prévio para assim prever gastos, tempo de obra e poder prever e evitar possíveis contratempos que podem ocorrer durante o processo construtivo (GOMES, *et al*, 2018). Consequentemente, o mercado expandiu-se para novos métodos de edificação, possibilitando assim, que o investidor permita-se a escolher o mecanismo ideal para a construção de edifícios, levando em consideração custos, tempos, desperdícios e outros fatores.

A alvenaria convencional, ou alvenaria de vedação,

“é aquela destinada a dividir espaços e preencher vãos entre elementos estruturais de concreto armado. Ela não trabalha de maneira a suportar cargas verticais calculadas na estrutura e sendo assim, precisam servir de suporte apenas para seu peso e para as cargas de utilização do ambiente

ao qual está sendo empregada” (THOMAZ, *et al*, 2009, p. 7).

Contudo, o método tradicional faz com que aconteça muito desperdício de material, escassez de produções eficazes. Portanto, busca-se aumentar a produtividade, diminuir as perdas e atender a uma demanda crescente do mercado, de uma única vez, faz com que a indústria da construção civil busque novos métodos construtivos que substituam os métodos convencionais já empregados (FRASSON; BITENCOURT, 2017).

O emprego de novos métodos na construção no Brasil, como edifícios em estruturas pré-moldadas, estruturas fabricadas longe do canteiro de obras, não pode ser visto somente como um ponto positivo, mas também como uma medida necessária para o setor, decorrente da facilidade, agilidade e rapidez de montagem que o sistema proporciona (BERTON; VARGAS, 2015). Logo, as utilizações de elementos pré-moldados garantem uma série de vantagens que valorizam a indústria da construção civil. A utilização de pré-moldados está ligada também à racionalização, já que existe uma economia na utilização de materiais construtivos (SIRTOLI, 2015). Além de, minimizar os impactos junto ao meio ambiente, sabendo que, a construção civil é considerada uma das maiores geradoras de resíduos de todos os setores produtivos, causando grandes impactos ambientais, como a utilização de recursos naturais.

Assim, a racionalização e a industrialização caminham juntas. Ainda, “a aplicação de medidas racionalizadas aumenta o nível organizacional dos processos, que é à base da industrialização” (BRUMATTI, 2008, p.11). Assim, a industrialização da construção caracteriza-se como um processo evolutivo que, através de ações organizacionais e das implantações de mecanismos inovadores, métodos de trabalho, técnicas de planejamento e controle, onde objetiva-se incrementar a produtividade, além do nível de produção e aprimorar o desempenho da atividade construtiva (FRANCO, 1992).

Assim, “designam-se estruturas pré-moldadas todas aquelas que são moldadas fora do local de sua utilização definitiva e estruturas pré-fabricadas as que são moldadas em instalações industriais” (CHASTRE; LÚCIO, 2012, p. 4). A origem do pré-moldado ocorreu no período pós-guerra devido à escassez de mão-de-obra qualificada nos países europeus, e a necessidade de construção em larga escala. Uma das soluções encontradas foi deslocar o as operações que ocorriam no canteiro de obra para um ambiente industrializado, surgindo assim o pré-moldado dos elementos antes feitos nos canteiros de obras, com vistas a racionalizar os materiais, mão-de-obra e diminuir os custos e tempo de produção (VASCONCELLOS, 2002).

Nos sistemas de pré-moldados, as placas são fabricadas normalmente em indústrias especializadas, pois necessitam de formas próprias e mão de obra capacitada. Para a confecção de uma determinada medida de placa, são usadas formas normalmente de tamanho único, porém são adaptáveis para se confeccionar diversas medidas de placas.

Na confecção de uma placa de medida 6 metros de comprimento por 1,25 metros de altura e 0,08 metros de espessura, são utilizados 250 quilogramas de matérias tipo areia pedra e cimento. Antes de adicionar os materiais junto à fôrma, normalmente são usados produtos desmoldantes no interior da forma para facilitar a retirada da placa. Também são colocados no interior da forma junto com os materiais uma malha de aço de 5 milímetros e barras de ferro de 8 milímetros na horizontal e na vertical. Todo este processo é feito em um dia, logo depois, é feita à espera de um dia para a desforma visto que é utilizado um cimento de secagem rápida tipo, CPV-ARI.

Dito isto, conforme a construção civil era solicitada, o poder de suprir as necessidades habitacionais com finalidades residenciais ou comerciais atendidos de maneiras enérgicas, o que culminou no interesse de investimentos para o desenvolvimento urbano de grandes, médias e pequenas cidades. Contudo, por muito tempo a mão de obra e o sistema construtivo ficaram presos e reféns de um único método construtivo: o sistema de alvenaria convencional, que visto por alguns

como ineficaz e prejudicial.

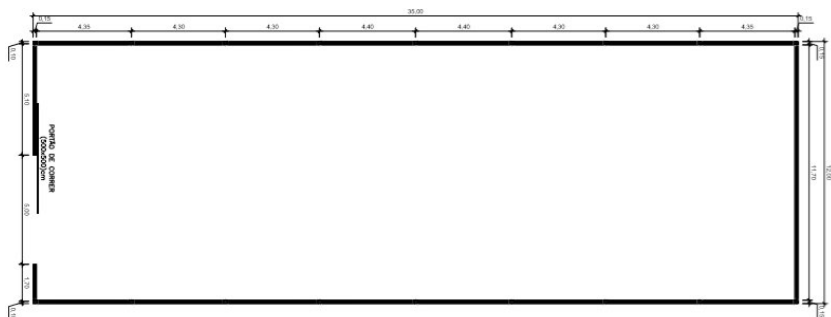
Entretanto, nos últimos tempos outros mecanismos construtivos ganharam proporções, fazendo com que os métodos construtivos sofressem uma espécie de evolução quanto à conscientização dos investidores. Fazendo assim, com que, estes novos mecanismos ganhassem espaços para suas aplicações. Hoje, muitas pessoas conhecem os novos métodos, contudo, não se sentem atraídos para experimentar estes, a não ser quando estas técnicas são viabilizadas. Assim, apresenta-se a proposta de comparação entre dois métodos construtivos: o de alvenaria convencional e o pré-moldado em concreto aplicando em edificações comerciais.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar a viabilidade da aplicação de estruturas pré-moldadas no mercado da construção civil, comparando com o método construtivo de alvenaria convencional junto à etapa de vedação. Ainda, objetivou-se analisar as aplicações das estruturas pré-moldadas e convencionais na indústria da construção na cidade de Maringá, Estado do Paraná, verificando a viabilização econômica das edificações.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo da viabilização dos métodos construtivos em alvenaria convencional e pré-moldado em concreto, produziu-se uma planta baixa conforme apresentado junto à Figura 1.

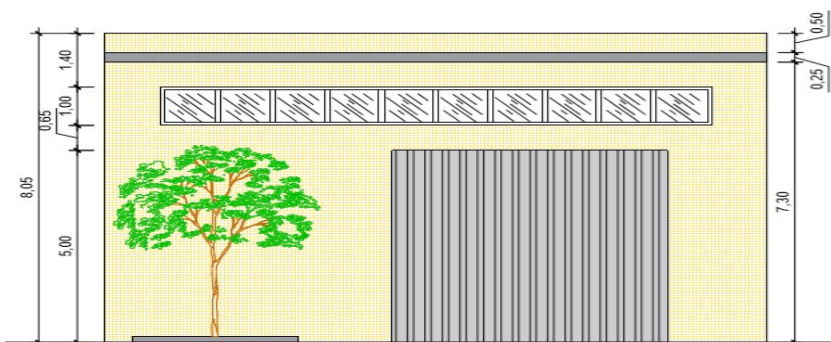
Figura 1 – Representação planta baixa da edificação comercial utilizada para o comparativo econômico.



Fonte: Os autores.

Ainda, elaborou-se uma elevação frontal, conforme apresentado na Figura 2, onde apresenta as medidas consideradas de altura do pavimento, sistema de cobertura e largura da edificação.

Figura 2 – Elevação frontal do barracão comercial utilizado para o comparativo econômico.



Fonte: Os autores.

Ambas as representações serviram para a elaboração de uma planilha orçamentária. Este projeto genérico apresenta uma área de 420 metros quadrados (12 metros de frente por 35 metros de profundidade) e estão diretamente relacionados ao acompanhamento de duas edificações

comerciais localizadas na cidade de Maringá, Estado do Paraná, onde uma apresentava-se em alvenaria convencional e a outra, em pré-moldados de concreto armado. Foi elaborada uma tabela evidenciando as vantagens e desvantagens de ambos os sistemas construtivos. Ainda, elencaram-se os itens presentes no Quadro 1, avaliando os mecanismos edificadores na etapa de vedação dos barracões.

Quadro 1 – Itens analisados no período de vedação dos barracões em ambos os métodos construtivos.

ITENS AVALIADOS NAS EDIFICAÇÕES
1. TEMPO DE EXECUÇÃO
2. DESPESAS COM MATERIAIS
3. DESPESAS COM MÃO DE OBRA
4. CUSTOS DESNECESSÁRIOS
5. PLANEJAMENTO E CONTROLE

Fonte: Os autores.

O protótipo genérico desenvolvido com base nas obras acompanhadas utilizou-se da ferramenta AutoCad versão estudantil do ano de 2017, desenvolvido pela empresa Autodesk. Nele, possibilitou a leitura das metragens presentes no barracão.

Ainda, elaborou-se o Quadro 2, informando os materiais que serão utilizados para a edificação do barracão em alvenaria convencional. Além dos materiais, considerou-se a mão de obra do profissional bem como seu ajudante na execução deste mecanismo.

Quadro 2 – Materiais utilizados para a vedação do sistema convencional.

MATERIAIS PARA ALVENARIA DE VEDAÇÃO
1. LAJOTAS 9x19x19 – 6 FUROS.
2. AREIA MÉDIA.
3. CIMENTO.
4. CAL HIDRATADA.
5. BRITA
6. AÇO CA-50 E CA-60.
7. FORMA DE MADEIRA
8. ANDAIME

Fonte: Os autores.

Para o sistema pré-moldado de concreto, realizou-se um orçamento junto à empresa Alfa, onde o serviço contratado referiu-se desde a execução dos elementos pré-moldados na empresa até a instalação destes no canteiro de obras. Assim, apresentou-se de inteira responsabilidade da empresa orçada, o transporte e descarga dos materiais e instalações das placas no barracão. As placas são confeccionadas na empresa que foi feito o orçamento.

Para este orçamento, consideraram-se as seguintes informações presentes na Tabela 1. Detalhes estes, entregues pela empresa Alfa.

Tabela 1 – Materiais utilizados para o sistema pré-modular.

MATERIAIS PRE-MODULAR DE CONCRETO ARMADO	
1.	PLACAS COMERCIALIZADAS POR METROS QUADRADO.
2.	ESPESSURA DA PLACA: 0,80 CENTÍMETROS.
3.	PLACAS TIPO 1: 4,25 METROS x 1,25 METROS.
4.	PLACAS TIPO 2: 4,40 METROS x 1,25 METROS.
5.	PLACAS TIPO 3: 4,35 METROS x 1,25 METROS.
6.	PLACAS TIPO 4: 5,90 METROS x 1,25 METROS.
7.	PLACAS TIPO 5: 5,90 METROS x 1,15 METROS.
8.	PLACAS TIPO 6: 5,90 METROS x 0,50 METROS.
9.	PLACAS TIPO 7: 5,10 METROS x 1,25 METROS.
10.	PLACAS TIPO 8: 1,70 METROS x 1,25 METROS.
11.	CONCRETO ADOTADO DE FCK 30 Mpa.
12.	CUSTO DE TRANSPORTE, GUINDASTES E INSTALAÇÃO INCLUSOS.

Fonte: Adaptado empresa Alfa (2019).

Para se concluir o projeto, executou-se um estudo comparativo entre os as obras por meio da ferramenta *Microsoft Excel*. Elaboraram-se planilhas orçamentárias baseadas na Tabela de Composição de Preços e Orçamentos – TCPO - edição 13, e orçamento de empresas contatadas, abordando todos os temas pertinentes, inclusive materiais e mão de obra. Para os valores referentes a materiais, utilizou-se de orçamento via telefone para elencar os valores de no mínimo três estabelecimentos comerciais, agora, quanto à mão de obra, utilizou-se de orçamento junto a empreiteiros com o intuito de alcançar um valor fixo por metro quadrado.

Após o levantamento do método mais eficaz, evidenciaram-se as causas da ineficácia e, a partir das mesmas, levantaram-se métodos e técnicas que possam melhorar o sistema menos vantajoso.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A princípio, elaborou-se um quadro orçamentário referente ao valor gasto para a realização da etapa de vedação pelo método da alvenaria convencional sem a consideração dos serviços de mão de obra. Este valor apresenta-se junto ao Tabela 2. Para esta etapa, considerou-se a alvenaria de vedação com blocos cerâmicos furados de 9x19x19

centímetros, juntas de assentamento de 12 milímetros com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar com traço de 1:2:8.

Tabela 2 – Valores gastos com materiais na obra convencional junto à vedação.

ITEM	SERVIÇOS	UNIDADE	CONSUMO	PREÇO/UND	TOTAL
ALVENARIA DE VEDAÇÃO (M²)					
1.1	AREIA LAVADA MÉDIA	M³	0,05124	R\$67,00	R\$3,43
1.2	CAL HIDRATADA	KG	7,644	R\$0,45	R\$3,44
	CIMENTO PORTLAND				
1.3	CPII-E-32	KG	7,644	R\$0,44	R\$3,36
1.4	BLOCO CERÂMICO 9x19x19	UND	51	R\$0,35	R\$17,85
VALOR POR METROS QUADRADO DA ALVENARIA (SEM MÃO DE OBRA)					R\$28,09
METRAGEM DE ALVENARIA DA EDIFICAÇÃO COMERCIAL (m²)					660,00
VALOR DA EDIFICAÇÃO COMERCIAL ETAPA ALVENARIA (S/ M.O.)					R\$18.536,92

Fonte: Os autores.

Ainda, para a realização posterior a esta vedação, cria-se a necessidade da realização da camada de chapisco, conforme apresentado na Tabela 3. Seguindo os mesmos critérios quando elaborada a Tabela 2, para esta representação, desconsidera-se a mão de obra, visto que, a mesma foi realizada por meio de uma empreita. Nesta etapa, considerou-se um chapisco para paredes internas e externas com argamassa de cal hidratada e areia peneirada com espessura igual a 5 milímetros e traço de 1:3.

Tabela 3 – Valores gastos com materiais para obra convencional etapa de chapisco sem mão de obra.

SERVIÇOS	UND	CONSUMO	PREÇO/UND	TOTAL
CHAPISCO (M²)				
2.1 AREIA LAVADA MÉDIA	M³	0,0061	67	R\$0,41
2.2 CIMENTO PORTLAND CPII-E-32	KG	2,43	0,45	R\$1,09
VALOR POR METROS QUADRADO DO CHAPISCO (SEM MÃO DE OBRA)				R\$1,50
METRAGEM DE CHAPISCO DA EDIFICAÇÃO COMERCIAL (m²)				1320,00
VALOR DA EDIFICAÇÃO COMERCIAL ETAPA CHAPISCO				R\$1.982,90

Fonte: Os autores.

Agora, após a execução do chapisco, apresentou-se a necessidade da realização da última camada dos revestimentos primários, no caso, o reboco conforme se apresenta na Tabela 4. Nesta fase, adota-se um reboco para paredes internas e externas com argamassa de cal hidratada e areia peneirada com uma espessura de 5 milímetros e traço de 1:3.

Tabela 4 – Valores gastos com materiais para obra convencional na etapa de reboco sem mão de obra.

ITEM	SERVIÇOS	UNIDADE	CONSUMO	PREÇO/UND	TOTAL
REBOCO (M ²)					
2.1	AREIA LAVADA MÉDIA	M ³	0,004675	67	R\$0,31
2.2	CAL HIDRATADA	KG	1,215	0,45	R\$0,55
VALOR POR METROS QUADRADO DO REBOCO (SEM MÃO DE OBRA)					R\$0,86
METRAGEM DE REBOCO DA EDIFICAÇÃO COMERCIAL (m ²)					1320,00
VALOR DA EDIFICAÇÃO COMERCIAL ETAPA RECOBO					R\$1.135,17

Fonte: Os autores.

Ainda, na etapa de alvenaria de vedação para que os blocos cerâmicos mantenham-se alinhados, com prumo e esquadro, é necessária a execução de vigas no formato de cintas a cada 2,5 metros com a intenção de travar a estrutura. Sem elas, certamente as paredes de blocos cerâmicos causariam um desabamento. Junto a Tabela 5, apresenta-se o orçamento para três vigas que serviram de apoio por todo o perímetro da edificação.

Tabela 5 – Viga de apoio para os blocos cerâmicos.

	UND.	QTDA.	PREÇOS UNITÁRIOS		PREÇO FINAL
			M.O	MAT.	
INFRAESTRUTURA (REALIZAÇÃO DE VIGAS TIPO CINTA PARA ALVENARIA CONVENCIONAL)					
Armaduras de aço CA-50	kg	450	R\$1,59	R\$7,61	R\$4.140,00
Armaduras de aço CA-60	kg	400	R\$1,59	R\$10,92	R\$5.004,00
Aplicação concreto	m³	8,5	R\$41,03	R\$7,15	R\$409,49
Concreto preparado in loco Controle A	m³	8,5	R\$36,00	R\$239,21	R\$2.339,29
Forma de madeira Fabricação	m²	40	R\$20,75	R\$34,15	R\$2.196,12
Forma de madeira Montagem	m²	40	R\$8,16	R\$1,65	R\$392,48
Forma de madeira desmontagem	m²	40	R\$3,50	R\$0,00	R\$140,00
TOTAL EXECUÇÃO VIGA ESTILO CINTA PARA ALVENARIA CONVENCIONAL					R\$14.621,38

Fonte: Os autores.

Os valores de mão de obra foram obtidos por meio de orçamento junto a empreiteiros, o valor acordado ficou estabelecido pelo metro quadrado, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Valor acordado junto à empreita para a mão de obra da alvenaria acrescida do chapisco e reboco.

ITEM	SERVIÇOS	UNIDADE	CONSUMO	PREÇO/UND	TOTAL
3	MÃO DE OBRA	M²	660,00	R\$150,00	R\$99.000,00

Fonte: Os autores.

Por fim, para a obtenção do valor final para a execução desta etapa de vedação, é necessária a junção dos valores finais apresentando junto aos quadros antecedentes. Para com isto, este resumo apresenta-se na Tabela 7.

Tabela 7 – Valores finais do sistema construtivo em alvenaria convencional.

Valores Das Edificações	
VALOR DA EDIFICAÇÃO COMERCIAL ETAPA ALVENARIA (S/ MÃO DE OBRA)	R\$18.536,92
VALOR DA EDIFICAÇÃO COMERCIAL ETAPA CHAPISCO (S/ MÃO DE OBRA)	R\$1.135,17
VALOR DA EDIFICAÇÃO COMERCIAL ETAPA REBOCO (S/ MÃO DE OBRA)	R\$1.982,90
VALOR TOTAL DA VIGA DE APOIO PARA OS BLOCOS CERÂMICOS	R\$ 14.621,38
VALOR DA EDIFICAÇÃO COMERCIAL MÃO DE OBRA	R\$99.000,00
VALOR TOTAL DA EDIFICAÇÃO (MATERIAL + MÃO DE OBRA)	R\$135.276,37

Fonte: Os autores.

Ainda, a partir da elaboração do orçamento junto à empresa Alfa, apresenta-se um resumo do orçamento elaborado pela mesma. Na Tabela 8, expõem-se os valores para a execução da etapa de alvenaria por meio de pré-moldados de concreto armado, levando em consideração que tanto a mão de obra da fabricação, quanto à instalação e descarga é de responsabilidade da empresa contatada.

Tabela 8 – Orçamento empresa alfa de pré-moldados com mão de obra inclusa.

EMPRESA ALFA			
MATERIAL PARA PRE MOLDADO	QUANTIDADE	PREÇO	TOTAL
PLACA TIPO T1 - 4,25 x 1,25 = 5,31 m ²	48	R\$796,50	R\$ 38.232,00
PLACA TIPO T2 - 4,40 x 1,25 = 5,50 m²	24	R\$825,00	R\$ 19.800,00
PLACA TIPO T3 - 4,35 x 1,25 = 5,44 m ²	24	R\$815,60	R\$ 19.574,40
PLACA TIPO T4 - 5,90 x 1,25 = 7,37 m²	12	R\$1.106,00	R\$ 13.272,00
PLACA TIPO T5 - 5,90 x 1,15 = 6,78 m ²	4	R\$1.017,00	R\$ 4.068,00
PLACA TIPO T6 - 5,90 x 0,50 = 2,95 m²	2	R\$442,00	R\$ 884,00
PLACA TIPO T7 - 5,10 x 1,25 = 6,37 m ²	4	R\$956,25	R\$ 3.825,00
PLACA TIPO T8 - 1,70 x 1,25 = 6,37 m²	4	R\$318,75	R\$ 1.275,00
VALOR TOTAL SISTEMA PRÉ-MOLDADO			R\$ 100.930,40

Fonte: Adaptado orçamento empresa alfa (2019).

Uma grande vantagem, é que este método executivo não apresenta a necessidade da execução de reboco, ganhando um bom e considerável tempo de execução.

As obras executadas em ambos os sistemas construtivos, apresentam-se com grandes diferenças quanto ao tempo de execução. Ambos os métodos tinham metragens quase idênticas, não iguais, visto que, existem pequenas diferenças nos métodos executivos, tais como, cintas de amarrações no sistema convencional devido o peso próprio do elemento, além de, outros pequenos detalhes de metragens. Contudo, observou-se que, as obras em alvenaria convencional alcançaram o triplo do prazo da execução do sistema industrializado. O serviço do sistema convencional elabora-se de maneira muito arcaica. Na Figura 3, nota-se as vigas que culminaram em um acréscimo considerável de tempo, além de metodologias que exigem tempos de cura, tais como as vigas, chapisco, reboco e sistemas ultrapassados que dificultam a execução, como o escoramento em madeira no beiral da fachada.

Figura 3 – Sistema construtivo em alvenaria convencional aplicada na construção de barrações comerciais.



Fonte: Os autores.

Neste comparativo, apresentaram-se nítidas algumas diferenças bem distintas entre ambos os mecanismos construtivos. Junto ao Quadro 3, apresenta-se as vantagens do sistema convencional para as edificações e dos pré-moldados junto aos edifícios.

Quadro 3 – Desvantagens presentes na edificação no mecanismo convencional e em pré-moldado.

ALVENARIA CONVENCIONAL	PRÉ-MOLDADO
Baixa produtividade durante a execução da edificação;	Limitação para futuras instalações;
Necessitam de chapisco, emboço e reboco;	Disponibilidades para locais mais distantes;
Maior tempo na execução do edifício;	Limitação arquitetônica;
Grande desperdício de materiais;	Instalações de parte hidráulica e elétrica expostas
Erros frequentes na execução (prumo, esquadro e reboco);	
Falhas nos canteiros de obras desorganizados, propiciando perda de tempo.	
Custos elevados para a construção.	

Fonte: Os autores.

Por outro lado, existem as vantagens dos sistemas edificadores expostas junto ao Quadro 4. Pontos estes, identificados positivos por meio de análises *in loco* e análises teóricas.

Quadro 4 – Vantagens dos mecanismos de edificação em alvenaria convencional e pré-moldado.

ALVENARIA CONVENCIONAL	PRÉ-MOLDADO
Flexibilidades construtivas na percepção do projeto arquitetônico;	Custo reduzido ao término da edificação;
Disponibilidade de materiais próxima à edificação;	Menor tempo para a realização da construção;
Facilidade na construção, visto que, é uma técnica há muito tempo no mercado;	Previsibilidade de custos;
Fácil acesso a mão de obra;	Menores desperdícios de materiais;
	Controle de qualidade superior ao da alvenaria convencional;
	Potencializa a gestão de obras;
	Flexibilidade na execução da obra;

Fonte: Os autores.

Ainda, nota-se uma diferença quanto ao planejamento e controle. As obras do sistema pré-moldado são rigorosamente controladas e, pelo fato de serem moldadas fora do canteiro de obra, como apresentado na Figura 4, não acumulam entulhos dentro do canteiro de obra, além de, trabalharem com uma rápida execução, demonstrando uma grande agilidade. Enquanto isto, a obra em alvenaria convencional, devido os procedimentos serem artesanais, faz com que exista uma falta de planejamento, pois, com uma má administração no canteiro de obras, os serviços podem ficar parados, visto que, dependem de outras etapas para sua continuidade.

Figura 4 – Montagem das placas pré-moldadas realizadas fora do canteiro de obra.



Fonte: Os autores.

Segundo Arnold Van Acker (2002), a forma mais efetiva de industrializar o setor da construção civil é transferir o trabalho realizado nos canteiros para fábricas permanentes e modernas. A produção numa fábrica possibilita processos de produção mais eficientes e racionais, trabalhadores especializados, repetição de tarefas, controle de qualidade, etc. Desta forma, os canteiros de obras elaborar-se-iam limpos, o que resultaria em obras mais sustentáveis e econômicas, visto que, não existiriam grandes desperdícios *in loco*. Contudo, esta viabilização

apresentou-se em forma de obra de grande porte, e, segundo Brumatti (2008), a construção civil partindo para a modulação e pré-fabricação dos mais variados elementos, nos leva a acreditar que em pouco tempo, as edificações de baixo e médio porte estarão aptas para receber as construções pré-moldadas em caráter econômico.

4. CONCLUSÃO

Ao realizar o acompanhamento, bem como a etapa orçamentária comparando, os dois sistemas construtivos, notou-se uma disparidade entre ambos, tanto do lado financeiro, quanto do lado de planejamento e gestão da obra. Os painéis pré-moldados em concreto armado, além de se apresentarem práticos, com maior agilidade na execução e custo inferior, atraem o interesse do investidor pelo motivo de que está ligada diretamente a industrialização, algo que aos poucos, ganham cada vez mais força dentro dos canteiros de obras devida o custo benefício. Mesmo com algumas desvantagens observa-se que, podem ser corrigidas ao longo do tempo, visto que, aos poucos, molda-se um potencial mecanismo. Por outro lado, o grande empecilho existente nas alvenarias convencionais é o fato de que necessita adequar-se a realidade do mercado e cada vez mais a escassez de mão de obra qualificada e capacitação para os novos trabalhadores que aparecem na área, além de novos atrativos, visto que, o interesse por este ramo de atividade está cada vez mais extinto.

O método em si, pode ainda continuar sendo utilizado em grande escala, contudo, alguns pontos devem ser solucionados, tais como o planejamento na execução, o controle dentro do canteiro de obras e a geração de resíduos sólidos e qualificação da mão de obra e atrativos na área para trazer novos trabalhadores, que juntos, depreciam um mecanismo construtivo que já impulsionou tanto a indústria da construção civil.

5. REFERÊNCIAS

ACKER, ARNOLD VAN. **Manual de sistemas de pré-fabricados de concreto**. FIP 2002, Tradução Marcelo Ferreira, ABCIC 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1985). **NBR 9062 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado**. São Paulo.

BERTON, Maurício Fortes; VARGAS, Alexandre. **ANÁLISE COMPARATIVA NO DIMENSIONAMENTO DE EDIFÍCIOS PRÉ-FABRICADOS EM CONCRETO ARMADO COM DIFERENTES SISTEMAS DE ENRIJECIMENTOS DA ESTRUTURA**. 2015. 22 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Unesc, Criciúma, 2015.

BRUMATTI, Dioni O. **USO DE PRÉ--MOLDADOS MOLDADOS MOLDADOS MOLDADOS - ESTUDO E ESTUDO E ESTUDO E ESTUDO E VIABILIDADE**. 2008. 54 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Vitória, 2008.

DEBS, Mounir K. El. **Concreto Pré-moldado: Fundamentos e Aplicações**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 441 p.

CHASTRE, Carlos; LÚCIO, Valter et al. **Estruturas pré-moldadas no mundo: aplicação e comportamento estrutural**. Rio de Janeiro: Parma, 2012. 320 p.

FRANCO, L.S. (1992). **Aplicação de diretrizes de racionalização construtiva para a evolução tecnológica dos processos construtivos em alvenaria estrutural não armada**. 319p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

FRASSON, Karine Crozeta; BITENCOURT, Marcos. **ANÁLISE COMPARATIVA DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS ALVENARIA CONVENCIONAL E LIGHT STEEL FRAME: UM ESTUDO DE CASO EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR**. 2017. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017.

GOMES, Jarbas Herinson Dias et al. **ANÁLISE COMPARATIVA DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE ALVENARIA CONVENCIONAL E SISTEMA CONSTRUTIVO DE ALVENARIA ESTRUTURAL EM UMA CASA TÉRREA EM TEÓFILO OTONI**. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro – Unipac*, Teófilo Otoni, v. 6925, n. 2178, p.128-144, dez. 2018.

SIRTOLI, Alex Sandro Couto. **INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL, SISTEMAS PRÉ-FABRICADOS DE CONCRETO E SUAS APLICAÇÕES**. 2015. 77 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Santa Maria, 2015.

THOMAZ, Ercioet al. Código de Práticas Nº 01: **Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos**. São Paulo: IPT, 2009. 65 p.

VASCONCELOS, A. C. (2002). **O Concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações**. Volume III. Studio Nobel. São Paulo.

27. O USO DO BIM NO DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PROJETO E NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

USE OF BIM IN INTEGRATED PROJECT DEVELOPMENT
AND PROJECT COMPATIBILITY



VITOR MARIANO BARBOSA
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

SHANDY ALEXANDRA MORASSI
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

BRUNO EDUARDO MAZETTO DOMINGOS
Centro Universitário Ingá - UNINGÁ

RESUMO: A compatibilização compreende a análise, verificação e correção de interferências físicas entre as diversas disciplinas que envolvem um projeto, ou seja, quando se faz a compatibilização de projetos, consegue-se uma verificação de erros de forma preliminar, diminuindo o risco do atraso do cronograma da obra por eventuais erros que poderiam ter sido evitados. Por meio do método IPD (*Integrated Project Delivery* – Entrega de Projeto Integrado), é possível poupar o trabalho de ter que fazer uma compatibilização depois dos projetos já prontos. Ao invés disso, os projetos são desenvolvidos de uma forma integrada, prevenindo erros e conflitos em fases mais preliminares, mas para isso é necessário que haja uma colaboração maior entre os integrantes da equipe de projeto. Como ferramenta determinante para o IPD ou a compatibilização acontecer, emprega-se o chamado BIM (*Building Information Modeling* – Modelagem da Informação da Construção), que consiste em uma plataforma de informações de todo o projeto, através do qual é possível modelar os projetos, de forma que haja integração entre as disciplinas. Nesta pesquisa foi realizada a modelagem e compatibilização de projetos previamente finalizados através da ferramenta BIM. Além disso, foi desenvolvido um projeto desde o início para que se aplicasse o método do IPD. Os resultados obtidos apontaram que os dois métodos (compatibilização e IPD) são satisfatórios quando o objetivo é enxergar as interferências antes que a obra comece. Porém, com o IPD é possível que as fases de projeto se desenvolvam de forma mais rápida e ainda assim ocorrendo uma compatibilização simultânea, prevenindo erros, ainda que isso não solucione totalmente os problemas encontrados em uma construção.

PALAVRA-CHAVE: Compatibilização. Projeto Integrado. BIM.

ABSTRACT: The compatibility comprises the analysis, verification and correction of physical interferences between the various disciplines that involve a project, that is, when the compatibility of projects is done, a preliminary verification of errors is achieved, reducing the risk of the work schedule being delayed due to possible errors. That could have been avoided if the compatibility method were apply. With the Integrated Project Delivery (IPD) method, the builders can avoid the problem of making a compatibility after the project has been completed, saving time. Instead, the projects are developed in an integrated manner, anticipating errors and conflicts at early stages, but this requires greater collaboration between the members of a project. As a determining tool for IPD or compatibility, the so-called Building Information Modeling (BIM) is employed, which consists of a platform with the information of the entire project and through this is possible to model projects with the integration between the disciplines. In this research have been used complete and ready projects to done the modeling and compatibility with the BIM tool. In addition, a project was developed from the beginning to apply the IPD method. The results obtained showed that both methods (compatibility and IPD) are satisfactory when the objective is to see the interferences before the work begins. However, with the IPD method it is possible for the phases of a project to develop more quickly and still occurring concurrent compatibility and anticipating errors, even if this does not fully solve the problems encountered in a construction.

KEYWORDS: Compatibility. Integrated Project. BIM.

1. INTRODUÇÃO

Existe uma grande necessidade no setor da construção civil de aperfeiçoar a elaboração dos projetos de edificações a fim de interagir com a execução no sentido de aperfeiçoar e agregar valor ao empreendimento como produto final. Em função disso, deve-se tratar o projeto como elemento fundamental na concepção de um empreendimento (SOUZA; BARROS; MELHADO, 1995).

Sendo assim, as fases de desenvolvimento de projeto, segundo a ABNT (1995), NBR 15531 podem ser classificadas da seguinte forma:

- Levantamento;
- Programa de necessidades;

- Estudo de viabilidade;
- Estudo preliminar;
- Anteprojeto;
- Projeto legal;
- Projeto básico;
- Projeto para execução.

Tratando mais especificamente sobre a compatibilização de projetos, ela pode ser definida como a análise, verificação e correção das interferências físicas entre as diferentes soluções de projeto de uma edificação. Sob este enfoque a compatibilização é parte da coordenação técnica de projeto (RODRÍGUEZ, 2005).

Segundo Gehbauer e Ortega (2006), a meta da compatibilização de projetos é gerenciar a informação de forma correta para a identificação preliminar de possíveis falhas.

Assim, Sousa (2010) afirma que a melhor abordagem para resolver com sucesso os problemas de fragmentação do subsetor de edificações, é a compatibilização de projetos, que reduz um dos principais problemas: as interferências físicas, perdas de funcionalidade e recursos decorrentes de incompatibilidades de projetos.

A compatibilização de projetos, segundo Mikaldo e Scheer (2008), é descrita como o gerenciamento de vários projetos e sistemas de um edifício de maneira que estes, por serem dependentes entre si, não se interfiram, criando soluções integradas entre as diversas áreas que tornam o empreendimento viável. Sendo assim, esse atributo deve ser válido e confiável desde o início dos estudos de caso do empreendimento até o início das atividades para ele destinadas.

Já para Graziano (2003), a compatibilidade de projetos é definida como atributo do projeto, cujos componentes dos sistemas ocupam espaços que não conflitam entre si e, além disso, que possuem dados compartilhados com consistência e confiabilidade até o final do processo de projeto e obra.

Rodríguez e Heineck (2001) entendem que a compatibilização deve acontecer desde os estudos preliminares até as verificações de

interferências geométricas. Sendo assim, a compatibilização fica mais fácil na medida em que é iniciada desde os estudos preliminares.

Seguindo esse conceito de compatibilização desde os estudos preliminares, tem-se um outro conceito: o de desenvolvimento de projetos integrados (IPD – *Integrated Project Delivery* – Entrega de Projeto Integrado), onde Succar (2009) entende que é um processo que integra pessoas, sistemas, estruturas e práticas de negócios em um processo colaborativo, que explora os talentos e ideias de todos os intervenientes para otimizar os resultados de projeto, aumentar o valor para o proprietário, reduzir o desperdício e maximizar a eficiência em todas as fases de projeto, fabricação e construção.

Dentre as características que definem o IPD, estão:

- Processos altamente colaborativos que abrangem a concessão, construção e entrega de projeto;
- Partilha da informação entre os participantes do projeto;
- O sucesso da equipe está ligado ao sucesso do projeto, com risco partilhado e recompensa;
- Valor baseado na tomada de decisão;
- Utilização completa da capacidade tecnológica e de apoio.

O projeto integrado distingue-se dos outros métodos pela integração de todos os intervenientes na sua concepção, de modo a utilizar a experiência e o conhecimento de cada um para adicionar valor ao projeto. A utilização de BIM (*Building Information Modeling* – Modelagem da Informação da Construção) é considerada e aplicada em muitas metodologias, mas associada ao IPD é muito recomendada e profundamente aproveitada (RIBEIRO, 2012).

Ao contrário do projeto convencional, a metodologia do projeto integrado requer que os membros trabalhem em conjunto nos momentos mais difíceis do projeto. Assim, é essencial que os membros tenham a capacidade de se adaptarem a uma nova forma de trabalho (RIBEIRO, 2012).

No IPD os grupos são feitos através de uma hierarquia mais rígida e controlada, diferente da forma tradicional de trabalho, onde os times

não trabalham tão em conjunto, sendo montados apenas para atender às necessidades específicas dos projetos. Além disso, no IPD as equipes são estimuladas a trabalhar em conjunto e com foco na colaboração e na coletividade, deixando de lado o peso hierárquico (MOBUSS CONSTRUÇÃO, 2017).

Sendo assim, o AIA (2007) define as funções de cada um no projeto da seguinte forma:

- Projetistas

O IPD depende muito de um processo de projeto extenso e abrangente que incorpore a entrada e o envolvimento de outros membros da equipe, incluindo construtores, durante a fase de projeto. Assim, o processo dos projetos assume importância adicional à medida que outros membros da equipe entendem como o projeto integrado funcionará e como ele será concluído. Como membro da equipe, o projetista está necessariamente envolvido na definição dos processos que serão aplicados ao projeto.

- Construtores

A natureza do escopo dos serviços dos construtores é afetada principalmente no IPD por seu envolvimento precoce no projeto e sua participação dentro da equipe integrada. Especificamente, o papel do construtor aumenta significativamente durante os estágios iniciais do projeto, no qual os construtores agora fornecem serviços estratégicos, como produção de cronograma, estimativa de custos, avaliação de sistemas, revisões de construtibilidade e programas de compra antecipada. No modelo tradicional, os construtores fornecem esse serviço posteriormente no cronograma.

- Proprietário

No IPD, o proprietário assume um papel substancialmente maior e mais ativo na avaliação e influência das opções de projeto. Além disso, o proprietário é convidado a participar no estabelecimento de métricas de projeto em um estágio anterior ao típico de um projeto tradicional. O proprietário também será chamado com mais frequência para ajudar a resolver os problemas que surgem no projeto. Como

membro do corpo decisório, o proprietário estará envolvido em mais detalhes relacionados ao projeto e precisará agir rapidamente a esse respeito para permitir que o projeto continue de forma eficiente.

No processo de IPD, ocorre uma redefinição das fases, dada por dois conceitos: a informação adicionada desde o início da concepção do projeto pelos vários intervenientes e a capacidade de o modelo simular e modelar o projeto de forma precisa pelas ferramentas BIM. Isso faz com que se tenha um nível de concepção de projeto muito maior antes da fase de documentação (RIBEIRO, 2012).

A respeito dos contratos, na forma tradicional, a maioria deles procura limitar as partes a quem as obrigações são devidas. Em contraste direto, o IPD prossegue sob a teoria de que os projetos funcionam de maneira mais fluida, onde todas as partes reconhecem formalmente o que existe na prática: que todo projeto de construção é uma rede de papéis, compromissos e promessas mútuas (AIA, 2007).

Um dos principais benefícios potenciais do IPD é a redução do tempo de construção devido ao planejamento extensivo e mudanças nos processos do projeto. Este benefício é um determinante comum na seleção de IPD como um processo preferido pelos proprietários. A capacidade de vincular o cronograma, a fase e o sequenciamento detalhado da construção durante o projeto proporcionará eficiência na aquisição de materiais (AIA, 2007).

Uma das formas de se evitar conflitos e divergências em relação ao projeto, é a integração. Com isso, quando se estimula processos de trabalho colaborativo e interdepartamental, cria-se um engajamento mais amplo de todos os envolvidos e ajuda no alinhamento de expectativas e conceitos entre o projeto e a execução da obra (MOBUSS CONSTRUÇÃO, 2017)

AIA (2007) ainda ressalta a importância de a equipe estar localizada em uma instalação conjunta, podendo assim facilitar a comunicação aberta e a cooperação. Quando isso não é possível, uma boa alternativa são as videoconferências de forma regular. Independentemente dos métodos empregados, é necessário estabelecer

uma equipe onde os participantes estejam dispostos e aptos a trabalhar juntos de forma eficaz e fornecer à equipe ferramentas e circunstâncias que facilitem o desempenho colaborativo.

Tanto a compatibilização quanto o IPD, necessitam de um conceito chamado BIM. Tse, Wong e Wong (2005) dissertam que é mais do que um modelo para visualização do espaço projetado, é um modelo digital composto por um banco de dados que permite agregar informações para diversas finalidades, gerando aumento de produtividade e racionalização do processo.

Catelani (2016) define o que é o BIM de três maneiras:

- É um conjunto de políticas, processos e tecnologias que, combinados, geram uma metodologia para gerenciar o processo de projetar uma edificação ou instalação e ensaiar seu desempenho, gerenciar as suas informações e dados, utilizando plataformas digitais (baseadas em objetos virtuais), através de todo seu ciclo de vida.
- Processo progressivo que possibilita a modelagem, o armazenamento, a troca, a consolidação e o fácil acesso aos vários grupos de informações sobre uma edificação ou instalação que se deseja construir, usar e manter.
- Plataforma da tecnologia da informação aplicada à construção civil e materializada em novas ferramentas (softwares), que oferecem novas funcionalidades e que, a partir da modelagem dos dados do projeto e da especificação de uma edificação ou instalação, possibilitam que os processos atuais, baseados apenas em documentos, sejam realizados de outras maneiras (baseados em modelos) muito mais eficazes.

Para Moreira (2017), a metodologia BIM permite integração de conhecimentos diferentes num estágio do ciclo de vida do projeto onde as contribuições têm alto valor transformador, num baixo custo vinculado à mudança. Ainda segundo o autor, essa conexão é mais poderosa que nos métodos CAD, especialmente porque traz incremento para velocidade

na formação de cenários. Num intervalo de tempo menor, com maior eficiência no tratamento das informações, o efeito de uma escolha é estendido a um número maior de percepções, sendo possível concentrar mais conhecimento e melhorar a avaliação da elasticidade de variáveis. As envoltórias das viabilidades técnica, econômica e financeira são aproximadas e a gestão do risco é fortalecida.

Com o BIM é possível aumentar a produtividade, grande entrave do setor. No entanto, a disseminação da ferramenta nos canteiros ainda é um desafio no país. Há uma grande resistência para migrar a concepção de projetos em ferramentas de duas dimensões para a concepção do modelo tridimensional, parametrizado, permitindo a extração de informações fundamentais para construção, além de permitir o planejamento de fases da construção coordenadas. Para alcançar esse objetivo, a coordenação de projetos integrados deve romper com o método tradicional de projetar e os projetistas devem trabalhar a integração nas etapas iniciais de concepção (BOMFIM; LISBOA; MATOS, 2016).

Dentre os benefícios do BIM, Crespo e Ruschel (2007) descrevem que o benefício chave do modelo BIM deriva da habilidade de partilhar um único modelo digital integrado, consistente, capaz de suportar todos os aspectos no ciclo de vida do projeto da construção.

Facilitar o trabalho simultâneo de múltiplas disciplinas é uma das características da tecnologia BIM, fazendo com que o controle de modificações seja bem gerenciado. Isso abrevia o tempo de projeto e reduz significativamente os erros e omissões (EASTMAN *et al.*, 2014).

Uma das vantagens de se utilizar o BIM, é a descoberta de erros de projeto e a eliminação dos mesmos antes da construção. Sendo assim, os projetos de todas as disciplinas podem ser colocados juntos e comparados, verificando assim, interferências entre eles (EASTMAN *et al.*, 2014).

O impacto de uma mudança sugerida no projeto pode ser introduzido no modelo da construção e as modificações em outros objetos no projeto serão atualizadas automaticamente. Algumas

atualizações serão feitas com base nas regras paramétricas estabelecidas. Atualizações adicionais em outros sistemas podem ser verificadas e feitas visualmente. As consequências de uma modificação podem ser refletidas com precisão no modelo e em todas as vistas subsequentes. Além disso, modificações de projeto podem ser resolvidas com mais rapidez em um sistema BIM, porque podem ser compartilhadas, visualizadas, estimadas e resolvidas sem o uso de transações demoradas feitas em papel. Atualizar dessa forma é extremamente propenso a erros em sistemas baseados em papel (EASTMAN *et al.*, 2014).

Os softwares que utilizam o BIM são capazes de fazer o *clash detective*, que nada mais é que localizar automaticamente as interferências entre os objetos que compõem um modelo. Através disso são gerados relatórios de interferências que podem ser extraídos automaticamente e compartilhados com as equipes responsáveis por cada uma das diferentes disciplinas (CATELANI, 2016).

A utilização da ferramenta *clash detective* pode ajudar a reduzir o risco de erro humano durante as inspeções do modelo. Além disso, pode ser usado como uma checagem para um trabalho de projeto completo, ou ainda como uma verificação de revisão do projeto (AUTODESK, 2018).

As interferências podem ser classificadas como leves, moderadas ou críticas. Sendo que, para Catelani (2016), interferências leves são as de fácil solução, como por exemplo, quando uma tubulação de pequeno diâmetro interfere em outra também de pequeno diâmetro. Ao contrário, interferências críticas são aquelas não tão fáceis de se resolver, a exemplo de uma tubulação de grande diâmetro interferir com um componente de estrutura (pilar ou viga estrutural).

Assim, o objetivo deste trabalho foi aplicar o BIM no desenvolvimento integrado de projetos e na compatibilização de projetos já prontos de uma habitação de interesse social. Mais especificamente objetivou-se a identificação das incompatibilidades dos projetos entre si, o impacto que isso causaria na execução, e a comparação do método de desenvolvimento integrado de projetos, do método de compatibilização

e do método comum.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Para elaboração deste artigo, foram empregados profissionais terceirizados que contribuíram com a elaboração dos projetos arquitetônico e complementares.

Como ferramentas para o processo, foram utilizadas:

- Ferramenta computacional de modelagem, simulação de sistemas e interação de projetos: Revit® (AUTODESK, 2018);
- Ferramenta computacional de análise de design 3D: Navisworks Manage® (AUTODESK, 2018).

Foi feita a escolha de um projeto arquitetônico e complementares já prontos de uma habitação de interesse social. Depois foi desenvolvido um novo projeto, mas de forma integrada (IPD) desde a sua concepção.

Os projetos já prontos primeiro foram modelados no programa Revit®, depois foi realizada uma verificação de incompatibilidades entre os projetos, através do programa Navisworks®, que alertou e emitiu um relatório de interferências (*clash detective*), mostrando assim os impactos que essas interferências teriam na execução da construção.

Em segundo plano, foi desenvolvido um projeto de forma integrada desde a sua concepção, sendo assim, buscou-se evitar desde o início problemas de interferência (incompatibilidades). Para isso, foi utilizado o programa Revit® para modelagem dos projetos.

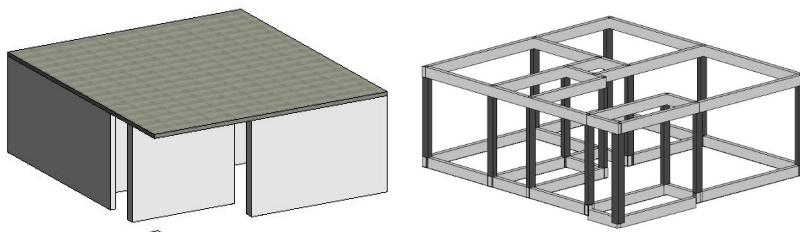
Depois de desenvolvidos os dois métodos (compatibilização e forma integrada), fez-se a comparação entre eles e também da não utilização dos mesmos, trazendo os impactos na construção real.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base em projetos já prontos, a Figura 1 mostra o resultado da modelagem do projeto arquitetônico (sem telhado) e do projeto

estrutural, feitos com o auxílio do programa Revit®:

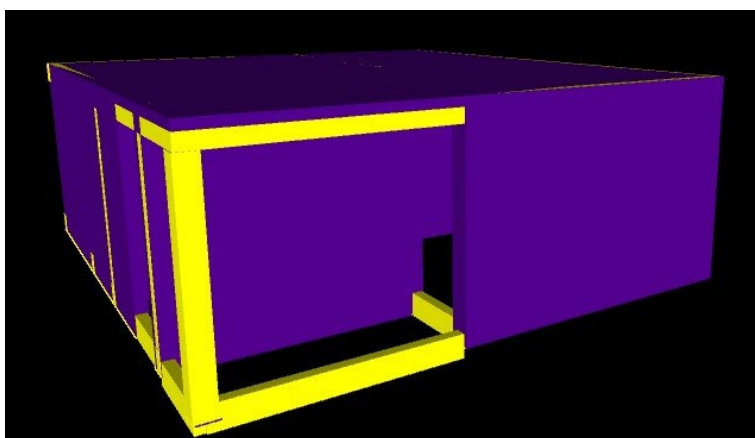
Figura 1 - Projeto Arquitetônico e Estrutural em vista 3D



Fonte: O Autor

Já a figura 2, mostra os dois projetos prontos no programa NavisWorks®, para que seja feito o *clash detective*. Nota-se a diferença de cores na imagem, realçando assim a junção dos projetos em um mesmo eixo.

Figura 2 - Projetos no mesmo eixo prontos para que seja feito o *clash detective*



Fonte: O Autor

A Figura 3 traz o relatório de interferências (*clash detect*), que nesse caso ocorreram 91 vezes, com o status de “hard”, ou seja, são interferências críticas que precisam ser resolvidas.

Figura 3 - Relatório de interferências

The screenshot shows the 'Clash Detective' window. At the top, it says 'Arq x Estrut.' and 'Last Run: segunda-feira, 5 de agosto de 2019 02:18:31'. Below this, it states 'Clashes - Total: 91 (Open: 91 Closed: 0)'. A summary table shows the following data:

Name	Status	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved
Arq x Estrut.	Done	91	91	0	0	0	0

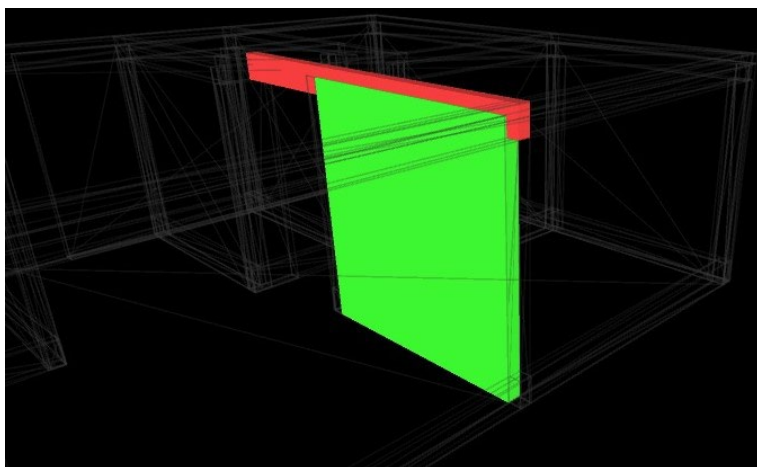
Below the summary table are buttons for 'Add Test', 'Reset All', 'Compact All', 'Delete All', and 'Update All'. There are also tabs for 'Rules', 'Select', 'Results', and 'Report'. A toolbar includes icons for 'New Group', 'Assign', and 'Re-run Test'. The main table lists individual clashes:

Name	Status	Found	Approved...	Approved	Description	Ass
Clash1	New	02:18:31 05-08-2019			Hard	
Clash2	New	02:18:31 05-08-2019			Hard	
Clash3	New	02:18:31 05-08-2019			Hard	
Clash4	New	02:18:31 05-08-2019			Hard	
Clash5	New	02:18:31 05-08-2019			Hard	
Clash6	New	02:18:31 05-08-2019			Hard	

Fonte: O Autor

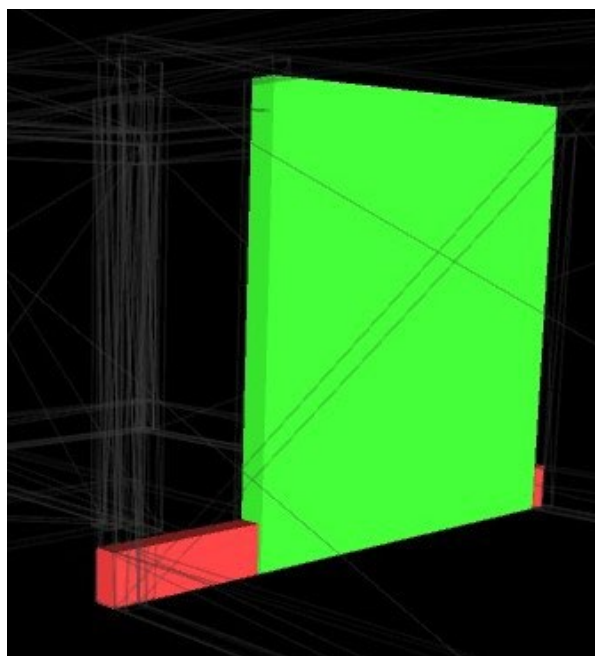
Enquanto isso, a Figura 4 e Figura 5 mostram um exemplo de interferências que ocorreram neste projeto.

Figura 4 – Interferência entre parede e viga de cobertura



Fonte: O Autor

Figura 5 – Interferência entre parede e viga baldrame



Fonte: O Autor

Na Figura 3, percebe-se que o relatório de interferências deu como descrição, interferências críticas (hard), e na Figura 4 consegue-se ver onde exatamente está ocorrendo uma dessas interferências, no caso a parede e a viga estrutural estão tentando ocupar o mesmo espaço. Para isso ter acontecido, pode ter ocorrido um erro na especificação da altura da parede arquitetônica.

Um erro desses não corrigido, pode acarretar em perda de material na obra real, já que teria que desmanchar parte da parede para colocar uma viga para permanecer com o pé direito especificado em projeto. Pensando que esse tipo de interferência ocorreu várias vezes, seria uma perda considerável no orçamento da obra.

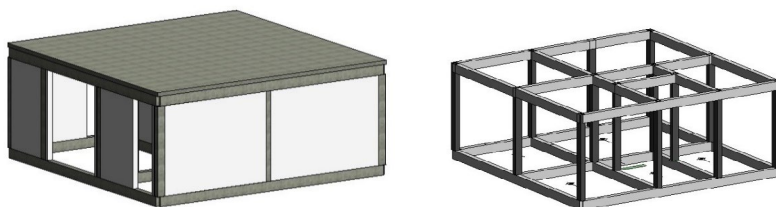
Na Figura 5, mostra-se uma outra interferência, dessa vez entre a parede e a viga baldrame, e novamente um possível erro é por má especificação do nível em que a parede começaria a ser construída. Dessa forma, foi possível alcançar a meta de compatibilização, que conforme Gehbauer e Ortega (2006) é a identificação preliminar de possíveis falhas.

Pensando em uma obra real, isso não teria problema na execução, já que a viga baldrame seria executada anteriormente à parede, mas se tratando do cálculo de quantitativos, faria diferença, acarretando na compra indevida de materiais, causando desperdício.

Os resultados encontrados mostram que a compatibilização é uma boa ferramenta para evitar problemas desse tipo diretamente na execução da obra, até porque o erro poderia ser identificado depois de já perder materiais e horas de serviço. Isso confirma o que foi afirmado por Sousa (2010), que a compatibilização reduz as perdas de funcionalidades e recursos.

Agora a partir de um novo projeto, este elaborado desde o início, tendo como base o conceito do IPD, vê-se na Figura 6 o projeto arquitetônico e o projeto estrutural em vista 3D, feitos também com ajuda do programa Revit®.

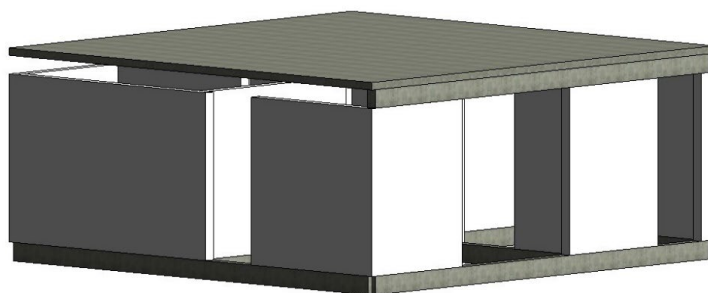
Figura 6 – Projeto Arquitetônico e Estrutural em vista 3D



Fonte: O Autor

Como forma de comparar os dois métodos (Compatibilização e IPD), a Figura 7 mostra a viga de cobertura, parede e viga baldrame sem interferências entre si.

Figura 7 – Viga de cobertura, parede e viga baldrame não ocupam o mesmo espaço



Fonte: O Autor

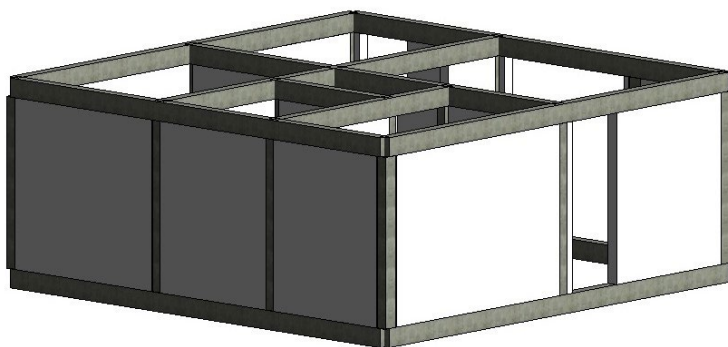
Pode-se ver que na Figura 7 não existe mais as interferências que ocorreram no projeto anterior, pois neste caso, como tudo acontece de forma integrada entre as disciplinas, foi possível prever esse erro e especificar de forma correta a altura final da parede, bem como sua altura inicial (nível), ou seja, não havendo interferências de projeto. Nota-se também que a laje não interfere com a viga de cobertura, o que

seria uma possível interferência em projetos feitos de forma comum.

Mais uma vez vale ressaltar que se isso não causa grandes estragos na execução de uma obra real, pode prejudicar o orçamento, tendo perda de materiais, ou até mesmo comprando mais que o necessário.

Já na imagem 8, pode-se ver que os pilares também tiveram interferência com paredes ou vigas.

Figura 8 – Pilares, paredes e vigas não se conflitam



Fonte: O Autor

Essa previsão de erros e interferências se dá pelo fato de as disciplinas do projeto estarem sendo modeladas de forma integrada, em conjunto. Isso é possível através de uma plataforma BIM, que segundo Ribeiro (2012), é muito recomendada e aproveitada no IPD. Vale dizer que os pilares e vigas não ficariam expostos na obra real, como mostrado nas figuras, teriam revestimento e depois a pintura assim como as paredes de alvenaria.

Com essa forma de projetar (IPD), pode-se ter uma melhora na economia da obra, menor perda de materiais e menos problemas de incompatibilidades de projeto no momento da execução, e consequentemente evitar atrasos no cronograma de uma obra real. Isso

é afirmado por AIA (2007), que descreve que a capacidade de vincular o cronograma, a fase e o sequenciamento da construção durante o projeto, proporciona eficiência na aquisição de materiais.

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados apresentados, é possível dizer que tanto a compatibilização quanto o IPD chegaram ao mesmo objetivo: diminuir falhas antes que elas acontecessem com a construção em andamento. Ainda que tenham sido usadas apenas duas disciplinas (arquitetônico e estrutural), foi possível ver os impactos de não se usar qualquer um dos dois métodos.

Vale ressaltar que o IPD se mostrou mais vantajoso pelo fato de ser desenvolvido de maneira compatibilizada, ou seja, reduz o retrabalho de projeto, além de manter as economias vistas pela compatibilização posterior ao desenvolvimento.

Com o IPD é possível fazer essa compatibilização de forma simultânea, poupando futuras interferências e a necessidade de fazer uma outra compatibilização, como quando se faz com projetos que já estão prontos. É improvável que se consiga eliminar totalmente os problemas de uma construção, porém foi possível observar que com os métodos estudados podem ser reduzidos significativamente.

Por fim, sem a utilização de nenhum destes métodos, a construção de forma geral tende a sofrer, tanto por problemas físicos (interferências entre objetos) quanto por orçamento e consequentemente desperdício de materiais. Sendo assim, a forma comum que conhecemos de se fazer projetos e construções está ficando cada vez mais inviável, visto a economia que pode ser feita utilizando-se a compatibilização ou o método de projeto integrado (IPD).

Assim, como forma de dar prosseguimento à pesquisa, é interessante que sejam analisados e desenvolvidos outros projetos com outras disciplinas, como por exemplo o projeto hidrossanitário e o projeto elétrico.

5. REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Elaboração de projetos de edificações** - Atividades técnicas. NBR 13531. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

AIA – AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **Integrated Project Delivery: A Guide**. California: AIA, 2007, 62 p. Disponível em: <http://info.aia.org/siteobjects/files/ipd_guide_2007.pdf>. Acesso em: 03 Jun. 2019.

AUTODESK. **Visão geral da ferramenta Clash Detective**. 2018. Disponível em: <<https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/navisworks-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Navisworks/files/GUID-36D9904E-12F3-4F82-8DD3-C2103DB0BC29-htm.html>>. Acesso em: 04 jun. 2019.

BOMFIM, C. A. A.; LISBOA, B. T. W.; MATOS, P. C. C. Gestão de obras com BIM – Uma nova era para o setor da Construção Civil. In: XX Congresso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, 20, 2016, Bueno Aires. **Congresso** [...], São Paulo: Blutcher, 2016, p. 556-560. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/sigra-di2016/724.pdf>>. Acesso em: 13 Ago. 2019.

CATELANI, W. S. **Fundamentos BIM: Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. Brasília: CBIC, 2016, 124 p. Disponível em: <<https://www.saneamentobasico.com.br/wp-content/uploads/2017/03/volume1-fundamentos-bim.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2019.

CRESPO, C. C.; RUSCHEL, R. C. Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. In: III Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil, 3, 2007, Porto Alegre. **Anais** [...] Porto Alegre: IFSUL, 2007. Disponível em: <http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gpacc/BIM/referencias/CRESPO_2007.pdf>. Acesso em: 13 Ago. 2019.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014. 483 p.

GEHBAUER, F.; ORTEGA, L. G. **Compatibilização de Projetos na Construção Civil**. Recife: Projeto Competir, 2006.

GRAZIANO, P. F. **Compatibilização de projetos**. 2003. São Paulo. Mestrado Profissional do IPT–Instituto Paulista de Tecnologia. Notas de aula. Disponível em: <<http://www.lem.ep.usp.br/pef604/PEF640-Impactos%20do%20Projeto.pdf>>. Acesso em: 03 jun. 2019.

- MIKALDO, JR, J.; SCHEER, S. Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea: Qual é a melhor solução?. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 3, n. 1, p. 79-99, 5 jun. 2008.
- MOBUSS CONSTRUÇÃO. **IPD: entenda a tendência para projetos colaboracionistas na indústria da construção**. 2017. Disponível em: <<https://www.mobussconstrucao.com.br/blog/ipd-tendencia-para-projetos/>>. Acesso em: 03 jun. 2019.
- MOREIRA, M. J. **Bim na visão do gestor**. 2017. Disponível em: <<https://synfabricadeprojet.wixsite.com/synep/single-post/2017/10/16/BIM-na-vis%C3%A3o-do-gestor>>. Acesso em: 16/10/2018.
- RIBEIRO, D. C. **Avaliação da Aplicabilidade do IPD em Portugal**. 2012. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, Porto, 2012.
- RODRÍGUEZ, M. A. A. **Coordenação técnica de projetos: caracterização e subsídios para sua aplicação na gestão de projeto de edificações**. 2005. 170f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção e Sistemas)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- RODRÍGUEZ, M. A. A.; HEINECK, L. F. M. Coordenação de projetos: uma experiência de 10 anos dentro de empresas construtoras de médio porte. In: II Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho no Ambiente Construído, 2, 2001, Fortaleza. **Anais [...]** Fortaleza: UFC, 2001. CD-ROM
- SOUZA, A. L. R.; BARROS, M. M. S. B.; MELHADO, S. B. Qualidade, projeto e inovação na construção civil. In: Encontro nacional da tecnologia no ambiente construído, 1, 1995, São Paulo. **Anais [...]** São Paulo: Antac, 1995.
- SOUZA, F. J. **Compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares - estudo de caso**. 2010. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2010.
- SUCCAR, B. Building Information Modelling Framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.
- TSE, T. K.; WONG, K. A.; WONG, K. F. The utilisation of building information models in nD modelling: A study of data interfacing and adoption barriers. **ITcon**. v. 10, Special Issue From 3D to nD modelling, p. 85-110, 2005.

28. CARACTERIZAÇÃO DAS PATOLOGIAS DE UM PAVIMENTO FLEXÍVEL ENTRE AS CIDADES DE PAIÇANDU/PR À ÁGUA BOA/PR

CHARACTERIZATION OF THE PATHOLOGIES OF A FLEXIBLE FLOORING BETWEEN PAIÇANDU/PR CITIES TO ÁGUA BOA/PR



WELLINGTON HENRIQUE MOÇO
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

PEDRO HENRIQUE TAVARES FERNANDES
Centro Universitário Ingá – UNINGÁ

SÉRGIO RODRIGUES DE SOUZA
Centro Universitário Ingá - UNINGÁ

RESUMO: Patologias são danos ocorridos após ocorrência de intempéres, na pavimentação devido à utilização, esforços pelo tráfego e efeito bodoque faz com que as cargas estáticas acrescida aos efeitos dinâmicos atingem picos alarmantes ao se tratar de resistência nas camadas estruturais, ponto de estabilidade para pavimentos. Comumente, rodovias federais e estaduais sofrem com diversas anomalias, afundamentos, escorregamentos, panelas, fendas, trincas, buracos entre outros. Infelizmente, em muitos casos não se pode afirmar com exatidão as reais causas das afecções, contudo, foram possíveis estimar os reais motivos que influenciaram tais divergências nos pavimentos. Desta forma, o objetivo será analisar as patologias existentes no pavimento flexível que liga cidade de Paiçandu/PR a seu distrito de Água Boa/PR, pontuando particularidades e problemáticas existentes em sua extensão de aproximadamente 10 quilômetros. Através do modelo proposto pelo extinto Departamento Nacional de Estradas de Rodagens, atual Departamento Nacional de Infraestrutura e Transporte, será possível avaliar e analisar pavimentos flexíveis estabilizados, por semelhança, com a execução a partir de materiais disponíveis na região resistente as cargas aplicadas nas camadas de rolamento, permitirá caracterizar e dimensionar um pavimento flexível resistente para o trecho em estudo, por meio de estudos referentes ao volume médio diário de veículos que transitam pela via e conhecer tráfego existe na região, após, selecionar e classificar as patologias caracterizadas, visto que, quantidades de anomalias existentes, faz com que comprometa conforto e segurança

quanto à utilização do pavimento. As patologias apresentadas no trecho relatam-se devido a grande utilização deste modal, o que não por acaso, que se observa a economia nacional se apresenta refém deste modal.

Palavras-chave: Dimensionamento. Patologias. Pavimento flexível.

ABSTRACT: Pathologies are damage to the pavement due to weathering due to use, traffic stresses and bouque effect, causing static loads and dynamic effects to reach alarming peaks when it comes to strength in the structural layers, stability point for pavements. Commonly, federal and state highways suffer from various anomalies, sags, slips, pans, cracks, cracks, holes among others. Unfortunately, in many cases the actual causes of the conditions cannot be accurately stated, however, it was possible to estimate the real reasons that influenced such divergences in the pavements. Thus, the objective will be to analyze the existing pathologies in the flexible pavement that connects the city of Paçandu/PR to its district of Água Boa/PR, highlighting particularities and problems existing in its length of approximately 10 kilometers. Through the model proposed by the now defunct National Department of Roads, the current National Department of Infrastructure and Transport, it will be possible to evaluate and analyze stabilized flexible pavements, similarly with the execution from materials available in the region resistant to the loads applied to the road layers. rolling, will allow characterizing and dimensioning a resistant flexible pavement for the stretch under study, through studies referring to the average daily volume of vehicles that travel the road and to know traffic exists in the region, after selecting and classifying the characterized pathologies, since, quantity of existing anomalies compromises comfort and safety when using the floor. The pathologies presented in the passage are due to the great use of this modal, which is not by chance, which is observed the national economy is hostage of this modal

Keywords: Sizing. Pathologies. Flexible pavement.

1. INTRODUÇÃO

Toda e qualquer atividade que o ser humano desenvolva na atualidade, necessita transporte para que seja alcançado um lugar ou objetivo. Essas atividades estão vinculadas a diversas ações, desde locomoções de passageiros até aos escoamentos de cargas. Dentre os sistemas de transportes brasileiros existentes, a região norte-central do Estado do Paraná, assim como no restante do país, apresenta nítida

predominância no uso pelo sistema rodoviário.

De acordo com Manual de Pavimentação do DNIT (2006), pavimentos apresentam como elemento constituído por sistemas de camadas, espessuras finitas, assentes sobre um semi-espaço, considerado teoricamente ao infinito – a infraestrutura ou terreno de fundação, subleito, classificada por três tipos, como: os pavimentos flexíveis, semirrígidos e rígidos.

Especificamente quanto aos pavimentos flexíveis, são elaborados em quatro camadas: revestimento, base, sub-base e reforço de subleito, sem considerar subleito, camada já existente dentro da infraestrutura viária. Rolamentos definidos pelo Manual de Projeto Estrutural de Pavimentos da AASHTO (1993), capazes de resistir ao carregamento do tráfego, em alguns casos apresenta pequenas deformações na via, retornando à sua condição inicial após a utilização. Sua composição alterna-se conforme o local aplicado.

No sentido análogo, Rocha (2009) afirma que, camadas existentes nesta tipologia de rolamento, são definidas do seguinte modo:

REVESTIMENTO: Camada responsável por impermeabilizar e oferecer acabamento final ao pavimento construído. Consequentemente, influencia questões de conforto e resistência.

BASE: Função de amenizar tensões nas camadas de sub-base e subleito, distribuir os esforços resistentes às deformações, e, realizar a drenagem da água que se infiltra;

SUB-BASE: Tem a função de complementar a camada de base. A sub-base está diretamente relacionada às vantagens e desvantagens econômicas, visto que, quando bem elaborada, diminui as despesas com camadas mais onerosas.

SUBLEITO: Absorção final dos esforços, onde toda e qualquer carga oriunda do tráfego descarrega nas camadas. Em algumas circunstâncias/momentos, a execução de reforço para cada camada mostra-se necessária, fazendo com quem crie uma estrutura resistente antes da distribuição final atuantes para o subleito.

Cavalcante et al. (2012) destaca que, a origem das patologias

no pavimento está relacionada em geral pela má execução do projeto, problemas construtivos, falha na seleção dos materiais, utilização de materiais pouco resistentes para a construção das camadas, inadequações nas alternativas de conservação e manutenção.

Para Nogueira et al. (2012), ações de tráfego (carga por eixo, tipo de rodagem, pressão de enchimento dos pneus e tipo de suspensão) e as condições climáticas (variação de temperatura e teor de umidade) são principais causas para a deterioração do pavimento.

Através das ocorrências sucessivas em determinado trecho viário embarçam a sua funcionalidade, a partir do momento em que apresenta defeitos, a chance que o rolamento desenvolva outros tipos de alterações negativas se faz maior e por consequência, rejeições na sua utilização. Portanto, quando estradas e rodovias não oferecem boas condições, a confiabilidade retrocede, prejuízos econômicos para toda uma região.

O fendilhamento, uma das principais degradações dos pavimentos, normalmente causado pelo excesso de tensões de tração nas camadas betuminosas segundo (MINHOTO, 2005). Por sua vez, pode estar relacionada as possíveis variações de temperatura, excesso de carga e erros construtivos, as fendas são representadas nas direções longitudinais e/ou transversais por meio de fissuras e trincas. Ambas são semelhantes, trincas são facilmente observadas enquanto as fissuras se tornam perceptíveis apenas em pequenas distâncias, fissuras são fendas incipientes que ainda não causaram problemas funcionais ao revestimento, consideradas de baixa gravidade, conforme Norma 005 (DNIT, 2003), por outro lado, trincas mais complexas, prejudica as funções do rolamento.

Segundo norma 005/2003 conforme DNIT (2003), outra patologia comum é afundamento. Trata-se de deformação permanente, caracterizada por depressão da superfície do pavimento, acompanhada, ou não, de solevamento – levantamento lateral, sob forma de afundamento plástico – causado pela fluência plástica ou por consolidação – solidificação diferencial de uma ou mais camada sem a

presença da elevação.

De acordo com Santos e Magalhães (2011), afundamento da trilha de roda pode ser o produto da escolha de espessuras indevidas das várias camadas que compõem o pavimento, resultando em carregamentos incompatíveis com a capacidade de suporte do subleito.

Pode haver também os escorregamentos, que nada mais é deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento. Evidenciam uma deformação no pavimento, os quais aparentam terem sido edificados com um fluido extremamente líquido, sem nenhum nível de plasticidade. Assemelham-se muito com as ondulações – irregularidades definidas por movimentação plástica da massa asfáltica, formando ondulações ao longo da superfície, sendo caracterizadas como iniciais, médias e avançadas, conforme suas agravações. Por fim e não raro há a presença da patologia do desgaste, efeito do descolamento progressivo do agregado do pavimento, o qual é sinalizado pela aspereza superficial do revestimento devido aos esforços tangenciais causados pelo tráfego.

Entretanto, oportuno deixar registrado que para toda e qualquer patologia na malha viária apresentada existe um tratamento, dito isto, podemos considerar toda e qualquer problemática existente nos sistemas viários terrestres como normais, desde que, não se apresentem em grandes quantidades ou em grandes proporções. Assim, “para que o pavimento mantenha as propriedades dos componentes atendendo o conforto e segurança do usuário é necessária à operação de conservação, evitando que o pavimento sofra com a perda mais rápida das propriedades e ocorra aparecimento e/ou agravação de problemas que poderiam ser mais simples de solucionar, se houver a conservação adequada” (GOMES, 2018, p.12). Desta forma, o desenvolvimento deste levantamento serviu para a apresentação das possíveis soluções para as patologias observadas.

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2009), oferece alguns tipos de recuperações dos pavimentos flexíveis, visando à adequação da estrutura de rolamento em consonância com a

sua estabilização, quais sejam: Tratamento Superficial Simples (TSS), que “a camada de revestimento do pavimento, constituída de uma aplicação de ligante betuminoso coberta por uma camada de agregado mineral, submetida à compressão”. Lama Asfáltica “associação de agregado mineral, material de enchimento (*filer*), emulsão asfáltica e água, com consistência fluída, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente preparada”.

Ainda quanto ao exame de soluções para os problemas existentes no sistema atual, resultantes de todas as variações acima apontadas, o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, afirma que:

MICRO REVESTIMENTO ASFÁLTICO A FRIO COM EMULSÃO MODIFICADA POR POLÍMERO: consiste na associação de agregado, material de enchimento (*filler*), emulsão asfáltica modificada por polímero do tipo SBS, água, aditivos se necessários, com consistência fluída, uniformemente espalhada sobre uma superfície previamente (DNIT, 2005, p.2).

RECAPEAMENTO é uma intervenção definida em projeto de engenharia específico relativo à restauração ou recuperação do pavimento, que consiste na adequada sobreposição ao pavimento existente de uma ou mais camadas constituídas de mistura betuminosa e/ou concreto de cimento Portland (DNIT, 2006, p.31).

FRESAGEM que tem como finalidade a remoção de pavimentos previamente à execução de novo revestimento asfáltico. São executadas em áreas com ocorrência de remendos em mau estado, áreas adjacentes a painéis, rupturas plásticas e corrugações, áreas com grande concentração de trincas e outros defeitos (DER, 2006, p. 3).

CAPA SELANTE COM EMULSÃO POLIMERIZADA, que nada mais é que o serviço executado por penetração invertida, envolvendo uma aplicação de emulsão asfáltica polimerizada e uma aplicação de agregado miúdo. Sua execução tem por finalidade principal o incremento das condições de impermeabilização de revestimentos asfálticos, recém-construídos, semiabertos e abertos (DER, 2005, p.2).

Desta forma, o objetivo é analisar as patologias existentes na

malha viária entre as cidades de Paiçandu e seu distrito de Água Boa no Estado do Paraná, pontuando as particularidades de cada anomalia, suas possíveis causas e consequências, prescrevendo-se igualmente soluções para seus tratamentos, além de propor um dimensionamento para o trecho analisado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A partir do objetivo apresentado na seção introdutória, realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre estradas e pavimentação, bem como sobre as normas técnicas vigentes. Em seguida, para que fossem detectadas as patologias existentes no trecho da PR-323 mencionado, procedeu-se visitas *in loco*. Nestes levantamentos, foram realizados registros fotográficos, além de anotações pontuais sobre as anomalias existentes no pavimento da rodovia em estudo.

No intuito de estudar as cargas atuantes e consequentemente, os veículos que transitam pelo pavimento da PR-323, elaborou-se o Volume Diário Médio – VDM do trecho apresentado na Figura 1.

A visita foi realizada no final do mês de março de 2019 e junto aos resultados coletados em campo, foram aplicados fatores de correção apresentados na Tabela 1, a fim de obter-se a quantidade de veículos que trafegam por este trecho diariamente. Por fim, elaborou-se uma proposta de dimensionamento de um pavimento flexível.

Para este dimensionamento, o método utilizado foi o do Departamento Nacional de Estradas de Rodagens (DNER), elaborado pelo Engenheiro Murilo Lopes de Souza.

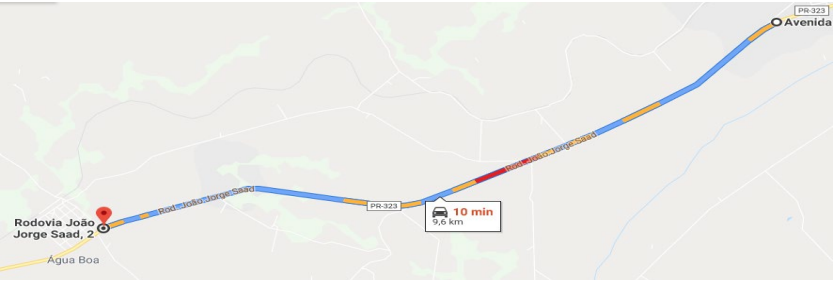
Tabela 1 - Fatores de correção para estudo de tráfego diário médio anual (TDMA).

	FATOR CORREÇÃO HORÁRIO (FCH)	DIA DA SEMANA	FATOR CORREÇÃO SEMANAL (FCS)	MESES DO ANO	FATOR CORREÇÃO MÊS (FCM)
00h00min	2,104	DOMINGO	1,441	JANEIRO	0,543
01h00min	1,87	SEGUNDA FEIRA	0,798	FEVEREIRO	0,656
02h00min	2,612	TERÇA FEIRA	1,103	MARÇO	0,793
03h00min	3,092	QUARTA FEIRA	0,927	ABRIL	1,351
04h00min	2,658	QUINTA FEIRA	0,968	MAIO	1,645
05h00min	1,284	SEXTA FEIRA	1,025	JUNHO	1,815
06h00min	0,929	SÁBADO	0,944	JULHO	1,055
07h00min	0,777			AGOSTO	1,287
08h00min	0,583			SETEMBRO	1,207
09h00min	0,664			OUTUBRO	1,137
10h00min	0,819			NOVEMBRO	1,15
11h00min	0,918			DEZEMBRO	0,854
12h00min	1,317				
13h00min	1,038				
14h00min	1,179				
15h00min	1,032				
16h00min	0,807				
17h00min	0,761				
18h00min	0,721				
19h00min	0,639				
20h00min	0,728				
21h00min	0,959				
22h00min	1,067				
23h00min	1,193				

Fonte: Os autores.

A extensão total da PR-323 corresponde a aproximadamente 220 quilômetros de extensão, com origem na cidade de Maringá/PR até a cidade de Francisco Alves/PR. O sub-trecho avaliado encontra-se entre as cidades de Paiçandu/PR até seu distrito Água Boa/PR, com extensão de aproximadamente 9,6 quilômetros, conforme apresentando na Figura 1, trecho este também conhecido como Rodovia João Jorge Saad.

Figura 1 – Trecho entre as cidades de Paiçandu e Água Boa.



Fonte: Google Maps (2019).

O trecho, localizado entre as cidades de Paiçandu/PR e distrito de Água Boa/PR caracterizou-se como um solo argiloso, enquadrado no A-7-5, classificação esta, presente na Figura 1. De modo geral, são materiais granulares onde mais de 35% passam na peneira nº 200, revelando um subleito fraco e pobre. Na região em estudo, constatou-se grande variedade dos solos, pois são solos em transições.

Figura 1 – Classificação dos solos adotados pela AASHTO.

Classificação Geral	Materiais granulares (35% ou menos passando na peneira nº 200)							Materiais siltosos e argilosos (mais de 35% passando na peneira nº 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 / A-7-6
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Grupo											
Peneiração: % que passa: Nº 10 Nº 40 Nº 200 (p)	50 máx. 30 máx. 15 máx.	50 máx. 25 máx.	51 mín. 10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características da fração que passa nº 40											
Limite de Liquidez - LL (%)				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de Plasticidade IP (%)	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0		0	0		4 máx.		8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Materiais que predominam	Pedra Britada pedregulho e areia		Areia fina	Areia e areia silosa ou argilosa				Solos Siltosos		Solos argilosos	
Comportamento geral como subleito	Excelente a bom							Fraco a pobre			

Fonte: AASHTO adaptado Manual de pavimentação (2006).

Para este trecho, elaboraram-se alguns valores para o dimensionamento, os quais se encontram descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Dados estimados para solo junto ao trecho em estudo.

SOLO ARGILOSO	
C.B.R (100% P.N)	10
P#200	90%
LL	60
LP	35
IG	20
CLASSIFICAÇÃO	A-7-5

Fonte: Os autores.

Para tanto, adotou-se alguns valores para que fosse obtido o número equivalente de operações de eixo simples durante o período do projeto, representado pela letra “N”, período este, que foi planejado para que o pavimento tivesse uma vida útil estimada “P” de 10 anos. O número de operações é dado pela Equação 1. Ademais, considerou-se que os veículos comerciais atuam com as cargas máximas permitidas em cada eixo.

Nesse viés, para descobrir o valor de “N”, buscou-se encontrar os valores referentes ao fator eixo (FE) e fator carga (FC), onde o produto dos mesmos, resulta no fator veículo (fv). A equação resultante para o número de operação é representada junto a Equação 2.

Para a determinação dos fatores veículos (FV), realizou-se na Tabela 3 uma análise teórica com base no Manual de Pavimentação elaborado pelo DNIT (2006).

Tabela 3 – Determinação do fator veículo (FV).

VEICULOS COMERCIAIS	2C	3C	2S2	2S3	3S3	3D4	3T6
FATOR VEÍCULO	3,57	8,83	12,12	11,89	17,15	25,92	34,47
(%)							
UTILIZAÇÃO	12,43	16,46	13,53	13,53	27,80	15,15	1,10
(FV * %)	0,0552	0,2393	0,2118	0,217	1,3256	0,5948	0,004
Σ(FV * %)				2,66			

Fonte: Os autores.

Os valores dos fatores veículos (FV), tanto para motocicletas quanto para automóveis, foram desconsiderados. Para esta conta interessou apenas os veículos comerciais. Para determinarmos o valor do número equivalente de operações foi necessário obter o fator regional climático (FR). Para este fator, requereu-se a precipitação anual da região em estudo. Entretanto, a instituição responsável por fornecer esses dados (Instituto das Águas do Paraná), não apresenta estação climatológico-pluviométrica para o trecho em questão. Isto posto adotou-se a precipitação anual da cidade de Maringá/PR, a qual se encontra nas proximidades das duas cidades. O índice pluviométrico do município de Maringá/PR apresenta-se registrado na Figura 3.

Figura 3 – Precipitações mensais no último ano na cidade de Maringá/PR.



Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

AGUASPARANÁ - Instituto das Águas do Paraná

Sistema de Informações Hidrológicas - SIH



Alturas mensais de precipitação (mm)

Estação:

MARINGÁ

Código:

02351013

Entidade:

ANA

Município:

Maringá

Tipo:

P

Instalação:

01/12/1953

Extinção:

1

Altitude:

542,000 m

Bacia:

Pirapó

Sub-bacia:

1

Latitude:

23° 25' 00"

Longitude:

51° 57' 00"

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2018	357,7	88,7	228,8	26,7	49,8	66,7	6,1	233,7	133,3	319,3	190,7	142,6
2019	201,4	129,1	197,8	60,1	68,3	92,5	-	-	-	-	-	-

Valores anuais

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
MÉDIA	279,6	108,9	213,3	43,4	59,0	79,6	6,1	233,7	133,3	319,3	190,7	142,6
MÍNIMA	201,4	88,7	197,8	26,7	49,8	66,7	6,1	233,7	133,3	319,3	190,7	142,6
MÁXIMA	357,7	129,1	228,8	60,1	68,3	92,5	6,1	233,7	133,3	319,3	190,7	142,6
D. PADRAO	78,2	20,2	15,5	16,7	9,2	12,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Fonte: Instituto das Águas do Paraná (2019).

Para obter os valores para o fator regional climático (fr), requer-se a análise da Tabela 4.

Tabela 4 – Fatores climáticos regionais para o dimensionamento.

INDICE PLUVIOMÉTRICO ANUAL (IP)	FATOR CLIMÁTICO REGIONAL (FR)
Ip < 800 mm/ano	0,7
800 mm/ano - 1500 mm/ano	1,4
> 1500 mm/ano	1,8

Fonte: Manual de Pavimentação - DNIT (2006).

Para a continuidade do dimensionamento, se fez necessário o cálculo referente ao índice grupo do solo (IG) representado pela Equação 3. Para o seu preenchimento, adotou-se os valores passantes pela peneira 200, seu limite de liquidez e índice de plasticidade apresentados junto à Tabela 1.

Após a obtenção do valor do índice grupo (IG), responsável pelo fornecimento do índice de suporte para determinado IG, analisou-se na Tabela 5 este valor, acrescido do valor de CBR apresentado na Tabela 1, o qual serviu de base para a Equação 4.

Tabela 5 – Determinação Índice Suporte por meio do IG.

<i>IG</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
ISIG	20	18	15	13	12	10	9
<i>IG</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9 e 10</i>	<i>11 e 12</i>	<i>13 e 14</i>	<i>15 à 17</i>	<i>18 à 20</i>
ISIG	8	7	6	5	4	3	2

Fonte: Bernucci (2008).

Assim, tem-se as informações necessárias para o cálculo referente à capacidade de suporte do subleito, pela Equação 4.

A determinação do VDM, constante na Equação 2, relaciona-se com a Equação 5, a qual expõem-se como:

Onde o valor de “V10”, corresponde à quantidade de veículos que transitam pela rodovia após 10 anos, tempo este, o teto para a vida útil do pavimento dimensionado. Adotou-se um crescimento de 2% aa, o qual se relaciona diretamente com o crescimento da utilização da via, de acordo com o crescimento do PIB.

A partir da determinação do número de operações “N”, analisa-se a Figura 4, responsável pela determinação das espessuras mínimas dos revestimentos betuminosos.

Figura 4 – Espessura mínima para revestimento betuminoso.

N	Espessura Mínima de Revestimento Betuminoso
$N \leq 10^6$	Tratamentos superficiais betuminosos
$10^6 < N \leq 5 \times 10^6$	Revestimentos betuminosos com 5,0 cm de espessura
$5 \times 10^6 < N \leq 10^7$	Concreto betuminoso com 7,5 cm de espessura
$10^7 < N \leq 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 10,0 cm de espessura
$N > 5 \times 10^7$	Concreto betuminoso com 12,5 cm de espessura

Fonte: Manual de Pavimentação – DNIT (2006).

Por conseguinte, necessitou-se da determinação das alturas de cada camada do pavimento. Assim, para a estabilização dos solos, admitiram-se os componentes presentes na Figura 5.

Figura 5 – Coeficientes de equivalência estrutural.

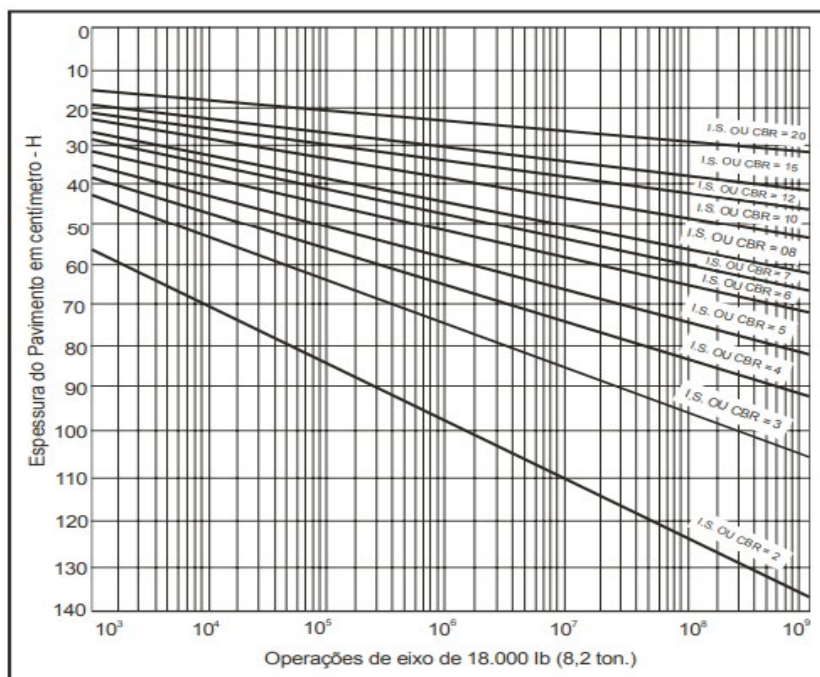
Componentes do Pavimento	Coefficiente K
Base ou revestimento do concreto betuminoso	2,00
Base ou revestimento pré-misturado a quente, de graduação densa	1,70
Base ou revestimento pré-misturado a frio, de graduação densa	1,40
Base ou revestimento betuminoso por penetração	1,20
Camadas granulares	0,77 a 1,00
Solo cimento com resistência à compressão a 7 dias, superior a 45 Kg/cm ²	1,70
Idem, com resistência à compressão a 7 dias entre 45 Kg/cm ² e 28 Kg/cm ²	1,40
Idem, com resistência à compressão a 7 dias entre 28 Kg/cm ² e 21 Kg/cm ²	1,20

Fonte: Manual de Pavimentação - DNIT (2006).

Além da determinação de qual estabilizador utilizar, a Figura 4 apresenta ainda os valores dos coeficientes que foram utilizados nas Equações 6, 7 e 8. Igualdade estas, que são responsáveis para a determinação das alturas das camadas de pavimento. Para a estabilização do solo, utilizaram-se os componentes graduados (brita graduada simples – BGS) com um coeficiente que varia de 0,77 a 1,00. Para as camadas de base e sub-base empregou-se o valor de 1,00. Por fim, para a composição do reforço do subleito, adotou-se um coeficiente igual a 0,80.

Para a determinação das alturas das camadas de pavimento H20, Hn e Hm presentes nas Equações 6, 7 e 8 respectivamente, utiliza-se a Figura 6, a qual se fez por uma relação entre o número de operação do pavimento pela altura do pavimento relacionado, com o índice suporte de cada camada apoiada.

Figura 6 – Determinação da espessura do pavimento.



Fonte: Manual de pavimentação - DNIT (2006).

Para a interpretação das alturas das camadas e compreensão da Figura 5, apresentaram-se os índices de suporte de cada camada na Tabela 6.

Tabela 6 – Índice suporte para cada camada do pavimento.

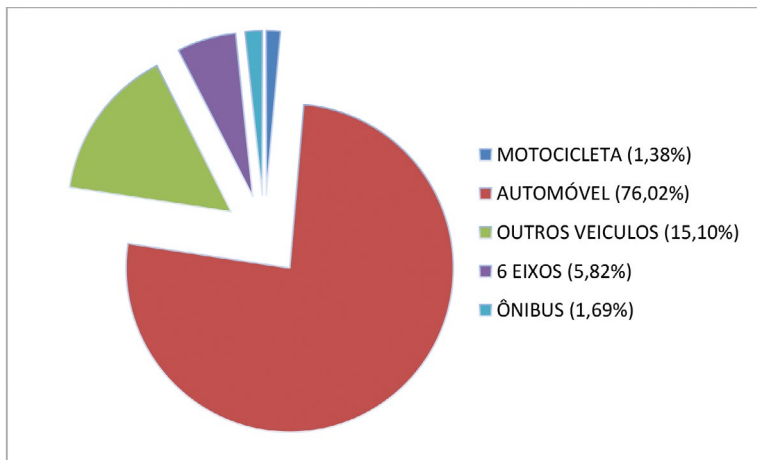
CAMADA	TRATAMENTO	CBR
BASE	BGS	100
SUB-BASE	BGS	100
REFORÇO SUBLEITO	BGS	12
SUBLEITO	SEM TRATAMENTO	8

Fonte: Os autores.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para que fossem elencados os veículos que nesta rodovia transitam, mostrou-se necessário um estudo do volume diário mensal – VDM, onde nele relataram-se as quantidades de veículos que transitam no referido trecho, consoante se observa na Figura 7.

Figura 7 – Proporção de veículos na via rodoviária avaliada.



Fonte: Os autores.

Expondo com maiores detalhes a quantidade de veículos que utilizam a rodovia entre as cidades de Paiçandu/PR e distrito de Água Boa/PR, a Tabela 7 buscou sistematizar os quantitativos apresentados

anteriormente.

Tabela 7 – Quantidade de veículos relacionado a porcentagem.

	PORCENTAGEM	QUANTIDADE DE VEÍCULOS
AUTOMÓVEL	76,02%	8.288
OUTROS VEÍCULOS	15,10%	1.646
6 EIXOS (3S3)	5,82%	635
ÔNIBUS	1,69%	184
MOTOCICLETAS	1,38%	150
TOTAL		10.903 VEÍCULOS

Fonte: Os autores.

Ademais, com o fim de apresentar os veículos mencionados em outros veículos agrupados ao gráfico, a Tabela 8 expôs os outros utilitários que transitam no trecho em estudo junto a PR-323.

Tabela 8 – Outros veículos apresentados na Tabela 7.

OUTROS VEÍCULOS	CATEGORIA	QUANTIDADE DE VEÍCULOS
2 EIXOS	2C	284
3 EIXOS	3C	376
4 EIXOS	2S2	309
5 EIXOS	2S3	309
7 EIXOS	3D4	343
9 EIXOS	3T6	25
TOTAIS		1.646 VEÍCULOS

Fonte: Os autores.

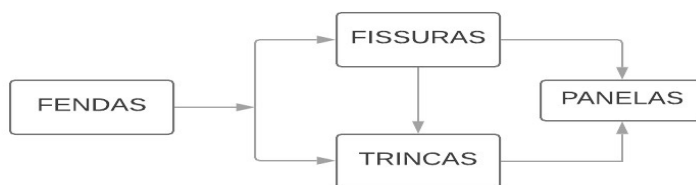
Os dados obtidos demonstraram que o principal veículo que trafega por este trecho é o automóvel, onde nos dois sentidos, diariamente, transitam quase 8.288 automóveis e um total de 10.903 veículos. Esta quantidade evidencia a dimensão de uso desta via quando comparada a outras rodovias estaduais, com fluxos diários menores como o trecho relatado.

Quanto maior a sua utilização, crescente será a apresentação de desgastes por toda a sua extensão. Partindo desta premissa, realizaram-se observações *in loco* de determinadas patologias, as quais serão apresentadas e descritas por meio de suas possíveis causas, quais sejam: fendas, panelas, afundamentos, ondulações e escorregamentos.

FENDAS E PANELAS

As fendas por meio das fissuras e trincas quando não tratadas, apresentam-se vulneráveis a expansões das patologias. A Figura 8 apresenta possíveis evoluções das fendas.

Figura 8 – Eventuais evoluções das patologias de fendas e panelas.



Fonte: Os autores.

Esse cenário ocorre devido a criação de pequenos canais existentes nesses tipos de anomalia, de modo que as infiltrações penetrem por dentro destas lacunas, fazendo com que ocorram perdas mecânicas do revestimento ou a desestabilização do solo. Consoante se verifica na Figura 9, trincas no formato de couro de jacaré (J) evoluíram para panelas.

Figura 9 – Trincas, couros de jacaré e panelas no trecho.



Fonte: Os autores.

As patologias de trincas interligadas estilo couro de jacaré (J) e

a anomalia conhecida como panela apresentam-se no Quadro 1, com as seguintes descrições e causas.

Quadro 1 – Descrição e causas das patologias de trincas e panelas.

PATOLOGIA	DESCRIÇÃO	CAUSA
COURO DE JACARÉ	Sem a estruturação pré-definida de direções, as trincas se encontram de maneiras abstratas ocasionando uma representação parecida com um coró de jacaré.	1. Esta patologia encontra-se em um lugar propício para a frenagem dos veículos. 2. As ações repetidas ocasionam excesso de pressão atuante nesta área. 3. Fadigas.
PANELA	Buraco apresentado junto ao revestimento com larguras e profundidades não estabelecidas.	1. Como se apresenta ao lado de diversas trincas interligadas, esta patologia exhibe-se como um agravamento das trincas, que devido à falta de manutenção agravou-se. 2. Excesso de chuvas agravam as trincas.

Fonte: Os autores.

Nos dias de hoje, um dos maiores problemas relacionados ao conforto dos pavimentos encontra-se vinculado às panelas, patologia esta, que mais apresenta impacto para com o veículo. Constantemente, as enfermidades presentes na Figura 10 são visualizadas por todos os pavimentos flexíveis.

Figura 10 – Presença de panelas pelas extensões rodoviárias.



Fonte: Os autores.

Ao lado dessas considerações, tem-se então demonstrado a importância de prorrogar a vida útil do pavimento. Assim, para que seja feita a adequada conservação das vias que apresentam os problemas de trincas, fendas e panelas, são adotadas as seguintes soluções, conforme descritas no Quadro 2.

Quadro 2 – Recuperação proposta para fendas, trincas e panelas.

PATOLOGIA	RECUPERAÇÃO
FENDAS E TRINCAS	1. CAPA SELANTE; 2. TRATAMENTO SUPERFICIAL; 3. LAMA ASFÁLTICA; 4. MICRO REVESTIMENTO;
PANELAS	1. REMENDOS;

Fonte: Os autores.

AFUNDAMENTOS

Os afundamentos plásticos são caracterizados como degradações que se motivaram de fluências plásticas de uma ou mais camada do pavimento, acompanhado de um sollevamento – elevação nas laterais. Junto ao trecho estudado, comumente encontrou-se os afundamentos seguidos de patologias de escorregamentos – encontradas junto aos afundamentos ou nas bordas da rodovia e/ou ondulamentos. Na Figura 11, nota-se a presença de ambas as patologias.

Figura 11 – Afundamento plástico seguido de uma ondulação.



Fonte: Os autores.

Estes afundamentos plásticos, quando se apresentam com trechos menores de 6 metros, são caracterizados como afundamentos plásticos locais. Quando acima deste valor, são reconhecidos como afundamentos plásticos de trilha de roda. Este tipo de anomalia encontra-se no trecho em estudo, expondo-se acima de 6 metros. Logo, representado como afundamentos de trilha de roda. No Quadro 3 apresentam-se as descrições e possíveis causas das patologias de afundamento plástico.

Quadro 3 – Descrição e causas da patologia de afundamento.

PATOLOGIA	DESCRIÇÃO	CAUSA
AFUDAMENTO PLÁSTICO	Degradações por fluência plástica onde se apresenta com um solevamento nas laterais.	1. Espessuras indevidas das camadas que compõem o pavimento, resultando em carregamentos incompatíveis com a capacidade de suporte do subleito. 2. Camadas betuminosas, causadas por misturas que possuem pequena resistência ao cisalhamento.

Fonte: Os autores.

Para que seja feita a recuperação dos afundamentos existentes, é necessário a execução das alternativas de restauração apresentadas, consoante se verifica no Quadro 4.

Quadro 4 – Recuperação dos afundamentos plásticos.

PATOLOGIA	RECUPERAÇÃO
AFUNDAMENTO PLÁSTICO	1. RECAPEAMENTO;
	2. FRESAGEM

Fonte: Os autores.

ESCORREGAMENTO E ONDULAÇÕES

Quanto ao escorregamento, este é tratado como uma deformação do revestimento, cujo formato assemelha-se a uma meia-lua. Este tipo de patologia é frequentemente encontrado nas extremidades das rodovias – laterais, ou então, nas regiões que apresentam de modo simultâneo diversas anomalias, como fendas, trincas e ondulações.

As ondulações são facilmente confundidas com os escorregamentos. Todavia, aquelas são provenientes das deformações da massa plástica das rodovias e não formam uma meia-lua. Além disso, estas afecções são mais comuns que os escorregamentos plásticos, visto que as frenagens, acelerações e outras ações sobre os pavimentos ocasionam a mesma com maior facilidade.

Na Figura 12, verificam-se as anomalias de escorregamento e fendas expostas uma ao lado da outra, caracterizando, igualmente, algo, a patologia de escorregamento.

Figura 12 – Escorregamento seguido de fendas junto a PR 323.



Fonte: Os autores.

Os escorregamentos quando observados por outro ângulo, mostram a proporção que esta patologia alcança. Na Figura 13 é possível visualizar a deformação do pavimento com um acúmulo da massa asfáltica.

Figura 13 – Acúmulo de massa asfáltica na patologia de escorregamento.



Fonte: Os autores.

A patologia de ondulação é devidamente representada na Figura 14. Denota-se abaixo que este fenômeno é seguido de outra anomalia, no caso, um princípio de couro de jacaré, além de uma pequena panela.

Figura 14 – Patologia de ondulação junto a outras patologias.



Fonte: Os autores.

Diante disso, expõem-se no Quadro 5 as descrições e possíveis causas das patologias de escorregamento e ondulação.

Quadro 5 – Descrição e causas da patologia de escorregamento e ondulação.

PATOLOGIA	DESCRIÇÃO	CAUSA
ESCORREGAMENTO	Deslocamento do revestimento em relação à camada subjacente do pavimento.	1. Excesso de ligante. 2. Falha construtiva. 3. Erro na pintura de ligação.
ONDULAÇÃO	Irregularidade caracterizada por movimentação plástica da massa asfáltica	1. Falta de estabilidade da mistura asfáltica. 2. Contaminação da mistura asfáltica. 3. Excessiva umidade do solo subleito.

Fonte: Os autores.

As demonstrações das patologias de escorregamento e ondulação se assemelham em diversos campos, inclusive, quanto à sua recuperação. No Quadro 6 é fornecidos elementos à restauração para ambos os métodos executivos.

Quadro 6 – Recuperação das ondulações e escorregamentos.

PATOLOGIA	RECUPERAÇÃO
ONDULAÇÕES E ESCORREGAMENTOS	1. RECAPEAMENTO;
	2. FRESAGEM;

Fonte: Os autores.

Por fim, a existência de um comprometimento estrutural do pavimento ou perspectiva de aumento de tráfego, as alternativas de readequação perfazem aquelas que reestruturam a capacidade estrutural por meio de novas camadas de rolamento (BERNUCCI, 2008). Desta forma, todas as recuperações apresentadas, buscaram a reestruturação do pavimento onde visa-se a garantia das excelências de conforto e segurança do pavimento.

PROPOSTA DE PAVIMENTO

A proposta de pavimentação com uma estruturação flexível se faz útil para atender as necessidades, conforme a demanda do pavimento. O dimensionamento da faixa de rolamento desta rodovia tem como objetivo receber todas as cargas oriundas do tráfego de veículos, fazendo com que as camadas dimensionadas não sejam comprometidas, pelo fato de que uma falha de dimensionamento não só pode como deverá apresentar problemas posteriores sobre o recebimento destas cargas, desde trincas às grandes deformações.

A princípio, faz-se necessário o cálculo quanto ao índice grupo do solo, por meio da Equação 3.

$$IG = (P200 - 35)[0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01(P200 - 15)(IP - 10) \quad (eq. 3)$$

$$IG = (90 - 35)[0,2 + 0,005(60 - 40)] + 0,01(90 - 15)(25 - 10) \quad (eq. 3)$$

$$IG = (40)[0,2 + 0,005(20)] + 0,01(40)(15) \quad (eq. 3)$$

$$IG = 4 + 6 \quad (eq. 3)$$

$$IG = 10 \quad (eq. 3)$$

Analisando a Tabela 5, encontra-se o valor do índice suporte (IS) através do índice grupo (IG), o qual equivale a 6. Por conseguinte, utiliza-se a Equação 4, com a finalidade de determinar o índice suporte do subleito.

$$Is = \frac{IS_{cbr} + IS_{ig}}{2} \quad (eq. 4)$$

Onde o índice suporte C.B.R é dado pelo valor de resistência do C.B.R 100% no ensaio de *Proctor Normal*, cujo valor encontrado junto a Tabela 1, é dada pelo valor de 10.

Desta forma, tem-se:

$$Is(calculado) = \frac{10 + 6}{2} = \frac{16}{2} = 8 = IS(calculado) \quad (eq. 4)$$

Para “P”, que corresponde ao tempo de vida útil do pavimento a ser dimensionado, serão considerados 10 anos de vida útil, além de um crescimento de 2% aa. Para a determinação do crescimento anual, elaborou-se o Quadro 7, o qual relata o crescimento para os próximos 10 anos.

Quadro 7 – Crescimento anual dos veículos.

VEÍCULOS	ANOS	TOTAIS
2019		10.903
2020	1 ANO	11.121
2021	2 ANO	11.343
2022	3 ANO	11.570
2023	4 ANO	11.802
2024	5 ANO	12.038
2025	6 ANO	12.279
2026	7 ANO	12.524
2027	8 ANO	12.775
2028	9 ANO	13.030
2029	10 ANO	13.291

Fonte: Os autores.

Para a determinação do VDM, relaciona-se a Equação 5, a qual sinaliza-se como:

$$VDM = \frac{\left(\frac{(Vo + V10)}{2} * 0,5 \right)}{2} \quad (eq. 5)$$

Assim, utilizando a Equação 5, tem-se:

$$VDM = \frac{\frac{(10.903 + 13.291)}{2} * 0,5}{2} \sim 3.025 \text{ veículos por pista} \quad (eq. 5)$$

Quanto ao fator de veículo (fv), apresentado na Tabela 3, elabora-se com um somatório dos fatores de 2,66. Não obstante, para a determinação do fator regional climático (fr), sabe-se que nos últimos 12 meses a precipitação registrada na região do trecho em estudo foi de aproximadamente 1.775 milímetros. Neste caso, o FR adotado conforme Tabela 4 foi de 1,8.

Agora, para a obtenção do número equivalente de operações, representada pela Equação 2, temos os seguintes valores:

$$N = 365 * P * VDM * FV * FR \quad (eq. 2)$$

$$N = 365 * 10 * (3.025) * 2,66 * 1,8 \quad (eq. 2)$$

$$N = 5,29 * 10^6 \quad (eq. 2)$$

Para a determinação da espessura do revestimento analisa-se a Figura 4. Desta forma, encontrou-se o resultado com uma espessura mínima de concreto betuminoso com 7,5 centímetros de espessura, visto que o resultado de $5,29 \times 10^6$ encaixa na condição de $5 \times 10^6 < N \leq 10^7$.

Por questões de economia, foram adotados 5,0 centímetros de revestimento betuminoso – Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ), mais 2,5 centímetros de camada de ligação.

Assim, pode-se partir para os cálculos tanto da base, sub-

base e reforço do subleito. Para tanto, aplicaram-se os coeficientes de equivalência estrutural, segundo a AASHTO (1993), de acordo com a Figura 5, utilizando-se das equações 6, 7 e 8 respectivamente.

$$R \times Kr + B \times Kb \geq H20 \times 1,20 \quad (eq. 6)$$

$$7,5 \times 2 + B \times 1,0 \geq 25 \times 1,20 \quad (eq. 6)$$

$$15 + B \times 1,0 \geq 30 \quad (eq. 6)$$

$$B \geq 15,0 \text{ centímetros} \quad (eq. 6)$$

Desta forma, a utilização da altura da base executou-se em 15 centímetros de espessura. A partir disso, a sub-base passou por uma verificação, expressa pela Equação 7 para expor a sua necessidade. Além disso, fora utilizado o mesmo tratamento adotado para a base com um solo reforçado, apoiado em um reforço do subleito tratado com grita graduada, com um índice de suporte equivalente a 12.

$$R \times Kr + B \times Kb + h20 \times Ks \geq Hn \quad (eq. 7)$$

$$7,5 \times 2 + 15 \times 1,0 + h20 \times 1,0 \geq 36 \quad (eq. 7)$$

$$15 + 15 + h20 \times 1,0 \geq 36 \quad (eq. 7)$$

$$h20 \geq 6,0cm - \text{Adotando } h20 = 10 \text{ centímetros.} \quad (eq. 7)$$

Logo, devido à espessura da sub-base ter se apresentado em 6 centímetros, para a melhoria na execução, adotou-se uma espessura de 10 centímetros. Vê-se, pois, que a estruturação do reforço do subleito fora elaborada por meio da equação 8, adotando-se um coeficiente de tratamento em camada granular equivalente a 0,80 e apoiado no subleito, cujo índice suporte correspondeu a um IS=8.

$$R \times Kr + B \times Kb + h20 \times Ks + hn \times Kref \geq Hm \quad (eq. 8)$$

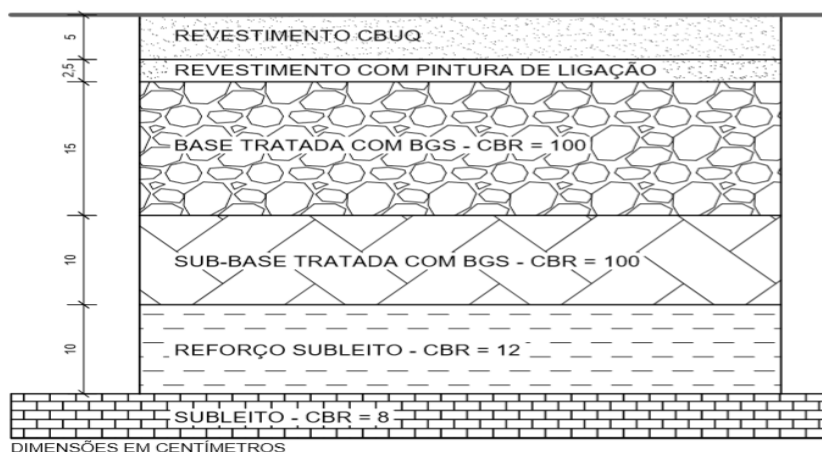
$$7,5 \times 2 + 15 \times 1,0 + 10 \times 1,0 + hn \times 0,8 \geq 44 \quad (eq. 8)$$

$$40 + hn \times 0,8 \geq 44 \quad (eq. 8)$$

$$hn \geq 5 \text{ centímetros} \sim 10 \text{ centímetros} \quad (eq. 8)$$

Consoante norma regulamentadora, toda e qualquer camada de reforço deve obrigatoriamente ter uma espessura mínima de 10 centímetros após a compactação. Posto isto, para o reforço do subleito adotou-se uma espessura de 10 centímetros. A representação da seção transversal do pavimento está representada na Figura 15.

Figura 15 – Representação gráfica da seção transversal do pavimento.



Fonte: Os autores.

4. CONCLUSÃO

As patologias apresentadas no trecho relatam-se devido a grande utilização deste modal, o que não por acaso, que se observa a economia nacional se apresenta refém deste modal, na medida em que a comercialização de produtos torna-se dependente da malha viária, ainda que existam outros meios em determinadas etapas comerciais.

Ao realizar a avaliação do pavimento, verificou-se a precariedade do pavimento flexível que serve de junção entre as cidades de Água Boa/PR e Paiçandu/PR. Esse trecho apresenta-se com

diversas patologias por toda a sua extensão, as quais impedem que o deslocamento por estas cidades seja realizado de maneira confortável e segura, levantando, assim, um sinal de alerta para com a via enquanto a mesma não for recuperada. No momento, a malha asfáltica apresenta-se em um processo de duplicação já iniciado. Contudo, devido problemas burocráticos está em um ritmo baixo. Além disso, a proposta de dimensionamento de um novo pavimento se fez interessante, pois possibilita uma nova alternativa para a estabilização do solo, levando em consideração a facilidade de obtenção dos materiais utilizados para este serviço.

5. REFERÊNCIAS

AASHTO – American Association of State Highway and Transportation Officials. **Guide for design of pavement structures**. Washington, D.C. : The Association, 1993.

ARTERIS. **Remendos em pavimentos**. Rio de Janeiro: Centro de Desenvolvimento Tecnológico - Arteris Brasil, nov. 2015.

BERNUCCI, L. B. et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras: Abeda, 2008. 475 p.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 005/2003 – TER: Defeitos nos pavimentos flexíveis e semirrígidos - Terminologia**. Rio de Janeiro: IPR, 2003, 12 p.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de pavimentação**. 2. Ed. Rio de Janeiro: IPR, 2006. 314 p.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT – ES 314/97: Pavimentos Flexíveis – Lama Asfáltica – Especificação de Serviços**. Rio de Janeiro: IPR, 2009. 9p.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. **DNIT 035/2005 – ES: Pavimentos flexíveis - Micro revestimento asfáltico a frio com emulsão modificada por polímero – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro: IPR, 2005. 09 p.

CAVALCANTE, D. G. et al. Levantamento visual das patologias na cidade de Ma-

naus-AM. **Teoria e Prática na Engenharia Civil**, n.19, p.77-87, Maio, 2012. Disponível em: <http://www.editoradunas.com.br/revistatpec/Art7_N19.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2019.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGENS DO ESTADO DO PARANÁ. **DER/PR ES-P 19/05: PAVIMENTAÇÃO: CAPA SELANTE**. Curitiba: Departamento de Estradas e Rodagens, 2005. 13 p.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS E RODAGENS. **ET-DE-P00/038: FRESAGEM DE PAVIMENTO ASFÁLTICO**. São Paulo: Secretaria de Transportes, 2006. 6 p.

FRANCO, F. A. C. P. Método de dimensionamento mecânico-empírico de pavimentos asfálticos - **SisPav**. Tese de doutorado - Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 294p., 2007.

HAIDEN, A. M. H. **Manifestações Patológicas De Pavimento Asfáltico – Estudo De Caso: Rodovia PR-323 – Km 175 A Km 179**. Repositório Digital UNICESUMAR. Maringá, 2018. Disponível em: < <http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/668>>. Acesso em: 8 jul. 2019.

GOMES, B. N. R., **A Importância Da Conservação Do Pavimento Rodoviário Para Aumentar O Tempo de Vida Útil Da Rodovia**. Repositório Digital UNICESUMAR. Maringá, 2018.

GOOGLE MAPS. Disponível em: <>. Acesso em: 6 jul. 2019.

MINHOTO, M. J. C. **Consideração da temperatura no comportamento à reflexão de fendas dos reforços de pavimentos rodoviários flexíveis**. Tese (Doutorado). Escola de Engenharia, Engenharia Civil, Universidade do Minho, Portugal. 329 f. 2005.

NOGUEIRA, F. L. R. et al. **Análise qualitativa da sinalização, desempenho mecânico e patologias do sistema viário do Campus Universitário de Belém – UFPA**. ANTP, [S. l.], 2012. Disponível em: http://files-server.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2013/10/07/CE7F78C0-3660-4AB4-AF6D-963B7825C030.pdf>. Acesso em: 30 maio 2019.

ROCHA, R. S.; COSTA, E. A. L. **Patologias de Pavimentos Asfálticos e suas Recuperações - Estudo de Caso da Avenida Pinto de Aguiar**. Universidade Católica de Salvador: Bahia, 2009.

SANTOS, A. R. **O uso do pneu para pavimentação**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. 93 p. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-9A5G3S/monografia_especializa_o_curso_constru_o_civil.pdf?Sequence=1>. Acesso em: 20 jun. 2019.

UNIEDUSUL
EDITORA



wbook
Gráfica e Editora

ISBN 978-658027716-2



9

7 8 6 5 8 0

2 7 7 1 6 2