

Edmir dos Santos Jesus
Antônio Pereira Júnior
José Moacir Ferreira Ribeiro

Organizadores

AS MÚLTIPLAS VISÕES DO MEIO AMBIENTE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS

Vol. 3



UNIEDUSUL
EDITORA

**EDMIR DOS SANTOS JESUS
ANTÔNIO PEREIRA JÚNIOR
JOSÉ MOACIR FERREIRA RIBEIRO**

**AS MÚLTIPLAS VISÕES DO MEIO AMBIENTE E OS IMPACTOS
AMBIENTAIS (VOLUME 3)**



2020 Uniedusul Editora
Copyright da Uniedusul Editora
Editor Chefe: Profº Me. Welington Junior Jorge
Diagramação e Edição de Arte: Uniedusul Editora
Revisão: Os autores

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

As múltiplas visões do meio ambiente e os impactos ambientais [livro eletrônico] / [organização Antonio Pereira Junior, Edmir dos Santos Jesus]. -- Paragominas, PA : Ed. dos Autores, 2020.
PDF

Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-00-09610-1

1. Educação ambiental 2. Impacto ambiental
3. Meio ambiente - Preservação 4. Resíduos sólidos
5. Sustentabilidade I. Pereira Junior, Antonio.
II. Jesus, Edmir dos Santos.

20-45209

CDD-304.2

Índices para catálogo sistemático:

1. Meio ambiente e impactos ambientais : Ecologia humana 304.2

Cibele Maria Dias - Bibliotecária - CRB-8/9427



10.29327/524756

Registro de direitos autorais (CBL): DA-2020-0003300.

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

PREFÁCIO

A produção de conhecimento sobre a região amazônica, com especial abordagem sobre o estado do Pará, proporciona a possibilidade de melhor conhecermos o ambiente onde estamos inseridos numa perspectiva interdisciplinar; e nessa proposta apresentamos o terceiro volume intitulado “AS MÚLTIPLAS VISÕES DO MEIO AMBIENTE E OS IMPACTOS AMBIENTAIS”.

Os autores, que apresentam uma história de ensino, pesquisa, extensão e produção científica na Amazônia considerável, conseguiram compilar um conjunto de informações na busca de temas que englobam temáticas como, Meio ambiente; Invertebrados aquáticos e a qualidade da água; Uso e ocupação do solo e a urbanização; entre outros, assuntos estes indispensáveis para constar na nossa biblioteca virtual, juntamente com os volumes anteriores já publicados.

Proporcionar a comunidade acadêmica, profissionais da grande área “Meio Ambiente” e a sociedade, assuntos oriundos das mais diversas bases de dados dos autores, capítulos que abordam conteúdos que relatem sobre energias renováveis, resíduos, contaminação, cobertura vegetal, educação ambiental, biomonitoramento, variáveis meteorológicas, fauna aquática, entre outros, possibilitam ter uma visão de aspectos e processos sociais, econômicos e ambientais de territórios dentro do estado, que necessitam de gerenciamento ambiental como forma de garantir melhorias do meio ambiente e da qualidade de vida como assuntos relevantes para o desenvolvimento sustentável e como resultado o bem-estar social.

A sustentabilidade da região e seus recursos naturais, seja no meio urbano ou rural, potencializam o envolvimento dos diversos sistemas de conhecimento, encontram-se interligados aos diversos fatores e dimensões conhecidos por todos, os quais se não forem geridos de forma correta provocam consequências indesejáveis com riscos socioambientais, como poluição ambiental, prejuízos à saúde humana e animal, alterações prejudiciais no funcionamento do ecossistema, na economia e na população.

Desta forma, convido a todos a fazer uma leitura dos artigos deste e-book na certeza do aprendizado multidisciplinar e prazeroso, possibilitando a interpretação e discussão de resultados atuais, interagindo com o conhecimento na área do meio ambiente.

Carlos José Capela Bispo

**Pró-reitor de Gestão e Planejamento
Universidade do Estado do Pará-UEPA**

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1..... | 07 |
| ENERGIAS RENOVÁVEIS E AS ALTERNATIVAS DAS MATRIZES ENERGÉTICAS SUSTENTÁVEIS | |
| <i>Gabriela Brito de Souza</i> | |
| <i>Milena Brito de Souza</i> | |
| <i>Washington Aleksander Savaris dos Santos</i> | |
| <i>Talyson de Lima Queiroz</i> | |
| <i>Antônio Vinícius Uchôa Pinheiro</i> | |
| <i>Antônio Gama Paiva</i> | |
| <i>Rodolfo Pereira Brito</i> | |
| <i>Edmir dos Santos Jesus</i> | |
| <i>Antônio Pereira Júnior</i> | |
| CAPÍTULO 2..... | 24 |
| QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS-PA | |
| <i>Darci Augusto Moreira</i> | |
| <i>Luana Lima Souza</i> | |
| <i>Ronilson Rosário Lobo</i> | |
| <i>Antônio Pereira Júnior</i> | |
| <i>Rodolfo Pereira Brito</i> | |
| <i>Alberto Carlos de Melo Lima</i> | |
| CAPÍTULO 3..... | 33 |
| COMPARAÇÃO DOS SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL PRESENTES NOS PROGRAMAS DE CERTIFICAÇÃO LEED, AQUA, SBQP-H E SELO CASA AZUL | |
| <i>Darci Augusto Moreira</i> | |
| <i>Luana Lima Souza</i> | |
| <i>Ronilson Rosário Lobo</i> | |
| <i>Antônio Pereira Júnior</i> | |
| <i>Rodolfo Pereira Brito</i> | |
| CAPÍTULO 4..... | 46 |
| REVISÃO INTEGRATIVA ACERCA DOS RESÍDUOS SIDERÚRGICOS E POTENCIAL DE RECICLAGEM | |
| <i>Mateus do Carmo Rocha</i> | |
| <i>Milena Pupo Raimam</i> | |
| <i>Thais Binow Dias</i> | |
| <i>Alisson Rangel Albuquerque</i> | |
| CAPÍTULO 5..... | 65 |
| CONTAMINAÇÃO DO SOLO EM VAZADOURO A CÉU ABERTO NO MUNICÍPIO DE CAPITÃO POÇO, AMAZÔNIA ORIENTAL | |
| <i>Giselli da Silva Almeida</i> | |
| <i>Suzi dos Santos Dias</i> | |
| <i>Carlos José Capela Bispo</i> | |
| <i>Josiane Matos Rocha</i> | |
| <i>Hyago Elias Nascimento Souza</i> | |

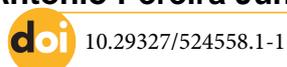
| | |
|--|------------|
| CAPÍTULO 6..... | 77 |
| COMPARATIVO DA COBERTURA VEGETAL SOBRE A PRAÇA CÉLIO MIRANDA, NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS, PARÁ | |
| <i>Milena Brito de Souza</i> | |
| <i>Quézia dos Santos Araújo</i> | |
| <i>Gabriel Nunes Antunes</i> | |
| <i>Edmir dos Santos Jesus</i> | |
| <i>Antônio Pereira Junior</i> | |
| CAPÍTULO 7..... | 88 |
| A IMPORTÂNCIA DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO ENSINO DE BIOLOGIA: EDUCAR PARA PRESERVAR | |
| <i>Márcia de Nazaré Sacco dos Santos</i> | |
| <i>Cláudio Adriel Peniche Braga</i> | |
| CAPÍTULO 8..... | 96 |
| EDUCAÇÃO AMBIENTAL COMO FERRAMENTA DE SENSIBILIZAÇÃO E CONSCIENTIZAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE - APPs EM IGARAPÉS URBANOS | |
| <i>Milena Míria Nobre Campos</i> | |
| <i>Ione Iolanda dos Santos</i> | |
| <i>Leidiane Leão de Oliveira</i> | |
| <i>Rodolfo Maduro Almeida</i> | |
| CAPÍTULO 9..... | 110 |
| EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA: REDE DE INFORMAÇÕES HIDROAMBIENTAIS VERSUS EDUCAÇÃO AMBIENTAL | |
| <i>Gabriel Munis da Silva</i> | |
| <i>Leidiane Leão de Oliveira</i> | |
| <i>Ione Iolanda dos Santos</i> | |
| <i>Rodolfo Maduro Almeida</i> | |
| CAPÍTULO 10..... | 124 |
| BIOMONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NAS RUAS E AVENIDAS DO BAIRRO DO MARCO, BELÉM, PARÁ | |
| <i>Raphael de Abreu Ferreira</i> | |
| <i>Eliane de Castro Coutinho</i> | |
| <i>Otávio Cascais Dourado Junior</i> | |
| <i>Lucy Anne Cardoso Lobão Gutierrez</i> | |
| <i>Hebe Morganne Campos Ribeiro</i> | |
| <i>Maricely Jenette Uria Toro</i> | |
| CAPÍTULO 11..... | 137 |
| OBSERVAÇÃO NO CONFORTO TÉRMICO EM DIFERENTES PONTOS NO PERÍMETRO URBANO DE MARABÁ, PARÁ | |
| <i>Gleysla Gonçalves de Carvalho Fernandes</i> | |
| <i>Luana do Carmi Oliveira Ferreira</i> | |
| <i>Natália Lopes Medeiros</i> | |
| <i>Nilzele de Vilhena Gomes Jesus</i> | |
| <i>Edmir dos Santos Jesus</i> | |

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 12..... | 148 |
| OBSERVAÇÕES MICROMETEOROLÓGICAS REALIZADAS EM DIFERENTES LOCAIS NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS, PARÁ | |
| <i>Layane Jesus dos Santos</i> | |
| <i>Quézia dos Santos Araújo</i> | |
| <i>Genilson Maia Corrêa</i> | |
| <i>Mateus Souza da Silva</i> | |
| <i>Edmir dos Santos Jesus</i> | |
| CAPÍTULO 13..... | 159 |
| ESTUDO DOS MACROINVERTEBRADOS EM DOIS TRIBUTÁRIOS DO RIO ARIENGA EM BARCARENA NO ESTADO DO PARÁ | |
| <i>Silvia Tereza da Silva Alves</i> | |
| <i>José Moacir Ferreira Ribeiro</i> | |
| CAPÍTULO 14..... | 172 |
| CASOS DE MALÁRIA NOTIFICADOS NOS ÚLTIMOS ANOS NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS, PARÁ | |
| <i>Jaqueline Prestes de Cristo</i> | |
| <i>Andreia Fernandes Gonçalves</i> | |
| <i>Adriana Santos da Silveira</i> | |
| <i>Antônio Pereira Júnior</i> | |
| LISTA DE AUTORES..... | 184 |
| SOBRE OS ORGANIZADORES..... | 187 |

[CAPÍTULO 1]

**ENERGIAS RENOVÁVEIS E AS ALTERNATIVAS DAS MATRIZES ENERGÉTICAS
SUSTENTÁVEIS**

**Gabriela Brito de Souza
Milena Brito de Souza
Washington Aleksander Savaris dos Santos
Talyson de Lima Queiroz
Antônio Vinícius Uchôa Pinheiro
Antônio Gama Paiva
Rodolfo Pereira Brito
Edmir dos Santos Jesus
Antônio Pereira Júnior**



INTRODUÇÃO

Os impactos ocasionados pela geração de energias com combustíveis fósseis como, por exemplo, petróleo, gás natural, carvão mineral e fontes nucleares como urânio (U) e plutônio (Pu), tem gerado uma série de prejuízos na biodiversidade natural (Ex.: perda de *habitat*, contaminação a longo prazo), além da emissão de poluentes ou gases intensificadores do efeito estufa: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), o que prejudica a sustentabilidade (SÁ et al., 2019).

Esses combustíveis não são passíveis de renovação, e isso é preocupante, especialmente à classe empresarial e comercial, pois, elas são a base de funcionamento das indústrias nacionais e multinacionais. Logo, os investimentos em matrizes energéticas alternativas como, por exemplo, energia eólica, solar e geotérmica, contribuem para a sustentabilidade, já que são fontes “limpas” de energias e podem ser utilizadas em largas escalas porque geram o mínimo de impacto possível no produto final (RANGEL; BORGE; SANTOS, 2016).

Em relação a estas fontes, no contexto brasileiro, há um grande potencial para a instalação de recursos energéticos sustentáveis como, por exemplo, os recursos hídricos, pois o país apresenta uma grande disponibilidade de rios e tributários que podem ser utilizados na geração de energia (DUPONT; GRASSI; ROMITTI, 2015).

Sobre a inserção dessa matriz no território nacional, o país apresenta o maior potencial hidrelétrico do mundo, totalizando 260 mil MW (ELETROBRÁS, 2015). Segundo dados do agência nacional de energia elétrica (2019), apesar dela ser a principal causadora da modificação da fauna e flora nacional durante o processo de implantação, a energia

proveniente de fonte hidráulica ainda representa 76,9 % da oferta interna de energia elétrica, isso é devido ao fato de que a mesma em relação ao produto final, não é poluente (SILVA; SOUZA, 2017).

Como o território brasileiro apresenta clima tropical, relevos montanhosos, serras, morros, esse cenário mostra-se propício à implementação de novas fontes de energia que consigam atender à necessidade energética do país e diminuir a dependência das UH's. Nesse contexto, tem-se a energia eólica que funciona com os denominados “aerogeradores”; outra alternativa, é a energia solar (fonte renovável proveniente do sol) que poderá atender a demanda energética brasileira, e possibilitar o acesso em locais onde a instalação de fiação elétrica convencional é difícil e inviável, especialmente na região nordeste do país (CABRAL; VIEIRA, 2019).

Na região Amazônica, a acessibilidade a essas novas matrizes energéticas, deve-se ao fator clima, devido algumas características próprias como a estação chuvosa e menos chuvosa, pois o clima da região é articulado por fenômenos de escala local, regional e global no sistema terra-oceano-atmosfera, tais como: linhas de instabilidade, brisa fluvial e pelo período da ocorrência de *El Niño* e *La Niña*. Os mesmos por estarem associados com a interação dos sistemas precipitantes, logo, poderá ser necessário o uso de acumuladores de energia, auxiliados pela energia hídrica para suprir a ausência da energia solar (BARROSO et al., 2019).

Diante dos problemas de reposição de recursos naturais geradores de energia e de fontes alternativas com o mínimo de impacto possível, justifica-se a realização dessa pesquisa e a relevância dela, cujo objetivo foi analisar qualitativamente e quantitativamente a viabilidade no uso de matrizes energéticas “limpas” no Brasil.

METODOLOGIA

O método utilizado foi o de revisão bibliográfica sistemática, adaptado a partir do sintetizado por Cunha, Cunha e Alves (2014). Nele, os autores afirmam que se trata de uma pesquisa integrativa – qualitativa e quantitativa, com técnicas de cunho científico, e que permite uma análise criteriosa de literaturas relevantes específicas pretéritas, de modo a compor um novo estudo, com resultados pré-existentes.

O levantamento dos dados documentais foi realizado a partir de periódicos nacionais indexados, com recorte temporal para os últimos dez anos (2010 a 2019), porém com especial atenção aos últimos cinco anos (2016 a 2020). Isso é justificado pela efetividade de informações mais recentes e que tenham abrangência dentro do período analisado. Para

isso, foram acessadas as plataformas digitais com acesso livre: Google Acadêmico, Revista Brasileira de Energias Renováveis e Anais de Congressos.

Após o acesso aquelas plataformas, efetuou-se a seleção das literaturas científicas com a aplicação do método **DECS** (**DE**scritores em **CI**ências da **SA**úde) adaptado a energias renováveis, devido à maior frequência dos descritores ambientais usados para selecionar e delimitar um campo da ciência que será objeto de estudo, com o intuito de indexar artigos pertinentes para a pesquisa, além de auxiliar nas bases de dados que foram consultadas (POMPEI, 2010).

Com base nesses argumentos foram utilizados cinco descritores seletivos associados ao ambiente: (1) Energias Renováveis; (2) Energia Fotovoltaica; (3) Placas Solares; (4) Sustentabilidade e (5) Consumo Eficiente. Tais descritores são relevantes e necessários para a sustentação do trabalho em questão. Eles devem estar inclusos em três seções das publicações selecionadas: título, resumo, e/ou nas palavras chaves, de maneira individual ou associados.

Para melhor seleção, empregou-se o método booleano sintetizado por Treinta et al. (2014). Ele consiste em um método matemático probabilístico, com o uso de conectivos e expressões como: “e (*and*)” e “ou (*or*)”, não (*not*) e “mais (*more*)”, de modo a explicar a relação entre descritores ambientais encontrados nas pesquisas selecionadas através de situações lógicas.

Os dados obtidos foram tratados estatisticamente com o uso de planilha eletrônica contida no *software* Microsoft Office Excel® 2013. Em seguida, efetuou-se a Estatística Descritiva: frequência absoluta (*fi*), relativa (*fr* %) e média aritmética (\bar{x}), para verificar o uso dos cinco descritores nas três seções (Título, Resumo e Palavras-chave) dos artigos selecionados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Seleção da Literatura

Para esta seleção, os dados obtidos e analisados indicaram que das 21 literaturas pré-selecionadas, a maioria delas ($n = 20$; 95,2%) continham os descritores ambientais seletivos nas três seções analisadas. Elas foram organizadas em ordem cronológica (Quadro 1).

Quadro 1. Relação, em ordem cronológica, das literaturas científicas selecionadas para a composição da revisão sistemática. **Continua**

| A.P. | Aa | Título | P.; v., n. pp. |
|------|---|--|--|
| 2010 | Souza, R. L. S.; Silva F. R. C.; Silva, N. F | Aproveitamento da energia solar na iluminação pública de Florianópolis | Revista Ilha Digital, v. 2, n.1, p. 69-74. |
| 2014 | Gomes, C. A.; Franco, R.; Calado, D. | Energias renováveis em Portugal: evolução e perspectivas. | Revista Eletrônica de Direito Público, v. 1, n. 1, p. 365-398. |
| 2015 | Dassi, J. A. et al. | Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica de em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil | XXII Congresso Brasileiro Custos, v.1, n. 22, p. 1-16 |
| 2015 | Dupont, F. H.; Grassi, F.; Romitti, L. | Energias Renováveis: buscando por uma Revista Eletrônica em matriz energética sustentável. | Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 19, n. 1, p. 70-81. |
| 2015 | Segundo, D.; Mota, M.; Viera A. | Aerador de Piscicultura alimentado com Fonte de Energia Solar | Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.4, n. 2 p. 01-14. |
| 2015 | Silva, B. F.; Ferreira, J. S.; Benarrosh, P. F. P. M. | Energia solar: benefícios das placas solares em telhas de barro sustentáveis. | II Encontro de Ciência e Tecnologia, v. 2, n. 2, p. 1228-131 |
| 2016 | Kemerich, P. D. C. et al. | Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo | Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v.20, n. 1, p. 241-247. |
| 2016 | Ozelame, A. C. C. et al. | Proposta de sustentabilidade para geração de energia solar no Loteamento Canaã na cidade de Passo Fundo/RS-Brasil: viabilidade e análise | 5º SICS Seminário Internacional de Construções Sustentáveis, v.1, n.5, p.1-6 |
| 2016 | Rangel, M. S.; Borges P. B.; Santos I. F. S. | Análise comparativa de custos e tarifas de energias renováveis no Brasil. | Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.5, n.3, p.267-27 |
| 2016 | Silva, G. D. P.; Souza M. J. R. | Análise de variáveis de projeto de sistema solar fotovoltaico utilizando o modelo sam: uma comparação entre Belém, Fortaleza e Brasília. | Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.5, n.2, p.297-312 |
| 2017 | Santos, G. H. F.; Nascimento, R. S.; Alves G. M. | Biomassa como energia renovável no Brasil. | Revista UNINGÁ Review, v..29, n.2, p.06-13 |
| 2017 | Traldi, R. C.; Slade G. G.; Slade, N. B. L. | Utilização de sistema solar fotovoltaico estudo de caso residencial e industrial. | Revista Eletrônica Engenharia Estudos e Debates, v.1, n.1, p. 06-13 |
| 2017 | Torres, I. C.; Souza, L. F. L. | Análise dos parâmetros elétricos de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica de uma residência. | Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.7, n.2, p. 170-178 |
| 2017 | Vier, L. C. et al. | Estudo de viabilidade para utilização de placas fotovoltaicas em habitações populares. | VI Fórum de Sustentabilidade Corede Alto Jacuí, v.5, n. 1, p. 49-52. |
| 2018 | Alves, S. L; Hage, S. N. S.; Pereira Junior, A. | A Usina Hidrelétrica de Belo Monte (Altamira, Estado do Pará, Norte do Brasil), o reassentamento urbano coletivo e a avaliação de impactos ambientais. | Revista Brasileira de Gestão ambiental e Sustentabilidade, V. 5, n.9, p. 49 – 74. |

Fonte: Elaborada a partir de dados contidos nas literaturas acima citadas

Quadro 1. Relação, em ordem cronológica, das literaturas científicas selecionadas para a composição da revisão sistemática. **Conclusão.**

| | | | |
|------|----------------------------|--|--|
| 2018 | Serafim Junior, V., et al. | Energia fotovoltaica residencial: uma análise econômico financeira de viabilidade | Revista de Ciências Empresariais UNIPAR, Umuarama, v. 19, n. 2, p. 273-290 |
| 2019 | Cabral, I.; Vieira, R. | Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente. | III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental v.1, n. 3, p. 1-12 |
| 2019 | Carraro, F. et al. | Energia solar: os benefícios da energia solar para o consumidor caxiense. | 3º Congresso de Responsabilidade Socioambiental, v.3, n.1, p. 166-167 |
| 2019 | SÁ, R.J.S. et al. | Energias renováveis: energia solar fotovoltaica e energia eólica | Multidisciplinary reviews, v.2 n.1.p. 1-7, 2019. |
| 2019 | Silva, M. M. et al. | Viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica em uma indústria alimentícia. | Brazilian Journal of Production Engineering, v. 5, n. 4, p. 113-121. |

Legendas: AP: Ano de Publicação; AA: Autores; P.; V., N.PP.: Página, volume, edição.

Fonte: Elaborada a partir de dados contidos nas literaturas acima citadas

Em relação a seção e quantificação dos descritores escolhidos para esta pesquisa, os dados obtidos indicaram que “Energia Fotovoltaica” foi a mais prolifera na seção título, bem como “Energia renovável”, nas palavras-chave (Tabela 1).

Tabela 1. Valores para frequência relativa (%) quanto a ocorrência individual de descritores em três seções (título, resumo, palavras-chave) das literaturas científicas selecionadas.

| Descritores | Seções analisadas | | | | | | | | |
|----------------------|-------------------|---------------|-----------|-----------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|
| | Título | | | Resumo | | | Palavra-chave | | |
| | <i>fi</i> | <i>fr (%)</i> | \bar{x} | <i>Fi</i> | <i>fr (%)</i> | \bar{x} | <i>fi</i> | <i>fr (%)</i> | \bar{x} |
| Energia fotovoltaica | 12 | 75 | 0,6 | 07 | 87,5 | 0,4 | 09 | 64,3 | 0,5 |
| Energia renovável | 03 | 18,7 | 0,2 | 01 | 12,5 | 0,05 | 04 | 28,6 | 0,2 |
| Placas solares | 01 | 6,2 | 0,1 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| Sustentabilidade | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 01 | 6,2 | 0,1 |
| Total | 16 | 100 | 1,0 | 0,8 | 100 | 0,45 | 14 | 96,1 | 0,8 |

Legendas: frequência absoluta (*fi*); frequência relativa (*fr %*) e média aritmética (\bar{x}).

Os dados obtidos também indicaram que os pesquisadores utilizaram o descritor placas solares e sustentabilidade com menor frequência ($n = 6,2\%$), o que representa uma média de aproximadamente 0,1. Acerca do uso dos descritores, na perspectiva de Galvão e Pereira (2014), a partir de uma revisão bibliográfica, concluíram que os valores obtidos, estão diretamente relacionados com o total de literaturas verificadas de forma isolada, o que vem a interferir na quantidade do descritor.

Para a relação autor e uso do descritor foi verificado nos dados obtidos que a minoria ($n = 7$; 33,33%) utilizaram dois, dos cinco descritores seletivos, de forma isolada (Tabela 2).

Tabela 2. Descritores tratados individualmente nas três seções (Título, Resumo e Palavras-chaves). Paragominas – PA.

| Descritores | $n = fi ; fr (%)$ | \bar{x} | Autores e Ano da Publicação |
|----------------------|-------------------|-----------|--|
| Energia Fotovoltaica | 06; 85,71% | 0,31 | Cabral et al. (2019); Dassi et al. (2015); Silva et al. (2016); Silva et al. (2017); Torres et al. (2017) e Trakdi et al. (2017) |
| Energia Renovável | 01; 14,29% | 0,05 | Gomes et al. (2014) |

Fonte: Autores (2020)

Quanto a aplicação dos descritores seletivos nas três seções (título, resumo e palavras-chaves) das literaturas selecionadas, verificou-se que a seção ‘Título’ foi mais prolífera ($n= 16$) em relação dos descritores aplicados porque nela, foram identificados só três descritores citados individualmente: EFV ($n =12$; 75%); ER ($n = 3$; 18,75%) e PS ($n = 1$; 6,25 %). Aqui, dois descritores (consumo eficiente e sustentabilidade) não foram identificados nessa seção como mostra a Tabela 3.

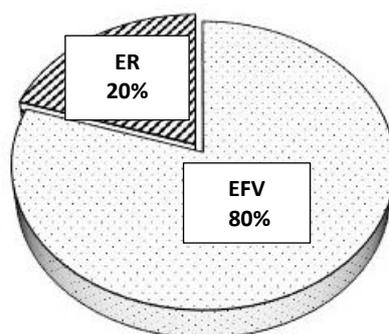
Tabela 3. Descritores tratados individualmente na seção “Título”.

| Descritores | $n = fi ; fr (%)$ | Autores e Ano da Publicação |
|----------------------|-------------------|--|
| Energia fotovoltaica | 12; 75,00% | Carraro et al. (2019); Cabral et al. (2019); Dassi et al. (2015); Kemerich et al. (2016); Segundo et al. (2015); Serafim et al. (2018); Silva et al. (2016); Silva et al. (2017); Silva et al. (2019); Souza et al. (2010); Torres et al. (2017) e Traldi et al. (2017) |
| Energia Renovável | 3; 18,75% | Gomes et al. (2014); Rangel et al. (2016) e Santos et al. (2017) |
| Placas Solares | 1; 6,25% | Vier et al. (2017) |

Fonte: Autores (2020)

Sobre a aplicação de descritores, Rocha et al. (2016), realizaram pesquisa que demonstrou que a utilização de descritores ambientais em seções, para a composição das revisões sistemáticas é de suma importância, uma vez que utilizam-se ferramentas e documentos com didáticas claras e objetivas, que auxiliam para o êxito da metodologia aplicada.

Para a seção “Resumo” os dados indicaram que “energia fotovoltaica” foi o descritor mais citado ($n = 7$; 87,50%), seguido por “energia renovável” ($n = 1$; 12,50%), (Figura 1).

**Figura 1.** Frequência Relativa (%) para a seção Resumo. Paragominas – PA.

Fonte: autores (2020)

Finalmente, na última seção, “Palavras-chaves”, “energia fotovoltaica” encontrou-se em ($n = 9$; 64,28%) citações, logo após foi indicado a presença de “energia renovável” ($n = 4$; 28,57%) e “sustentabilidade” ($n = 1$; 7,14%), como visto na Figura 2.

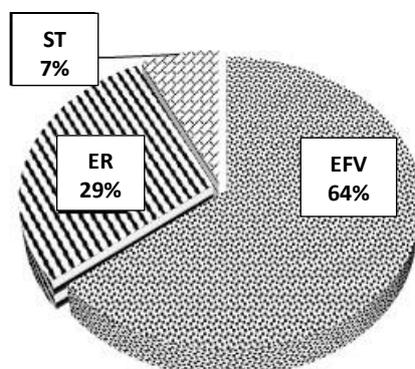


Figura 2. Frequência Relativa (%) para a seção Palavras-chaves. Paragominas – PA.
Fonte: autores (2020)

Sobre as literaturas que apresentaram descritores seletivos utilizados “em pares” ($n = 8$; 38,10%) de quatro formas diferentes vistos na Tabela 4.

Tabela 4. Descritores associados em dupla. Paragominas – PA.

| D.P | $n = fi ; fr (%)$ | Autores e Ano da Publicação |
|------|-------------------|--|
| 1; 2 | 5; 62,50% | Carraro et al (2019); Kemerech et al. (2016); Rangel et al (2016); Serafim Junior (2018) e Silva et al. (2019) |
| 1; 3 | 1; 12,50% | Vier et al. (2017) |
| 1; 4 | 1; 12,50% | Santos et al. (2017) |
| 2; 4 | 1; 12,50% | Ozelame et al. (2016) |

Legendas: D.P – Descritores pareados; 1, Energias renováveis; 2, fotovoltaica; 3, Placas solares; 4, Sustentabilidade.

Fonte: autores (2020)

Ademais, os artigos científicos ($n = 5$; 23,81%) que trataram dos descritores “em trio” em três sequências diferentes 1; 2; 3; 1; 2; 4 e 1; 3; 4 (Tabela 5).

Tabela 5. Descritores seletivos utilizados pelos autores associados em trio em Paragominas-PA.

| D.A.T | $n = fi ; fr (%)$ | Autores e Ano de Publicação |
|---------|-------------------|--|
| 1; 2; 3 | 2; 40,0% | Souza et al. (2010); Segundo et al. (2010) |
| 1; 2; 4 | 2; 40,0% | Dupont et al. (2015); Sá et al. (2019) |
| 1; 3; 4 | 1; 20,0% | Silva et al. (2015) |

Legendas: D.A.T – Descritores Associados em Trio; n (amostragem) = fi (frequência absoluta); fr (frequência relativa %); 1 – Energias renováveis; 2 - fotovoltaica; 3 – Placas solares; 4 – Sustentabilidade.

Fonte: autores (2020)

Verificou-se que houve associações entre os descritores 1; 2; 3 tratados por Souza et al. (2010); Segundo et al. (2010). Observou-se ainda outras relações entre 1; 2; 4

abordados por Dupont et al. (2015); Sá et al. (2019). Além disso, os pesquisadores Silva et al. (2015), preocuparam-se em estudar a relação entre 1; 3; 4. Logo, as associações dos descritores em trio, foi mais prolifera nas duas primeiras sequências (1; 2; 3 e 1; 2; 4) dos descritores analisados, o que representa uma parcela significativa de literaturas (80%), já no que se refere a terceira sequência, a mesma apresentou uma frequência relativa inferior (20%) para a associação entre os descritores 1; 3; 4.

Energias Renováveis

Os dados obtidos e analisados indicaram que as energias alternativas ou renováveis (eólica, solar e hidrelétrica), quanto ao produto final, são uma excelente fonte para mitigar impactos negativos, em especial as emissões de gases poluentes como o metano (CH₄) e a perda de *habitat* que as energias não renováveis, tanto na instalação quanto no produto final, causam ao meio, pois são encontradas em qualquer localidade, pelo menos no contexto natural, e ainda reduzem a dependência de fontes de combustíveis estrangeiros e nucleares.

Acerca dessa afirmativa, Silva, Ferreira e Benarrosh (2015) analisaram literaturas científicas (FAROCIÊNCIA, 2015; ALMEIDA, 1999; FARRET, 2010; GOLDBLATT, 1996 e PIRES, 2015) sobre esse tema e concluíram que elas conseguem ser retiradas do ambiente sem comprometer o ecossistema, com isso tornam-se energias sustentáveis, limpas e que minimizam os impactos significativos.

Desse modo, a utilização em percentuais elevados de energias renováveis, resultará em uma menor preocupação quanto à manutenção dos recursos energéticos naturais devido a existência de um ciclo contínuo entre produção e consumo sustentável.

Energia eólica

As literaturas selecionadas e analisadas indicaram que esse tipo de energia ainda é impactante para o solo, a fauna, flora e corpos hídricos. Nesse contexto, Dupont, Grassi e Romitti (2015), pesquisaram acerca da implementação dos aerogeradores e concluíram que eles podem causar danos ambientais severos, especialmente em animais voadores já que essa turbina modifica o campo magnético de pombos (Columbiformes).

Ainda sobre os impactos resultantes do processo de implantação, as turbinas nas quais são feitas as captações da energia cinética, apresentam elevados riscos à biodiversidade natural, visto que a engrenagem e o gerador, ao fazerem a movimentação das turbinas, podem vir a liberar substâncias (Ex.: graxa, óleo) que podem resultar na contaminação de lençóis freáticos. Sobre uma perspectiva socioeconômica, Moreira et al.

(2017), Dupont, Grassi Romitti (2015) destacam ainda o impacto visual, a irritabilidade, dor na cabeça, problemas de concentração e memória devido ao ruído emitido por elas.

Existem outros impactos ambientais significativos a serem destacados como por exemplo: 1- Destruição total ou parcial do solo em consequência do trabalho de preparação do terreno para a implantação da atividade; 2- Erosão do solo resultante da supressão vegetal e das inclinações do terreno e também a compactação do solo em decorrência da utilização de maquinários pesados. Acerca da questão socioambiental, Loureiro; Gorayeb e Brannstrom (2015) destacam que pode haver o risco de destruição de patrimônios arqueológicos e geológico, pois eles não são compatíveis para a instalação de parques eólicos.

No que diz respeito ao produto, a energia proveniente de fonte eólica dispõe de inúmeras vantagens, dentre elas a redução dos impactos ao meio ambiente, principalmente na emissão de poluentes atmosféricos associados ao efeito estufa, com isso torna-se uma energia que contribui com a sustentabilidade ambiental.

Energia solar ou fotovoltaica

A análise dos dados obtidos indicaram que esta energia tem elevado potencial energético para suprir a demanda da energia convencional nas regiões brasileiras, uma vez que ela consegue suprir a carência da energia elétrica em zonas que na qual não se tinha tanta acessibilidade (Figura 3 a), além disso, ela pode ser obtida facilmente, o que para o Brasil, não é problema, pois o país dispõe de intensos raios solares (Figura 3b).

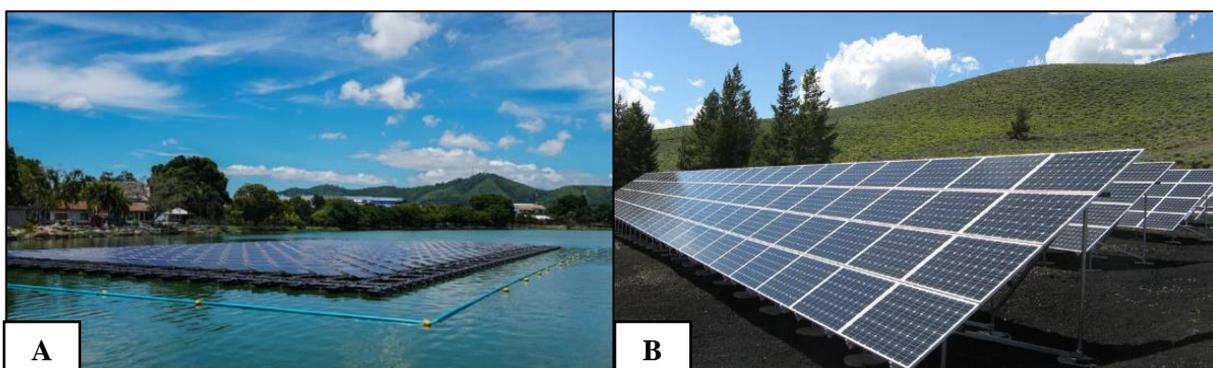


Figura 3. (A) Placa móvel flutuante e (B) placa fixa.

Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/ilhas-solares-flutuantes/>;

<https://revistapegn.globo.com/Startups/noticia/2018/06/brasileiros-criam-material-que-pode-revolucionar-geracao-de-energia-solar.html>

Sobre a importância das energias solares/fotovoltaicas, Sá et al. (2019), efetuaram pesquisa bibliográfica sobre a importância das fontes renováveis e os entraves para o

processo de implantação e concluíram que esta energia pode ser utilizada diretamente na produção de eletricidade, com probabilidade de reduzir em até 70% o consumo de energia convencional, na qual a radiação solar incide sobre materiais semicondutores para ser transformada diretamente em corrente contínua e, posteriormente corrente alternada, com o auxílio de conversores, e painéis fotovoltaicos, constituídos por conjunto de células fotovoltaicas, que se interconectam de forma a permitir a montagem de arranjos modulares (Figura 4).

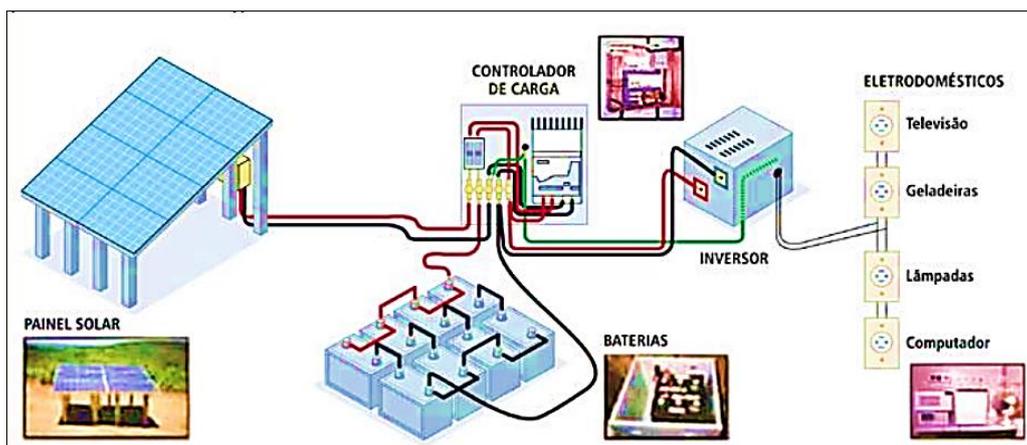


Figura 4. Etapas da conversão da radiação solar por painéis fotovoltaicos.
Fonte: Kemerich et al. (2016)

Ainda sobre os processos de implantação, para Tiepolo et al. (2014), em pesquisa de comparação dos processos da energia elétrica com a energia solar, os dados por eles obtidos indicou, uma redução significativa no custo de implantação desta tecnologia, algo que varia em torno de 40% entre 1996 e 2006, e 60% entre 2009 e 2011, sendo que para o custo total de implantação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFVCR), aproximadamente 60% corresponde à aquisição de módulos fotovoltaicos, e os 40% restantes referem-se à preparação e instalação da estrutura, inversores, transformadores e outros componentes necessários conforme Figura 5.

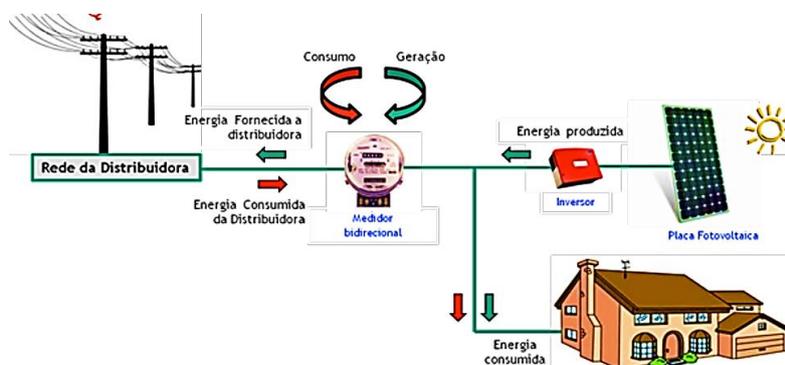


Figura 5. Esquema da instalação de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFVCR).
Fonte: Dassi et al. (2015)

Todavia, apesar do elevado potencial energético, são mínimos os impactos que o produto gera durante o processo de implantação da atividade, tanto no meio físico, biótico como também no meio socioeconômico. Sobre eles, Barbosa Filho et al. (2015) identificaram: alteração e/ou degradação da paisagem; geração de resíduos sólidos; riscos de propagação de substâncias contaminantes nos lençóis freáticos; emissão de poeiras/gases que podem resultar em alterações na qualidade do ar; perda de cobertura vegetal; alteração da dinâmica dos ecossistemas locais; afugentamento da fauna local devido a diminuição de potencial ecológico e também riscos de acidentes de trabalho.

Sobre a relação custo-benefício dessa matriz energética pode-se concluir que: (1) apesar do custo inicial para a aplicação deste sistema, a instalação deste é acessível pois além de minimizar os impactos no ecossistema ainda contribui para a sustentabilidade e os (2) gastos mensais com energia diminuem em até 90% quando comparadas à energia provenientes de usinas hidrelétricas (UH's).

Quando verificado a utilização/acessibilidade da energia solar no Brasil, a análise acerca da elevação no número de conexões nos estados brasileiros, indicou que houve um crescimento sobretudo no estado de Minas Gerais ($n = 9083$), seguido por São Paulo ($n = 8948$), o que representa uma diferença de aproximadamente 135 instalações entre os dois estados (Figura 6).

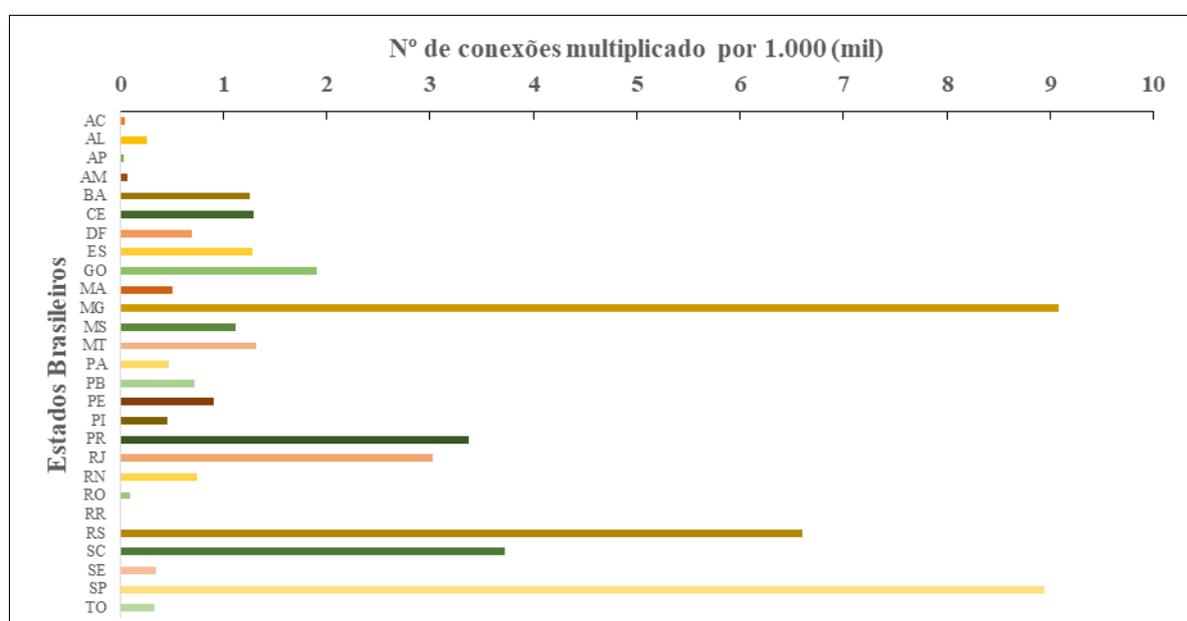


Figura 6. Número de conexões efetuadas por Estados no período de 2012 a 2018.

Fonte: Adaptado do panorama de energia solar no Brasil (2018)

Sobre essa elevação no número de instalações, em especial no estado de Minas Gerais, pode-se afirmar que essa vantagem sobre os outros estados, ocorre mediante a fatores como: (1) as elevadas cobranças na tarifa de energia elétrica no estado (2) Minas

Gerais detém de uma legislação que estimula a população a adquirir essa matriz energética, inclusive, com dispensa de ICMS para a geração de energia fotovoltaica de até 5MW e (3) a irradiação solar propicia essa instalação, pois a mesma ocorre de forma acentuada no Estado, com refletâncias médias que variam de 5,5 a 6,5kWh/m² (Kilowatts/hora por metro quadrado).

Usinas Hidrelétricas (UH's)

Os dados obtidos e analisados indicaram que os impactos socioambientais ocasionados pela instalação de hidrelétricas é catastrófico, pois as comunidades, sobretudo as aquáticas (ex: Fitoplânctons, peixes, etc.) que se encontram na coluna da água, podem vir a sofrer extinções nessas zonas, além disso, tem-se a probabilidade do rompimento de barragens, riscos à integridade física dos operários que fazem as obras. Existe também a questão da supressão vegetal para a instalação dessas infraestruturas, além de alagamentos de campos e comunidades localizadas no entorno da construção.

No que concerne a essa matriz energética, os riscos de acidentes gerados pelas etapas de implantação dessas estruturas, podem ter consequências devastadoras, o que na perspectiva de Dupont, Grassi e Romitti (2015), em revisão bibliográfica sobre matrizes energéticas concluíram que um dos impactos negativos de maior severidade é o rompimento de uma barragem porque pode gerar perdas irreparáveis, tanto sob ponto de vista financeiro como dos recursos naturais, e principalmente humana, está, sem valor estimado de perda.

Diante da necessidade de reassentamento da população que reside às proximidades dessas áreas afetadas pela rescisão de barragens, Alves, Hage e Pereira Junior (2018) realizaram pesquisa exploratória sobre as problemáticas que tangem o reassentamento urbano coletivo (RUC) das pessoas afetadas pelos impactos ambientais em áreas com instalação de hidrelétricas, e os dados por eles analisados, demonstraram que a população observou melhorias (76%) após o deslocamento para outras áreas.

Energias Não Renováveis e os Impactos ao Meio Ambiente

O consumo e a produção de energias não renováveis são as principais causadoras dos impactos negativos ao sistema ecológico. Eles variam desde o esgotamento dos bens naturais, até a intensificação das mudanças climáticas, a liberação de gases como o dióxido de carbono (CO₂), um dos principais causadores do efeito estufa. Existem ainda riscos de acidentes nucleares. Além disso, Lopes, Martins e Miranda (2019) afirmam que a liberação

desses compostos orgânicos voláteis (COV's) são extremamente prejudiciais à saúde humana, pois podem gerar doenças respiratórias e cardíacas.

Apesar dos impactos devastadores que a implantação dessa matriz energética pode causar, Vier et al. (2017) destacam que do ponto de vista socioeconômico, as energias não renováveis são de grande relevância para o mercado, em decorrência da vasta geração de rendas, que, conseqüentemente, propicia a geração de novos empregos e desenvolvimento, dos grandes centros urbanos.

Acerca desse tema, Dupont, Grassi e Romitti (2015) realizaram pesquisa em Porto Alegre (RS), na busca por novas matrizes sustentáveis, e concluíram que as ações impactantes ao meio ambiente, estão intrinsecamente relacionadas com a área do polo que irá fazer a geração de energia para distribuí-la para as regiões, visto que as características fisiológicas, climatológicas e topográficas do local em que se está implantado essas estruturas, pode interferir severamente nas características dos ecossistemas locais (Fauna e Flora), além de ocasionar a diminuição ou até mesmo a extinção de espécimes raras.

Além disso, Silva e Souza (2016) efetuaram estudo comparativo sobre a interferência das variáveis climatológicas (Temperatura e Umidade relativa do ar) em três cidades (Belém, Fortaleza e Brasília) com grande consumo de energia, e concluíram que estes centros urbanos são influenciados diretamente pelas emissões de poluentes, de modo a inibir assim, o aparecimento de doenças de veiculação respiratória, como, bronquite, enfisema, asma, rinite, sinusite e a tuberculose.

Viabilidade na Instalação de Energias Limpas e a Sustentabilidade

Quanto a viabilidade, a implantação de energias provenientes do sol ou do vento, demonstraram ser eficazes e viáveis, não somente por diminuir os impactos ao meio ambiente, mas principalmente, por contribuir para o desenvolvimento sustentável. Quanto a isso, Souza; Silva, F.; Silva, N. (2010) escreveram que o custo de execução de um sistema com acumuladores, controladores de carga e um inversor de tensão, onde a energia gerada pela placa durante o dia seja usada, é economicamente mais viável, uma vez que a energia fica armazenada na bateria para suprir a ausência da energia elétrica, no período noturno.

O preço da implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica apresenta variâncias, pois o mesmo será regido: (1) pelo número de pessoas que habitam na residência e (2) pelo tamanho e complexidade da instalação que variam desde o modelo da placa, até a capacidade de voltagem da mesma.

Quando associado ao benefício do uso de energias renováveis sobretudo no território Brasileiro, o *ranking* de geração de energia é bastante plausível, pois o país está entre os vinte líderes mundiais em relação a produção energética, ocupando respectivamente a nona posição, com uma capacidade superior a 1 GWp ao final de 2016, apresentando respectivamente 81 MW de energia solar implantada, na qual 24 MWp da produção é centralizada e 57 MWp é distribuída (MME, 2017).

Embora o Brasil possua uma das matrizes mais renováveis a nível mundial, ele ainda faz uso de aproximadamente 75% de fontes renováveis apenas no produto final, como é o caso das hidrelétricas, que dispõem de fontes limpas apenas na última etapa da geração de energia elétrica, logo, existe uma preocupação pela sustentabilidade de modo a alcançar as metas firmadas. Além disso, Conforme a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2016), a parcela de energias renováveis, irá diminuir (< 23%) até 2030 o consumo exacerbado de fontes energéticas devido a participação das fontes solares, eólicas e de biomassas, o que fará com que o mesmo aumente o contingente distributivo para as regiões: norte, nordeste, sul, sudeste.

Além disso, para Dazzi et al. (2015), em pesquisa exploratória na Instituição de Ensino Superior (IES), em Florianópolis (SC), os dados obtidos indicaram que os projetos da implantação de energias renováveis, em especial a solar fotovoltaica, é uma alternativa para redução de custos e diversificação energética, todavia, deve-se considerar os dados projetados a serem instalados.

Já no estudo realizado por Rangel, Borges e Santos (2016) acerca da análise comparativa entre os custos e tarifas das energias renováveis no Brasil, os dados obtidos por eles indicam que quanto menor a potência de energia, menor será o investimento total, uma vez que, para os gastos com os projetos a serem instalados, é necessário se observar a área que irá receber essa nova unidade, disposição do custo unitário por tarifa de energia dentre outras informações. Dessa forma, estes recursos dependem da capacidade a ser gerada.

Sobre a diminuição dos gastos através das energias renováveis, Traldi, Slade, G.; Slade, N.(2017), em estudo de caso nas áreas residencial e industrial, afirmaram que os gastos da energia gerada mensalmente por fontes alternáveis como, por exemplo, solar fotovoltaica, consegue suprir a demanda consumida pela população, ou seja, o consumidor não deterá de gastos com contas de energia mensais. Os autores ainda constataram que, com a economia usada nos gastos da energia convencional, pode-se pagar o custo do investimento para a aquisição e instalação dos painéis, além de obter lucro positivo ao consumidor.

CONCLUSÃO

A viabilidade no uso de matrizes energéticas no Brasil, é economicamente passiva de instalação, uma vez que se observa impactos positivos, sobretudo na diminuição de custos nas tarifas geradas pela energia elétrica em residências e indústrias, pois são fontes renováveis e que não geram danos negativos severos como: extinção de espécimes, perda de habitat etc., que interferem na sustentabilidade da fauna e flora. Além disso, o país apresenta características (ex: disponibilidade hídrica, relevo, topografia e elevadas radiações solares), que permitem a instalação dessas fontes alternativas de forma rápida e eficiente.

REFERÊNCIAS

- ALVES, L. S.; HAGE, S. N. S.; PEREIRA JÚNIOR, A. Usina Hidrelétrica de Belo Monte (Altamira, Estado do Pará, Norte do Brasil) o reassentamento urbano coletivo e a avaliação de impactos ambientais. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, Rio de Janeiro, v.5, n.9. p. 49-74, 2018.
- BARBOSA FILHO, W. P.; FERREIRA, W. R.; AZEVEDO, A. C. S.; COSTA, A. L.; PINHEIRO, R. B. Expansão da energia solar fotovoltaica no brasil: impactos ambientais e políticas públicas. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 1, n. 1, p.628-642, 2015.
- BARROSO, L. L.; SOUZA, G. B; SILVA, G. R.; JESUS, E. S.; PEREIRA JÚNIOR, A. Análise quantitativa da precipitação, temperatura do ar, umidade do ar e velocidade do vento: estudo de um microclima. **Multidisciplinary Science Journal**, v.2, n.1, 2019.
- CABRAL, I.; VIEIRA, R. Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro: uma abordagem no período recente. *In*: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 1., 2019, Goiânia. **Anais III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Goiânia, 2019. p. 1-12.
- CARRARO, F. et al. Energia solar: os benefícios da energia solar para o consumidor caxiense. *In*: 3º Congresso de Responsabilidade Socioambiental, 3., 2019, Rio Grande do Sul. **Anais 3º Congresso de Responsabilidade Socioambiental**. Rio Grande do Sul, 2019. p. 166-167.
- CUNHA, P. L. P.; CUNHA, C. S.; ALVES, P. F. **Manual Revisão Sistemática Integrativa: a pesquisa baseada em evidências**. Belo Horizonte, 2014. p. 63.
- DASSI, J. A.; ZANIN, A.; BAGATINI, F. M.; TIBOLA, A.; BARICHELLO, R.; MOURA, G. D. Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil. *In*: XXII Congresso Brasileiro de Custos, 1., 2015, São Paulo. **Anais XXII Congresso Brasileiro de Custos**. São Paulo, 2015. p.1-16.
- DUPONT, F. H.; GRASSI, F.; ROMITTI, L. Energias Renováveis: buscando por uma Revista Eletrônica em matriz energética sustentável. **Revista Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Rio Grande do Sul, v. 19, n. 1, p. 70-81, 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **O compromisso do Brasil no combate às mudanças climáticas: Produção e Uso da Energia**. Rio de Janeiro, junho/2016.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Revista Epidemiologia e Serviço de Saúde**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 183 – 184, 2014.

GOMES, C. A.; FRANCO, R.; CALADO, D. Energias renováveis em Portugal: evolução e perspectivas. **Revista Eletrônica de Direito Público**, Paraná v. 1, n. 1, p. 365-398. 2014.

KEMERICH, P. D. C. *et al.* Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo. **Revista Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Rio Grande do Sul, v.20, n. 1, p. 241-247. 2016.

LOUREIRO, C. V.; GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Implantação de energia eólica e estimativa das perdas ambientais em um setor do litoral oeste do Ceará, Brasil. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 6, n. 1, p. 24 – 38. 2015.

LOPES, K.; MARTINS, E. M.; MIRANDA, R. L. A Potencialidade Energética da Biomassa no Brasil. **Revista Desenvolvimento Socioeconômico em debate**, Santa Catarina, v. 5, n. 1, p.94-106. 2019.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Boletim mensal de monitoramento do setor elétrico** – dezembro de 2016. Brasília: MME, 2017.

MOREIRA, R. N.; BIZARRIA, F. P. A.; MARQUESAN, F. F. S.; BARBOSA, F. L. S. Sustentabilidade e energia eólica: percepções comunitárias no interior do Ceará – Brasil. **Revista do Desenvolvimento Regional**, Taquara, v. 14, n. 1, p. 79-87. 2017

POMPEI, L. M. Descritores ou palavras-chave nas bases de dados de artigos científicos. **Elsevier**, Rio de Janeiro, v. 38, nº 5, p. 231-232, 2010.

RANGEL, M. S.; BORGES, P. B.; SANTOS, I. F. S. Análise comparativa de custos e tarifas de energias renováveis no Brasil. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Paraná, v.5, n.3, p.267-27, 2016.

SÁ, R. J. S.; FÉLIX, I. B.; CRUZ, M. C. S.; SOUZA, L. L. R.; SOUZA, A. G. S.; AIRES, G. C. M. Energias renováveis: energia solar fotovoltaica e energia eólica. **Multidisciplinary Reviews**, v.2, n.1.p. 1-7, 2019.

SEGUNDO, D.; MOTA, M.; VIERA A. Aerador de Piscicultura alimentado com Fonte de Energia Solar. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Paraná v.4, n. 2, p. 01-14, 2015.

SERAFIM JUNIOR, V. *et al.* Energia fotovoltaica residencial: uma análise econômico financeira de viabilidade. **Revista de Ciências Empresariais**, Umuarama, v. 19, n. 2, p. 273-290, 2018.

SILVA, G. D. P.; SOUZA M. J. R. Análise de variáveis de projeto de sistema solar fotovoltaico utilizando o modelo sam: uma comparação entre Belém, Fortaleza e Brasília. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Paraná, v.5, n.2, p.297-312, 2016.

SILVA, G. D. P.; SOUZA M. J. R. Estimativa de geração de energia através de um sistema fotovoltaico: implicações para um sistema flutuante no lago Bolonha, Belém Pará. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, Paraná, v.6, n.2, p. 149-164, 2017.

SOUZA, R. L. S.; SILVA F. R. C.; SILVA, N. F. Aproveitamento da energia solar na iluminação pública de Florianópolis. **Revista Ilha Digital**, Santa Catarina v. 2, n.1, p. 69-74, 2010.

TRALDI, R. C.; SLADE G. G.; SLADE, N. B. L. Utilização de sistema solar fotovoltaico estudo de caso residencial e industrial. **Revista Eletrônica Engenharia Estudos e Debates**. São Paulo, v.1, n.1, p. 06-13, 2017.

TREINTA, F. T.; FARIAS FILHO, J. R.; SANT'ANNA, A. P.; RABELO, L. M. Metodologia de pesquisa bibliográfica com a utilização de método multicritério de apoio à decisão. **SciELO**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 508-520, 2014.

[CAPÍTULO 2]

**QUANTIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO
NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS-PA**

*Darci Augusto Moreira
Luana Lima Souza
Ronilson Rosário Lobo
Antônio Pereira Júnior
Rodolfo Pereira Brito
Alberto Carlos de Melo Lima*



INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas que atualmente a humanidade enfrenta é o descarte inadequado dos resíduos sólidos oriundos dos diversos processos industriais. No entanto, pode-se afirmar que os provenientes da indústria da construção civil são os que mais demandam atenção em virtude do crescimento acelerado e desordenado das cidades. Frisa-se que este crescimento produz quantidades expressivas de rejeitos que são descartados e muitas vezes de forma inapropriada em lixões ou aterros sanitários contribuindo negativamente para o meio ambiente. Vale destacar que a indústria da construção civil consome entre 20 à 50% dos recursos naturais e o uso destes recursos promove modificações do meio hidrológico e hidro geológicos, que muitas vezes são ambientes dificilmente recuperáveis (BRASILEIRO et al., 2015).

Os Resíduos da Construção e Demolição (RCD) provenientes da indústria da construção civil tem descarte irregular na malha urbana de muitas localidades causando danos em ruas ou estradas, perda da qualidade do ar, seja por meio da poluição ou ruídos excessivos e que acarretam danos à saúde pública favorecendo a proliferação de vetores, provocando o assoreamento de rios, tornando os lençóis freáticos vulneráveis promovendo a obstrução de bueiros e degradação de áreas verdes. A solução adequada ao descarte dos rejeitos normalmente é promover a remoção do RCD, contudo a remoção e deposição deve ser em locais adequados, tais como aterro sanitário, mas esta solução imprime um custo ao município com recursos que poderiam ser direcionados para outras áreas da gestão pública, caso houvesse um gerenciamento correto dos RCD. Estima-se que em torno de 42% de todo o resíduo gerado é despejado em aterros, sendo que desse total 53% no geral são reutilizados ou incinerados (GULARTE, 2017; SILVA, 2015).

O poder público tem feito uso de ações para reverter essa situação, tais como a criação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos - PNRS na Lei nº 12305, de 02 de agosto de 2010, a Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), e sua respectiva atualização nº 469 de 29 de julho de 2015, que descrevem de forma clara que os geradores deverão ter como principal objetivo a não geração de RCD e na impossibilidade de sua geração, estes deverão considerar na sequência a sua redução, reciclagem, tratamento e por última etapa a sua disposição adequada ambientalmente (NASCIMENTO, 2015).

Desta forma, a busca de soluções eficazes para o aproveitamento dos resíduos da construção civil (RCC) como contrapartida na redução dos danos ambientais tem sido foco principal em diversos trabalhos que visam o aproveitamento dos resíduos sólidos como matéria-prima na própria indústria da construção civil, colaborando para a consolidação da reciclagem ou reutilização que em muitas regiões do país são ineficiente ou inexistente (CALIXTO, 2016; BRASILEIRO et al., 2015).

O aproveitamento dos resíduos provenientes de demolição e construção (RCD) é primordial visto que a disposição inadequada dos RCD acarreta problemas ambientais que refletem em questões sociais e econômicas, causando impacto na sociedade de modo geral. A mitigação seria a gestão dos RCD, que deve ser realizada no intuito de evitar abandono ou acúmulo em locais inapropriados. No processo de gestão, a reutilização ou reciclagem do RCD é apontada como uma das alternativas para minoração do problema, onde a porcentagem de utilização de materiais recicláveis é de cerca de noventa por cento, segundo o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Social (IBDS). A proposta de reutilização se concentra na justificativa da procura de materiais com novas composições, no intuito de substituir as matérias-primas tradicionais, possibilitando um desenvolvimento centrado na sustentabilidade (LEITE, 2018; NASCIMENTO, 2015).

Contudo a região norte do Estado do Pará se encontra muito distante de alcançar o patamar da sustentabilidade na indústria da construção civil, visto que, na maioria das regiões do Brasil não há difusão de técnicas e tecnologias voltadas para a sustentabilidade, algo que a Europa (após a segunda guerra mundial) já vinha empregando técnicas. Atualmente a Holanda consegue reciclar cerca de noventa por cento (90%) dos RCCs realçando a importância em se desenvolver e propagar técnicas e tecnologias voltadas para a sustentabilidade na construção civil (LEITE, 2018).

Nesse sentido, a caracterização dos resíduos gerados pela construção civil é de suma importância para analisar e diagnosticar quais os tipos de resíduos são os mais gerados no canteiro de obra, e os dados obtidos desse tipo de estudo podem dar apoio na

gestão eficiente e sustentável das cidades (SILVA; SANTOS; ARAÚJO, 2017). Assim, o objetivo desta pesquisa foi caracterizar e classificar os resíduos gerados da construção civil na cidade de Paragominas como parâmetro para o gerenciamento do RCD.

METODOLOGIA

Esta pesquisa classifica-se como um estudo de caso, e busca através da experimentação por meio de uma abordagem quantitativa, a quantificação do resíduo da construção civil oriundos de construção e reforma.

O estudo de caso foi desenvolvido no município de Paragominas, localizado na parte central da mesorregião do Nordeste Paraense, situada entre os paralelos de 02°00'38" e 03°00'40" de latitude sul e os meridianos de 46°00'27" e 48°00'05" de longitude oeste de Greenwich, com uma população estimada de aproximadamente de 111.764 habitantes segundo o censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019).

A caracterização quantitativa do resíduo de construção civil foi realizada durante os meses de outubro de 2018 a outubro de 2019 nos bairros da Promissão, Angelim, Célio Miranda, Jardim Atlântico, Tião Mineiro, Uraim, Juparanã. No total foram coletadas 51 (cinquenta e uma) amostras de aproximadamente seiscentos e noventa e três quilos e noventa e seis gramas (693,96 Kg). A metodologia utilizada seguiu orientações da Resolução do CONAMA nº 307/2002, 348/ 2004 e a norma NBR 10004 (ABNT, 2004), após a classificação ocorreu o transporte ao laboratório para caracterização física dos resíduos. Os equipamentos utilizados para coletar as amostras foram uma balança suspensa (capacidade de cinquenta quilos), dois pares de luva, um recipiente de plástico para pesar as amostras de volume de três litros. Após esta etapa foi realizada a determinação da massa total e análise gravimétrica dos constituintes do RCD classificados *in loco*, os resíduos foram separados em sete categorias sendo eles: tijolo sem massa, tijolo com massa, pedaço de concreto, massa (reboco), tubo (PVC), isopor, madeira, amianto, lajota, telha, massa com tinta, gesso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

GRAVIMETRIA DO RCD

Os resíduos foram separados por classes, e por bairro, segundo a Resolução CONAMA N° 307/02 e suas alterações CONAMA nº 348/2004 e 431/2011. A determinação da composição gravimétrica dos resíduos foi de acordo com o Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos – IBAM, a gravimetria permitiu a caracterização do material

desperdiçado ou descartado na execução. As frações dos RCD foram obtidos segundo a equação (1) do SISEMA-Sistema Estadual de Meio Ambiente (2019).

$$\text{Percentual de cada categoria} = \frac{\text{massa (kg) de cada fração}}{\text{massa (kg) total da amostra}} \times 100 \quad [\%] \quad \text{(Equação 1)}$$

Os resultados da gravimetria estão apresentados na Tabela 1 no qual estão relacionados os resíduos encontrados, bem como os bairros (pontos de coleta) onde foram realizadas a obtenção das amostras. Os resultados mostram que não há uma homogeneidade na geração dos RCD no município havendo elevada disparidade entre os materiais cerâmicos (tijolo com massa, tijolo sem massa, concreto e lajota) e materiais orgânicos (madeira).

Tabela 1. Análise qualitativa da média, desvio padrão e porcentagem da composição gravimétrica dos RCD gerados no município de Paragominas- PA.

| Material Analisado | Pontos de coleta em kg (quilogramas) | | | | | | | Análise Qualitativa | |
|---------------------------|--------------------------------------|---------------|------------------|--------------|---------|-------|----------|---------------------|---------------|
| | Promissão | Célio Miranda | Jardim Atlântico | Tião Mineiro | Angelim | Uraim | Juparanã | Média | Desvio padrão |
| Tijolo sem massa (reboco) | 53,54 | 2,77 | - | 2,37 | 11,66 | 15,5 | 14,35 | 14,31 | 17,02 |
| Tijolo com massa (reboco) | 48,7 | 3,4 | - | 2,88 | 7,13 | 12,76 | 3,78 | 11,23 | 15,47 |
| Concreto | 77,8 | 11,37 | 4,1 | 3,7 | 17,46 | 41,54 | 34,5 | 27,21 | 24,64 |
| Argamassa (reboco) | 53,52 | 14,68 | 3,1 | 3,57 | 14,51 | 34,2 | 32,75 | 22,33 | 17,17 |
| Massa com tinta | 6,56 | - | - | - | - | - | - | 0,93 | 2,29 |
| Madeira | 69,31 | 1,44 | - | - | - | - | - | 10,1 | 24,17 |
| Lajotas | 30,08 | - | - | - | 15,56 | 12,4 | 18,76 | 10,97 | 10,75 |
| Telha | 4,87 | - | - | - | - | - | - | 0,69 | 1,7 |
| Gesso | 4,2 | - | - | - | 1,56 | - | - | 0,82 | 1,48 |
| Tubo (PVC) | 4,3 | 0,28 | - | - | - | - | - | 0,65 | 1,49 |
| Isopor | 0,29 | - | - | - | - | - | - | 0,04 | 0,1 |
| Amianto | 1,36 | - | - | - | 2,1 | - | 1,81 | 0,75 | 0,89 |

A Tabela 2 apresenta os resultados separados por classe. O objetivo principal foi classificar corretamente o RCD segundo sua organização por classe. Assim, os RCD da classe A deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a áreas de aterro de resíduos da construção civil, sendo dispostos de modo a permitir sua utilização ou reciclagem futura, os de classe B deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos a permitir sua utilização ou reciclagem futura. Os resíduos de classe C deverão ser armazenados,

transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas, e os de classe D deverão ser armazenados, transportados e destinados também observando as normas técnicas específicas no intuito de facilitar a implementação de projetos de logística reversa como contemplado da Política Nacional de Resíduos Sólidos (SOUZA, 2015; CONAMA n° 307/02 e suas alterações CONAMA n° 348/ 2004 e 431/2011).

Tabela 2. Caracterização física e classificação segundo as Resoluções n° 307/2002, 348/2004, e 431/2011, do Conama referentes as coletas dos bairros separados por classe.

| Classe | Material | Massa (kg) | Soma da massa (Kg) por classe |
|--------|--------------------------|------------|----------------------------------|
| A | Argamassa | 156,33 | $\Sigma = 607,31$ |
| | Concreto | 190,47 | |
| | Material cerâmico(telha) | 4,87 | |
| | Lajota | 76,8 | |
| | Tijolo sem massa | 100,19 | |
| | Tijolo com massa | 78,65 | |
| B | Madeira | 70,75 | $\Sigma = 81,09$ |
| | Gesso | 5,76 | |
| | Tubo/PVC | 4,58 | |
| C | Isopor | 0,29 | $\Sigma = 0,29$ |
| D | Amianto | 5,27 | $\Sigma = 5,27$ |
| Total | | | $\Sigma = 693,96$ |

Os RCD's após classificados por categoria foram organizados segundo a sua representação fracionária em peso obtido, conforme a equação (1). As frações foram calculadas bem como o peso de todos os RCD's classificados por classe em relação a montante de todos os bairros nos quais foram realizadas as coletas.

A Tabela 3 apresenta a composição dos RCD's, com seus potenciais de reutilização e sua representação fracionária estabelecida mediante a identificação dos materiais bem como em consonância com a Resolução CONAMA N° 307/02 e suas alterações CONAMA n° 348/ 2004 e 431/2011. É possível observar que a maioria dos resíduos gerados é formada por parcelas reutilizáveis ou recicláveis (classes A e B).

Tabela 3. Composição gravimétrica e a classificação do RCD segundo o Conama n° 307 e n° 431, separados por classe e percentagem em peso.

| Classe | Material | Porcentagem (%) | Soma porcentual (%) | Destinação |
|--------|------------------|-----------------|---------------------|---------------|
| A | Argamassa | 22,52 | $\Sigma = 87,50$ | Reutilizáveis |
| | Concreto | 27,44 | | Reutilizáveis |
| | Telha | 0,7 | | Reciclagem |
| | Lajota | 11,08 | | Reciclagem |
| | Tijolo sem massa | 14,43 | | Reutilizáveis |
| | Tijolo com massa | 11,33 | | Reutilizáveis |
| B | Madeira | 10,19 | $\Sigma = 11,61$ | Reciclagem |
| | Gesso | 0,83 | | Reciclagem |
| | Tubo/PVC | 0,65 | | Reciclagem |
| C | Isopor | 0,04 | $\Sigma = 0,04$ | Aterro |
| D | Amianto | 0,75 | $\Sigma = 0,75$ | Aterro |

De acordo com a Tabela 03 os dados que apresentam maior percentual dos materiais reutilizáveis correspondem aproximadamente ao percentual de setenta e cinco por cento (75,72%), os materiais recicláveis correspondem à vinte e três por cento (23,45%), os materiais que destinados ao aterro correspondem aproximadamente, ao percentual de um por cento (0,79%), os dados obtidos realçam a relevância da triagem voltada para a reutilização e reciclagem na busca de um gerenciamento dos resíduos sólidos eficiente.

Os resíduos de classe A correspondem à 87,45%, os de classe B correspondem à 11,61%. O resíduo que apresentou o maior volume foi o de concreto com 27,84%, e massa de 22,76%, ambos apresentam potencial para ser reutilizados como agregado, sem qualquer custo de transformação em outro material. Os resíduos com grandes volumes de geração, material como a lajota, tijolo com massa e tijolo sem massa, também apresentam potencial considerável para o reaproveitamento ou reciclagem.

Os dados apresentados estão condizentes com estudos de Alves (2015) que considera que 63% do material descartado na obra é material reciclável (argamassa), deste volume 29% é composto de concreto e bloco e 7% oriundos de itens variados. Neste trabalho o percentual encontrado para os respectivos RDC foram 22,76% para argamassa e 27,84% para concreto. Os resultados encontrados por Silva, Santo e Araújo (2017) também corroboram com este estudo, onde foi verificado que os resíduos de classe A, tiveram a maior representatividade, sendo 63,5% de todos os resíduos gerados durante a construção, os autores destacaram também que uma forma de reduzir os danos ambientais causados pelo setor da construção civil é adotar práticas de triagem, reaproveitamento e reciclagem no canteiro de obra, minimizando a extração e consumo dos recursos naturais.

Com base nos dados obtidos pela secretaria municipal de meio ambiente do município foi possível calcular a taxa de geração de RCD por habitante, segundo a secretaria a produção média de RCD corresponde a aproximadamente sessenta toneladas por dia (60 t/dia). Segundo o último censo do IBGE a população de Paragominas, correspondente ao ano de 2018, era de 111.764 habitantes, e mediante a equação apresentada no manual de manejo e gestão de resíduos da construção civil (2006) foi possível estimar o total de RCD gerado no município, (incluindo RCD proveniente de demolição, reforma, ampliação, construção e bota fora), obtendo uma taxa de geração em torno de 0,16 toneladas por ano por habitante, conforme Tabela 4.

Tabela 4. Estimativa do total de resíduos gerados no município de Paragominas-PA.

| Estimativa da geração de RCD (toneladas/dia) | População atual (habitantes) | Taxa (t/ano por hab.) |
|--|------------------------------|---|
| D | E | $F = \frac{(D \times 26 \times 12)}{E}$ |
| 60 | 111.764 | 0,1675 |

Obs: Os indicadores devem ser referenciados no mesmo período de ano e em vinte e seis dias ao mês.

CONCLUSÃO

Os resíduos da Classe A foram os que apresentaram maior produção no município, sendo que este tipo de resíduo possui grande potencial para ser reutilizado. Além disso, notou-se que o bairro da Promissão em comparação aos demais bairros apresenta uma maior geração de resíduos, provavelmente devido a sua extensão e por ser um bairro ainda em expansão.

Com base na quantificação dos dados, provavelmente a opção pelo reaproveitamento e reciclagem são alternativas viáveis e sustentáveis que podem ser realizadas na própria obra, minimizando impactos ambientais, sociais e econômicos com o descarte em locais inapropriados ou nos aterros sanitários, reduzindo os gastos na compra de novos insumos, reduzindo a produção de resíduos e contribuindo para o consumo de insumos de custo reduzido, refletindo desta forma em benefícios ao meio ambiente e consequentemente ao município.

REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10007: **Amostragem de Resíduo Sólido**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ABNT – ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: **Resíduos sólidos** – classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ALVES, F. R. F. **Estimativa da geração de resíduos da construção civil no município de Campo Mourão-PR**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- BRASILEIRO, L; L; MATOS, J. M. E. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil**. 2015. Cerâmica. SÃO PAULO. V. 61. nº 358. p.178- 189. 2015. Disponível em <http://ww.scielo.br>. Scielo. ISSN. 0366-6910. Versão online ISSN17678-4553. Acessado em: dezembro de 2019.
- CALIXTO, A. M. S. **Métodos de avaliação da sustentabilidade na construção-Análise comparativa e aplicação a caso de estudo**. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. Coimbra. p.121. 2016.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 307 de 5 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.** p.95-96. 2002. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm. Acesso em: 29/02/2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 348 de 16 de agosto de 2004. Altera a Resolução CONAMA no. 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649> Acesso em: 29/02/2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 431 de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução no. 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649> Acesso em: 29/02/2020.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 469 de 29 de julho de 2015. Altera a Resolução CONAMA no. 307, de 05 de julho de 2002, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=649> Acesso em: 29/02/2020.

GULARTE, L. C. P.; LIMA, J. D. Z.; OLIVEIRA, G. A. O.; TRENTIN, M. G.; SETTI, D. **Estudo da viabilidade econômica da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil no município de Pato Branco (PR), utilizando o método multi-índice ampliada.** Engenharia Ambiental Sanitarista. DOI 101590/51413-41522017162097. v. 22. nº 05. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE Cidades estimativa da população em 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/paragominas/panorama>. Acesso em: 20 de setembro. 2019.

LEI Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 29/02/2020.

LEITE, I. C. A.; DAMASCENO, J. L. C.; REIS, A. M.; ALVIM, MARINA. **Gestão de resíduos na construção civil: um estudo em Belo Horizonte e região metropolitana.** Revista eletrônica de Engenharia Civil. REEC. v.14 nº01. p.159-175. 2018. WWW.Reec.com.br. <http://revistas.ufg.br/reec/index>.

NASCIMENTO, F. A. T.; VIEIRA, A. J. B.; BARROSO, SILVA, I. R.; LOPES, J. P. **Reutilização e reciclagem de resíduos sólidos gerados na construção civil.** 2015. Ciências exatas e tecnológicas. Maceió. V. 03. nº01 . p. 141-152. ISSN. 2357-9919.

SECRETARIA ESPECIAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO DE PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA – SEDU. IBAM. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro. 2001. 200 p.

SILVA, W. C; SANTOS, G.O; ARAÚJO, W. E. L. Resíduos Sólidos de Construção Civil: Caracterização, Alternativas de Reuso e Retorno Econômico. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 286-301, 2017.

SISEMA. **Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos.** Cartilha de Orientações: Estudo Gravimétrico de Resíduos Sólidos Urbanos. pag. 19. Belo Horizonte – 2019.

SILVA, W.; JUNIOR, E. S. M.; COELHO GLAUBER, T. F.; PEREIRA, D. R. **Utilização de agregados dos resíduos da construção e demolição (RCD) em pavimentação.** 2015.

In: Congresso técnico científico de Engenharia e da Agronomia (CONTEC). Fortaleza. CE.2015. p. 1-4.

SOUZA F. F.; JÚNIOR, P. R. B.; FERREIRA, D. D. M.; FERREIRA, L. F. **Gestão de resíduos sólidos na construção civil: Uma análise do relatório GRI de empresas listadas na BM&FBOVESPA.** NAVUS Revista de Gestão e Tecnologia. ISSN 2237-4558. Florianópolis. SC. v.5 ; n.4; p.78-95. 2015.

[CAPÍTULO 3]

**COMPARAÇÃO DOS SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL
PRESENTES NOS PROGRAMAS DE CERTIFICAÇÃO LEED, AQUA,
SBQP-H E SELO CASA AZUL**

Darci Augusto Moreira

Luana Lima Souza

Ronilson Rosário Lobo

Antônio Pereira Júnior

Rodolfo Pereira Brito



INTRODUÇÃO

Na atualidade, a sociedade caminha gradativamente para incorporar no seu cotidiano o desenvolvimento sustentável, mediante uma proposta de utilização dos recursos naturais controlado, fazendo uso de energia renováveis, tecnologias limpas, promovendo o desenvolvimento econômico regional, garantindo a expansão do mercado de trabalho voltado ao desenvolvimento, comprometido a evitar o esgotamento dos recursos naturais a curto e longo prazo em prol do desenvolvimento equilibrado. Todo e qualquer investimento no futuro fará uso dos conceitos do desenvolvimento sustentável, proporcionando um melhor aproveitamento dos recursos nos diversos segmentos (hospitalares, residências, industriais e outros) (MATTOS, 2014, MANN, 2015; JUNIOR, 2013; CALIXTO, 2016). Cada setor da economia terá que traçar parâmetros para medir e orientar o quanto o referido setor se enquadra nos parâmetros que define o desenvolvimento sustentável, na construção civil uma construção sustentável, teria como base de referência a produção de bens em maior quantidade, porém com consumo de recursos naturais de forma eficiente com base nos princípios ecológicos (BRASILEIRO, 2015). O desenvolvimento sustentável requer uma gestão ambiental eficiente coordenada com técnicas eficientes e arquitetura inovadora voltada para a economia do bem comum (FUNDAÇÃO VANCOLINI, 2014), um desafio para o setor responsável por desperdícios de material e impactos ambientais durante e após a sua execução.

Os impactos ambientais produzidos pela construção civil são inúmeros, tais como modificação da paisagem, no decorrer da sua implantação, consumo de recursos naturais e energia, ao longo de sua execução e por fim produção de resíduos sólidos, ao longo de sua implantação e execução, contudo a indústria também é responsável por alavancar a economia do país, gerando renda e emprego para a população, o setor é considerado

responsável por 10% do Produto Interno Bruto (PIB) uma parcela significativa comparada a outras áreas produtivas (QUEIROGA, 2015; RIBEIRO, 2013; VINCIGUERRA, 2013; BRASILEIRO, 2015).

Para o setor da construção civil se adequar aos conceitos de sustentabilidades o projeto deve existir nas dimensões da sustentabilidade, meio ambiente, social e economia, exigindo um comprometimento amplo em todas as etapas do empreendimento, da concepção do projeto à execução (FROUFE, 2019; ALMEIDA, 2010). O Ministério do Meio Ambiente alega que os desafios da indústria da construção civil são muitos para cumprir com os requisitos da sustentabilidade, a mesma necessita se adequar no que se refere à otimização e redução de energia e matéria prima, redução dos resíduos gerados, preservação da paisagem e melhoria do ambiente construído, para alcançar referido patamar há a necessidade de uma modificação de conceitos arquitetônicos e construtivos, mudanças radicais em técnicas já sedimentadas para gerar espaço para técnicas ambientalmente aceitas (QUEIROGA, 2015).

Uma das principais dificuldades para implantação de um projeto sustentável é a identificação e avaliação dos impactos ambientais em todas as etapas do projeto, para auxiliar na identificação dos impactos é comum fazer uso de métodos de avaliação da sustentabilidade das construções (MASC), ferramentas que direcionam a avaliação dos desempenhos ambientais, sociais e econômicos do ambiente edificado (FERNANDES, 2013) norteando na determinação do desempenho de gestão adequado para o projeto, contudo há diversos indicadores e quais destes indicadores refletem a real necessidade do projeto a ser implantado (ALMEIDA, 2019), ou quais parâmetros refletem a realidade da localidade da implantação do empreendimento.

No intuito de facilitar a identificação dos parâmetros necessários, este artigo realizou uma comparação dos parâmetros de sustentabilidade presente nos programas de certificação LEED, AQUA, SBQP-h e SELO CASA AZUL. Os certificados norteiam o uso de práticas sustentáveis, contudo determinadas práticas não condizem com o ambiente da implantação do empreendimento, porém a adoção de determinadas práticas, acrescentam uma conotação comercialmente muito exigida atualmente no mercado.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada inicialmente foi a pesquisa bibliográfica, na pesquisa foram conceituados temas de sustentabilidade na construção civil, certificação, meio ambiente, certificação PBQP-h, certificação LEED, certificação AQUA, certificação Selo Casa Azul e

certificação na construção civil. Foram utilizados como ferramentas de busca sobre o tema, o portal de periódicos CAPES/MEC – Portal Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, repositório da produção USP – Universidade de São Paulo e Biblioteca digital da Unicamp – SBU (sistema de bibliotecas da Unicamp). Foram utilizadas as seguintes palavras chave: “*sustainability indicators*”, “*pbqp-h*”, “*LEED*”, selo casa azul, meio ambiente.

Na pesquisa foram levantados 477.238 artigos e 62.718 artigos de jornal, muitos periódicos foram excluídos por não corresponder ao período de intervalo de 2014 a 2019, também foram excluídos artigos cujo resumo não possuíam relevância com o tema, restando 45 artigos que serviram de base para este artigo.

O estudo comparativo entre os sistemas de certificação será realizado através da comparação entre os parâmetros de sustentabilidade relevantes presentes no sistema de certificação LEED, AQUA, PBQP – h e Selo Casa Azul. As categorias avaliadas foram: processo de projeto; conexões; implantação; consumo de recursos; emissões; conforto e qualidade ambiental; serviços; aspectos econômicos; planejamento de operação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desenvolvimento sustentável: definição e indicadores de sustentabilidade

O conceito de construção sustentável é definido pelo *Conseil International du Bâtiment* (CIB) sendo como “ a criação e manutenção responsáveis de um ambiente construído saudável, baseado na utilização eficiente de recursos e projeto contendo recursos ecológicos” (FERNANDES, 2013), o conceito de construção sustentável colocou em questionamento todas as técnicas tradicionais da indústria da construção civil, principalmente no que se refere ao tempo de execução, custo e qualidade abrindo espaço para o surgimento de um novo conceito dentro da indústria da construção civil, a construção ecológica ou eco eficiente no qual se procura responder às necessidades atuais minimizando os impactos ambientais através da construção de vários conceitos (CALIXTO, 2016), conceitos com base em vertentes nas cinco dimensões que são a social, econômica, ecológica, espaço e cultura, desta forma a construção ecológica não existe por si mas existe para responder e resolver questões necessária à sociedade como um todo, ao mesmo tempo em que existe não modifica a paisagem fazendo parte dela somando vantagens e qualidades para as comunidades adjacentes à nova construção edificada.

Uma das formas utilizadas para determinar o quanto uma obra é sustentável é através da adoção de indicadores sustentáveis, estes indicadores auxiliam na medição da gestão sustentável (ALMEIDA, 2020) agregando e quantificando as informações coletadas

de forma coesa e clara, os indicadores devem apresentar para a sua eficiência de aplicação a relevância, facilidade de compreensão, confiabilidade e visão do novo (QUEIROGA, 2015). Contudo aplicar o conceito da certificação gera um custo (aproximadamente 1,5% a 3% para empreendimentos residenciais e 5% a 7% para comerciais do valor da obra) que só será recuperado mediante as vantagens do ganho ambiental, a certificação impulsiona a construção civil na procura de gestão ambiental gerando redução de consumo e perda de materiais, também é uma ferramenta de comunicação para atestar o desempenho da gestão ambiental do empreendimento (GRÜNBERG, 2014; NOVIS, 2013). A Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA), o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) apresentam diversos princípios da construção sustentável, os principais são:

- Aproveitamento das condições locais naturais e implantação da análise do entorno;
- Qualidade ambiental interna e externa;
- Gestão sustentável da implantação da obra;
- Adaptação das necessidades atuais e futura dos usuários;
- Uso de materiais que contribuam com a eficiência do processo;
- Redução de consumo de energia e água;
- Reduzir, reutilizar, reciclar e dispor os resíduos corretamente;
- Introduzir inovações tecnológicas sempre que possível e viável;
- Conscientização dos envolvidos no processo (OLIVEIRA, 2018)

O Reino Unido, os Estados Unidos e o Canadá, na década de noventa já difundiam os conceitos de avaliações de empreendimentos com base na gestão ambiental, estes conceitos chamaram a atenção de investidores e da sociedade que exigia um posicionamento em relação aos conceitos e ideais ecológicos, dando início a criação de diversas certificações a Quadro 1 apresenta a relação de países e seus respectivos certificados (NOVIS, 2013).

Quadro 1. Relação de países e suas respectivas certificações.

| País | Certificação | País | Certificação |
|----------------|--------------|---------------|----------------------|
| África do Sul | SBAT | Noruega | ECOPROFILE |
| Austrália | BGRS | Portugal | LIDER A |
| Canadá | GREEN GLOBES | Reino Unido | BREEM |
| China | HK BEAN | Suécia | ECOEFECT |
| Estados Unidos | LEED | Internacional | SBTOOL |
| França | HQE | Brasil | Geen Building – LEED |
| Japão | CASBEE | | INMETRO – PROCEL |

| | | | |
|--|--|--|---------------------------------|
| | | | AQUA Método IPT Casa Azul |
|--|--|--|---------------------------------|

Fonte: NOVIS (2013).

Indicadores de Sustentabilidade

Um indicador é uma relação matemática que mede, numericamente, atributos de um processo, com o objetivo de comparar esta medida com metas numéricas estabelecidas (NOVIS, 2013). O processo de certificação cria referências com critérios que permitem averiguar se o empreendimento alcançou os itens preestabelecidos pelo programa de certificação, cada certificação se embasa em metodologias de avaliação, no geral divididas em três grupos, um grupo utiliza o critério com base no sistema estatístico, o segundo grupo se fundamenta no sistema com base no atendimento à critérios e o terceiro grupo com base na gestão e processo. No entanto a grande questão é será que uma metodologia única é capaz de descrever o ambiente complexo no qual um empreendimento será inserido, ou uma única metodologia tem competência para analisar a cadeia produtiva da construção civil brasileira, que se modifica conforme a região no qual o empreendimento está inserido, no Brasil determinados produtos são consumidos em maior quantitativo em determinadas regiões, por terem um valor reduzido e ser de fácil aquisição, imprimindo características específicas à determinados empreendimentos que particularizam a forma de construir no país, estas particularidades podem afetar determinados indicadores tornando ineficiente os medidores se utilizados dentro de uma única metodologia.

MÉTODOS DE CERTIFICAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL MAIS USADOS NO BRASIL

Leadership in energy and environmental design - LEED

O sistema LEED é uma certificação e orientação ambiental instituída em 1998 pela organização não governamental USGBC (*United States Green Building Council*) e coordenada localmente pelo GBCB (*Green Building Council Brasil*). É um método de classificação com base na harmonização, ponderação de créditos e regionalização, incentivando diversos benefícios sustentáveis, econômicos e sociais como (GRÜNBERG, 2014; FERNANDES, 2013):

- Baixos custos de operação;
- Redução de resíduos enviados para o aterro;
- Conservação de energia e água;
- Saúde e segurança para ocupantes;

- Redução de gases associados ao efeito de estufa;
- Qualificação para benefícios fiscais, licenças de urbanização e outros incentivos.

O sistema LEED se baseia em somatória de pontos, no qual o projeto ou edificação ganha pontos por atender critérios específicos de Construção Sustentável, o sistema é dividido em cinco categorias que incluem “Locais sustentáveis” (26 pontos), “Eficiência da água” (10 pontos), “Energia e atmosfera” (35 pontos), “Materiais e recursos” (14 pontos), “Qualidade ambiental interna” (15 pontos), “Inovação e design” (6 pontos) e “Prioridade regional” (4 pontos) ao final da avaliação os pontos são somados levando a determinados tipos de certificação com validade de cinco anos (FERNANDES, 2013; CALIXTO, 2016).

Alta qualidade ambiental - AQUA

O processo AQUA foi adaptado do sistema francês HQE à realidade brasileira. É um processo de gestão de projetos de construção, aplicados a edificações que ainda vão ser construídas, reconstruídas ou reabilitadas. O objetivo do AQUA é otimizar as opções de projeto, no intuito de obter conceitos positivos no que se refere a consumo energético e desempenho ambiental.

No processo AQUA a certificação é concedida de acordo com o cumprimento de 14 categorias de desempenho ambiental (CALIXTO 2016), não havendo níveis intermediários, que podem ser agrupadas em quatro temas:

Energia

- Nº 4 – gestão da energia

Ambiente

- Nº 1 – relação da edificação com seu entorno;
- Nº 2 - adaptabilidade da edificação e escolha integrada de produtos, sistema e processos construtivos;
- Nº 3 – canteiro de obra com reduzido impacto ambiental;
- Nº 5 – gestão da água;
- Nº 6 – gestão de uso dos resíduos e operação da edificação;
- Nº 7 – manutenção - permanência do desempenho ambiental;

Saúde

- Nº 12 – qualidade sanitária dos ambientes;
- Nº 13 – qualidade sanitária do ar;
- Nº 14 – qualidade sanitária da água;

Conforto

- Nº 8 – conforto hidrotérmico;

- N° 9 – conforto acústico;
- N° 10 – conforto visual;
- N° 11 – olfativo; (Fonte: Fundação Vanzolini, 2014)

As categorias podem ser avaliadas como bom (a edificação atende as práticas correntes e legislação), superior (boas práticas) ou excelente (melhores práticas), para a edificação obter o selo terá que no mínimo obter três classificações excelentes e quatro classificações superior. O processo de certificação é aplicado em toda fase da construção, incluindo também a fase de desconstrução (BUENO, 2010; CALIXTO, 2016).

Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP – h

O Governo Federal instituiu o PBQP – h, baseado na norma NBR ISSO 9001, no intuito de incentivar a construção civil no que se refere a disseminação de novos conceitos de organização, gestão e qualidade (SEBRAE, 2016; FROUFRE, 2019). O programa não estabelece critérios a serem cumpridos, mas a própria empresa estabelece uma lista de serviços que deverão ser controlados (mínimo 25 serviços), os níveis estabelecidos pela empresa se relacionam com a percentagem de controle de serviços alcançados (REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL, 2019), no entanto o programa prevê inclusão de indicadores associados a objetivos nos canteiros de obra contemplando questões voltadas à conservação da água, eficiência energética e redução de resíduos (FROUFRE, 2019). As empresas podem se enquadrar em diversos sistemas tais como: Sistema de avaliação da conformidade de empresas de serviços e obras da construção civil (SiAC) ou no sistema de qualificação de empresas de materiais, componentes construtivos (SiMaC). A certificação prevê dois níveis, A e B, a certificação de nível “B” são concedidas às empresas que atendem 77% dos requisitos estabelecidos, as de nível “A” correspondem a 100% dos requisitos atendidos (SEBRAE, 2016).

Selo Casa Azul

É um instrumento de classificação socioambiental de projetos de empreendimentos habitacionais, que procuram o reconhecimento das soluções eficientes aplicadas à construção, uso, manutenção e ocupação, com o objetivo de incentivar o uso racional de recursos naturais bem como melhoria da qualidade no entorno do empreendimento (JONH; TADEU, PRADO, 2010). É o primeiro sistema de certificação criado para a realidade da indústria da construção civil brasileira, o selo é aplicado em empreendimentos habitacionais financiados pela Caixa Econômica Federal e sua adesão é voluntária. As metodologias avaliadas neste selo são soluções aplicadas às construções, ao uso, à ocupação e a manutenção das edificações. O selo avalia cinquenta e três critérios divididos em seis

categorias que são: qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos materiais, gestão da água e práticas sociais (TAVARES, 2014). A avaliação é feita no momento de análise de viabilidade técnica e os níveis que o empreendimento pode atingir são: bronze, prata e ouro (JONH; TADEU; PRADO, 2010).

O Quadro 2 apresenta um resumo das principais características de cada sistema de certificação comparado neste artigo.

Para comparação dos sistemas de certificação foram verificadas as características de cada programa, o critério de avaliação o sistema LEED apresenta mais critérios de avaliação, o programa AQUA se preocupa com o desempenho global enquanto o programa PBQP-h se preocupa com a gestão de energia e de resíduos, na certificação Selo Casa Azul há uma preocupação global bem dividida entre a gestão e o cuidado com o meio ambiente. Os critérios são reflexos diretos dos contextos de criação, cada programa possui um contexto que justifica a sua formação conforme o Quadro 2.

A certificação LEED se utiliza de lista de verificação (*checklist*), como a avaliação não é global e sim pontual, determinados itens podem garantir a pontuação, mesmo que outros itens não estejam sendo cumpridos, já na certificação AQUA, PBQP – h e Selo Casa Azul a avaliação ocorre de forma global, feitos por fases, garantindo desta forma um cumprimento mínimo dos critérios para obter a pontuação.

Quadro 2. Classificação dos sistemas de certificação e suas características principais.

| | LEED | AQUA | PBQP-h | SELO CASA AZUL |
|---------------------------------|---|---|--|---|
| Critérios de avaliação | Sustentáveis; Eficiência de água; Energia; Atmosfera; Materiais e recursos; Qualidade do ar; Interno; Inovação em projeto; Prioridade regional; | Eco - construção; Gestão; Conforto; Saúde. | Gestão de energia; Gestão de água; Gestão de resíduos ao final da obra. | Qualidade urbana; Projeto e conforto; Eficiência energética; Conservação de recursos materiais; Gestão da água; Práticas sociais. |
| Contexto de criação | Desenvolvido para aplicação no contexto norte-americano. | Adaptado para aplicação no contexto brasileiro | Objetiva avaliar a conformidade do sistema de gestão da qualidade das empresas no setor da construção civil. | Objetiva incentivar o uso racional de recursos naturais, reduzir o custo de manutenção das edificações e as despesas mensais dos usuários, bem como realizar uma conscientização das vantagens de construções sustentáveis. |
| Metodologia de avaliação | O empreendimento tem que cumprir uma lista de pré-requisitos aos | O empreendimento é avaliado ao longo da estrutura | O empreendimento é progressivamente através de níveis que gradualmente | O empreendimento é verificado, durante a análise técnica de viabilidade do |

| | | | | |
|----------------------------------|--|---|---|--|
| | quais são atribuídos créditos com base em uma lista de objetivos. A classificação final é obtida através da somatória dos pontos atingidos nas categorias. | considerando categorias e subcategorias que são avaliados pelos conceitos de bom, superior e excelente. | certificam a implantação do sistema de gestão. A empresa que solicita a adesão ao sistema recebe a classificação “D”, progressivamente pode atingir os níveis “C”, “B” e “A”. | empreendimento. A adesão ao selo é voluntária. No entanto o empreendimento pode alcançar os níveis de gradação do selo azul casa que são o bronze, quando cumpre os critérios obrigatórios; prata quando cumpre os critérios obrigatórios e mais seis critérios livres; ouro quando cumpre os critérios obrigatórios e mais dose critérios livres. |
| Complexidade de avaliação | Utilização de <i>checklist</i> . | Utilização de questionário aplicado por equipe consultora. | Utiliza a avaliação de consultores. | Utiliza a avaliação de vistorias específicas de avaliação. |
| Sistema de classificação | Certificado; Prata; Ouro; Platina | Bom; Superior; Excelente. | Nível – D; Nível – C; Nível – B; Nível – A. | Bronze; Prata; Ouro. |

Adaptado: BUENO, 2010.

Para poder comparar as certificações, foi criado um Quadro 3 no qual foi destacado os parâmetros de sustentabilidade relevantes presentes em cada sistema de certificação comparado neste artigo, no referido quadro as certificações que apresentam os parâmetros de sustentabilidade destacado no quadro é classificada com a cor verde, as que não apresentam são classificadas em vermelho.

Conforme o Quadro 3, todos os programas de certificação comparados, tem a preocupação com resíduos, recursos (solo, água e materiais), bem como gestão de energia e ambiente interno, no entanto nem todos os programas cumprem todas as áreas especificadas. A certificação Selo Casa Azul é o único programa que tem preocupação com os impactos sócio econômico que a implantação de um empreendimento causa ao longo de sua vida útil. A certificação LEED e Selo Casa Azul possuem preocupações comuns no que se refere a regionalização do empreendimento, no entanto somente na certificação LEED há um cuidado com o fator transporte. Os parâmetros que se referem a inovação, integração no meio, prioridade regional, sócio economia, transporte, saúde bem-estar e planejamento estão presentes na certificação Selo Casa Azul, os outros programas analisados não se preocupam com os referidos critérios, os programas que possuem maior numero parâmetros avaliados são o programa LEED e Selo Casa Azul, indicando serem os programas mais abrangentes que os demais analisados.

Quadro 3. Análise comparativa dos sistemas de certificação avaliados.

| | LEED | AQUA | PBQP-h | Selo Casa Azul |
|-----------------------------------|------|------|--------|----------------|
| Ambiente interno | | | | |
| Cargas ambientais | | | | |
| Energia | | | | |
| Gestão ambiental | | | | |
| Impactos ambientais externos | | | | |
| Inovação | | | | |
| Integração no meio | | | | |
| Prioridade regional | | | | |
| Projeto e planejamento | | | | |
| Recursos (solo, água e materiais) | | | | |
| Resíduos | | | | |
| Saúde e bem-estar | | | | |
| Sócio economia | | | | |
| Transportes | | | | |

Adaptado: CALIXTO, 2016.

Legenda: Apresenta o parâmetro
 Não apresenta o parâmetro

CONCLUSÃO

A certificação é importante para impulsionar e disseminar os conceitos de construção sustentável, a mesma também contribui para a economia, bem-estar, possui cunho social e o conceito de construção sustentável atrai investidores interessados neste conceito, que atualmente é tópico obrigatórios nos empreendimentos atuais, no entanto há necessidade em se ter o cuidado da implantação da certificação que expresse o ambiente e a região no qual o empreendimento será implantado. Os programas de certificação analisados neste artigo, apresentaram conceitos sustentáveis, no entanto cada programa assumiu uma metodologia diferente, as certificações LEED e Selo Casa Azul são as que mais apresentam parâmetros, no entanto a certificação Selo Casa Azul pelo seu contexto de criação se apresenta como a certificação ideal a ser adotada no território nacional, principalmente por ter aceitabilidade em diversos programas de financiamento no território brasileiro.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, LIDIANE DE BRITO; COSTA, DAYANA BASTOS; ALBERTE, ELAINE PINTO VARELA. Proposta do sistema de indicadores de desempenho para gestão sustentável para canteiros de obras. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v.20, n.1, p.153-170, 2020. ISSN 1678- 8621. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. 2015. **Cerâmica**. SÃO PAULO. V. 61. nº 358. p.178- 189. 2015. Disponível em <http://www.scielo.br.scielo>. ISSN: 0366-6913online version ISSN:17678-4553. Acessado em: dezembro de 2019.

BUENO, CRISTIANE. **Avaliação de desempenho ambiental de edificações habitacionais: análise comparativa dos sistemas de certificação no contexto brasileiro**. Dissertação de mestrado (Programa de pós – graduação em Arquitetura e urbanismo) Escola de Engenharia de São Carlos. São Paulo, 2010.

CALIXTO, ANTÔNIO MIGUEL SAIAL. **Métodos de avaliação da sustentabilidade na construção-Análise comparativa e aplicação a caso de estudo**. Originalmente apresentada como dissertação de mestrado. Instituto Superior de Engenharia de Coimbra-Coimbra. p.121. 2016.

FERNANDES, ÁLVARO MANUEL VAZ. **Métodos de avaliação da sustentabilidade das construções**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade do Porto. U. PORTO. Portugal, 2013.

FROUFRE, MARIÂNGELA MONTEIRO; MELLO LUIZCARLOS BRASIL DE BRITO; SOARES CARLOS ALBERTO PEREIRA. Indicadores de sustentabilidade em canteiros de obras, segundo o PBQP – h. **Anais do IX Congresso brasileiro de Engenharia de produção**. Ponta Grossa-PR. 2019.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. Guia prático de referencial de avaliação da qualidade ambiental do edifício. 2014. Disponível em: www.aqua-hqe.com.

GRÜNBERG, PAULAREGINA MENDES; MEDEIROS, MARCELO HENRIQUE FARIAS; TAVARES, SERGIO FERNANDO. **Certificação ambiental de habitações: comparação entre LEED for homes, processo AQUA e Selo casa azul**. Ambiente e sociedade. São Paulo. V. XVII. n. 2. P195-214. 2014.

JUNIOR, JOEL VIEIRA BAPTISTA; ROMANEL CELSO. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. **Revista brasileira de gestão urbana - urbe (Brazilian Journal of Urban Managenet)**. v.5, n.2, p 27-37, 2015.

JOHN, VANDERLEY MOACYR; PRADO, RACINE TADEU ARAÚJO PRADO. **Boas práticas para habitação mais sustentáveis**. São Paulo. Ed. Páginas & Letras. 2010. ISBN 978-85-86508-78-9. 2010.

MANN, DANIELA CARNASCIALI DE ANDRADE. **Diagnóstico de sistema de gerenciamento de resíduos de construção civil em Curitiba**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. UTFPR. Curitiba. 2015.

MATTOS, BERNARDO BADEIRA DE MELLO. **Estudo do reuso, reciclagem e destinação final dos resíduos da construção civil na cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro. 2014. Projeto de Graduação Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. 2014. p. 71-74. 2014.

NOVIS, LUIZ EDUARDO MORAES. **Estudo dos indicadores ambientais na construção Civil – Estudo de casos em 4 construções**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil). Rio de Janeiro. UFPJ. Escola Politécnica. 2013.

OLIVEIRA, VALECIA BESSA; CARVALHO, RICARDO MARINHO; JUNIOR, IVAN JOSE ARY. **Análise comparativa dos sistemas de certificação LEED e AQUA-HQE e sua inter-relação com o mercado brasileiro da construção civil**. XXVII Encontro Universitário da UFC de iniciação à docência. 2018.

QUEIROGA, ADAYANNE TEBERGES DANTAS; MARTINS, MARIA DE FÁTIMA. Indicadores para a construção sustentável: estudo em um condomínio vertical em Cabedelo, Paraíba. **VER. ADM. UFSM. Santa Maria**. V.8, ED. Especial. XVI ENGEMA. P114-130. 2015.

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL, **Programa brasileiro de qualidade e produtividade do habitat. PBQP – HABITAT**. Ministério do desenvolvimento regional. 2018. Disponível em: http://www.pbqp-h.gov.br/pbqp_apresentação.php Acesso em: 06 jun.2020

RIBEIRO, C. C.; PINTO, J. D. S.; STARLING, T. **Materiais de construção civil**. 4 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2013. 212 p.

SEBRAE. **Programa Brasileiro da qualidade e e produtividade do habitat (PBQP – H)**. Boletim de inteligência. 2016.

VIEIRA, ELTON SIMÃO; NETO, JOÃO MARCELINO DE OLIVEIRA. **Qualidade na construção civil: PBQP – H análise do programa brasileiro de qualidade e produtividade do habitat**. *Journal of Engineering Technology Innovation and Sustainability*. ETIS. Anápolis. GO. 2019.

VINCI GUERRA, MARIANGELA. **Gestão de resíduos da construção civil por meio da análise da certificação LEED – o caso do estádio Maracanã – RJ**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia do Meio Ambiente da Universidade Federal de Goiás, Goiânia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia do Meio Ambiente. Goiânia. Goiás. 2013. p.1-153.

41522017162097. v. 22. nº 05. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE Cidades estimativa da população em 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/paragominas/panorama>. Acesso em: 20 de setembro. 2019.

LEI Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>. Acesso em: 29/02/2020.

LEITE, I. C. A.; DAMASCENO, J. L. C.; REIS, A. M.; ALVIM, MARINA. **Gestão de resíduos na construção civil: um estudo em Belo Horizonte e região metropolitana**. Revista eletrônica de Engenharia Civil. REEC. v.14 nº01. p.159-175. 2018. WWW.Reec.com.br. <http://revistas.ufg.br/reec/index>.

NASCIMENTO, F. A. T.; VIEIRA, A. J. B.; BARROSO, SILVA, I. R.; LOPES, J. P. **Reutilização e reciclagem de resíduos sólidos gerados na construção civil**. 2015. Ciências exatas e tecnológicas. Maceió. V. 03. nº 01 . p. 141-152. ISSN. 2357-9919.

SECRETARIA ESPECIAL DE DESENVOLVIMENTO URBANO DE PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA – SEDU. IBAM. **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro. 2001. 200 p.

SILVA, W. C; SANTOS, G.O; ARAÚJO, W. E. L. Resíduos Sólidos de Construção Civil: Caracterização, Alternativas de Reuso e Retorno Econômico. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 286-301, 2017.

SISEMA. **Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos**. Cartilha de Orientações: Estudo Gravimétrico de Resíduos Sólidos Urbanos. pag. 19. Belo Horizonte – 2019.

SILVA, W.; JUNIOR, E. S. M.; COELHO GLAUBER, T. F.; PEREIRA, D. R. **Utilização de agregados dos resíduos da construção e demolição (RCD) em pavimentação.** 2015. In: Congresso técnico científico de Engenharia e da Agronomia (CONTEC). Fortaleza. CE.2015. p. 1-4.

SOUZA, F. F.; JÚNIOR, P. R. B.; FERREIRA, D. D. M.; FERREIRA, L. F. **Gestão de resíduos sólidos na construção civil: Uma análise do relatório GRI de empresas listadas na BM&FBOVESPA.** NAVUS Revista de Gestão e Tecnologia. ISSN: 2237-4558. Florianópolis. SC. v.5 ; n.4; p.78-95. 2015.

[CAPÍTULO 4]

**REVISÃO INTEGRATIVA ACERCA DOS RESÍDUOS SIDERÚRGICOS E
POTENCIAL DE RECICLAGEM**

*Mateus do Carmo Rocha
Milena Pupo Raimam
Thais Binow Dias
Alisson Rangel Albuquerque*



INTRODUÇÃO

A indústria siderúrgica atualmente caracteriza-se como uma atividade que requer grande quantidade de matéria e energia para a produção de aços em diferentes especificações, o que vem acompanhada da geração de uma variedade de resíduos sólidos, líquidos ou efluentes gasosos (LIUBARTAS et al., 2015). Os resíduos tradicionalmente gerados neste segmento são distribuídos em pós, lamas, escórias, carepas, refratários, fluff (IAB, 2018). Sendo a produtividade crescente e a capacidade de aterros industriais no Brasil reduzida, a criação de estratégias seguras de destinação final e o uso alternativo destes subprodutos é fundamental.

Embora o volume gerado seja bastante significativo, cerca de 90% dos resíduos siderúrgicos possuem potencial de reaproveitamento (CÂMARA, 2017). A cooperação entre a destinação final dos resíduos siderúrgicos com outras áreas econômicas, auxilia na prevenção ou minimização de contaminações e conseqüentemente passivos ambientais.

A redução dos efeitos dos subprodutos nos parques industriais, com introdução em outros segmentos produtivos como a construção civil e a agricultura, são praticados no mundo todo (BRASIL; NASCIMENTO, 2019; GHOSH; GHOSH, 2020). Em virtude das características físico-químicas, estes resíduos têm demonstrado potencial utilização agrônômica, tanto como corretivos de acidez do solo quanto na nutrição de plantas (PIATAK; PARSONS; SEAL, 2015; TELLES, 2013; TU et al., 2017). No Brasil este aproveitamento é pouco difundido, contrariamente ao que ocorre nos Estados Unidos, Canadá, Japão, China, Coréia do Sul e Alemanha (DAS et al., 2019; NING et al., 2016; WHITE et al., 2017).

O presente capítulo, visa realizar um apanhado sob a ótica da gestão ambiental, das informações consideradas mais relevantes quanto ao modelo de produção de aço, as etapas geradoras de resíduos e a destinação destes e finalmente explanar sobre a potencialidade agrônômica destes subprodutos.

METODOLOGIA

A pesquisa trata-se uma revisão integrativa, de natureza básica seguindo os procedimentos descritivos e exploratório (GIL, 2018) com levantamento de dados documentais, por meio de livros, dissertações, teses e artigos em periódicos disponíveis nas bases Coordenação de Pesquisa e Aperfeiçoamento do Ensino Superior (CAPES), *Science Electronic Library Online* (SciELO), *Science Direct* e *Springer*, com recorte temporal entre os anos 2007 a 2020, além de estudos pioneiros e legislação brasileira pertinente, ligados aos resíduos sólidos da produção do aço nos seguintes aspectos: Processo produtivo, geração, classificação, destinação final, potencial ambiental e agrônômico.

PROCESSOS PRODUTIVOS DO AÇO NA SIDERURGIA

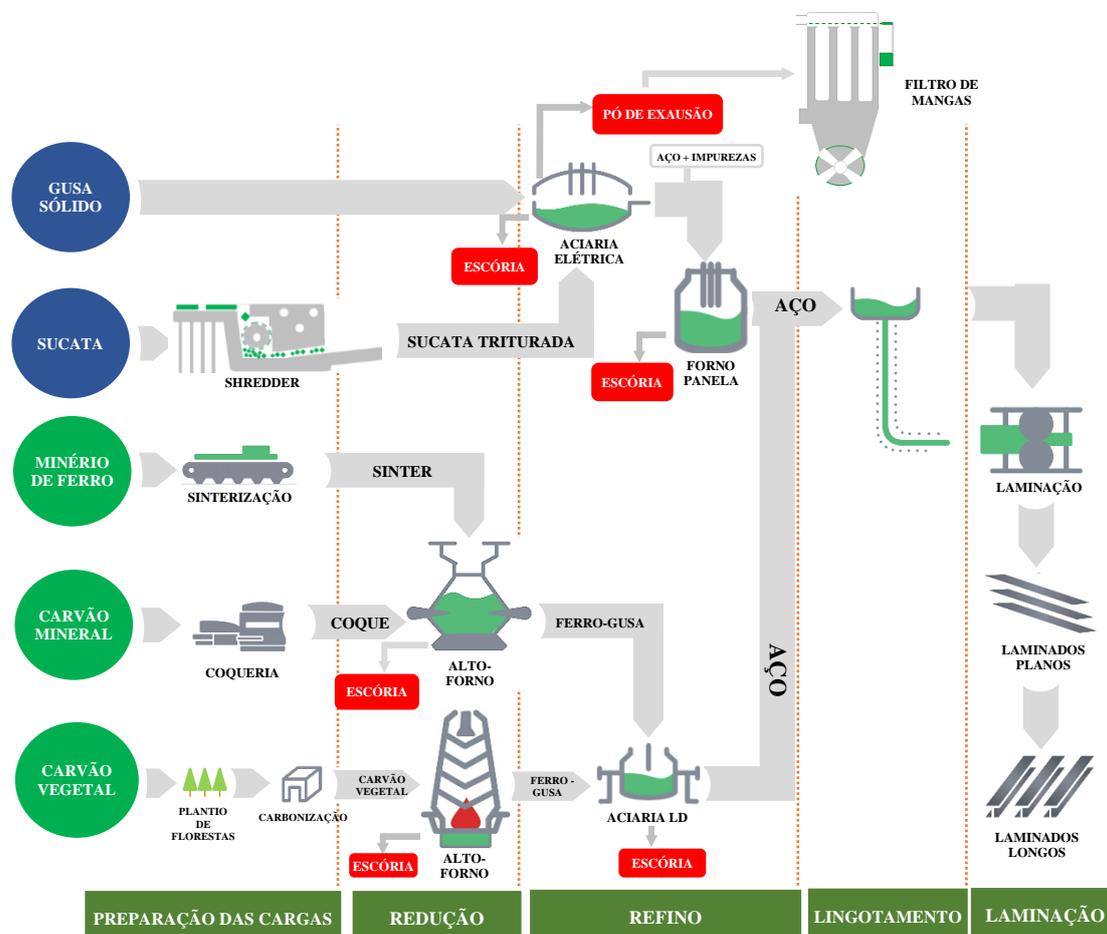
As rotas tecnológicas empregadas na produção do aço são classificadas em dois tipos de processos: integrada e semi-integrada (SOUSA, 2015; UHLIG; GOLDEMBERG; COELHO, 2008). A distinção entre os processos produtivos do aço na siderurgia (figura 1), foi demonstrada nos estudos de Carvalho, Mesquita e Araújo (2015), Silva (2018) e Oliveira (2016), tendo a rota integrada a sequência de operações: redução, refino e laminação, com a utilização de minério de ferro, coque e calcário como matérias-primas. Já a rota semi-integrada (*mini-mills*) contempla apenas as funções de refino e laminação, com o uso de insumos de ferro-gusa, sucata e ferro esponja (PINTO, 2010).

Na primeira etapa, o minério de ferro, matéria-prima básica para siderurgia, passa por redução em sua granulometria, transformando-se em finos de minério de ferro (SILVA, 2014). Nyembwe (2011) e Lopes (2012), descrevem que os mesmos finos de minério de ferro são transportados a misturadores intensivos, juntamente com água, cal e os resíduos reciclados do pó de balão do precipitador eletrostático.

O produto oriundo do misturador é conduzido a uma máquina de sinter, onde por meio de uma esteira são levados até um forno de ignição com temperaturas de 1.200°C (CAMPOS JÚNIOR, 2018; TELES; ESPINOSA; TENÓRIO, 2013). Após isso, ocorre o processo de britagem, resfriamento da massa sinterizada, seguido de peneiramento do material, denominado de sinter ou micropelotas (DANIEL 2018; SILVA, 2018).

Além disso, na siderúrgica, destacam-se dois tipos de materiais combustíveis, responsáveis pelo fornecimento de carbono e calor na produção de ferro gusa, carvão mineral e vegetal (ALVES, 2016; PROTÁSIO et al., 2013; VITAL; PINTO, 2009). Nestes procedimentos, a preparação do produto oriundo da mineração (carvão mineral) é realizada por meio da coqueificação, aonde o material após a britagem é destilado para os fornos da coqueria a temperaturas de 1.100°C a 1.350°C por 16 horas a 20 horas, além de passar

por um processo de resfriamento e depois ser transportado até o alto-forno (CARIAS, 2018)



Legenda: ● Usina Integrada ● Usina Semi-integrada ● Etapas ● Resíduos

Figura 1. Processo de produção de aço em usinas integradas e semi-integradas.
 Fonte: Adaptado do Instituto Aço Brasil (2014)

Neste enquadramento, outra forma de sortimento de carbono, é a utilização do material lenhoso carbonizado ou propriamente denominado de carvão vegetal (VITAL; PINTO, 2009). O mesmo é resultante da secagem para perda de umidade e carbonização da madeira em fornos de alvenaria a temperaturas entre 100°C a 250°C, como é caracterizado nos estudos de Vale, Dias e Santana (2010), Arruda et al (2011), e Protássio et al (2013).

Com a aquisição das matérias-primas sinter, coque e carvão vegetal, juntamente com os fundentes (dolomita, calcário, quartzo), tem-se a produção do ferro-gusa oriundo do alto forno da siderurgia (CAMIOTO; REBELATTO, 2014). Eles, em seguida, são transportados e despejados por uma esteira até a superfície dos fornos, onde no seu interior

ocorre um processo de redução sob temperatura entre 1.700°C a 1.900°C (REZENDE, 2008).

O Instituto Aço Brasil (2018) e Assunção (2011) destacam que nesta etapa ocorrem as reações físico-químicas para a liquefação do minério de ferro, onde o equipamento, composto de materiais refratários, requer determinados valores sobre a temperatura de combustão, sendo esses proporcionais a uma concentração de oxigênio no ar de sopro acoplado a estrutura de alto-forno. Em virtude disso, o produto gerado é o ferro gusa, também chamado de ferro de primeira fusão.

Vares (2016), enfatiza que na atividade siderúrgica é imprescindível a etapa de refino do ferro-gusa líquido ou sólido, tendo em vista que parte da taxa sobre o carbono é extraída juntamente com as impurezas. Vale ressaltar que o processo é realizado nas aciarias ou também denominados conversores (SALVIANO, 2010). Nesse sentido, a produção do aço compreende da fusão das matérias-primas, a qual poderá ser realizada entre dois tipos de conversores: aciaria LD (*Linz-Donawitz*) ou também denominada de BOF (*Basic Oxygen Furnace*), e forno de aciaria elétrica (FEA) (BARBOSA, 2013; YELLISHETTY, et al., 2011)

Entre a distinção dos conversores, Casotti, Bel filho e Castro (2011), além de Barbosa (2013), em seus trabalhos caracterizam a fase de refino pela aciaria LD, onde o produto (aço) é obtido a partir do uso de oxigênio no conversor *Linz-Donawitz*.

[...] o ferro-gusa é recolhido do alto-forno, levado a um conversor, em que a temperatura média chega a 1.600°C, e submetido à injeção de um sopro de oxigênio puro. Controlando rigidamente a quantidade de oxigênio, fixa-se o teor de impurezas que se pretende eliminar. Os componentes indesejáveis reagem com o oxigênio, formando compostos voláteis. As reações que acontecem dentro do conversor liberam energia, de modo que o processo se autossustenta, sendo desnecessário realimentá-lo com energia externa. (CASSOTI; BEL FILHO; CASTRO, 2011. p. 131)

Por sua vez, Oliveira (2015) e Paula (2017), descrevem que o processo em FEA se baseia no método físico sobre conversão de energia elétrica em térmica, onde uma corrente elétrica alternada é levada a eletrodos por meio de terminais e também cabos de cobre, gera-se assim um arco elétrico que funde as matérias-primas nos fornos fechados, dando seguimento a um beneficiamento primário do aço ou também chamado de refino primário pelo conversor.

Além dos métodos produtivos no refino do aço, o discernimento se dar também quanto ao uso dos insumos da aciaria FEA. O material utilizado neste método para o beneficiamento do aço são o ferro gusa sólido, sucata e fundentes, enquanto que nas aciarias LD é composta por ferro gusa líquido e fundentes, auxiliados por meio do uso sob o oxigênio (BARBOSA, 2013; PAULA, 2017). Vale mencionar sobre a sucata, onde a matéria prima é processada por equipamentos como as prensas tesouras e os trituradores

(*shredder*), onde se tem como finalidade a diminuição da granulometria, seleção e retirada das impurezas da sucata (ALVES, 2016; CÂMARA, 2017).

Um processo que ocorre posteriormente ao produto proveniente da aciaria FEA, trata-se do refino secundário em fornos panelas da siderurgia. A caracterização do procedimento é verificada por Frazao (2011), Bittencourt (2015) e Lopes et al. (2015), os mesmos retratam que o objetivo do processo são os ajustes químico e térmico do produto, como a adição de ferro-ligas e a remoção do enxofre (dessulfuração). Além da adição de gases inertes ao fundo dos recipientes, também denominado de rinsagem, no intuito de garantir uma apropriada homogeneização sob a temperatura (SÁ, 2015).

Do beneficiamento do aço, segue-se o lingotamento como sequência do processo produtivo da siderurgia (CARVALHO; MESQUITA; ARAÚJO, 2015). Por esse meio, tem-se a transformação do aço líquido em sólido, tendo em vista que na modelagem semiacabada da lingoteira, tem-se a formação de materiais como placas, blocos ou tarugos de aço (GONÇALVES, 2016).

Finalmente, os produtos siderúrgicos passam pela etapa de laminação na qual os lingotes de aço passam por tratamento mecanizado com objetivo de diminuir a espessura do material, e assim leva-los até a indústria de transformação (TEIXEIRA, P; TEIXEIRA, B; LACERDA, 2019). Os produtos dos laminados após a modificação física são: bobinas laminadas, chapas grossas, vergalhões, perfis, barras, fio-máquina e entre outros produtos (IAB, 2018).

GERAÇÃO E DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SIDERÚRGICOS

Com base as pesquisas feitas por Perez (2008), Reckziegel (2012), Batista (2014) e Câmara (2017), a geração de resíduos cresce proporcionalmente ao consumo, uma vez que há um aumento na produção dos produtos à base de aço. O relatório de sustentabilidade publicado em 2018 pelo Instituto Aço Brasil mostra que no ano de 2017 para cada tonelada de aço produzido pelas empresas associadas gerou 607kg de resíduos diretamente relacionado ao processo produtivo siderúrgico como pós, lamas, escórias, carepas, refratários, *fluff*.

Desse total, entorno de 42% do volume total são provenientes da operação de alto-forno e 27% de escória de aciaria, já os finos e pós (6%), lamas (5%) e outros (20%) advêm dos processos e sistemas de tratamento. E cerca de 86% são reaproveitados, 9% mantidos em estoque e 5% encaminhados para disposição final (IAB, 2018), os quais se subdividem conforme a Figura 2.

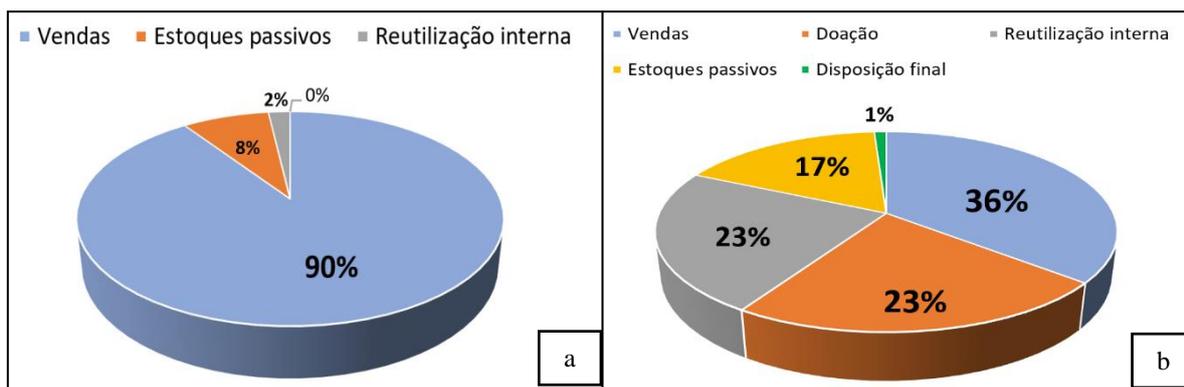


Figura 2. Destinação média dos resíduos siderúrgicos do alto-forno(a) e aciaria (b).
Fonte: Adaptado do Instituto Aço Brasil (2018).

DESCRIÇÃO DOS RESÍDUOS SIDERÚRGICOS

Escória de Alto Forno

A produção de aço deriva uma série de resíduos industriais. Dentre os vários tipos de resíduos, a escória de alto forno (EAF) é oriunda da produção de ferro-gusa nos altos fornos (IAB, 2018). No que diz respeito a caracterização físico-química desse agregado de alto forno, conforme explicitado nos estudos desenvolvidos por Siqueira (2008), e Rebelo et al. (2012) e Pimentel et al. (2019), os autores relataram ser uma ferramenta importante sobre esse material, pois possibilita estabelecer a correlação com os materiais e processos empregados na fabricação do aço.

Tendo em vista que a escória de alto forno é um subproduto da produção do ferro de primeira fusão, o estudo de Pimentel et al. (2019) descreve que o material vem a ter características não metálicas e composto por uma combinação química das impurezas (gangas) do minério de ferro, somando-se com o calcário dolomítico e as cinzas do carvão mineral ou vegetal.

A respeito disso, o resíduo do alto forno possui aglomerado de cálcio (Ca), silício (Si), alumínio (Al), magnésio (Mg), e pequenas quantidades de ferro (Fe), titânio (Ti) e manganês (Mn) (REBELO et al, 2012). E acordo com Pinto (2010), os parâmetros físicos como o peso dos diferentes materiais usados na produção do aço, o consumo específico do coque juntamente com os dados empíricos da operação, devem serem levados em conta em uma análise detalhada sobre o material. Em razão disso pode-se verificar a influência destes na composição química do resíduo.

Ressalta-se que o processo para a separação da escória do ferro-gusa é feito através da diferença de densidade, em que “a massa específica da escória é muito menor que a do ferro-gusa, cerca de, respectivamente, $2,8 \text{ g/cm}^3$ e $7,0 \text{ g/cm}^3$, a escória derretida

flutua no topo do ferro-gusa também derretido, e pode ser drenada separadamente” (SIQUEIRA, 2008, p. 48). O ferro-gusa líquido passa por canais de drenagem nos quais a separação ocorre por densidade, transferindo o resíduo para tanques, resfriando-se.

O tamanho de suas partículas e estrutura variam em função da velocidade de resfriamento da EAF na água ou no ar. Ao ser resfriada bruscamente, a EAF adquire estrutura vítrea e forma granular, apresentando propriedades hidráulicas latentes; mas, se o processo empregado for o resfriamento lento, a escória cristaliza, formando um produto sem atividade hidráulica, constituído por silicatos e alumínio silicatos cálcicos (REBELO et al., 2012; p. 883)

Além disso, pode-se dizer que, esse resfriamento do resíduo de forma brusca com jatos d’água, solidifica-o em formato granular e amorfa de silicatos de Ca, Mg e Al. No entanto, quando o mesmo é resfriado vagarosamente em condições ambientes, resulta na consolidação de um material rígido e cristalino com coloração cinza (LIN et al., 2017; SADEK, 2014).

Escória de Aciaria

Outro resíduo proveniente da produção de aço nas siderúrgicas, trata-se da escória de aciaria ou também denominado de agregado de aciaria (IAB, 2018). Ademais, esse resíduo é derivado do processo de refino sob o beneficiamento do aço, em que podem ser realizados a fornos a oxigênio, chamados de *Lins-Donawitz* - LD, ou elétrico por meio dos arcos elétricos – FEA (FERREIRA, 2010; YELLISHETTY et al, 2011).

Devido os diferentes modelos de produção no refino do aço, as pesquisas de Salviano (2010), Rodrigues et al (2012), Januzzi (2014), Wally et al (2015) e Andrade (2018), procuraram caracterizar físico-quimicamente esse resíduo, correlacionando-o com os insumos utilizados no processo sob o beneficiamento do aço.

Dentro do processo da refinaria, a conversão do ferro-gusa em aço líquido se tem por meio dos fornos da aciaria, onde ocorre a redução do carbono contido no ferro-gusa líquido ou sólido e remoção simultânea das impurezas (ALVES, 2008). Com o fim do processo, a escória por ser menos densa fica sobrenadante ao aço no interior do forno (FERREIRA, 2010). Após isso, o aço é despejado em um recipiente por meio do bico do conversor seguindo a rota de produção do aço, a escória é vazada em um carro-torpedo e desviada até o pátio de deposição para o resfriamento a jatos d’água ou ao ar livre (JANUZZI, 2014).

A composição química do resíduo depende de vários fatores como o tipo do forno utilizado no processo de beneficiamento do aço, a matéria-prima empregada - ferro-gusa, sucata e fundentes (calcário) – bem como a especificação do aço produzido e o método de resfriamento do resíduo (ANDRADE, 2018). Diante disso, em fornos a oxigênio (LD), a

escória apresenta somente caráter oxidante, enquanto nos fornos elétricos (FEA), devido ao forno panela, exhibe particularidades oxidantes e redutoras, e na qualificação feita por Salviano (2010), Rodrigues et al (2012) e Wally et al (2015), pode-se caracterizar físico-quimicamente o resíduo a partir dessas propriedades.

Destaca-se que o conversor LD gera entre 45 a 150 kg de escória oxidante por tonelada de aço bruto produzido, dependendo do tipo de conversor LD utilizado; com relação ao EAF utilizado, podem ser geradas entre 80 a 150 kg de escória oxidante por tonelada de aço bruto produzido (OLIVEIRA et al., 2018. p. 2010).

Em ambos fornos, o subproduto gerado é constituído por uma mistura de diferentes óxidos de cálcio, ferro, alumínio, magnésio e manganês, além disso, silicatos de cálcio e magnésio, além de possuírem alta resistência e durabilidade (ALMEIDA, 2016; AZEREDO, 2018). O estudo de Wally et al (2015) ainda acrescenta que a constituição química do agregado de aciaria é resultante das impurezas contidas nos insumos utilizados na sua produção, assim como também do material refratário presente nas paredes dos fornos.

Pó de Exaustão

Outro resíduo industrial oriundo do processo da refinaria nos fornos elétricos na produção de aço é conhecido pó de exaustão, pó de aciaria ou mesmo pó de despoeiramento, por possuir agregados em frações mais finas (IAB, 2018). A composição físico-química desse resíduo foi caracterizado por Telles (2010), Ramos (2013) e Silva (2018), aonde ressalvam que os particulados estão presentes intrinsecamente com as emissões gasosas, que são liberadas pelo forno elétrico (FEA) ao sistema de desempoeiramento.

O meio filtrante utilizado nas siderúrgicas tem como finalidade o controle da poluição do ar, além disso, faz parte integrante do processo industrial (CARVALHO, 2018). E, por esse meio, o seu funcionamento se fundamenta na entrada do ar sujo – gases da fusão e particulados - pois o seu transporte passa por filtros constituídos de materiais naturais ou sintéticos, denominados de mangas. Visto isto, as partículas ficam retidas e o ar sai limpo para a atmosfera (STATHOPOULOS et al, 2013).

Telles (2010) ressalta que a fração do pó de exaustão é composta essencialmente de partículas esféricas e de granulometria fina. Sendo a maioria dos elementos identificados neste resíduo são o ferro, zinco, cálcio, cromo, manganês, silício, alumínio, níquel, cádmio, chumbo (SILVA, 2018). Ademais, ressalta-se que na siderurgia, em seu processo de refino primário sob o aço, são produzidos 15 a 20 kg de pó de exaustão a cada tonelada de aço (LOBATO, 2014).

Ainda nesse contexto, Silva e Mambrini (2016) acrescentam que a composição do pó de despoejamento pode ser amplamente variável devido aos fatores: (i) tipo de forno; (ii) calor produzido na aciaria; (iii) impurezas da sucata metálica como borrachas, tintas e polímeros. Diante disso, Buzin, Heck e Vilela (2017), descrevem que neste resíduo apresentam também composições em cloretos, fluoretos, sulfatos, sulfetos e compostos orgânicos voláteis.

CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS

No Brasil, a lei nº 12.305/2010 institui a Política Nacional de Resíduos sólidos (PNRS), que traz princípios, objetivos e instrumentos (inclusive os econômicos) sobre os gerenciamentos dos mesmos. Dentre os quais em suas disposições preliminares, ressalta sobre a origem dos resíduos e sua eventual classificação, caracterizando-se assim os resíduos industriais, como aqueles gerados nos processos produtivos e instalações industriais, como os resíduos (BRASIL, 2010).

Resíduo sólido industrial: é todo o resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semi-sólido, gasoso - quando contido, e líquido – cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição (CONAMA, 2002, p. 1).

Ainda nesse contexto, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) tem como competência o estabelecimento de normas, critérios e padrões referentes ao controle e a manutenção sobre a qualidade do meio ambiente, tendo em vista o uso racional dos recursos ambientais (SIRVINSKAS, 2018).

Assim sendo, a Resolução Conama nº 313 de 29 de outubro de 2002, que dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais como um instrumento de gestão de resíduos, estabelece que os resíduos existentes ou gerados pelas atividades industriais são objeto de controle específico. Além disso, Barros (2012, p. 202), descreve que a norma é uma “necessidade de informações precisas acerca da quantidade, dos tipos e dos destinos dos resíduos sólidos gerados no parque industrial brasileiro”.

Em contrapartida, na ausência de legislação específica sobre a classificação dos resíduos siderúrgicos, a mesma deverá ser realizada por meio de uma norma técnica com aplicabilidade geral em todos os resíduos (BATISTA, 2014). Nesse sentido, atualmente, o direito ambiental sob os critérios sobre os riscos potenciais dos resíduos siderúrgicos ao meio ambiente, utiliza-se como referência a norma NBR 10.004 (ABNT, 2004b).

Por meio disso, os resíduos são classificados em duas classes: I-perigoso e II-não perigosos (ABNT, 2004a). A primeira contendo as características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, com aspectos nocivos ao ser humano e ao meio ambiente, enquanto que para a classe II, são caracterizados como inertes (IIA) e não-inertes (IIB) (FONSECA, 2009; MIHELICIC et al., 2018).

Diante disso, sobre a distinção na classificação dos resíduos, são realizados levantamento referentes a composição química do material, tendo como base as normativas NBR 10005/2004 e 10006/2004 (BARROS, 2012). Sendo assim, a primeira trata dos requisitos para a obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos, com o intuito de diferir as classes dos resíduos sólidos (ABNT, 2004b), enquanto a segunda possui condições exigíveis na obtenção de extrato solubilizado, com o objetivo de diferenciar os resíduos classe II – não perigosos, com as respectivas características IIA e IIB (ABNT, 2004c).

Em virtude disso, diversos estudos procuraram caracterizar e classificar os resíduos para determinada finalidade. Pimentel et al (2019), buscou fazer o levantamento da escória de alto forno para pavimentação, como também, Barbosa (2013) e Pinto (2010), onde relataram sobre os diversos tipos de escória da aciaria para o ramo da construção civil, como produção de cimentos e misturas asfálticas. Além disso, Cunha (2007) e Alves filho (2010), verificaram a composição química do pó de exaustão da aciaria, onde classificaram o mesmo em Classe I – perigoso.

POTENCIALIDADE AMBIENTAL E AGRONÔMICA

Das alternativas de disposição final, a reutilização e a reciclagem dos resíduos são métodos mais interessantes comparado a disposição em aterros industriais, pois no âmbito ambiental muitas vezes não se alcançam aos padrões de qualidade ambiental (SOBRAL et al, 2011). Além disso, Costa (2017) afirma que, ao gerir os resíduos de forma eficiente, é possível a recuperação dos produtos a um ciclo produtivo, o que beneficiará ao reduzir o consumo de matéria-prima, o volume descartado no meio ambiente e conseqüentemente os custos agregados a essa prática, propiciando vantagens econômicas, ambientais e até mesmo sociais.

A utilização de resíduos siderúrgicos em diversos segmentos como indústria de cimento e concreto, recuperação de metais, pavimentação rodoviária, indústria de vidro, lastro ferroviário, sintetização, indústria de zinco, blocos para pavimentação, cerâmica e tijolos tem sido amplamente divulgada, configurando a destinação mais rápida e de menor

complexidade a estes resíduos (AZEREDO, 2018; MURAKAMI, 2014; SCHUMACHER, 2018; SILVA, 2018).

Por outro lado, a reutilização no setor agrícola, com destaque para as escórias apresenta alto valor agregado na agricultura sustentável, resultando em aumento de produtividade, neutralização do solo, redução da emissão de gases estufa, fonte de macro e micronutrientes e estabilização de metais potencialmente tóxicos em solos contaminados (DAS et al., 2019).

O uso de escórias como fertilizantes data de 1878 na Europa, tendo seu auge por volta de 1960, quando 2,5 milhões de toneladas de fertilizantes a base deste subproduto foram produzidas. A redução no uso desta fonte ocorreu após 1970, quando os fertilizantes de NPK passaram a ser utilizados (ITO, 2015). Porém o acúmulo destes subprodutos nunca deixou de acontecer e continuamente investigações sobre o uso agrônomo de sucedem.

Sendo a composição rica em óxidos de silício, cálcio, magnésio e fósforo, a correção do pH do solo e seus ganhos nutricionais, são os aspectos mais relevantes apontados com o aproveitamento dos resíduos (ITO, 2015; PIATAK; PARSONS; SEAL, 2015). Ronda Filho (2016) demonstrou que a pulverização de escória de aciaria LD em plantações de tomate, batata, cebola, espinafre e trigo, incrementou o pH e resultou em acréscimo nos teores de cálcio e de magnésio do solo. Andrade et al. (2010), estudou o uso de lama de alto forno como fonte de zinco para culturas de arroz. Wally et al. (2015), avaliou a escória básica de aciaria como corretivo de acidez de solo, fornecedora de nutrientes e metais pesados.

Um dos raros estudos avaliando os efeitos da aplicação de escória sobre espécies arbóreas, produziu mudas de *Schizolobium parayba* var. *amazonicum* em substrato contendo solo da área de rejeito e escória, as variáveis mostraram níveis significativos a nível de 1% no fator escória (SANTOS et al., 2011). Alves Filho (2010) também cita que a utilização de pó de aciaria como fertilizante pode promover a melhoria nas características físicas, químicas e biológicas do solo, fornecendo um incremento da produção e consequentemente, aumento da produtividade.

Considerando que os solos tropicais e subtropicais têm como características primárias a acidez e baixa fertilidade, essa destinação torna-se uma alternativa vantajosa de disposição final (WALLY et al., 2015; SCHAETZL; THOMPSON, 2015; DEUS et al., 2020). Logo, a inserção dos resíduos siderúrgicos em solos de baixa fertilidade pode contribuir para o melhoramento do cultivo, seja para adequação do pH como no fornecimento de minerais.

Embora muitas vantagens podem ser obtidas a partir do uso de resíduos siderúrgicos na produção vegetal, é necessário um monitoramento contínuo, uma vez que ocorre

alterações nas propriedades químicas e conseqüentemente físicas e biológicas (WAN et al, 2019; MENA et al., 2020. A alta reatividade de componentes dos resíduos como CaO e MgO além do pH bastante alcalino, podem resultar em um solo excessivamente básico, diminuindo a biodisponibilidade e a absorção de macro e micronutrientes pelas plantas (NASCIMENTO; BRASIL; SILVA, 2019)

O inerente acúmulo de elementos potencialmente tóxicos (EPT`s) relacionados a calagem representa preocupação, principalmente com aplicações a longo prazo, mesmo que a concentração de metais pode não ser suficiente para apresentar riscos ambientais como exposto por (GWON et al., 2018).

Estes EPT`s têm capacidade de promover a contaminação de organismos do solo e plantas, além de águas superficiais e/ou subsuperficiais, através da movimentação vertical descendente no perfil do solo (NASCIMENTO et al, 2010). O risco de contaminação depende da interação e propriedades do solo, podendo sua disponibilidade ser gradual ou não, quando dispostos de forma inadequada, transferindo para a cadeia alimentar taxas acima do tolerável pelos seres vivos (CUNHA, 2007).

CONCLUSÃO

A gestão dos resíduos sólidos industriais requer conhecimento técnico em consonância com as necessidades ambientais e sociais. O desenvolvimento de caminhos mais sustentáveis pelos setores produtivos, em destaque aqui a siderurgia do aço e seus resíduos, permitirá ao gerador agregar valor aos seus subprodutos além de garantir uma destinação adequada, o que acarretará em impactos positivos à indústria produtora quanto ao segmento que irá incorporar estes materiais, enfatizando aqui o setor agrônomo.

O cenário de resultados controversos sobre o comportamento de EPT`s na interação solo e planta ainda é recorrente nos estudos de caráter científico, sendo essencial conhecer, descrever e propor metodologias que assegurem o uso de subprodutos da produção de aço ao setor agrônomo.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. A. M. **Estudo de escórias de refino primário de aços com vistas a redução do consumo energético em fornos elétricos a arco.** 2016. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

ALVES FILHO, A. S. **Adição de pó de aciaria como fonte de micronutrientes e diferentes níveis de calagem em solos de cerrados cultivados.** 2010. 94 f. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.

ALVES, P. C. **Análise do rendimento metálico do FEA devido ao uso do sistema de despoeiramento do shredder**. 2016. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Metalúrgica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

ALVES, J. O. **Processo de reciclagem da escória de aciaria e do resíduo de corte do granito visando a produção de lâ mineral**. 2008. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2008.

ANDRADE, A. F. M.; SOBRINHO, N. M. B. A.; MAZUR, N. Teor de zinco, cádmio e chumbo em plantas de arroz em solos incubados com resíduos siderúrgico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 10, p. 1087-1093, 2010.

ANDRADE, C. M. S. **Avaliação de desempenho mecânico e microestrutural da brita graduada tratada com cimento com incorporação de coproduto de Aciaria KR**. 2018. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018.

ARRUDA, T. P. M. et al. Avaliação de duas rotinas de carbonização em fornos retangulares. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 949 – 955, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004: Resíduos sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10005: Procedimento para obtenção de extrato lixiviado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10006: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSUNÇÃO, C. S. Redução do consumo de oxigênio em um alto-forno a partir do aumento da eficiência energética dos aquecedores de ar. **Tecnol. Metal. Mater. Miner.**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 73-79, abr./jun. 2011.

AZEREDO, L. B. **Verificação do potencial de uso de resíduos siderúrgicos provenientes de diferentes etapas do processo de refino do aço como agregados em misturas asfálticas do tipo SMA**. 2018. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018.

BARBOSA, M. R. **Caracterização geoambiental da escória de aciaria de cinco estados brasileiros**. 2013. 139 f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

BARROS, R. M. **Tratado sobre resíduos sólidos: gestão, uso e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Interciência; Minas Gerais: Acta, 2012.

BATISTA, D. C. **Classificação e caracterização dos resíduos do beneficiamento da sucata de ferro e aço utilizada no processo siderúrgico para identificação de viabilidade de aplicações**. 2014. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.

BITTENCOURT, J. P. V. **Influência de diferentes vazões de oxigênio e tempos de lança nos parâmetros de processo de um forno elétrico a arco**. 2015. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Metalúrgica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

BRASIL, E. C.; NASCIMENTO, E.V.S. **Aproveitamento agrônomo de escória de siderurgia de alto-forno na correção da acidez do solo**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2019.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 313, de 29 de outubro de 2002. **Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais**. Brasília: MMA, 2012.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. **Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas**. Brasília: MMA, 2012.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: < <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636> > Acesso em: 21. Jan. 2019.

BUZIN, P. J. W. K.; HECK, N. C.; VILELA, A. C. F. EAF dust: An overview on the influences of physical, chemical and mineral features in its recycling and waste incorporation routes. **Journal of Materials Research and Technology**, v. 6, n. 2, p. 194-202, 2017.

CÂMARA, G. G. **Caracterização das frações do resíduo do triturador de sucata de uma siderúrgica**. 2017. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

CAMIOTO, F. C.; REBELATTO, D. A. N. Análise da contribuição ambiental por meio da alteração da matriz energética do setor brasileiro de ferro-gusa e aço. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 21, n. 4, p. 732-744, 2014.

CAMPOS JUNIOR, F. L. C. **Caracterização tecnológica de misturas de “Sinter-feed” e “Pellet-feed” empregando diferentes rotas de sinterização em escala piloto**. 2018. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

CARIAS, M.C. **Viabilidade técnica dos processos de briquetagem e de controle de umidade de carvão para a produção do coque metalúrgico**. 2018. 128 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

CARVALHO, M. V. A. **Avaliação de meios filtrantes para filtro de mangas com sistema de limpeza de jato de ar pulsante do processo de despoeiramento secundário da aciaria de uma indústria siderúrgica**. 2018. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

CARVALHO, P. S. L.; MESQUITA, P. P. D.; ARAÚJO, E. D. G. Sustentabilidade da siderurgia brasileira: eficiência energética, emissões e competitividade. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, p. 181 – 236, 2015.

CASOTTI, B. P.; BEL FILHO, E.; CASTRO, P. C. Indústria de fundição: situação atual e perspectivas. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, p. 121-162, 2011.

COSTA, N. R. **Economia circular como proposta para o processo industrial siderúrgico nacional**. 2017. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Economia do Meio Ambiente) – Faculdade de Economia Rural e Extensão, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

CUNHA, F. J. **Caracterização de pó de despoeiramento da fabricação de ligas de manganês e avaliação de seu potencial agrônomo**. 2007. 101 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

- DAS, S. et al. Cropping with slag to address soil, environment, and food security. **Frontiers in Microbiology**, v. 10, 2019.
- DANIEL, B. T. F. **Avaliação da altura do leito de sinterização de finos de minério de ferro em um reator vertical de leito fixo para a produção de sínter**. 2018, 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Tecnologia Mineral) – Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Ananindeua, 2018.
- DEUS, A. C. F. et al. Effects of lime and steel slag application on soil fertility and soybean yield under a no till-system. **Soil and Tillage Research**, v. 196, p. 104422, 2020.
- FERREIRA, S. R. **Comportamento mecânico e ambiental de materiais granulares. aplicação às escórias de aciaria Nacionais**. 2010. 330 f. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade do Minho, Braga, 2010.
- FONSECA, J. C. L. **Manual para gerenciamento de resíduos perigosos**. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.
- FRANZAO, D. A. **Redução de empeno em barras trefiladas do aço SAE 9254**. 2011. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- GONÇALVES, C. G. **Estudo dos efeitos da oscilação do molde na produção de tarugos por lingotamento contínuo**. 2016. 88 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Guaratinguetá, 2016.
- GHOSH, A.; GHOSH, A.K. Solid Waste Management in Steel Industry—Challenges and Opportunities. *In*: Ghosh, S. K. **Sustainable Waste Management: Policies and Case Studies**. Singapore: Springer Nature, 2020, v. 1, p. 299-307.
- GWON, H. S. et al. Environmental risk assessment of steel-making slags and the potential use of LD slag in mitigating methane emissions and the grain arsenic level in rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of hazardous materials**, v. 353, p. 236-243, 2018.
- INSTITUTO AÇO BRASIL (IAB). Relatório de Sustentabilidade 2018. Rio de Janeiro, 2018.
- ITO, K. Steelmaking Slag for Fertilizer Usage. **Nippon Steel Sumitomo Metal Tech Rep**, n. 109, p. 130-136, 2015.
- JANUZZI, R. V. **Modelagem do comportamento mecânico de blocos e prismas produzidos com escória de aciaria elétrica para alvenaria estrutural**. 2014. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.
- LIN, X. et al. Crystallization properties of molten blast furnace slag at different cooling rates. **Journal of cleaner production**, v. 96, p. 432-440, 2017.
- LIUBARTAS, D. et al. A sustentabilidade do aço e das estruturas metálicas. **INOVAE - Journal of Engineering and Technology Innovation**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 92-110, 2015.
- LOBATO, N. C. C. **Gerenciamento de Resíduos sólidos da indústria siderúrgica**. 2014. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia metalúrgica, materiais e de minas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.
- LOPES, A. B. et al. Desenvolvimento da carta de controle no processo siderúrgico. **Cadernos UniFOA Especial Eng. Produção**, Volta Redonda, n. 2, p. 51-62, ago. 2015.

- LOPES, M. V. **Caracterização de sinter de minério de ferro para uso em alto-fornos a carvão vegetal**. 2012. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2012.
- MEENA V. et al. Sustainable C and N Management Under Metal-Contaminated Soils. *In: DATTA R. et al. Carbon and Nitrogen Cycling in Soil*. Singapore: Springer Nature, 2020, p. 293-336.
- MIHELICIC, J. R. et al. **Engenharia ambiental: fundamentos, sustentabilidade e projeto**. 2. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.
- MURAKAMI, F. K. **Destinação e utilização de resíduos industriais siderúrgicos em outras indústrias: estudo de casos**. 2014. 107 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2014.
- NASCIMENTO, E. V. S.; BRASIL, E. C.; SILVA, G. R. Efeito da escória de siderurgia nos atributos químicos de um Latossolo amarelo distrófico em Terra Alta-PA. **Revista Agroecossistemas**, v. 11, n. 1, p. 97-121, 2019.
- NASCIMENTO, R. S. M. P. et al. Lixiviação de Chumbo e Zinco em solo tratado com resíduos de siderurgia. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 497-504, out./dez. 2010.
- NING, D. et al. Impacts of steel-slag-based silicate fertilizer on soil acidity and silicon availability and metals-immobilization in a paddy soil. **PLOS One**, v. 11, n. 12, 2016.
- NYEMBWE, M. **Study of sinter reactions when fine iron ore is replaced with coarse ore, using an infrared furnace and sinter pot tests**. 2011. 137f. Dissertação (Mestrado em Ciência) – Faculty of Engineering, Built Environment and Information Technology, University of Pretoria, Pretoria, 2011.
- OLIVEIRA, L. C. P. **Reaproveitamento de Pó de Aciaria LD gerado no Sistema de Despoeiramento Primário à seco**. 2016. 134 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos) – Universidade Católica, Rio de Janeiro.
- OLIVEIRA, B. S. et al. Avaliação do potencial do reaproveitamento da escória de aciária LD como agregado siderúrgico. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 206-229, abr./jun. 2018.
- OLIVEIRA, J. S. **Redução de consumo de cal em escória de forno elétrico a arco**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) - Faculdade de Pindamonhangaba, Pindamonhangaba, 2015.
- PAULA, M. S. **Método de carregamento de forno elétrico a arco: Consteel versus processo convencional**. 2017. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Produção) – Faculdade de Pindamonhangaba, Pindamonhangaba, 2017.
- PEREZ, J. A. C. **A aplicação da avaliação do ciclo de vida para análise dos aspectos ambientais que envolvem a reciclagem de sucatas nas usinas siderúrgicas**. 2008. 125f. Dissertação (Doutorado em Geociência e Meio Ambiente) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.
- PIATAK, N. M.; PARSONS, M. B.; SEAL, R. R. Characteristics and environmental aspects of slag: A review. **Applied Geochemistry**, v. 57, p. 236-266, 2015.
- PIMENTEL, M. G. et al. Caracterização da escória de alto forno proveniente de resíduos industriais visando seu uso na construção civil. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 895-907, mar. /abr., 2019.

- PINTO, P. C. **Investigação de parâmetros do CCR com incorporação de Escória granulada de Alto Forno para utilização como base de pavimentos.** 2010. 197 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- PROTÁSIO, T. P. et al. Potencial siderúrgico e energético do carvão vegetal de clones de *Eucalyptus spp.* Aos 42 meses de idade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 33, n. 74, p. 137-149, abr./jun. 2013
- RAMOS, R. A. **Caracterização do pó de aciaria elétrica e estudo da viabilidade de processos de aproveitamento.** 2013. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Metalúrgica) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.
- REBELO, M. M.; CUNHA, P. V. M.; CORRÊA, M. A. J. Hidróxidos duplos lamelares à base de escória de Alto Forno. **Quim. Nova**, São Paulo, v. 35, n. 5, 883-888, 2012.
- RECKZIEGEL, V. N. **Caracterização para o aproveitamento do resíduo de um triturador de sucata em uma usina siderúrgica.** 2012. 90 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.
- REZENDE, R. V. P. **Modelagem matemática e desenvolvimento de metodologia computacional para a simulação numérica do escoamento bifásico de ar e ferro-gusa em canal de corrida de alto-forno.** 2008. 232 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- RODRIGUES, G. F. et al. Fabricação de lá de rocha a partir da escória da produção de ligas FeSiMn. **Cerâmica**, São Paulo, v. 58, p. 529-533, 2012.
- RONDA FILHO, W. M. M. **Gerenciamento dos resíduos sólidos gerados na Aciaria LD.** 2016. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Metalúrgica) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- SÁ, A. P. **Comportamento escória/metal em panela de refino de aço agitada por borbulhamento de gás inerte.** 2015. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2015.
- SADEK, D. M. Effect of cooling technique of blast furnace slag on the thermal behavior of solid cement bricks. **Journal of cleaner production**, v. 79, p. 134-141, 2014.
- SALVIANO, A. B. **Avaliação de Escória de Aciaria para o controle de abatimento de drenagem ácida de mineração.** 2010. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, 2010.
- SANTOS E. R. et al. Produção de mudas de Paricá com escória, inoculados com fungos micorrízicos arbusculares na reabilitação de áreas degradadas. **Agroecossistema**, v.3, n. 1, p. 83-89, 2011.
- SCHAETZL, R. J.; THOMPSON, M. L. **Soils: Geomorphology and Genesis.** 2 ed. New York: Cambridge University Press, 2015.
- SCHUMACHER, A. G. **Avaliação dos efeitos da expansão de agregados siderúrgicos nas características do material e no desempenho de misturas asfálticas.** 2018. 93f. Dissertação (Mestrado em engenharia Civil) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2018.
- SILVA, T.G.; MAMBRINI, R.V. Pó de Aciaria modificado utilizado em processo de descontaminação ambiental. **META**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 122 – 128, 2016.
- SILVA, N. G. **Avaliação técnica e ambiental da incorporação de pó de aciaria elétrica (PAE) em material cerâmico.** 2018. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2018.

- SILVA, M. S. S. **Sinterização em escala de bancada de minério de ferro goethítico calcinado**. 2014. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2014.
- SIQUEIRA, H. C. **Penetração de cloretos em concretos compostos com cimento Portland branco e escória de alto forno, ativados quimicamente**. 2008. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.
- SIRVINSKAS, L. P. **Manual do Direito Ambiental**. 16 ed. Sábado: Saraiva Educação, 2018.
- SOBRAL, M. F. et al. Escória de siderurgia e seus efeitos nos teores de nutrientes e metais pesados em cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 867-872, 2011.
- SOUSA, C. J. F. **Viabilidade econômico-ambiental da substituição do coque utilizado em alto-forno para obtenção do ferro gusa: estudo de caso**. 2015. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.
- STATHOPOULOS, V. N. et al. Structural ceramics containing electric arc furnace dust. **Journal of Hazardous Materials**, v. 262, p. 91–99, 2013.
- TEIXEIRA, R. L. P.; TEIXEIRA, C. H. S. B.; LACERDA, J. C. Estudo de caso: descrição do sistema de qualidade total em uma unidade de laminação a frio de aço. **Research, Society and Development**, Itabira, v. 8, n. 1, 2019.
- TELLES, V. B. et al. Iron ore sinter production using electric arc furnace dust as raw material. **Tecnologia em Metalurgia, Materiais e Mineração**, v. 10, n. 1, p. 72-77, 2013.
- TELLES, V. B. **Reciclagem da poeira de aciaria elétrica na sinterização de minério de ferro visando a eliminação de zinco**. 2010. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- TELLES, V. B.; ESPINOSA, D. C. R.; TENÓRIO, J. A. S. Produção de sinter de minério de ferro utilizando poeira de aciaria elétrica como matéria prima. **Tecnol. Metal. Mater. Miner.**, São Paulo, v. 10, n. 1, p. 72-77, jan./mar., 2013.
- TU, X. et al. Advantages and risks of using steel slag in preparing composts from raw organic waste. **Journal of Environmental Science and Health - Part B Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes**, v. 52, 2017.
- UHLIG, A.; GOLDEMBERG, J.; COELHO, S.T. O uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica brasileira e ao impacto sobre as mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Energia**, Brasília, v. 14, n. 2, p. 67-85, 2008.
- VALE, A. T.; DIAS, I. S.; SANTANA, M. A. E. Relações entre propriedades químicas, físicas e energéticas da madeira de cinco espécies de cerrado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n.1, p. 137-145, jan./mar., 2010.
- VARES, J. V. S. **Estudo dos efeitos do método de produção em aciaria nas propriedades mecânicas de produtos trefilados a partir de aço semelhante ao SAE 1045**. 2016. 79 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- VITAL, M. H. F.; PINTO, M. A. C. Condições para a sustentabilidade da produção de carvão vegetal para fabricação de ferro-gusa no Brasil. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, p. 237-297, 2009.
- WALLY, M. S. et al. Correção da acidez do solo e aporte de metais pesados pela aplicação de escória básica de aciaria. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 31, n. 1, p. 135-145, jan./feb. 2015.

WAN, M. et al. Application of arc emission spectrometry and portable X-ray fluorescence spectrometry to rapid risk assessment of heavy metals in agricultural soils. **Ecological Indicators**, v. 101, p. 583-594, 2019.

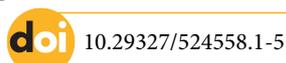
WHITE, B. *et al.* Effect of silicate slag application on wheat grown under two nitrogen rates. **Plants**, v. 6, n. 4, p. 47, 2017.

YELLISHETTY, M. et al. Environmente life-cycle comparisons of steel production and recycling: sustainability issues, problems and prospects. **Environmental Science & Policy**, p.650-663, oct. 2011.

[CAPÍTULO 5]

**CONTAMINAÇÃO DO SOLO EM VAZADOURO A CÉU ABERTO NO
MUNICÍPIO DE CAPITÃO POÇO, AMAZÔNIA ORIENTAL**

*Giselli da Silva Almeida
Suzi dos Santos Dias
Carlos José Capela Bispo
Josiane Matos Rocha
Hyago Elias Nascimento Souza*



INTRODUÇÃO

Segundo a Constituição Federal de 1988, Cap. VI, Art. 225 diz que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, de uso comum do povo, essencial à sadia qualidade de vida, atribuído ao Poder Público, e à coletividade, o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 2003).

O acelerado crescimento populacional e o desenvolvimento tecnológico contribuíram significativamente para a geração desordenada de resíduos sólidos urbanos (RSU), desencadeando uma problemática socioambiental. Os impactos causados pelos RSU podem afetar tanto a qualidade do meio ambiente quanto se torna um problema de saúde pública, contrariando o Art. 225 da Constituição Federal (MATIAS, COSTA, 2012).

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) de 2008, a região Norte do Brasil destaca-se negativamente em relação a destinação final dos resíduos sólidos urbanos. No Estado do Pará, 94,4% dos municípios destinam e depositam seus RSU em vazadouros a céu aberto (lixões) (IBGE, 2010).

Vazadouros são um meio de disposição final de RSU, definido pelo depósito e descarga de resíduos diretamente sobre o solo. Não possuem nenhum critério técnico ou medidas de proteção, sendo considerada uma prática ilegal adotada pelos municípios ao longo dos anos (LANZA et al., 2010).

Um dos maiores desafios da gestão urbana está relacionado ao descarte irregular dos RSU, havendo necessidade de um gerenciamento adequado das áreas de disposição final dos resíduos sólidos gerados (PMGRS, 2014). A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei 12.305/2010 estabelece diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, a responsabilidades dos geradores e do poder público, bem como os instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010).

A disposição final dos RSU em vazadouros a céu aberto pode contaminar o ar e os recursos hídricos, prejudicando diretamente a qualidade de vida da população. No solo, a disposição inadequada de RSU, pode alterar sua qualidade através do acúmulo de metais pesados presentes nos resíduos (OLIVEIRA, 2012; DOMINGUES, 2009).

Dos possíveis efeitos gerados pelos metais pesados no solo, pode-se destacar a absorção por algumas plantas e possível entrada na cadeia alimentar, causando intoxicação, envenenamento e até mesmo dizimação da biota. Além disso, pode haver a contaminação do solo e da água subterrânea através da percolação de chorume, líquido rico em compostos orgânicos e íons metálicos (DOMINGUES, 2009; BRAGA, et al., 2002).

Diante disso, este trabalho propôs analisar a qualidade do solo do vazadouro a céu aberto em atividade do município de Capitão Poço, Pará, Brasil, para identificar e avaliar o grau de contaminação do solo na área.

MATERIAIS E MÉTODOS

O município de Capitão Poço localiza-se na Mesorregião do Nordeste Paraense e Microrregião do Guamá, com aproximadamente 226 km da capital do Estado, Belém (Figura 1). Possui 52.693 habitantes e uma área territorial de 2.899,553 km², sendo que 22.269 habitantes estão na área urbana e 30.204 habitantes estão na área rural (IBGE 2015).

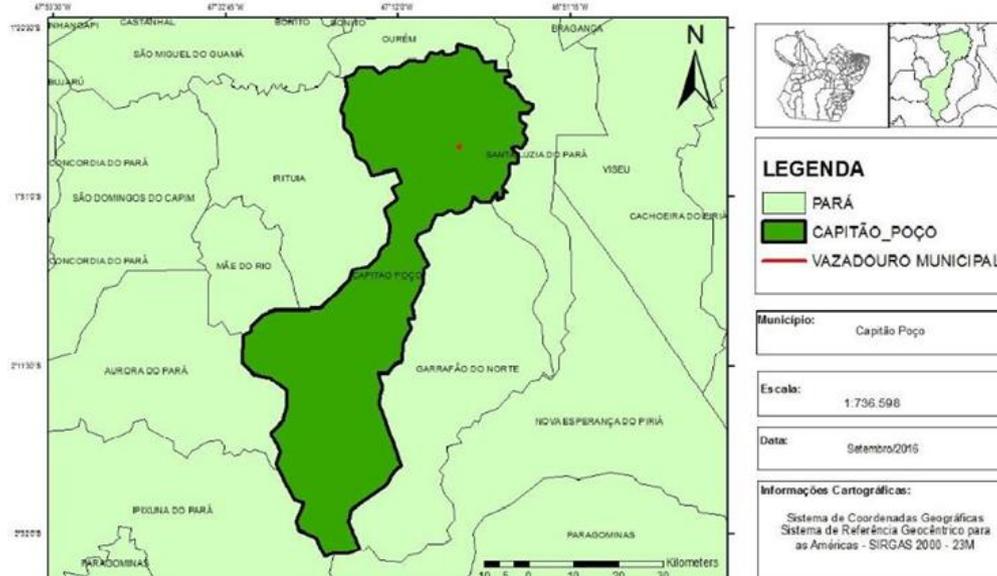


Figura 1. Localização do Município de Capitão Poço (PA) e delimitação da área de estudo. Fonte: Autores (2016).

O vazadouro em estudo está localizado na microbacia do igarapé Goiabarana, nas proximidades do bairro Eurico Siqueira (Figura 2). Suas atividades iniciaram no ano de 2009, atendendo todos os bairros da área urbana. Segundo a Diretoria de Limpeza do

Município de Capitão Poço são destinados ao vazadouro aproximadamente 238.800 kg de RSU por semana.

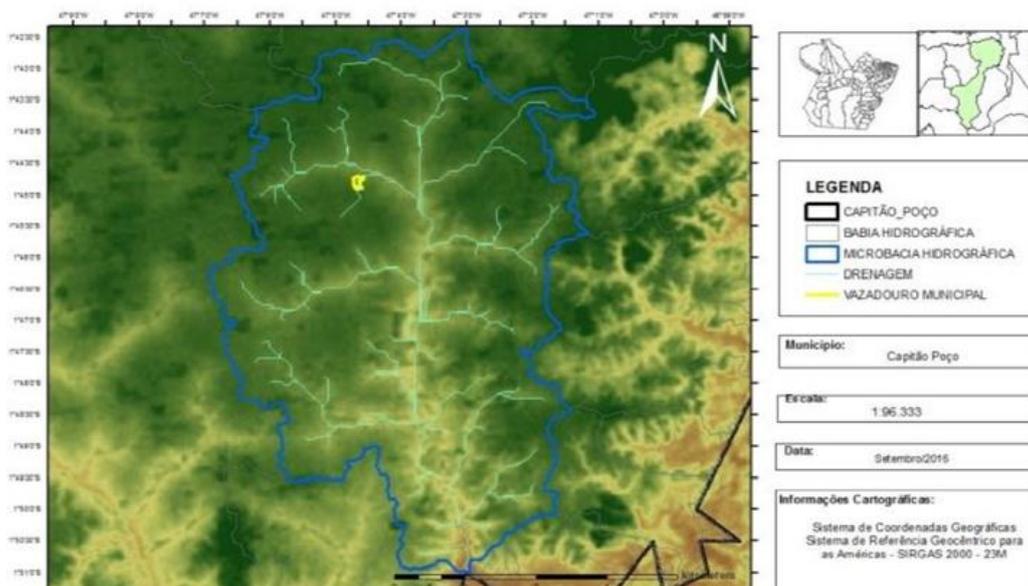


Figura 2. Localização do vazadouro na Microbacia Hidrográfica do Goiabarana (Capitão Poço-Pa). Fonte: Autores (2016)

Para a coleta de dados, houve observação in loco da área de disposição final de RSU de Capitão Poço, assim como o levantamento de dados secundários em sites governamentais e de pesquisas.

Foi delimitada uma área de aproximadamente três hectares na área do vazadouro. Nesta área foram selecionados cinco pontos amostrais para a coleta de solo (T1, T2, T3, T4, T5), de acordo com a adaptação de metodologia de coleta de amostras de solo do Instituto Agrônomo de Campinas - IAC (2012). Foi selecionado um Ponto Piloto (T6 (PP)) a 15 metros de distância da margem do vazadouro onde não há disposição de RSU, conforme a Figura 3.

Os pontos T1, T2, T3, T4, T5 foram selecionados de acordo com observações de locais com maiores concentrações e variações de RSU e a declividade da área, enquanto que o Ponto Piloto (T6) foi definido por não apresentar indícios de depósito de RSU, para aplicar uma comparação dos resultados obtidos entre os pontos.

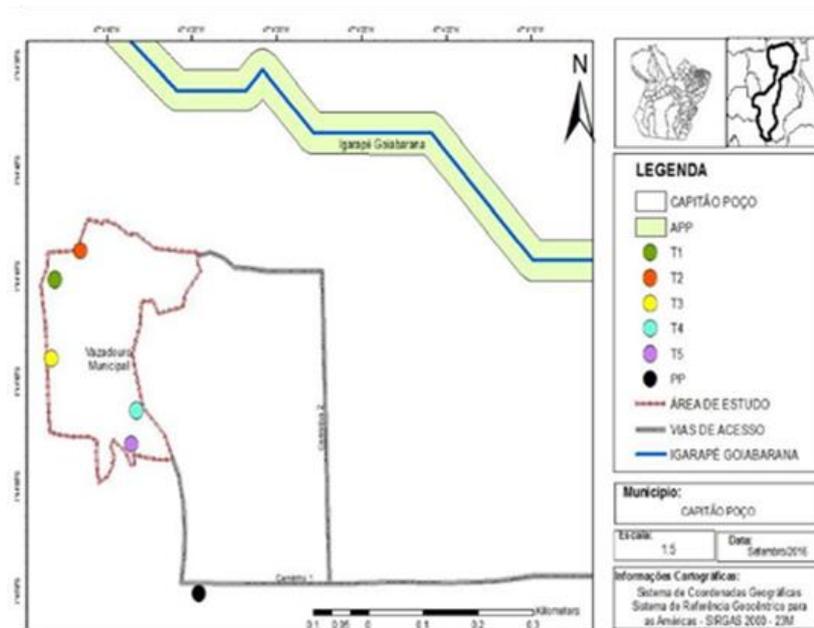


Figura 3. Localização dos Pontos de Coleta de solo no vazadouro de Capitão Poço - PA.
Fonte: Autores (2016)

As amostras foram coletadas, de acordo com os procedimentos indicados em Santos et al. (2005). Para a caracterização química do solo, foram coletadas duas amostras nas profundidades de 0 - 20 cm e 20 cm - 40 cm, para cada ponto de coleta, totalizando 12 amostras de 0,5 kg de solo por ponto de amostragem.

As coletas foram realizadas no dia 29 de agosto de 2016, pela manhã, e enviadas ao laboratório no mesmo dia, devidamente etiquetadas e embaladas. Durante a coleta foram utilizados GPS Modelo Carmim Etrex Vista H, draga, pá, enxada, trena, fita métrica e sacos plásticos transparentes de 500 gramas.

As amostras foram enviadas ao Laboratório de Análises Agrícolas Labras, em Monte Carmelo (MG). Para realização das análises químicas das amostras foi utilizado o método proposto pelo Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), através de Raji et al., (2001), para a avaliação dos atributos de fertilidade básica e do teor dos metais pesados como Cadmio(Cd), Cromo(Cr), Níquel (Ni) e Chumbo(Pb).

Os parâmetros químicos analisados para a verificação do grau de fertilidade do solo foram: Fósforo (P); Potássio (K); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg); Alumínio (Al); Soma de Bases (SB); Saturação de Bases (V%). Saturação de Alumínio (m%), capacidade de troca catiônica e o parâmetro pH foi analisado em água (H₂O) de acordo com metodologia proposta pela EMBRAPA (1997).

Para a interpretação dos resultados médios de teores dos metais Cd, Cr, Ni e Pb e de fertilidade do solo, foram realizadas comparações com Valores de Referência de Qualidade (VRQ) da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS, 2013), Resolução

CONAMA n° 420 (BRASIL, 2012) e Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG).

Para avaliação dos dados gravimétricos de RSU gerados, foram utilizados dados do Plano Municipal de Gestão Resíduos Sólidos (PMGRS, 2014) de Capitão Poço, baseada na ABNT NBR 10.007/2004 sobre a Amostragem dos Resíduos Sólidos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os RSU são depositados no vazadouro a céu aberto de Capitão Poço sem nenhum tipo de tratamento. Foi observada a predominância de resíduos orgânicos e resíduos recicláveis (papel, plástico, vidro e metal). Não foi observado nenhum tipo de gerenciamento que atenda a PNRS (Figura 4).



Figura 4. RSU depositados no vazadouro a céu aberto de Capitão Poço – PA. Fonte: Autores (2016)

As análises dos atributos de fertilidade indicaram que o solo do vazadouro é considerado como solo eutrófico ($V\% > 50$). A soma de bases trocáveis (SB) de um solo representa a soma dos teores de cátions permutáveis e indica as condições gerais de fertilidade através da saturação de bases ($V\%$), classificados os solos como eutróficos ($V\% > 50$) e distróficos ($V\% < 50$) (RONQUIM, 2010).

A Tabela 1 apresenta os valores de saturação de base ($V\%$) nos pontos de coleta e o valor de referência nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm. O ponto piloto (PP) apresentou em ambas profundidades a menor concentração 44,8 e 44,7 ($V\%$), respectivamente, contudo os pontos T1, T2, T3, T4 e T5 apresentaram altas concentrações entre 68,6 e 92,3 ($V\%$).

Tabela 1. Valores Saturação de bases (V%) nos pontos de coleta (T1, T2, T3, T4 e T5), Ponto Piloto (PP) e Valor de Referência (VR) nas profundidades 0-20 e 20-40 cm.

| Atributo (cmol _c /dm ³)/Profundidade (cm) | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | MÉDIA | PP | VR* |
|--|----|------|------|------|------|-------|------|------|
| V% (0-20) | 91 | 92,3 | 75,7 | 68,6 | 91 | 83,72 | 45,8 | 60 - |
| V% (20-40) | 89 | 81,2 | 76,3 | 74,2 | 90,1 | 82,1 | 44,7 | 80 |

*(CFSEMG - 1999).

No PP a ausência de depósito de RSU pode influenciar na concentração de matéria orgânica no solo, reduzindo assim os valores de saturação de base. Entretanto, a elevada quantidade de resíduos orgânicos depositados no solo do vazadouro pode aumentar a Capacidade de Troca Catiônica (CTC), característica que favorece para uma maior absorção de nutrientes, corroborado por Alcântara (2010).

Gusmão e Rocha (2013), em um estudo realizado no Vazadouro desativado do município de Paragominas, observaram que os resultados da área se comportaram diferentes do Valor de Referência (VR) adotado, o qual apresentava características ácidas. Os autores demonstram que os valores de pH eram da ordem de 5,6 a 8,2, muito acima dos valores de referência, provavelmente influenciado pela concentração de matéria orgânica na área.

A Tabela 2 apresenta aos valores de pH do vazadouro de Capitão Poço. Observa-se que não houve variação expressiva entre os valores de pH dentro do campo amostral (T1, T2, T3, T4 e T5); no entanto, o PP apresentou baixos valores apresentando características mais ácidas. Os pontos amostrais T1 e T5 apresentaram valores de pH mais básico, devido a possível concentração de matéria orgânica nestes pontos associada a outros parâmetros do solo, ratificado por Matias, Costa (2012).

Tabela 2. Valores de pH nos pontos de coleta (T1, T2, T3, T4 e T5), Ponto Piloto (PP) e Valor de Referência (VR) nas profundidades 0-20 e 20-40 cm.

| Atributo /Profundidade (cm) | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | MÉDIA | PP | VR* |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----------|
| pH (0-20 cm) | 7 | 7,2 | 6,5 | 6 | 7 | 6,74 | 4,9 | 5,5 – 6,5 |
| pH (20-40 cm) | 6,7 | 6,8 | 6,6 | 6,2 | 7,1 | 6,68 | 4,9 | |

*(CFSEMG - 1999).

A Tabela 3 apresenta outro parâmetro analisado que tem relação na retenção de metais pesados no solo, a Capacidade de Troca Catiônica (CTC). O aumento de pH do solo promove um aumento de cargas negativas em sua superfície e conseqüentemente pode elevar a CTC, favorecendo a atração eletrostática entre o solo e o metal. Ou seja, quanto maior a CTC, maior a quantidade de sítios disponíveis para a retenção dos metais catiônicos (DOMINGUES, 2009; ALCÂNTARA, 2010).

Tabela 3. Valores de Capacidade de Troca Catiônica (CTC) nos pontos de coleta (T1 a T5), Ponto Piloto (PP) e valor de referência (VR) nas profundidades 0-20 cm e 20-40 cm.

| Atributo/Profundidade (cm) | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | MÉDIA | PP | VR* |
|----------------------------|-------|------|------|------|------|-------|------|------------------|
| CTC (0-20) | 10,06 | 9,56 | 3,73 | 4,14 | 9,03 | 7,38 | 1,78 | 4,6 – 8,0 |
| CTC (20-40) | 8,07 | 3,45 | 3,8 | 4,3 | 8,12 | 5,54 | 1,45 | |

*(CFSEMG - 1999).

A CTC apresentou valores mais elevados nos pontos T1, T2 e T5 na profundidade de 0-20 cm, onde também houve maior concentração de metais pesados. Esse resultado pode caracterizar esses pontos com uma maior capacidade de reter metais. No PP foram verificados valores baixos de CTC em ambas a profundidade, possivelmente devida às condições ácidas do solo deste ponto observado na Tabela 3.

Oliveira (2012), explica que solos mais argilosos e com maior quantidade de matéria orgânica possuem maior Capacidade de Troca Catiônica, e que essa CTC é influenciada pelo pH básico (> 7). Essa relação pode favorecer o processo de retenção de contaminantes no solo.

Segundo Domingues (2009), o aumento do pH normalmente reduz a disponibilidade dos metais no solo, pois as cargas negativas originadas pela desprotonação dos componentes do solo tendem a ser balanceadas pelos metais. Quando isso ocorre, há um aumento de cargas negativas na superfície e conseqüentemente a CTC é aumentada, favorecendo a atração eletrostática entre o solvente e o metal. A umidade do solo também é um fator que afeta a retenção de metais (ZEITOUNI, 2003).

Dentre as análises de metais, foram identificadas apenas concentrações referentes aos atributos Cadmio (Cd) e Chumbo (Pb) nos pontos T1, T2 e T5, apresentados na Tabela 4. Verificou-se no ponto T1 que os valores de Cádmio (Cd) e Chumbo (Pb) foram mais elevados na profundidade 20-40 cm. Há indícios de que o solo neste ponto seja revolvido por tratores podendo distribuir esses metais em maiores profundidades.

Tabela 4. Concentração de metais pesados Cádmio (Cd) e Chumbo (Pb) ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) para as profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm do solo.

| Ponto de Coleta ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$) | Cádmio (Cd) | | Chumbo (Pb) | |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 0-20 | 20-40 | 0-20 | 20-40 |
| T1 | 0,27 | 1,47 | 3,04 | 7,16 |
| T2 | 1,7 | 0,17 | 7,23 | 0,64 |
| T5 | 0,49 | 0,4 | 5,76 | 2,5 |
| VRQ ³ | | 3 | | 180 |
| VRQ ⁴ | | 0,3 | | 4,5 |

³RESOLUÇÃO CONAMA Nº 420; ⁴SBCS (2013).

No ponto T2, verificou-se uma expressiva diferença entre os valores de Pb com 7,23 mg dm⁻³ e 0,64 mg.dm⁻³ para as profundidades 0-20 cm e 20-40 cm, respectivamente. A elevada concentração de Pb na superfície do ponto T2 provavelmente se caracteriza pela elevada quantidade de RSU presentes neste ponto, entretanto no ponto T5 os valores de Cd e Pb reduziram de acordo com a profundidade.

As maiores variações de Cd nos pontos T1 e T2 podem indicar contaminação do solo nestas áreas com concentrações acima de 0,5 mg.dm⁻³ (DOMINGUES, 2009). Os pontos T1, T2 e T5 apresentaram valores superiores ao PP e ao VRQ da SBCS (2013), sendo T2 o ponto de maior concentração desse elemento (Figura 5).

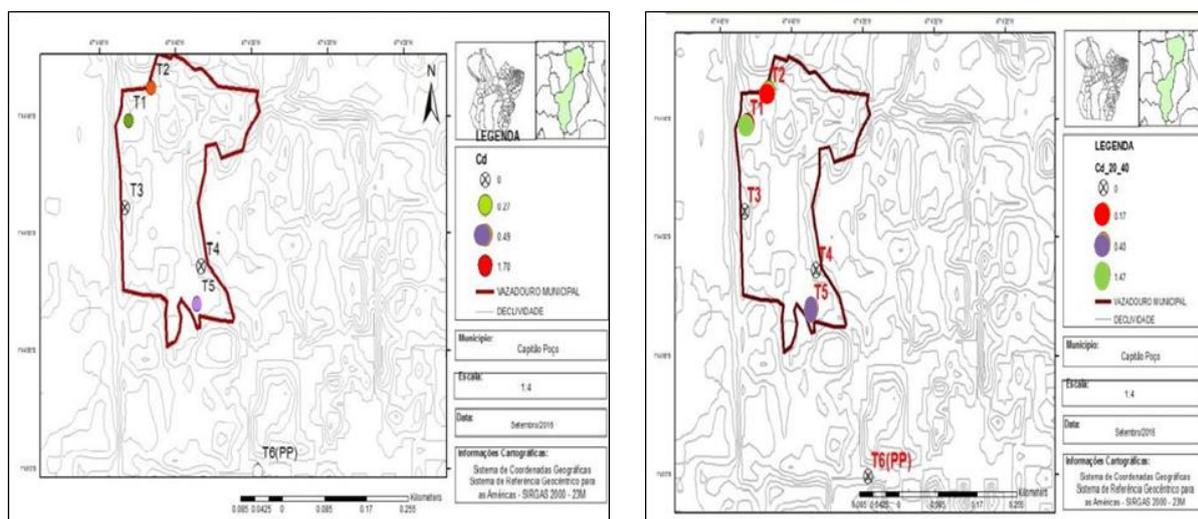


Figura 5. Análise química do Cádmio (Cd mg.dm⁻³) nas profundidades 0-20cm (esquerda) e 20-40cm (direita). Fonte: Autores (2016).

Os elevados valores de Cd nos pontos amostrais podem ser justificados pela possível presença de ferro (Fe), além dos altos valores de pH e CTC no ponto analisado. A possível presença de resíduos eletroeletrônicos (REEE) como pilhas e baterias nos pontos, também podem contribuir para o aumento dos valores de Cd no solo.

Zeitouni (2003) explica que a concentração de Cd em solos não contaminados pode variar de 0,06 a 1,1 mg.dm⁻³. Por se tratar de solo de vazadouro a céu aberto, a expressiva disposição de resíduos orgânicos, juntamente com a alta concentração de Fe, pode explicar os baixos valores de Cd no ponto T5 (Figura 5).

De acordo com Magalhães (2008), o Cd apresenta alta retenção e baixa mobilidade no perfil do solo, geralmente encontrado em até 15 cm de profundidade. Variáveis meteorológicas, como precipitação elevada, podem contribuir na percolação do Cd para maiores profundidades.

O Chumbo variou entre 0,64 a 7,23 mg dm⁻³ sendo a maior concentração no ponto T2 (Figura 6). Alcântara (2010) relata que baterias recarregáveis, encanamento, carvão,

gasolina, soldas utilizadas em latas que contém alimentos, encanamentos de água e pigmento podem ser fontes de Pb no solo do vazadouro. Podem ser encontrados associados com minerais de argila, óxidos de manganês, hidróxidos de ferro e alumínio ou concentrado em carbonatos de cálcio (ZEITOUNI, 2003).

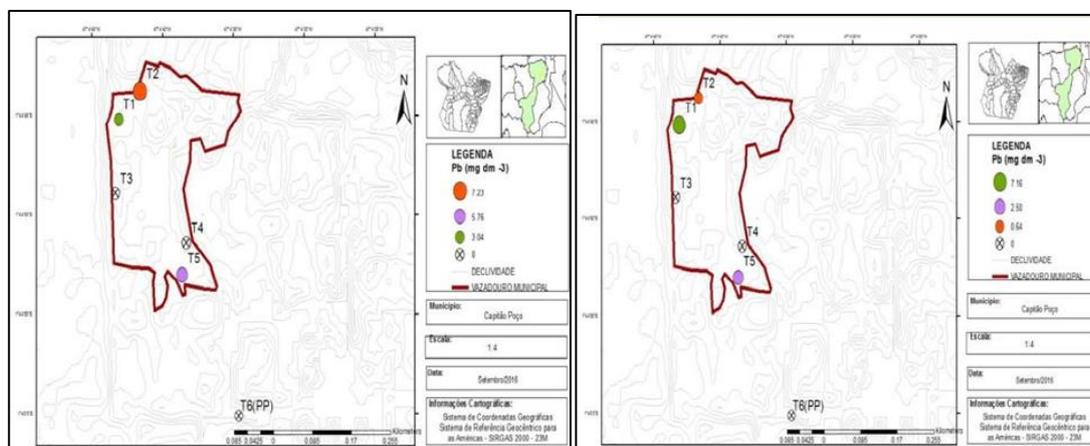


Figura 6. Análise química do Chumbo (Pb mg.dm⁻³) nas profundidades 0-20cm (esquerda) e 20-40cm (direita). Fonte: Autores (2016).

Como observado na Tabela 4, o ponto T2 apresentou maior concentração de Pb na profundidade de 0-20 cm. Além desse resultado poder estar relacionado com a concentração de Fe. A Tabela 5 apresenta os teores de cálcio (Ca) no solo do vazadouro, que também podem influenciar nos valores de Pb dos pontos de coleta. Teores de cálcio no solo entre 2,0 a 4,0 cmol_c kg⁻¹ podem ser considerados como valores médios (ZEITOUNI, 2003).

Tabela 5. Teores de Cálcio (Ca) nos pontos de coleta (T1, T2, T3, T4 e T5), Ponto Piloto (PP) e valor de referência (VR) nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.

| Ponto de Coleta (cmol _c /dm ³) | Cálcio (Ca) | |
|---|------------------|-------|
| | 0-20 | 20-40 |
| T1 | 8,83 | 7,05 |
| T2 | 8,36 | 3 |
| T3 | 3,21 | 3,25 |
| T4 | 3,65 | 3,77 |
| T5 | 7,75 | 6,97 |
| PP | 1,55 | 1,22 |
| VRQ⁷ | 2,4 - 4,0 | |

O elemento níquel (Ni) não foi identificado nos pontos amostrais. De acordo com Alcântara (2010) e Domingues (2009), resíduos como ligas metálicas, baterias recarregáveis e resíduos industriais são fontes deste elemento que podem contaminar o solo do vazadouro caso estejam dispostos inadequadamente. Alcântara (2010) ressalta ainda que elevadas concentrações de pH podem reduzir o teor de Ni no solo.

Da mesma forma, não foi detectado nos pontos amostrais o elemento crômio (Cr). Resíduos de galvanoplastia, ligas metálicas, esgoto industrial e produtos anticorrosivos podem ser fonte de Cr no solo, contudo a baixa disposição desses tipos de resíduos no vazadouro pode justificar sua ausência no solo (ALCÂNTARA, 2010).

CONCLUSÃO

Os elementos Pb e Cd apresentaram-se como os metais pesados mais significativos na contaminação do solo do vazadouro a céu aberto. A disposição de RSU no vazadouro ativo de Capitão Poço é relativamente recente, não havendo tempo suficiente para que ocorra uma contaminação significativa do solo.

O município está em processo de adequação da sua gestão integrada de resíduos sólidos para atender o disposto na PNRS. Um projeto de aterro sanitário está em andamento e visa o fechamento e recuperação ambiental da atual área do vazadouro utilizado.

Capitão Poço ainda não possui coleta seletiva, cooperativas de catadores de materiais recicláveis ou indústrias de reciclagem que possam contribuir na redução de RSU que são destinados ao vazadouro. Contudo, iniciativas nesse sentido estão sendo estudadas para serem implementadas na gestão de resíduos sólidos do município.

REFERÊNCIAS

ABRELPE, **Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais**. Estimativa dos Custos para Destinação Adequada de RSU no Brasil.2014. Disponível em: <www.abrelpe.org.br/noticias.cfm?noticiasID=2241>

ALCANTARA, A. J. de O. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos e caracterização química do solo da área de disposição final do município de Cáceres - MT. 88 f. **Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais)** Universidade do Estado do Mato Grosso, Mato Grosso, 2010.

BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, ed. 2, p. 26, 2002.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. Plano municipal de gerenciamento de resíduos sólidos, 2014. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 16 de junho de 2016.

BRASIL. **RESOLUÇÃO CONAMA** n. 420, de 28 de dezembro de 2009. Resoluções do Conama: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012. Brasília. 81-84p. 2012.

BRASIL. Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 2 out. 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAPITÃO POÇO. **Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Capitão Poço**. Secretaria Municipal de Meio Ambiente, 2014.

DOMINGUES, T. C. de G. Teor de metais pesados em solo contaminado com resíduo de sucata metálica, em função de sua acidificação. 2009 **Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical, Área de concentração em gestão de Recursos Agroambientais.)** - Instituto Agronômico, Campinas, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Documentos. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

IAC. **Instituto Agronômico de Campinas**, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Solos e Recursos Ambientais. Como retirar amostra de solo. 2012. Disponível em:<<http://www.iac.sp.gov.br/produtoseservicos/analisedosolo/retiraramostrasolo.php>>. Acesso em: 6 junho 2013.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008 PNSB. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pd> f>. Acesso em: 20 maio. 2016.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, Instrução Normativa Nº. 4, De 13 de Abril de 2011. Disponível em:< http://www.ibama.gov.br/phocadownload/supes_go/in_04_11_prad.doc>. Acesso em 03 de maio de 2016.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Cidades. 2013. Disponível em:<<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=150230&search=para|capitao-poco>>. Acesso em: 15 maio de 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados gerais do município. Disponível em Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel.php?lang=&codmun=150230&search=linfogr%E1fiscos:-dados-gerais-do-municEDpio>> Acesso em 16 de julho de 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008 PNSB. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pd> f>. Acesso em: 15 de maio de 2016.

GUSMÃO, F. L. S; ROCHA, J. M. Bioengenharia para recuperação de área degradada: estudo de caso em área de lixão desativado no Município de Paragominas Pará.103f. **Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental)** - Universidade de Estado do Pará. Paragominas – PA, 2013.

LANZA, V. C. V. **Caderno Técnico de Reabilitação de Áreas Degradadas por Resíduos Sólidos Urbanos**. Belo Horizonte. 2010. 8 p.

MAGALHÃES, M. O. L. Avaliação do Potencial de Espécies de Eucalipto na Remediação de Áreas Contaminadas com Metais Pesados. 58f. **Dissertação (Mestrado em Agronomia Ciência do Solo)** Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

MATIAS, D. N.; COSTA, W. Estudo químico de alguns pontos do solo superficial do aterro controlado do Botuquara. **Revista Ambiência Guarapuava**. Paraná, v. 8, n. 1, p. 85-99, 2012.

MARINS, R. V.; OLIVEIRA, R. C. B. Dinâmica de Metais-Traço em Solo e Ambiente Sedimentar Estuarino como um Fator Determinante no Aporte desses Contaminantes para o Ambiente Aquático: **Revisão. Rev. Virtual Química**, v. 3, n. 2, p. 88-102, 2011.

OLIVEIRA, M. D. R. de. Avaliação da contaminação do solo pela disposição inadequada de resíduos sólidos em Romaria-MG. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)** - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG, 2012.

PARÁ. Lei n. 5.887/1995, institui a Política Estadual de Meio Ambiente do Pará, de 09 de maio de 1995. Disponível em: <<http://www.ideflor.pa.gov.br/file/LEI%20N%205.887,%20de%2009%20de%20Maio%20de%201995.pdf>>. Acesso em: 10 de agosto de 2016.

RAIJ, B. V. et al. **Análise Química Para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais**. Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas. 2001. 285 p.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G. ALVAREZ, V. H. V. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais: Viçosa, MG, ed. 5, 1999. 359 p.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Embrapa Monitoramento por Satélite. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 8. Campinas. 2010. 26 p.

SANTOS, D. F. et al. O Meio Físico na Recuperação de Áreas Degradadas. **Revista da Ciência da Administração**. Versão eletrônica v.4. Recife, PE: 2011.

SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 5 ed. Viçosa. 2005. 100 p.

SBCS, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Solos contaminados no Brasil: O desafio de definir valores de referência. **Boletim informativo**, Campinas, v. 38, n. 1, p. 18-21, 2013.

TELES, R. Ribeiro Teles: depoimento [mai. 2016]. Entrevistadores: G. da S. Almeida e S. S. Dias. Capitão Poço - PA. Entrevista concedida pelo Diretor de Limpeza do município de Capitão Poço - PA. 2016.

TEIXEIRA, I. Vamos Cuidar do Brasil: 4º **Conferência Nacional do Meio Ambiente Resíduos Sólidos**. Texto Orientador. 2º Edição. Brasília, maio de 2013.

ZEITOUNI, C. F. Eficiência de espécies vegetais como fitoextratoras de cádmio, chumbo, cobre, níquel e zinco de um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico. 91f. **Dissertação (Mestrado)**. Instituto Agrônomo - Agricultura Tropical e Subtropical, 2003.

ZEITOUNI, C. F.; BERTON, R. S.; ABREU, C. A. **Fitoextração de Cádmio e Zinco de um Latossolo Vermelho-Amarelo Contaminado com Metais Pesados**. Bragantina. v. 66. p. 649-657, Campinas, 2007.

[CAPÍTULO 6]

COMPARATIVO DA COBERTURA VEGETAL SOBRE A PRAÇA CÉLIO MIRANDA, NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS, PARÁ

*Milena Brito de Souza
Quézia dos Santos Araújo
Gabriel Nunes Antunes
Edmir dos Santos Jesus
Antônio Pereira Junior*



INTRODUÇÃO

O crescente e acelerado processo de urbanização aliado a falta de planejamento urbano traz consigo diversos problemas ambientais que antigamente estavam restritos às áreas rurais antropizadas como a (1) Poluição do ar e/ou sonora, (2) retirada da vegetação remanescente, (3) impermeabilidade do solo, (4) insustentabilidade socioambiental, entre outros impactos são exemplos de ações que causam desordenamento no meio ambiente urbano, resultando em diversos prejuízos a qualidade de vida da população (COSTA; COLESANTI, 2011).

Nesse cenário, o artigo 03 do Código Florestal, Lei nº 12.651/2012 dispõem de diretrizes referentes a utilização do zoneamento urbano, com a finalidade de criação de áreas verdes em zonas urbanas sejam elas para fins de lazer, recreação, melhoria da qualidade ambiental urbana, manutenção ou melhoria paisagística, proteção de bens e manifestações culturais que devem estar inicialmente presentes no Plano Diretor dos municípios.

Dentre as técnicas utilizadas para tal finalidade, a silvicultura urbana mostra-se como uma alternativa viável para a amenização desses impactos através da implantação e manejo de árvores no meio urbano, resultando assim no melhoramento da qualidade de vida e bem estar da população seja através do conforto térmico, produção de sombra, melhoramento da qualidade do ar, fixação de gases tóxicos e pequenas partículas sólidas em suspensão, manutenção do microclima, beleza cênica entre outras vantagens (ALVES ET AL., 2019).

Aliada a essa técnica, existem várias tecnológicas e processos que auxiliam nas etapas de planejamento, execução e acompanhamento, bem como no monitoramento das atividades após a sua execução, dentre elas destacam-se as tecnologias de sensoriamento remoto e os métodos topográficos que podem ser aplicados em diversos trabalhos onde

faz-se necessário o conhecimento referente as dimensões e formas de um terreno (LOCH, 2000).

Através do Levantamento Topográfico é possível efetuar medições de ângulos, distâncias e desníveis permitindo a representação de um terreno em uma escala adequada. Além disso, a NBR 13133 (ABNT, 1994, p.35), define o levantamento topográfico como sendo um conjunto de métodos, e processos, que através das medições de ângulos, de distancias com a utilização de instrumentos adequados encontra-se a exatidão pretendida inicialmente por meio da implantação e materialização de pontos de apoio na localidade, determinando assim suas coordenadas topográficas.

Diante da importância da inserção da arborização em áreas urbanas devido aos inúmeros benefícios que as mesmas propiciam à população sejam eles ecológicos, sociais, recreativos e estéticas, justifica-se a realização desse trabalho, cujo objetivo foi efetuar um comparativo acerca da cobertura vegetal da praça Célio Miranda no município de Paragominas-PA.

METODOLOGIA

ÁREA DE ESTUDO

O município de Paragominas situa-se na mesorregião sudeste do Estado do Pará (Figura 1), apresentando as coordenadas 02°59'45" de latitude Sul e 47°21'10" de longitude W, com população estimada de 113.145 habitantes (IBGE, 2019). Quanto ao clima, o mesmo é classificado como sendo do tipo mesotérmico e úmido com temperaturas médias anuais em torno de 26° C e médias anuais de precipitação de 1.743 mm, apresentando ainda umidade relativa do ar média de 81% e altitude média de 89 m (MARTINS ET AL., 2013).

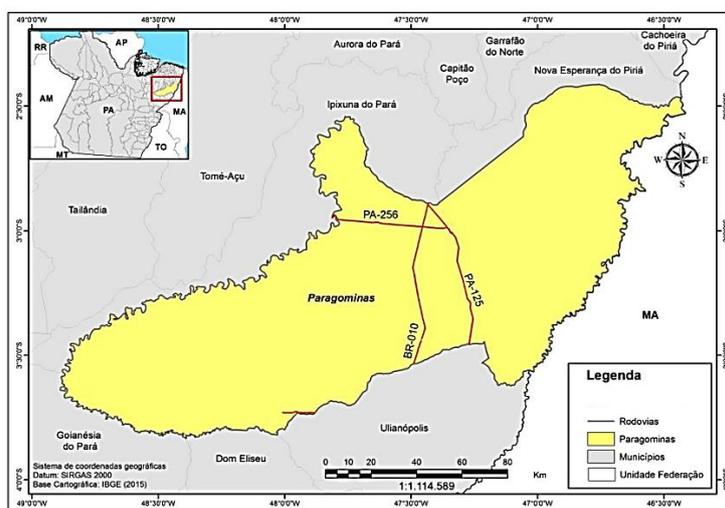


Figura 1. Localização geográfica do município de Paragominas-PA. **Fonte:** Belluzo et al. (2017)

LEVANTAMENTO DOS DADOS

O trabalho em campo foi realizado no dia 30 de agosto de 2018 na praça Celio Miranda, a qual faz parte do perímetro urbano do município de Paragominas-PA (Figura 2). Para o levantamento dos dados foram aplicados métodos topográficos com auxílio de ferramentas de software para obtenção das coordenadas geográficas de 12 pontos pré-estabelecidos utilizando o método de levantamento por caminhamento para então determinar a extensão da área arborizada da praça.

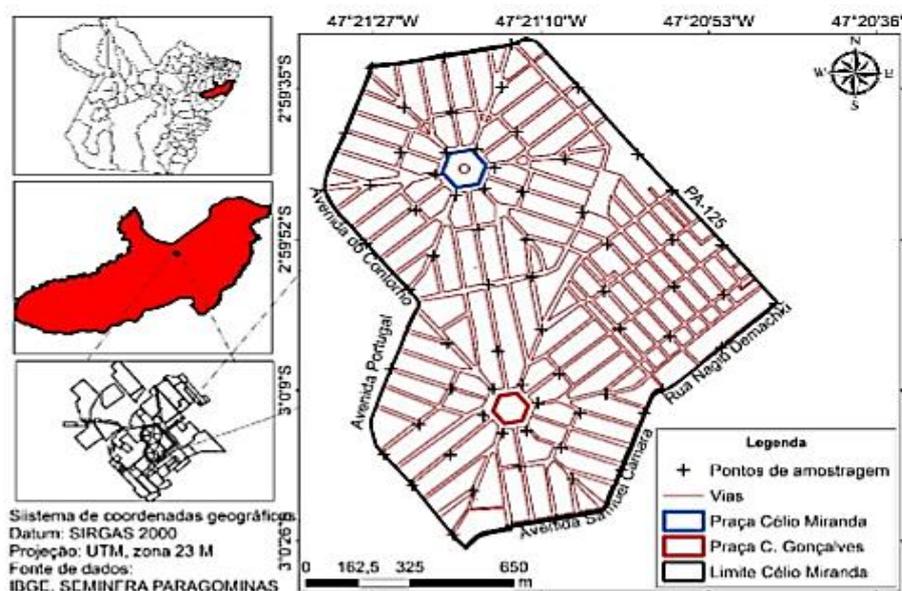


Figura 2. Localização da Praça no perímetro urbano da cidade. **Fonte:** Pereira et al. (2020)

Para obtenção dos dados geográficos iniciou-se com a demarcação da área com os 12 pontos nos entornos da praça (Figura 3) onde iriam ter uma maior precisão dos ângulos e cuja a área urbana específica possuía uma visão facilitada. As marcações foram efetuadas em sentido horário, com o ponto inicial em frente ao Banco da Amazônia (PONTO 0), e de término em frente ao Shopping Diamond (PONTO 11).

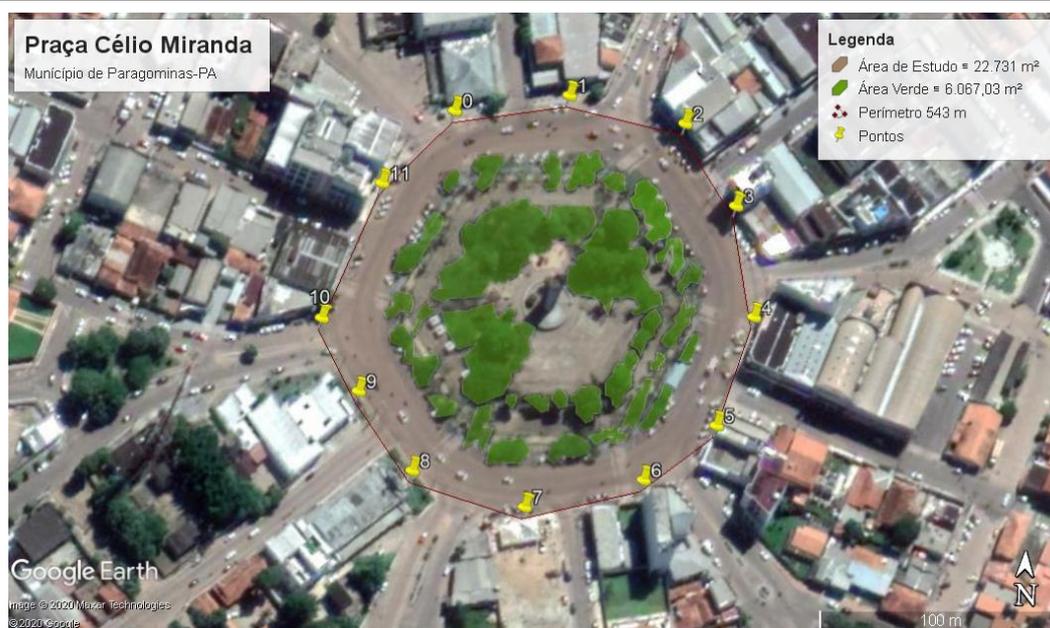


Figura 3. Pontos marcados pelo GPS (GARMIN ETrex20). **Fonte:** Google Earth e GPS TrackMaker (2020).

Após a obtenção dos dados geográficos, iniciou-se o levantamento dos dados comparativos a partir de uma plataforma digital de sensoriamento remoto com acesso livre (Google Earth), com recorte temporal em especial para os últimos 16 anos (2005-2020), devido a uma maior efetividade de uma relação mais antiga que abrange a cobertura vegetal inicialmente observada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos e analisados indicaram que a praça Célio Miranda apresenta as seguintes coordenadas geográficas com seu levantamento topográfico (Tabela 1):

Tabela 1. Coordenadas Geográficas de cada ponto.

| Pontos | Latitude (Graus) | Longitude (Graus) | Altitude (m) | Azimute (Graus) | Distância (m) | Data |
|--------|------------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|------------|
| 0 | -2,994878 | -47,354872 | 85,938 | 79,99805866 | 48 | 30/08/2018 |
| 1 | -2,994965 | -47,354439 | 78,276 | 101,3019741 | 50 | 30/08/2018 |
| 2 | -2,995264 | -47,354238 | 77,146 | 145,9478191 | 40 | 30/08/2018 |
| 3 | -2,995675 | -47,354154 | 84,966 | 168,3889205 | 47 | 30/08/2018 |
| 4 | -2,996085 | -47,354276 | 81,212 | 196,6546292 | 47 | 30/08/2018 |
| 5 | -2,996299 | -47,354538 | 93,278 | 230,9078111 | 39 | 30/08/2018 |
| 6 | -2,996418 | -47,354974 | 87,663 | 254,8111529 | 51 | 30/08/2018 |
| 7 | -2,996300 | -47,355396 | 80,166 | 285,5430619 | 49 | 30/08/2018 |
| 8 | -2,996012 | -47,355607 | 84,525 | 323,626313 | 40 | 30/08/2018 |
| 9 | -2,995745 | -47,355755 | 80,386 | 330,8703839 | 34 | 30/08/2018 |
| 10 | -2,995233 | -47,355553 | 80,923 | 21,63527446 | 61 | 30/08/2018 |
| 11 | -2,994953 | -47,355295 | 88,391 | 42,81062542 | 43 | 30/08/2018 |

Fonte: Autores (2018)

Segundo Veiga et al. (2012) os resultados de Rumo seguiram a conversão de Azimute, enquanto que Deflexão seguiu em sentido horário em ângulos de deflexão de uma poligonal fechada (Tabela 2).

Tabela 2. Levantamento topográfico dos pontos de Deflexão e Rumo na Praça Célio Miranda.

| Pontos | Deflexão à direita | Rumo |
|----------|--------------------|---------|
| P0 - P1 | 0° | 79,9 SE |
| P1 - P2 | 7° | 78,5 SE |
| P2 - P3 | 4° | 34,1 SE |
| P3 - P4 | 6° | 11,7 SE |
| P4 - P5 | 3° | 16,6 SE |
| P5 - P6 | 17° | 50,9 SW |
| P6 - P7 | 2° | 74,8 SW |
| P7 - P8 | 8° | 74,5 SW |
| P9 - P10 | 7° | 36,4 SW |
| P10-P11 | 7° | 29,2 NW |
| P11- P12 | 1° | 21,6 NE |
| P12 - P0 | 8° | 42,8 NE |

Fonte: Autores (2018)

No ano de 2005 (Figura 5), a cobertura verde da praça apresentava uma porcentagem considerável de grama para cobertura do solo, entretanto, nota-se pouca presença de arborização e os poucos indivíduos amostrados apresentavam baixa estatura e com a copa ainda em desenvolvimento. Nesse cenário, segundo a EMBRAPA (2000), a inserção de árvores nos centros urbanos propicia diversos benefícios à população, dentre eles destaca-se a (1) purificação do ar; (2) melhoria do microclima; (3) redução da velocidade do vento; (4) aumento do teor de oxigênio e umidade; (5) diminuição de agentes vetores de doenças, entre outros aspectos.

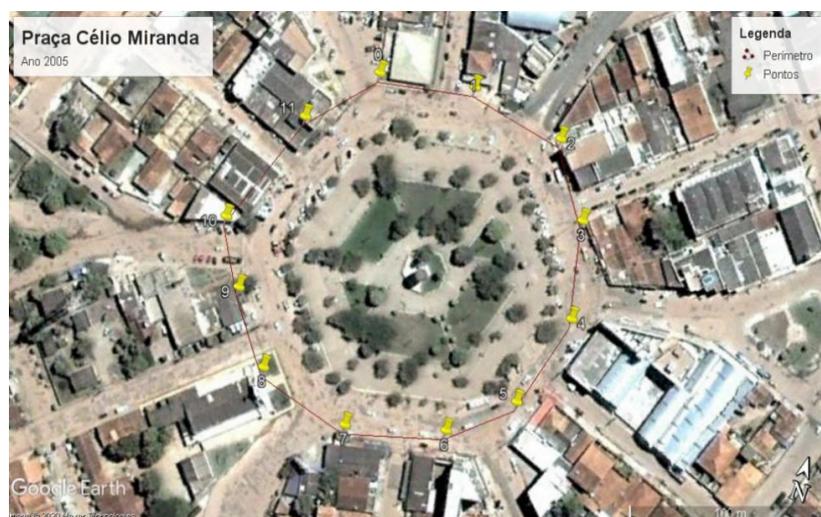


Figura 5. Praça Célio Miranda no ano de 2005. **Fonte:** Google Earth (2020)

Além disso, Mata et al. (2017) destacam ainda que a presença de áreas verdes em praças estimula a realização do turismo pois incentiva a população a realizar atividades tanto lúdicas quando físicas, resultando assim no desenvolvimento/ampliação da percepção ambiental, contribuindo também para a redução do sedentarismo. Dessa forma, nota-se que a presença dessas áreas está diretamente entrelaçada a valores sociais, políticos e econômicos.

Atualmente (Figura 6) a praça apresenta uma cobertura vegetal correspondente a aproximadamente 6.067.03 m² com uma maior diversidade de de indivíduos bem desenvolvidos, além de novos indivíduos que foram inseridos recentemente que encontram-se em desenvolvimento.



Figura 6. Praça Célio Miranda atualmente. **Fonte:** Daniel Dias (2020), extraída por um Drone.

Pereira et al. (2020) ao efetuarem um estudo acerca do mapeamento da qualidade ambiental urbana no bairro Célio Miranda, no município de Paragominas, constataram que o bairro apresenta um índice de cobertura vegetal de 72.344,35 m², sendo que a maior concentração dessa vegetação está situada nas proximidades das praças Célio Miranda e Cleodoval Gonçalves. Os autores verificaram ainda que nas zonas com pouco índice de vegetação é notório as temperaturas elevadas, baixa umidade bem como altos níveis de gás carbônico (CO₂).

Nesse cenário, Pereira Junior et al. (2016) enfocam que a presença da vegetação em espaços públicos exerce influência direta na melhoria do conforto térmico, e quando relacionado ao microclima, os benefícios da arborização são totalmente perceptíveis na moderação do calor por meio da diminuição da incidência solar nos períodos mais quentes; auxiliam na umidificação do ar; além de diminuir a temperatura de 3°C a 4°C, e

aumentarem a umidade relativa de 3% a 10%. Azevedo e Gonçalves (2010) destacam ainda que a presença da vegetação é capaz de diminuir em cerca de 10% do teor de poeiras do ar.

Além disso, Pires et al. (2010) ressaltam ainda que a arborização nos grandes centros urbanos quando corretamente implantada contribui para o potencial recreativo, produtivo, ecológico, estético e paisagístico, além de influenciar consideravelmente nas condições ambientais. Os autores ressaltam ainda que questões ligadas a conservação, utilização sustentável, restauração e melhoria do ambiente natural devem estar previstas no Plano Diretor dos municípios, principalmente nas localidades que sofrem com a ocupação desenfreada.

INDIVÍDUOS ARBÓREOS PRESENTES NA PRAÇA

Os dados obtidos e analisados indicaram que a praça dispõe de aproximadamente 222 indivíduos, de 8 espécies de árvores, arbustos e palmeiras pertencentes à 5 famílias, das quais as famílias Bignoniaceae (69,37%) e Fabaceae (21,17%) apresentam maior ocorrência de indivíduos na praça (Figura 7).

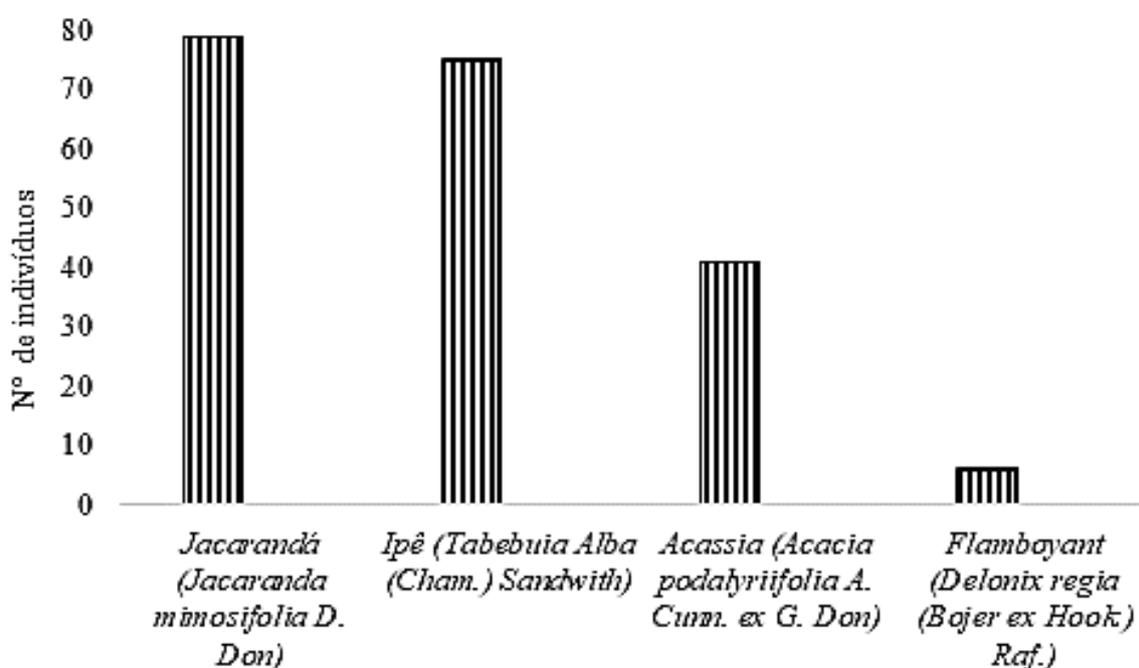


Figura 7. Espécies de maior abundância na Praça Célio Miranda.

Fonte: Autores (2020)

De acordo com a CEMIG (2011), a realização de um planejamento prévio é essencial para alcançar/manter uma boa qualidade ambiental, com o intuito de que não surjam imprevistos no plantio de mudas em áreas verdes urbanas. A implantação de espécies

exóticas é recorrente em diversas áreas verdes urbanas, todavia deve-se priorizar sempre a inserção de espécies nativas. Além disso deve-se atentar a uma diversificação quanto a escolha de espécies arbóreas a serem inseridas nas áreas urbanas, seja por motivos estéticos, pela preservação da biodiversidade, bem como a preservação da cultura regional.

A alta frequência de espécies nativas presentes na praça demonstra uma maior preocupação quanto a preservação da flora nativa. A utilização de espécies nativas contribui para a diminuição do desequilíbrio ambiental que a presença de espécies exóticas promove na biodiversidade urbana, além disso, influenciam positivamente na fixação da fauna local. Todavia Lorenzi et al. (2003) demonstram que há uma predominância de espécies exóticas em praticamente todas as cidades quando se trata da arborização urbana.

Quanto a inserção de indivíduos de diferentes famílias botânicas nas praças, resultados parecidos foram encontrados por Oliveira et al. (2017a) e Freitas; Pinheiro; Abrahão (2015) ao avaliarem a presença de espécies vegetais em praças no município de Aldeias Altas – MA e no bairro da Tijuca – RJ, respectivamente. Os autores observaram que a maior frequência de indivíduos presentes em ambas as áreas de estudos pertencia a família Fabaceae.



Figura 8. Indivíduos arbóreos presentes na praça. (A); Ipê amarelo; (B) Pau Brasil; (C) Acácia; e (D) Flamboyant. **Fonte:** Autores (2018)

Além disso Oliveira et al. (2017b) em estudo acerca da percepção da população sobre arborização em um conjunto habitacional no município constataram que as espécies mais sugeridas pelos moradores para arborização do local foram o Flamboyant (*Delonix regia* (Bojer ex Hook.) Raf.), as diferentes espécies de Ipês, a Mangueira (*Mangifera indica* L.), e o Oiti (*Licania tomentosa* (Benth.) Fritsch) as quais também podem ser observadas na praça Célio Miranda.

A recomendação dessas espécies arbóreas baseia-se principalmente no fato das mesmas propiciarem sombreamento, principalmente o Oiti devido a sua copa fechada e folhagem perene; no caso da mangueira há a produção de frutos, além da beleza cênica.

CONCLUSÃO

A partir dos dados obtidos com o trabalho em campo e por ferramentas de Software concluímos que arborização urbana da Praça Célio Miranda está bem adequada para promover uma beleza estética para cidade, como também, promover o uma sensação de bem-estar para sociedade que visita esta praça. Além de conscientizar os moradores sobre os benefícios que as áreas verdes oferecem.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13133: Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro, 1994. 35p.

ALVES, F. R. N.; AQUINO, M. G. C.; MAESTRI, M. P.; TENÓRIO, R. S.; SILVA, J. J. N.; CARNEIRO, F. S.; SANTOS, J. L.; FIGUEIRA, E. P. O.. Percepção da arborização urbana pelos moradores de duas zonas do município de Santarém (PA). **Nature and Conservation**, v.12, n.2, p.60-76, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC23182881.2019.001.0007>

AZEVEDO, J.; GONÇALVES, A. **Manual de Boas Práticas em Espaços Verdes**. Câmara Municipal de Bragança. Portugal, 2010. 174 p.

BELLUZZO, A. P; CARDOSO, R. S; ADAMI, M; WATRIN, O. R. Dinâmica das áreas de agricultura anual a partir de dados temporais do projeto TerraClass para o município de Paragominas, PA. 18. 2017. **Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Santos-SP, 2017.

BRASIL. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União 28 mai, 2012. Disponível em:<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 30 jun.2020

CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais). **Manual de Arborização**. Belo Horizonte. Cemig/Fundação Biodiversitas, 2011.

COSTA, R.; COLESANTI, M.. A contribuição da percepção ambiental nos estudos das áreas verdes. **O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v.22, p.238-251, 2011.

DIAS, Daniel. **Lindas Imagens da Praça Célio Miranda**, Paragominas, 29 de jan. de 2020. Disponível em:<<https://www.youtube.com/watch?v=OnMfwlhxtlM>>. Acesso em 25 jun. 2020.

EMBRAPA. Disponível em:<http://www.cnpf.embrapa.br/publica/boletim/boletarqv/boletim18_19/baggio.pdf> . Acessado em: 01 jul. 2020.

FREITAS, W. K.; PINHEIRO, M. A. S.; ABRAHÃO, L. L. F. Análise de arborização de quatro praças no bairro da Tijuca, RJ, Brasil. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v.22, n.1, p.23-31, 2015.

LOCH, C.; CORDINI, J. **Topografia Contemporânea: planimetria**. 2 ed. Florianópolis, editora da UFSC. 2000.

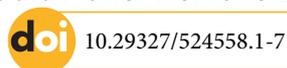
- LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M A V; BACHER, L B. **Árvores Exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa. :Instituto Plantarum, 256p., 2003.
- MARTINS, H. D., NUNES, S.S., SALOMÃO, R.R., OLIVEIRA JR., L. A.O., BATISTA, R. W., MARTINS, J. R., SOUZA JR., C.M., 2013. Mapeamento da cobertura do solo de Paragominas-PA com imagens de satélite de alta resolução: aplicações para o Cadastro Ambiental Rural (CAR). *In*: XVI Simpósio brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16. Foz do Iguaçu. Anais... Belém: INPE, 2013. p. 1283-1284.
- MATA, B. L.; MAZIERRO, F. F. F.; BASTOS, R. K.; OLIVEIRA, R. S.; GALASTRI, N. A. Árvores, palmeiras e cicas de quatro praças do município de Jaú, SP. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 12, n. 3, p. 80-93, 2017.
- MELO, M. S., OLIVEIRA, D. E., SANTOS, S. X. A arborização urbana do município de Goiandira/GO – caracterização quali-quantitativa e propostas de manejo. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.5, n.3, p.185-205, 2010.
- OLIVEIRA, M. S.; FERREIRA, A. W. C.; LOPES, J. R. S.; REIS, J. R.; SILVA JUNIOR, W. R.; COSTA, J. A. Espécies vegetais presentes em praças e avenidas do município de Aldeias Altas, Maranhão, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 12, n. 4, p. 13-22, 2017a.
- OLIVEIRA, V. P.; DIAS, J. G. S.; RIBEIRO, A. T.; OLIVEIRA, L. B. S.; MARIANO, M. O.; PINTO, D. S. A percepção da população sobre arborização em um conjunto habitacional no município de Paragominas-PA. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 12, n. 3, p. 27-36, 2017b.
- PEREIRA JÚNIOR, A., JESUS, E. S., BASTOS, M. B. F., SANTOS, R. V. C. Microclima e a arborização: o caso de duas áreas do Núcleo Marabá Pioneira, Marabá – Pará. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria-RS, v.4, n.2, p.54-67, 2016.
- PEREIRA, L. C., BALBINO; M. V., CORREA; D. L., SILVA, T. M. L. Mapeamento da Qualidade Ambiental Urbana no bairro Célio Miranda, Paragominas-PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n.03, p. 1406-1424, 2020.
- PINHEIRO, C. R.; SOUZA, D. D. **A importância da arborização nas cidades e sua influência no microclima. Gestão, Sustentabilidade e Ambiente**, Florianópolis, n.1, p.67-82, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.19177/rgsa.v6e1201767-82>. Acesso em 24 jun. 2020.
- PIRES, N.A.M.T., MELO, M. S., OLIVEIRA, D. E., SANTOS, S. X. A arborização urbana do município de Goiandira/Go – caracterização quali-quantitativa e propostas de manejo. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.5, n.3, p.185-205, 2010
- VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de Topografia**, Curitiba. Apostila, editora UFPR. 2012.

[CAPÍTULO 7]

**A IMPORTÂNCIA DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO ENSINO DE
BIOLOGIA: EDUCAR PARA PRESERVAR**

Márcia de Nazaré Sacco dos Santos

Cláudio Adriel Peniche Braga



INTRODUÇÃO

O crescimento da população humana, desencadeou um aumento na demanda de recursos naturais, e, juntamente ao modo de produção e consumo atuais, tem resultado em alterações drásticas da paisagem e degradação ambiental do planeta Terra.

A crise no meio ambiente se tornou uma preocupação bastante significativa para o mundo, bem como para a sociedade contemporânea, devido a uma série de acontecimentos, principalmente referentes a degradação ambiental, fato esse, observado a partir da metade do século XX. Houve nesse período mudanças tecnológicas, que de certa maneira influenciaram, no aumento das fontes de emissão de poluidores da atmosfera, contribuindo e muito para o desequilíbrio do ambiente (LUCATTO & TALOMANI, 2007).

Segundo Cavalcanti, Costa & Chrispino (2014) ainda no século passado, os recursos naturais aparentavam serem ilimitados e as consequências da atuação humana eram percebidas apenas localmente. No entanto, atualmente, observou-se, que essas atividades humanas de interesse econômico ou não, vem ocasionando problemas socioambientais com repercussões a nível mundial.

Nesse cenário, vemos a educação ambiental como sendo, um caminho de união entre o ambiente e a educação, que em muito pode contribuir para uma conscientização em preservar o meio ambiente, e viver harmonicamente com o mesmo. A legitimação do adjetivo ambiental, atrelado ao substantivo educação, se faz importante, como forma de ressaltar as reivindicações da temática ambiental, a essa área, que é social e historicamente situada, e valoriza a importância da educação ambiental para a formação do sujeito (CARVALHO, 2004).

A educação ambiental implica também, no processo de reflexão e tomada de decisões sobre os aspectos socioambientais emergentes, os quais mobilizam a participação do cidadão e a sensibilização com o meio ambiente (CAPRA, 2002). Então, é

através da EA que devemos buscar soluções para os problemas e impactos ambientais, mas se observa que ela ainda é pouco discutida nas escolas e quando isto ocorre, é por meio dos temas transversais.

Nesse sentido para Silveira (2002) é de suma importância que o professor, quando tratar os temas do conteúdo, não deva priorizar uma abordagem puramente descritiva, mas é necessário utilizar o enfoque evolutivo como linha unificadora dos conteúdos apresentados.

A implantação de um processo de discussão permanente e participativa, seria o melhor a ser feito nessa educação formal. A prática de trabalhar a consciência ambiental, não é um processo fácil e deve ser realizada por meio de educadores que tenham o comprometimento na formação de cidadãos reflexivos com tais questões. Diante desse contexto, a escola é o local ideal para promover a consciência ambiental, por ser o ambiente onde os alunos estarão em busca da construção do conhecimento e das descobertas (NOGUEIRA et..al, 2011 *apud* SILVEIRA, 2002).

Alves *et al.* (2012) diz que educar para a cidadania é uma das maneiras de se motivar e sensibilizar o ser humano a participar da melhoria na qualidade de vida e cabe a educação ambiental o compromisso de promover o desenvolvimento sustentável da sociedade. Para tal Menezes *et al.* (2017), diz que se deve procurar métodos que auxiliem formação de novos cidadãos conscientes, críticos e preparados para transformar a realidade em que estão inseridos por meio da conscientização ambiental.

Faz se necessário que ocorra uma sensibilização tanto da população quanto dos líderes governamentais, no que se refere à melhora da qualidade de vida sem vir a danificar o meio ambiente (ALVES *et al.*, 2012).

A Educação Ambiental voltada para a sustentabilidade vem assumindo uma importância crescente no âmbito escolar por intermédio das novas propostas curriculares, por ser considerado um fator importante para o desenvolvimento dos alunos e sociedade, enquanto cidadãos e responsáveis pelo planeta e sua gestão sustentável (NUNES & DOURADO, 2009).

Assim, diante da importância da educação ambiental no ensino de biologia, tendo em vista a necessidade de educar para a cidadania, surge a seguinte problemática: de que forma a educação ambiental integrada ao processo de ensino e aprendizagem de biologia pode contribuir para o enfrentamento dos impactos ambientais, provocados pela aceleração do crescimento global, seja pelas novas tecnologias, seja pelo não entendimento do pertencimento a esse ambiente. Entende-se, ser de suma importância o atrelamento da EA ao ensino da disciplina biologia, disciplina que estuda de maneira geral todos os seres vivos

e o meio a sua volta. Este artigo tem como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre como a educação ambiental inserida no ensino da biologia, pode levar os alunos não apenas a aprenderem o conteúdo, mas também os utilizar para o desenvolvimento de seu senso crítico e cidadão, para um entendimento de pertencimento ao ambiente que o rodeia.

METODOLOGIA

O presente trabalho fez uma revisão da literatura, partindo da pesquisa de artigos com a temática na importância da educação ambiental no ensino de biologia, como sendo um tema conscientizador, para se entender que, conhecendo e compreendendo o ambiente, se é capaz de cuidar, preservar. Os artigos acerca do tema foram identificados por busca nas bases de dados: Scientific Electronic Library Online (SciELO) e Google acadêmico, realizadas em julho de 2020.

As buscas foram realizadas através de descritores: “educação ambiental e ensino de biologia”. Onde 20 artigos foram selecionados de acordo com os seguintes critérios: artigos, tcc’s e dissertações originais e indexadas em língua portuguesa, que abordassem a temática, sem limitação do ano das publicações, com nível escolar abordando o ensino médio em escolas públicas do Brasil.

Foram excluídos os trabalhos que não estavam em português, estudos não publicados na íntegra, bem como estudos que não abordavam a educação ambiental no ensino de biologia ou que abordavam de forma incompleta, não contribuindo para os resultados desta revisão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O crescimento da população humana e as mudanças nos setores de produção e consumo, resultaram nas transformações e degradações ambientais que nosso planeta sofre, de acordo com Silva, 2019 que fala: o crescimento exorbitante da população humana no planeta desde o século XIX, desencadeou um aumento expressivo e significativo no consumo e produção de recursos para a subsistência humana como alimentos e matérias primas.

De acordo com Rippel, Limberger & Lima, 2006, o modo de produção vigente atua juntamente com o crescimento demográfico que exige que os humanos busquem novas fontes de recursos para suprir suas necessidades, realizando a busca de novas áreas, que são exploradas, devido as cidades abrigarem cada vez mais habitantes, o que ocasiona uma demanda ainda maior de recursos naturais.

Esta demanda relativamente grande de recursos naturais do ambiente, é realizada para manter o funcionamento pleno da sociedade e ocasiona diversos problemas para o meio ambiente, pois os seres humanos são os únicos seres vivos que retiram mais do necessário do ambiente para sua subsistência e ainda despejam resíduos no mesmo como reporta Mello, 2009.

Essa situação vem se agravando juntamente com as grandes mudanças tecnológicas, desde a Revolução Industrial, onde surgiram os primeiros motores movidos a vapor, o que levou a uma busca e consumo de combustíveis que viessem a suprir esta nova necessidade. Segundo Brüseke (1995), se permanecendo a probabilidade de crescimento da população, industrialização, poluição, produção de alimentos entre outros, os limites de crescimento do planeta serão alcançados dentro dos próximos cem anos.

Nesse contexto citado acima, entende-se a importância da educação ambiental no ensino, a fim de transmitir através dessa temática, conhecimentos que visem à conscientização e reflexão dos alunos frente às questões ambientais, tão importantes para os dias atuais e Medeiros, 2011, ressalta a importância de tratar a questão ambiental no ambiente escolar, falando que, a cada dia que passa a questão ambiental tem sido considerada como um fato que precisa ser trabalhado com toda a sociedade e principalmente nas escolas, pois as crianças e os jovens bem informados sobre os problemas ambientais vão ser adultos mais preocupados com o meio ambiente, além do que elas vão ser transmissoras dos conhecimentos que obtiveram na escola sobre as questões ambientais em sua casa, família e vizinhas.

Lucélia Granja de Mello, 2017, fala que, a educação ambiental faz parte da educação, tendo como objetivo a disseminação do conhecimento sobre o ambiente, contribuindo assim, à sua preservação e utilização sustentável dos seus recursos. Se torna um processo permanente, onde os indivíduos e a comunidade tomam consciência do seu meio ambiente, adquirindo conhecimentos, habilidades, experiências, valores e a determinação que os tornam capazes de agir individualmente ou coletivamente na busca de soluções para os problemas ambientais presentes e futuros.

Krasilchik (2008) nos fala que o ensino de Biologia, tem como objetivo, além de o aluno compreender os conceitos básicos das disciplinas, o mesmo seja capaz de pensar independentemente, adquirir e avaliar informações, aplicando seus conhecimentos na vida diária.

A Educação Ambiental também pode vir a auxiliar os alunos a conseguirem fazerem a ligação entre o ambiente que está inserido e o ensino que lhe é apresentado. Como diz Oliveira e Correia (2013), aquela pode vir a ajudar os estudantes a entenderem melhor o

funcionamento de ecossistemas e entre outras coisas. Porém, se esta vir a ser aliada a pesquisas de campo poderá ser ainda mais proveitosa para os alunos.

A educação não é meramente uma ferramenta de ensino, mas se for bem utilizada pode transformar o aluno ou até mesmo uma turma de alunos em verdadeiros cidadãos conscientes de suas obrigações e direitos na sociedade. Dalarosa (1998) diz que sem esta, a democracia, justiça, igualdade e a cidadania não seria nada mais que apenas palavras. Este também diz que um sistema educacional que atenda a todas as necessidades da população brasileira ainda precisam ser construído.

No entanto, a educação também ajuda a manter a sustentabilidade do planeta, já que quando você entende que a natureza é essencial para a existência da humanidade, você pode vir a protegê-la e cuidar da mesma. Carvalho (2005, *apud* KLAUCK e BRODBECK, 2010) diz que é necessária a construção de um processo contínuo de Educação Ambiental, como estratégia de inclusão da comunidade na preservação e na construção de um ambiente onde o ser humano possa conviver em harmonia e equilíbrio com a natureza.

Muito se observa sobre as relações estabelecidas entre o ensino de biologia e EA, relação que pode ser notada, referenciando às primeiras práticas de EA, pautadas por visão conservacionista, a qual privilegia mais os aspectos físicos e biológicos do meio ambiente em detrimento dos aspectos sociais. Diante dos rumos que esse tema tomou no contexto da sua inserção no processo educativo formal, notou-se uma aproximação entre a área da EA e o ensino de Biologia. Para Marandino, Selles e Ferreira (2009), o entendimento sobre ensino de Biologia: [...] remete-nos à existência de um campo de estudos, de pesquisas e de práticas, sustentado por uma comunidade de educadores e de pesquisadores cuja referência são as atividades de cunho didático que conferem sentidos a esse campo (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009, p. 21).

O ato de educar abrange à convivência social, a cidadania e a tomada de consciência política. A educação na escola, deve, além de ensinar o conhecimento científico, assumir também, a incumbência de preparar os alunos para o exercício da cidadania. A cidadania é compreendida, como o acesso aos bens materiais e culturais, os quais são produzidos pela sociedade, bem como, significa o exercício pleno dos direitos e deveres previstos pela Constituição da República.

Roberto Carlos Simões Galvão (2020), nos fala que, a educação para a cidadania tem como objetivo, fazer com que cada pessoa, seja um agente de transformação. Há de se fazer uma reflexão que possibilite a compreensão das raízes históricas, da condição de miséria e de exclusão que vive boa parte da nossa população. A compreensão política que

se deve ter, tem no universo escolar um espaço privilegiado, e deve propor caminhos, mudando assim, situações de opressão. Embora outros segmentos, contribuam para essa formação, como a família ou os meios de comunicação, não ocorrerá democracia substancial, se não existir essa responsabilidade propiciada pelo ambiente escolar.

Nesse contexto abordado no artigo, ainda se pode falar sobre a sustentabilidade, que resulta de um processo de educação, em que o ser humano reflete sobre suas relações com a Terra, a natureza, a sociedade e consigo mesmo dentro de critérios, como o equilíbrio ecológico, o respeito e amor ao nosso planeta e a vida, procurando viver harmoniosamente com as gerações futuras e contribuindo assim para uma democracia sócio-ecológica permanente. Assim, tendo uma visão ambiental de preservação e diminuído os impactos causados por toda essa globalização do mundo atual no meio ambiente.

CONCLUSÃO

Abordar a educação ambiental no ambiente escolar, se faz necessário, sendo assim, refletimos que a mesma deva fazer parte do ensino da biologia, apontando a necessidade de integrá-la às metodologias utilizadas pela escola e pelo professor, afim de fazer com que o aluno se torne capaz de compreender que, somente conhecendo a natureza e entendendo o pertencimento dele pela mesma, será capaz de não agredi-la.

A educação em si tem a possibilidade de conseguir atingir a base e o futuro da sociedade em que estamos inseridos atualmente: Os alunos. Estes futuramente, se forem educados da forma correta no início de suas formações estudantis, poderão vir a criar uma sociedade mais preocupada com a sustentabilidade e com a subsistência da raça humana como um todo levando a criação de novos meios de subsistência ao lado do meio ambiente.

Sendo assim, quando o aluno compreender que a natureza e o meio ambiente são essenciais para a subsistência da espécie humana e que o mesmo está inserido e faz parte da mesma, os mesmos na grande maioria das vezes, irá compartilhar as informações com os seus colegas, familiares e amigos. Essa rede de informação acaba por se expandir rapidamente, levando uma compreensão maior do ambiente em si.

Entender que a educação não é somente uma ferramenta de ensino, mas uma fonte de transformação, que tornará os alunos em verdadeiros cidadãos críticos e reflexivos de suas obrigações na sociedade. Procurando sempre, com responsabilidade, preservar e proteger o meio ambiente e os seres vivos que fazem parte do mesmo, diminuindo com os impactos causados pelo crescimento populacional e as novas tecnologias em nosso planeta.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. T. J. et al. D. Reciclagem: Educar para Conscientizar. **Anais do II Seminário Interinstitucional de Ensino, Pesquisa e Extensão**. UNICRUZ. 2012.
- BRÜSEKE, F. J. **O Problema do Desenvolvimento Sustentável**. In: CAVALCANTI, C. **Desenvolvimento e Natureza: Estudos para uma Sociedade Sustentável**. INPSO/FUNDAJ, Instituto de Pesquisas Sociais, Fundação Joaquim Nabuco, Ministério de Educação, Governo Federal, Recife, Brasil. Outubro 1994. p. 29 - 40.
- CAPRA, F. **Ponto de mutação**. São Paulo: Cultrix, 2002.
- CARVALHO, I. C.M. **Educação Ambiental: a formação do sujeito ecológico**. São Paulo: Cortez, 2004.
- CAVALCATI, D. B; COSTA, M. A. F. da; CHRISPINO, A. Educação Ambiental e Movimento CTS, caminhos para a contextualização do Ensino de Biologia. **Revista Praxis** | ano VI | nº 12 | Dezembro de 2014. ISSN online: 2176-9230 | ISSN impresso: 1984-4239. Disponível em <<http://revistas.unifoa.edu.br/index.php/praxis/article/view/646>> Acesso em 17 de julho de 2020.
- DALAROSA, A. A. **Estado, educação e cidadania**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação e Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná, Guarapuava. 1998. 139f. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/254036>>. Acesso em: 24 de julho de 2020.
- GALVÃO, ROBERTO C. S. **Educação para a cidadania: o conhecimento como instrumento político de libertação**. Portal Educacional, 2020.
- GRANJA, M, LUCÉLIA. **A IMPORTÂNCIA DA EDUCAÇÃO AMBIENTAL NO AMBIENTE ESCOLAR**. in *EcoDebate*, ISSN 2446-9394,14/03/2017.
- KRASILCHIK, M. **Práticas do Ensino de Biologia**. 4 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2008. 175p.
- MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. **Ensino de biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos**. São Paulo: Cortez, 2009.
- MEDEIROS, Aurélia, et al. **A Importância da educação ambiental na escola nas séries iniciais**. Revista Faculdade Montes Belos, v.4, n.1, set.2011.
- MELLO, L. F. de. População, Consumo e Mudança Climática. In. HOGAN, D. J. (Org.); JUNIOR, E. M.(Org.). **População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais**. - Campinas: Núcleo de Estudos de População-Nepo/Unicamp; Brasília: UNFPA, 2009. 110 – 137.
- MENEZES, I. S.; FREITAS, S. H. S.; CARA, P. A. A.; COUTO-SANTOS, A. P. L. **Jogo didático como ferramenta para Educação Ambiental no município de Itapetinga (BA)**. Revista Brasileira de Educação Ambiental. v. 11, n. 5, p. 19 – 29, 2017.
- NOGUEIRA, B. G. S.; GONÇALVES, G. M.; MENEZES, R. V.; RODRIGUES, R. **Educação Ambiental: a relação entre as aulas de Campo e o conteúdo formal da Biologia**. X

CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO – EDUCERE. I Ensino, Saúde e Ambiente – V8 (2), pp. 25-36, Agosto, 2015 ISSN 1983-7011 36 SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE REPRESENTAÇÕES SOCIAIS, SUBJETIVIDADE E EDUCAÇÃO – SIRSSSE. Pontifícia Universidade Católica do Paraná – Curitiba, 2011.

NUNES, I; DOURADO, L. Concepções e práticas de professores de Biologia e Geologia relativas à implementação de ações de Educação Ambiental com recurso ao trabalho laboratorial e de campo. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vol.8 Nº2 (2009).

OLIVEIRA, A. P. L. de; CORREIA, M. D. Aula de Campo como Mecanismo Facilitador do Ensino Aprendizagem sobre os Ecossistemas Recifais em Alagoas. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.6, n.2, p. 163-190, junho 2013 ISSN 1982-5153. Disponível em <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/alexandria/article/viewFile/37996/28997>> Acesso em 24 de julho de 2020.

RIPPEL, R; RIPPEL LIMBERGER, V. C; LIMA, J. F. de. Percepções Genéricas sobre o crescimento populacional a demanda por energia e os padrões de consumo dos recursos ambientais atuais. **XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais, ABEP, realizado em Caxambu** – MG – Brasil, de 18 a 22 de setembro de 2006.

SILVA, E. I. C. da. O Mundo Contemporâneo: Crescimento e Distribuição da População Mundial. **Revista de Geografia**. Recife – Pernambuco, 2019. EICdaS. 2019.

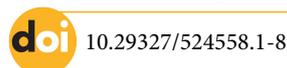
SILVEIRA, Felipa Pacífico Ribeiro de Assis. **A Educação Ambiental no Ensino de Biologia. I Encontro Ibero-americano sobre Investigação em Educação em Ciências**, Burgos, Espanha, 16-21 set. 2002.

SILVEIRA, F. P. R. DE A. **A educação ambiental no ensino de biologia. Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, 2(2). Recuperado de <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4142>. 2011.

[CAPÍTULO 8]

**EDUCAÇÃO AMBIENTAL COMO FERRAMENTA DE SENSIBILIZAÇÃO E
CONSCIENTIZAÇÃO DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE - APPs EM
IGARAPÉS URBANOS**

*Milena Míria Nobre Campos
Ione Iolanda dos Santos
Leidiane Leão de Oliveira
Rodolfo Maduro Almeida*



INTRODUÇÃO

Os rios Amazônicos de pequena ordem são definidos como Igarapés (em tupi, significa “caminho da canoa”). Os igarapés compõem interfaces aquático-terrestres, onde suas características ambientais (biodiversidade, hidrologia e qualidade da água) dependem da floresta ao seu redor (mata ciliar) (CARVALHO, 2011; MARMONTEL e RODRIGUES, 2012; GUARIDO, 2014). A retirada da floresta primária provoca de forma direta a erosão do solo, perda de nutrientes e compactação do solo, além da perda de biodiversidade, redução do ciclo da água e contribui para o aquecimento global (MENDONÇA, 2001; FEARNSSIDE, 2005; GALUCH, 2007; ANJOS, 2007; CORRÊA et al., 2012).

O Código Florestal Brasileiro Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965, define a importância da vegetação das zonas ripárias, as mesmas são legalmente protegidas através da instituição de Áreas de Preservação Permanente (APPs). Atualmente regulamentada pela Lei N° 12.651, de 25 de maio de 2012, que considera Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas. As faixas marginais de qualquer curso d’água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de 30 (trinta) metros, para os cursos d’água de menos de 10 (dez) metros de largura; 50 (cinquenta) metros, para os cursos d’água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura (BRASIL, 2012). Neste contexto, a cobertura vegetal é importante, pois, interfere nos mecanismos de transportes de águas superficiais e subterrâneas, mantém a integridade dos solos reduzindo a erosão e é fundamental para recarga dos aquíferos e manutenção da rede de igarapés (TUCCI, 2009; TARGA, 2012).

Desse modo, a urbanização desordenada, pode tornar-se um fator potencial de vulnerabilidade hídrica, uma vez o crescimento urbano não é acompanhado de serviços de saneamento básico (ANA, 2005; ESTEVES, 2011; MONTEIRO et al., 2011). Segundo os dados do IBGE com a taxa de crescimento anual de 2000 a 2030, o estado do Pará é uma

das regiões com uma das maiores taxas de crescimento populacional, comparado com outras regiões do Brasil. Neste sentido, Santarém desponta como o terceiro município mais populoso do Pará o que ocasiona a expansão urbana da cidade, de forma desordenada. Segundo o novo Ranking do Saneamento Básico (base SNIS, 2015), Santarém é o 3º município com o pior sistema de saneamento básico do país, onde dejetos residenciais fluem para fossas sépticas ou negra ou são lançados em natura nos igarapés. Complementar a isso, a bacia do Tapajós, está em área geologicamente susceptível à infiltração de água superficial que pode assim contaminar o lençol freático, fonte básica de água para o município.

Assim, as ações de cunho ambiental se fazem importantes e garantem a sensibilização sobre a poluição deste local, contribuindo para o comprometimento socioambiental na preservação e conservação do meio ambiente, além de proporcionar a interação do meio escolar com o meio acadêmico a partir da troca de conhecimento e contribuição para a responsabilidade ambiental (NETTO et al., 2013).

O presente trabalho teve a finalidade de produzir ferramentas de educação ambiental com foco na preservação e manutenção das Áreas de Preservação Permanente do Igarapé urbano do Urumari em Santarém-PA, envolvendo a população geral e o poder público para a gestão participativa do capital natural local.

METODOLOGIA

O estudo foi conduzido na microbacia hidrográfica do igarapé do Urumari em Santarém destacando a sua inserção dentro do perímetro urbano do município. Com área de aproximadamente 22,26 km², a micro-bacia do igarapé do Urumari passa por 15 bairros da cidade de Santarém (Figura 1).

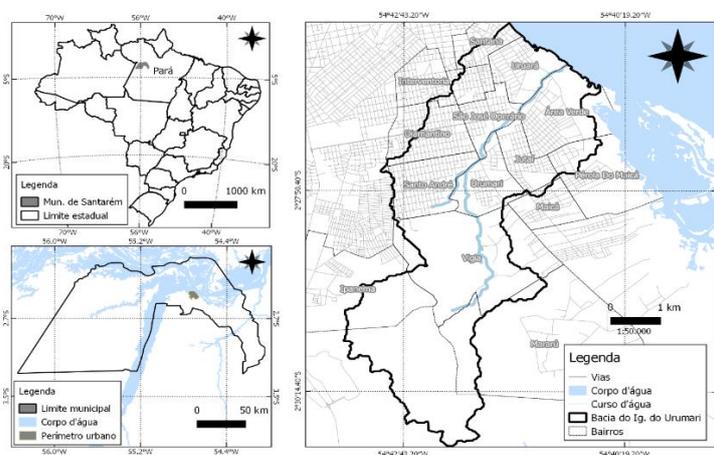


Figura 1. Localização geográfica da microbacia hidrográfica do igarapé do Urumari em Santarém – PA. Fonte: Projeto Urumari

O nome dos bairros e a respectiva proporção ocupada por cada um em relação à área da bacia são: Área verde (9,31%), Diamantino (5,48%), Interventoria (0,43%), Ipanema (6,21%), Jutai (4,54%), Livramento (2,47%), Maicá (0,23%), Mararú (5,25%), Pérola do Maicá (2,22%), Santana (1,93%), Santo André (7,78%), São José Operário (4,45%), Uruará (5,97%), Urumari (6,25%) e Vigia (19,04%). O mapeamento preliminar dos cursos d'água exibe um curso principal de aproximadamente 7,50 km, que começa no bairro vigia e termina na foz. Existe um curso d'água secundário de cerca de 1,30 km, que começa no bairro Santo André e se junta ao curso d'água principal. O comprimento total de cursos d'água é de 8,80 km.

Para a elaboração do diagnóstico geoambiental da microbacia do igarapé urbano do Urumari-Santarém-PA foi realizada a confecção do mapa de drenagem da microbacia do Urumari (escala 1:40.000). Segundo foram feitos o levantamento e georreferenciamento dos imóveis instalados na área (CAR/Lote); a aplicação do diagnóstico participativo sobre o uso e ocupação do solo e utilização dos recursos naturais; confeccionada uma carta imagem georreferenciada de uso e ocupação da microbacia do Urumari; foram impressos mapas em formato A2, bem como sua disponibilização em formato digital para uso nos centros comunitários e escolas da área de interesse, na prefeitura municipal de Santarém e no campus universitário da UFOPA.

E um programa de ações educativas foi implantado sobre a importância dos igarapés como prestadores de serviços ambientais na Escola João Batista Miléo, localizada na área de interesse. Para tanto, foram instalados na escola: - Salas interativas, com materiais como mapas e maquetes temáticos que foram produzidos pelos alunos e utilizados nas ações de educação ambiental promovida pela escola. E finalmente foram oferecidas orientações técnico legal para subsidiar, fortalecer ações preservação das Áreas de Preservação Permanente – APPs do igarapé do Urumari junto ao comitê local de defesa do Urumari “Urumari Vivo”: - Oficinas de qualificação sobre os recursos hídricos e a importância da bacia hidrográfica do Urumari sua significância na manutenção do microclima e da qualidade das águas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desenvolvimento das ações

No decorrer do projeto, as atividades se deram a partir da observação dos dados espaciais sobre a microbacia hidrográfica do Urumari importantes para uma melhor

compreensão, através de ferramentas de geoprocessamento, obtendo a delimitação da microbacia, com o mapa de uso e ocupação do solo e da rede de drenagem. Possibilitando uma visão de todo cenário atual e crítico da comunidade do Urumari, onde o igarapé se localiza.

Nas Figuras 2 e 3 temos uma análise espacial comparando historicamente o uso e ocupação do solo, as cartas- imagens são da região da microbacia hidrográfica do Urumari podendo observar também sua limitação, correspondente aos dias 14/08/1986 e 18/07/2017.

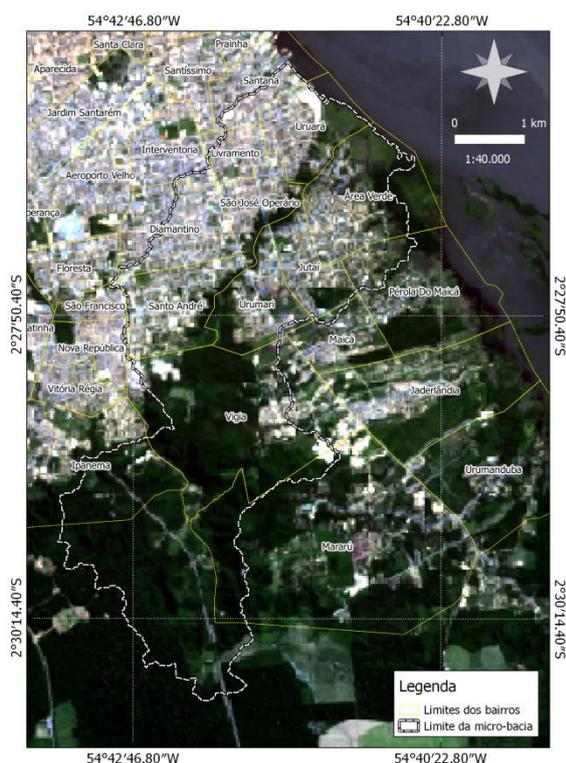


Figura 2. Imagem composição colorida Landsat 5/TM de 14/08/1986. Fonte: Projeto Urumari.

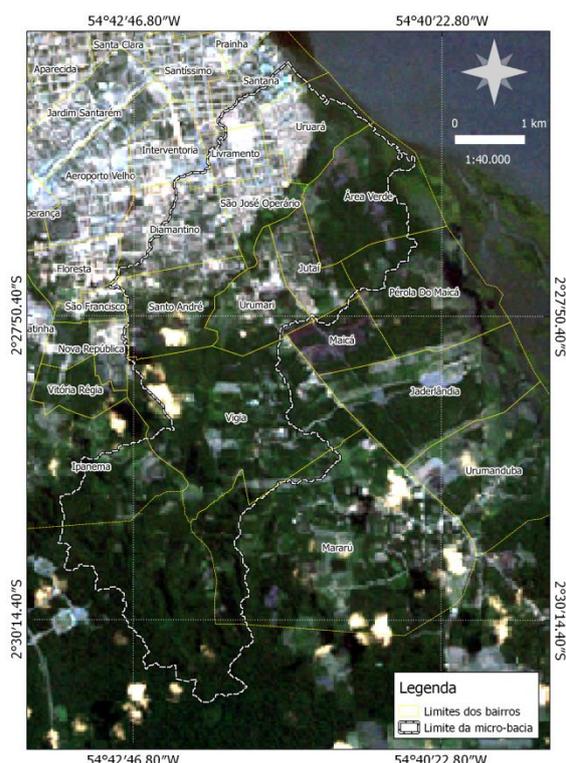


Figura 3. Imagem composição colorida Landsat 5/TM de 18/07/2017. Fonte: Projeto Urumari.

Proveniente do desenvolvimento urbano crescente na cidade de Santarém, é perceptível as mudanças na paisagem e no acréscimo de novos bairros como o Área Verde, Jutai, Maicá e Pérola do Maicá. A análise comparativa permite visualizarmos a ocupação do solo pelas comunidades com a retirada da mata ciliar diminuindo a extensão da Área de Preservação Permanente. Os locais em que foram construídos os imóveis, na sua maioria, estão nas margens do curso d'água, acarretando inúmeras consequências, pois a ação antrópica mal planejada atinge setores mais agravantes como a saúde pública, o saneamento do município e até mesmo a segurança dos cidadãos (FAVERI & PEREIRA, 2013).

De modo que o adensamento se dá com a remoção da cobertura vegetal refletindo na degradação dos recursos hídricos, pois a importância da flora para a integridade do mesmo é de suma importância. A cobertura vegetal diminui de forma eficaz o escoamento superficial evitando uma maior erosão. O bairro do Vigia, vizinho ao Urumari, tem grande parte de sua ocupação nas margens da área da microbacia, um ator preocupante para a saúde ambiental e até mesmo para os moradores que o habitam pois podem ser consumidores da água deste igarapé.

As análises visuais da evolução nos mapas ajudam na percepção de que a intensidade de mudanças ocorridas na floresta em prol desse crescimento se deu em poucos anos, comprometendo a vida de toda biota aquática e terrestre existentes nesta região (Figura 4). Podemos constatar a extração da mata ripária de acordo com sua concentração máxima, média e mínima/nula. O bairro do Urumari está quase totalmente desmatado, tendo em vista que a grande parte da floresta em torno do curso d'água está desaparecendo.

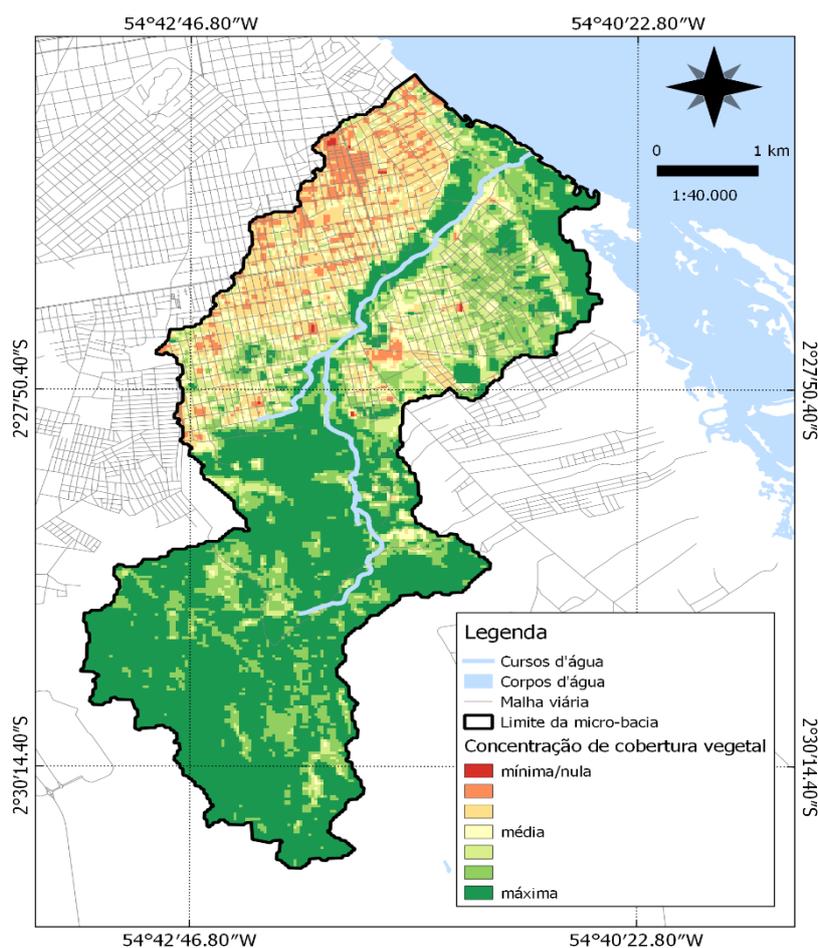


Figura 4. Cobertura vegetal na microbacia do Urumari. Fonte: Projeto Urumari.

Em reunião com a diretoria da escola João Batista de Miléo, em dezembro de 2017, foram apresentadas todas as propostas do projeto, porém a escola passava por um processo de eleição, logo foi preciso aguardar o cargo ser ocupado para novamente tentar uma nova reunião com o professor (a) que ocupara o cargo. Em março de 2018, com o início das aulas, uma nova reunião se deu e salas interativas foram disponibilizadas onde o presente trabalho foi apresentado indicando seus principais objetivos e processo de interação com os alunos através de maquetes interativas e apresentações lúdicas.

Logo, a maquete interativa (Figura 5) foi confeccionada para dinamizar os efeitos ocorrentes na presença e na ausência da mata ciliar, assim sensibilizando de forma dinâmica sobre as Áreas de Preservação Permanentes – APPs. Abordando a importância que a APP tem para a proteção dos cursos d'água, uma vez que a cobertura vegetal atua de forma ímpar na manutenção da natureza fornecendo umidade e funcionando como obstáculo para a entrada de poluentes no igarapé. A visão ligada a realidade e ao cotidiano recebida na educação ambiental contribui para o melhor entendimento, de que fazemos parte do ambiente que queremos preservar estimulando a agir ativamente na busca do sustentável (ROOS et al., 2012). A maquete continha de um lado uma paisagem íntegra, com uma floresta preservada e do outro um ambiente degradado, proveniente da retirada da vegetação das margens do Igarapé.

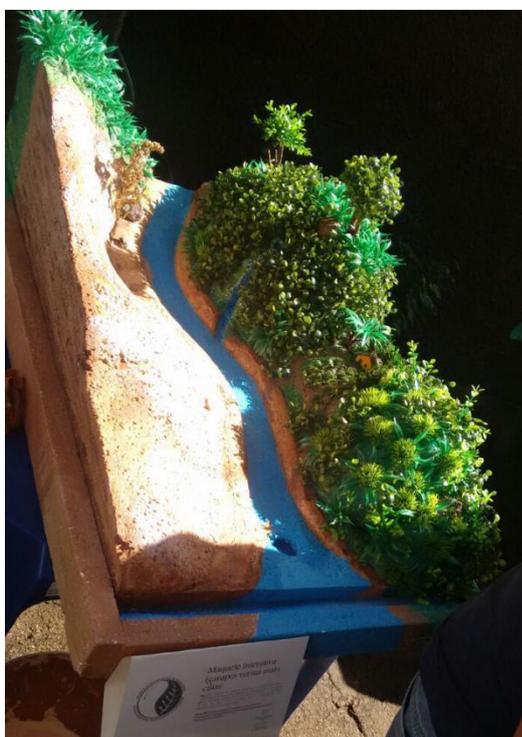


Figura 5. Maquete interativa sobre a importância da mata ciliar. Fonte: Acervo pessoal

Os processos simulados possíveis de se observar na maquete no ambiente íntegro foram: a facilidade na infiltração contribuindo para a recarga dos lençóis freáticos e o funcionamento da nascente na produção da água para o igarapé. No ambiente impactado pôde se observar a: a intensidade da água da chuva que chega até o solo originando uma erosão e conseqüentemente o assoreamento do igarapé, no caso o Urumari, deixando com uma coloração “barrenta”.

A maquete e o banner com as vantagens e desvantagens da mata ciliar (Figura 6) foram apresentadas como oficina no evento “ I Audiência pública: Pequenos cursos d’água urbanos, o caso do Projeto Urumari” no Salão Paroquial da Diocese de Santarém – Área Pastoral São Lucas, na comunidade do Urumari durante o dia 22 de março de 2018 (Dia Mundial da Água) e estiveram presente representantes da Secretaria do Meio Ambiente, Prefeitura, Comitê do “Urumari vivo” e demais autoridades.

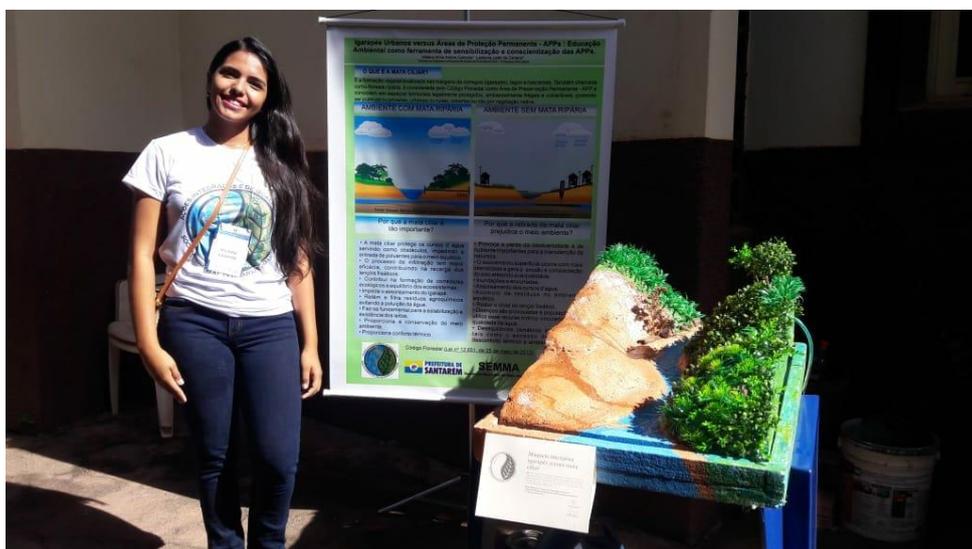


Figura 6. Exposição de banner e maquete apresentados na audiência como oficina. Fonte: Acervo pessoal.

A oficina teve como público os alunos do ensino fundamental das turmas do 4º e 5º ano do turno da manhã e tarde, das escolas João Batista de Míleo e Frei Rainerio e a comunidade em geral presente no evento, atingindo um grupo de aproximadamente 150 pessoas.

A abordagem na forma de discussão foi a mais eficaz, tratando-se de crianças, a troca de concepções trazia uma melhor compreensão do tema, sendo complementadas por perguntas e respostas após uma primeira apresentação. Ficou perceptível a reflexão e associação que os alunos fizeram com os demais trabalhos que estavam sendo ministrado no mesmo evento. Segundo Oliveira et al. (2016), a educação ambiental, no ambiente escolar, mobiliza e orienta os alunos a repensar o modo de vida, logo se a interface das

atividades tiverem caráter lúdico as propostas são mais facilmente assimiladas, além de desenvolver várias habilidades cognitivas.

Como por exemplo, o aluno relacionou uma consequência a outra, em que a cobertura vegetal das margens do rio que ocasiona o assoreamento e depósitos de poluentes (partículas de rocha e solo e até mesmo resíduos sólidos) no leito do rio exibido pelo presente trabalho estava ligado a outro trabalho que abordava sobre o tempo de decomposição de resíduos sólidos, que trazem a mortandade de peixes e demais organismos aquáticos em um ambiente poluído, agregando ao seu conhecimento que as atitudes antrópicas estão ligadas diretamente a consequências com uma abrangência muito maior que a refletida, em que uma consequência leva à outra. Desse modo, a extensão universitária atua significativamente na difusão de saberes, compartilhando com a população a capacidade de refletir e mobilizar ações transformadoras bem como a interação do futuro, que são as crianças, e o presente, que somos nós acadêmicos e cidadãos (CHAVES et al., 2004).

Na escola João Batista Miléo foram ministradas oficinas para os alunos do 6º e 7º ano do ensino fundamental, acerca de temas como a significância dos recursos hídricos em nossa vida e sobre os efeitos ocorrentes na presença e na ausência da mata ciliar contando com imagens ilustrativas e a presença da maquete interativa (Figura 7). Para que se analisasse a efetividade da oficina, foram distribuídos questionários à cerca do que estava sendo discutido antes e após a apresentação (Figura 8). Perguntas como: Qual a importância dos recursos hídricos e de que forma a água é utilizada no nosso dia a dia, bem como o que é uma APP.



Figura 7. Oficina sobre a importância dos recursos hídricos e os efeitos ocorrentes da ausência e presença da mata riparia em torno desses cursos d'água. Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 8. Alunos respondendo aos questionários repassados antes e após a oficina. Fonte: Arquivo pessoal.

Em entrevistas com os alunos, podemos observar nas Figura 9 e 10 que de 44 alunos, no total, mais de 90% das crianças já tinham um conhecimento sobre a importância das florestas e da saúde ambiental do igarapé, mas não de forma mais profunda e crítica do cenário atual. Como prestadores de serviços ambientais, conseguimos fortalecer o tema e mostrar o quanto as atitudes deles alteram essa problemática. Enfatizando que todas as ações tomadas por eles, pelos familiares ou pessoas próximas podem minimizar ou agravar

de maneira significativa a qualidade de vida de todos os microrganismos que dependem da qualidade da água desses cursos d'água para sobreviver, incluindo a nós seres humanos.

Segundo Bortolon & Mendes (2014) a sociedade só é capaz de chegar a sustentabilidade quando completa culturalmente através de ações educativas ambientais, com capacitação aos educadores condicionando aos alunos a crítica e a preservação da natureza.

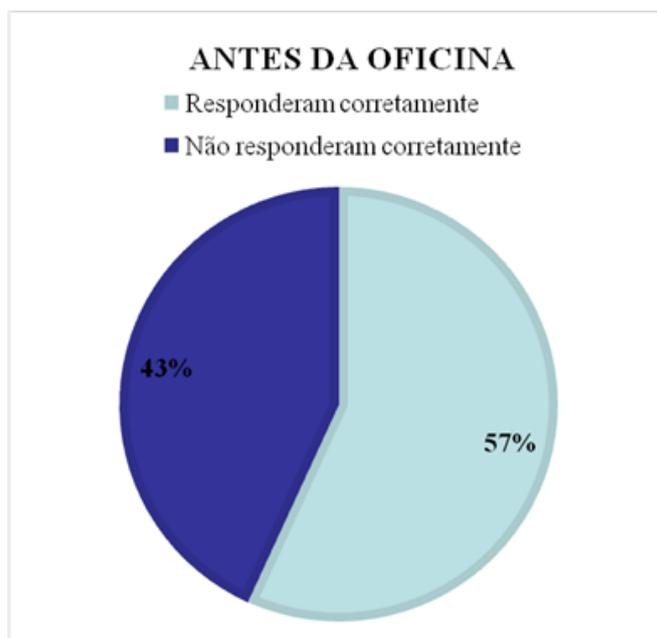


Figura 9. Entrevista feita antes da apresentação das oficinas na escola João Batista Miléo em Santarém - PA.

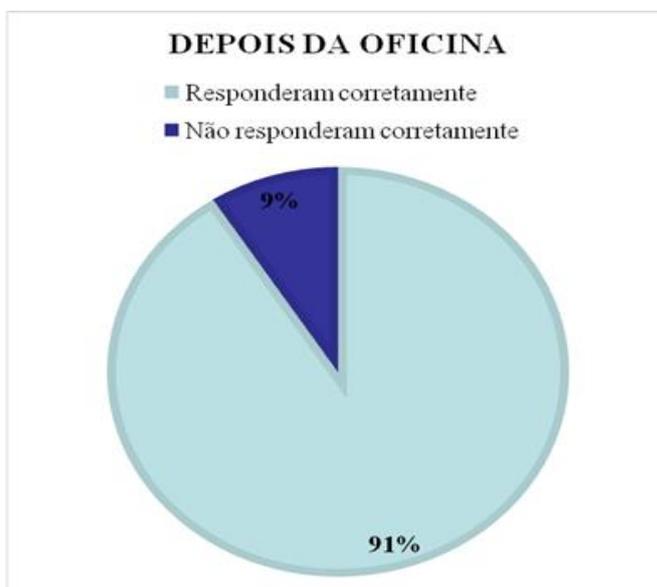


Figura 10. Entrevista feita após a apresentação das oficinas na escola João Batista Miléo em Santarém-PA.

Foi percebido que os educandos entendem a necessidade da participação deles enquanto agente de mudanças na solução de problemas locais. A prática que deve ser feita a partir dos ensinamentos ambientais se torna reais se a educação ambiental estiver presente na instituição escolar, fazendo parte totalizadora do aprendizado, levando em conta todo contexto histórico e decisões políticas que passam a educação. As crianças são moldáveis a conhecimentos novos enquanto adultos já possuem hábitos e comportamentos de difícil reorientação. Portanto, na educação é possível encontrar melhoria na capacidade de promover valores, desde os anos iniciais de escolarização, incorporando temáticas ambientais em prol de uma mudança nos costumes errôneos relacionados ao meio ambiente, que a maioria da sociedade possui.

A extensão de projetos relacionados à esta atividade proporciona de forma positiva uma relação da instituição acadêmica com a instituição escolar, difundindo saberes e experiências que a teoria não nos permite enxergar. Buscando assim, inserir a preocupação com o meio ambiente no âmbito escolar, na construção de conhecimentos que possa desenvolver cidadãos mais responsáveis, administrando seus recursos naturais de forma adequada e sustentável.

CONCLUSÃO

Como principais resultados destacamos a inovação ambiental que foi a maquete dinâmica que simula dois ambientes (um com a presença da mata ciliar e outro sem), que demonstrou de maneira eficiente a importância da mata ciliar para a manutenção dos recursos hídricos, biodiversidade e os serviços ambientais prestados.

Como pontos fortes do trabalho destacamos as duas oficinas apresentadas alcançando um público de aproximadamente 200 pessoas. Com destaque para resultado satisfatório da avaliação feita antes e depois das oficinas, sobre questões relacionadas à importância das florestas e da saúde ambiental do igarapé.

Portanto, a difusão de saberes, compartilhados com a população, tem a capacidade gerar ações transformadoras bem como a interação do futuro, que são as crianças, e o presente, que somos nós acadêmicos e cidadãos.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. **Parâmetros de qualidade de água**. 2005. Disponível em:
http://capacitacao.ana.gov.br/Lists/Cursos_Anexos/Attachments/32/Par%C3%A2metros.pdf. Acesso em 07 de março de 2017.
- ANJOS, H. D. B. **Efeitos da fragmentação florestal sobre assembleias de peixes de igarapés na zona urbana de Manaus, Amazonas**. Dissertação de Mestrado-INPA/UFAM, 2007.
- BORTOLON, Brenda; MENDES, Marisa Schmitt Siqueira. A Importância da Educação Ambiental para o Alcance da Sustentabilidade. **Revista Eletrônica de Iniciação Científica**. Itajaí, Centro de Ciências Sociais e Jurídicas da UNIVALI. v. 5, n.1, p. 118-136, 1º Trimestre de 2014. Disponível em: www.univali.br/ricc -
- BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Revoga a Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF (2012 maio 28); Sec. 1: 1-8.
- CARVALHO, D. R. **Relação entre habitat físico, uso e ocupação do solo e riqueza de espécies de peixes em igarapés da região de Santarém, Pará**. 42 p. Monografia UFLA – MG, 2011.
- CHAVES, M^a P. S. R.; RODRIGUES, D. C. B.; COMPTO, S. B. ; MAIA M^a. CALDAS B.; M. D. **Ações Sócio-Educativas em Áreas de Igarapé: Experiência Interdisciplinar de Extensão**. Universidade Federal do Amazonas – UFAM e Centro Universitário UniNorte, Belo Horizonte, Brasil, 2004.
- CORRÊA, J. M.; GERHARD, P.; FIGUEIREDO, R. O. Ictiofauna de igarapés de pequenas bacias de drenagem em área agrícola do Nordeste Paraense, Amazônia Oriental. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 214-230, 2012. (<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.739>)
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3.ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826p
- FAVERI, C. de; PEREIRA, R. M. **A importância da preservação da mata ciliar em áreas urbanas para o amortecimento da drenagem urbana**. Centro Universitário de Lins-Unilins, Lins-SP, Brasil. 2013.
- FEARNSIDE, P.M. 2005. **Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates and consequences**. *Conservation Biology*, BRASIL 19(3): 680-688p..
- GALUCH, A. V. **Adaptação de um índice de integridade biótica para igarapés da Amazônia Central, com base em atributos ecológicos da comunidade de peixes**. 53 f. Dissertação (mestrado)--INPA/UFAM, 2007.
- GUARIDO P.C.P. **Degradação ambiental e presença de espécies de peixes não nativas em pequenos igarapés de terra firme de Manaus, Amazonas**. 2014. p. 57 Dissertação de Mestrado - Área de concentração em Biologia de Água Doce e Pesca Interior. INPA.
- MARMONTEL C. V. F, RODRIGUES V. A. **Parâmetros Indicativos para Qualidade da Água em Nascentes com Diferentes Coberturas de Terra e Conservação da Vegetação Ciliar**. *Floresta e Ambiente*, 2012. p 171-181.
- MENDONÇA, F. P. Ictiofauna de igarapés de terra firme: estrutura das comunidades de duas bacias hidrográficas, Reserva Florestal Ducke, Amazônia Central. Manaus, 2001. 43p. **Dissertação de Mestrado. INPA**.

MONTEIRO, M. C.; PEREIRA, L. C. C.; GUIMARÃES, D. O.; COSTA, R. M.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; VIEIRA, S. R. Influence of natural and anthropogenic conditions on the water quality of the Caeté river estuary (North Brazil). **Journal of Coastal Research**, v. 64, p. 1535 – 1539, 2011.

NETTO, T. A; AZEVEDO, L. F.; SILVA, M. M.; VARGAS, L. P.; HILLIG, C; Oficinas ambientais como espaço de construção da consciência ambiental. **Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental** (e-ISSN: 2236-1170). V(11), nº 11, p. 2266-2272 , JUN, 2013.

OLIVEIRA, C. K.; RODRIGUES D. G.; DOROX G. C.; SAHEB, D. **Uma análise das pesquisas em educação ambiental**. Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Curitiba –PR. 2016.

ROOS A.; BECKER, E. L. S. Educação ambiental e sustentabilidade. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. **REGET/UFSM**. V (5), nº5, p. 857 - 866, 2012.

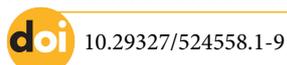
TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DINIZ, H. D.; DIAS, N. W.; MATOS, F. C. **Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba**. Belém, PA, Brasil. *Ambi-Agua, Taubaté*, v. 7, n. 2, p. 120-142, 2012.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4ª edição, ABRH. 2009.

[CAPÍTULO 9]

**EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA: REDE DE INFORMAÇÕES
HIDROAMBIENTAIS VERSUS EDUCAÇÃO AMBIENTAL**

*Gabriel Munis da Silva
Leidiane Leão de Oliveira
Ione Iolanda dos Santos
Rodolfo Maduro Almeida*



INTRODUÇÃO

A urbanização desordenada pode tornar-se um fator potencial de vulnerabilidade hídrica uma vez que o crescimento urbano não é acompanhado de serviços de saneamento básico (ANA, 2013; ESTEVES, 2011; MONTEIRO et al., 2011). Segundo os dados do IBGE de taxa de crescimento de 2000 a 2030, o Estado do Pará é uma das regiões com uma das maiores taxas de crescimento populacional, comparado com outras regiões do Brasil.

Neste sentido, Santarém desponta como o terceiro município mais populoso do Pará o que ocasiona a expansão urbana da cidade, de forma desordenada. Segundo o novo Ranking do Saneamento Básico (base SNIS, 2015), Santarém é o 3º município com o pior sistema de saneamento básico do país, onde dejetos residenciais fluem para fossas sépticas ou negra ou são lançados em natura nos igarapés.

Uma fonte importante de água para abastecimento público de água são os rios. Esses corpos d'água estão sujeitos a inúmeras perturbações e a biota aquática reage a esses estímulos, sejam naturais ou antropogênicos (BUSS; BAPTISTA; NESSIMIAN, 2003). A qualidade da água dos igarapés influencia de forma direta a qualidade das águas dos rios, o igarapé Urumari tem suas águas lançadas no rio Amazonas, tornando-o tributário, a baixa qualidade de água do igarapé Urumari pode impactar negativamente o rio Amazonas.

O presente estudo tem cunho ambiental e com ações extensão universitária. Para isso, foram coletados dados para avaliar as relações existentes entre a qualidade da água e a integridade ambiental da microbacia, no igarapé de abastecimento de água Urumari e visou envolver a comunidade local, estudantes, professores e técnicos em atividades que propiciem a conscientização, o direito do acesso de água de boa qualidade e a manutenção da água potável, educação sanitária e ambiental.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização

O estudo foi conduzido na microbacia hidrográfica do igarapé do Urumari em Santarém - PA, destacando a sua inserção dentro do perímetro urbano do município de Santarém. Com área de cerca de 22,26 km², a microbacia do igarapé do Urumari passa por 15 bairros da cidade de Santarém (Figura 1).

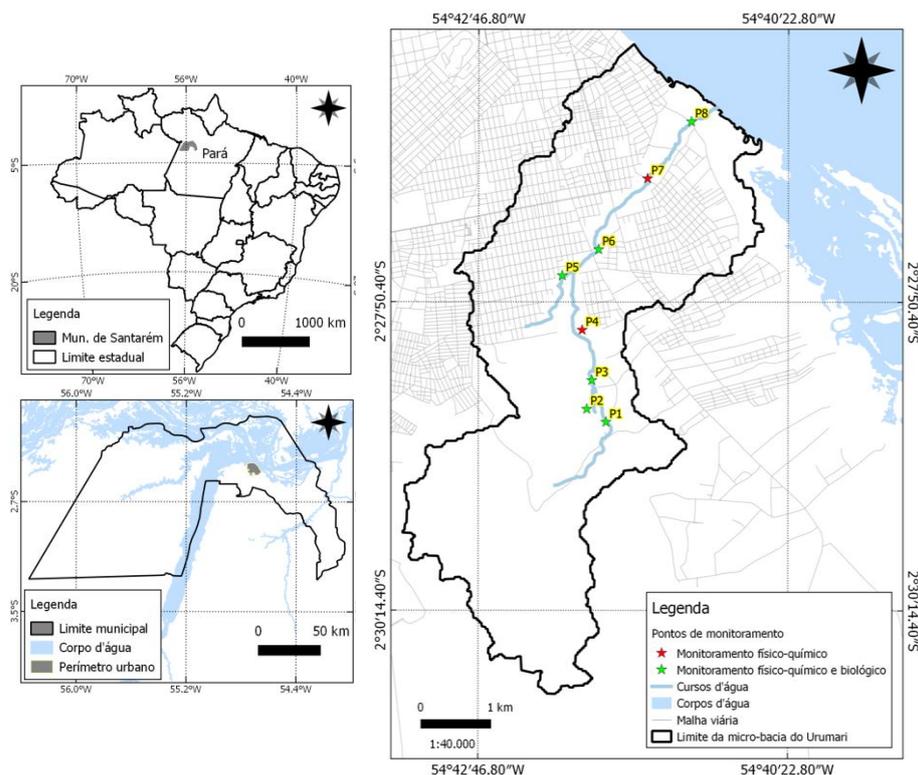


Figura 1. Localização geográfica e delimitação da microbacia do Urumari com a localização dos 8 pontos de coleta de dados físico-químicos e integridade ambiental do igarapé do Urumari em Santarém-PA. Fonte: Projeto Urumari.

A área de estudo está localizada na área urbana não alagável do município de Santarém (PA). O clima na região segundo a classificação de Köppen (1948), é do tipo Am (clima tropical com chuvas de verão). A precipitação anual média na região é de 1.950 mm e a temperatura média é de 26,0°C (ALVARES et al., 2013). Especificamente foram definidos para este estudo 8 pontos amostrais das nascentes até a foz do igarapé do Urumari (Figura 1).

Determinar a qualidade hidroambiental da microbacia do Urumari, por meio de indicadores físicos e químicos.

Para determinar a integridade da zona ripária (interface aquático-terrestre entre a vegetação da mata ciliar e o corpo aquático) foi aplicado o protocolo de detecção denominado Índice de Integridade do Habitat – IIH (NESSIMIAN et al., 2008) que leva em consideração as características ambientais e o uso do solo na área de estudo. Nessimian propõem 12 questões que visam responder os impactos de uso e ocupação do solo e que foram respondidas em campo de acordo com as características ambientais observadas do local.

Os pontos do igarapé Urumari que apresentaram valores de IIH (<0,50) são classificados como ambientes de alto grau de perturbação, já os igarapés com valores intermediários (0,50 à 0,75) apresentam em seu canal ou entorno algum tipo de modificação imposta pelo homem porém ainda apresentam algumas características físicas naturais em alguns trechos, os igarapés com valores de IIH (> 0,75) apresentaram características físicas e biológicas naturais ainda quase inalteradas com poucos indícios de atividades antrópicas no entorno. Esta avaliação do IIH foi baseada na classificação de Oliveira Júnior et al., 2013.

Para coleta dos parâmetros físico-químicos e estruturais foram definidos 8 pontos, foi demarcado um trecho de 50 metros em cada ponto, onde foram feitas as medidas conforme o protocolo do projeto igarapés (MENDONÇA; MAGNUSSON; ZUANON, 2005). Tal protocolo consiste na amostragem de parâmetros estruturais e físico-químicos dos igarapés, coletados através de sondas portáteis. São estes parâmetros físico-químicos: pH, oxigênio dissolvido, temperatura da água, condutividade elétrica, turbidez e estruturais: vazão, profundidade e largura do igarapé. Foi realizada uma coleta em 15/02/2018 durante o período chuvoso (Figura 2).

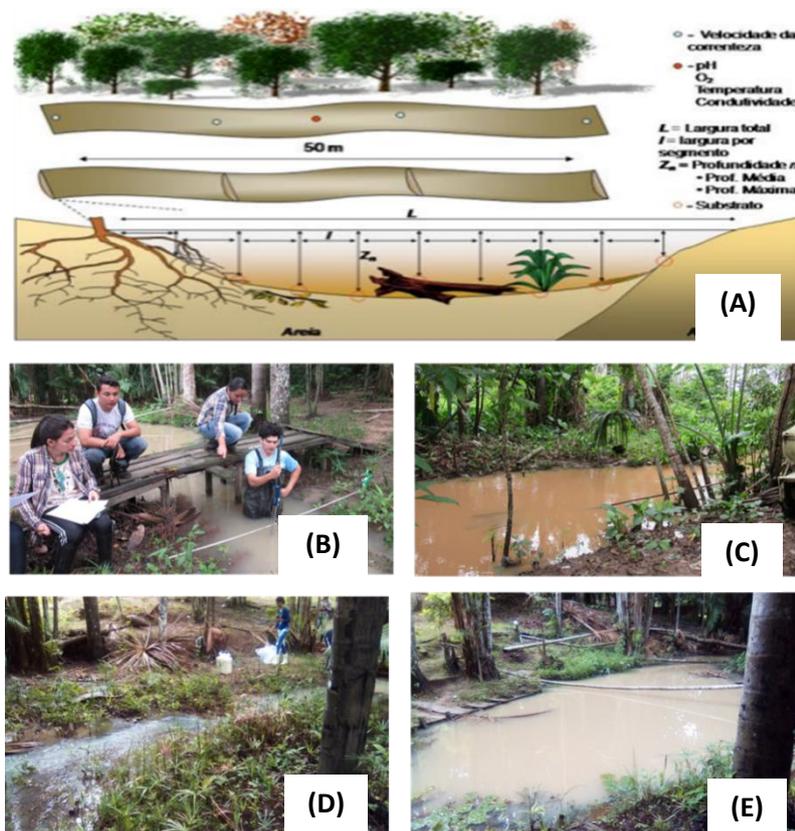


Figura 2. (A) método de coleta. Fonte: MENDONÇA et al., 2005. (B) Coleta de dados de vazão no igarapé Urumari em Santarém-PA (C) Trecho do igarapé alterado com alta turbidez., (D) Trecho do igarapé degradado sem mata ciliar. (E) Trecho alterado e com alta turbidez. Fonte: Projeto Urumari.

Oficinas e Palestras

O público alvo foram alunos das escolas municipais de educação infantil que estão próximas ao Igarapé do Urumari. Para interação com a sociedade em geral a respeito da necessidade de preservação do igarapé do Urumari foram realizadas oficinas e palestras com auxílio de banner, para a melhor visualização dos igarapés e interação dos participantes foi utilizado monóculos fotográficos, um equipamento que possui uma lente de aumento para ver fotos de igarapés em tamanhos menores, porém para as próximas oficinas e preciso aumentar a resolução das fotos para poderem ser melhor visualizadas no monóculos conforme Figura 3.

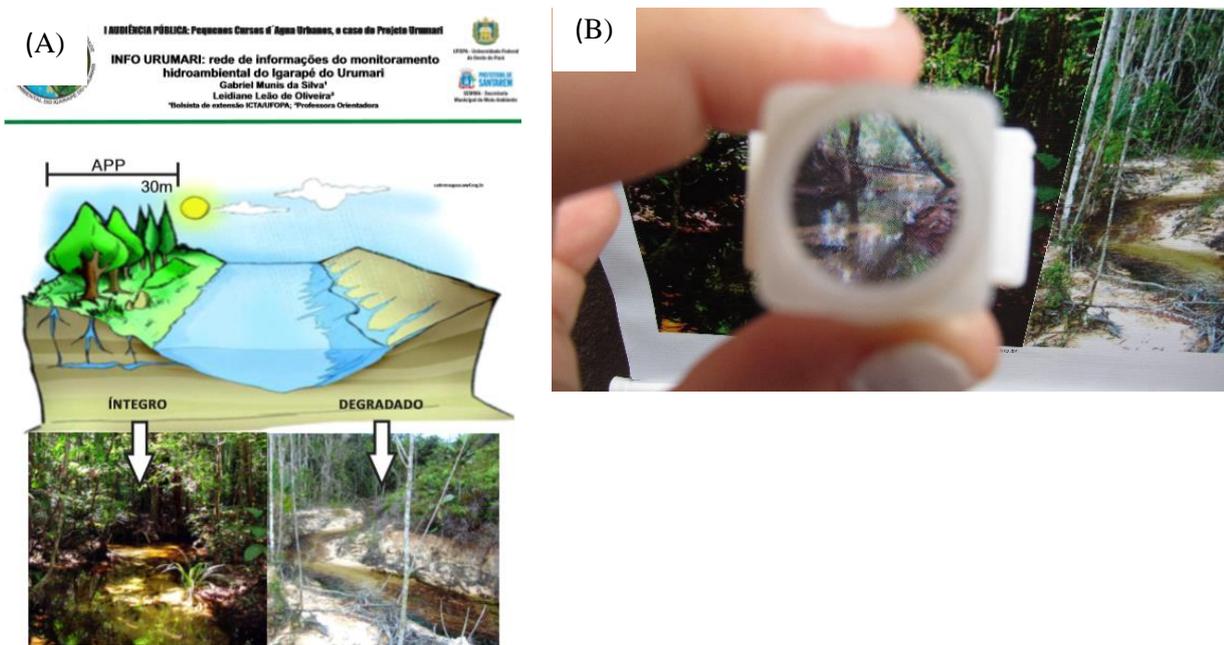


Figura 3. (A) Banner utilizado para realização de oficina sobre monitoramento de igarapés e (B) Visualização de foto nos monóculos.

Para as oficinas será cumprido um cronograma de atividades para realizar uma oficina por mês nas escolas municipais próximas a o igarapé do Urumari. Os dias e as escolas ainda precisam ser definidos junto a coordenação das escolas municipais para disponibilização dos alunos que vão participar das oficinas.

Implementação de um site do Comitê Urumari Vivopara o acesso da comunidade a informações do monitoramento hidroambiental, divulgação de futuras ações de educação ambiental, conservação e recuperação do igarape Urumari.

Foi proposto à criação do site do Comitê Urumari Vivo junto a representantes do Comitê, na plataforma Wix que possui funções básicas para edição do site é otimização para acesso em dispositivos moveis, App Market que possibilita colocar aplicativos no site, upload de áudios e vídeos, arquivos, galeria de fotos e hospedagem grátis e segura entre outros recursos.

Ocorreram reuniões com representantes do Comitê Urumari Vivo para verificar a melhor forma de construção do site, selecionar o conteúdo que foi divulgado e uma palestra para organizadores e voluntários do Comitê, a construção do site do Comitê Urumari Vivo e para facilitar o acesso da comunidade às informações do igarapé do Urumari.

Avaliação da integridade ambiental na microbacia do Urumari

Os pontos um e três obtiveram IIH (<0,75), sendo considerados íntegros, apresentaram características físicas e biológicas naturais ainda quase inalteradas com poucos indícios de atividades antrópicas no entorno, os pontos quatro, cinco e seis obtiveram IIH (0,50 a 75) e foram considerados alterados, apresentam em seu canal ou entorno algum tipo de modificação imposta pelo homem, porém ainda apresentam algumas características físicas naturais em alguns trechos, os pontos dois e sete obtiveram IIH (> 0,50) e foram considerados degradados, com alto grau de perturbação (Tabela 1).

Tabela 1. Resultado do Índice de Integridade do Habitat – IIH para sete pontos do igarapé do Urumari em Santarém-PA.

| Pontos do Igarapé Urumari | IIH | Integridade |
|---------------------------|-------|-------------|
| P1 | 0,855 | INTEGRO |
| P2 | 0,492 | DEGRADADO |
| P3 | 0,785 | INTEGRO |
| P4 | 0,574 | ALTERADO |
| P5 | 0,596 | ALTERADO |
| P6 | 0,600 | ALTERADO |
| P7 | 0,459 | DEGRADADO |

Devido à urbanização desordenada que ocorreu às proximidades do igarapé do Urumari foram ocupadas áreas as margens do igarapé, ocupações que retiraram a mata ciliar do mesmo, o igarapé encontra-se degradado em dois pontos e alterado em três pontos (Tabela 1), as áreas de preservação permanentes como prevê o Código Florestal Brasileiro não foram respeitadas, o código atual estabelece como áreas de preservação permanente (APPs) as florestas e demais formas de vegetação natural situadas às margens de lagos ou rios (perenes ou não); 30 metros de mata ciliar para os cursos d'água que tenham menos de 10 metros de largura.

O ponto sete do igarapé possui apenas vegetação constituída de gramas e poucos arbustos, a vegetação natural foi totalmente desmatada e os serviços ecossistêmicos daquele ponto foram totalmente afetados, obteve menor índice, 0,459. Os pontos um e três estão dentro de terrenos ocupados por moradores do bairro Urumari, porém foram considerados íntegros (Tabela 1), segundo Nessimian (2008) ambiente íntegro é aquele que apresenta índice de integridade entre 78% e 100%, um exemplo que é possível ocupar áreas próximas a igarapés mais respeitar as funções ecossistêmicas do mesmo ponto sete

apresentou o pH menos ácido 6,4 (Tabela 2). De acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece que para águas doces o pH deva estar entre 6 e 9.

Tabela 2. Resultado dos parâmetros físico-químicos dos sete pontos coletados no igarapé do Urumari em Santarém - PA.

| Pontos | pH | Temperatura da água (°C) | Condutividade e (µs/cm) | OD (mg/l) | OD (%) | Turbidez (FTU) |
|--------|-----|--------------------------|-------------------------|-----------|--------|----------------|
| P1 | 4,4 | 25,5 | 15,9 | 5,4 | 63,4 | 0,69 |
| P2 | 5,2 | 25,9 | 14,7 | 3,09 | 32,6 | 68,8 |
| P3 | 5,2 | 25,6 | 13,4 | 3,45 | 42,1 | 61,9 |
| P4 | 4,7 | 25,8 | 16,9 | 3,57 | 42,6 | 52,4 |
| P5 | 6,2 | 26,8 | 63,7 | 3,99 | 49,2 | 44,2 |
| P6 | 5,7 | 23,3 | 29 | 2,86 | 37,3 | 42,35 |
| P7 | 6,4 | 26,8 | 75,8 | 5,4 | 68 | 83,55 |

Na Amazônia é comum encontrarmos águas doces ácidas, devido à formação geológica (SIOLI, 1984), o pH ácido tende a afetar as taxas de crescimento dos microorganismos, enquanto valores elevados podem estar associados à proliferação de algas em corpos d'água (VASCONCELOS et al., 2011). Em estudo realizado por Ferreira et al. (2012) em igarapés preservados e urbanos, em Manaus-AM foi encontrado valores de pH variando de 4,1 a 4,9 (ácido) em ambientes com floresta primária intacta ou com pouca ação antrópica e valores mais elevados variando de 6,1 a 7,3 em ambientes influenciados pela urbanização, a tendência é de que quanto maior o pH maior a degradação ambiental.

Os pontos cinco e sete ambos apresentaram a maior temperatura, 26,8°C (Tabela 2). O ponto sete obteve maior condutividade elétrica 75,8 µs/cm e o ponto três a menor, 13,4 µs/cm (Tabela 2). Segundo a Agência Nacional de Águas, a condutividade de águas doces naturais deve estar abaixo de 500 (µs/cm) e dentro dos padrões exigidos pela CONAMA 357/2005, valores superiores podem indicar entrada de poluentes domésticos e industriais na água, os pontos cinco e sete estão em desacordo com a resolução CONAMA 357/2005.

Em igarapés alterados na região de Manaus, com ausência da mata ripária, houve um aumento tanto da temperatura quanto do pH, bem como na condutividade elétrica da água, nos teores de oxigênio dissolvido (OD) e na concentração de compostos nitrogenados (SILVA, et al., 1995). Apenas o ponto um e sete estão em acordo com a resolução do CONAMA nº 357/2005, os pontos dois, três, quatro, cinco e seis apresentam valores de OD abaixo de 5 mg/l (Tabela 2). Segundo a Resolução do CONAMA nº 357/2005, para águas doces o oxigênio dissolvido deve estar não inferior a cinco mg/L, para a proteção da comunidade aquática,

O ponto um obteve a menor turbidez 0,69 FTU e o ponto sete a maior turbidez 83,55 FTU, todos os pontos estão dentro do permitido pela Resolução Conama 375/2005, limite máximo de 100 FTU. Sedimentos podem transportar pesticidas, metais pesados e outros componentes tóxicos e sua deposição no fundo de rios e lagos prejudica as espécies bentônicas e a reprodução de peixes, além de causar assoreamento (BRITO et al., 2008), aparentemente a turbidez do igarapé está muito alta o que prejudica bastante a qualidade da água.

Parâmetros Estruturais

O ponto dois apresentou a maior vazão 5,5 m³/s o ponto cinco a menor vazão 0,001 m³/s (Tabela 3), esta variável é importante para o monitoramento da qualidade e quantidade da água das nascentes, que funciona como um indicador da degradação ambiental. Segundo Pereira (2016) em estudo realizado em igarapés urbanos em Manaus apontaram que a influência antrópica nos igarapés que cortam a área urbana de Manaus reflete no aumento da vazão.

Tabela 3. Resultado dos parâmetros estruturais dos sete pontos coletados no igarapé do Urumari em Santarém-PA.

| Pontos | Vazão (m ³ /s) | Largura (cm) | Profundidade Média (cm) |
|--------|---------------------------|--------------|-------------------------|
| P1 | - | 81 | 19,1 |
| P2 | 5,50 | 245 | 59,33 |
| P3 | 0,35 | 180 | 10,8 |
| P4 | 0,0012 | 167 | 21,75 |
| P5 | 0,001 | 116 | 12 |
| P6 | 0,063 | 370 | 125 |
| P7 | 0,48 | 260 | 33,33 |

O ponto seis apresentou a maior largura 370 cm, o ponto um apresentou menor largura 81 cm (Tabela 3). Os pontos que apresentaram maior largura estão relacionados a ambientes perturbados, com grau de assoreamento do canal, e conseqüentemente, alargamento do mesmo. A largura e profundidade do canal são variáveis que implicam nos valores de vazão (TUCCI et al., 2009).

Ainda no ponto 6 apresentou a maior profundidade média, 125 cm, ponto 3 a menor 10,8 cm (Tabela 3), segundo um estudo realizado por Galuch et al. (2007), profundidade e largura possivelmente foram os responsáveis pela baixa riqueza de espécies, resultando

no baixo valor do índice de integridade biótica casos semelhantes de baixos valores de riqueza de espécies, decorrentes da simplicidade estrutural do substrato em nascentes de igarapés.

Apresentação de oficina no evento I audiência pública: Pequenos Cursos d'Água Urbanos,o caso do Projeto Urumari

Foi apresentado a oficina “INFO URUMARI : Rede de informações do monitoramento hidroambiental do Igarapé do Urumari. Responsáveis: Gabriel Munis da Silva - Bolsista de extensão UFOPA Orientadora: Profª. Leidiane Leão de Oliveira” com o objetivo desocializarmos conhecimentos hidroambientais da microbacia do igarapé Urumari, dentro do projeto “Ações integradas e de Qualidade socio Ambiental do Igarapé do Urumari”, onde foi realizada uma audiência pública com a participação dos alunos do ensino fundamental da escola municipal João Batista Mileo, representantes do Comitê Urumari Vivo, poder público municipal, população em geral e imprensa local para a gestão participativa do capital natural local, com palestras e oficinas.

Os alunos interagiram com o banner e expositor, através de perguntas para responder suas dúvidas e curiosidades, houve também interação com os monóculos, por ser um equipamento de visualização de fotos “novo” para as crianças onde estavam fotos do igarapé Urumari em ambientes integros, alterados e degradados.

A Educação Ambiental (EA) surge não só como uma necessidade de conscientização, mas sim como sobrevivência da atual e das futuras gerações, é importante destacar que a EA é a transformação na vida de todos nós e que precisa estar presente no ensino definitivamente, se torna uma aprendizagem permanente e que tem objetivo de estabelecer valores que contribuam para a transformação humana e social, acarretando em mudanças de hábitos e atitudes relacionados à preservação. (SANTOS e SILVA et al., 2017).

A educação ambiental nos dias de hoje, é capaz de proporcionar perspectivas que criem idéias inovadoras e permite formar cidadãos críticos e participativos contribuindo para o desenvolvimento de ações humanas que possam melhorar sua qualidade de vida (BECHARA et al., 2015).

Apresentação de oficina “INFO URUMARI : Rede de informações do monitoramento hidroambiental do Igarapé do Urumari na Escola Municipal João Batista Mileo

Ocorreu na Escola João Batista Milléo para 48 alunos do 6º e 7º ano do ensino fundamental. Foram utilizados banners, monóculos para expor fotos do igarapé do Urumari e um instrumento para medida do oxigênio dissolvido na água e temperatura, simulando a medida em água limpa e em água poluída e a relação disso com a conservação e manutenção dos recursos hídricos, os alunos demonstraram interesse pelo tema e curiosidade com o manuseio dos monóculos e oxímetro.

Durante a oficina os alunos poderão refletir sobre a importância da água em suas vidas, entender o ciclo hidrológico, identificar um ambiente de igarapé íntegro e degradado através da existência ou não da mata ciliar e a importância da mata ciliar para manter o igarapé Urumari vivo, os monóculos tinham fotos do igarapé do Urumari em pontos íntegros, alterados e degradados para visualização dos alunos conforme a Figura 4.



Figura 4. Interação dos alunos com os monóculos na oficina realizada na escola João Batista Miléo em Santarém-PA. Fonte: Autores.

A educação que busca estimular o aluno, a olhar ao seu redor, também ensina que ele é parte integrante do meio, e é neste ponto que a educação ambiental entra na vida escolar desta criança, oferecendo a ela a possibilidade de entender e interagir com o meio em que habita, com respeito e consciência (MENEZES; RUIZ et al., 2012).

O oxímetro foi utilizado para medir água poluída e água potável para verificar a diferença existente de oxigênio dissolvido na água poluída e potável, foi ressaltada também a importância de profissionais atuando na área ambiental e que a oficina foi uma forma de incentivar as novas gerações a colocar entre suas opções de futuras áreas de atuação profissional a área ambiental voltada para a gestão e conservação dos recursos hídricos.

Segundo Dias (2003) a educação ambiental pretende desenvolver o conhecimento, a compreensão, as habilidades e a motivação do homem para adquirir valores, mentalidades e atitudes necessárias para lidar com questões e problemas ambientais e

encontrar soluções sustentáveis. As crianças e adolescentes com acesso a educação ambiental tornam-se cidadãos mais preocupados com o meio ambiente em que vivem e transformam sua realidade para contribuir com a utilização sustentável dos recursos hídricos.

Construção do Site do Comitê em Defesa do Igarapé do Urumari

O Comitê é formado por moradores das proximidades do igarapé que visam chamar atenção da sociedade para a preservação do igarapé, o Comitê possui papel fundamental na conservação do igarapé do Urumari desde sua criação em 2007, ele realiza atividades de limpeza do igarapé, plantio de mudas, conscientização dos moradores para não ocupar áreas irregulares e denúncias para a SEMMA municipal sobre crimes ambientais ocorridos contra o igarapé.

A criação do site do Comitê em Defesa do Igarapé do Urumari ocorreu na plataforma Wix, está disponível no endereço: urumarivivo.wixsite.com/website, onde podem ser encontradas informações sobre a história do Comitê, suas atividades para a conservação do igarapé do Urumari, socialização de estudos realizados sobre o Igarapé do Urumari e galeria de fotos e vídeos (Figura 5).



Figura 5. Página inicial do site do Comitê em Defesa do Igarapé Urumari e sua galeria de fotos e vídeos. Fonte: Site Urumari vivo.

Visivelmente vem aumentando o número de sites sobre meio ambiente, ecologia e mais especificamente sobre educação ambiental, o que comprova a importância que o tema vem adquirindo nos últimos anos no Brasil. Com frequência são colocados novas páginas na internet sobre o tema, as novas com mais recursos, acompanhando o desenvolvimento da tecnologia (MORAN, 2001).

A proliferação e abertura de novos espaços de comunicação para a Educação Ambiental, dentre os quais podemos citar fóruns, congressos e no meio digital, a formação de redes e a multiplicação de sites na internet referentes ao tema, que acabam por sensibilizar a população em geral para os problemas da degradação ambiental (ARAUJO et al., 2014).

O site é mais uma ferramenta para chamar atenção da sociedade sobre a atual situação do igarapé do Urumari e informar as pessoas sobre o que o comitê realizou nestes anos de atuação, a participação dos comunitários é fundamental para que o comitê tenha êxito neste processo gradual de longo prazo, pois o monitoramento do igarapé é constante e quanto mais pessoas envolvidas nesta causa, melhores vão ser os resultados para a recuperação, preservação e conservação do igarapé do Urumari.

CONCLUSÃO

Os parâmetros físico-químicos da água e estruturais coletados foram capazes de detectar a degradação ambiental do igarapé do Urumari em Santarém - PA. A socialização ocorreu com oficinas para educar ambientalmente, demonstrar superficialmente como se faz o diagnóstico de igarapés e a importância de conservá-los.

Outro resultado foi a criação do site do Comitê em Defesa do Igarapé do Urumari na plataforma Wix que está online no endereço: urumarivivo.wixsite.com/website. O site é mais uma ferramenta para chamar atenção da sociedade sobre a atual situação do igarapé do Urumari.

As diversas atividades realizadas e a criação e elaboração do site demonstraram como ações de extensão universitária podem colaborar com o desenvolvimento da prática de sensibilização ambiental voltada para conservação dos recursos hídricos locais.

REFERÊNCIAS

ABREU, J. R. P. Gestão Ambiental Aplicada ao Urbanismo. Estudo de caso: expansão urbana no Município de Santarém - Pará – Brasil. **Mestrado Profissional e Processos Construtivos e Saneamento Urbano**. UFPA. p.14-26. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. Parâmetros de qualidade de água. Disponível em: http://capacitacao.ana.gov.br/Lists/Cursos_Anexos/Attachments/32/Par%C3%A2metros.pdf. Acesso em 07 de março de 2017. (2013).

ARAUJO, A. B. A; MOURA, D. J. S.; JERONIMO, C. E. M. As novas tecnologias de informação, comunicação e a educação ambiental. **Revista Monografias Ambientais - REMOA** v.14, n.3, mai-ago. 2014.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

BARRETO, L. V.; FRAGA, M. S.; BARROS, F. M.; ROCHA, F. A.; AMORIM, J. S.; CARVALHO, S. R.; BONOMO, P.; SILVA, D. P. Relação entre vazão e qualidade da água em uma seção de rio. **Ambiente & Água**, v. 9, n. 1, p. 118-129, 2014.

BOMFIM, E. O.; GADELHA, C. L. M.; FILGUEIRA, H, J, A; AMORIM, J, F; AMORIM, D, S. **Sustentabilidade hidroambiental de nascentes na bacia hidrográfica do rio gramame no Estado da Paraíba, Brasil**. Soc. & Nat., Uberlândia, 27 (3): 453-468, set/dez/2015.

BRITO, D. C. Aplicação do Sistema de Modelagem da Qualidade da Água em Grandes Rios: O Caso do Alto e Médio Rio Araguari – AP. 2008.144p. **Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical)**, Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2008.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NISSIMIAN, J, L. **Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios**. Laboratório de avaliação e promoção da saúde ambiental, Instituto Oswaldo Cruz , Rio de Janeiro. P. 2. 2003.

CODIGO FLORESTAL, LEI Nº 12.651. cap II, áreas de preservação permanente, *seção I*, p. 6. 25 DE MAIO DE 2012.

CONSTITUIÇÃO FEDERAL DO BRASIL. Capítulo II da união Art. 23. 1988.

DIARIO ONLINE. Pará possui um dos piores índices de saneamento do Brasil.SNIS2015, Disponível em: <<http://www.m.diarioonline.com.br/noticias/para/noticia-443306>>. Acessado em: 13/04/18.

DIAS, G. F. **Educação Ambiental: Princípios e Práticas**. 8. Ed. São Paulo: Gaia, 2003.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 3.ed. Rio de Janeiro: Interciência. 826p. 2011.

FERREIRA, S. J. F.; MIRANDA, S.A.F.; MARQUES FILHO, A.O.; SILVA, C.C. Efeito da pressão antrópica sobre igarapés na Reserva Florestal Adolpho Ducke, área de floresta na Amazônia Central. Revista Acta Amazônica. v.42, n. 2, p. 533 - 540. 2012.

FITHS, P. R. S.; MOREIRA, A, L, O, R. **Educação ambiental e extensão universitária: qual a realidade da universidade estadual de Maringá (UEM)**. Encontro de Ensino, Pesquisa e Extensão, Presidente Prudente, 21 a 24 de outubro, 2013.

GALUCH, A. V. Adaptação de um índice de integridade biótica para igarapés da Amazônia Central, com base em atributos ecológicos da comunidade de peixes. 53 f. **Dissertação (mestrado)--INPA/UFAM**, 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico, 2010.

LOUREIRO, C. F. B; AZAZIEL, M.; FRANCA, N. **Educação ambiental e gestão participativa em unidades de conservação**. Rio de Janeiro: Ibase/Edições Ibama, 2003.

MENDONÇA, F. P.; MAGNUSSON, W. E.; ZUANON, J. **Relationships Between Habitat Characteristics and Fish Assemblages in Small Streams of Central Amazonia**. Copeia v. 2005, n. 4, p. 750-763.(2005).

MENEZES, C. M. V. M. C.; RUIZ, M. S. **Educação Ambiental: a criança como agente multiplicador. Monografia_MBA em Gestão estratégica em meio ambiente**. Centro universitário do instituto Mauá de tecnologia, São Caetano do Sul, SP, 2012.

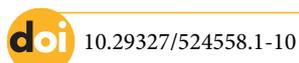
MONTEIRO, M. C.; PEREIRA, L. C. C.; GUIMARÃES, D. O.; COSTA, R. M.; SOUZA-

- FILHO, P. W. M.; VIEIRA, S. R. Influence of natural and anthropogenic conditions on the water quality of the Caeté river estuary (North Brazil). **Journal of Coastal Research**, v. 64, p. 1535 – 1539. (2011).
- MORAN, J. M. **O computador e a internet: propostas metodológicas, sites sobre educação ambiental**. Livro: Avaliando a educação ambiental no Brasil. 2001.
- MORENO, P.; CALLISTO, M. **Bioindicadores da qualidade de água ao longo da Bacia do Rio das Velhas (MG)**. UFMG. Instituto de Ciências Biológicas, 2005.
- NESSIMIAN, J. L.; VENTICINQUE, E. M.; ZUANON, J.; DE MARCO, P. JR., GORDO, M.; FIDELIS, L.; BATISTA, J. D.; JUEN, L. **Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams**. *Hydrobiologia*, 614:117 – 131.(2008).
- OLIVEIRA, T. M. B. F.; DI SOUZA, L.; CASTRO, S. S. L. Dinâmica da série nitrogenada nas águas da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró - RN - Brasil. **Eclética Química**, v. 34, n. 3, p. 17-26, 2009.
- OLIVEIRA JUNIOR, J. M. B.; **O Efeito de da alteração ambiental sobre assembléias de Odonata na Amazônia Oriental**. p.19. Nova Xavantina, 2013.
- PEREIRA, B. W. F; MACIEL, M. N. M; OLIVEIRA, F. A.; ALVES, M. A. M. S; RIBEIRO, A. M; FERREIRA, B. M; RIBEIRO, E.G. P. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. **Ambi-Agua**, 14p. DOI:10.4136/ambi-agua.1802. (2016).
- PIMENTEL, D. R.; MELO, S. **Proteção ambiental no igarapé do Urumari, cidade de Santarém, Pará, Brasil**. Em Foco - Ano XI • nº 22 • 2014.
- RESOLUÇÃO CONAMA Nº357**. Publicada no DOU nº 053, de 18/03/2005,.17 de março de 2005.
- SANTOS, C. F.; SILVA, A. J.; A importância da educação ambiental no ensino infantil com a utilização de recursos tecnológicos. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 5, n. 2, p. 4-19,out.2016/mar. 2017.
- SILVA, C. P. D. **Community structure of fish in urban and natural streams in the Central Amazon Amazonia** na.XIII (3/4): 221-236. 1995.
- SIOLI, H. **The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses and river types**, p. 127-165. In: Sioli, H., ED. The Amazon limnology and landscape ecology of a might tropical river and its basin. Dordrecht, Dr. W Junk Publishers. (1984).
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 4ª edição, ABRH. 2009.
- VASCONCELOS, V. de M. M.; SOUZA, C. F. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. **Ambiente&Água**, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 305-324. (DOI:10.4136/ambiagua.202). (2011).

[CAPÍTULO 10]

**BIOMONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR NAS RUAS E AVENIDAS
DO BAIRRO DO MARCO, BELÉM, PARÁ**

*Raphael de Abreu Ferreira
Eliane de Castro Coutinho
Otávio Cascais Dourado Junior
Lucy Anne Cardoso Lobão Gutierrez
Hebe Morganne Campos Ribeiro
Maricely Jenette Uria Toro*



INTRODUÇÃO

A urbanização é o processo antrópico de modificação das condições naturais de uma localidade que favorece o surgimento dos grandes centros urbanos, com isso, a poluição nestes ambientes aumenta devido ao surgimento de indústrias e o aumento nas frotas de veículos que contribuem continuamente com as emissões atmosféricas, e segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no período de 2006 a 2018 a frota de veículos teve um crescimento de aproximadamente 135 % na cidade de Belém, dessa forma, a contribuição das emissões de poluentes conseqüentemente aumentou, favorecendo grandes prejuízos a saúde e bem-estar da população. Estas emissões podem conter metais pesados provenientes do processo de combustão que prejudicam a saúde dos seres humanos (MACHADO, 2011).

Os metais pesados são quimicamente definidos como um grupo de elementos situados entre o Cobre (Cu) e o Chumbo (Pb) na tabela periódica 7. Estes metais são quimicamente muito reativos e bioacumulativos, ou seja, o organismo não é capaz de eliminá-los de uma forma rápida e eficaz. O chumbo é um metal que não existe naturalmente em nenhum organismo, não desempenha funções nutricionais ou bioquímicas em microrganismos, plantas ou animais, ou seja, a presença deste metal em organismos vivos é prejudicial em qualquer concentração. O chumbo, através dos alimentos, incluindo a água de consumo, mais têm contribuído para os casos de intoxicação prolongada ou crônica (ROCHA, 2009).

Neste cenário, torna-se preciso mencionar que o artigo 225º da Constituição Federal brasileira de 5 de outubro de 1988 determina que “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para

as presentes e futuras gerações”, e o meio urbano está incluído nesta questão, no entanto, é um dos principais locais que contribuem para o surgimento de doenças a saúde da população, como doenças respiratórias, e uma das soluções mais simples seria a arborização, pois proporciona a melhoria da qualidade do ar, além de beneficiar a melhoria da saúde física e mental da população (CABRAL, 2013).

Com isso, a legislação brasileira prevê parâmetros e padrões para a qualidade do ar que estão inclusos no Plano de Controle de Poluição Veicular (Portaria nº1160 de 04 de julho de 2016) e na Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018). No entanto, apesar de possuírem objetivos de preservação e qualidade ambiental, estas políticas não apresentam valores fixos para fontes móveis para os parâmetros de metais pesados que são emitidos para a atmosfera.

Dessa forma, visando a manutenção do bem-estar e proteção da saúde da população, torna-se necessário o monitoramento das áreas externas de Belém para analisar a presença e contribuição de metais pesados da frota de veículos nas emissões atmosféricas, sendo assim o objetivo desse trabalho foi realizar o biomonitoramento da qualidade do ar nas ruas e avenidas do bairro do Marco, na cidade de Belém-PA.

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no bairro do Marco em Belém, capital do estado do Pará, o qual possui uma extensão de 4,906 km² e está localizado a 1°27'18" Sul, 48°30'9" Oeste (Figura 1), a região possui um clima quente e úmido com média anual da temperatura do ar de $26,0 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$, além de demonstrar uma pluviosidade média anual de $2.858,7 \pm 76,6$ mm/ano com maior volume no período chuvoso, o qual corresponde a 71,2 % do total anual, enquanto que os 28,8 % restantes são distribuídos nos meses menos chuvosos (COSTA, 1998; SILVA JÚNIOR et al., 2012).

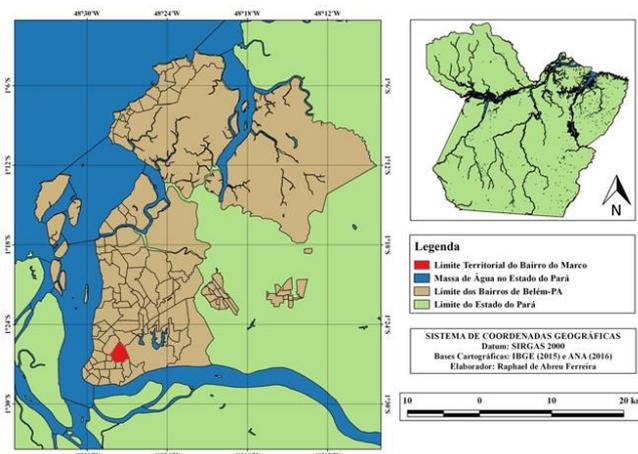


Figura 1. Localização do bairro do Marco, Belém - PA.

Primeiramente foram realizadas campanhas de reconhecimento da área *in loco*, com a finalidade de pontuar locais com a presença da espécie *Terminalia catappa* (Castanhola), que será utilizada para o biomonitoramento, sendo uma planta naturalizada no Brasil (FLORA BRASIL, 2020) e usada para a arborização da cidade de Belém, com esta identificação foram selecionados 9 pontos (Figura 2).

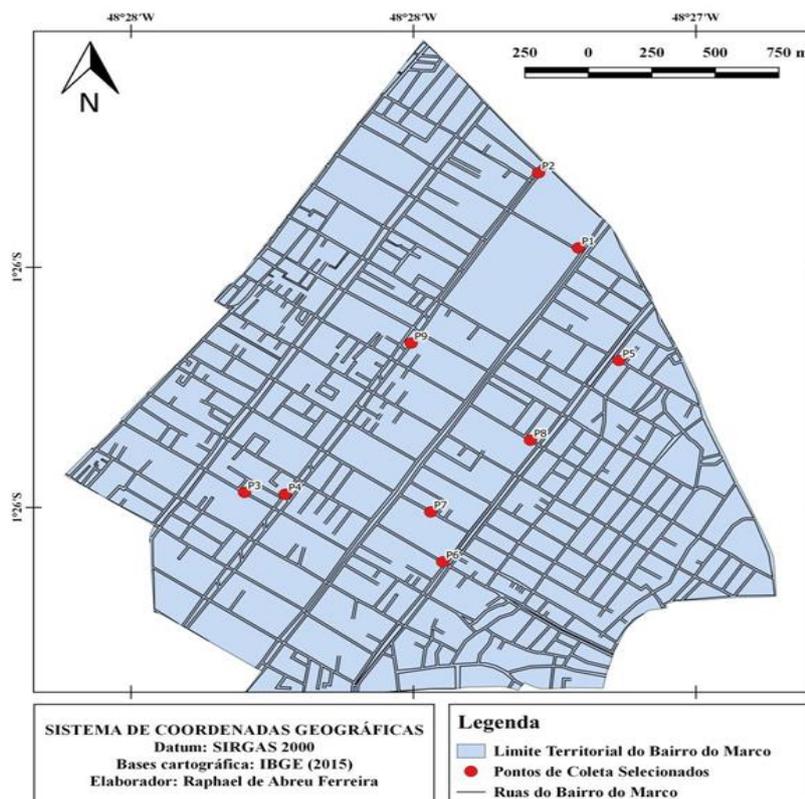


Figura 2. Pontos Selecionados com a Presença da Espécie *Terminalia catappa*.

A caracterização de cada uma das áreas de coleta de amostras ocorreu estipulando uma área de 100 m² em cada ponto. E com a base nas observações *in loco* das edificações juntamente com os modelos tridimensionais gerados no Google Earth Pro. A caracterização também se baseou com a criação dos shapefile da cobertura vegetação baseados em imagens de satélite atualizadas do ano de 2019 do bairro (Google Earth Pro 2019), aqueles, após sua geração, com o uso das ferramentas de cálculo de área do software de geoprocessamento Qgis 2.18, presente na sessão da tabela de atributos de cada shape, foi possível analisar separadamente a cobertura vegetal e áreas construídas de cada área individualmente selecionada.

As coletas de amostras foram realizadas no período mais chuvoso, de novembro de 2018 à fevereiro de 2019 e período menos chuvoso, de maio à agosto de 2019, com a finalidade de verificar e considerar a influência de precipitação na dispersão dos metais na atmosfera. E com base na metodologia apresentada por Cardoso, K. M. et al. (2017) foram

coletadas amostras das folhas das árvores, sendo que em cada uma destas foram retiradas amostras em 3 ramos distintos, este método possui a finalidade de proporcionar uma melhor avaliação da influência espacial da poluição.

Com a finalidade de obter dados sobre a intensidade do trânsito foi utilizado o aplicativo *Waze* para monitorar os pontos durante as semanas de coleta. O aplicativo apresenta quatro classificações de trânsito (Leve, Moderado, Intenso e Muito intenso), as quais foram atribuídos pesos para verificar quais vias são as que apresentam trânsito mais expressivo (TAKANO, 2016).

Buscou-se considerar os fatores climáticos na dispersão dos poluentes, dessa forma, utilizou-se dados de velocidade do vento e precipitação do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019) para analisar o comportamento desses parâmetros, entre dezembro de 2018 à agosto de 2019.

As amostras foram levadas para passarem pelo processo de secagem, o qual trata-se da introdução das amostras em uma estufa e submetidas a temperatura de 60°C, por 48 horas consecutivas, posteriormente estas foram trituradas para aumentar a superfície de contato e acelerar as reações dos próximos procedimentos. Dessa forma, foram pesados 1 grama de cada amostra e colocados em béqueres de vidro. Após os procedimentos descritos anteriormente, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Química, onde aquelas foram submetidas ao processo de digestão, este trata-se da adição de 6 mililitros (ml) de ácido nítrico (HNO₃) 65% em cada um dos béqueres, e posteriormente as amostras são fervidas em uma chapa aquecedora a 200°C por 20 minutos. Este processo é uma adaptação utilizando as metodologias adaptadas de Souza, D. M. et al (2012) e Cardoso, K. M. et al. (2017).

Feita a coleta das amostras, as mesmas foram encaminhadas ao Laboratório de Hidrocarbonetos (LABOHI) da UEPA para serem avolumadas em balões de 25 ml e diluídas 200 vezes com água destilada para se adequarem aos padrões de concentração e pH para serem analisadas. Dessa forma, foram analisados os metais, chumbo (Pb), cobre (Cu), níquel (Ni), cromo (Cr) e ferro (Fe) por meio de espectrometria de absorção atômica em forno de grafite (GF AAS), Perkin-Elmer Precisely (CARDOSO, K. M. et al. 2017).

Com a utilização do Software Rgui foi possível realizar uma análise estatística considerando as características físicas dos pontos como cobertura vegetal, área construída, intensidade do trânsito e poluentes, para isso desenvolveu-se um script que proporcionou a criação dos dendogramas hierárquicos para tentar relacionar a influência de diversos fatores físicos na dispersão da poluição.

script utilizado para gerar os resultados gráficos.

```
rm(list=ls(all=TRUE))

require(tseries)
base <- read.csv("dadosiniciais.csv", row.names=1, header=T, dec=".", sep=";")
attach(base)

names(base)
base

dist_euclidean <- dist(base, method = "euclidean")

aah.ward <- hclust( dist_euclidean, method = "ward" )

plot( aah.ward, hang=-1, main="Dendrograma - Ward", ylab="Distância", )

#PCA
```

RESULTADOS E DISCUSSÃO

DADOS OBTIDOS

Com os procedimentos realizados anteriormente no software Qgis se desenvolveu um mapa com shapes que apresentam a cobertura vegetal do bairro que demonstrou representar 10,51% dessa área ao todo, e com base na lei de parcelamento do solo nº 6766/79 prevê que em projetos de loteamento devem ser destinados de 15% à 10% para áreas verdes, dessa forma, pode-se analisar que o bairro do marco está próximo do limite mínimo estabelecido. Com relação as características das edificações, comprovou que há uma dominância de edificações de pequeno porte no bairro (Figura 4).

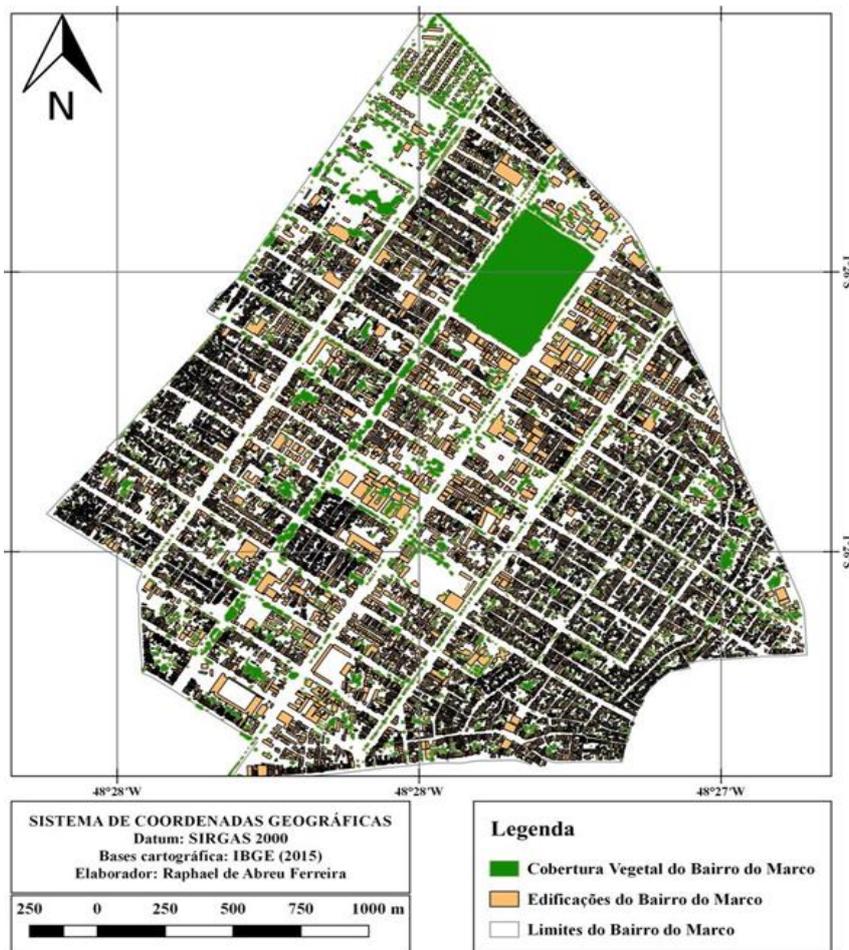


Figura 4. Cobertura Vegetal e Edificações do Bairro do Marco, Belém-PA.

Com a separação das áreas com a delimitação de 100 m² foi possível verificar a presença da cobertura vegetal e das edificações dos pontos (Figura 5) permitindo uma análise visual.

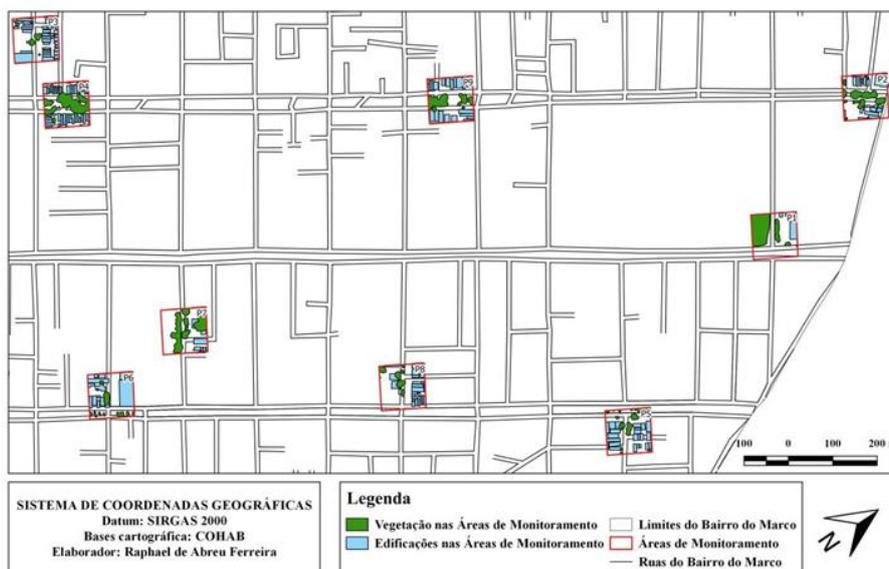


Figura 5. Localização e delimitação das áreas de coleta no bairro do Marco, Belém - PA.

Calculadas as áreas das características dos pontos (Tabela 1), percebe-se que os locais com maior cobertura vegetal são: o ponto P1, devido a presença do Bosque Rodrigues Alves, os pontos P4 e P7, que possuem quantidades de árvores regular, mais concentrada. Sobre as áreas construídas, foram apresentados valores altos, tendo destaque aos pontos P4, P3 e P2 acima de 3.000 m².

Tabela 1. Características dos pontos selecionados.

| Ponto | Travessa | Cobertura Vegetal (m ²) | Edificações (m ²) |
|-------|------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| P1 | Perebebuí | 158.245,82 | 157,7 |
| P2 | Rômulo Maiorana | 252,80 | 3.032,6 |
| P3 | Humaitá | 191,71 | 6.159,8 |
| P4 | Rômulo Maiorana | 2.903,30 | 7.655,7 |
| P5 | Enéas Pinheiro | 177,10 | 2.777,4 |
| P6 | Vileta | 47,60 | 1.125,4 |
| P7 | Timbó | 1.304,83 | 750,2 |
| P8 | Barão do Triunfo | 47,88 | 2.821,9 |
| P9 | Rômulo Maiorana | 28,785 | 2.304,1 |

Com a obtenção dos pesos atribuídos ao trânsito, elaborou-se a Tabela 2, que demonstra os pontos com maiores tráfegos de veículos durante a semana de coleta. Com a análise da tabela nota-se a intensidade do tráfego no ponto P6 nas duas estações, também registrou grandes movimentos no P9, P8 e P4. Analisando de um aspecto geral os maiores valores foram registrados na estação chuvosa, podendo ser um reflexo das férias escolares e de muitos funcionários de empresas.

Tabela 2. Dados do número de veículos que passaram nos pontos de monitoramento.

| Ponto | Estação Mais Chuvosa | Estação Menos Chuvosa |
|-------|----------------------|-----------------------|
| P1 | 18.432 | 9.216 |
| P2 | 64 | 32 |
| P3 | 4 | 2 |
| P4 | 165.888 | 82.944 |
| P5 | 256 | 64 |
| P6 | 7.558.272 | 7.558.272 |
| P7 | 27.648 | 18.432 |
| P8 | 497.664 | 331.776 |
| P9 | 1.679.616 | 1.679.616 |

PRESENÇA DE METAIS

Após os procedimentos de análise laboratorial, obteve-se valores referentes a presença de metais pesados nas amostras preparadas, com estes dados pode-se construir uma tabela com a finalidade de facilitar as análises. As análises do tecido vegetal revelaram

a presença dos metais cobre (Cu), ferro (Fe) e chumbo (Pb) na estação chuvosa, e na estação menos chuvosa foram detectados valores de Cu e Fe. Não foram registrados níveis de níquel (Ni) e cromo (Cr) em nenhuma das estações.

O Fe destacou-se dos demais metais apresentando concentrações superiores aos outros parâmetros e presente em todos os pontos analisados em ambas as estações, sendo o único metal detectado na estação menos chuvosa, sendo que a presença deste elemento pode ser um reflexo das emissões veiculares pois este metal é encontrado em combustíveis e partículas de fuligem, além de ser gerado pelo desgaste de peças metálicas de automóveis. Este elemento faz parte da composição natural do solo, principalmente na região de Belém que possui altos níveis de ferro no solo devido a origem geológica (SILVA, 2007; MOREIRA, 2010; CARDOSO, 2017). Dessa forma, para melhorar as análises com relação a fonte de contribuição do metal é necessária realizar coletas do solo.

O cobre foi detectado nos pontos P1, P2, P4 e P9, sendo estes três últimos pontos pertencentes a mesma travessa esta contaminação pode estar ligada a uma fonte comum. E o chumbo encontrou-se presente nos pontos P4, P5 e P6, podendo ser uma influência da emissão de veículos devido ao fluxo nos locais, no entanto, pesquisas nos postos de combustíveis devem ser realizadas para detectar a emissão e prevenir a contaminação da população.

De acordo com o Plano de controle de poluição veicular do Estado do Pará elaborado em 2011, a localização da cidade de Belém é caracterizada por condições naturais favoráveis à dispersão, estando sobre influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que é o principal sistema meteorológico produtor de chuvas na região durante o período chuvoso. Dessa forma esta estação do ano conta principalmente com as chuvas para limpar os poluentes da atmosfera. A circulação dos ventos na região que pode chegar a uma média de até 2 m/s (aproximadamente de 7,2 Km/h) também contribui para dispersão, sendo mais expressivo no período menos chuvoso. De acordo com Porfírio (2010), o vento é um dos principais parâmetros que influenciam no processo de transporte e dispersão de poluentes na atmosfera, pois ele possui a capacidade de diluir e dispersar de forma rápida os contaminantes do ar, sendo que estes parâmetros são inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior for a velocidade do vento menor será a concentração de poluentes atmosféricos.

E com base na análise dos dados da velocidade dos ventos (Figura 6), pode-se observar que a estação menos chuvosa possui os valores de maior intensidade dos ventos em relação a estação mais chuvosa. Segundo Porfírio (2008) a topografia da região por ser muito plana, sem cadeias de montanhas e não estar localizada em um

vale, também favorece a boa dispersão de poluentes. Feita a análise pode-se observar que a atuação do vento na estação mais chuvosa, principalmente de dezembro à abril, é muito baixa, apresentando valores inferiores a 1 (m/s) em comparação a menos chuvosa.

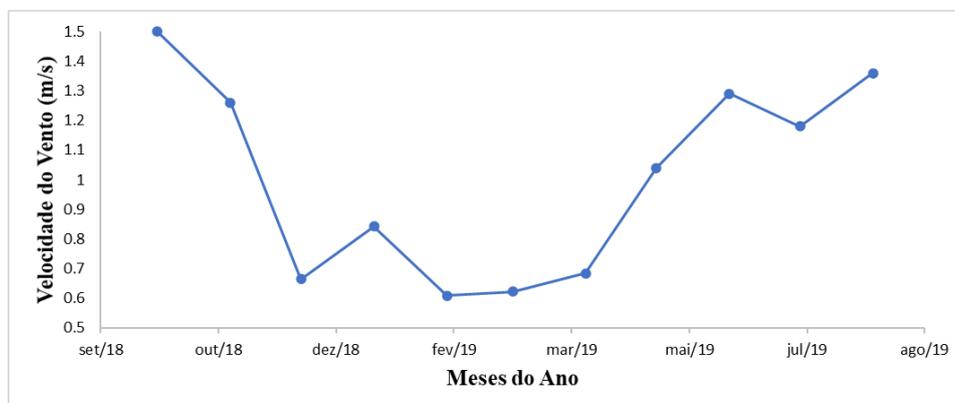


Figura 6. Comportamento da velocidade do vento nas estações do ano.

Outro aspecto que deve ser considerado é a precipitação (Figura 7), pois apesar da estação menos chuvosa não possuir uma precipitação mensal tão significativa quanto a menos chuvosa, está ainda possui um regime de chuvas que ajuda na limpeza dos poluentes da atmosfera, assim a estação menos chuvosa possui mais capacidade de dispersão podendo ser um fator que contribui para não ter tantos poluentes quanto na estação chuvosa.

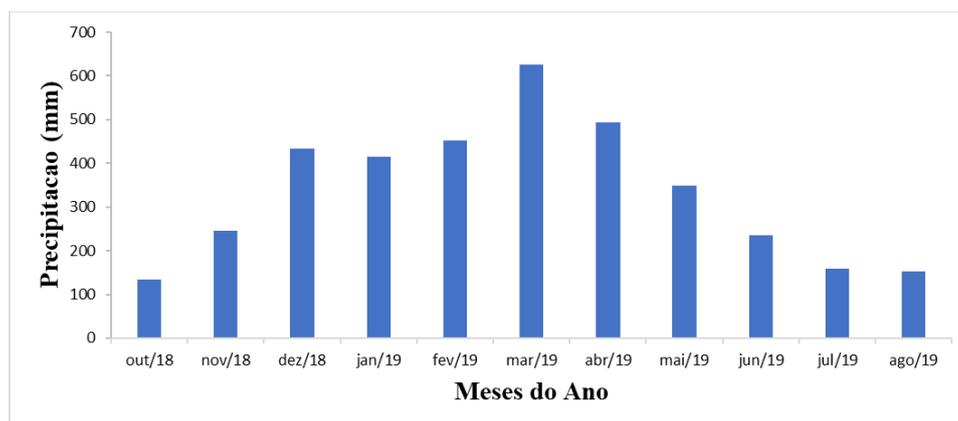


Figura 7. Comportamento da precipitação nas estações do ano.

Os dendrogramas gerados formaram grupos que permitem verificar os pontos mais poluentes considerando os metais detectados, vegetação, edificações e intensidade do trânsito, assim o ponto P6 se manteve em destaque nas duas estações possuindo grande carga de poluentes e pouca vegetação. Os pontos como P2, P5 e P9 que se encontram no

último grupo da Figura 8 apresentaram menores contribuição de poluentes em quantidade. O mesmo se repete na estação menos chuvosa, no entanto, as posições de alguns pontos mudaram devido a não detecção de outros metais nas amostras.

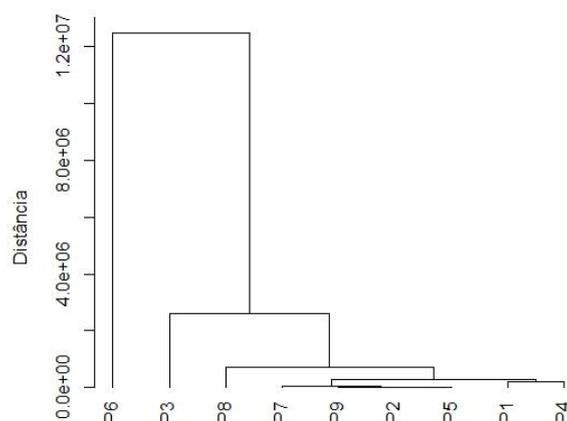


Figura 8. Agrupamento hierárquico da estação chuvosa.

Analisando os três principais agrupamentos apresentados na Figura 9, há o destacamento do ponto P6, que apresentou a concentrações de dois metais, sendo considerada uma área com um tráfego de veículos intenso, além de uma concentração de árvores no local sobre a via que gera pouca interferência na atuação dos ventos. No segundo grupo há o ponto P3 que apresenta pouca vegetação com área aberta com apenas uma edificação alta, caracterizando como uma área que facilita a atuação dos ventos. No terceiro agrupamento encontra-se o ponto P8, sendo uma área aberta com pouca vegetação e sem edificações elevadas que dificultam a circulação do vento. No último agrupamento apresentasse os pontos P4 e P1, sendo o primeiro caracterizado como uma área confinada pela vegetação e edificações, que dificulta a ação da precipitação e do vento, tendo um tráfego de veículos moderado, e com relação ao segundo é um local com grande presença de vegetação e os maiores valores de cobre e ferro encontrado na estação mais chuvosa.

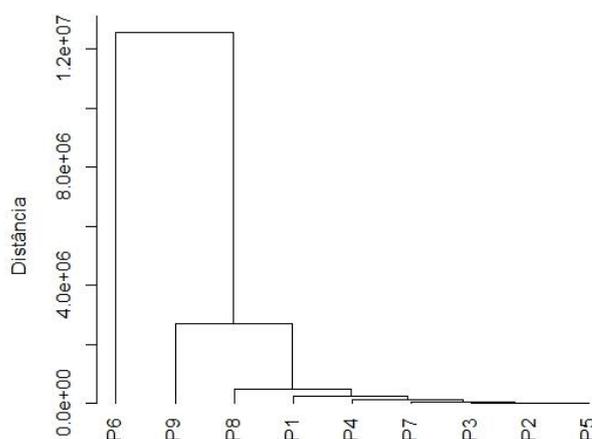


Figura 9. Agrupamento hierárquico da estação seca.

No agrupamento da estação menos chuvosa, também, se separa primeiramente o ponto P6, que apresentou maior concentração de ferro. Nos próximos dois agrupamentos hierárquicos que posiciona os pontos P9 e P8, que apresentam baixas concentrações de ferro, sendo áreas com pouca vegetação e possibilitando a atuação do vento. No agrupamento mais distante dos primeiros descritos são apresentados os pontos P3, P2 e P5, tendo concentrações próximas de metais encontrados, presença de vegetação regular e demonstrarem tráfego de veículos leve.

CONCLUSÃO

Foi visto a presença de dois metais não naturais em algumas localidades do bairro, indicando que há uma fonte antrópica que esteve emitindo cobre e chumbo, podendo ser uma contribuição das frotas de veículos automotores, no entanto, para que possa confirmar este fato é necessário o desenvolvimento de novas pesquisas nos postos de combustíveis da cidade, para que possam verificar a existência de metais ilegais como o chumbo. O método do biomonitoramento demonstrou ser eficaz para a detecção de contaminantes no meio ambiente, porém, ainda é um método que necessita agregar diversas análises em setores distintos, como nos postos de combustíveis mencionados anteriormente, assim como realizar coletas de amostra de solo nos pontos onde se realizará o biomonitoramento com a finalidade de verificar a influência que a geologia dos pontos, como é o caso do metal ferro, que foi detectado em todas as amostras por ser um elemento muito presente no solo.

Outra questão dentro da pesquisa que revelou ser necessária reconsiderar a utilização do parâmetro da velocidade do vento, pois os dados do INMET usados no estudo são registrados em um local distinto dos pontos selecionados para a pesquisa, e apesar de serem dados considerados para toda a cidade, estes não permitem uma análise mais precisa da contribuição do vento como um dispersor de poluentes em cada área analisada.

Os agrupamentos hierárquicos gerados dos pontos considerando diversos parâmetros como trânsito, vegetação, edificações e poluentes, não permitiram uma associação clara das características dos locais com a poluição, porém, o script desenvolvido demonstrou ser útil para agrupamento de pontos com maior poluição o que poderá permitir auxiliar órgãos públicos responsáveis pelo monitoramento ambiental das cidades a identificar locais com maiores riscos à saúde de população. Dessa forma,

recomendasse para trabalhos posteriores a utilização de equipamentos individuais como anemômetros portáteis para as medições, também será interessante, para enriquecer a pesquisa, aplicar medições da pressão atmosférica nos pontos, sendo um parâmetro que também influencia na dispersão, assim favorecerá um diagnóstico mais preciso.

REFERÊNCIAS

BAIERLE, Marília, et al. Possíveis efeitos do cobre sanguíneo sobre parâmetros hematológicos em idosos. **Jornal brasileiro de patologia e medicina laboratorial**. Vol. 46, n. 6, p. 463-470, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jbpml/v46n6/a06v46n6>>. Acesso em: 12 de novembro de 2019.

BRASIL. Portaria nº1160 de 04 de julho de 2016. **Plano de Controle da Poluição por Veículos em Uso do Estado do Pará**, Belém, jun 2016.
BRASIL. Resolução n. 491, de 19 de novembro de 2018. **Padrões de qualidade do ar**, Brasília, nov 2018.

CABRAL, Pedro Ivo Decurcio; PERÍCIA, Auditoria; AMBIENTAL, Governança. Arborização urbana: problemas e benefícios. **Revista Especialize On-line IPOG**, Goiânia, 2013, 06: 1-15. Disponível em: <<http://www.ipoggo.com.br/uploads/arquivos/3474154c808305a9ba984df5faa037c2.pdf>>. Acesso em: 22 de outubro de 2019.

CARDOSO, Kaíque Mesquita, et al. Uso de espécies da arborização urbana no biomonitoramento de poluição ambiental. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 535-547, abr.-jun., 2017. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/534/53451635013.pdf>>. Acesso em: 21 de outubro de 2019.

COSTA, Antônio Carlos Lôla da; MATTOS, Arthur. Estudo de variações termohigrométricas de cidade equatorial devido ao processo de urbanização: o caso de Belém - PA. Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998. Disponível em: <<https://bdpi.usp.br/item/000949443>>. Acesso em: 14 de agosto de 2019.

MACHADO, Cesar. CEUNSP Itu. 2011. Disponível em: <https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/32644312/Analise_Ambiental_-_Monografia_Metais_Pesados_-_Final.pdf?response-contentdisposition=inline%3B%20filename%3DAnalise_Ambiental_-_Monografia_Metais_Pe.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-AmzCredential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191125%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20191125T022157Z&X-AmzExpires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-AmzSignature=bcc859f6768b9e6f3859835d127321803338f2228014699a29967854959b8bd7>. Acesso em: 22 de outubro de 2019.

MOREIRA, Tiana Carla Lopes. Interação da vegetação arbórea e poluição atmosférica na cidade de São Paulo. 2010. **Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, University of São Paulo,

Piracicaba, 2010. doi:10.11606/D.11.2010.tde-17032010-134836. Acesso em: 24 de outubro de 2019.

PORFÍRIO, Marcus. Proposta metodológica para o monitoramento de gases poluentes derivados de veículos automotores em centros urbanos. 2010. Disponível em: < <https://repositorio.unb.br/handle/10482/6319> >. Acesso em: 25 de outubro de 2019.

ROCHA, Adriano Ferreira da. Cádmio, chumbo, mercúrio: a problemática destes metais pesados na Saúde Pública? **monografia: Cadmium, lead, mercury: the issue of these metals in Public Health?** 2009. < <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/54676> > Acesso em: 18 de outubro de 2019.

SILVA JÚNIOR, João Athaydes. et al. Análise da distribuição espacial do conforto térmico na cidade de Belém, PA no período menos chuvoso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, p. 218-232, 2012. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v28n4/a08v28n4.pdf> >. Acesso em: 23 de outubro de 2019.

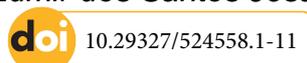
SOUZA, Diego Mendes; MADARI, Beata Eموke; SENA, Marcelo M. Aplicação de métodos quimiométricos na otimização da extração de Ca, Mg, K, Fe, Zn, Cu e Mn em folhas de braquiária. **Embrapa Arroz e Feijão-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, Química Nova, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 175-179, 2012. Available from <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/9250>>. access on 12 de novembro de 2019

TAKANO, Márcio; LOPES, Luiz Fernando Braga. Proposta de aplicativo para controle de fluxo de trânsito usando Arduino e câmera com OPENCV. **Revista de Pós-Graduação da Faculdade Cidade Verde**, v. 2, n. 2, 2016. Disponível em: < <https://revista.unifcv.edu.br/index.php/revistapos/article/view/33> >. Acesso em: 19 de setembro de 2019.

[CAPÍTULO 11]

**OBSERVAÇÃO NO CONFORTO TÉRMICO EM DIFERENTES PONTOS
NO PERÍMETRO URBANO DE MARABÁ, PARÁ**

*Gleysla Gonçalves de Carvalho Fernandes
Luana do Carmo Oliveira Ferreira
Natália Lopes Medeiros
Nilzele de Vilhena Gomes Jesus
Edmir dos Santos Jesus*



INTRODUÇÃO

A interação entre sociedade-clima construiu-se a partir dos primeiros povos que se distribuíam em diversas regiões do mundo (FREITAS; SILVA DIAS, 2005). A adequação climática era um dos principais fatores para ditar se essa sociedade ia ou não permanecer exposta a tal temperatura, adaptando-a para o seu conforto térmico. Partindo dessas primícias, esses povos começavam a aplicar seus conhecimentos baseados no tempo nas práticas agrícolas que dependem das condições ambientais dos solos e do clima para o crescimento das plantas e suas atividades metabólicas que contemplam a qualidade do ar (BLAIN et al., 2007; BARBOSA et al., 2015).

Segundo Salomon et al., (2007) no decorrer dos anos as repentinas mudanças climáticas trazem à tona preocupações sobre o futuro dos seres vivos que podem ser efetivamente causadas pela influência antrópica. De acordo com os relatórios em escala regional do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (2000) houve uma clara evidência de mudanças na variabilidade climática e nos eventos meteorológicos devido as influencias antropogênicas, esse fator corrobora diretamente para o desenvolvimento climática confortável ou não para a sociedade exposta a essa mudança.

Como o clima do ambiente deteriorado das cidades derivados dos grandes fluxos migratórios encontram-se em algum grau entre agressivo ou desconfortável (BARBOSA, et al., 2015), o ser humano tem criado ambientes artificiais para suprir suas necessidades de conforto. Em contrapartida, a modificação do ambiente altera o equilíbrio termodinâmico entre a superfície e a atmosfera, alterando principalmente a relação temperatura e umidade do ar (VIANA; AMORIM, 2008).

Atualmente, a Floresta amazônica desempenha um papel fundamental na regulação do clima regional e global por meio da intensa evapotranspiração (NOBRE; ARTAXO,

2009). O bioma Amazônia demonstra uma ascendência climática nos grandes e pequenos centros urbanos, que enfrenta as altas taxas de crescimento populacional superior as outras regiões brasileiras (SATHLER et al.,2009). Portanto, a oscilação de temperatura das áreas urbanas é consequência do ambiente onde a mesma está inserida, influenciada por fatores como, vegetação, tipologia das construções, uso indevido do solo e os materiais construtivos (OLIVEIRA, 2013).

Com base nestes pressupostos, o objetivo desse trabalho configurou-se na verificação da variação horária da temperatura e da umidade relativa do ar em diferentes pontos da região urbana do município de Marabá - PA em intervalo de tempo ininterrupta de 36 horas, visando determinar o conforto térmico mediante as referências recomendadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado na cidade de Marabá, Pará, localizado entres as latitudes 05° 22' 07" S e longitudes 49° 07' 04" W demonstradas pelo mapa de localização (Figura 1). A área urbana do município se encontra em divisa com São Félix do Xingu ao nordeste e ao sul de Parauapebas. Segundo o IBGE (2010), o município de estudo apresenta uma população aproximada de 261.085 habitantes e, chega a ser o décimo município mais populoso da Amazônia Brasileira. Somente na área urbana estima-se duzentos mil pessoas.

Climatologicamente a temperatura média do ar no município é de 26,0°C segundo os dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) com máximas e mínimas variando entre 33,4°C e 25,0°C durante o ano. As precipitações ocorrem em duas estações distintas: a seca que se estende de junho a novembro, e a chuvosa de dezembro a maio. A média anual da precipitação é de 1.182 milímetros (mm) cerca de 71% desse total acontece no período chuvoso.

De acordo com a classificação de Koppen, o clima da região é classificado como sendo tropical semiúmido "Aw". Na estação quente, a temperatura máxima diária é acima de 34°C e na estação fresca a temperatura máxima diária abaixo de 31,0°C. A cobertura de nuvens, a velocidade do vento, a umidade e a precipitação variam de acordo com a sazonalidade durante o decorrer do ano.

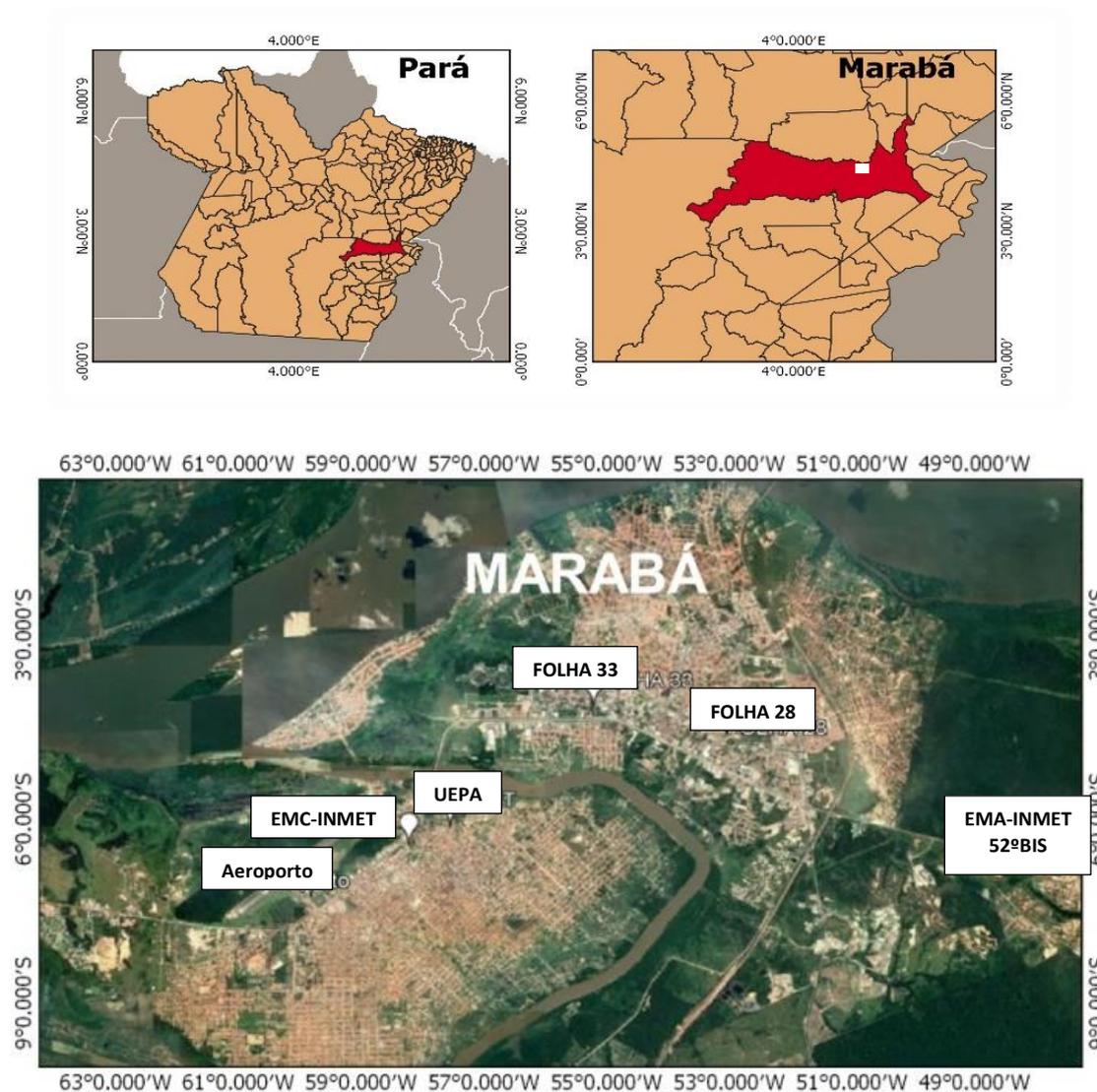


Figura 1. Localização geográfica do município de Marabá no Estado do Pará e dos pontos observados no Aeroporto, EMC-INMET, UEPA, Folha 33, Folha 28 e EMA-INMET/52ºBIS. Fonte: Adaptado pelo Autores (2020)

Coleta de dados

Utilizou-se dados meteorológicos registrados pela Estação Meteorológica Automática do INMET (5,366447°S e 49,051166°W e 117 metros de altitude) localizada no 52º Batalhão de Infantaria e Selva (BIS), da Estação Automática (5,35°S e 49,15°W e 102 metros de altitude) na Base Aérea do Aeroporto (SBMA) João Corrêa da Rocha em Marabá, e em psicrômetros instalados em abrigos meteorológicos localizados no Campus VIII (Latitude: 05°36'27" S, Longitude: 49°12'08" W e altitude de 110 metros) da Universidade do Estado do Pará (UEPA), e em casas no Bairro da Folha 33 (05°35'24" S e longitude 49°10'58" W) e da Folha 28 (Latitude: 5,348015° S; Longitude: 49,09105° W e Altitude: 114 metros). O modelo utilizado na confecção do abrigo meteorológico situado na UEPA seguiu

a metodologia de Stevenson (SPARKS, 1970) e Santos et al., (2017). O interior do abrigo meteorológico utilizado nas casas em bairros mencionados era composto por um psicrômetro formado por dois termômetros denominados como: bulbo seco (T_s) e bulbo úmido (T_u), a única diferença entre ambos é que o bulbo úmido tem em seu interior um tecido de algodão embebido em água destilada.

A observação micrometeorológica teve início às 12h00min do dia 07 de março e finalizando no dia 09/03/2018, totalizando 36 horas de observação. Os dados utilizados foram coletados em intervalos de 60min. Para determinação da umidade relativa (UR) foi realizado a compilação das temperaturas e observação das mesmas na carta psicrométrica (ASAR, 1986) (Figura 2), obtendo-se assim o valor dado de umidade relativa a partir da diferença psicrométrica entre a leitura dos termômetros de bulbo seco e bulbo úmido. Os dados das estações automáticas foram obtidos através de sites disponíveis como INMET (<http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>) e WYOMING WEATHER WEB (<http://weather.uwyo.edu/>).

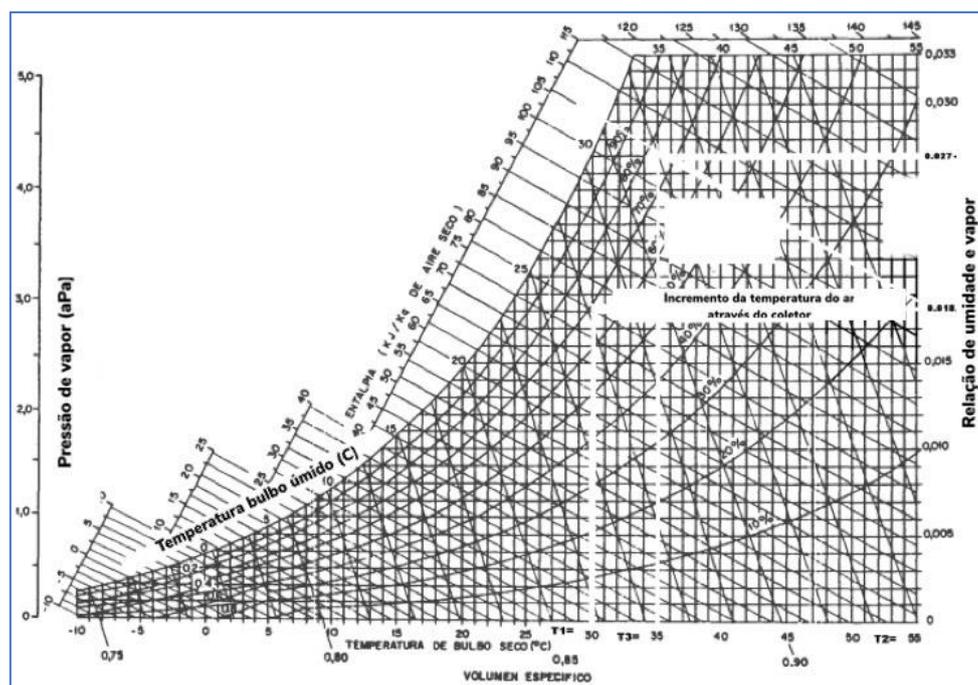


Figura 2. Carta psicrométrica (ASAR, 1986).

Todas as variáveis foram correlacionadas com o diagrama de conforto humano do INMET, para a caracterização do conforto térmico suportável para a população. O diagrama propõe quatro estados, sendo eles: i) muito frio; ii) muito quente; iii) muito úmido, iv) muito seco. O desenvolvimento da relação conforto-temperatura baseou-se no

procedimento sugerido por Emmanuel (2005), dividindo a temperatura em intervalos (Tabela 1).

Tabela 1. Intervalos de classificação do Índice de Temperatura e Umidade.

| Nível de conforto | ITU |
|-----------------------------|---------------|
| Confortável | 21 < ITU < 24 |
| Levemente confortável | 24 < ITU < 26 |
| Extremamente desconfortável | ITU > 26 |

ITU: Índice de temperatura e umidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento das temperaturas observadas nos pontos distintos para o período de estudo foi registradas através da análise horária, os gráficos gerados estão apresentados pela Figura 3, 4 e 5, com os componentes da temperatura na seguinte sequência: Aeroporto, UEPA, Folha 33, Folha 28, e EMA-INMET/52°BIS.

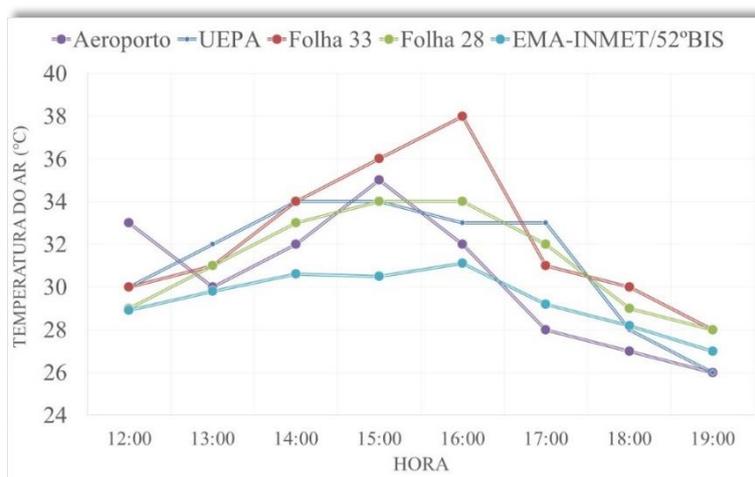


Figura 3. Variação da temperatura do ar nos pontos observados nos períodos diurno-matutino (12 às 19h) do dia 07/03/2018.

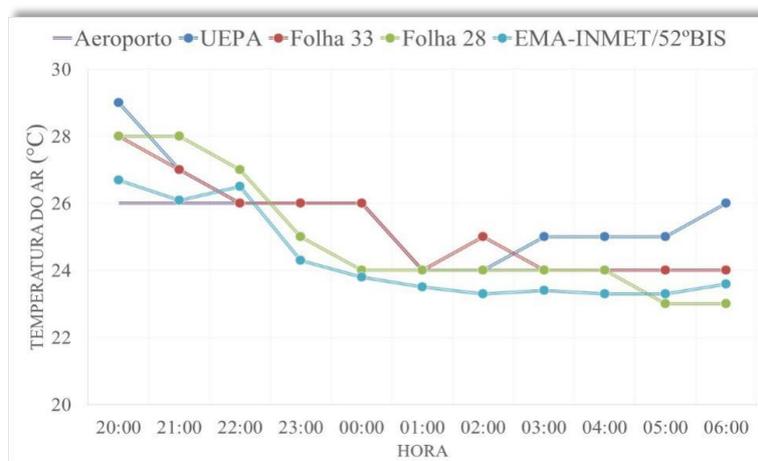


Figura 4. Variação da temperatura do ar nos pontos observados no período noturno (20 às 06h) do dia 08/03/2018.

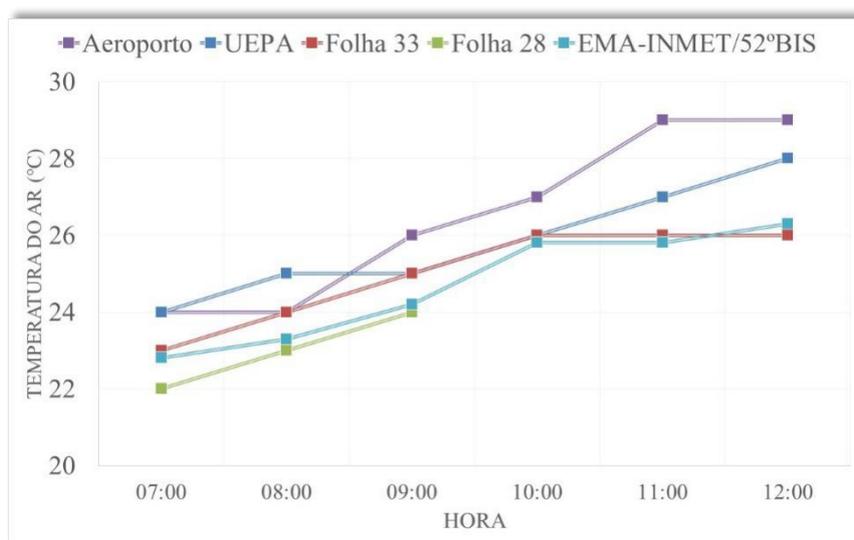


Figura 5. Variação da temperatura do ar nos pontos observados no período da manhã (07 às 12h) do dia 09/03/2018.
Fonte: autor (2018).

As Figuras 3, 4 e 5 mostram uma clara distinção de temperaturas nos diferentes centros urbanos. Na UEPA, a temperatura se mostrou mínima em relação a outros pontos como a Folha 33 e o Aeroporto. Os horários também mostram grande influência na escala climatológica, alcançando picos de escala máxima de 34°C a 36°C no dia 07 e 08 de março em horários aproximados das 14h00min as 16h00min horas, e escala mínima de 24,0°C a 26,0°C no período da noite das 20h00min horas as 00h00min horas.

As médias para o período da tarde nos dias 07 e 08 de março em que houve pouca precipitação foram extremamente desconfortáveis em relação ao índice de temperatura e umidade relativa (ITU), a menor média registrada foi de 25,3°C na estação do INMET e a maior registrada na Folha 33 de 36,0°C. As demais estações apresentaram valores próximos. Em dias chuvosos as médias do ITU caíram em todas as estações, mas em sua grande maioria ainda se manteve médias dentro do índice de “Levemente confortável”. No dia 9 todas as estações apresentaram valores confortáveis (22,3% e 26,9%), a estação do Aeroporto foi a única que pareceu limiar para o “Extremamente desconfortável” com 28,1%. No período da tarde os valores de ITU se elevam com destaque a Folha 33 e o Aeroporto, com médias de 36,2°C e 34,0°C.

Comparando estatisticamente, o dia seco com o menor grau de precipitação verificado no dia 07 de março registrou-se a maior temperatura (36,0°C). De acordo com os níveis de alerta térmico, esse registro e de cautela pode influenciar câimbras, esgotamento físico e insolação a exposição prolongada. Esses valores de temperatura influenciam não somente o conforto térmico, mas afeta diretamente a umidade relativa, este padrão caracteriza o município com alta umidade, média precipitação e altas temperaturas.

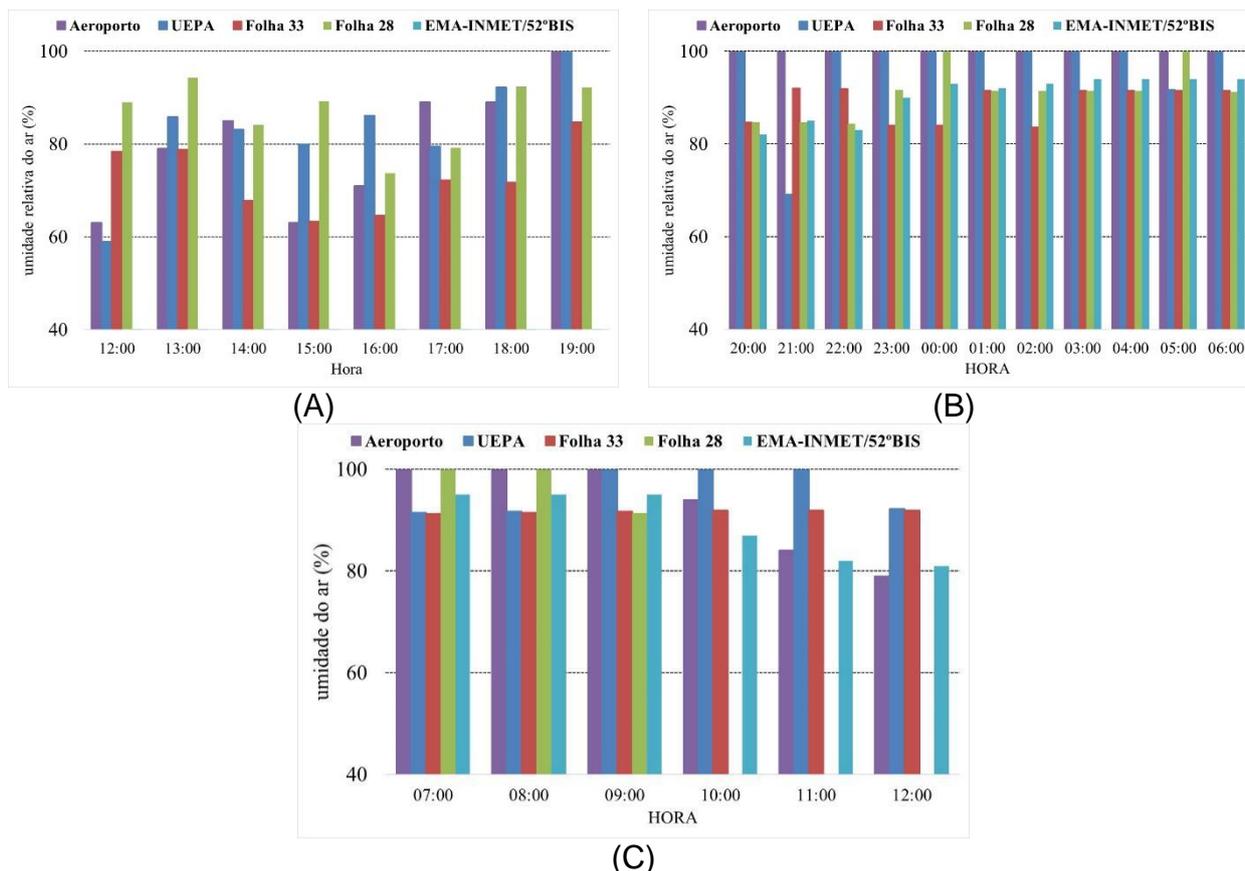


Figura 6. (A) Variação da umidade relativa do ar nos pontos observados nos períodos diurno-matutino (12 às 19h) do dia 07/03/2018; (B) Variação da umidade relativa do ar nos pontos observados no período noturno (20 às 06h) do dia 08/03/2018; (C) Variação da umidade relativa do ar nos pontos observados no período da manhã (07 às 12h) do dia 09/03/2018.

A umidade relativa se manteve entre 60 a 80% (Figuras A, B e C). Os horários de grande incidência solar apresentaram menores taxas de umidade sendo os picos de 14h00min as 16h00min horas. Os altos valores de umidade de certa forma contribuem para o conforto humano frente às intensas taxas solares. Desse modo, aplicando os resultados anteriores ao gráfico de conforto (Figura 7) o padrão do município apresentou uma classificação muito úmida e uma necessidade de vento para o conforto humano.

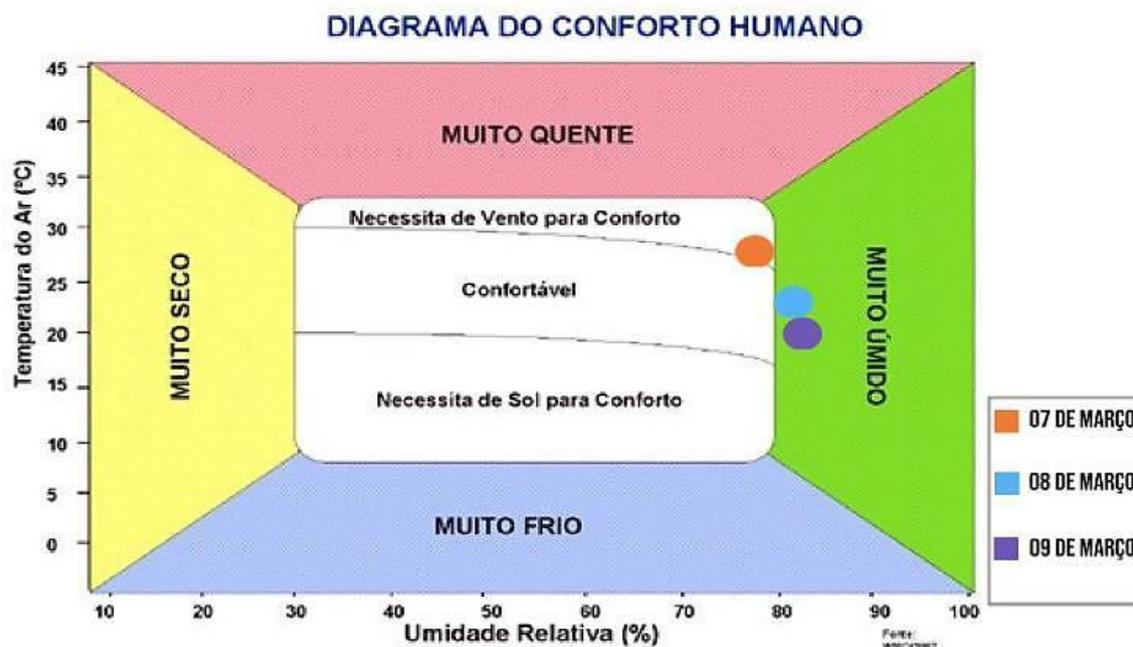


Figura 7. Diagrama de conforto humano.
Fonte: Adaptado pelos Autores (2020)

As temperaturas registradas e o grau de umidade são característicos da região norte e do estado do Pará, altas taxas de umidade e altas temperaturas. Entretanto, há uma diferença clara de temperaturas para a área mais e menos urbanizada, fato já comprovado por outros estudos (SILVA et al., 2013; COSTA et al., 2013; BARBOSA et al., 2015). Os bairros mais populosos como a Folha 33 e os que apresentam maiores edificações como é o caso do Aeroporto, ambos com baixas taxas de arborização, o primeiro decorrente do grande fluxo migratório e o segundo pelo próprio padrão de construção, foram os que apresentaram as maiores temperaturas e que conduzem ao extremamente desconfortável para o ser humano.

Esta variação entre as estações meteorológicas sofre grande influência da arborização que é responsável pela atenuação e absorção dos raios solares, e da própria morfologia urbana, influenciando na circulação do vento. Devido o grande fluxo de urbanização o vento acaba não fluindo com facilidade possibilitando uma maior impermeabilização do solo (BARBOSA et al. 2013).

Para Mendonça et al. (2013) as diferenças intra-urbanas da temperatura do ar a heterogeneidade e morfologia do sítio gera microclimas urbanos confortáveis ou desconfortáveis as atividades humanas. A localização geográfica, a dimensão e o tipo de uso e cobertura do solo tendem a influir sobre este padrão de distribuição mensal das chuvas e sol no local (COSTA, 1998; FISCH; NOBRE, 2006; COSTA et al. 2013; SILVA JUNIOR et al. 2013; SILVA et al. 2015).

Silva Jr et al. (2015) em seu trabalho sobre relações e percepções e índices de conforto térmico para habitantes de uma cidade na Amazônia Oriental relata que corpo humano geralmente resfria-se pela transpiração, na qual a água do suor evapora e retira calor do corpo. No entanto, quando a umidade relativa do ar é alta, a taxa de evaporação da água é reduzida. O autor ainda enfatiza que umidade relativa do ar elevada associada com valores altos da temperatura do ar, aumenta os riscos de exaustão por calor, por insolação e por outros problemas de saúde. Souza e Nery (2012) afirmam que em relação aos estudos da Climatologia Urbana entende-se que este é essencial para um efetivo planejamento dos municípios, independentemente do porte destes, já que atualmente diversos estudos científicos tem comprovado a existência de ilhas de calor em cidades de diferentes densidades.

Barbosa et al. (2015) afirmam que uma redução do fluxo de calor latente ocorre devido ao aumento de superfícies impermeáveis e redução da vegetação ocorrendo também uma menor perda de calor sensível, causado pela redução da velocidade do vento originada por edificações. O município de certa forma pela própria umidade, fluxo urbano e edificação acaba criando uma sensação de pouca circulação de vento, calor excessivo, e, em dias quentes uma sensação de “sufocamento”.

Para Brasil et al. (2015) os estudos climáticos na atualidade dividem-se em: análises do clima urbano no meio ambiente e a interferência que as grandes alterações provenientes de atividade humanas provocam de forma concentrada nas cidades resultando em sérias repercussões sobre o clima.

CONCLUSÃO

Os valores de umidade relativa do ar e da temperatura demonstraram que a cidade está condicionada a certo conforto quando há precipitação, caracterizando-se como levemente confortável, na falta deste este conforto decai ao extremamente desconfortável.

As áreas mais populosas como é o caso dos bairros da Folha 28 e Folha33, e a presença de edificações como é o caso do Aeroporto influencia as variáveis meteorológicas, o que acarreta no desconforto térmico urbano, esse resultado é facilmente atribuído à configuração urbana dos sítios estudados.

A correlação da falta de conforto no município reflete nas próprias áreas com arborização (mais ou menos presença de árvores), ou seja, em regiões mais populosas o desconforto térmico é maior, pois há uma menor quantidade de vegetação e maior fluxo de pessoas. As regiões de estudo apresentam índices próximos de áreas de configuração

urbana adensada, mesmo algumas não possuindo grande fluxo populacional, demonstrando que a falta de arborização eficiente influencia negativamente nas condições microclimáticas. Logo, dentre todos os locais estudados a UEPA apresentou-se como o único ponto que através das presentes análises evidenciou valores confortáveis em relação aos demais locais estudados, o que remete a configuração a qual a universidade encontra-se em relação à morfologia urbana, como também de seus elementos arbóreos dispostos em seu espaço.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, P. H. D.; COSTA, A. C. L.; CUNHA, A. C.; JUNIOR, J. de A. S. A Variabilidade de elementos meteorológicos e de conforto térmico em diferentes ambientes na Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, n. 11, p. 98-118, 2015.
- BRASIL, A. P. M.; SILVA, M. E.C.; RIBEIRO, W. de O. Clima, ambiente urbano e qualidade de vida: uma análise da percepção dos moradores da periferia belenense do carmelândia sobre o conforto/desconforto térmico. **Boletim de Geografia**. Maringá, v. 33, n. 2, p. 60-72, mai/agos, 2015.
- EMMANUEL, R. M. **An Urban Approach to Climate- Sensitive design: Strategies for the Tropics**. 1º Ed. USA, Spon Press, 161p, 2005.
- FREITAS, E. D.; SILVA DIAS, P. L. Alguns efeitos de áreas urbanas na geração de uma ilha de calor. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 355-366, 2005.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Populacional 2010**. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/resultados_do_PA2010.pdf> Censo Populacional 2010. Acesso em: 11 de dezembro de 2010.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. Normas Climatológicas (1961/1990). Brasília - DF, 1992.
- MENDONÇA, F. Clima e planejamento urbano em Londrina: proposição metodológica e de intervenção urbana a partir do estudo do campo termo-higrométrico. In: MONTEIRO, C. A. de F; MENDONÇA, F. A. **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. p. 93 - 119.
- MONTEIRO, C. A. de F. **Análise Rítmica em Climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho**. São Paulo: Universidade de São Paulo/Instituto de Geografia, 1971. 21 p. (Série Climatologia n. 1).
- NOBRE, C.A.; MARENGO, J.A; ARTAXO, P. **Amazônia and Global Change Geophysical Monograph Series 186**, Washington, D.C.: American Geophysical Union Books, 2009. p. 145-147.
- SOLOMON, S. **Climate Change 2007: the physical science basis**. Contribution of working group i to the fourth assessment report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- SANTOS, P. F.C.; MOREIA, A. B.; ALMEIDA, C. A. P.; NÓBREGA, R. S. **Conforto térmico e diferentes tipos de tempo meteorológico na cidade de Recife (PE)**. Entre-Lugar, Dourados, v. 8, n.16, 2017.
- SOUZA, D. M.; NERY, J. T. **O Conforto térmico na perspectiva da Climatologia Geográfica**. Geografia, Londrina, v. 21, n. 2, p.65-83, 2012.

SPARKS, W. R. **The effect of thermometer screen design on the observed temperature. Switzerland**, Geneva: World Meteorological Organization, 1972.

SATHLER, D.; MONTE-MÓR, R. L.; CARVALHO, J. A. M.; As redes para além dos rios: urbanização e desequilíbrios na Amazônia brasileira. **Nova economia**, Belo Horizonte, v. 19, n.1, p. 11-39, 2009.

VIANA, S. S. M.; AMORIM, M. C. Caracterização do clima urbano em Teodoro Sampaio/SP: Uma introdução. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 20, n.2, p. 19-42, 2008.

[CAPÍTULO 12]

OBSERVAÇÕES MICROMETEOROLÓGICAS REALIZADAS EM LOCAIS NA ÁREA URBANA DO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS, PARÁ

*Layane Jesus dos Santos
Quézia dos Santos Araújo
Genilson Maia Corrêa
Mateus Souza da Silva
Edmir dos Santos Jesus*



INTRODUÇÃO

O aumento da população humana e o surgimento da industrialização em larga escala, têm, ao longo da história, proporcionado um intenso fluxo de pessoas do campo para as cidades, que por falta de um planejamento adequado, acarretam mudanças nas características climáticas do meio, afetando a qualidade de vida de seus habitantes (GOLDREICH, 1992; SHAMS, GIACOMELI e SUCOMINE, 2009).

Estas mudanças são percebidas de forma empírica pelo ser humano desde os primórdios. Porém, o primeiro a documentar tais observações foi Luke Howard (1818) que introduz o conceito de monitoramento climático ao observar o aumento da temperatura no centro de Londres em relação ao seu entorno rural. Chandler (1962) também estipulou uma premissa, de que o aumento da temperatura nas construções urbanas é proporcional ao crescimento das cidades, sendo mais intensas durante os dias da semana em que se tem maior fluxo de atividades urbanas. Este fenômeno é atualmente conhecido como “ilha de calor urbana” (COSTA, 1998).

Sabe-se, neste contexto, que a Amazônia exerce um crítico papel na regulação do clima regional e global. Por meio de grandes quantidades de água evapotranspirada, as florestas tropicais bombeiam calor latente à atmosfera para equilibrar-se ao calor radioativo da superfície (NOBRE et al., 2009). Por consequência deste fator, a floresta e a convecção, resfriam a Amazônia, ao mesmo tempo que se torna uma intensa fonte troposférica de calor para a circulação atmosférica global (VERA et al., 2006).

Estas repentinas mudanças climáticas provenientes da urbanização desordenada, aliadas à grande quantidade de área desmatada anualmente, colocam em pauta preocupações sobre o futuro dos seres vivos, tendo em vista que esta influência antrópica pode vir a ser efetiva (SOLOMON et al., 2007).

Tendo em vista que a Amazônia possui dados esparsos com dados climáticos insuficientemente quantificadas, o presente objetivou verificar o comportamento das variáveis meteorológicas em diferentes pontos da cidade de Paragominas – PA no intervalo de tempo de 33 horas no mês de fevereiro do ano de 2019.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi conduzido no município de Paragominas, pertencente à mesorregião do sudeste paraense, localizado entre as latitudes 2°59'51" S e longitude 47°21'13" O (Figura 1). Estima-se que o município apresente população de aproximadamente 114 mil habitantes, ocupando a 1ª colocação em número de habitantes de sua mesorregião e em 13º do estado (IBGE, 2010).

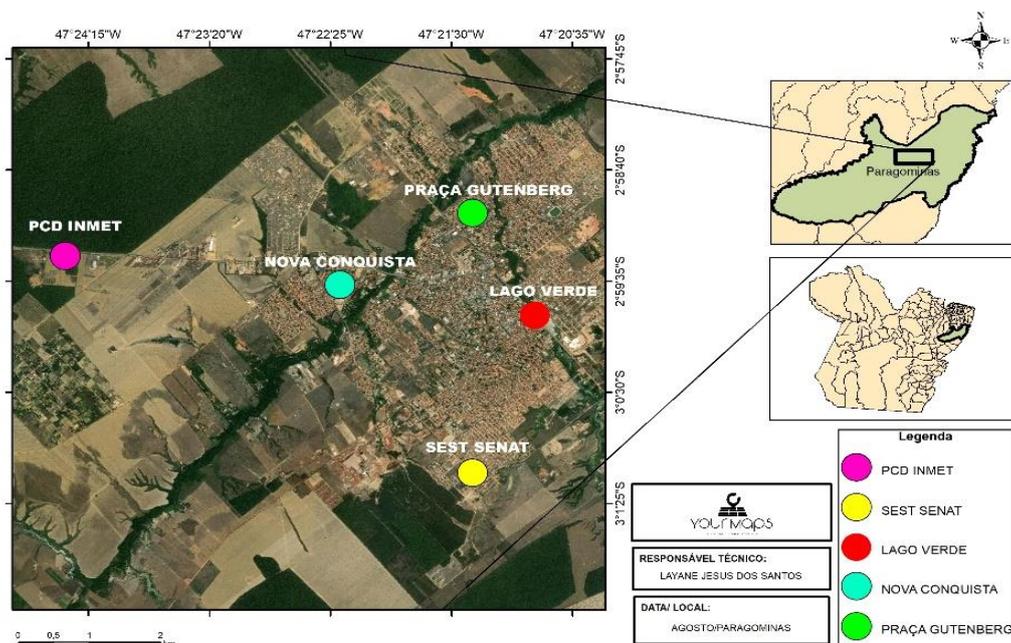


Figura 1. Pontos de coleta de dados meteorológicos da região urbana de Paragominas – PA. Fonte: Autores, 2020.

O clima do município, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo mesotérmico e úmido. A temperatura anual média é elevada, em torno de 25°C. O período mais quente, com médias mensais em torno de 25,5°C, coincide com os meses de primavera no hemisfério Sul e as temperaturas mínimas diárias de 20,5°C, ocorrem nos meses de inverno no referido hemisfério (junho a agosto). Quanto ao regime pluviométrico, este fica geralmente entre 2.250 e 2500 mm anuais. As chuvas, apesar de regulares, não se distribuem igualmente durante o ano, ocorrendo em sua maior concentração (cerca de 80%) entre os meses de janeiro e junho. Tal precipitação implica grandes excedentes

hídricos e, conseqüentemente, gera grandes escoamentos superficiais e cheias dos rios. A umidade do ar concentra-se em torno de 85% (FAPESPA, 2016).

Coleta de dados

Os dados foram coletados a partir de abrigos meteorológicos confeccionados a partir da metodologia de Stevenson (SPARKS, 1970) e Santos et al., (2017) e instalados em cinco localidades do município. O interior dos abrigos era composto por um psicrômetro formado por dois termômetros, de bulbo seco (T_s) e de bulbo úmido (T_u), respectivamente (Figura 2).

Os registros das variáveis micrometeorológicas foram nos seguintes pontos: SEST SENAT (3°01'09" S e 47° 21'23" O), PCD INMET (3°00'37" S e 47°20'35" O), Lago Verde (2°59'45,49" S e 47°20'53,38" O), Nova Conquista (2°59'31,067 S e 47°22'17,766 O) e Praça Pastor Gutenberg (2°59'01" S e 47°21'18" O).

As mensurações/observações a cada hora iniciaram-se às 08h00 e finalizaram-se às 18h00, totalizando 33 horas de dados coletados com intervalos de 13 horas no período de 20 a 22 de fevereiro do ano de 2019.

Para determinação da umidade relativa (UR) foi realizado a compilação das temperaturas e observação das mesmas na carta psicrométrica (Figura 2), obtendo-se assim o valor dado de umidade relativa a partir da diferença psicrométrica entre a leitura dos termômetros de bulbo seco e bulbo úmido. Os dados da estação automática (PCD INMET) foram obtidos através do site (<http://www.inmet.gov.br/sonabra/maps/automaticas.php>).

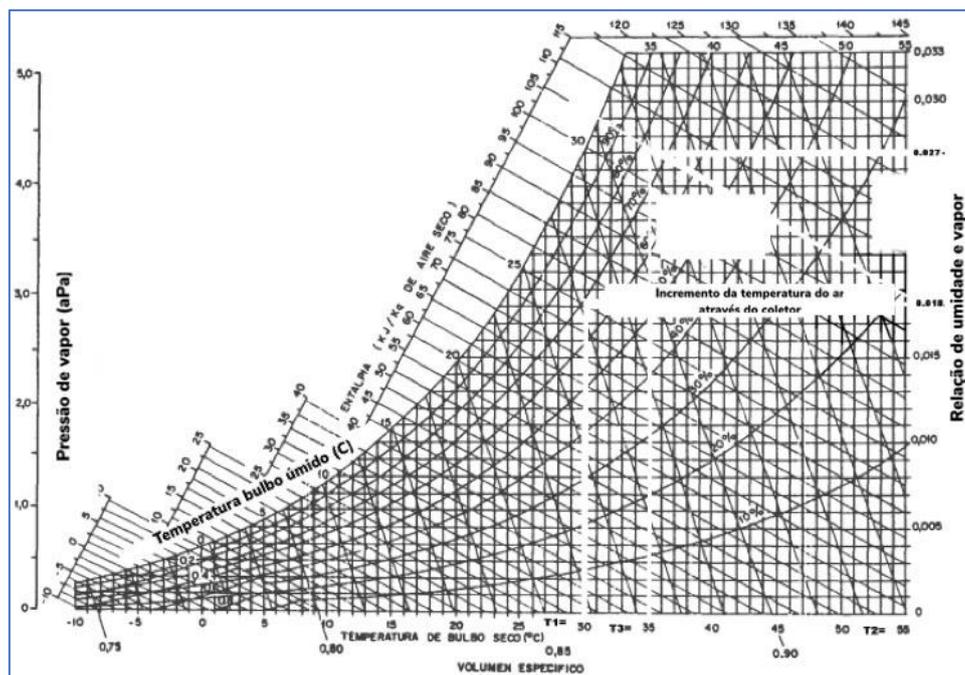


Figura 2. Carta psicrométrica (ASAR, 1986).

Já para a mensuração das variáveis velocidade e direção do vento, foram utilizados equipamentos externos aos abrigos, sendo eles um anemômetro digital e a biruta confeccionada (Figura 3).

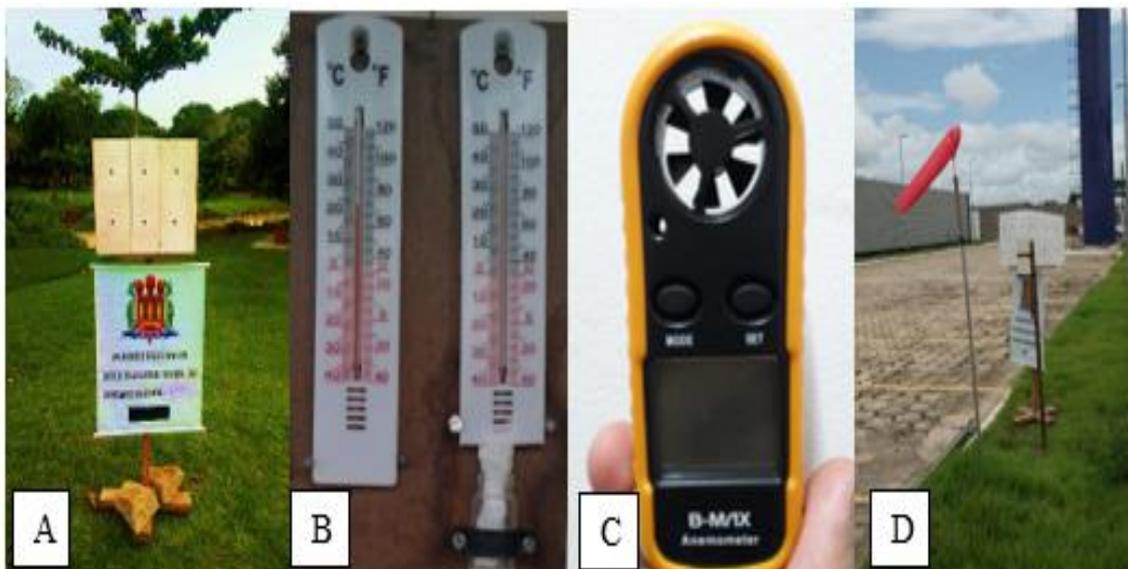


Figura 3. Materiais utilizados para observação das variáveis meteorológicas. A) Abrigo meteorológico; B) Psicrômetro no interior dos abrigos; C) Anemômetro digital; D) Biruta confeccionada.

Fonte: Autores, 2020.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cada localidade tem seu clima específico, mas com o processo de urbanização as “ilha de calor” vem dando destaque nas regiões urbanas, fenômeno que acontece pelo crescimento populacional e pela ocupação do solo. Assim centros urbanos contem temperaturas mais elevadas que nas áreas vizinhas e rurais (ARNFIELD, 2003). Tendo em vista o processo de urbanização do centro de Paragominas (Praça, Lago Verde, Nova Conquista e SEST SENAT), houve uma discrepância de temperatura em relação ao PCD INMET por ser mais afastado do centro, próximo áreas vegetada e localizada na zona rural, por ter maior arborização e menos ocupação horizontal. Um estudo feito em Mossoró-RN, por Nascimento et al. (2014), concluíram que com o crescimento da cidade e a supressão das áreas vegetadas houve o aumento do calor no centro urbano de Mossoró formando uma “ilha de calor”, esse mesmo fenômeno pode ser analisado no município de Paragominas, tais observações podem ser vistas nas Figuras 4, 5 e 6.

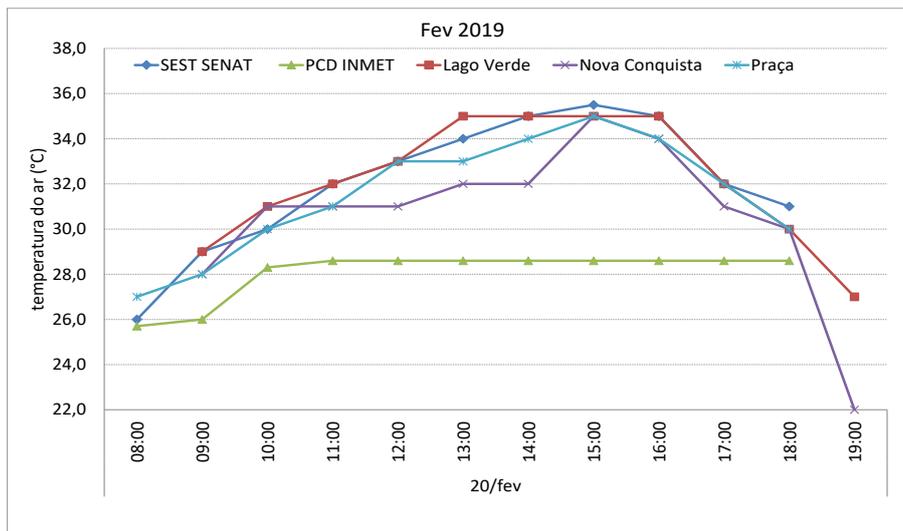


Figura 4. Variação de Temperatura do ar no dia 20 de fevereiro de 2019.

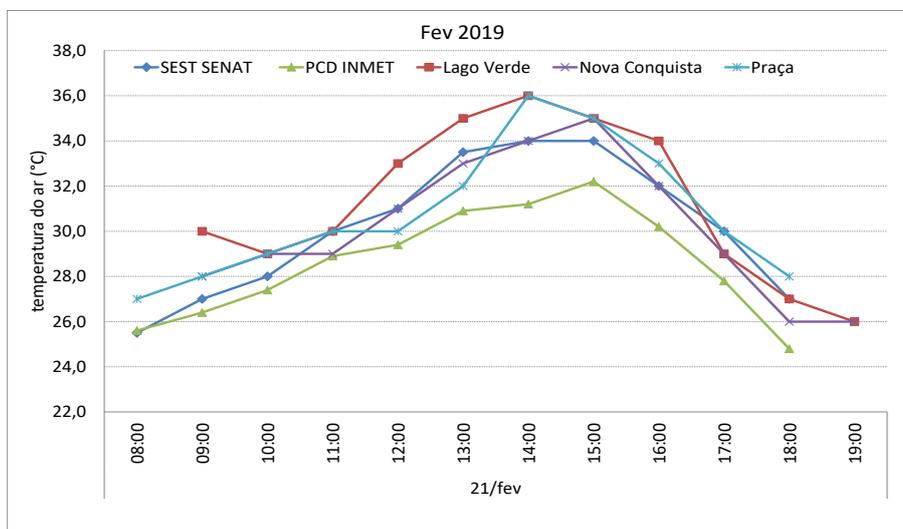


Figura 5. Variação de Temperatura do ar no dia 21 de fevereiro de 2019.

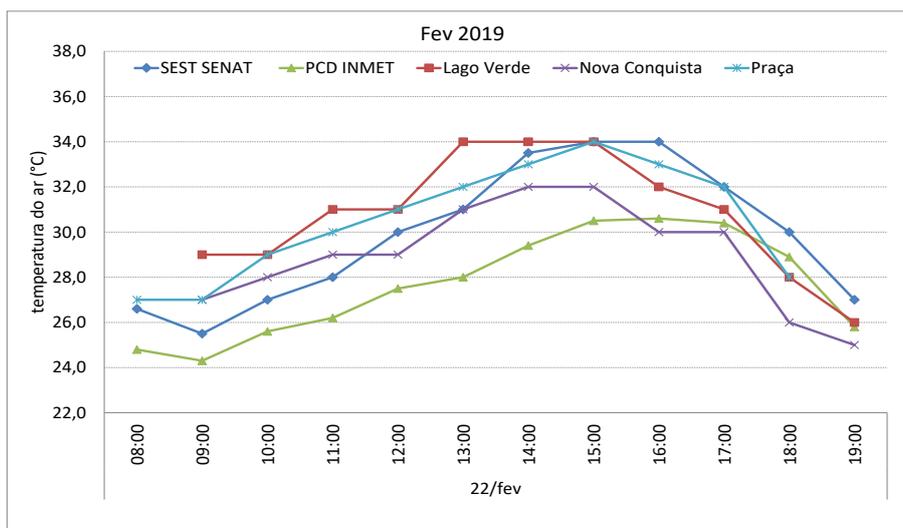


Figura 6. Variação de Temperatura do ar no dia 22 de fevereiro de 2019.

As Figuras 4, 5 e 6 mostram que nas localidades do Praça Pastor Gutenberg e Lago

Verde apresentaram as maiores temperaturas de 34°C a 36°C em relação ao ponto do PCD INMET, que obteve temperaturas mínimas de 24°C a 25°C. Climatologicamente percebe-se que ao decorrer do dia, os maiores picos estiveram entre de 34°C a 36°C todos os dias em horários aproximados das 13h00min às 16h30min, e as mínimas de 24,0°C a 26,0°C no começo do dia as 08h00min horas e final da tarde 18h00min às 19h00min horas, e a temperatura se manteve constante em 34,0°C no Lago verde entre 13h00min e 16h00min como se vê nas Figuras 4 e 6.

Os valores da Umidade Relativa do Ar variam conforme as alterações nos registros de temperatura, de influências de cobertura vegetal e o tipo de solo. A vegetação funciona como barreira natural oferecendo sombreamento, enquanto que a ocupação de solo pelas construções de áreas urbanas, ajudam no balanço de radiação devido à composição dos materiais capazes de absorver mais calor (MATHEUS et al., 2016; CHEN; WONG, 2006).

As Figuras 7, 8 e 9 mostram que nos primeiros horários da coleta de dados apresentaram maiores valores de UR nos três dias, levando em consideração que nos horários de pico de temperatura elevada, obtiveram valores menores valores de UR. Observa-se uma baixa variação na umidade relativa (Figura 8) vista nos locais de observação, por influência da precipitação que ocorreu naquele dia. Foi notado que o dia 22 (Figura 9), o ponto no Lago Verde apresentaram maiores valores UR na maior parte dos horários. Isso devido a proximidade com o corpo d'água e a maior evaporação ao seu redor.

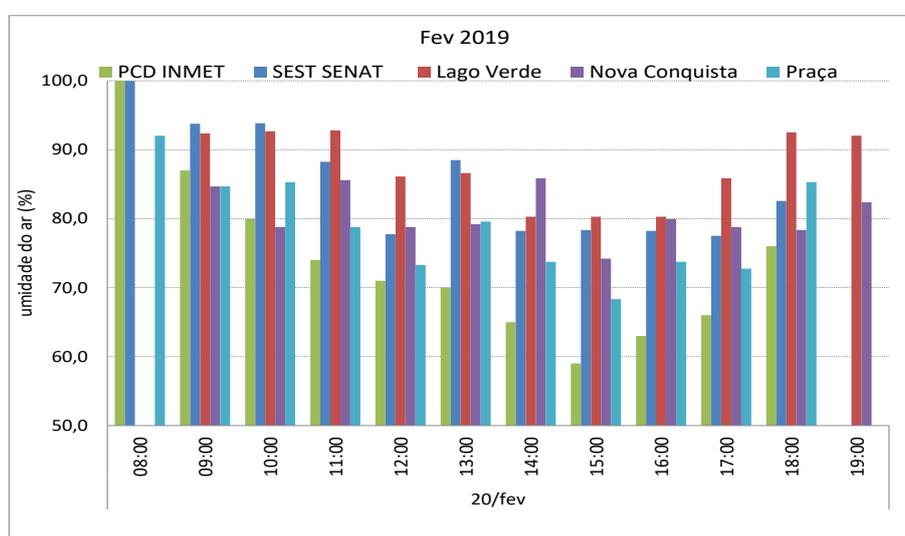


Figura 7. Variação de Umidade Relativa do ar no dia 20 de fevereiro de 2019.

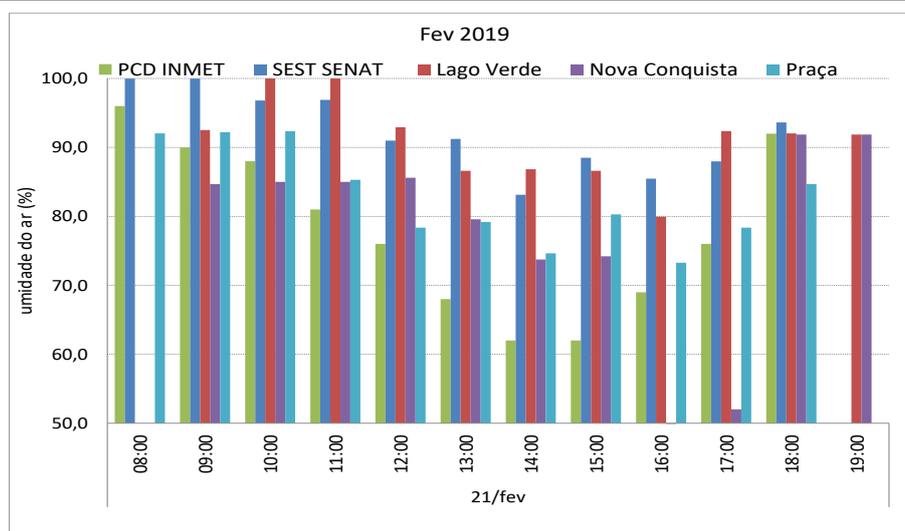


Figura 8. Variação de Umidade Relativa do ar no dia 21 de fevereiro de 2019.

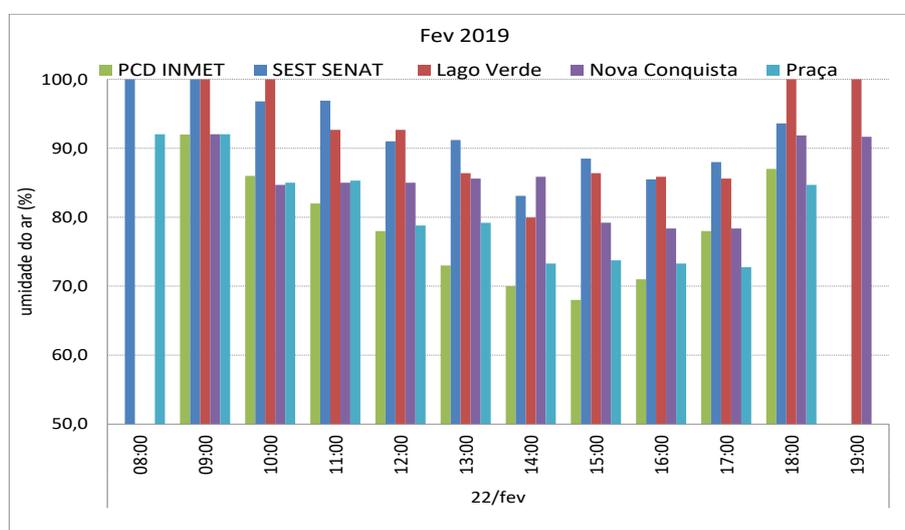


Figura 9. Variação de Umidade Relativa do ar no dia 22 de fevereiro de 2019.

A Figura 10 mostra a predominância na direção dos ventos, em relação ao período de experimento visto nos principais pontos. Analisando as figuras, percebe-se a predominância de vento de norte (N) na maior parte dos locais estudados, com exceção de dois lugares, onde os ventos do sudoeste (SE) e nordeste (NE) predominaram. Um fator resultante e que afeta diretamente a direção do vento próximo a superfície, é o relevo da região. De acordo com características de cada um dos locais estudados, percebe-se a diferença na direção dos ventos, podendo estes variar em função do local, do clima e da estação do ano (BARBANO, BRUNINI e PINTO, 2003).

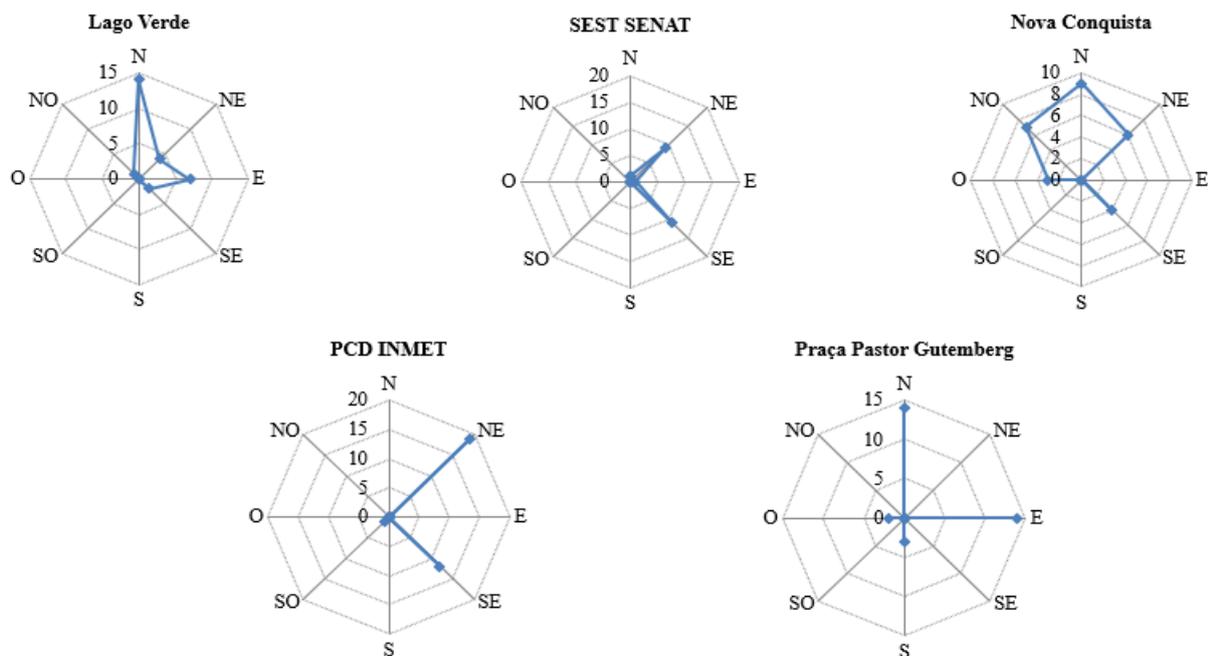


Figura 10. Frequência relativa média da direção do vento nos pontos de observação na área urbana de Paragominas-PA.

Nos locais como Lago Verde, apresentou 15% na direção norte, Nova Conquista, 9% também na direção norte, 6% na direção noroeste e 4% nas direções oeste e sudeste, e na Praça Pastor Gutemberg as porcentagens de 15 % nas direções norte e leste, e ocorre a predominância de ventos do Norte, pois são locais de áreas abertas com pouca interferência de construções. Já nos demais locais como SEST SENAT, com 10 % na direção nordeste e 11% na direção sudeste, e PCD Inmet, com 20 % na direção nordeste, há a predominância de ventos provindos de outras direções, fator que pode ser atribuído pela grande quantidade de construções que há no local, além da presença abundante de vegetação.

O estudo sobre a direção do vento, principalmente na zona urbana, permite auxiliar na escolha correta de locais para instalação de indústrias, evitando o deslocamento de poluentes para as áreas residenciais (SILVA et al., 1997). Segundo Mialhe (1980), realizar o levantamento do potencial eólico de determinada região pode possibilitar o conhecimento de parâmetros, como a direção predominante do vento, o qual contribui para a utilização de energia eólica.

A direção do vento deve ser levada em consideração não somente em relação à energia eólica, mas também quanto as fontes poluidoras do ar, melhoria no conforto térmico e construções de quebra vento (LEITE e FILHO, 2006).

Na Figura 11, estão dispostos os dados relacionados a velocidade do vento durante os três dias de mensuração. Percebe-se o aumento gradativo nessa velocidade onde as maiores velocidades ocorreram no período de mensuração da 15:00 horas até as 17:00

horas com velocidades entre 4 e 6 m/s, e os menores valores foram nos horários de 8:00 horas até às 10:00 horas com valores de 0 a 2 m/s. Na classificação de velocidade do vento temos escala 3, categoria de vento leve; escala 4 com categoria de vento moderado, classificação feita em km/h. Os dados referentes ao bairro Nova Conquista não foram mensurados.

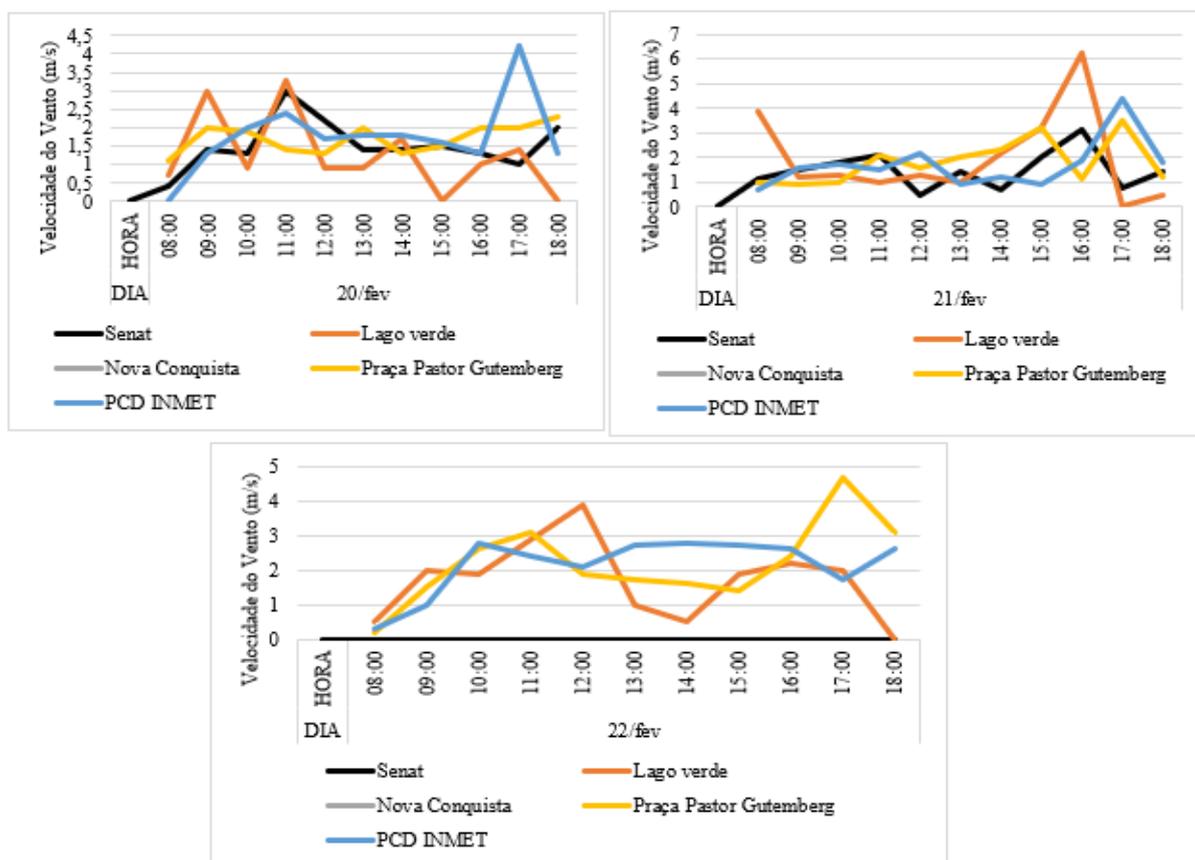


Figura 11. Velocidade média dos ventos (m/s) no período de mensuração nos pontos de observação.

A velocidade do vento na superfície terrestre varia bastante com o tempo, e se caracteriza por intensas oscilações cuja rapidez e amplitude estão relacionadas com o estado de agitação do ar, que constitui a turbulência (VAREJÃO-SILVA, 2001). Em áreas urbanas há preocupação com esses fatores como velocidade do vento para que haja nos ambientes internos um aumento no conforto térmico.

CONCLUSÃO

Pela análise dos dados conclui-se que os valores altos de temperatura são predominantes na região nesse período da análise, apresentando valores de umidade relativa do ar favoráveis para o conforto térmico quando ocorre a precipitação na região.

Os dados do INMET apresentam menores valores de temperatura comparado aos

outros pontos por estar numa área menos urbana da cidade, enquanto que os outros locais são situados dentro do centro populoso da cidade onde há várias influências nas observações micrometeorológicas que foram vistas como ocupação do solo, a urbanização ao redor desses locais e histórico de desmatamento ocorrido no município. O conforto térmico nos pontos do Lago Verde, Nova Conquista e da Praça Pastor Gutemberg foi ocasionado pela predominância de ventos, pois suas áreas são abertas com pouca interferência de construções e com arborização planejadas para o lazer e bem estar.

REFERÊNCIAS

- ARNFIELD, A. J. Two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. **International journal of climatology**, v. 23, n. 1, 2003. pp. 1-26.
- BARBANO, M. T.; BRUNINI, O.; PINTO, H. S. Direção predominante do vento para a localidade de Campinas – SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, p. 123-128, 2003.
- CHANDLER, T. J. (1962). Temperature and humidity traverses across London. *Weather*, n. 17, p. 235-242.
- CHEN, Y.; WONG, N. H. Thermal Benefits of the City parks. **Energy and Buildings**, v. 38, p. 105-120, 2006.
- COSTA, A. C. L. (1998). **Estudo de Variações Termo-Higrométricas de Cidade Equatorial devido ao Processo de Urbanização. O caso de Belém – PA**, EESC-USP. São Carlos, SP. 232p.
- FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS - FAPESPA. Estatísticas Municipais Paraenses: Paragominas. / Diretoria de Estatística e de Tecnologia e Gestão da Informação. – Belém, 59f.: il. Semestral, n. 1, jan. / jun. 2016.
- GOLDREICH, Y. (1992). Urban climate studies in Johannesburg, A sub-Tropical city located on a ridge - A review. **Atmospheric Environment**, v. 26B, n. 3, p. 407-420.
- HOWARD. L. (1818). *The Climate of London - Meteorological Observations, Made at Different Places in the Neighborhood of Metropolis*. Ed. W. Phil., Londres.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Censo Populacional 2010**. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010>>. Acesso em: 18 de ago. de 2020.
- LEITE, M. L.; FILHO, J. S. V. Avaliação da velocidade média e direção predominante do vento em Ponta Grossa – PR. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 14, n. 2, p. 157-167, 2006.
- MIALHE, L.G. A energia dos ventos. In: **Máquinas Motoras na Agricultura**. v. 1, São Paulo: EDUSP, 1980. p. 75-93.
- MATHEUS, C. *et al.* Desempenho Térmico de Envolvórias Vegetada Sem Edificações no Sudeste Brasileiro. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 71-81, jan./mar. 2016.
- NASCIMENTO, F. C. A.; ARAÚJO, F. R. C. D.; SANTOS, C. A. C.; SANTOS, E. G. Análise das mudanças ambientais provocadas pela expansão urbana na cidade de Mossoró-RN,

através do uso de técnicas de Sensoriamento Remoto. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol. 7, n. 4, 2014.

NOBRE, Carlos A.; OBREGÓN, Guillermo O.; MARENGO, José A.; FU, Rong; POVEDA, German. Characteristics of Amazonian climate: main features. **Amazonia And Global Change**, [S.L.], p. 149-162, 2009. American Geophysical Union.

SHAMS, J. C. A.; GIACOMELI, D. C.; SUCOMINE, N. M. Emprego Da Arborização Na Melhoria Do Conforto Térmico Nos Espaços Livres Públicos. **Revista Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba – Sp, v. 4, p. 1-16, dez. 2009.

SILVA, J.B.; ZANUSSO, J.F.; SILVEIRA, D.L.M. Estudo da velocidade e direção dos ventos em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 227-235, 1997.

SOLOMON, S. **Climate Change 2007**: the physical science basis. contribution of working group in to the fourth assessment report of the IPCC. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia**. Brasília – DF: INMET, Gráfica e Editora pax, 2001. 532p.

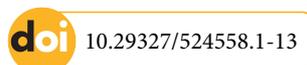
VERA, C.W.; HIGGINS, J.; AMADOR, T.; AMBRIZZI, R.; GARREAUD, D.; GOCHIS, D.; GUTZLER, D.; LETTENMAIER, J.; Marengo, C. R.; MECHOSO, J.; NOGUES-PAEGLE, P. L.; SILVIA DIAS; ZHANG, C. Toward an Unified Vision of the American Monsoon Systems, *J. Clim.*, 19, 4978-5000, 2006.

[CAPÍTULO 13]

ESTUDO DOS MACROINVERTEBRADOS EM DOIS TRIBUTÁRIOS DO RIO ARIENGA EM BARCARENA NO ESTADO DO PARÁ

Silvia Tereza da Silva Alves

José Moacir Ferreira Ribeiro



INTRODUÇÃO

Os organismos bentônicos possuem grande diversidade de espécie, diversas formas e modos de vida, podendo habitar fundos de corredeiras, riachos, rios, lagos, represas e igarapés (SILVEIRA et al. 2004). Em geral se situam numa posição intermediária na cadeia alimentar, tendo como principal alimentação algas e microorganismos, sendo os peixes e outros vertebrados seus principais predadores (SILVEIRA, 2004).

Quanto à macrofauna bentônica, como indicadora de poluição no Brasil, segundo ROCHA (1997) as informações bibliográficas existentes até cerca de 20 anos atrás eram restritas a estudos de taxonomia de certos grupos de organismos, efetuados em institutos de pesquisa, universidades etc.

Entretanto, como menciona esse mesmo autor, a partir da década de 70, vários pesquisadores passaram a ter o interesse despertado para a importância dos organismos bentônicos como possível instrumento na avaliação da qualidade ambiental, permitindo um melhor conhecimento da biologia e entendimento do comportamento e distribuição das espécies do meio.

Os macroinvertebrados bentônicos ou macrozoobentos são insetos, crustáceos, moluscos e outros organismos que habitam o fundo de ambientes aquáticos durante pelo menos parte de seu ciclo de vida e ocupam os mais diversos tipos de substratos, tanto orgânicos (serapilheira, macrófitas aquáticas), quanto inorgânicos (cascalho, troncos de árvores caídas, areia, rochas etc.) (ROSENBERG e RESH, 1993 a,b). Sua distribuição e diversidade são diretamente influenciadas pelo tipo de substrato, pela morfologia do corpo d'água, pela quantidade e tipo de detritos orgânicos, pela presença de vegetação aquática e pela presença e extensão de vegetação ribeirinha; indiretamente são afetadas por modificações nas concentrações de nutrientes e mudanças na produtividade primária (GALDEAN et al., 2000 apud GOULART e CALLISTO, 2001).

Segundo Meybeck e Helmer (1992), a qualidade de um ambiente aquático pode ser definida: I) segundo a presença de substâncias inorgânicas ou orgânicas em diferentes

concentrações e especiações; II) segundo a composição e estrutura da biota aquática presente no corpo de água.

A qualidade das águas superficiais depende do clima e do solo da região, da vegetação circundante, do ecossistema aquático e da influência do homem. Portanto, sofre variações temporais e espaciais em decorrência de processos internos e externos ao corpo de água.

A água é um dos fatores mais importantes na natureza amazônica e ocupa uma área considerável nesta região. SIOLI (1984) afirmou que “para a compreensão da região amazônica a água deve ser considerada como o fator mais característico no conjunto da Hiléia”, haja vista ter o mesmo papel decisivo na formação e transformação da paisagem natural.

Segundo BRANCO (1991), a expressão “qualidade da água” não se refere a um grau de pureza absoluto, mas sim a um padrão tão próximo quanto possível do “natural”, isto é, tal como se encontra nas nascentes, antes do contato com o homem. Além disso, há um grau de pureza desejável, o qual dependendo seu uso, que inclui abastecimento, irrigação, industrial, pesca, entre outros.

O monitoramento, antes realizado somente a partir das análises físicas e químicas do ambiente, hoje conta com vários outros parâmetros de qualidade, principalmente biomonitoramento e ecotoxicológicos, que auxiliam na interpretação dos dados, que isolados, nem sempre refletem as condições do ambiente (SILVA, 2000). A avaliação apenas da água também pode mascarar a real situação de um ecossistema aquático, sendo importante a inclusão da avaliação da qualidade do sedimento, compartimento importante, pois participa de processos de depuração e funciona como um depósito de nutrientes e contaminantes (CHAPMAN, 2000).

De acordo com vários autores, diferentes grupos de organismos indicam, de forma distintos, os efeitos da poluição ao nível de alterações, que compreendem desde o grau de sobrevivência até uma mudança comportamental, passando por vários níveis fisiológicos (ROSENBERG e RESH, 1993 a,b).

Segundo BARBOSA et al. (1995), os métodos biológicos pressupõem que as atividades antrópicas produzem efeitos que afetam a organização e o funcionamento das comunidades naturais, comprometendo, portanto, a integridade desses ecossistemas. Diante disso, bioindicadores tem sido amplamente discutido, por serem organismos sensíveis a diferentes ambientes, eutrofizados ou não, favorecendo na obtenção de respostas do ecossistema aquático avaliado.

A comunidade de invertebrados bentônicos apresenta uma elevada riqueza taxonômica, incluindo protozoários, vermes pertencentes a diversos filos, crustáceos, moluscos e insetos (adultos e imaturos), entre outros. Devido à sua grande diversidade de espécies, a comunidade macrobentônica apresenta diversas formas e modos de vida, adaptando-se ao hábitat local, os quais podem ser: fundos de corredeiras, riachos, rios, lagoas e represas.

Segundo METCALFE (1989) e BRANDIMARTE et al. (2004), algumas das vantagens que destacam os invertebrados bentônicos como os mais utilizados nas avaliações de efeitos de impactos antrópicos sobre os ecossistemas aquáticos são:

- a) Constituem um grupo bastante diverso e cosmopolita, sendo sensíveis a vários tipos de poluentes e distúrbios físicos (processos de erosão e assoreamento, por exemplo);
- b) Sua coleta é de baixo custo e requer aparelhagem relativamente simples e barata;
- c) Por estarem associados ao sedimento e serem relativamente sésseis, permitem:
 1. Registrar um tempo maior de impactos do que a avaliação de parâmetros físicos, químicos e físico-químicos, servindo como testemunhas tanto de impactos recentes como de médio prazo,
 2. Associar sua presença ou ausência às alterações das condições de seu hábitat, já que estão intimamente associados a eles;
- d) Presença de espécies com ciclo de vida longo em relação a outros organismos, possibilitando um maior tempo de efeitos de ações antrópicas sobre a comunidade.

O objetivo desta pesquisa foi caracterizar a macrofauna bentônica e avaliar a qualidade da água do igarapé tributário do Arienga na área de influência direta que a afetada pelo projeto, através de parâmetros físico-químicos e desta forma fornecer dados para a gerência deste projeto, no intuito de subsidiar o monitoramento e ações para preservação dos seus recursos hídricos, atendendo a uma das necessidades indicadas no seu Plano de Controle Ambiental, editado no ano de 2006. Este trabalho de pesquisa além de disponibilizar dados sobre a fauna bentônica, contribuindo com pesquisas futuras, poderá diminuir a lacuna causada pela falta de conhecimento, visto que não há registro de levantamentos de macroinvertebrados bentônicos no município de Barcarena-PA na área de estudo, sendo esta a primeira pesquisa desenvolvida nesta localidade.

METODOLOGIA

Área de estudo

A área estudada possui 588 hectares e está localizada no município de Barcarena-PA (Figura 1) com as coordenadas geográficas de (1°30'21"S e 48°37'33" W), às proximidades da Vila do Conde, com cerca de 20 km da cidade de Belém, com acesso através do sistema rodo-fluvial via porto Arapari ou pela rodovia BR-316 pela estrada da Alça Viária.

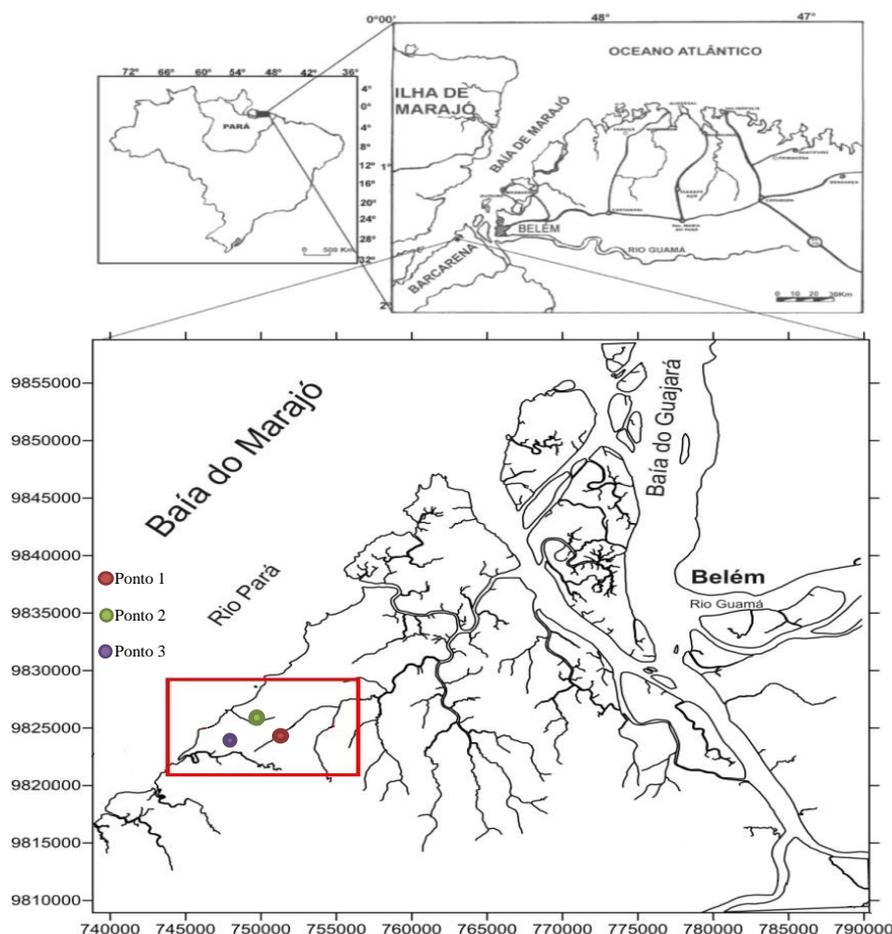


Figura 1. Localização dos pontos na área de estudo no município de Barcarena-PA.

A pesquisa foi realizada no período de dezembro de 2006 à dezembro de 2007 em um igarapé do rio Arienga, afluente do Rio Pará, localizado na micro bacia do rio Murucupi em outro igarapé do rio Arienga, tributário do furo do Arrozal, constituinte da bacia hidrográfica dos rios Tocantins e Araguaia.

O clima da região segue a classificação de Köppen, “equatorial úmido” do tipo Af, cuja característica principal é a alta temperatura (sempre acima de 18°C). As áreas que

apresentam valores pluviométricos médios anuais entre 2.500mm a 3.000 mm ocorrem predominantemente na costa litorânea paraense (Köppen, 1948).

A região de Barcarena é caracterizada por apresentar predominantemente três tipos de solos, segundo a descrição de RADAM (1974): Latossolo Amarelo Distrófico, Podzol Hidromórfico e o solo Concrecionário Laterítico.

Os recursos hídricos ao longo dos anos têm sido objeto primordial de estudo, devido a sua alta vulnerabilidade a contaminante e agentes poluidores, o que podem acarretar danos irreparáveis a fauna, flora e ao ser humano. Desta forma é de fundamental importância o estudo ambiental, seja biótico ou abiótico de áreas potencialmente vulneráveis a impactos ambientais, tanto em pequena escala como em média escala.

O ambiente a ser estudado caracteriza-se por fragmentos de Floresta secundária (capoeirão), várzea e áreas alteradas pela ação antrópica entrecortadas por pequenos córregos, com grande influência do igarapé Arienga. Esses ecossistemas apresentam pouca variedade vegetal comprometendo a abundância zoológica do local.

Tratando-se de uma área parcialmente atingida pela ação do homem sobre o ponto de vista de flora e fauna e como temos que definir algumas medidas sobre possíveis ações antrópicas nos ecossistemas (construções e industrialização), torna-se necessário realizar alguns levantamentos nas áreas de influência dos projetos da Vale.

Os processos que operam em determinado trecho de um rio são influenciados pela entrada da biomassa produzida a montante e nas margens; o canal fluvial, por sua vez, concentra a biomassa que é exportada para jusante e eventualmente para as margens durante as enchentes (SILVEIRA, 2004).

Amostragens

As coletas foram realizadas no leito do Tributário do Arienga em três pontos amostrais, denominados de Ponto TA1 (9822983-753993UTM), Ponto TA2 (9822503-753863UTM), Ponto TA3 (9823603 -753632UTM) no período de dezembro de 2006 a dezembro de 2007, nas seguintes datas: 11/12/06, 12/02/07, 21/12/07 e 11/02/08.

O Ponto TA1 (Figura 2A) localiza-se aproximadamente a 1,1 km de uma nascente em propriedade particular. A área possui mata ciliar em bom estado de conservação em ambas as margens e grande quantidade de folhas no leito do córrego.

O Ponto TA2 (Figura 2B) está situado em localidade sem acesso aos visitantes, com vegetação ciliar em bom estado, presença de grande quantidade de sedimento fino em alguns pontos do leito do córrego, distante aproximadamente 1 km do Ponto TA3 (Figura 2C) que se encontra no final de uma trilha, com maior entrada de iluminação solar.

As coletas de macroinvertebrados bentônicos foram padronizadas, para reduzir a variabilidade das amostras. Por isso, métodos de coletas que empregam substratos artificiais podem ser utilizados também na amostragem do grupo; tais métodos vêm sendo empregados com bons resultados em sistemas naturais (KUHLMANN, 2000; IMBIMBO, 2001; HENRIQUES DE OLIVEIRA, 2002; CZERNIAWSKA-KUSZA, 2004; SILVEIRA e QUEIROZ, 2006).

Existem dois tipos de substratos mais recomendados e usados na amostragem de macroinvertebrados bentônicos, placas múltiplas e cestos preenchidos com pedras (KLEMM et al., 1990; KUHLMANN, 2000; APHA, 1995).

No presente estudo serão adotados cestos construídos em tela de polietileno, com abertura de 1 centímetro e capacidade total equivalente a 5.000 centímetros cúbicos (20 cm x 10 cm x 25 em), preenchidos com brita com diâmetro aproximado de 4 centímetros, segundo o método proposto por KUHLMANN (2000) e IMBIMBO (2001) (Figura 3A). Antes da retirada, os cestos, ainda imersos, serão introduzidos em sacos plásticos, de modo a prevenir a perda dos organismos.



Figura 2. Pontos de coletas: **(A)** Área com mata ciliar preservada; **(B)** Área com acesso a visitantes; **(C)** Área parcialmente preservada com entrada de iluminação solar. (Fotos: Alves, S.T.S).

Foram utilizados cestos coletores artificiais dispostos em cada um dos pontos de amostragem nos cursos d'água da área de influência direta (Figura 3 B-F); as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e fixadas com formol 4% (eventualmente coradas com Rosa de Bengala). As amostras foram lavadas e triadas sob estereomicroscópio; os organismos foram preservados em etanol 70% e fixados em lâminas para facilitar a identificação no Laboratório de Ecologia Aquática e Aquicultura Tropical da Universidade Federal Rural da Amazônia -UFRA.

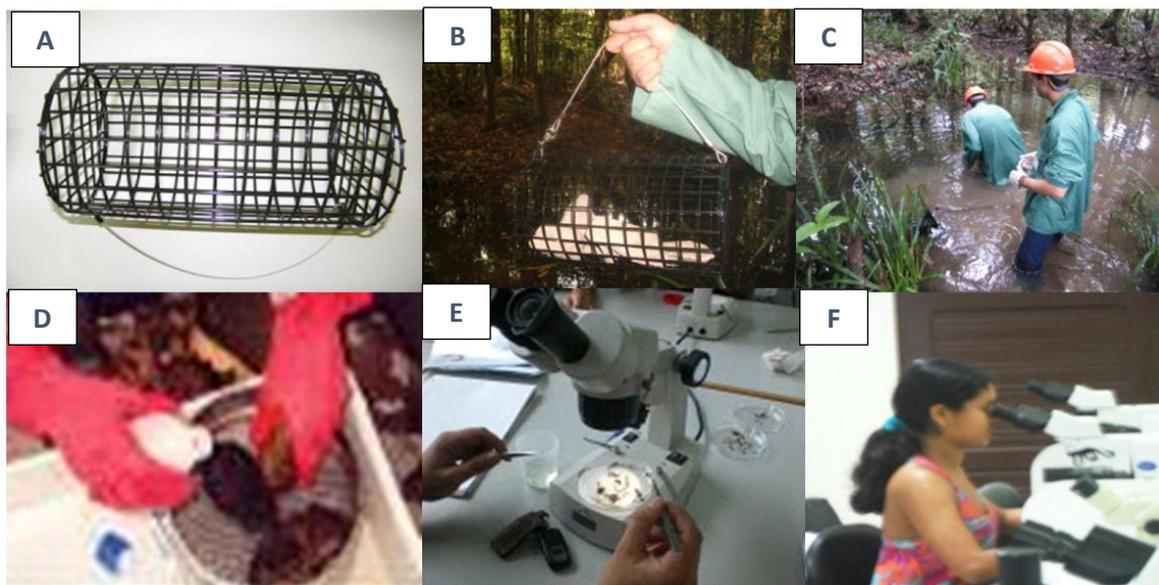


Figura 3. Procedimento de Coleta e análise de material de Macroinvertebrados. **(A)** Cesto coletor; **(B)** Fixação do cesto coletor; **(C)** Retirada do cesto coletor; **(D)** Triagem do material e Análise do material coletado e **(E),(F)** Identificação e análise do material.

As amostras de água para a análise de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos foram coletadas nos locais amostrados diretamente em frascos padrão fornecido pelo Laboratório, previamente identificados e preparados para tal. Após a coleta os frascos foram acondicionados em caixas térmicas e transportados para o Laboratório. Os parâmetros físicos analisados foram: a temperatura do ar e da água ($^{\circ}\text{C}$), condutividade elétrica ($\mu\text{S.cm.l}^{-1}$), profundidade, vazão e índice pluviométrico. Os parâmetros químicos analisados foram: oxigênio dissolvido ($\text{O}_2 \text{ mg.l}^{-1}$), pH (unidades), Fósforo total (P mg.l^{-1}), Nitrogênio Nitrato (N mg.l^{-1}), Nitrogênio Nitrito (N.mg.l^{-1}), Nitrogênio amoniacal (N mg.l^{-1}), DQO – Demanda química de oxigênio ($\text{O}_2 \text{ mg.l}^{-1}$), DBO – Demanda bioquímica de oxigênio ($\text{O}_2 \text{ mg.l}^{-1}$) e Cloretos (Cl mg.l^{-1}). Os parâmetros microbiológicos foram: Coliformes Totais (NMP.100ml^{-1}) e *Escherichia coli* (NMP.100ml^{-1}).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletados macroinvertebrados bentônicos, considerando-se todos os pontos amostrados, divididos 11 ordens, pertencentes a 27 famílias. Os táxons com maior abundância foram os Diptera com 55%, seguido de Ephemeroptera com 14%, Trichoptera com 14% e Odonata com 7% do total de táxons identificados. Os dípteros foram dominantes em todos os pontos de coleta, com 61% de abundância no ponto TA-2.

A ordem Diptera, representa 55% dos organismos identificados, tem sido muito estudada em função de sua grande aplicação como bioindicadores de qualidade de águas,

principalmente como indicadora de ambientes alterados com grande carga de matéria orgânica (CALLISTO et al., 2001). Destaca-se nesta ordem a família Chironomidae, a mais abundante neste estudo, apresenta indivíduos capazes de viver em condição de anoxia (depleção total de oxigênio) por várias horas, além de serem organismos detritívoros, se alimentando de matéria orgânica depositada no sedimento, o que favorece a sua adaptação aos mais diversos ambientes (GOULART e CALLISTO, 2003). Os representantes desta família figuram entre os grupos mais comumente encontrados em ambientes de água doce, sendo frequentemente o mais abundante (CARVALHO e UIEDA, 2004). Estes organismos têm ampla plasticidade ambiental, habitando lugares inóspitos, onde outros organismos mais sensíveis, como os Ephemeroptera e Plecoptera, não estariam. Plecoptera é a ordem mais exigente em termos de qualidade ambiental, tendo sido coletada e utilizada com frequência no monitoramento da qualidade da água em ambientes preservados (RIBEIRO e RAFAEL, 2007; RIBEIRO e RAFAEL, 2009; RIBEIRO e GORAYEB, 2014; RIBEIRO e GORAYEB, 2015; RIBEIRO e GORAYEB, 2016; RIBEIRO e SANTOS, 2018).

Apesar da dominância do grupo da ordem de Diptera, notou-se as seguintes frequências de ocorrências: família Chironomidae (Diptera) e Hydroptilidae (Trichoptera) 100%, famílias Elmidae (Coleoptera) e Leptophlebiidae (Ephemeroptera) 70% nos pontos amostrados. Para OSBORNE e KOVACIC (1993), os EPTs (Trichoptera, Ephemeroptera e Plecoptera) e alguns Odonatas, são considerados intolerantes a poluição orgânica. Esses mesmos autores afirmam que a distribuição de organismos nos habitats aquáticos disponíveis é geralmente regulada por diversos fatores, sendo que um dos mais importantes é a tolerância as condições físicas e químicas da água. A presença de tais ordens indica que o ambiente não está sendo fortemente afetado por alterações ambientais, visto que tais organismos são considerados sensíveis a componentes orgânicos (MAZZINI, 2007).

Compreender como as comunidades de macroinvertebrados bentônicos se organizam e se estruturam, além de auxiliar na avaliação das propriedades das águas e fornecer uma estimativa das implicações ecológicas promovidas pelas fontes de poluição (CALLISTO et al., 2001). Os principais grupos de macroinvertebrados e sua função nos ecossistemas aquáticos são descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Macroinvertebrados aquáticos indicadores de boa qualidade da água (MCGAVIN, 2001; DOMÍNGUEZ & FERNÁNDEZ, 2001; GAMBOA et al., 2008).

| Ordem de Inseto | Ecologia |
|---|--|
|  PLECOPTERA | <ul style="list-style-type: none"> • Nome comum: Moscas das pedras (Família mais comum Perlidae); • Ciclo de vida: hemimetábolos (ninfas aquáticas e adultos voadores); • Fase Indicadora: Ninfas. Muito sensíveis à poluição; • Alimentação: Ninfas carnívoras em último instar; • Habitat: Rios de águas turbulentas, camadas de cascalho; corredeiras; |
|  EFEMEROPTERA | <ul style="list-style-type: none"> • Nome comum: Efemeroptera (Família mais Comum: Baetidae, Leptophlebiidae, Leptohyphidae, Caenidae); • Ciclo de vida: hemimetábolos (ninfas aquáticas e adultos voadores); • Fase Indicadora: ninfas; • Alimentação: Ninfas Herbívoras; • Habitat: rios e lagos; |
|  TRICOPTERA | <ul style="list-style-type: none"> • Nome comum: Caddisfly (Família mais comum Hidropsiphidae, Hidroptilidae, Leptoceridae); • Ciclo de Vida: hemimetábolos (ninfas, pupas e adultos aquáticos e voadores); • Fase Indicadora: ninfas; • Alimentação: ninfas predadoras ou herbívoras; • Habitat: rios de águas lentas e rápidas; |
|  ODONATA | <ul style="list-style-type: none"> • Nome comum: libélulas (famílias mais comuns: Libellulidae, Coenagrionidae); • Ciclo de Vida: hemimetábolos (larvas aquáticas e adultos voadores); • Fase Indicadora: Larvas; • Alimentação: ninfas predadoras; • Habitat: Riachos |
|  COLEOPTERA | <ul style="list-style-type: none"> • Nome comum: Besouro (Família Comum: Elmidae, Ptylodactilidae, Phesenidae, Dytiscidae, Hydrophilidae); • ciclo de vida: a metamorfose completa (larvas, pupas e adultos); • Fase Indicadora: Larvas; • Alimentação: herbívoros e ninfas predadoras; • Habitat: ampla distribuição (zonas de salinidade, Lagos, rios); |
|  DIPTERA | <ul style="list-style-type: none"> • Nomes comuns: moscas, mosquitos (Famílias Comuns: Simuliidae, Tipulidae, Dixidae, Athericidae, Blephariceridae); • Ciclo de Vida: Metamorfose completa: (ovos, larvas, pupas e adultos voando); • Fase Indicadora: Larvas • Alimentação: larvas filtradoras e raspadoras; • Habitat: Rios de fluxo lento; |

Os resultados dos parâmetros físico-químicos nos três pontos amostrais apresentaram pouca variação, conforme demonstrado na Tabela 2, onde a qualidade da água do igarapé Arienga está dentro dos parâmetros exigidos pela Resolução CONAMA, 357/2005 (alterada pelas Resoluções 410/2009 e 430/2011) para rios de Classe II (BRASIL, 2005).

Com relação aos parâmetros biológicos, o maior valor de DBO encontrado nesta pesquisa foi de 2,2 mg.l⁻¹, no Ponto 1. A DBO é um parâmetro que indica a presença de maior ou menor quantidade de substâncias ávidas por oxigênio na massa líquida, sendo

uma medida de carga poluidora. Para classe de água 2, este parâmetro deve ter valores inferiores a $5,0 \text{ mg.l}^{-1}$ de O_2 .

O parâmetro Coliforme Total apresentou o maior valor ($112.000 \text{ NMP.100mg.l}^{-1}$) no ponto 3 e menor valor ($36.000 \text{ NMP.100 mg.l}^{-1}$) no Ponto 1.

Houve um aumento significativo de Coliforme Total e *Escherichia coli*, nos três pontos amostrais na coleta 2 realizada em abril de 2009, esse fato não deve ser identificado como caso de poluição, por se tratar de um fato pontual e pode ser explicado, pelo fato deste mês ter tido o maior índice pluviométrico, comparado com os outros meses de coleta, segundo informações do Boletim Anual, fornecido pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), apresentando $40,00 \text{ mm}$ entre os dias 15 a 20/12/06, contra $34,20 \text{ mm}$ entre os dias 01 a 10 de dezembro/2007, $52,60 \text{ mm}$ entre os dias 23 e 25/04/07 e $54,20 \text{ mm}$ entre os dias 07 a 11/07/08.

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos e bacteriológicos das amostras de água coletadas no Rio Arienga nos Pontos 1, 2 e 3, entre os meses de dezembro/2006 a dezembro/2008, Barcarena – PA.

| Parâmetros Físicos-Químicos e Bacteriológicos | Amostras | | | | | | | | |
|--|----------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| | P-1 | | | P-2 | | | P-3 | | |
| Pontos de coletas | C-1 | C-2 | C-3 | C-1 | C-2 | C-3 | C-1 | C-2 | C-3 |
| Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) | 23,0 | 23,0 | 23,0 | 22,0 | 22,0 | 22,0 | 20,0 | 20,0 | 20,0 |
| Temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$) | 21,6 | 23,5 | 23,5 | 21,4 | 25,6 | 25,6 | 25,7 | 21,4 | 21,4 |
| Oxigênio Dissolvido (mg.l^{-1}) | 6,7 | 10,0 | 10,0 | 8,2 | 15,0 | 15,0 | 9,2 | 8,9 | 7,9 |
| pH unidade | 6,9 | 6,2 | 6,2 | 6,2 | 6,8 | 6,8 | 6,5 | 7,5 | 7,4 |
| Condutividade elétrica $\mu\text{S.cm.l}^{-1}$ | 3,3 | N/R | 3,3 | N/R | 34 | 34 | 32 | 34 | N/R |
| Cloretos (mg.l^{-1}) | 2,00 | 2,40 | 1,45 | 1,00 | 1,42 | 1,42 | 0,99 | 1,2 | 1,5 |
| Fosforo Total (mg.l^{-1}) | 0,018 | 0,015 | 0,015 | 0,016 | 0,012 | 0,012 | 0,015 | 0,045 | 0,007 |
| Nitrato (mg.l^{-1}) | 0,38 | 0,28 | 0,28 | 0,40 | 0,30 | 0,30 | 0,39 | 0,37 | 0,28 |
| Nitrito (mg.l^{-1}) | 0,004 | 0,005 | 0,005 | 0,004 | 0,005 | 0,005 | 0,001 | 0,001 | 0,002 |
| Nitrogênio Amoniacal (mg.l^{-1}) | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,024 | 0,024 | 0,024 | 0,014 | 0,029 | 0,011 |
| DQO (mg.l^{-1}) | 4,5 | 1,0 | 1,0 | 4,5 | 3,0 | 3,0 | 8,9 | <2,0 | 6,5 |
| DBO (mg.l^{-1}) | <2,0 | 2,2 | 2,0 | <3,0 | 3,0 | 3,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 |
| Coliforme Total NMP.100 ml^{-1} | 42.000 | 36.000 | 93.000 | 39.000 | 95.000 | 95.000 | 112.000 | 96.000 | 15.000 |
| <i>Escherichia coli</i> - NMP.100 ml^{-1} | 699 | 2.500 | 2.500 | 797 | 2.100 | 2.100 | 238 | 458 | 69 |

1

N/R - Não registrado.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstram a importância da preservação do Tributário do rio Arienga para o estabelecimento e manutenção das várias espécies de macroinvertebrados

bentônicos que nele foram encontradas, bem como para a dessedentação da fauna silvestre na área de estudo.

Táxons intolerantes à poluição tais como Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera e Odonata, foram frequentes em todos os pontos. Indicando um ambiente pouco perturbado por ação antrópica.

Pode-se inferir que em relação aos parâmetros físico-químicos, a água em todos os pontos de coleta no período de estudo, pode ser classificada como pouco poluída. Já em relação ao parâmetro microbiológico *E. coli*, a qualidade da água variou entre pouco a moderadamente poluída.

Considera-se, que os resultados obtidos foram úteis para o avanço do estado de conhecimento das populações invertebrados bentônicos da região, além de colaborar com o papel destes animais como ferramenta importante na avaliação da saúde e integridade dos ecossistemas aquáticos.

REFERÊNCIAS

- APHA, 1995. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 20th ed. APHA/AWWA/WEF New York.
- BARBOSA, F.; MAIA-BARBOSA, P.; SANTOS, M. B. L.; MINGOTTI, S.; AQUINO, V. **Nova ferramenta para o monitoramento da qualidade da água.** Ciência Hoje, v. 19, n. 110, p. 16-17, 1995.
- BRANDIMARTE, A. L.; SHIMIZU, G. Y.; ANAYA, M.; KUHLMANN, M. L. **Amostragem de invertebrados bentônicos.** In: BICUDO, C. E. M.; BICUDO, D. C. (Ed.). Amostragem em limnologia. Rio de Janeiro, 2004. p. 213-230.
- BRASIL, 2005. Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução CONAMA nº 357, 17 de março de 2005.
- CALLISTO, M.; MORENO, P.; BARBOSA, F.A.R. 2001. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. **Revista Brasileira de Biologia. São Carlos.** 61(2): 259-266.
- CARVALHO, E.M.; UIEDA, V.5., 2004. **Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga,** São Paulo, Brasil. Rev. Bras. Zool., 21(2): 287-293.
- CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. RESOLUÇÃO Nº 357, DE 17 DE MARÇO DE 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> > acessado em 05 de agosto de 2007.
- CHAPMANN, P. M., 2000. The sediment quality tria: Then, now and tomorrow. Int. J. Environment and Pollution, Geneva, v. 13, nº1, p.351-355.

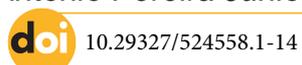
- CLEMENTS, W. H.; VAN HASSEL, J.H.; CHERRY, D.5.; CAIRNS j-, J., 1989. Colonization, variability, and use of substratum filled trays for biomonitoring benthic communities. *Hydrobiologia*, 173:45-53.
- DOMINGUEZ, E.; M. D. Hubbard; M. L. Pescador y C. Molineri. 2001. Ephemeroptera., pp. 17-53. En: **Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos**. H. R. FERNÁNDEZ y E. Domínguez (Eds.) Serie Investigaciones de la U.N.T. Subserie: Ciencias Exactas y Naturales, Eudet. Universidad Nacional de Tucumán.
- GAMBOA, M.; REYES, R.; ARRIVILLAGA, J. 2008. **Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental**. Boletín de Malariología y Salud Ambiental Vol. XLVIII, Nº 2, PP. 109-120.
- GOULART, M.; CALLISTO, M. 2005. **Mayfly diversity in the brazilian tropical headwaters of Serra of the Cipó**. *Braz. Arch. Biol. Technol. Curitiba*. 48(6): 983-996.
- IMBIMBO, H,RV., 2001. Estudo comparativo da eficácia de dois amostradores de comunidade bentônica no diagnóstico da qualidade da água do rio Tietê. **Dissertação de mestrado, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo**. 89p.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**. Buenos Aires: Fundo de Cultura Econômica, 1948.
- KUHLMANN, M. L., 2000. Invertebrados bentônicos e qualidade ambiental. **Tese de doutorado, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo**. 133p. + apêndices.
- MAZZINI, F. 2007. Efeitos da resolução taxonômica de invertebrados bentônicos no diagnóstico na qualidade de ecossistemas lóticos. **Dissertação de Mestrado, Escola Superior de agricultura Luis de Queiroz, Piracicaba** – São Paulo.
- MCGAVIN G. 2001. *Entomología Esencial*. Editorial Ariel ciência. Barcelona, España. 355pp.
- METCALFE, J. L. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: history and present status in Europe. **Environmental Pollution**, v. 60, p. 101-39, 1989.
- OSBORNE, L. L. & KOVACIC, D. A. 1993. Riparian vegetated buffer strips in water quality restoration and stream management. **Freshwater Biology**, 29 (2): 243-258 p.
- PÉREZ, G. R. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia, 1996. p217 p.
- RADAM BRASIL. Folha Na 01; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1976
- RIBEIRO, J.M.F. & RAFAEL. J.A. (2007) Description of one new species and a key to adults of *Macrogynoplax Enderlein* (Plecoptera, Perlidae) from Reserva Florestal Adolpho Ducke, Amazonas, Brazil. *Zootaxa*, 1511, 17–28.
- RIBEIRO, J.M.F. & RAFAEL, J.A. (2009) Redescription of the species of *Anacroneuria Klapálek* known from the Reserva Florestal Adolpho Ducke, Amazonas, Brazil, with a neotype designation, and a key to adult males, Amazonas, Brazil (Plecoptera, Perlidae). *Zootaxa*, 2004, 1–15.
- RIBEIRO, J.M.F. & GORAYEB, I.S. (2014) Description of immatures and association with adults of three species of *Anacroneuria Klapálek* (Plecoptera: Perlidae) of the Brazilian Amazon. *Zootaxa*, 3881 (1), 17–32. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3881.1.2>

- RIBEIRO, J.M.F. & GORAYEB, I.S (2015) Description of immatures associated with adults of two species of *Macrogynoplax* Enderlein and one species of *Enderleina* Jewett (Plecoptera: Perlidae) of the Brazilian Amazon. *Zootaxa*, 3948 (1), 109– 124.
- RIBEIRO, J.M. & GORAYEB, I.S. (2016) Key to Plecoptera nymphs from the Brazilian Amazon (Insect). *Zootaxa*, 4208 (5), 433– 445.
- RIBEIRO, J.M.F. & DOS SANTOS, C.R.M. (2018) Checklist of the Plecoptera of Brazilian Amazon (Insecta: Plecoptera: Perlidae). *Zootaxa*, 4514 (4), 563–572.
- ROCHA, A.A. 1997. Estado da arte no Brasil: Uma abordagem crítica. 1997 (no prelo)
- ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. 1993a. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall, 448 p.
- ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. 1993a. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. New York: Chapman & Hall, 448 p.
- ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. 1993b. **Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. In: Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. (eds.) Rosenberg, D.M. and Resh, V.H. Chapman and Hall, New York, pp. 1-9.
- SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F., 2006. **USO de coletores com substrato artificial para monitoramento biológico de qualidade de água**. Comunicado Técnico n.39. Embrapa, Jaguariúna. ISSN 1516-8638.
- SILVEIRA, M. P., 2004. **Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios. Jaguariúna**: Embrapa Meio Ambiente. 68p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 36).
- SIOLI, H. 1951. **Alguns resultados e problemas da limnologia amazônica**: I.A.N. Boletim Técnico, n. 24.
- SIOLI, H. 1984. The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types. In: Sioli, H. **The Amazon: limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin**. Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht. 763pp.

[CAPÍTULO 14]

**CASOS DE MALÁRIA NOTIFICADOS NOS ÚLTIMOS ANOS NO
MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS, PARÁ**

*Jaqueline Prestes de Cristo
Andreia Fernandes Gonçalves
Adriana Santos da Silveira
Antônio Pereira Júnior*



INTRODUÇÃO

A malária é conhecida desde a Antiguidade por povos egípcios e chineses. Os colonizadores europeus quando percorriam a América trouxeram consigo as espécies de protozoários: *Plasmodium malariae* e *Plasmodium vivax*. E a espécie *Plasmodium (P.) falciparum*, surgiu juntamente com a importação de escravos da África para o continente americano, a partir de 1620. Acredita-se que a malária surgiu na América durante o tráfico de escravos africanos em porões de navios negreiros, com a finalidade de exportar mão de obra escrava para plantações no Brasil e demais países do continente (AMARAL,2015).

Em 2012 houve registro de ocorrência da doença em 104 países e territórios nas regiões tropicais e subtropicais no mundo. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que por ano ocorram 219 milhões de novos casos e cerca de 660 mil mortes, principalmente em crianças menores de 5 anos e mulheres grávidas. No Brasil, a área endêmica compreende a região amazônica brasileira, incluindo os estados do Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins, Mato Grosso e Maranhão, totalizando 808 municípios (SANTELLI, 2016).

Nessa região, as condições propícias para a sobrevivência do vetor e as condições socioeconômicas e ambientais favorecem a transmissão da doença. Na Amazônia brasileira, a temperatura e umidade mantêm os vetores em *habitats* naturais e naqueles modificados pelo homem, como lagos, charcos e valetas. As atividades humanas relacionadas à exploração de minerais e uso do solo intensificam a formação de ambientes propícios à proliferação da malária. O crescente processo de ocupação desordenada, em condições precárias de vida e de saúde,⁶ pode aumentar o risco de proliferação da doença por intensificar a circulação de pessoas (MACIEL et al., 2013).

No que diz respeito às chuvas, a variabilidade anual da precipitação contribui para a alteração da densidade vetorial, além de proporcionar o meio aquático para a fase do ciclo de vida dos mosquitos, aumento nas condições de umidade e, conseqüentemente, a

longevidade dos vetores. Apesar da precipitação ter um papel importante sobre os casos da doença, o seu efeito, intensidade, pode variar com as circunstâncias de determinadas regiões geográficas 8. Outro fator relevante é o entendimento da atuação hidrológica na resposta dos casos de malária. Variações sazonais dos níveis hidrológicos contribuem para a formação de criadouros potenciais, provocando impacto significativo na flutuação e incidência da malária (WOLFARTH-COUTO; SILVA; FILIZOLA, 2019).

Dessa forma, em 2012, foram notificados 242.756 casos novos de malária, o que representou uma redução de 9,1% em comparação ao ano anterior. Desse total, 235.078 notificações positivas tiveram como local provável de infecção a Região Amazônica, e 100 notificações, a Região Extra-amazônica. Foram registrados 7.578 casos com local provável de infecção em outros países. Além dos casos novos, foram registradas 39.279 possíveis recidivas (recrudescência ou recaída), que são classificadas nos sistemas de informação como Lâminas de Verificação de Cura (LVC) positivas. Embora nesse ano os casos ocorridos na Região Amazônica apresentem redução de 9,9% se comparados a 2011, houve um aumento de nove casos na Região Extra-amazônica, assim como aumento de 27,2% das notificações com local provável de infecção em outro país (MINISTERIO DA SAÚDE, 2015).

No Brasil, mais de 99% dos casos de malária são registrados na região amazônica, que engloba os estados do Acre, Amazonas, Amapá, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins. Nessa região, as condições propícias para a sobrevivência do vetor e as condições socioeconômicas e ambientais favorecem a transmissão da doença (LAPOUBLE; SANTELLI; MUNIZ-JUNQUEIRA 2015). Nos últimos anos, o Ministério da Saúde (MS) do Brasil iniciou amplo processo de envolvimento dos gestores de saúde nos estados e municípios da Amazônia, promovendo a articulação de forças multissetoriais para ações de vigilância, controle e combate à malária. Como fruto inicial do programa, o índice parasitário anual (IPA) por mil habitantes, na Amazônia, caiu de 23,3 em 2006, para 12,8 em 2008, e houve redução em 43% do número de casos no período (MONTEIRO; RIBEIRO; FERNANDES,2013).

Desse modo, por se tratar de uma doença considerada um problema de saúde pública, que afeta com mais frequência a região amazônica, o qual apresenta condições ambientais propícias a reprodução e desenvolvimento do mosquito transmissor. Portanto, a pesquisa teve por objetivo analisar se houve aumento ou redução dos casos notificados de malária no município de Paragominas, entre os períodos de 2010 a 2019.

FISIOGRAFIA DO MUNICÍPIO

O município de Paragominas está localizado no nordeste do Estado do Pará, situado entre as coordenadas geográficas, latitudes $03^{\circ}17'16''$ e $02^{\circ}55'59''$, e as longitudes $47^{\circ}23'30''$ e $47^{\circ}04'46''$ (Figura 1). Perfazendo uma área total de 19.343,53 km², o mesmo tem a sua malha viária subordinada a um eixo principal definido pela rodovia Belém-Brasília (BR-010), que corta o município na direção norte-sul, apresentando conexões com as rodovias estaduais PA-125 e PA-256 (LIMA et al. 2017).

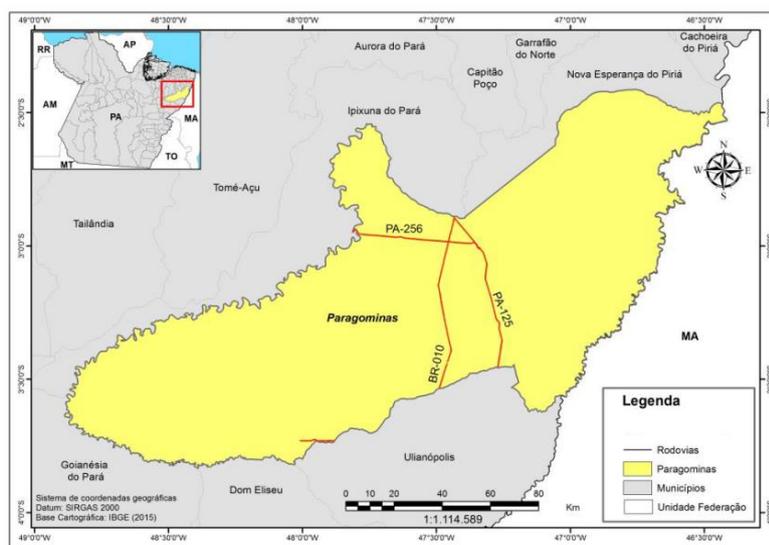


Figura 1. Localização geográfica do município de Paragominas-PA.
Fonte: BELLUZO et al (2017)

O clima é do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, com regime pluviométrico por volta de 1.743 mm, 85% de umidade relativa do ar e temperatura média de 26,3 °C. O município ainda apresenta um período de estiagem que vai de julho a novembro. O tipo do solo predominante no local é o Latossolo Amarelo, de textura muito argilosa, e baixa fertilidade natural, porém, com boas características físicas (CARVALHO et al., 2017).

MÉTODO

O papel do método estatístico é, essencialmente, possibilitar uma descrição quantitativa da sociedade, considerada como um todo organizado. Este método se fundamenta na aplicação da teoria estatística da probabilidade e constitui importante auxílio para a investigação em ciências sociais. Devemos considerar, no entanto, que as explicações obtidas mediante a utilização do método estatístico não devem ser

consideradas absolutamente verdadeiras, mas portadoras de boa probabilidade de serem verdadeiras (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Quanto a amostragem, foi aleatória simples, ou seja, esse tipo de pesquisa é de cunho aleatório, dessa forma, trata-se de um sorteio lotérico, onde todos os elementos que fazem parte da população têm a mesma chance de participar da amostra (ARANGO et al., 2008). Para melhor clareza da aplicação do método, ela foi fracionada em três etapas (Figura 2).

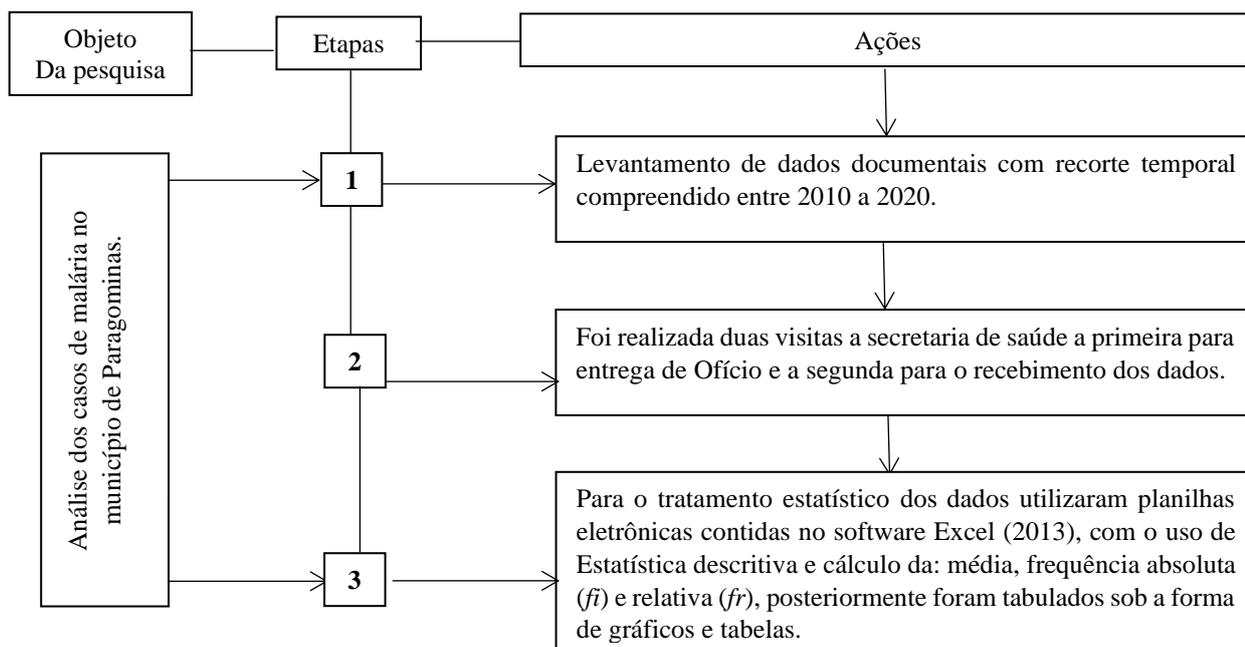


Figura 2. Fluxograma das etapas metodológicas da pesquisa.
Fonte: Autores (2020)

Após a obtenção dos dados, foram ordenados em dois quinquênios: 1º) Anos de 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014; 2º) Anos de 2015, 2016, 2017, 2018 e 2019. Logo após, em cada um deles, foram analisados os dados de acordo com a evolução do tempo no quinquênio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

PRIMEIRO QUINQUÊNIO: Ano de 2010 a 2014

A análise dos dados indicou, que no ano de 2010, foram notificados 2.721 casos de Malária, porém, nesse quinquênio, em 2014 foi observado uma diminuição nos casos notificados, como mostra a Figura 3.

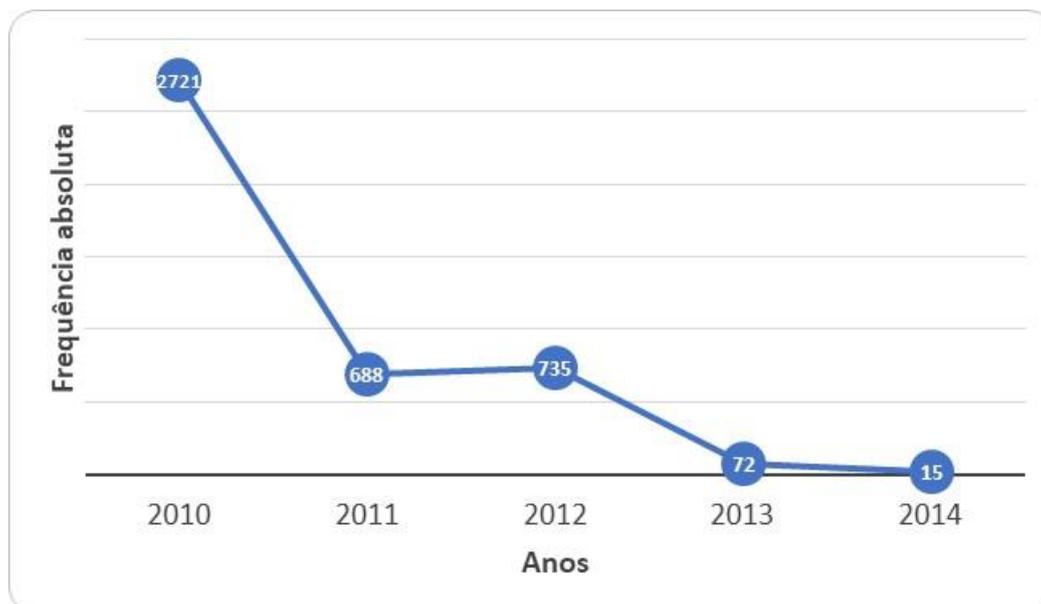


Figura 3. Notificações de frequência absoluta dos casos de malária entre o período de 2010 a 2014 no município de Paragominas-PA. Fonte: Autores (2020).

No que se refere ao primeiro biênio (2010 - 2011), foi verificado que, em 2011, houve tendência a diminuição no número de casos notificados ($n = 2,033$; - 74, 8%), houve uma queda no número de notificações ($n = 688$; 25,2%). Essa tendência foi contínua para 2012 e 2013 ($n = 663$; 90,2%) e, esse quinquênio encerrou com uma diminuição, em 2014 ($n = 57$; 79,7%).

Em relação aos casos de malária, foi realizado um estudo no município de Candeias do Jamari-RO, por Nascimento Filha (2015), segundo os resultados indicaram que proporcionalmente o número de casos de malária registrados aumentaram na área urbana de maneira significativa e gradativa em relação à área rural, chegando a responder por 45,1% dos casos em 2012 e 2013. Enquanto que em Candeias do Jamari houve aumento de casos em áreas urbanas e baixos casos em áreas rurais, em Paragominas, mostrou que houve uma diminuição nos casos de malária.

Para os cinco anos de 2010 a 2014, verificou-se que o ano que mais houve agravamento dos casos de malária foi o ano de 2010, que apresentou 2.721 casos, logo após, houve um declínio na ocorrência dos casos da doença, no qual finalizou o ano de 2014 com 15 casos, o que representa uma diferença porcentual de 55% nos números de casos. Na pesquisa realizada por Silva et al. (2019), no município Boca do Acre-AM, os dados mostram que no ano de 2014, foi o que se registrou o maior número de casos de malária, num total de 114 ocorrências, sendo 60 causados pelo *P. Falciparum* e 54 pelo *P. vivax*. Em Paragominas, houve uma diminuição de ocorrências de casos que ocorreram em 2014 na região. Sendo divergente quando comparado a pesquisa feita por Silva et al., no qual registrou um aumento significativos de casos.

SEGUNDO QUINQUÊNIO : Ano de 2015 a 2019.

Os dados obtidos e analisados no município de Paragominas-PA, para os anos de 2015 a 2019 são apresentados na Figura 4.

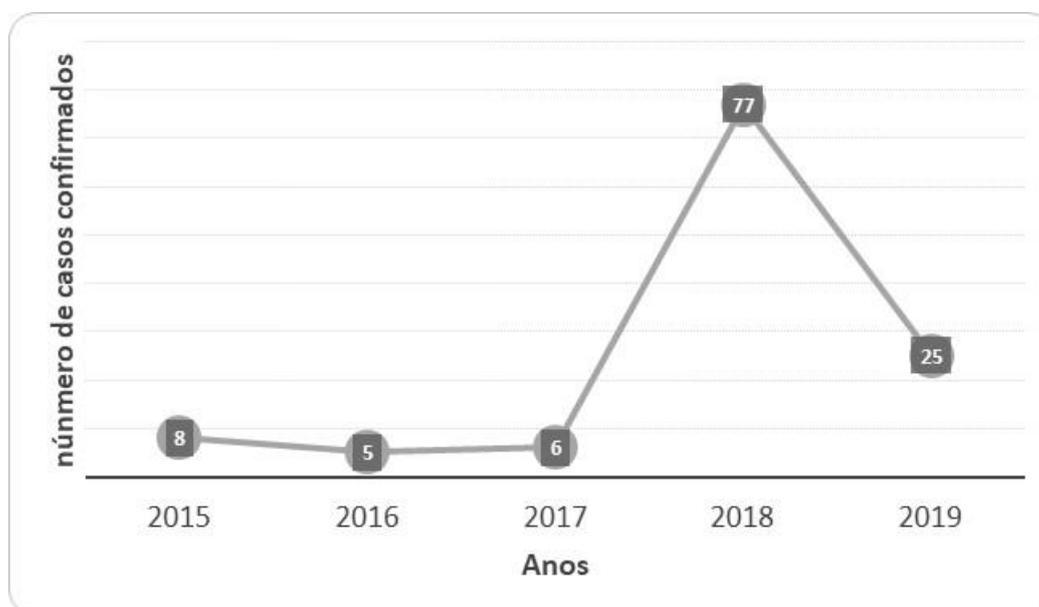


Figura 4. Número dos casos de malária dos anos de 2015 a 2019 no município de Paragominas-PA. Fonte: Secretaria Municipal de Saúde.

A análise dos dados obtidos indicou que no biênio de 2015 a 2016 houve uma estabilização dos casos de malária, que se manteve até o ano de 2017, oscilando entre 8, 5 e 6 casos, respectivamente. Já no que se refere, ao biênio entre os anos de 2017 a 2018 houve um aumento de 71 casos, o que representa uma divergência de 92,20 % no percentual de casos, já no ano de 2019 verificou-se uma redução de 52 registro dos casos na secretaria de saúde do município.

Como a malária está presente em todo o território nacional, Lopes, et al. (2019), realizaram uma pesquisa no município de Itaituba (PA), durante o período de 2011 a 2015. Os autores concluíram que houve diminuição absoluta no número de casos nos anos de 2011 a 2015 (respectivamente 12.395 para 2.656 casos). Na pesquisa realizada em Paragominas, os resultados apresentam semelhança com o estudo de Lopes et al., pois nos anos de 2012 até o 2015, apresentaram diminuição nos casos da doença.

Nessa análise quinquenal (2015 a 2019), verificou-se que nos três primeiros anos, a doença apresentou uma estabilização nos casos, e que o crescimento ocorreu entre 2018 e 2019. Ademais, o ano que apresentou a maior notificação dos casos da doença foi em 2018, no qual houve um total de 77 de casos. Na pesquisa realizada no município de Rondolândia - MT, por Faria et al. (2019), os dados por eles obtidos, indicaram que as

notificações dos casos dessa doença foram mais efetivas em 2015, com 60% dos casos, já a menor incidência ocorreu entre 2016 e 2017.

Quanto a pesquisa realizada em Paragominas houve uma semelhança nos dados coletados em relação aos anos de 2016 e 2017, pois não houve elevação das notificações de casos dessa doença, porém se verificou uma divergência entre os anos com maior registro de notificações porque em Rondolândia, isso ocorreu em 2015, já no município de Paragominas, foi no ano de 2018.

A RELAÇÃO MALÁRIA – MEIO AMBIENTE

Outro fator a ser considerado quanto a proliferação da malária, é a relação que ela mantém com as ações antrópicas, e as condições naturais que o meio ambiente oferta. A primeira associa-se a perda de habitat pelo desflorestamento, e a segunda, pelo calor ofertado em regiões tropicais como a Amazônica (GUIMARÃES et al., 2016).

Quanto ao primeiro fator, o desflorestamento, dados divulgados em pesquisa realizada pela Faculdade da Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP), indicaram que cada um quilômetro quadrado de floresta derrubada, eleva em até 27 casos de malária, e que isso é ainda mais frequente naquelas áreas onde a devastação foi menor (BERNARDES, 2018).

Porém, é necessário que se verifique a razão desses desflorestamentos porque nesse bioma, tem-se produção agrícola, extrativismo madeireiro, regular ou não, e a mineração. Todas elas, provocam ambiente ideal na Amazônia, o vetor que, no Brasil, é o principal responsável pela transmissão do *P. malarie*, o vetor denominado *Anopheles darlingi* (SEABRA, 2016).

Todavia, o desflorestamento está associado a outras alterações também provadas pelo homem: as mudanças climáticas. No estudo efetuado por Wolfarth-Couto, Silva e Filizola (2019), os autores concluíram que os fatores climáticos, como os ciclos anuais das chuvas e as variáveis que sobre isso são incidentes (Ex.: desflorestamento que diminui a retenção da umidade), e as alterações apresentadas pelo ciclo hidrológico, há formação de novos criadouros, o que resulta em variações na incidência dessa doença.

Dentre as variáveis climáticas que sofrem modificações no ambiente, a temperatura é a que mais provoca alterações. Na revisão sistemática acerca dessa questão, Souza et al. (2018), esse parâmetro atmosférico foi analisado e associado ao crescimento da malária na Amazônia, em seguida, a pesquisa indicou que os fenômenos naturais (El Niño e La Niña) contribuem também para a proliferação e as tendências de elevação/diminuição da malária (Figura 5).

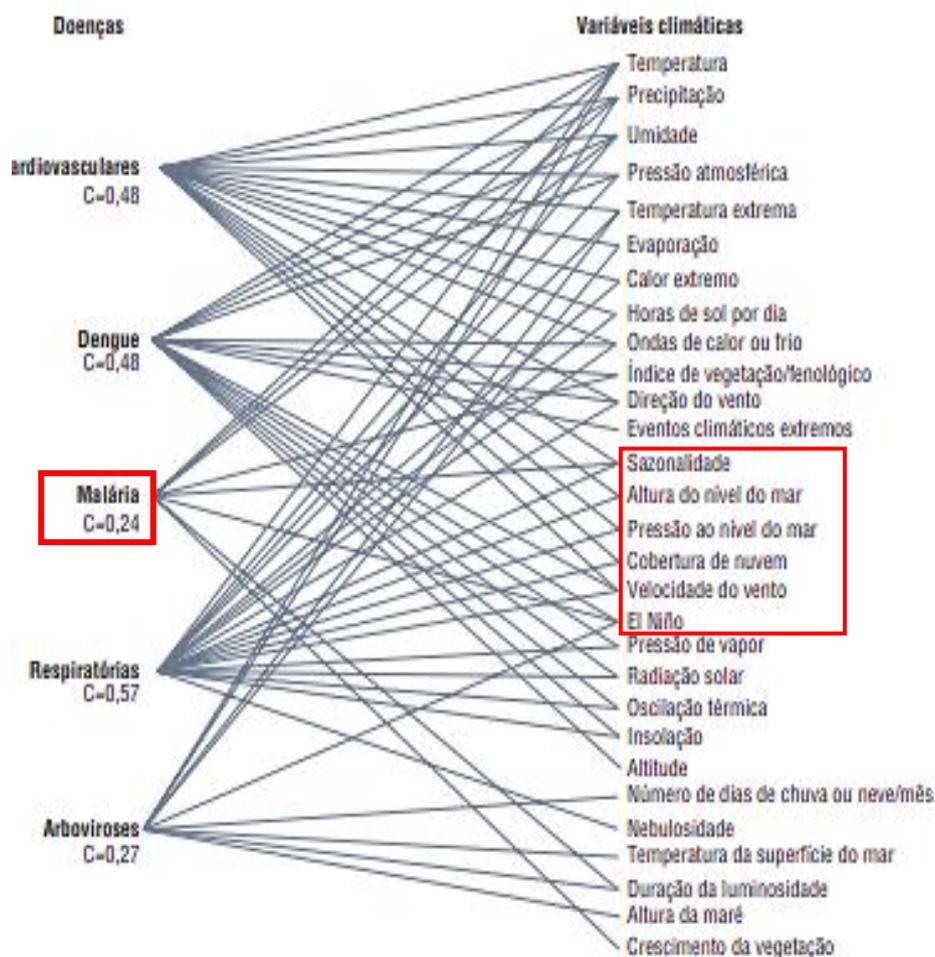


Figura 5. As mudanças climáticas e as doenças sensíveis a elas. Fonte: Sousa et al. (2018)

A malária e as modificações ambientais que interferem sobre ela, é perceptível às comunidades amazônicas. Na pesquisa qualitativa acerca desse tema, desenvolvida por Gualberto e Gonçalves (2012), na Comunidade Vila do Tarumã, Manaus – AM, à medida que as pessoas invadem os habitat do mosquito transmissor da malária, elas causam estímulos e proporcional maior reprodução deles e, com isso, a taxa de transmissão se eleva porque diminuíam a distância entre homem-transmissor.

Moura, Landau e Ferreira (2015) relacionaram transmissão de doenças com saneamento ambiental inadequado e, dentre aquelas transmitidas por vetor, indicaram a malária. Isso envolve a urbanização ou o ambiente por ela criado. Ela apresenta paisagem, relevo fauna e flora alteradas com poucas espécies nativas em estado de conservação, além da relação ao saneamento. A complexidade criada pelo ambiente urbano provoca tendência de elevação nas taxas de disseminação da malária devido a proximidade interpessoal (MACHADO et al., 2013).

Todo esse contexto sanitário-ambiental-epidemiológico causado por um protozoário ocorrente no ambiente, está associado ao quadro sanitário na saúde pública porque os

indicadores da saúde como a reprodução do vetor, coleta de dados, dentre outros. Além disso, a saúde pública está associado ao saneamento ambiental como o esgotamento sanitário, já que a malária está categorizada pela Nona Classificação Internacional de Doenças (CID-9), no grupo 1 – Doenças infecciosas e Parasitárias (FUNASA, 2010).

Em 2015 a Organização Mundial de Saúde estimou, que neste ano, de 100 a 300 milhões de novos casos de malária e que na Amazônia, afeta as pessoas mais pobres. Como Paragominas encontra-se no contexto amazônico, é de bom alvitre que se faça uma revisão histórica quanto ao combate dessa doença no século XX, ou seja, conforme o Quadro 1.

Quadro 1. Contexto histórico evolutivo para a malária.

| Período | Programa de Combate |
|-----------|--|
| 1918-1922 | Serviço de Profilaxia Rural |
| 1941-1956 | Serviço Nacional de Malária |
| 1939-1941 | Serviço de Malária do Nordeste e Cooperação Fundação Rockefeller |

Elaborada a partir de dados contidos em Gomes (2018).

No processo de evolução e disseminação da malária, na região da Amazônia Legal, entre os anos de 2010 e 2015, a totalidade de notificações nos estados, independente do parasita causador dessa doença tal como apresentado na Figura 6.

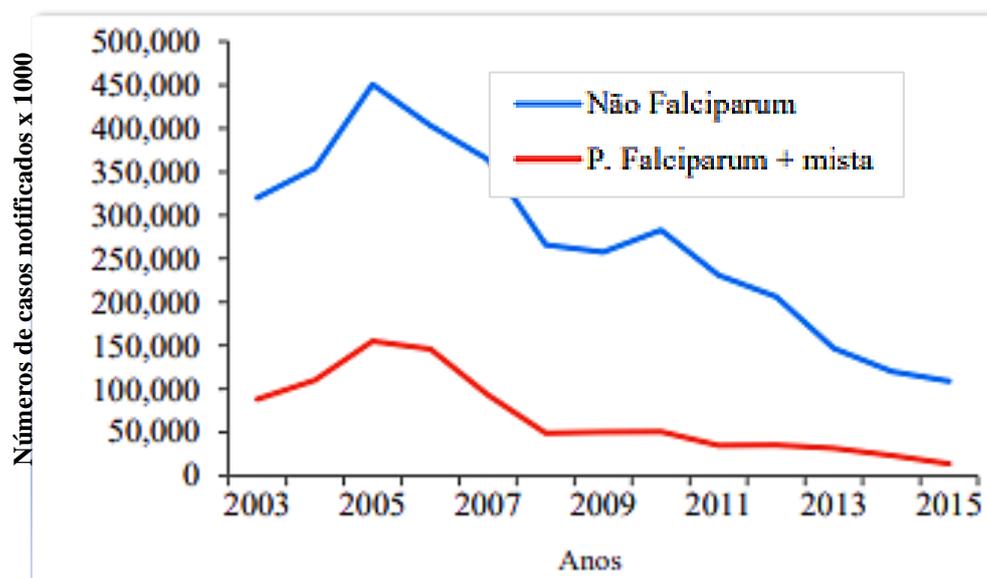


Figura 6. Número de casos notificados na Região Amazônica no século XX. Fonte: Adaptado de Amaral (2015).

As notificações de casos de malária no município de Paragominas ocorridos nos anos de 2010 a 2019, foram mais efetivas em 2010, com 2.721 casos notificados. Notou-se também com a pesquisa, que entre os anos de 2013 a 2017, o número de notificações apresentaram tendência a diminuição, quando comparados a 2011 e 2012, isso pode ter ocorrido em função das medidas adotadas pela vigilância municipal nos 15 distritos administrativos que compõem Paragominas. Em 2018, houve uma tendência de elevação que superior aos anos de 2013 a 2017. Nesse ano, a pluviometria foi alta, o que contribuiu para eclosão dos ovos depositados em criadouros em áreas ambientais sem servidão social, praças, ruas, avenidas, dentre outros.

A disseminação da malária permite a notificação de casos junto aos órgãos oficiais, e essa ação envolve a qualidade ambiental, as áreas urbanizadas com infraestrutura adequada, onde o saneamento ambiental e básica, o desflorestamento, são ações que contribuem para as tendências de elevação dessas notificações.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, E. F. **Malária: Aspectos históricos e utilização da Artemisinina em seu tratamento**. Graduação (Trabalho de Conclusão de Curso de Bacharel em Química). Universidade Federal de São João del-Rei. São João del-Rei, 2015.
- AMARAL, P. M. **Análise da influência de fatores socioambientais e climáticos sobre a incidência de dengue, malária e tuberculose**. 2015. Monografia (Bacharelado em Ciências Biológicas). Universidade Federal do Espírito Santo. Espírito Santo, 2015.
- ARANGO, H. G. **Bioestatística teórica e computacional**. 3 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
- BELLUZZO, A. P *et al.* Dinâmica das áreas de agricultura anual a partir de dados temporais do projeto TerraClass para o município de Paragominas, PA. 18. 2017. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO **Anais eletrônicos [...]**. Santos: INPE. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/171256/1/galao-proceedings-sbsr-59420-dinamica-das-are.pdf>. Acesso em 30 jan. 2020.
- BERNARDES, J. **Um quilômetro quadrado na Amazônia equivale a 27 novos casos de malária**. 2018. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-da-saude/um-quilometro-quadrado-desmatado-na-amazonia-equivale-a-27-novos-casos-de-malaria/>. Acesso em: 10 jul.2020.
- CARVALHO, E. J. M *et al.* A. Efeito de sistemas de manejo sobre atributos físicos em latossolo amarelo muito argiloso em Paragominas – PA. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA. 2017. Pará. **Anais eletrônicos [...]** Belém: Hangar Conceções e Feiras da Amazônia, Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/163347/1/56-edsdmsafel.pdf>. Acesso em 20 dez. 2019.
- FARIA, G.; LUZ, G. D.; BETIN, T. A. Aspecto epidemiológico das notificações de malária entre 2012 a 2017 no município Rondolândia-MT. **Revista de Atenção à Saúde**, São Caetano do Sul, v. 17, n. 60, p. 83-90, 2019.

FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. **Impacto na saúde e no sistema único de saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado**. Brasília: FUNASA, 2010.

GOMES, H. **Dia de luta contra malária lembra combate à pobreza**. 2018. Disponível em: <https://agencia.fiocruz.br/dia-de-luta-contra-malaria-lembra-combate-pobreza>. Acesso em 11 jul. 2020.

GUIMARÃES, R. M. *et al.* Deforestation and malaria incidence in the legal Amazon Region between 1996 and 2012. **Caderno de Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro v. 24, n.1, p. 3-8, 2016.

LIMA, I. V. *et al.* Dinâmica das áreas de reflorestamento no município de Paragominas, Estado do Pará, considerando dados temporais do projeto TerraClass. 18. 2017. **Anais eletrônicos [...] Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085676/dinamica-das-areas-de-reflorestamento-no-municipio-de-paragominas-estado-do-para-considerando-dados-temporais-do-projeto-terraclass>** . Acesso em: 10 jul.2020.

LAPOUBLE, O. M. M.; SANTELLI, A. C. F. S.; MUNIZ-JUNQUEIRA, M.I. Situação epidemiológica da malária na região amazônica brasileira, 2003 a 2012. **Rev. Panam Salud Publica**, Washington, DC, v. 38, n. 4, p. 300-306, 2015

LOPES, T. M. R. *et al.* Situação epidemiológica da malária em uma região de Garimpo, na região da Amazônia brasileira, no período de 2011 a 2015. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 25, n.759, p.1-8, 2019.

MACHADO, C. J. S. *et al.* Promoção Da relação saúde-saneamento-cidade por meio da Virologia Ambiental. **Revista de Informação Legislativa**, v.50, n. 199, p. 321-345, 2013

MACIEL, G. M. L.; ESPINOSA, M.; SANTOS, M. A. Epidemiologia da malária no município de Colniza, Estado de Mato Grosso, Brasil: estudo descritivo do período de 2003 a 2009. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 22, n.3, p.465-474, 2013.

MONTEIRO, M. R. C. C.; RIBEIRO, M. C.; FERNANDES, S. C. Aspectos clínicos e epidemiológicos da malária em um hospital universitário de Belém, Estado do Pará, Brasil. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 4, n. 2, p. 33-43, 2013.

MOURA, L.; LANDAU, E. C.; FERREIRA, A. M. Doenças relacionadas ao saneamento ambiental no Brasil. In: LANDAU, E..C.; MOURA, L. **Varição Geográfica do Saneamento Básico no Brasil em 2010: domicílios urbanos e rurais**. Brasília: EMBAPA, 2016, cap. 8, p. 189-210.

MINISTERIO DA SAÚDE, **Boletim Epidemiológico, Situação epidemiológica da malária no Brasil, 2012 e 2013**, v. 46, n. 43, p. 01-17, 2015

NASCIMENTO FILHA, M. T. **Análise espacial e epidemiológica da malária no município de Candeias do Jamari no estado de Rondônia**. Dissertação (Mestrado em Biologia Experimental). Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2015.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

SANTELLI, A. C. F. S. *et al.* **Plano de eliminação de malária no Brasil**, 2016. Disponível em: <https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2017/janeiro/04/Plano-eliminacao-malaria-pub.pdf>. Acesso em: 03 dez. 2019.

SEABRA, S. A. **Os impactos do desmatamento na incidência de malária na Amazônia: uma análise espacial**. 2016. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada). Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, 2016.

SILVA, F. N. *et al.* A Incidência da Malária na Região do Rio Inauíni, no município de Boca do Acre/AM, no período de 2013 a 2015. **Revista Geopolítica Transfronteiriça**, v. 1, n. 2, p. 90-102, 2019.

SOUSA, T. C. M. *et al.* Doenças sensíveis ao clima no Brasil e no mundo: revisão sistemática. **Revista Panamericana de Salud Publica**, n.42, p. 1-10, 2018.

WOLFARTH-COUTO, B.; SILVA, R. A.; FILIZOLA, N. **Variabilidade dos casos de malária e sua relação com a precipitação e nível d'água dos rios no Estado do Amazonas, Brasil.** Cad. Saúde Pública, v. 2, n. 35, 2019.

LISTA DE AUTORES

Adriana Santos da Silveira

Acadêmica do curso de Licenciatura Plena em Ciências Naturais – Habilitação em Biologia. Universidade do Estado do Pará, Campus VI

Alberto Carlos de Melo Lima

Doutor em Engenharia Civil, Universidade São Paulo (EESC-USP).
acmlima@uepa.br

Alisson Rangel Albuquerque

Doutor. Engenheiro Agrônomo. Universidade do Estado do Pará (UEPA), Campus VIII Marabá.
alissonrangel@uepa.br

Andreia Fernandes Gonçalves

Acadêmica do curso de Licenciatura Plena em Ciências Naturais – Habilitação em Biologia. Universidade do Estado do Pará, Campus VI

Antônio Gama Paiva

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade do Estado do Pará (UEPA). Campus VI

Antônio Pereira Júnior

Mestre em Ciências Ambientais. Universidade do Estado do Pará. Campus em Paragominas. Laboratório de Qualidade Ambiental
antonio.junior@uepa.br

Antônio Vinícius Uchôa Pinheiro

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade do Estado do Pará (UEPA). Campus VI Laboratório de Qualidade Ambiental.
uchoavini.contatos@gmail.com

Carlos José Capela Bispo

Engenheiro Agrônomo, Universidade do Estado do Pará- UEPA, capela@uepa.br

Cláudio Adriel Peniche Braga

Licenciatura em Ciências Naturais - Biologia
Universidade do Estado do Pará

adrielpbio1721@hotmail.com

Darci Augusto Moreira

Mestre em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Pará. Universidade do Estado do Pará - UEPA/CCNT
darcimoreira@yahoo.com.br

Edmir dos Santos Jesus

Bacharel em Meteorologia/Doutor em Ciências Climáticas. Universidade do Estado do Pará.
edmir.jesus@gmail.com

Eliane de Castro Coutinho

Bacharel em Meteorologia/Doutorado em Ciências Ambientais - UFPA
Universidade do Estado do Pará - UEPA/CCNT. elianecoutinho@uepa.br

Gabriel Munis da Silva

Bacharelado Interdisciplinar em Ciências e Tecnologia das Águas – BIC&T das Águas da Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA em Santarém-PA.
gmsmunizgabriel@gmail.com

Gabriel Nunes Antunes

Graduando do curso de Engenharia Florestal/ UEPA.
gabriel008nunes@gmail.com

Gabriela Brito de Souza

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade do Estado do Pará (UEPA). Campus VI - Laboratório de Qualidade Ambiental (LQA).
gabrielasouza.br99@gmail.com

Genilson Maia Corrêa

Graduando do curso de Engenharia Florestal. Universidade do Estado do Pará (UEPA). Campus VI - Paragominas

Giselli da Silva Almeida

Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Pará
almeidasgi@gmail.com

Gleysla Gonçalves de Carvalho Fernandes

Graduanda do Curso de Engenharia Florestal. Universidade do Estado do Pará (UEPA), Campus de Marabá. gleysla14gg@gmail.com

Hebe Morganne Campos Ribeiro

Química/Doutorado em Engenharia Elétrica, Universidade do Estado do Pará. hebemcr@gmail.com

Hyago Elias Nascimento Souza

Graduação em Engenharia Ambiental Universidade do Estado do Pará- UEPA. hyagosouza@uepa.br

Ione Iolanda Dos Santos

Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas – ICTA na Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA

Jaqueline Prestes de Cristo

Acadêmica do curso de Licenciatura Plena em Ciências Naturais – Habilitação em Biologia. Universidade do Estado do Pará, Campus VI

José Moacir Ferreira Ribeiro

Engenheiro Agrônomo - UFRA
Mestrado em Entomologia - INPA
Doutorado em Zoologia/Entomologia – MPEG. ribeirojmf@hotmail.com

Josiane Matos Rocha

Engenharia Ambiental,
Universidade do Estado do Pará- UEPA. inovar.castanhal@gmail.com

Layane Jesus dos Santos

Graduanda do curso de Engenharia Florestal. Universidade do Estado do Pará (UEPA). Campus VI santoslay407@gmail.com

Leidiane Leão de Oliveira

Bacharel em Meteorologia/Doutorado em Biodiversidade Tropical - UNIFAP. Meteorologista – UFPA.

Instituto de Ciências e Tecnologia das Águas – ICTA na Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA. leidianeoli@gmail.com

Luana do Carmi Oliveira Ferreira

Graduanda do Curso de Engenharia Florestal. Universidade do Estado do Pará (UEPA), Campus de Marabá. luana.itups@gmail.com

Luana Lima Souza

Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental- Universidade do Estado do Pará. lulsouzaeng2015@gmail.com

Lucy Anne Cardoso Lobão Gutierrez

Engenharia Sanitária /Doutorado em Geociências, Universidade do Estado do Pará - UEPA/CCNT lucyannegutierrez@uepa.br

Márcia de Nazaré Sacco dos Santos

Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais - AqRat Universidade do Estado do Pará mnssantos@yahoo.com.br

Maricely Janette Uría Toro

Química/Doutorado em Química Analítica Universidade do Estado do Pará maryuria12@hotmail.com

Mateus do Carmo Rocha

Graduando do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade do Estado do Pará (UEPA), Campus VIII - Marabá. mr22rocha11@gmail.com

Mateus Souza da Silva

Graduando do curso de Engenharia Florestal. Universidade do Estado do Pará (UEPA). Campus VI - Paragominas

Milena Brito de Souza

Graduanda do curso de Engenharia Florestal. Universidade do Estado do Pará (UEPA). Campus VI - Paragominas milenabrito304@gmail.com

Milena Míria Nobre Campos

Bacharelado em Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA, Santarém- PA, Brasil milenanobre055@gmail.com

Milena Pupo Raimam

Bióloga. Universidade do Estado do Pará (UEPA), Campus VIII - Marabá. milenaraimam@gmail.com

Natália Lopes Medeiros

Engenheira Florestal – Campus VIII - UEPA-Marabá. Mestranda pela Universidade de Santa Catarina - UFSC natalialopesmedeiros@hotmail.com

Nilzele de Vilhena Gomes Jesus

Bacharel em Meteorologia/Doutorado em Meteorologia – UFCG. Centro Gestor e Operacional do Sistema de Proteção a Amazônia- CENSIPAM nilzele@gmail.com

Otávio Cascaes Dourado Junior

Engenheiro Civil/ Doutorado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido, Universidade do Estado do Pará octavio@douradoeng.com.br

Quézia dos Santos Araújo

Graduanda do curso de Engenharia Florestal. Universidade do Estado do Pará (UEPA). Campus VI – Paragominas Queziasantos02@gmail.com

Raphael de Abreu Ferreira

Engenheiro Ambiental Universidade do Estado do Pará raphaelabreuaf18@gmail.com

Rodolfo Maduro Almeida

Instituto de Ciências da Educação – UFOPA rodolfomaduroalmeida@gmail.com

Rodolfo Pereira Brito

Doutor em Engenharia do Ambiente. Universidade do Estado do Pará.

Ronilson Rosário Lobo

Graduando do Curso de Engenharia Ambiental - Universidade do Estado do Pará. ronilsonlobo@gmail.com

Silvia Tereza da Silva Alves

Bacharel em Engenharia Ambiental – IESAM. Especialista em Educação Ambiental e Uso de Recursos Hídricos – FIBRA silviaalves06@yahoo.com.br

Suzi dos Santos Dias,

Engenharia Ambiental, Universidade do Estado do Pará - UEPA ssdiaseng2012@gmail.com

Talyson de Lima Queiroz

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade do Estado do Pará (UEPA). Campus VI - Paragominas

Thais Binow Dias

Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade do Estado do Pará (UEPA), Campus VIII de Marabá. binowthais123@gmail.com

Washington Aleksander Savaris dos Santos

Graduando em Engenharia Ambiental e Sanitária. Universidade do Estado do Pará (UEPA). Campus VI – Paragominas

SOBRE OS ORGANIZADORES

EDMIR DOS SANTOS JESUS

Meteorologista – UFPA
Mestrado em Climatologia – UFPEL
Doutorado em Ciências Climáticas – PPGCC/UFRN
Pós-Doutorado – PPGCC/UFRN
Universidade do Estado do Pará – UEPA
CREA-AP 427D
edmir.jesus@gmail.com
<http://lattes.cnpq.br/5028749958173022>
<http://orcid.org/0000-0002-4383-5353>

ANTÔNIO PEREIRA JÚNIOR

Biólogo – UFPA
Mestre em Ciências Ambientais - UFPA
Especialista em Planejamento e Gestão de Águas
Especialista em Gestão Hídrica e Ambiental
Universidade do Estado do Pará - UEPA
Departamento de Engenharia Ambiental - DEAM
Professor Assistente IV
Coordenador do Laboratório da Qualidade Ambiental - Campus em
Paragominas
Web Science Researcher ID: N - 8110-2017
Filiado a Company of Biologist
antonio.junior@uepa.br
<http://lattes.cnpq.br/3239362677711162>
<https://orcid.org/0000-0001-6241-985X>

JOSÉ MOACIR FERREIRA RIBEIRO

Engenheiro Agrônomo - UFRA
Mestrado em Entomologia - INPA
Doutorado em Zoologia/Entomologia - MPEG
Pós-Doutorado – UNESP/Smithsonian Institution,
NMHN, Estados Unidos da América
Professor e Pesquisador
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA
Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG
Universidade do Estado do Pará – UEPA
Universidade Federal do Pará – UFPA
Universidade Estadual de São Paulo “Júlio de Mesquita Filho”
Agronomia/Biologia/Zoologia/Entomologia
moacirjmf@gmail.com
<http://lattes.cnpq.br/1809909698584529>
<https://orcid.org/0000-0002-6855-3109>

UNIEDUSUL
EDITORA

