

Organizadora:
Angela Aparecida da Silva

Ciências Biológicas e Naturais, Implicações Teóricas e Pedagógicas



ANGELA APARECIDA DA SILVA

Organizadora

**CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E NATURAIS,
IMPLICAÇÕES TEÓRICAS E PEDAGÓGICAS**

Maringá – Paraná

2021

2021 Uniedusul Editora

Copyright da Uniedusul Editora
Editor Chefe: Prof. Me. Wellington Junior Jorge
Diagramação e Edição de Arte: André Oliveira Vaz
Revisão: O/s autor/es

Conselho Editorial

Adilson Tadeu Basquerote Silva Adriana Gava	Jessica da Silva Campos Jéssica Rabito Chaves
Alexandre Azenha Alves de Rezende Alexandre Matiello	John Edward Neira Villena Jonas Bertholdi
Ana Júlia Lemos Alves Pedreira Ana Paula Romero Bacri Andre Contin	Karine Rezende de Oliveira Leonice Aparecida de Fatima Alves Pereira Mourad
Andrea Boari Caraciola Antonio Luiz Miranda	Luciana Karen Calábria Luciano Messina Pereira da Silva Luiz Carlos Santos
Campos Antônio Valmor de Carlos Augusto de Assis	Luiz F. do Vale de Almeida Guilherme Marcelo de Macedo Brigido
Christine da Silva Schröder Cíntia Beatriz Müller	Maurício José Siewerdt Michelle Asato Junqueira
Claudia Madruga Cunha Claudia Padovesi Fonseca	Nedilso Lauro Brugnera Ng Haig They
Daniela de Melo e Silva Daniela Franco Carvalho	Normandes Matos da Silva Odair Neitzel
Dhonatan Diego Pessi Domingos Savio Barbosa	Olga Maria Coutinho Pépece Pablo Cristini Guedes
Fabiano Augusto Petean Fabrício Meller da Silva	Rafael Ademir Oliveira de Andrade Regina Célia de Oliveira
Fernanda Paulini Francielle Amâncio Pereira	Reinaldo Moreira Bruno Renilda Vicenzi
Graciela Cristine Oyamada Hélcio de Abreu Dallari Júnior	Rita de Cassia Pereira Carvalho Rivael Mateus Fabricio
Helena Maura Torezan Silingardi Izaque Pereira de Souza	Sarah Christina Caldas Oliveira Saulo Cerqueira de Aguiar Soares
Jaisson Teixeira Lino Jaqueline Marcela Villafuerte Bittencourt	Viviane Rodrigues Alves de Moraes

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

C569 Ciências biológicas e naturais [livro eletrônico] : implicações teóricas e pedagógicas / Organizadora Angela Aparecida da Silva. – Maringá, PR: Uniedusul, 2021.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-86010-72-5

1. Ciências biológicas – Pesquisa – Brasil. I. Silva, Angela Aparecida da.

CDD 570.7

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

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

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

www.uniedusul.com.br

SUMÁRIO

Capítulo 1	6
Softwares para Gerenciamento Laboratorial: O uso da Tecnologia a Favor da Ciência e da Comunidade	
Kely Cristina Mendonça Couto	
Tayara Nataly Lopes Silva	
DOI 10.51324/86010725.1	
Capítulo 2	17
Metagenômica como Diagnóstico Diferencial para Vírus	
Fernanda Rodrigues Dias	
Lucas Santos Pamponet	
Samir Mansour Moraes Casseb	
DOI 10.51324/86010725.2	
Capítulo 3	27
Avaliação de Diferentes Parâmetros de Síntese em meio Aquoso nas Propriedades Óticas de Pontos Quânticos de CdTe	
Ellen Raphael	
Lucas Tadeu Aparecido da Rosa	
Isabella Fernandes Souza Aversa	
Cinthia das Dores Aguiar	
Luana Caroline de Oliveira Lima	
Ana Paula Pereira Alves	
Luciano Sindra Virtuoso	
DOI 10.51324/86010725.3	
Capítulo 4	42
Bio Quiz: Uma Proposta para Ensinar Zoologia dos Invertebrados	
Débora Lúcia Andrade de Sá	
Enolle Butel Beltrão	
Cynara Carmo Bezerra	
Simone Barbosa de Oliveira	
DOI 10.51324/86010725.4	
Capítulo 5	48
Projeto Bioar: Abordagem da Poluição Atmosférica no Ensino Médio com Ênfase na Ludicidade	
Silvia Rafaela Alves Pereira	
Daniela Sauma Ferreira	
Diego Ramon Silva Machado	
Alex Corrêa da Silva	
DOI 10.51324/86010725.5	
Capítulo 6	63
Análise Microbiológica de Aparelhos Celulares de Acadêmicos dos Cursos de Biomedicina e Direito	
Ariely Ingrid Mesanini Souza	
Flávia Francine Hammerschmidt	
Gabriel Pedot	
Giovanna Mayumi Kamiya Viotto	
Sofia Santos Flôres	
Yone Vogel de Matos	
Dr ^a Zaira Barbara da Silva	
DOI 10.51324/86010725.6	

Capítulo 771

Educação Ambiental: Os Desafios dos Profissionais de Ciências Biológicas

Bruna Lucia Laindorf

Marina de Souza Falcão

Lilian Pedroso Maggio

Fernando Augusto Bertazzo da Silva

Lurdes Zanchetta da Rosa

DOI 10.51324/86010725.7

SOFTWARES PARA GERENCIAMENTO LABORATORIAL: O USO DA TECNOLOGIA A FAVOR DA CIÊNCIA E DA COMUNIDADE

KELY CRISTINA MENDONÇA COUTO

Universidade José do Rosário Vellano

TAYARA NATALY LOPES SILVA

Universidade José do Rosário Vellano

RESUMO: O bom funcionamento de um laboratório de análises clínicas exige que todas as etapas na gestão laboratorial sejam eficientes, rápidas, práticas e seguras, desde a chegada do paciente para a coleta do material até a emissão e entrega de laudos. Para que isso aconteça, é necessário que todos esses processos estejam unificados em um bom sistema de gestão, contribuindo para a minimização de erros e gastos desnecessários em toda a rotina laboratorial. Objetivou-se nesse trabalho realizar uma caracterização das principais ferramentas e funcionalidades encontradas nos softwares para gerenciamento laboratorial de análises clínicas disponíveis no mercado atualmente. Realizou-se uma revisão e levantamento de informações em vários sites comerciais disponíveis na internet, sendo selecionados quinze softwares para avaliação. A partir de uma análise dos mesmos, caracterizou-se os recursos disponíveis nos diferentes sistemas de gerenciamento laboratorial, definindo quais são os recursos básicos, ou seja, fundamentais para a utilização de um software laboratorial, bem como os recursos adicionais, para complementar as ferramentas básicas disponibilizadas e oferecer maior praticidade. Todas funções apresentadas estão relacionadas a caracterização

de um bom sistema de gerenciamento laboratorial e devem ser analisadas para fazer uma escolha adequada do melhor software de acordo com as necessidades. O software escolhido deve integrar as ferramentas indispensáveis para oferecer o suporte técnico necessário, a fim de assegurar um bom desempenho de todos os processos laboratoriais. Vale ressaltar que o uso da tecnologia deve ser sempre aliado às boas práticas de laboratório para otimização dos recursos pessoais e materiais, obtendo-se bons resultados de forma ética.

PALAVRA-CHAVE: Softwares. Análises Clínicas. Gerenciamento laboratorial.

ABSTRACT: The proper functioning of a clinical laboratory requires that all stages in laboratory management be efficient, fast and safe, from the arrival of the patient to the issuance and delivery of reports. For that to happen, it is necessary that all these processes are unified in a good management system, contributing to the minimization of errors and unnecessary expenses throughout the laboratory routine. The objective of this work was to characterize the main tools and functionalities found in laboratory management software for clinical analysis currently available in the market. A review and survey of information were made in several commercial websites available on the Internet and fifteen software was selected for evaluation. Based on the analysis of these software, the resources available in the different laboratory management systems were characterized, defining which are the basic

resources, in other words, the fundamental resources for the use of laboratory software, as well as the additional resources to complement the tools available and offer a greater practicality. All the functions presented are related to the characterization of a good laboratory management system and should be analyzed for an appropriate choice of the best software according to the needs. The chosen software must integrate the indispensable tools to offer the necessary technical support in order to ensure a good performance of all the laboratory processes. It is worth mentioning that the use of technology must always be combined with good laboratory practices, optimizing the personal and material resources, obtaining good results in an ethical way.

KEYWORDS: Softwares. Clinical Analysis. Laboratorial Management.

1. INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos estão cada vez mais presentes no dia a dia da sociedade atual e se apresentam nos mais variados formatos com o objetivo de gerar diversos benefícios para a comunidade através de seu uso como por exemplo, maior agilidade, comodidade e praticidade na realização de tarefas.

Neste sentido, a internet surgiu no ano de 1969 nos Estados Unidos com o objetivo inicial de interligar laboratórios de pesquisa, a fim de facilitar as estratégias durante a Guerra Fria. O seu aprimoramento relativamente rápido ao longo do tempo, trouxe grandes avanços para a sociedade por gerar possibilidades até então, não existentes, mas que hoje, se tornaram comuns e essenciais, como o envio de e-mails, por exemplo. [1]

Além disso, o uso de computadores, internet, serviços online, dispositivos móveis e Smartphones se tornou fundamental para as indústrias, empresas, prestadores de serviços e pessoas. A praticidade em utilizar as tecnologias disponíveis raramente é dispensada. A tecnologia pode ser utilizada de diferentes formas e através de diversos formatos, incluindo sistemas para gerenciamento de negócios e processos.

Softwares são programas de computadores que permitem executar diversas funções de acordo com os objetivos pré-estabelecidos. Os softwares podem ser classificados em três tipos: software de sistema, programação e aplicação. [2]

Os softwares de sistema são constituídos pelos sistemas operacionais que reconhecem os comandos executados pelos usuários e transformam esses comandos em dados e códigos processáveis pelo equipamento. Os softwares de programação são programas que, através de linguagens de programação, são utilizados para criar outros softwares. [2]

Já os softwares de aplicação, possibilitam que o usuário realize uma série de tarefas específicas em diferentes áreas de atividade como, por exemplo, educação, medicina, engenharia, contabilidade e outras áreas. [2]

Para laboratórios de Análises Clínicas o uso da tecnologia vem sendo bastante comum e, de fato, possibilita avanços em diversos aspectos, tais como agilidade no atendimento, minimização de erros e praticidade na entrega dos resultados.

Neste contexto, o uso de sistemas para gerenciamento dos processos laboratoriais vem crescendo e isso requer uma atenção quanto ao que está sendo ofertado e como a tecnologia pode beneficiar a comunidade que necessita desta prestação de serviço. [3]

O bom funcionamento de um laboratório de análises clínicas exige que todas as etapas na gestão laboratorial sejam eficientes, rápidas e seguras, desde a chegada do paciente até a emissão e entrega de laudos. Para que isso aconteça, é necessário que todos esses processos estejam unificados em um bom sistema de gestão, sendo possível garantir o gerenciamento e o acompanhamento de todo o fluxo laboratorial com amplo controle das diversas áreas. [4,5]

No mercado atual, existem vários softwares que possibilitam essa integração e gerenciamento das diversas etapas e áreas laboratoriais, contribuindo para a minimização de erros e gastos desnecessários em toda a rotina laboratorial. Apresentando funções na coleta, triagem, controle de qualidade, e interfaceamento com equipamentos de análises. [4,5]

Com a grande variedade de softwares existentes no mercado, a escolha pode se tornar complexa sendo necessário padronizar desde as principais e mais básicas funções até ferramentas operacionais mais sofisticadas, para desta forma, facilitar a escolha de um sistema que se adapte aos objetivos e garantam a utilização de funções que se ajustem a realidade do laboratório a ser empregado. [4-6]

Diante das informações apresentadas, esse trabalho tem como objetivo apresentar as características das principais ferramentas e funcionalidades encontradas nos softwares para gerenciamento laboratorial (com ênfase se análises clínicas) disponíveis no mercado atualmente.

2. METODOLOGIA

No presente trabalho realizou-se uma pesquisa exploratória em sites comerciais disponíveis na internet. A partir desta pesquisa, quinze softwares presentes no mercado foram selecionados e analisados quanto a caracterização dos recursos disponíveis nos diferentes sistemas de gerenciamento laboratorial em análises clínicas. [7-16]

O critério utilizado para classificação do recurso como função básica ou adicional foi a frequência de disponibilização da função entre os softwares analisados e a sua inclusão nos planos mais simples ou apenas nos mais completos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados coletados na pesquisa foram analisados e identificados quais são os recursos básicos, ou seja, fundamentais para a utilização de um software laboratorial, bem como, os recursos adicionais.

Os recursos básicos são aqueles comuns na maior parte dos sistemas e, por isso, considerados como funções essenciais para compor qualquer software de gerenciamento para laboratórios de análises clínicas.

Já os recursos adicionais, apesar de não serem fundamentais para o andamento dos processos de trabalho diário, podem ser adquiridos separadamente para aderir maior praticidade, agilidade e outros benefícios para as rotinas laboratoriais. Ou seja, é possível trabalhar utilizando apenas os recursos básicos, porém, a disposição dos recursos adicionais otimiza ainda mais o tempo de trabalho e facilita ainda mais as práticas realizadas.

3.1 Funções essenciais

As funções definidas como essenciais são:

3.1.1 Controle do tempo de atendimento e espera por prioridade

Uma vez que o paciente dá entrada no laboratório, o sistema deve gerar uma senha individual impressa de atendimento. Pode-se escolher a opção de gerar senhas para atendimento prioritário, o que acarretará na diminuição do tempo de atendimento ao paciente, respeitando a ordem de chegada e a prioridade estabelecida por lei. [7-16]

3.1.2 Cadastro único do paciente para vários médicos, convênios e guias

Utilizados em casos nos quais o paciente retorna ao laboratório para realizar exames a pedido de outros médicos, utilizando outros convênios ou guias. Para isto, é necessário que o software empregado consiga reciclar todos os dados cadastrados nos atendimentos anteriores, gerando um único cadastro para o paciente e, assim, evitando cadastros duplicados. [7-16]

3.1.3 Impressão de etiquetas para amostras

Recurso necessário a cada emissão de pedido de exame. O sistema deve gerar e imprimir etiquetas com código de barras para identificação das amostras, evitando eventuais trocas ou falhas de identificação. [7-16]

3.1.4 Avisos por SMS e/ou e-mail

Recurso utilizado para aviso automático ao paciente através do número de telefone (via SMS) ou e-mail cadastrados, informando-o sobre a liberação dos laudos já disponíveis, agilizando as entregas. [7-16]

3.1.5 Emissão de resultados via Web

Caso o paciente prefira não voltar ao laboratório para obter o resultado dos exames realizados, o software deve disponibilizar uma cópia do laudo assinada digitalmente pelo responsável técnico em uma plataforma online, onde o paciente pode acessar através de um login e senha via internet. [7-16]

3.1.6 Gestão de compras e estoque

Utilizado para evitar que ocorra falta de suprimentos para o laboratório. O sistema deve controlar o estoque de materiais e insumos utilizados, informando através de alertas automáticos, quando for necessário realizar compras e reposição. [7-16]

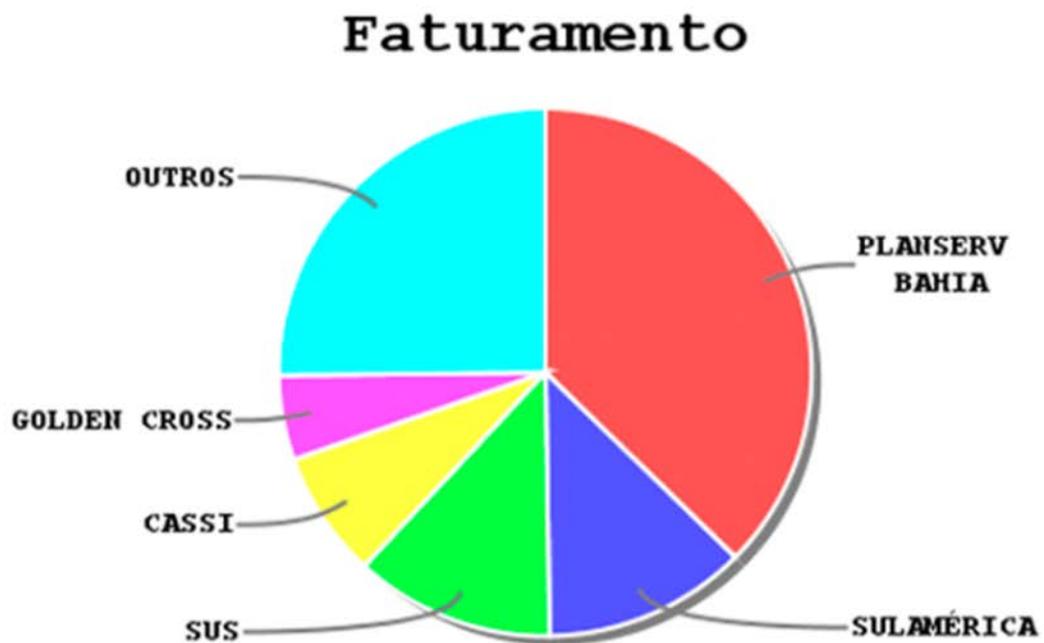
3.1.7 Armazenamento online

O sistema deve ser totalmente online, com hospedagem em nuvens e backups automáticos realizados constantemente para garantir maior segurança, mobilidade e economia em hardware. [7-16]

3.1.8 Controle financeiro

Controle total do fluxo do caixa da empresa, registrando o faturamento completo em versões TISS de convênios particulares e SUS. Além disso, promover o controle de contas a receber e pagar, mantendo o controle do faturamento, e com o fim de se evitar prejuízos financeiros (Figura 1). [7-16]

Figura 1: Tela do sistema demonstrando em gráfico o faturamento com planos particulares de saúde e SUS.



Fonte: Marsoft. Labor: softwares para laboratórios de análises clínicas [página na internet]. Disponível em: <http://www.marsoft.com.br/marsoft/>. [13]

3.2 Funções adicionais

Além das funções descritas como essenciais, existem outras funções que podem ser consideradas adicionais para complementar os recursos disponibilizados e oferecer maior praticidade além dos requisitos básicos.

3.2.1 Integração com laboratórios de apoio

Utilizado frente a conexão automatizada com os principais laboratórios de apoio, importante e necessária para acesso a cadastros de exames integrados, impressão de etiquetas primárias para identificar amostras do solicitante e autorização automática de pedidos. Isto, reduziu trabalho manual e minimiza as chances de erros de comunicação. [7-16]

3.2.2 Laudos personalizados

A maioria dos softwares encontrados possuem modelos de laudos personalizados, como por exemplo, valores de referência por idade e sexo atualizados, facilitando o trabalho do usuário. Sendo possível ainda, personalizar também seu layout, adicionar imagens citológicas e histórico do paciente. [7-16]

3.2.3 Conferência, liberação e assinaturas eletrônicas

Utilizado para conferir maior segurança. Os resultados dos exames devem ser conferidos na tela e depois liberados por um profissional responsável através de uma senha individual. Cada exame deve conter a identificação do profissional que o liberou e os laudos automaticamente serão emitidos com a assinatura daquele profissional responsável pelos resultados dos exames realizados. [7-16]

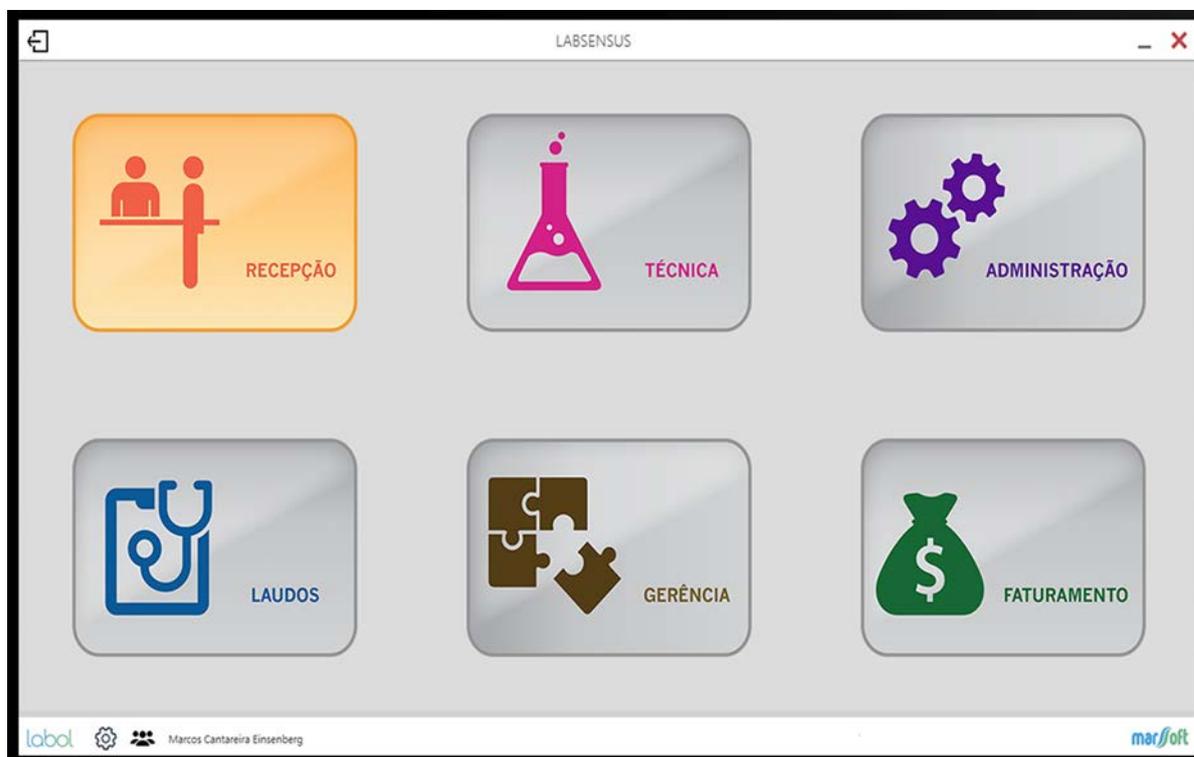
3.2.4 Rastreabilidade completa dos dados

Consiste em um recurso para o controle integral do laboratório. Backups armazenados em nuvem de cada etapa da realização dos exames com informações de data, hora e qual usuário realizou, garantindo a segurança da empresa. [7-16]

3.2.5 Controle gerencial

Os setores do laboratório podem ser visualizados através de um Painel de Controle como o mostrado na figura 2.

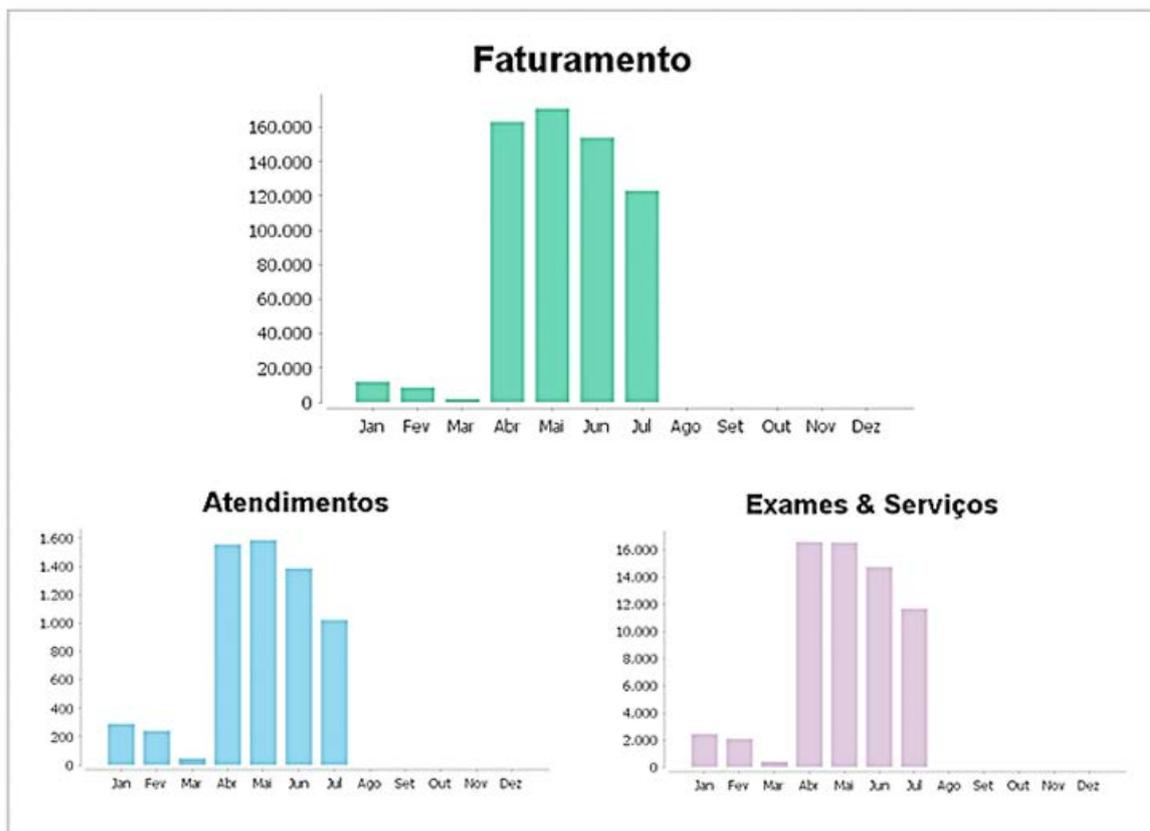
Figura 2: Controle gerencial através do Painel de Controle de todos os setores laboratorial.



Fonte: Marsoft. Labol: softwares para laboratórios de análises clínicas [página na internet]. Disponível em: <http://www.marsoft.com.br/marsoft/>. [13]

O software possibilita a emissão de relatórios com gráficos em apresentações ricas e visuais, que demonstram todo faturamento, a quantidade de atendimentos e exames realizados em determinado período de tempo (Figura 3). Além de detectar em tempo real atrasos no atendimento, emissão de laudos e controle de estoque. [7-16]

Figura 3: Estatísticas de faturamento, atendimentos e exames & serviços.

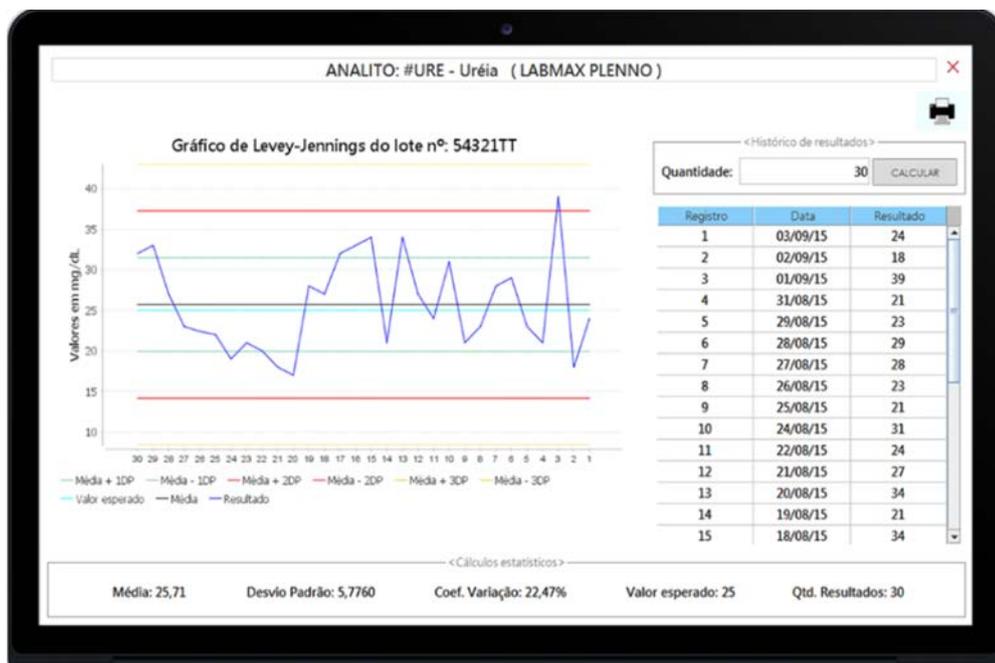


Fonte: Marsoft. Labor: softwares para laboratórios de análises clínicas [página na internet]. Disponível em: <http://www.marsoft.com.br/marsoft/>. [13]

3.2.6 Controle interno de qualidade integrado ao interfaceamento

Trata-se de um gerenciamento e controle de vários equipamentos laboratoriais através do interfaceamento automatizado. Permite a atuação de todo o processo de qualidade interna, emissão dos gráficos de Levey-Jennings (Figura 4), realizando estatísticas para cálculos de média, desvio padrão, coeficiente de variação para a análise comparativa entre equipamentos, além de rejeitar e/ou bloquear resultados e rotinas, exigindo a intervenção imediata dos responsáveis para a continuidade da produção. [7-16]

Figura 4: Tela de software demonstrando o controle de qualidade interno.



Fonte: Marsoft. Labor: softwares para laboratórios de análises clínicas [página na internet]. Disponível em: <http://www.marsoft.com.br/marsoft/>. [13]

Figura 5: Demonstração do interfaceamento dos softwares com aparelhos de análises.



Imagem ilustrativa de uma integração bidirecional com aparelho bioquímico

Fonte Criasoft sistemas. Worklab: soluções em softwares para laboratórios e outras áreas da saúde [página na internet]. Disponível em: <https://criasoft.com.br>. [9]

Os resultados interfaceados devem chegar ao sistema já digitados, necessitando apenas da liberação do responsável técnico para estarem, em tempo real, a disposição para impressão e acesso via Web, garantindo rapidez e segurança dos resultados. [7-16]

4. CONCLUSÃO

As funções apresentadas estão relacionadas a caracterização de um bom sistema de gerenciamento laboratorial, assim tais funções devem ser analisadas para a escolha adequada dos softwares de acordo com as necessidades.

Este software deve integrar as ferramentas indispensáveis para oferecer todo o suporte técnico necessário, a fim de assegurar um bom desempenho de todas as etapas e processos que compõem o funcionamento de um laboratório de análises clínicas.

As demais funções complementares devem ser analisadas e avaliadas de acordo com as rotinas e processos do laboratório no qual será utilizado, para definir quais serão úteis e quais serão dispensáveis para o laboratório em questão.

Vale ressaltar que o uso da tecnologia deve ser sempre aliado às boas práticas de laboratório para otimização dos recursos pessoais e materiais, obtendo-se bons resultados de forma ética.

REFERÊNCIAS

- [1] Rosa, AM. As origens históricas da Internet: uma comparação com a origem dos meios clássicos de comunicação ponto a ponto. *Estudos em Comunicação*, Portugal. 2012; 11: 95-123.
- [2] Monteiro, LP. Tipos de software e suas classificações. [publicação na web]. Universidade da Tecnologia. Acesso em 03 de março de 2019. Disponível em: <https://universidadedatecnologia.com.br/tipos-de-software-e-suas-classificacoes/>.
- [3] SEBRAE. Como montar um laboratório de análises clínicas [publicação na web]. 2017. Acesso em 20 de abril de 2019. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/Como-montar-umlaborat%C3%B3rio-de-an%C3%A1lises-cl%C3%ADnicas>.
- [4] Píxeon. Quais os padrões de softwares para laboratório que trazem mais benefícios [página na internet]. Acesso em 13 de março de 2019. Disponível em: <https://www.pixeon.com/blog/software-para-laboratorio/>.
- [5] Uniware. Unilab: Como escolher um sistema para laboratório de análises clínicas [página na internet]. Acesso em 08 de março de 2019. Disponível em: <https://www.unilab.com.br/materiais-educativos/artigos/como-escolher-um-sistema-para-laboratorio-de-analises-clinicas/>.
- [6] Concent Sistemas [página na internet]. Acesso em 05 de março de 2019. Disponível em: <https://www.concentsistemas.com.br>.
- [7] Ans sistemas [página na internet]. ANS Laboratório. Acesso em 05 de março de 2019. Disponível em: <http://www.analisesistemas.com/AnaliseLaboratorio.php>.
- [8] Aurelio M. LabNet: softwares para laboratórios [página na internet]. Acesso em 23 de janeiro de 2019. Disponível em: <http://www.labnet.com.br/apresentacao.php>.

- [9] Criasoft sistemas. Worklab: soluções em softwares para laboratórios e outras áreas da saúde [página na internet]. Acesso em 05 de março de 2019. Disponível em: <https://criasoft.com.br>.
- [10] Fit inovação. Labsolution [página na internet]. Acesso em março de 2019. Disponível em: <http://labsolution.com.br/>.
- [11] Grupo Sym. Autolac: soluções integradas em software para laboratórios [página na internet]. Acesso em 24 de fevereiro de 2019. Disponível em: <https://autolac.com.br/>.
- [12] Karyon. Facelab: sistema de interface laboratorial [página na internet]. Acesso em 03 de abril de 2019. Disponível em: <http://www.facelab.com.br/>.
- [13] Marsoft. Labol: softwares para laboratórios de análises clínicas [página na internet]. Acesso em 03 de abril de 2019. Disponível em: <http://www.marsoft.com.br/marsoft/>
- [14] Proditec Sistemas. Sistema SCOLA [página na internet]. Acesso em 13 de março de 2019. Disponível em: <http://www.proditec.com.br>.
- [15] Shift. Shift Lis [página na internet]. Acesso em 08 de março de 2019. Disponível em: <https://shift.com.br/>.
- [16] Soitic. Labsys web: sistema de soluções para gestão de laboratórios de análises clínicas. Acesso em 23 de janeiro de 2019. Disponível em: <https://www.labsysweb.com.br/>.
- [17] Techmobil. Sistema VIDA [página na internet]. Acesso em 08 de março de 2019. Disponível em: <https://www.sisvida.com.br>.
- [18] Web brasilía info. Apluslab [página na internet]. Acesso em 14 de março de 2019. Disponível em: <https://www.webbrasilía.com/apluslab/>.

METAGENÔMICA COMO DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL PARA VÍRUS

FERNANDA RODRIGUES DIAS

Escola Superior da Amazônia – ESAMAZ
Graduanda de Biomedicina

LUCAS SANTOS PAMPONET

Escola Superior da Amazônia – ESAMAZ
Graduando de Biomedicina

SAMIR MANSOUR MORAES CASSEB

Escola Superior da Amazônia – ESAMAZ
Professor do Curso de Biomedicina

RESUMO: Os vírus são responsáveis por grande parte das doenças humanas, no entanto, vários vírus ainda são indetectáveis e/ou desconhecidos da humanidade. Com o avanço da tecnologia e de novas metodologias de diagnóstico, a abordagem metagenômica vem sendo importante tanto para descoberta de novos patógenos virais, bem como para diagnóstico mais preciso de doenças infecciosas. Esta abordagem está mudando a forma de como os médicos diagnosticam e tratam doenças, tendo como fundamento o estudo genético de uma amostra permitindo a análise do seu genoma através de sequenciamento. **Objetivo:** Descrever o uso da metagenômica como uma alternativa de identificação de espécies virais em amostras de pacientes. **Materiais e Métodos:** Constitui uma revisão bibliográfica de caráter analítico, onde foi realizada uma busca sobre o conhecimento da técnica de metagenômica que pode ser utilizada para um diagnóstico eficaz para vírus, sendo feita em três bases de dados eletrônicas (NCBI,

SCIELO, PUBMED). Como critérios de inclusão utilizou-se: artigos publicados entre os anos de 2016 e 2020 na língua inglesa, e como critérios de exclusão artigos publicados antes de 2016 que não estivessem em língua inglesa e não enfocassem o tema em questão como principal. **Resultado:** Foram encontrados cerca de 2565 artigos, sendo 1049 duplicados que foram excluídos, restando 1516. Aplicado nossos critérios de inclusão e exclusão restou 23 artigos onde foi observado que o uso da metagenômica para diagnóstico, principalmente em surtos ou expansão de patógenos. **Conclusão:** É possível confirmar que a metagenômica é uma ferramenta ideal para a identificação e monitoramento de agentes patogênicos dentro da saúde pública.

PALAVRAS-CHAVE: Metagenômica Viral, NSG e Diagnóstico Viral

ABSTRACT: Viruses are responsible for much of human diseases, however, several viruses are still undetectable and/or unknown to humanity. With the advancement of technology and new diagnostic methodologies, the metagenomic approach has been important both for the discovery of new viral pathogens, as well as for more accurate diagnosis of infectious diseases. This approach is changing the way physicians diagnose and treat diseases, based on the genetic study of a sample allowing the analysis of their genome through sequencing. **Objective:** To describe the use of metagenomics as an alternative for the identification of viral species

in patient samples. **Materials and Methods:** Constitutes an analytical bibliographic review, where a search was conducted on the knowledge of the metagenomic technique that can be used for an effective diagnosis for viruses, being made in three electronic databases (NCBI, SCIELO, PUBMED). The following inclusion criteria were: articles published between 2016 and 2020 in English, and exclusion criteria articles published before 2016 that were not in English and did not focus on the theme in question as the main one. **Result:** About 2,565 articles were found, of which 1,049 were duplicated, leaving 1516. Applied our inclusion and exclusion criteria, 23 articles were found to use metagenomics for diagnosis, especially in outbreaks or pathogen expansion. **Conclusion:** It is possible to confirm that metagenomics is an ideal tool for the identification and monitoring of pathogens within public health.

KEYWORDS: Viral metagenomics, NSG e Viral molecular diagnosis

1. INTRODUÇÃO

Os vírus são a fonte mais abundante de material genético na terra, suscetíveis a infectar todos os organismos celulares e mesmo outros vírus, sendo onipresentes em todos os ambientes, sendo descobertos no final do século 19, eles têm sido principalmente estudados como agentes de doenças em humanos ou animais economicamente importantes e plantas (ZHANG; SHI; HOLMES, 2018).

Esses patógenos são capazes de causar diversas doenças em humanos, sendo responsáveis por um simples resfriado, como também por quadros graves que até hoje não possuem cura, como o HIV. Os vírus são conhecidos por serem parasitas intracelulares compostos por um núcleo, além disso, eles são delimitados por uma camada protéica conhecida como capsídeo podendo ser replicado passando por etapas como adsorção, penetração, replicação do genoma, maturação e liberação (OSUNMAKINDE et al., 2018). E por possuir uma grande diversidade, as práticas atuais de laboratório não conseguem identificar todos os vírus presentes em uma amostra.

Ao contrário das bactérias, os vírus não apresentam um gene comum em todas as famílias virais e, portanto, a detecção de pan-vírus depende de métodos analíticos abrangentes (VAN BOHEEMEN et al., 2020). A identificação destes agentes patogênicos é crucial para o tratamento e para a prevenção de novas transmissões. Os testes de diagnóstico tradicionais exigem um conhecimento a priori desses potenciais agentes e é cada vez mais difícil para os médicos selecionarem testes de diagnóstico relevantes para os patógenos importados de muitos locais em todo o mundo (JEROME et al., 2019).

Técnicas tradicionais de diagnóstico em laboratórios de microbiologia incluem o crescimento e isolamento de microrganismos em cultura, detecção de agentes patogênicos específicos, anticorpos ou antígenos e identificação molecular de ácidos nucleicos microbianos, a maioria geralmente através de PCR (CHIU; MILLER, 2019b). Devido à sua alta especificidade e sensibilidade na clínica atualmente, a PCR baseada em sequência é a rotina de abordagem para identificação de vírus. No entanto, a PCR exige informações de

sequência dos agentes, devendo ser envolvido um ensaio específico para cada patógeno individual. (ZOU et al., 2017).

O sequenciamento de nova geração (NGS) pode ser aplicado na identificação de qualquer organismo em uma amostra. A metagenômica refere-se ao estudo direto do material genético dos micróbios em sua natureza. É uma abordagem que permite a identificação de microrganismos em culturas cultiváveis e não cultiváveis de uma comunidade com base em uma técnica genômica (OSUNMAKINDE et al., 2018).

Essa abordagem emergente está mudando como os médicos diagnosticam e tratam doenças infecciosas, com aplicações que abrangem uma ampla gama de áreas, incluindo resistência antimicrobiana, microbiana, expressão do gene do hospedeiro humano e oncologia (CHIU; MILLER, 2019b). A aplicação da metagenômica foi relatada pela primeira vez no final do século 19, quando o laboratório de Norman Pace concebeu a noção da extração bruta de ácido desoxirribonucleico (DNA) de uma amostra. Desde então, houve um progresso significativo na metagenômica em diferentes tipos de compartimentos (OSUNMAKINDE et al., 2018).

Enquanto a maioria dos ensaios moleculares visa apenas um número limitado de agentes patogênicos que utilizam iniciadores específicos, as abordagens metagenômicas caracterizam todo DNA ou RNA presente numa amostra, permitindo a análise da totalidade do genoma microbiano, bem como o genoma do hospedeiro humano ou transcriptoma em amostras de doentes (CHIU; MILLER, 2019b).

Esta estratégia não exige a priori conhecimento de um patógeno específico, podendo ser especialmente útil para o diagnóstico de caso com apresentação atípica (HU et al., 2018). Portanto, esse método pode fornecer um sequenciamento genômico detalhado de informações sobre os agentes patogênicos presentes nas amostras, que poderia ser utilizado para caracterização de genótipos e filogenética na análise (ZOU et al., 2017).

Além disso, abordagem metagenômica pode potencialmente ser alavancada para análises adicionais além da mera identificação de um patógeno causador, tal como a caracterização microbiológica e análises paralelas das respostas do hospedeiro humano através da transcrição do perfil por sequenciamento do RNA. Assim, a utilidade clínica do NGS no diagnóstico pode ser nos casos mais difíceis de diagnosticar ou para pacientes imunocomprometidos, nos quais o espectro de agentes patogênicos é maior (CHIU; MILLER, 2019b).

Outra vantagem do método para o diagnóstico é a possibilidade de detectar coinfeções. Isto pode ter uma importância crescente à medida que avançamos com detecção de novos agentes que possam infectar o hospedeiro sem causar sinais clínicos de doença (BIRDSELL et al., 2018). O subdiagnóstico das coinfeções é devido, entre outras coisas, à falta de suspeitas clínicas, sobreposições de sintomas, e/ou o fato de os instrumentos tradicionais terem limitado capacidade de identificação de coinfeções na ausência de conhecimento. Assim, a exploração de novas estratégias de diagnóstico é necessária para

fazer avançar a compreensão da contribuição das coinfeções a manifestações de doenças infecciosas e respostas de tratamento (BIRDSELL et al., 2018)

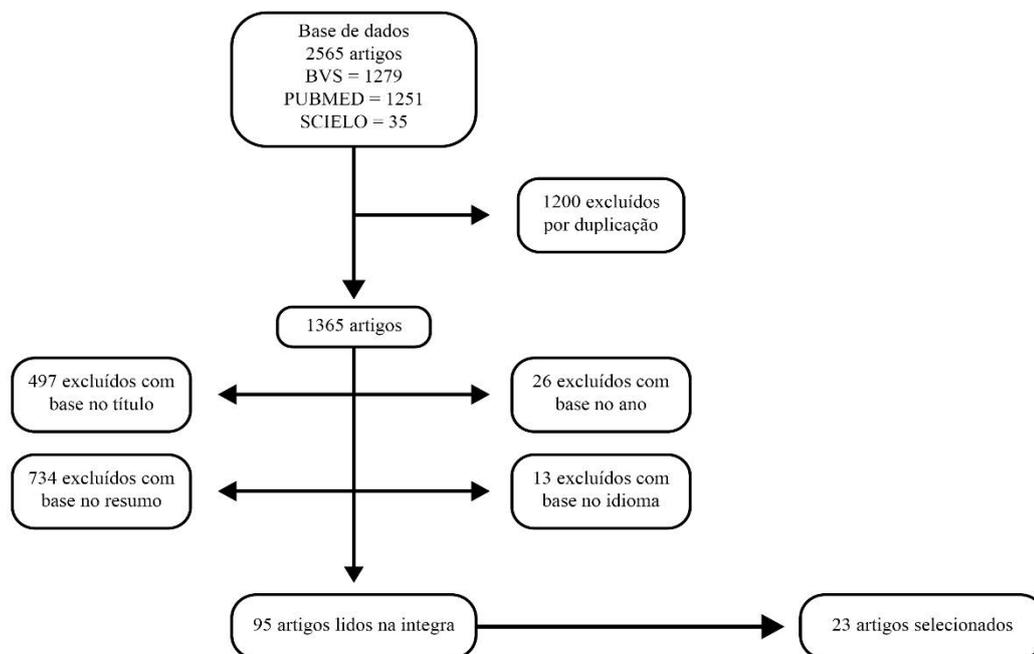
2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo constitui uma revisão bibliográfica de caráter analítico, que consiste no exame da literatura científica para levantamento e análise do que já se produziu sobre determinado tema, onde foi realizada uma busca sobre o conhecimento da técnica de metagenômica que pode ser utilizada para um diagnóstico eficaz para vírus. Para identificar os estudos que abordavam o tema foram feitas buscas sistematizadas em três bases de dados eletrônicas (BVS, SCIELO, PUBMED). Na busca inicial foram considerados os títulos e os resumos dos artigos para a seleção ampla de prováveis trabalhos de interesse, sendo destacados os resumos e os textos completos dos artigos, utilizando-se como palavras chaves Metagenômica Viral, NSG Vírus, Diagnóstico Molecular Viral para melhor definição de busca nas bases selecionadas.

Como critério de inclusão utilizou-se: artigos publicados entre os anos de 2016 e 2020 nas bases de dados referidas e que estivessem em língua inglesa. Foram critério de exclusão: artigos publicados antes de 2016; que não estivessem em língua inglesa; e que não possuíssem título ou resumo que não enfocassem o tema em questão como principal.

3. RESULTADO

Como resultado foram encontrados 2.565, sendo que 1200 estavam duplicados e foram excluídos, restando 1516. Quando os critérios foram aplicados houve uma redução de 1365 artigos para 95 artigos, e após a seleção, conforme os critérios de inclusão e exclusão previamente definidos, foi realizada uma leitura exploratória; leitura seletiva e escolha do material que se adequam aos objetivos e tema deste estudo; leitura analítica e análise dos textos, finalizando com a realização de leitura interpretativa, tendo como resultado 23 artigos onde foi observado que o uso da metagenômica para diagnóstico, principalmente em surtos ou expansão de patógenos. Dos 23 artigos selecionados, 3 foram publicados em 2016, 7 em 2017, 4 em 2018, 7 em 2019 e 2 em 2020.



4. DISCUSSÃO

Os vírus são responsáveis pela maioria das doenças humanas (ZOU et al., 2017) e existem onde quer que seja encontrada vida, incluindo em locais extremos, como o oceano profundo e áreas polares (YANG et al., 2019). Com o aumento da população humana há o aumento da demanda por produtos agrícolas e água, o que representa um risco de contaminação por vírus no ambiente e subsequente afeta a transmissão viral. Mais de 100 espécies de vírus entéricos já foram identificadas em fezes humanas e em esgotos como astrovírus, calicivírus, enterovírus, adenovírus entéricos e rotavírus (STRUBBIA et al., 2019) e são uma causa significativa de doenças humanas, especialmente em países em desenvolvimento (O'BRIEN et al., 2017). Relata-se que entre 1,5 e 12 milhões de pessoas morrem a cada ano de doenças transmitidas pela água (O'BRIEN et al., 2017). Durante os últimos 30 anos, tornou-se claro que os vírus podem ter um papel importante no desenvolvimento de várias doenças malignas humanas. E foi estimado que as infecções virais contribuem para aproximadamente 18% de todos os cânceres humanos (TUNA; AMOS, 2017).

A identificação de vírus usando métodos de cadeia de polimerase tradicional baseados em reação PCR são desafiadores particularmente quando as cargas virais são baixas (GONG et al., 2017). A reação em cadeia da polimerase é uma técnica de ensaio convencional sensível que é usada em amplificação direcionada do DNA ou RNA viral em uma gama de magnitude para produzir milhares ou milhões de cópias (OSUNMAKINDE et al., 2018).

Os patógenos permanecem não detectados pela rotina teste clínico em aproximadamente 30% dos casos respiratórios (ZOU et al., 2017). Esses painéis geralmente incluem

os mais comuns patógenos associados a uma síndrome clínica definida, como meningite e encefalite, doenças respiratórias agudas, infecção, sepse ou doença diarreica (CHIU; MILLER, 2019b).

A principal limitação das técnicas de PCR é que eles são incapazes de distinguir entre alvos ativos e inativos e são considerados propensos à inibição devido à interação com o DNA ou à interferência com a polimerase de DNA que aumenta resultados falsos negativos. Além disso, diferentes sequências de iniciadores o tornam inadequado para uso, especialmente com a descoberta de vírus únicos (OSUNMAKINDE et al., 2018).

O PCR também limita sensibilidade em casos em que a sequência do modelo é divergente do esperado devido à cinética de ligação do iniciador. Contudo, em uma situação de surto em que os isolados são altamente relacionados, baixo custo por amostra e tempo de resposta rápido são necessárias (QUICK et al., 2017).

Os vírus carecem de um marcador comum para sua classificação taxonômica e identificação, dificultando o monitoramento de toda a população em um único ensaio (RUSIÑOL et al., 2020). A detecção rápida de vírus de RNA é crítica para o diagnóstico, tratamento, controle e prevenção de doenças infecciosas humanas e animais causadas por vírus (QIU et al., 2017). Testes moleculares atuais para infecção respiratória são amplamente específicos, exigindo a seleção de testes com base sobre os sintomas do paciente, o que requer grandes painéis de patógenos esperados e tem rendimento limitado (ZOU et al., 2017).

Já em relação a vírus entéricos, eles possuem pequenos genomas de RNA sua detecção é difícil. De fato, sua abundância relativa em comparação com bactérias, fagos, parasitas presentes no ambiente desafiam sua detecção e identificação (STRUBBIA et al., 2019). O NGS tem sido empregado para identificar novas infecções incomuns caracterizando a diversidade de vírus em amostras humanas, animais e ambientais (KWOK et al., 2020) e tem sido usado para estudar a propagação de doenças em surtos (QUICK et al., 2017). O NGS baseado em abordagens metagenômicas são independentes do alvo e fornece identificação imparcial de informações comuns e inesperadas patógenos em uma determinada amostra (ZOU et al., 2017). É uma técnica de sequenciamento genômico que permite sequenciamento paralelo massivo de pequenos fragmentos de todo o material genético obtido de uma comunidade microbiana, que gera saída massiva de dados em apenas uma execução, através do uso de uma instrumentação de alto rendimento (OSUNMAKINDE et al., 2018).

É uma abordagem promissora para o diagnóstico de doença infecciosa porque um abrangente espectro de causas potenciais virais, bacterianas, fúngicas e parasitárias pode ser identificada por ensaio único (WILSON et al., 2019). Todas as técnicas de NGS realizam sequenciamento paralelo de centenas de milhares a milhões de moléculas individuais de DNA, permitindo a quantificação de diferentes variantes virais da mesma amostra em nível clonal com maior sensibilidade do que o sequenciamento Sanger e com custo mais barato por base (CASADELLÀ; PAREDES, 2017). Porém, no laboratório clínico é um em-

preendimento complexo que requer a personalização de protocolos de pesquisa usando uma abordagem de gestão da qualidade consistente com os padrões regulatórios (CHIU; MILLER, 2019b).

Várias doenças de etiologia desconhecida são causadas por patógenos que foram recentemente detectados por novas tecnologias (HÖPER; WYLEZICH; BEER, 2017). Atualmente, a metagenômica vem sendo explorada em ambientes marinhos e no diagnóstico da doença. Além disso, outros estudos metagenômicos foram realizados em termos de genética animal, medicina veterinária, indústria têxtil, alimentos e farmacêuticos, biossensores, e biotecnologia agrícola (OSUNMAKINDE et al., 2018).

O sarampo, por exemplo, é uma doença altamente contagiosa caracterizada por febre alta, tosse e erupção maculopapular. É comum que o vírus do sarampo geralmente não seja incluído em múltiplos painéis de PCR. Por outro lado, a metagenômica identifica diretamente esse vírus, sendo possível montar a sequência completa do genoma, sempre com uma análise de sequência filogenética abrangente caracterização (ZOU et al., 2017). Já para estabelecer um diagnóstico de infecção do SNC, os métodos, como esfregaço, cultura, amplificação de ácidos nucleicos, ensaios de sorologia e testes sorológicos, geralmente requerem volume maciço de amostra de LCR para executar uma bateria de testes. No entanto, o NGS metagenômico tem a capacidade identificar todos os patógenos diretamente da amostra do LCR com uma corrida única, livre de hipóteses e independente de cultura maneira (HU et al., 2018).

As abordagens metagenômicas têm visto uma rápida adoção ao longo da década passada, impulsionada por melhorias implacáveis na produção de instrumentos de sequenciamento de alto rendimento (QUICK et al., 2017). Em alguns países, os estudos metagenômicos virais aumentaram gradualmente. Isto é, emergindo como uma técnica alternativa para identificação viral, diversidade e abundância, em uma variedade de amostras ambientais (OSUNMAKINDE et al., 2018) e está sendo amplamente utilizado em pesquisa e medicina clínica. Porque centenas de milhões de respostas são obtidas em uma corrida, sendo uma ferramenta atraente para ser usada para identificar mutações ultra-raras (YASUKAWA et al., 2017).

O impacto mais óbvio de metagenômica tem sido transformar nossa compreensão da extensão e estrutura da biodiversidade viral, incluindo a cobertura de uma infinidade de novos vírus (ZHANG; SHI; HOLMES, 2018). Por definição, metagenômica refere-se ao estudo direto do material genético dos micróbios em sua natureza habitat. É uma abordagem que permite a identificação de culturas cultiváveis e micróbios não cultiváveis em uma comunidade mista, com base em uma técnica genômica (OSUNMAKINDE et al., 2018). Pode fornecer informações genômicas detalhadas e informações dos patógenos presentes nas amostras, que poderia ser usado para caracterização genotípica e análise filogenética. Com base na atribuição taxonômica do produto sequências, os médicos podem avaliar melhor a influência de cada patógeno no desenvolvimento da doença (ZOU et al., 2017). Na metagenômica, as técnicas genômicas modernas são aplicadas para caracterizar co-

munidades de microrganismos diretamente de seus ambientes naturais, sem o isolamento e cultivo de espécies individuais (GONG et al., 2017).

Além da detecção primária, o NGS oferece imediatamente informações sobre marcadores de virulência, epidemiologia, genotipagem e evolução de patógenos (VAN BOHEEMEN et al., 2020). Abordagens NGS foram, por exemplo, usados com sucesso para a identificação e caracterização de locais de integração viral em genoma humano, identificação de genes interrompidos, incluindo oncogenes, genes supressores de tumor e reparo de DNA genes, a detecção de instabilidade genômica propensa ao HPV e vias celulares alteradas. Em conjunto com outros NGS e “omics” estudos em tumores associados a vírus forneceram detalhes sobre a etiologia dos cânceres causados pelo HPV (TUNA; AMOS, 2017).

Após o sequenciamento, a classificação bioinformática e a interpretação dos resultados continuam sendo um grande desafio (VAN BOHEEMEN et al., 2020). A análise do metagenoma por NGS envolve várias etapas distintas, com a etapa mais importante sendo a extração de DNA/RNA total de alta qualidade de uma amostra. Isto é seguido por fragmentação e ligação adequada do adaptador na plataforma desejada para a preparação da biblioteca e sequenciamento. A análise dos fragmentos e dados volumosos gerados a partir das diferentes plataformas de alto rendimento, é feita classificando e montando-as em contigs através de ferramentas de bioinformática, que geralmente é a tarefa mais desafiadora e tediosa ao realizar projetos de metagenômica (OSUNMAKINDE et al., 2018).

O procedimento de montagem da sequência implica, em uma primeira etapa, a montagem de leituras em mais sequências contíguas (contigs). Este não é um procedimento trivial, devido à abundância desigual (e cobertura) de espécies virais, bem como de outras questões técnicas (por exemplo, processamento de amostra e biblioteca de preparação) que produzem uma sobreposição de leitura limitada exigida pelo montador (BOVO et al., 2017). A reparação eficiente da biblioteca é crítica para a detecção de vírus de RNA e continua desafiador (QIU et al., 2017).

A preparação ideal da amostra e a análise bioinformática são essenciais para detecção de vírus (VAN BOHEEMEN et al., 2020). No entanto, o NGS ainda enfrenta uma série de limitações que precisam ser dirigidas para permitir a sua utilização generalizada (CASADELLÀ; PAREDES, 2017). Um dos desafios mais relevantes da metagenômica viral deriva do fato de que as sequências estão geralmente presentes em uma proporção muito baixa nas amostras analisadas em comparação com as sequências de DNA do hospedeiro (BOVO et al., 2017). A detecção de patógenos usando metagenômica pode ser dificultada por baixas abundâncias alvo e / ou por alto nível microbiano nas concentrações na amostra (RUSIÑOL et al., 2020).

O sequenciamento metagenômico ainda não foi implementado como ferramenta de rotina em diagnósticos clínicos de infecções virais (VAN BOHEEMEN et al., 2020). Até recentemente, o NGS era restrito ao laboratório devido ao tamanho dos sequenciadores acessível; no entanto, o lançamento do MinION (Oxford Nanopore Technologies) permite

NGS em campo. O MinION é um sequenciador portátil de baixo custo que produz leituras longas (até 233 kb) em tempo real. É acessível, portátil e capaz de detectar arbovírus rapidamente e com precisão suficiente, demonstrando seu potencial para vigilância de vírus. A utilização de protocolos recentes e lançamentos de dispositivos pode permitir vírus de detecção no MinION a ser realizada dentro de algumas horas em campo (BATOVSKA et al., 2017).

5. CONCLUSÃO

O sequenciamento de nova geração está avançando nosso conhecimento e melhorando nossa capacidade de diagnóstico. Com isso, abordagens como a metagenômica tornam-se promissoras para o diagnóstico de doenças infecciosas por identificar um grande espectro de potenciais virais, bacterianos, fúngicos e parasitários.

Apesar das diversas vantagens no seu uso, esta abordagem ainda é inviável por ser um método caro e necessitar de uma mão de obra extremamente especializada e ainda escassa.

6. REFERÊNCIAS

- BATOVSKA, J. et al. Metagenomic arbovirus detection using MinION nanopore sequencing. **Journal of Virological Methods**, v. 249, p. 79–84, 1 nov. 2017.
- BIRDSELL, D. N. et al. Coinfections identified from metagenomic analysis of cervical lymph nodes from tularemia patients. **BMC Infectious Diseases**, v. 18, n. 1, 11 jul. 2018.
- BOVO, S. et al. A viral metagenomic approach on a nonmetagenomic experiment: Mining next generation sequencing datasets from pig DNA identified several porcine parvoviruses for a retrospective evaluation of viral infections. **PLoS ONE**, v. 12, n. 6, 1 jun. 2017.
- CASADELLÀ, M.; PAREDES, R. **Deep sequencing for HIV-1 clinical management** *Virus Research*. Elsevier B.V., , 15 jul. 2017. . Acesso em: 9 mar. 2020
- CHIU, C. Y.; MILLER, S. A. **Clinical metagenomics** *Nature Reviews Genetics*. Nature Publishing Group, , 1 jun. 2019b. . Acesso em: 3 mar. 2020
- GONG, Y. N. et al. A metagenomics study for the identification of respiratory viruses in mixed clinical specimens: an application of the iterative mapping approach. **Archives of Virology**, v. 162, n. 7, p. 2003–2012, 1 jul. 2017.
- HÖPER, D.; WYLEZICH, C.; BEER, M. Loeffler 4.0: Diagnostic Metagenomics. In: **Advances in Virus Research**. [s.l.] Academic Press Inc., 2017. v. 99p. 17–37.
- HU, Z. et al. Metagenomic next-generation sequencing as a diagnostic tool for toxoplasmic encephalitis. **Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials**, v. 17, n. 1, 26 dez. 2018.
- JEROME, H. et al. Metagenomic next-generation sequencing aids the diagnosis of viral infections in febrile returning travellers. **Journal of Infection**, v. 79, n. 4, p. 383–388, 1 out. 2019.
- KWOK, K. T. T. et al. **Virus metagenomics in farm animals: A systematic review** *Viruses*. MDPI AG, , 2020. . Acesso em: 9 mar. 2020

- O'BRIEN, E. et al. Viral diversity and abundance in polluted waters in Kampala, Uganda. **Water Research**, v. 127, p. 41–49, 2017.
- OSUNMAKINDE, C. O. et al. **Overview of trends in the application of metagenomic techniques in the analysis of human enteric viral diversity in Africa's environmental regimes** *Viruses*. MDPI AG, , 14 ago. 2018. . Acesso em: 3 mar. 2020
- QIU, Y. et al. Detection of viromes of RNA viruses using the next generation sequencing libraries prepared by three methods. **Virus Research**, v. 237, p. 22–26, 2 jun. 2017.
- QUICK, J. et al. Multiplex PCR method for MinION and Illumina sequencing of Zika and other virus genomes directly from clinical samples. **Nature Protocols**, v. 12, n. 6, p. 1261–1266, 1 jun. 2017.
- RUSIÑOL, M. et al. Metagenomic analysis of viruses, bacteria and protozoa in irrigation water. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 224, 1 mar. 2020.
- STRUBBIA, S. et al. Characterization of Norovirus and Other Human Enteric Viruses in Sewage and Stool Samples Through Next-Generation Sequencing. **Food and Environmental Virology**, v. 11, n. 4, p. 400–409, 1 dez. 2019.
- TUNA, M.; AMOS, C. I. Next generation sequencing and its applications in HPV-associated cancers. **Oncotarget**, v. 8, n. 5, 31 jan. 2017.
- VAN BOHEEMEN, S. et al. Retrospective Validation of a Metagenomic Sequencing Protocol for Combined Detection of RNA and DNA Viruses Using Respiratory Samples from Pediatric Patients. **Journal of Molecular Diagnostics**, v. 22, n. 2, p. 196–207, 1 fev. 2020.
- WILSON, M. R. et al. Clinical metagenomic sequencing for diagnosis of meningitis and encephalitis. **New England Journal of Medicine**, v. 380, n. 24, p. 2327–2340, 13 jun. 2019.
- YANG, Q. et al. Metagenomic characterization of the viral community of the South Scotia Ridge. **Viruses**, v. 11, n. 2, 1 jan. 2019.
- YASUKAWA, K. et al. Next-generation sequencing-based analysis of reverse transcriptase fidelity. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v. 492, n. 2, p. 147–153, 14 out. 2017.
- ZHANG, Y. Z.; SHI, M.; HOLMES, E. C. **Using Metagenomics to Characterize an Expanding Virosphere** *Cell* Cell Press, , 8 mar. 2018. . Acesso em: 3 mar. 2020
- ZOU, X. et al. Simultaneous virus identification and characterization of severe unexplained pneumonia cases using a metagenomics sequencing technique. **Science China Life Sciences**, v. 60, n. 3, p. 279–286, 1 mar. 2017.

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES PARÂMETROS DE SÍNTESE EM MEIO AQUOSO NAS PROPRIEDADES ÓTICAS DE PONTOS QUÂNTICOS DE CDTE

ELLEN RAPHAEL

Universidade do Estado do Amazonas - UEA
Escola Superior de Tecnologia - EST

LUCAS TADEU APARECIDO DA ROSA

Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL

**ISABELLA FERNANDES SOUZA
AVERSA**

Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL

CINTHIA DAS DORES AGUIAR

Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL

LUANA CAROLINE DE OLIVEIRA LIMA

Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL

ANA PAULA PEREIRA ALVES

Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL

LUCIANO SINDRA VIRTUOSO

Universidade Federal de Alfenas - UNIFAL

RESUMO: Este trabalho apresenta um estudo da variação de diversos parâmetros na síntese de pontos quânticos (PQs) de CdTe em meio aquoso, sintetizados pela metodologia *one-pot* e a influência destes parâmetros na qualidade ótica dos nanocristais (NCs) obtidos. Pontos quânticos são semicondutores nanocristalinos com tamanho entre 1 e 10 nm que apresentam um forte efeito de confinamento quântico, permitindo que suas propriedades óticas possam ser sintonizáveis pelo controle de seu tamanho. Isto os torna atrativos para várias aplicações, desde biotecnologia, como em biomarcado-

res ou sensores, ou até mesmo na confecção de dispositivos eletrônicos, como células fotovoltaicas ou televisores baseados em nanotecnologia. A síntese em meio aquoso é uma alternativa menos tóxica e acessível em relação às tradicionais sínteses em meio orgânico. A metodologia *one-pot* em meio aquoso foi desenvolvida recentemente e possibilita a preparação dos NCs em atmosfera ambiente com ganho de qualidade ótica. Este é um fator importante, uma vez que sínteses realizadas em meio aquoso, embora sejam convenientes do ponto de vista das aplicações biológicas, tendem a formar PQs com qualidade ótica inferior aos preparados com precursores organometálicos e solventes orgânicos. Além da metodologia empregada, diversos parâmetros da síntese também podem contribuir para a melhoria das propriedades óticas destes NCs. Deste modo, neste trabalho foram realizadas diversas sínteses em meio aquoso, variando o tipo de ligantes de superfície (LS), a proporção dos LS e dos precursores de cádmio e telúrio, o pH do meio reacional e o tempo de síntese. O objetivo principal foi o de otimizar a metodologia *one-pot* melhorando ainda mais a qualidade dos PQs obtidos. A qualidade dos nanomateriais obtidos nesse processo foram avaliados pelo rendimento quântico de fotoluminescência (Φ_f).

PALAVRA-CHAVE: Pontos quânticos, CdTe, nanotecnologia, síntese *one-pot*, biomarcadores.

ABSTRACT: This work presents a study of the variation of several parameters in CdTe quantum dots (QDs) synthesis in an aqueous medium, by the *one-pot* methodology and the influence of these parameters in the

optical quality of the nanocrystals (NCs) obtained. Quantum dots are nanocrystalline semiconductors, between 1 and 10 nm in size, which have a strong quantum confinement effect, allowing their optical properties to be tunable by controlling their size. This makes them attractive for various applications, from biotechnology, such as in biomarkers or sensors, or even in the manufacture of electronic devices, as photovoltaic cells or televisions based on nanotechnology. The synthesis in an aqueous medium is a less toxic and accessible alternative concerning traditional syntheses in organic medium. The recently developed methodology one-pot allows the preparation of NCs in an aqueous medium and in an ambient atmosphere with improved optical quality. This is an important factor, since syntheses carried out in aqueous media, although they are convenient from the point of view of biological applications, they tend to form QDs with the inferior optical quality compared to those prepared with organometallic precursors and organic solvents. In addition to the methodology employed, several parameters of the synthesis can also contribute to the improvement of the optical properties of these NCs. Thus, in this study, several syntheses were carried out in aqueous media, varying the type of surface ligands (SL), the SL and precursors of cadmium and tellurium ratio, the pH of the reaction medium, and the synthesis time. The main objective was to optimize the one-pot methodology, further improving the quality of the QDs. The quality of the nanomaterials obtained in this process was evaluated by the photoluminescence quantum yield (Φ_f).

KEYWORDS: Quantum Dots, CdTe, nanotechnology, one-pot approach, biomarkers.

1. INTRODUÇÃO

A nanotecnologia é a engenharia da matéria em nível atômico e molecular, que envolve a manipulação e caracterização em escala nano, menor que 100 nm (MNYUSIWALLA; DAAR; SINGER, 2003). Isso tem permitido a obtenção e desenvolvimento de materiais (metais, polímeros, cerâmicas, compósitos e semicondutores) em tamanho diminuto, que vão possuir propriedades mecânicas, óticas, magnéticas e químicas diferentes do que quando apresentados na forma *bulk* (SILVA, GABRIEL A, 2004). O estudo desses materiais pode ajudar no desenvolvimento de diversas áreas, como no setor de energia, indústria eletrônica e de comunicação, indústria química e de materiais, agronegócio, medicina, dentre outras. A síntese dos nanomateriais pode ser feita pelo método *bottom-up*, obtendo os materiais a partir de átomos ou moléculas individuais ou através do método *top-down*, que se caracteriza pela quebra do material em nanopartículas, geralmente com uso de técnicas de litografia (PU *et al.*, 2018).

Nanopartículas podem ser obtidas por vários processos físicos, químicos ou biológicos e podem ser sintetizadas nos mais variados formatos, como esferas, bastões, fibras, cubos, tubos, prismas, octaedros, dentre outros. Cada forma apresenta diferentes propriedades físico-químicas que podem ser modificadas pela mudança de diâmetro ou comprimento das nanopartículas. Diferentes propriedades possibilitam diferentes aplicações, como por exemplo, nanofibras de poli(ácido láctico) sintético podem ser utilizadas para encapsular antioxidantes para aumentar a solubilidade ou biodisponibilidade, além de protegê-los de fatores externos (VILCHEZ *et al.*, 2020). Nanoestruturas, como nanotubos de carbono (CNTs) exibem propriedades mecânicas incomuns, como alta tenacidade e altos

módulos de elasticidade, além de comportamento semicondutor ou metálico e, portanto, possuem uma gama de propriedades importantes para a nanotecnologia (JAFARI, 2018). Já as nanoesferas de ouro (AuNPs), se caracterizam pela facilidade de síntese e pela possibilidade de ancorar diferentes agentes funcionalizantes em sua superfície. Elas têm sido usadas com frequência como agentes de *drug delivery* para tratamento de câncer, fazendo com que o medicamento aja apenas no local de interesse, portanto, evitam que outros órgãos ou regiões sejam afetados por sua toxicidade (HU *et al.*, 2020).

Há pouco mais de uma década, uma nova classe de nanomateriais surgiu apresentando partículas da ordem de 1 a 10 nm com propriedades óticas únicas, chamadas de pontos quânticos (PQs), conhecidos também como semicondutores nanocristalinos coloidais zerodimensionais. São semicondutores que podem ser classificados quanto à sua composição, de acordo com o número de componentes e os diferentes grupos da tabela periódica aos quais pertencem seus elementos constituinte, sendo binários: II-IV, III-V, IV-VI, ternários: II-II-VI, ou ainda quaternários: II-I-III-VI, sendo um dos sistemas de grande importância e estudos, do tipo II-VI, onde se enquadra o CdTe (ZHU, RUIDONG *et al.*, 2019). Os PQs são NPs compostas por cristais semicondutores que se comportam como um poço de potencial, que confinam elétrons devido as suas dimensões nanométricas. Devido ao seu tamanho extremamente pequeno, os PQ sofrem mudanças em suas propriedades óticas devido aos efeitos quânticos ligados à variação do tamanho (confinamento quântico) efeito esse, caracterizado como o aprisionamento dos portadores de cargas (elétrons e buracos), em alguma dimensão do espaço. Quando ocorre a excitação por um fóton, os elétrons da banda de valência ficam confinados na superfície do nanocristal modificando assim as propriedades óticas do material (CHANG; WACLAWIK, 2014). Portanto, quando há a redução do cristal na escala nanométrica, ocorre um distanciamento energético entre as bandas de valência e condução, refletindo no aumento energético das mesmas. Isso faz com que apareçam bandas discretas a mais entre as bandas de valência e de condução. Assim, a diminuição ou aumento do tamanho dos PQs, leva ao aumento ou diminuição, respectivamente, da variação de energia, mudando seus espectros de absorção de energia, refletindo na cor dessas NPs (NING *et al.*, 2010).

Na área biomédica, os PQs têm sido empregados na substituição, com grandes vantagens, dos corantes orgânicos, utilizados como marcadores biológicos para a detecção de células doentes (CHINNATHAMBI; SHIRAHATA, 2019). Quando comparados aos corantes orgânicos convencionais, os PQs apresentam inúmeras vantagens, como: elevada intensidade de luminescência, alto coeficiente de absorvidade molar e boa resistência à fotodegradação (ABBASI *et al.*, 2016). Além disso, esses nanocristais necessitam de apenas uma fonte de excitação para induzir a luminescência em diferentes comprimentos de onda, devido à existência de nanopartículas com tamanhos diferentes, comparado aos convencionais corantes orgânicos, que exigem mais de uma fonte de luz de excitação para luminescerem em diferentes regiões do espectro (LI, J JACK *et al.*, 2003).

Um dos aspectos mais importantes para o desenvolvimento da área de semicondutores nanocristalinos coloidais, visando aplicações tecnológicas, envolve as etapas de síntese e caracterização. De modo geral, os PQs podem ser preparados por uma variedade de técnicas experimentais, com diferentes estratégias sintéticas, envolvendo diferentes meios reacionais. Dentre os métodos de preparação existentes, a síntese em um sistema coloidal aquoso tem se destacado por possuir maior simplicidade experimental, quando comparado com sínteses em meio orgânico (ZHANG, H *et al.*, 2003). Além disso, contribui para a área biomédica, pois para a aplicação destes nanomateriais em sistemas biológicos, é necessária uma funcionalização com moléculas específicas, que além de possibilitarem manter as partículas em suspensão, estes NCs devem ser compatíveis com o meio celular. A funcionalização, também conhecida como nivelamento orgânico, geralmente é feita com compostos orgânicos híbridos. Eles são aderidos à sua superfície, fazendo com que estes sistemas se tornem compatíveis e possam serem empregados em locais específicos nos sistemas biológicos (ZHANG, LESHUAI W; MONTEIRO-RIVIERE, 2009; ZHU, JINGYI; SHI, 2013). Dessa forma, uma importante contribuição na síntese de pontos quânticos foi realizada por Rogach e colaboradores (ROGACH, A L *et al.*, 1996) que obtiveram nanocristais de CdTe via química coloidal em meio aquoso.

Neste meio reacional são empregados agentes estabilizadores, ou ligantes de superfície (LS), a fim de diminuir os defeitos na superfície dos nanocristais, evitar agregação e funcionar como agente de direcionamento. Na síntese de PQs em meio orgânico, em geral, tais ligantes apresentam uma parte não-polar (uma longa cadeia de hidrocarbonetos) e um grupo polar terminal (-SH, -COOH, -NH), enquanto que em meio aquoso geralmente devem apresentar uma cadeia orgânica curta e dois ou mais grupos polares, sendo um deles responsável por se ligar à superfície do PQ, como por exemplo grupos polifosfatos, tióis ou aminas, e outro responsável por manter os NCs em suspensão aquosa, como por exemplo um grupo ácido carboxílico. Como exemplos de LS para síntese em meio aquoso, podemos citar o ácido 3-mercaptopropiônico ($\text{HSCH}_2\text{CH}_2\text{CO}_2\text{H}$) e o ácido tioglicólico (HSCH_2COOH). Embora o comportamento desses ligantes na superfície dos nanocristais ainda não seja totalmente compreendido na literatura, muitos estudos têm sido feitos, com o intuito de se aperfeiçoar as propriedades óticas desses materiais (JI *et al.*, 2008). Os ligantes devem apresentar um comportamento dinâmico *on/off* em torno dos nanocristais, ora permitindo o crescimento desses nanomateriais (estado *off*, desligados da superfície) e ora bloqueando o crescimento dos mesmos (estado *on*, ligados na superfície). É importante destacar que esse comportamento dinâmico pode ser fortemente influenciado, principalmente pela temperatura da reação, concentração, comprimento da cadeia dos ligantes e pela escolha adequada dos solventes (JI *et al.*, 2008; PRADHAN *et al.*, 2007).

Apesar da síntese de pontos quânticos em meio aquoso ser um método com boa reprodutibilidade sintética, baixo custo, menor toxicidade e permitir obter nanopartículas solúveis em água, este método ainda produz nanocristais com mais baixos valores de rendimento quântico de luminescência (~35–60%), quando comparado às nanopartículas preparadas pelos demais métodos (LI, LIANG *et al.*, 2006; ZHANG, H *et al.*, 2003). Desta forma é

importante otimizar o tipo e a concentração do ligante de superfície utilizado, para melhoria da passivação de superfície dos PQs, com consequente ganho do rendimento quântico de fotoluminescência. Além disso, a otimização das proporções de precursores utilizados auxilia na diminuição das bandas de armadilha, observadas como um ombro no espectro de fotoluminescência no lado de menor energia do espectro. Adicionalmente, as bandas de armadilha provocam um aumento na largura da banda e desativam o estado excitado, com consequente diminuição do rendimento quântico de fotoluminescência. Borchet, H. et al observou que amostras de PQs de CdTe, contendo uma grande quantidade de telúrio na superfície, apresentavam baixo rendimento quântico de fotoluminescência, justificando que a origem da banda de armadilha no espectro de emissão deste tipo de PQ pode estar associada tanto com cádmio como com telúrio de valência incompleta sobre a superfície (BORCHERT *et al.*, 2003).

Devido a luminescência eficiente, estabilidade coloidal e baixa adsorção não específica, os PQs organometálicos hidrofílicos têm sido comumente empregados como marcadores biológicos, utilizando técnicas de modificação de superfície para alcançar tal objetivo (MEDINTZ *et al.*, 2005). Dentre elas, podemos citar a troca de ligantes de superfície, formação de interface hidrofílica com moléculas anfifílicas, micelinização/encapsulamento em lipossomas e sinalização de nanocristais (LIRA *et al.*, 2013). Ambas as abordagens possuem vantagens e desvantagens a serem avaliadas de acordo com aplicação desejada. Entretanto, ainda faz se necessário uma série de estudos que abordem questões termodinâmicas e cinéticas do comportamento desses nanocristais quando em contato com membranas celulares, além de questões relacionadas a sua biodistribuição e eliminação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. MATERIAIS

Cloreto de cádmio hidratado ($\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 98 %), telurito de sódio (Na_2TeO_3 99 %), ácido 3-mercaptopropiônico (MPA 99 %) e rodamina 6g (99 %) foram adquiridos da Sigma Aldrich (EUA). Borohidreto de sódio ($\text{NaBH}_4 \geq 98$ %, Nuclear), ácido tioglicólico (TGA, 99 %, Synth), hidróxido de sódio (NaOH, Vetec) e acetona (Alphatec, certified ACS grade) foram utilizados no presente trabalho.

2.2. SÍNTESE DOS PONTOS QUÂNTICOS DE CdTe

Os PQs de CdTe foram sintetizados em meio aquoso, em aquecimento sob refluxo por até 120 minutos, utilizando a metodologia *one-pot* (CHEN *et al.*, 2012). Foram solubilizados de 0,2 a 0,8 mmol de $\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, como precursor de cádmio, e diferentes proporções de MPA (ácido mercaptopropiônico) ou TGA (ácido tioglicólico), como ligantes de superfície,

em 80 mL de água ultrapura (Milli-Q®). Na sequência o pH foi ajustado, variando de 8,8 a 11,5, utilizando uma solução de NaOH 0,20 mol/L. Em seguida, adicionou-se de 0,04 mmol de Na₂TeO₃, (quantidade fixa) como precursor de telúrio, e o agente redutor borohidreto de sódio (0,1 mmol). As razões molares preparadas foram para Te:Cd = 1:5; 1:10; 1:14 e 1:20, para Cd:MPA = 1:2; 1:2,3 e 1:4 e para Cd:TGA = 1:1,5; 1:1,9; 1:2; 1:2,1; 1:2,3; 1:2,5; e 1:3. A reação foi aquecida sob agitação e refluxo com aquecimento até a temperatura de ebulição da água (98 °C), por até 120 min, sendo retiradas amostras a cada 30 minutos de síntese. As amostras recém preparadas foram precipitadas com acetona, separadas por centrifugação e redispersas em água. Esse procedimento de lavagem foi repetido três vezes. Ao final, as amostras centrifugadas foram secas em estufa com circulação de ar a 50 °C por 12 horas e armazenadas sob refrigeração, até posterior caracterizações (SILVA, FERNANDA OLIVEIRA *et al.*, 2010).

2.3. CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS QUÂNTICOS

Os nanocristais obtidos foram caracterizados por espectroscopia de UV–visível (UV-Vis), com espectros de absorção coletados no intervalo de 300-700 nm usando um espectrofotômetro *Thermo Scientific™ Evolution 60S UV-Visible*, espectroscopia de fotoluminescência (PL), com espectros coletados utilizando uma fonte de excitação de 355 nm, no intervalo de 400-700 nm, registrados usando um espectrômetro *Cary Eclipse (Varian)*, FT-IR, com espectros coletados em um *Nicoletti S50 FTIR* acoplado a um *Pike Gladi ATR Technologies (Thermo Scientific, EUA)* e difração de raios X, com difratogramas coletados em um *Rigaku Ultima IV X-ray diffractometer* com intervalo 2θ de 10 – 80 ° ao passo 0,01 ° empregando *Cu Kα radiation* (λ = 1,5406 Å). Os tamanhos dos nanocristais obtidos foram estimados pela equação empírica proposta por Peng *et al.* (YU *et al.*, 2003).

$$D = (9,8127 \times 10^{-7})\lambda^3 - (1,7147 \times 10^{-3})\lambda^2 + (1,0064)\lambda - 194,84 \quad (\text{Eq. 1})$$

onde D (nm) é o diâmetro do nanocristal, e λ (nm) é o comprimento de onda que corresponde à máxima absorção.

O rendimento quântico de fotoluminescência (Φ_f) foi determinado através de um método relativo, utilizando a rodamina 6G (RQ = 95%) como PL de referência, onde foram preparadas dez soluções de PQs com diferentes concentrações, através da adição de 40 a 130 µL da suspensão coloidal de PQs sintetizados, em balão volumétrico de 5 mL, completando o volume com água deionizada. Da mesma forma, foram preparadas dez soluções do padrão rodamina 6G, com diferentes concentrações, a partir de uma solução estoque preparada com $4,8 \times 10^{-6}$ mol em 50 mL de água. As soluções preparadas (amostra de PQs e padrão rodamina 6G) foram submetidas às análises de espectroscopia UV-visível e fotoluminescência, para a plotagem de um gráfico da área integrada de fotoluminescência (I_f) versus valor de absorbância em 355 nm, e a partir desses gráficos foram determinados os gradientes (ou inclinação da reta) para o padrão e para a amostra. (BROUWER, 2011; HORIBA SCIENTIFIC, [S.d.]; RESCH-GENGER; RURACK, 2013)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi possível sintetizar PQs de CdTe em meio aquoso, com diferentes tamanhos, por meio de diferentes tempos de síntese: 30, 60, 90 e 120 minutos, através de metodologia *one-pot*, em atmosfera ambiente e sob refluxo. Neste trabalho, realizamos diversas sínteses avaliando o efeito de diferentes parâmetros, com o objetivo de melhorar as propriedades óticas dos nanocristais. Esses parâmetros estão apresentados na Tabela 1, juntamente com os principais resultados obtidos: tamanho estimado do nanocristal, largura a meia altura (FWHM), deslocamento de Stokes (nm) e rendimento quântico de fotoluminescência (Φ_f).

Tabela 1. Parâmetros de síntese.

Amostra	Te:Cd	Tipo de LS	Cd:LS	pH	Tamanho (nm)	FWHM (nm)	Deslocamento Stokes (nm)	Φ_f
01	1 : 5	MPA	1 : 2	10	2,99	60,49	33,07	33,1
02	1 : 10	MPA	1 : 2	10	3,37	61,62	34,42	28,7
03	1 : 10	MPA	1 : 4	10	1,58	94,85	90,02	2,30
04	1 : 14	MPA	1 : 2	8,8	3,06	55,47	34,44	26,8
05	1 : 14	MPA	1 : 2	9,1	2,81	55,69	30,29	45,8
06	1 : 14	MPA	1 : 2	11	2,92	57,30	31,06	26,6
07	1 : 14	MPA	1 : 2	11,5	-	-	-	-
08	1 : 14	MPA	1 : 2	10	3,25	61,43	27,67	45,9
09	1 : 20	MPA	1 : 2	10	3,18	65,86	30,29	45,7
10	1 : 20	MPA	1 : 2,3	10	2,88	54,26	30,31	24,8
11	1 : 14	TGA	1 : 1,9	10	2,22	42,32	33,48	-
12	1 : 20	TGA	1 : 1,5	10	2,53	42,86	34,19	49,5
13	1 : 20	TGA	1 : 1,9	9,5	2,38	46,15	36,86	-
14	1 : 20	TGA	1 : 1,9	10	2,69	41,10	30,24	-
15	1 : 20	TGA	1 : 2	10	1,73	51,07	53,11	13,1
16	1 : 20	TGA	1 : 2,1	10	2,20	48,89	41,97	-
17	1 : 20	TGA	1 : 2,3	9,5	2,52	44,92	32,35	-
18	1 : 20	TGA	1 : 2,3	10	2,54	40,78	43,96	48,5
19	1 : 20	TGA	1 : 2,3	10,5	1,92	52,28	49,96	-
20	1 : 20	TGA	1 : 2,3	10	2,88	54,26	30,31	24,8
21	1 : 20	TGA	1 : 2,5	10	1,31	90,13	63,84	5,31
22	1 : 20	TGA	1 : 2,8	10	1,26	72,39	63,22	-
23	1 : 20	TGA	1 : 3	10	-	117,86	99,66	1,28

* Resultados obtidos para PQs preparados com 120 minutos de síntese.

A evolução da síntese foi acompanhada por espectroscopia de UV-visível e espectroscopia de fotoluminescência. A Figura 1 apresenta dois exemplos da evolução da síntese,

de duas amostras sintetizadas com o mesmo tipo de LS, porém em diferentes proporções. É possível observar que ocorreu o deslocamento do máximo de emissão e de absorção em direção ao aumento do comprimento de onda, à medida que o tempo de síntese decorreu. Isto reflete o processo de crescimento dos NCs com o tempo de síntese. A maioria dos PQs sintetizados apresentaram emissão variando do verde (30 minutos) ao laranja (120 minutos), com exceção dos PQs preparados com excesso de LS, onde os processos de nucleação e crescimento ficaram comprometidos, não chegando a coloração alaranjada. Em (a), a amostra 03 foi sintetizada com excesso de LS = 1:4 de Cd:MPA, onde pode-se observar que o excesso de LS comprometeu o processo de nucleação e crescimento dos nanocristais. Observou-se também um crescimento dos nanocristais de modo mais lento em relação às outras sínteses, pois a maior concentração de LS na superfície do material provoca um aumento do estado *on*, bloqueando o crescimento dos PQs (JI *et al.*, 2008; PRADHAN *et al.*, 2007) e apresentando uma cinética muito lenta. Por outro lado, em (b) para a amostra 09 sintetizada com 1:2 de Cd:MPA, resultou em NCs com as melhores qualidades óticas. Esse efeito ocorre nos PQs pois os portadores de carga (pares elétrons-buracos) nos nanocristais formados encontram-se em um forte confinamento quântico, devido as suas dimensões serem compatíveis ao Raio de Bohr do éxciton, o que leva a uma diminuição da energia do *band gap*, refletindo no aumento do tamanho do nanocristal (SAMANTA *et al.*, 2013; ZHANG, JIN Z; GRANT, 2008).

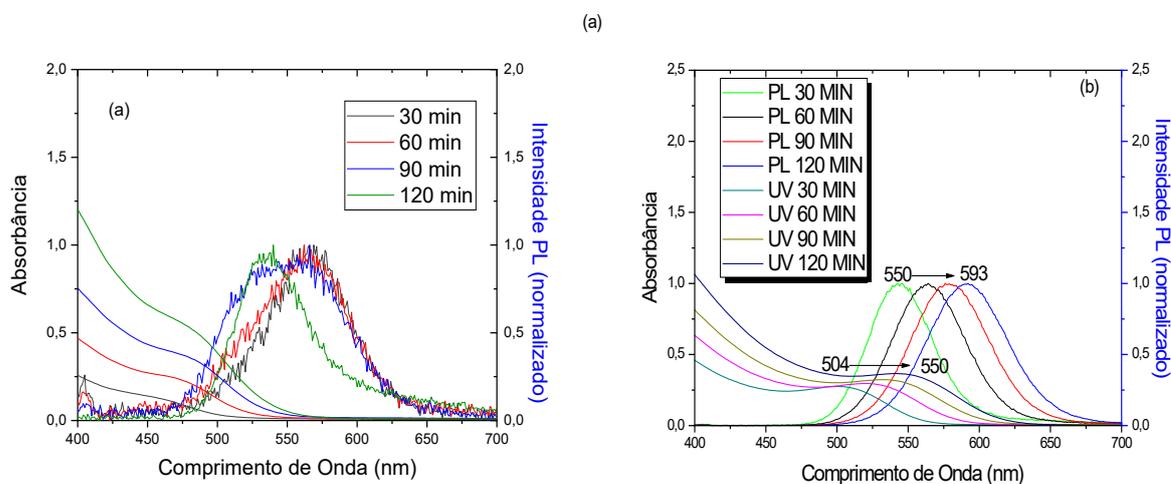


Figura 1. Evolução da síntese de PQs de CdTe com LS MPA em diferentes proporções: (a) amostra 03 foi sintetizada com excesso de LS = 1:4 de Cd:MPA e (b) amostra 09 sintetizada com 1:2 de Cd:MPA.

Inicialmente avaliamos a relação do tempo de síntese no crescimento dos nanocristais, estimando o tamanho dos PQs de CdTe obtidos, através da equação empírica de Peng. (YU *et al.*, 2003). Para tal, amostras foram retiradas do meio reacional a cada 30 minutos, onde verificamos que ocorreu um aumento do tamanho dos cristais (por exemplo, para a amostra 9 apresentada na Figura 1b, de 2,45 nm em 30 minutos de síntese, até 3,18 nm em 120 minutos).

Na sequência avaliamos a variação na proporção de Cd:LS, com diferentes tempos de síntese, no rendimento quântico de fotoluminescência (Φ_f). Esse processo também ocorreu através da análise de alíquotas retiradas do meio reacional nos tempos de 30, 60, 90 e 120 minutos de síntese. O rendimento quântico de fotoluminescência é um parâmetro importante para avaliar a qualidade dos PQs, pois mede a probabilidade do estado excitado ser desativado pela emissão de luz e não por outros processos não-radiativos. Matematicamente ele pode ser representado pela Equação abaixo:

$$\Phi_f = \frac{n_{em}}{n_{abs}} = \frac{k_r}{k_r + k_{nr}} \quad (\text{Eq. 2})$$

Sendo n_{em} , n_{abs} , k_r e k_{nr} o número de fótons emitidos e absorvidos pelo fluoróforo (composto capaz de absorver e emitir luz na região do visível), a taxa de decaimento radiativo e não radiativo, respectivamente, e pode ser determinado utilizando um método comparativo, através de um padrão com Φ_f conhecido (RESCH-GENGER; RURACK, 2013).

Foi possível observar que, com um tempo maior de síntese, ocorre uma tendência de aumento de Φ_f conforme pode ser observado na Figura 2. Isto indica que o crescimento dos nanocristais promove uma diminuição das bandas de armadilha, com melhora na qualidade no material obtido no tempo de 120 minutos (VALE, BRENER R C *et al.*, 2014). A passivação ideal da superfície dos PQs pelos ligantes de superfície podem diminuir a formação de bandas de armadilha e melhorar a cinética de crescimento do material. Outro ponto que tem sido observado é que, com o aumento do tamanho dos PQs, a banda de armadilha tende a diminuir, e muitas vezes, até mesmo ser extinta. A banda de armadilha costuma localizar-se no intervalo da banda proibida, mas com o aumento do tamanho dos PQs, essa banda passa a ser encontrada próxima da banda de valência e, em alguns casos, abaixo dela (VALE, B. R. DE C., 2017).

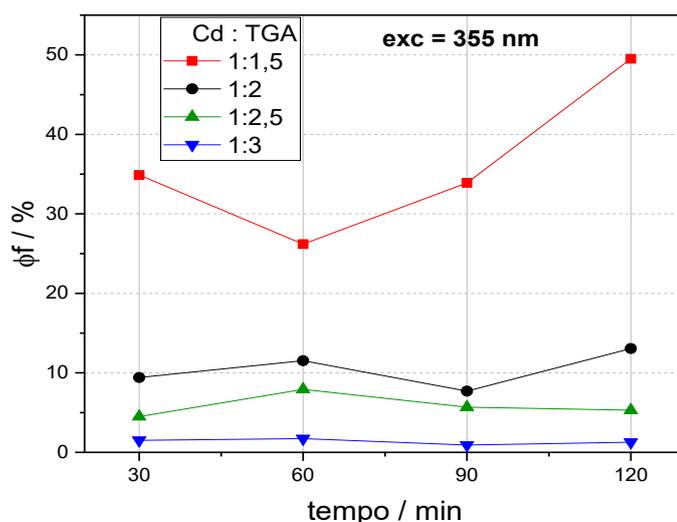


Figura 2. de PQs de CdTe com LS TGA em diferentes tempos de síntese e proporção Cd:TGA.

No entanto, também podemos observar que com o aumento da quantidade de LS, a tendência é oposta, ocorrendo a diminuição do Φf . Através das análises de FT-IR, foi possível observar que os ligantes de superfície se ligam aos PQs através do grupo tiol (-SH) (Figura 3). Essa ligação de CdTe-SR tem interação fraca e leva à formação de bandas de armadilha no material. Já o grupo ácido carboxílico do ligante atua como um estabilizador eletrostático dos PQs em solução, estando desprotonado no pH em que a síntese é realizada. De forma geral, a presença da maior quantidade de moléculas ligadas ao cádmio na superfície dos PQs, pode contribuir para o aumento das bandas de armadilha. Além disso, há um indício de que também pode ocorrer a decomposição do excesso de ligante de superfície, devido à elevação de temperatura, gerando enxofre no meio reacional e levando à formação de uma camada externa de CdS, que interfere nas propriedades de emissão do material (PRADHAN *et al.*, 2007; SILVA, FERNANDA O *et al.*, 2012; STAN; SECULA; SIBIESCU, 2012).

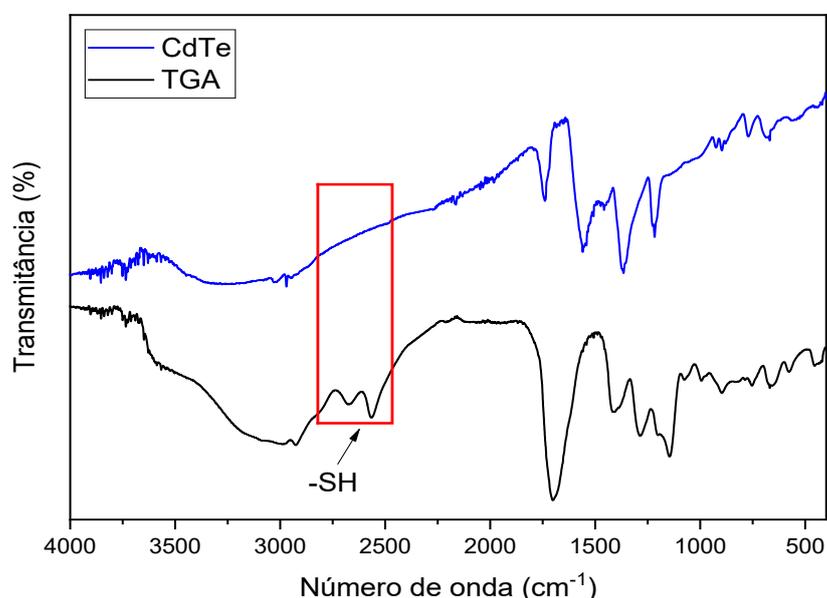


Figura 3. Espectros de FTIR de PQs de CdTe sintetizados em 120 minutos com proporções de Cd:Te = 20:1 e Cd:TGA = 1:1,5 e do Ligante de superfície TGA.

Foi possível observar que o aumento do tempo de síntese, e menor proporção de LS, diminuem as bandas de armadilhas, as quais aparecem na forma de um ombro no espectro de emissão do material, no lado de menor energia do espectro, provocando um aumento na largura da banda (Figura 4). Essas bandas de armadilha refletem na qualidade ótica dos materiais, refletindo diretamente nos valores de Φf dos materiais.

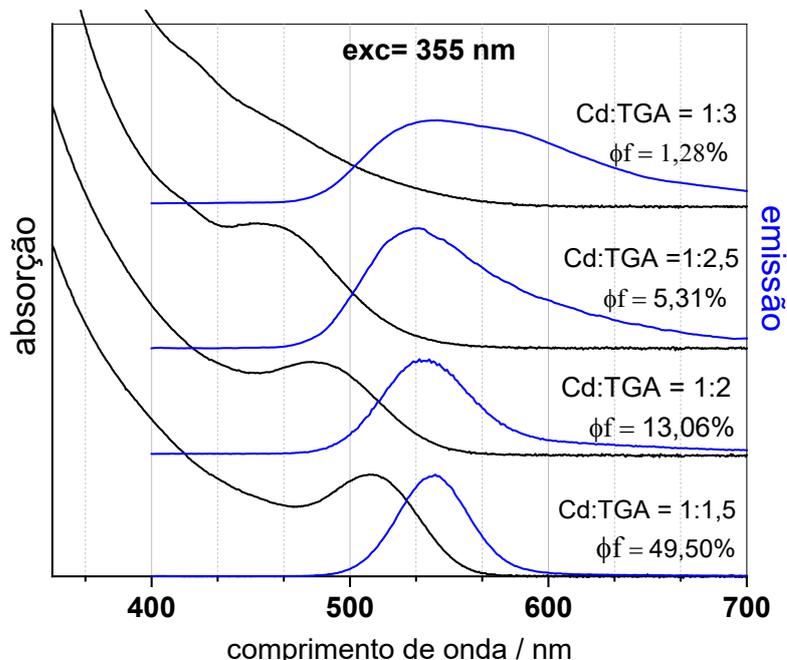


Figura 4. Espectros de absorção e emissão de PQs de CdTe sintetizados em 120 minutos com proporção de Cd:Te = 20:1 e com diferentes proporções de Cd:TGA.

A partir dos espectros de UV-Vis e PL, foi calculado o deslocamento Stokes. Esse parâmetro corresponde à diferença entre os valores máximos de absorção e emissão, de modo que a emissão das amostras que apresentam deslocamento Stokes de grande magnitude, possuem maior contribuição da banda de armadilha. Desta forma, esse parâmetro está correlacionado com o rendimento quântico, sendo que, em geral, amostras com maiores valores de rendimento quântico apresentaram menores valores de deslocamento de Stokes. Pode-se também conhecer a distribuição de tamanho das partículas em solução por meio da largura a meia altura do espectro de emissão, FWHM (do inglês: *Full Width at Half Maximum*). Esse parâmetro leva em consideração que, quanto maior a FWHM, mais heterogênea é a distribuição de tamanho dos cristais formados (ROGACH, ANDREY L *et al.*, 2007).

Os pontos quânticos obtidos apresentaram estrutura cristalina cúbica (tipo blenda de zinco) similares entre si, típicas de nanocristais com poucos planos de difração, sem evidências de outras fases. O difratograma (Figura 5) exibiu picos largos em $2\theta = 25,01$; $41,85$ e $48,47$ graus, valores estes correspondendo aos índices de Miller (111), (220) e (311), que podem ser atribuídos a uma estrutura cúbica do CdTe, do tipo blenda de zinco (JCPDS-75-0106) (DUAN; SONG; ZHAN, 2009; PEARSON, 1963; WANG; LIU, 2012).

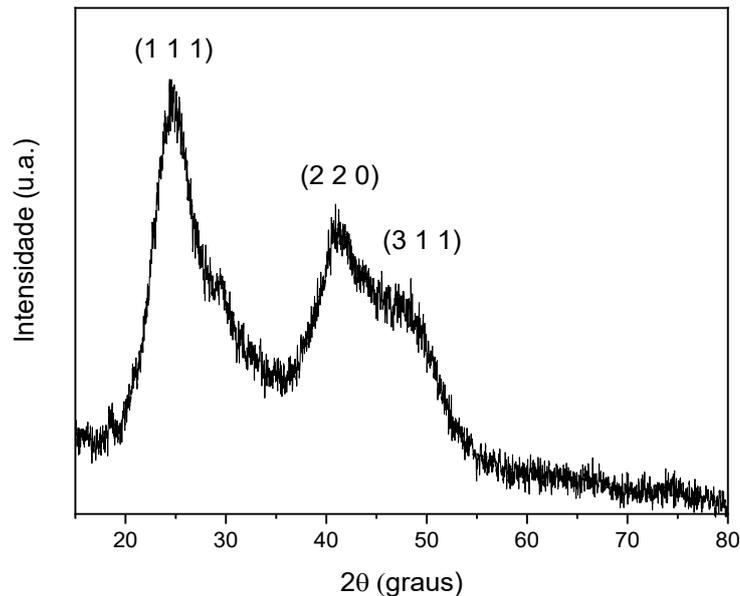


Figura 5. Difratoograma de raios X de PQs de CdTe sintetizados em 120 minutos com proporções de Cd:Te = 20:1 e Cd:TGA = 1:1,5.

5. CONCLUSÕES

Foram obtidos PQs de CdTe de diferentes tamanhos, sintetizados com sucesso em meio aquoso pela metodologia *one-pot*. Diferentes parâmetros de síntese foram avaliados, como: quantidade e tipo do ligante de superfície, pH do meio reacional e a variação das proporções entre os precursores de cádmio e telúrio. Praticamente todas as amostras de PQs sintetizadas apresentaram emissão variando do verde ao laranja, exceto nas sínteses realizadas com excesso de ligante de superfície, onde a cinética de crescimento foi muito mais lenta. Porém, todas apresentaram crescimento do nanocristal com o aumento do tempo de síntese (de 30 a 120 minutos). Foi observado que o pH do meio reacional também interfere nas propriedades óticas do material final, sendo verificado que o pH 10 foi o mais adequado e que valores de pH acima de 11 comprometem a formação dos PQs. Com base nos resultados obtidos no conjunto de sínteses realizadas podemos concluir que o ácido tioglicólico (TGA) mostrou ser um melhor ligante de superfície em relação ao ácido 3-mercaptopropiônico (MPA), para a síntese de PQs de CdTe em meio aquoso, através da metodologia *one-pot*. Ainda, a utilização da proporção de precursor de cádmio a um fator de 0,05 em relação ao precursor de telúrio produz nanocristais com melhor qualidade ótica. A amostra preparada com 120 minutos de síntese, em pH 10,0, com a proporção de precursores, Te:Cd = 1:20, utilizando TGA como ligante de superfície na proporção molar de Cd:LS = 1:1,5, apresentou as melhores propriedades óticas. Nessas condições, observamos uma banda de emissão simétrica, mais estreita e homogênea, evidenciando uma diminuição da formação de bandas de armadilha, pouca variação na distribuição de tamanho dos nanocristais, baixo deslocamento de Stokes e maior rendimento quântico de fotoluminescência ($\Phi_f = 49,5\%$). Além disso, o controle do tempo de síntese possibilita, nessas condições, o

controle ajustável de tamanho de nanopartícula sintetizada, característica essa que é de grande importância para aplicações como biomarcadores.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao laboratório de cristalografia da UNIFAL-MG e o apoio financeiro obtido junto às agências de fomento: CNPq, CAPES e FAPEMIG.

7. REFERÊNCIAS

ABBASI, Elham *et al.* Biomedical and biological applications of quantum dots. *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*, v. 44, n. 3, p. 885–891, 2 abr. 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.3109/21691401.2014.998826>>.

BORCHERT, Holger *et al.* Relations between the Photoluminescence Efficiency of CdTe Nanocrystals and Their Surface Properties Revealed by Synchrotron XPS. *The Journal of Physical Chemistry B*, v. 107, n. 36, p. 9662–9668, 1 set. 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/jp0352884>>.

BROUWER, Albert M. Standards for photoluminescence quantum yield measurements in solution (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, v. 83, n. 12, p. 2213–2228, 2011. Disponível em: <<https://www.degruyter.com/view/journals/pac/83/12/article-p2213.xml>>.

CHANG, Jin; WACLAWIK, Eric R. Colloidal semiconductor nanocrystals: controlled synthesis and surface chemistry in organic media. *RSC Advances*, v. 4, n. 45, p. 23505–23527, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1039/C4RA02684E>>.

CHEN, Li-Na *et al.* Aqueous one-pot synthesis of bright and ultrasmall CdTe/CdS near-infrared-emitting quantum dots and their application for tumor targeting in vivo. *Chemical Communications*, v. 48, n. 41, p. 4971–4973, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1039/C2CC31259J>>.

CHINNATHAMBI, Shanmugavel; SHIRAHATA, Naoto. Recent advances on fluorescent biomarkers of near-infrared quantum dots for in vitro and in vivo imaging. *Science and Technology of Advanced Materials*, v. 20, n. 1, p. 337–355, 31 dez. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/14686996.2019.1590731>>.

DUAN, Junling; SONG, Lianxiang; ZHAN, Jinhua. One-pot synthesis of highly luminescent CdTe quantum dots by microwave irradiation reduction and their Hg²⁺-sensitive properties. *Nano Research*, v. 2, n. 1, p. 61–68, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s12274-009-9004-0>>.

HORIBA SCIENTIFIC. *A Guide to Recording Fluorescence Quantum Yields*. Disponível em: <www.jyhoriba.co.uk>. Acesso em: 29 jan. 2021.

HU, Xiaopei *et al.* Multifunctional Gold Nanoparticles: A Novel Nanomaterial for Various Medical Applications and Biological Activities. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, v. 8, p. 990, 2020. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fbioe.2020.00990>>.

JAFARI, Soheil. 2 - Engineering Applications of Carbon Nanotubes. In: RAFIEE, ROHAM B T - CARBON NANOTUBE-REINFORCED POLYMERS (Org.). *Micro and Nano Technologies*. [S.l.]: Elsevier, 2018. p. 25–40. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323482219000029>>.

- Jl, Xiaohui *et al.* Ligand Bonding and Dynamics on Colloidal Nanocrystals at Room Temperature: The Case of Alkylamines on CdSe Nanocrystals. *Journal of the American Chemical Society*, v. 130, n. 17, p. 5726–5735, 1 abr. 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/ja710909f>>.
- LI, J Jack *et al.* Large-Scale Synthesis of Nearly Monodisperse CdSe/CdS Core/Shell Nanocrystals Using Air-Stable Reagents via Successive Ion Layer Adsorption and Reaction. *Journal of the American Chemical Society*, v. 125, n. 41, p. 12567–12575, 1 out. 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/ja0363563>>.
- LI, Liang *et al.* Significant enhancement of the quantum yield of CdTe nanocrystals synthesized in aqueous phase by controlling the pH and concentrations of precursor solutions. *Journal of Luminescence*, v. 116, n. 1, p. 59–66, 2006. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022231305000785>>.
- LIRA, Rafael B *et al.* Studies on intracellular delivery of carboxyl-coated CdTe quantum dots mediated by fusogenic liposomes. *Journal of Materials Chemistry B*, v. 1, n. 34, p. 4297–4305, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1039/C3TB20245C>>.
- MEDINTZ, Igor L *et al.* Quantum dot bioconjugates for imaging, labelling and sensing. *Nature Materials*, v. 4, n. 6, p. 435–446, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/nmat1390>>.
- MNYUSIWALLA, Anisa; DAAR, Abdallah S; SINGER, Peter A. Mind the gap: science and ethics in nanotechnology. *Nanotechnology*, v. 14, n. 3, p. R9–R13, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1088/0957-4484/14/3/201>>.
- NING, Zhijun *et al.* Wave-Function Engineering of CdSe/CdS Core/Shell Quantum Dots for Enhanced Electron Transfer to a TiO₂ Substrate. *The Journal of Physical Chemistry C*, v. 114, n. 35, p. 15184–15189, 9 set. 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/jp102978g>>.
- PEARSON, Ralph G. Hard and Soft Acids and Bases. *Journal of the American Chemical Society*, v. 85, n. 22, p. 3533–3539, 1 nov. 1963. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/ja00905a001>>.
- PRADHAN, Narayan *et al.* Surface Ligand Dynamics in Growth of Nanocrystals. *Journal of the American Chemical Society*, v. 129, n. 30, p. 9500–9509, 1 ago. 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/ja0725089>>.
- PU, Yuan *et al.* Colloidal Synthesis of Semiconductor Quantum Dots toward Large-Scale Production: A Review. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, v. 57, n. 6, p. 1790–1802, 14 fev. 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/acs.iecr.7b04836>>.
- RESCH-GENGER, Ute; RURACK, Knut. Determination of the photoluminescence quantum yield of dilute dye solutions (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, v. 85, n. 10, p. 2005–2013, 2013. Disponível em: <<https://www.degruyter.com/view/journals/pac/85/10/article-p2005.xml>>.
- ROGACH, A L *et al.* Synthesis and characterization of thiol-stabilized CdTe nanocrystals. *Berichte der Bunsengesellschaft für physikalische Chemie*, v. 100, n. 11, p. 1772–1778, 1 nov. 1996. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/bbpc.19961001104>>.
- ROGACH, Andrey L *et al.* Aqueous Synthesis of Thiol-Capped CdTe Nanocrystals: State-of-the-Art. *The Journal of Physical Chemistry C*, v. 111, n. 40, p. 14628–14637, 1 out. 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/jp072463y>>.
- SAMANTA, Anirban *et al.* A perspective on functionalizing colloidal quantum dots with DNA. *Nano Research*, v. 6, n. 12, p. 853–870, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s12274-013-0367-x>>.
- SILVA, Fernanda O *et al.* Effect of surface ligands on the optical properties of aqueous soluble CdTe quantum dots. *Nanoscale Research Letters*, v. 7, n. 1, p. 536, set. 2012. Disponível em: <<http://nanoscalereslett.springeropen.com/articles/10.1186/1556-276X-7-536>>.

SILVA, Fernanda Oliveira *et al.* O estado da arte da síntese de semicondutores nanocristalinos coloidais. *Química Nova*, v. 33, n. 9, p. 1933–1939, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422010000900021&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>.

SILVA, Gabriel A. Introduction to nanotechnology and its applications to medicine. *Surgical Neurology*, v. 61, n. 3, p. 216–220, mar. 2004. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0090301903007857>>.

STAN, Corneliu S; SECULA, Marius S; SIBIESCU, Doina. Highly luminescent polystyrene embedded CdSe quantum dots obtained through a modified colloidal synthesis route. *Electronic Materials Letters*, v. 8, n. 3, p. 275–281, 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13391-012-1108-0>>.

VALE, B. R. de C. *Preparação e caracterização de pontos quânticos de CdTe: Um estudo da síntese à aplicação em células solares*. 2017. 121 f. Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, 2017.

VALE, Brener R C *et al.* EFFECT OF THE MOLECULAR STRUCTURE OF SURFACE LIGANDS ON WATER-SOLUBLE CdTe QUANTUM DOTS. *Química Nova*, v. 38, p. 22–29, 2014. Disponível em: <<http://www.gnresearch.org/doi/10.5935/0100-4042.20140292>>.

VILCHEZ, Ariel *et al.* Applications of Electrospun Nanofibers with Antioxidant Properties: A Review. *Nanomaterials*, v. 10, n. 1, p. 175, 20 jan. 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2079-4991/10/1/175>>.

WANG, YILIN; LIU, SHENGYAN. ONE-POT SYNTHESIS OF HIGHLY LUMINESCENT CdTe QUANTUM DOTS USING SODIUM TELLURITE AS TELLURIUM SOURCE IN AQUEOUS SOLUTION. *Journal of the Chilean Chemical Society*, v. 57, n. 2, p. 1109–1112, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-97072012000200011&lng=en&nrm=iso&tlng=en>.

YU, W William *et al.* Experimental Determination of the Extinction Coefficient of CdTe, CdSe, and CdS Nanocrystals. *Chemistry of Materials*, v. 15, n. 14, p. 2854–2860, 1 jul. 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1021/cm034081k>>.

ZHANG, H *et al.* From Water-Soluble CdTe Nanocrystals to Fluorescent Nanocrystal–Polymer Transparent Composites Using Polymerizable Surfactants. *Advanced Materials*, v. 15, n. 10, p. 777–780, 16 maio 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/adma.200304521>>.

ZHANG, Jin Z; GRANT, Christian D. OPTICAL AND DYNAMIC PROPERTIES OF UNDOPED AND DOPED SEMICONDUCTOR NANOSTRUCTURES. *Annual Review of Nano Research*. Annual Review of Nano Research. [S.l.]: WORLD SCIENTIFIC, 2008. v. Volume 2. p. 1–61. Disponível em: <https://doi.org/10.1142/9789812790248_0001>.

ZHANG, Leshuai W; MONTEIRO-RIVIERE, Nancy A. Mechanisms of Quantum Dot Nanoparticle Cellular Uptake. *Toxicological Sciences*, v. 110, n. 1, p. 138–155, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/toxsci/kfp087>>.

ZHU, Jingyi; SHI, Xiangyang. Dendrimer-based nanodevices for targeted drug delivery applications. *Journal of Materials Chemistry B*, v. 1, n. 34, p. 4199–4211, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1039/C3TB20724B>>.

ZHU, Ruidong *et al.* Quantum Dot Light Emitting Diodes. *Comprehensive Nanoscience and Nanotechnology*. [S.l.]: Elsevier, 2019. p. 35–56. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128035818104291>>.

BIO QUIZ: UMA PROPOSTA PARA ENSINAR ZOOLOGIA DOS INVERTEBRADOS

DÉBORA LÚCIA ANDRADE DE SÁ
Universidade do Estado do Amazonas

ENOLLE BUTEL BELTRÃO
Universidade do Estado do Amazonas

CYNARA CARMO BEZERRA
Universidade do Estado do Amazonas

SIMONE BARBOSA DE OLIVEIRA
Universidade do Estado do Amazonas

RESUMO: Este trabalho foi desenvolvido com o intuito de discutir questões relativas à Zoologia dos Invertebrados, com alunos 3º ano do Ensino Médio, apresentando e discutindo, na visão do professor, aspectos relacionados às características, classificação, reprodução e nutrição dos Invertebrados através de um jogo chamado de *Bio quiz*, que auxiliou positivamente no processo de ensino aprendizagem dos estudantes. A estratégia utilizada foi relacionada ao conteúdo de zoologia dos invertebrados, que detém uma grande quantidade de informações e termos técnicos, dificultando o entendimento dos alunos. Desse modo, com a colaboração de professores auxiliares do Programa Residência Pedagógica, CAPES/CESP/UEA, que elaboraram e contribuíram com o jogo, para uma melhor compreensão de conteúdo e conceitos.

Palavras-chave: Jogos didáticos, Residência Pedagógica, Zoologia dos Invertebrados.

ABSTRACT: This work was developed with

the purpose of discussing questions related to Invertebrate Zoology, with student's 3rd year of High School, presenting and discussing, in the teacher's view, aspects related to the characteristics, classification, reproduction and nutrition of Invertebrates, through a game called the Bio quiz, which positively aided the process of teaching and assessing student learning. The strategy used was related to the content of zoology of invertebrates, which holds a large amount of information, technical terms and scientific names, making it difficult for students to understand. Thus, with the collaboration of auxiliary teachers of the Pedagogical Residency Program, CAPES / CESP / UEA, who elaborated and contributed to a better understanding, was significant for the students' income.

Keywords: Educational games, Pedagogical Residence, Invertebrate Zoology.

1. INTRODUÇÃO

Para Fracalanza, Amaral e Gouveia (1987), o ensino de Ciências deve possibilitar ao aluno o entendimento das relações entre ciência e sociedade, a criação dos conhecimentos científicos e tecnológicos, certificar a transferência e a sistematização dos saberes e da cultura regional e local, bem como, o domínio da leitura e escrita.

A Zoologia pode ser compreendida como: [...] área de grande relevância para as Ciências da Vida e lida com uma enorme diversidade de formas, de relações filogenéticas e de definições e conceitos significativos que conduzem ao entendimento da história evolutiva dos animais, desde aqueles mais primitivos até o ser humano (ARAÚJO-DE-ALMEIDA et al., 2007).

Na perspectiva de Torres et al. (2003), Orlick (1978) e Huizinga (2005), consideram o jogo como uma das principais bases da civilização, por atuar como recurso de ensino e aprendizagem e pela facilidade que atribui a comunicação e as interações entre as pessoas.

O uso de *quizzes* e jogos em formato de gincana são uma forma interativa de aprofundar, consolidar, reforçar e principalmente avaliar a aprendizagem do estudante, para Filho (2007, p. 16), “a exploração do aspecto lúdico, pode tornar-se uma técnica facilitadora na elaboração de conceitos, no reforço de conteúdos, na sociabilidade entre os estudantes, na criatividade e no espírito de competição e cooperação”.

Assim, é muito comum que os alunos, ao se depararem com o assunto, queixem-se alegando que ele seja muito extenso e chato, por demandar que se lembre de muitos termos e grupos de animais que, muitas vezes, são expostos de forma demasiadamente detalhada. Os invertebrados são responsáveis por mais de 99% das espécies de animais (RUPPERT, E.E.; FOX, R.S.; BARNES R.D. 2005), e torna-se de fundamental importância para a compreensão e aprendizagem sobre sua morfologia e fisiologia para aplicação dos conceitos, uma vez que relaciona ecologicamente, economicamente, socialmente e de diversas maneiras com estes seres.

Desta maneira, o objetivo geral deste artigo é a discussão de questões relativas à Zoologia dos Invertebrados, com alunos 3º ano do Ensino Médio, apresentando e discutindo, na visão do professor, aspectos relacionados às características, classificação, reprodução e nutrição dos Invertebrados, através de *quiz*, que auxiliou positivamente no processo de ensino e avaliação da aprendizagem dos estudantes.

2. METODOLOGIA

A pesquisa realizada tem abordagem qualitativa, ou seja, “fornece análise mais detalhada sobre as investigações, hábitos, atitudes, tendências de comportamento, etc.” (MARCONI; LAKATOS, 2011, p. 269).

A aprendizagem desenvolvida foi a Aprendizagem Baseada em Equipes (ABE), onde a turma deve ser dividida em equipes maiores, de cinco a oito estudantes por exemplo. É importante que o professor disponibilize aos estudantes o conteúdo do tema que será tratado ou uma revisão de algum tema já abordado na disciplina, valorizando assim o conhecimento prévio do estudante (FARIAS; MARTIN; CRISTO, 2015).

A metodologia aplicada é totalmente focada na aprendizagem colaborativa, onde o estudante aprende em equipes, sendo papel do professor apenas supervisionar, facilitando todo o processo de aprendizagem, e os estudantes, através de suas habilidades e competências, resolvem problemas significativos e concretos. O propósito do jogo é incentivar o entretenimento, coletividade, conhecimento e a interpretação de textos, principalmente os enunciados das questões de vestibulares.

As etapas de elaboração do jogo foram as seguintes: seleção de questões de vestibular relacionadas à Zoologia, produção de cartas no formato de baralhos, confeccionadas com papel cartão, onde as questões foram coladas para facilitar o manuseio.

As perguntas apresentavam questões sobre os animais invertebrados, sendo questões objetivas com perguntas de múltipla escolha e perguntas de verdadeiro ou falso. Ainda foram confeccionadas 10 cartas intituladas de “Você sabia?” que compreendiam curiosidades e informações sobre a biologia dos invertebrados e por fim, 5 cartas intituladas de “Que bicho é esse?” que possuía uma foto dos representantes da classe Insecta.

A seleção das Questões de Vestibulares foi realizada por residentes do Programa de Residência Pedagógica CAPES/UEA/CESP, que também prepararam as outras etapas do quiz.



Figura 01: Organizando o jogo. (Fonte: PONTES, 2018)

Como funciona o Bio Quiz: As cartas foram embaralhadas e os alunos foram divididos em grupos, de acordo com a quantidade de alunos da turma, após a divisão, cada grupo escolheu um representante, que tinha 40 segundos para retirar uma carta e responder à questão, com ajuda do seu grupo. Se a resposta fosse correta, o grupo marcava 2 pontos e escolhia outro representante, caso contrário, a questão era passada a outro grupo e se o mesmo não acertasse, ela era arquivada e ao final do jogo o professor iria expor a questão e explicá-la. Cada pergunta correta o grupo ficava com a carta, contando para sua pontuação. Vence o grupo que tem mais cartas de acertos.

Regras: Somente valerá a resposta do representante; não poderá ter auxílio de caderno ou algo semelhante, somente de sua equipe; ao exceder o tempo não poderá mais responder; O jogo gira em sentido horário.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Bio quiz foi aplicado em duas turmas de 3º ano do Ensino Médio, com em média 40 alunos em cada turma. Na turma 01, os educandos demonstraram estar seguros do conteúdo, o que contribuiu para o êxito dos acertos de 86% das questões, dando respostas breves e corretas, com um número satisfatório de acertos, deixando de responder apenas duas cartas, em um total de 15.



Figura 02: O Jogo. (Fonte: PONTES, 2018)

Este resultado corrobora com Vargas, 2018, quando afirma que “como ocorre uma “competição”, os estudantes demonstraram mais atenção, aumentando o nível de concentração, o coleguismo, a comunicação entre pares e o desenvolvimento do pensamento crítico”.

Na segunda turma, observou-se que alguns grupos apresentaram maiores dificuldades em responder às questões, pois mostraram que tinham problemas com o trabalho coletivo, causando contrariedade das respostas ou em alguns momentos evidenciou-se a imaturidade e a ansiedade, o que contribuiu para um resultado menos eficaz que a outra turma, acertando apenas 11 das 15 questões propostas, mesmo assim restaram apenas 4 perguntas a serem respondidas.

Após a rodada de perguntas, o professor e os alunos residentes, de posse das perguntas que sobraram e não foram respondidas, tiraram dúvidas e realizaram exposição dos conteúdos de cada pergunta não respondida pelos grupos. O que nos faz concordar com Moreira, 1999, quando afirma que “em consequência disso, a mudança conceitual só

é realizada quando o professor traça um caminho didático e passa a compartilhar com os alunos, as suas experiências, buscando uma interação social”.

A realização de aulas teórico-práticas possui a capacidade de proporcionar um grande aumento no processo de ensino-aprendizagem, pois desperta o interesse dos estudantes ao aproximá-los da realidade que os cerca (CUNHA; MARTINS; FERES, 2009; VASCONCELOS; SOUTO, 2003).

4. CONCLUSÃO

O jogo do Bio Quiz foi de suma importância, pois na prática ainda havia dúvidas e questionamentos, os quais foram resolvidos ao final do quiz. As turmas colaboraram muito para a execução do jogo e o trabalho em equipe relevantemente prevaleceu.

A carência de um tratamento adequado para essa temática provoca um desconhecimento sobre os aspectos da biologia e ecologia desses animais, que somado a crenças e mitos, do senso comum, resultam em conceitos errôneos e generalizados.

Na Biologia, executar a dinâmica é fundamental, porque a mesma possibilita a interação entre aluno, professor e o entretenimento. Ao trabalhar com esses fatores, o aluno detém informações das quais muitas vezes é difícil memorizar, principalmente onde há palavras difíceis, tanto na escrita como na leitura, na prática pode-se analisar este obstáculo e desse modo removê-lo dando continuidade a uma melhor aprendizagem ao educando. A experiência do uso de jogos interativos (Bio Quiz) em sala de aula foi bastante significativa pois ajudou a aumentar o nível de interesse e concentração nas atividades, a comunicação, interação e motivação dos estudantes, incentivou a pesquisar, pensar e discutir, além de aproximar professor e o estudante.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO-DE-ALMEIDA, E.; CHRISTOFFERSEN, M. L.; FREIRE, E. M. X.; SANTOS, R.L. **A sistemática zoológica ensinada sem o uso das categorias taxonômicas**. João Pessoa: Editora Universitária UFPB. 2007.

CUNHA, E. E.; MARTINS, F. O.; FERES, R. J. F. (2009). **Zoologia no ensino fundamental: propostas para uma abordagem teórico-prática**. In: XXI Congresso de Iniciação Científica da UNESP, São José do Rio Preto, 2009. *Anais...* São José do Rio Preto: UNESP.

FARIAS, P. A. M. de; MARTIN, A. L. de A. R.; CRISTO, C. S. C. **Aprendizagem Ativa na Educação em Saúde: Percorso Histórico e Aplicações**, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010055022015000100143# B23>. Acesso em: 18 fev. 2019.

FIALHO, Neusa Nogueira. **Jogos no Ensino de Química e Biologia**. Curitiba: IBPEX, 2007.

FRACALANZA, H.; AMARAL, I. A.; GOUVEIA, M. S. F. (1987). **O ensino de ciências de primeiro grau**. São Paulo: Atual. 124 p.

MARASINI, A.B. **A utilização de recursos didáticos pedagógicos no ensino de biologia**. 2010. 28f. Trabalho de conclusão de curso. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2010.

MARCONI, M. de A. LAKATOS, E. M. **Metodologia Científica**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MOREIRA, M. A. (1999). **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU.

RUPPERT, E.E.; FOX, R.S.; BARNES R.D. **Zoologia dos Invertebrados: uma abordagem funcional – evolutiva**, 7ª ed. São Paulo: Roca, 1145p, 2005.

VARGAS, D. **O Processo de Aprendizagem e Avaliação através do Quiz**. Dissertação. UNIVATES, 2018.

PROJETO BIOAR: ABORDAGEM DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NO ENSINO MÉDIO COM ÊNFASE NA LUDICIDADE

SILVIA RAFAELA ALVES PEREIRA

Universidade do Estado do Pará - UEPA

DANIELA SAUMA FERREIRA

Universidade do Estado do Pará - UEPA

DIEGO RAMON SILVA MACHADO

Universidade do Estado do Pará - UEPA

ALEX CORRÊA DA SILVA

Secretaria de Educação do Estado do Pará –
SEDUC-PA

RESUMO: Nove em cada dez pessoas da população mundial respiram ar poluído e cerca de 7 milhões de pessoas morrem anualmente por causa da poluição atmosférica, segundo dados da Organização Mundial da Saúde – OMS. Os principais afetados são as crianças menores de 5 anos, mulheres e trabalhadores que exercem sua função ao ar livre. Os gases poluentes podem ocasionar efeitos devastadores ao sistema respiratório, principalmente de crianças e idosos, além de provocar graves danos ao meio ambiente. Deste modo, é de grande relevância o papel da escola para a compreensão e a conscientização quanto à questão da poluição atmosférica e o valor do ar para a manutenção da vida, pois grande parte dos estudantes não demonstram interesse à gravidade deste tema. Neste contexto, faz-se necessário que professores busquem alternativas metodológicas para abordagem da problemática, a exemplo da utilização de atividades lúdicas. É neste caminho que

descrevemos a intervenção didática realizada por professores-estudantes do Programa de Iniciação à Docência – PIBID, da Universidade do Estado do Pará – UEPA, na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Prof.^a Palmira Gabriel - EEEFM, em Belém do Pará, sobre a temática a partir do uso do Quiz, pluviômetro e do jogo de tabuleiro. A aplicação se deu em duas turmas de 2º ano do ensino médio, totalizando 43 alunos com idade entre 16 a 19 anos. Distribuída em oito dias de aulas, com a seguinte ordenação de etapas: sondagem, abordagem sobre a formação da Terra e Quiz; variações climáticas e construção do pluviômetro; efeito estufa, chuva ácida e aplicação do jogo de tabuleiro. Os alunos participantes conseguiram adquirir conceitos sobre poluição do ar, foram sensibilizados quanto à sua consequência e motivaram-se com as atividades realizadas.

PALAVRA-CHAVE: Poluição atmosférica, PIBID, ludicidade.

ABSTRACT: Nine out of ten people in the worldwide breathe polluted air and about 7 million people die annually from air pollution, according to data from the World Health Organization - WHO. The main affected are children under the age of 5, women and workers who perform their role outdoors. Polluting gases could cause devastating effects on the respiratory system, especially for children and the elderly, in addition to causing serious damage to the environment. Thus, the role of the school for understanding, and raising awareness of the issue of air pollution and the value of air for the mainte-

nance of life is of great relevance, as most students do not show interest in the seriousness of this topic. In this context, it is necessary that teachers seek methodological alternatives to address the problem, such as the use of recreational activities. It is in this way that we describe the didactic intervention carried out by teacher-students of the *Programa de Iniciação à Docência* - PIBID, from the *Universidade do Estado do Pará* - UEPA, at the State School of Elementary and Secondary Education Prof.^a Palmira Gabriel - EEEFM, in Belém of Pará, on the theme from the use of Quiz, rain gauge and board game. The application took place in two classes of 2nd year of high school, totaling 43 students aged 16 to 19 years. Distributed over eight days of classes, with the following order of steps: survey, approach to the formation of the Earth and Quiz; climatic variations and construction of the rain gauge; greenhouse effect, acid rain and board game application. The participating students were able to acquire concepts about air pollution, were made aware of its consequences and were motivated by the activities carried out.

KEYWORDS: Atmospheric pollution, PIBID, playfulness.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2018) cerca de 7 milhões de pessoas no mundo morrem, anualmente, por causa da poluição atmosférica e nove em cada dez pessoas da população mundial respiram ar poluído. A poluição do ar é caracterizada quando poluentes (como gases, substâncias ou partículas), em quantidade ou concentração em desacordo com os níveis estabelecidos, possam tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde humana e ao meio ambiente (CONAMA Nº 003/1990). Segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2019) alguns dos poluentes atmosféricos são: Dióxido de Enxofre (SO₂), **Material Particulado (MP)**, Monóxido de Carbono (CO), Ozônio (O₃), entre outros.

Durante o processo de evolução da atmosfera diversas mudanças climáticas ocorreram naturalmente (LOMBARDO, 2011). Entretanto, devido fatores antropogênicos, essas mudanças estão ocorrendo com mais frequência, especificamente com o advento da revolução industrial e exploração dos recursos naturais. O nível elevado de poluentes no ar causa profundos impactos para a saúde humana e para o meio ambiente (DAPPER et al, 2016). Segundo Teixeira (2008), os gases poluentes emitidos por veículos, ao entrarem em contato com o sistema respiratório, principalmente de crianças e idosos, podem ocasionar efeitos devastadores, além de provocar danos ao meio ambiente. Os gases do efeito estufa são fundamentais para que o equilíbrio da temperatura do planeta, entretanto, com a intensificação da emissão dos poluentes resultam no agravamento desse efeito e consequentemente no aumento da temperatura da terra.

Além disso, a concentração de poluentes do ar modifica o pH da água, intensificando assim, sua acidez, causando a precipitação de chuvas cada vez mais ácidas. O aumento do pH da água provoca inúmeros impactos para o meio ambiente e entre eles estão o aumento da acidez do solo, destruição da vegetação, além da deterioração de monumentos, e em

razão das correntes de ar, essas chuvas tem a capacidades de deslocamento há quilômetros de seu ponto de origem (MOTA, 2000). Outro impacto brutal é a redução da camada de ozônio, camada importante para a proteção da vida na terra a qual impede a penetração dos raios nocivos a superfície terrestre.

A emissão desses poluentes pode ser através de fontes fixas antrópicas, a exemplo das indústrias e usinas termelétricas que possuem grande potencial poluidor, fixas naturais, como vulcões; e das fontes móveis, tais como os veículos automotores, aviões e embarcações marinhas, através da queima de combustíveis fósseis, utilização de energia residencial e comercial e da queima de Biomassa (IAP, 2019; INCA, 2018).

Em relação aos riscos à saúde humana, os principais afetados pela poluição, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2018), são as crianças (menores de 5 anos, a pneumonia é a principal causa da morte), além de mulheres e trabalhadores que exercem sua função ao ar livre, e ressaltam que 24% das mortes ligadas à poluição são por doenças cardíacas, 25% de acidente vascular cerebral, 43% de doença pulmonar obstrutiva crônica e 29% de câncer de pulmão. As soluções para tais problemas podem ser por investimentos em novas formas de geração de energia eficiente, sistemas de transportes públicos seguros e acessíveis, e mais espaços para ciclistas, redução dos níveis de incêndios florestais e do desmatamento.

Destarte as problemáticas apresentadas quanto a poluição atmosférica, torna-se relevante o papel da escola para a compreensão e a conscientização do valor do ar para a manutenção da vida, pois grande parte dos estudantes não demonstram interesse equivalente a importância deste tema. Ao buscar metodologias diversificadas e adequadas o aprendizado será satisfatório, haja vista que, quando as aulas são mais próximo o possível da sua realidade, o interesse e o entusiasmo do aluno por aquela matéria e assunto são maiores, dessa forma esse aluno torna – se uma pessoa crítica e preocupada com o ambiente ao seu redor (PORTELA; ROSA, 2013). Uma alternativa é a utilização de jogos como auxílio no processo de ensino aprendizagem que se difere das outras metodologias por apresentarem características lúdicas.

O uso de jogos no processo de ensino-aprendizagem é importante pois auxilia na capacidade cognitiva do aluno, além de estimular a aprendizagem e o interesse na busca do conhecimento, tornando-a divertida, e estimula a interação professor e aluno (SILVA, et al., 2016), assim, a construção do conhecimento torna-se um algo significativo, fugindo daquela forma mecânica das aulas expositivas e tradicionais que muitas vezes tomar-se algo decorativo para apenas fazer uma prova avaliativa no final do processo. A utilização de jogos como metodologia de ensino torna a aprendizagem prazerosa além do estimular a criatividade do indivíduo.

Neste capítulo investigamos a importância da abordagem lúdica no ensino da temática poluição atmosférica, a partir de uma intervenção didática realizada por professores-estudantes do Programa de Iniciação à Docência – PIBID, da Universidade do Estado do

Pará – UEPA, na escola de ensino fundamental e Médio Prof.^a Palmira Gabriel, em Belém do Pará. Além das questões já arroladas sobre a necessidade de abordagem da poluição atmosférica na educação básica, o uso deste tema na Palmira Gabriel se justificou por ela localizar-se em uma das avenidas mais movimentadas de Belém, a Av. Augusto Montenegro, via de constante tráfego de veículos automotores, considerados uma das principais fontes de poluição do ar por conta das elevadas emissões de poluentes como o monóxido de carbono. Concomitante a isso, a abordagem da poluição é conteúdo previsto para o ensino médio, presente nas competências 1 e 2 da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

2. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA, LUDICIDADE E ENSINO DE BIOLOGIA

As estratégias lúdicas no ensino médio promovem diversas contribuições à educação científica, dentre elas: empatia, construção de relações sociais, criatividade e descontração. Apesar ser reconhecido em diversas áreas de atuação (sociológica, a filosófica, psicológica), quando se trata da visão pedagógica, o lúdico é visto como uma necessidade básica da personalidade formado por ações vividas e sentidas, caracterizando atividades motivadoras, proporcionando a alegria dos envolvidos, mas que não deve ser visto apenas como diversão.

Conforme aponta Teixeira, citado por Cabrera (2007), existem várias razões para a utilização do lúdico no processo pedagógico, das quais podemos citar: o recurso lúdico corresponde a uma satisfação interior, o prazer e o esforço espontâneo são elementos fundamentais na constituição das atividades lúdicas, o lúdico mobiliza esquemas mentais, estimulando o pensamento e o senso crítico, por fim, estas atividades integram e acionam as esferas motoras, cognitivas e afetivas do ser humano. Para Fortuna (2003), enquanto o aluno joga, ele desenvolve a imaginação, raciocínio, memória, atenção, curiosidade, concentração e interesse, para Campos et al (2003), a estratégia, por aliar aspectos lúdicos aos cognitivos, além de motivar, favorece a argumentação, o raciocínio e a interação entre aluno e professor.

Na interface do lúdico com o ensino de ciências encontramos o estudo de Magno e Almeida (2015) que investigou a relação entre ludicidade e CTS no contexto amazônico da educação básica ribeirinha, destacando uma abordagem a partir do tema “meio de transporte”, efetivada na construção de barquinhos de maneira criativa e lúdica. Também é possível encontrar alguns exemplos de recursos pedagógicos que envolvem a perspectiva lúdica no ensino de Biologia, como o uso de HQ’s no ensino da teoria evolutiva a partir dos quadrinhos *Níquel Náusea*, a criação de HQ’s utilizando o software *Pixton* na abordagem de temas ambientais, em especial na temática “reciclagem de óleo” (SANTOS; SILVA; ACIOLI, 2012; SILVA; COSTA, 2015) e utilização de jogos didáticos nos conteúdos de fisiologia humana, biodiversidade e classificação biológica sob o eixo teórico da aprendizagem significativa (CABRERA, 2007).

No que tange a relação entre poluição atmosférica e ludicidade podemos citar o estudo de Silva et. al. (2018) que propôs avaliar o uso do jogo de tabuleiro como estratégia educativa na temática de poluição atmosférica, na tentativa de estimular o interesse, a percepção e a construção de conhecimento de 22 jovens, entre 14 e 25 anos, do Centro de Responsabilidade Socioambiental do Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Durante a atividade foram abordadas temáticas como poluição do ar, adensamento de grandes cidades e assuntos correlatados, de onde se pode verificar a aprendizagem de conceitos a partir da abordagem transdisciplinar feita pelos autores com os jovens.

No município de Tefé, no Amazonas, Mori et al. (2016) aplicaram uma sequência didática sobre as causas e consequências da poluição atmosférica com 28 alunos, entre 12 e 14 anos, do sétimo ano do ensino fundamental, tendo o jogo da memória como recurso didático, após abordagem das causas e consequências da poluição atmosférica, principais poluentes do ar e suas origens (queimadas, desmatamento, veículos automotores), doenças respiratórias, aquecimento global, dentre outros desdobramentos.

Os trabalhos mostram, em geral, que a ludicidade ainda é um importante caminho a seguir no ensino de conteúdos científicos. Combinados com uma perspectiva de ensino na abordagem da Ciência, tecnologia, Sociedade e Ambiente – CTSA, as interações podem tornar-se ainda mais dialógicas em sala de aula, bem como potencializar uma visão humanística e a tomada de decisões quanto as questões tecnológicas e ambientais. Destarte, quando articulada com a proposta lúdica, a abordagem CTSA se insere como um forte componente na formação cidadã de educandos e educandas.

3. DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE E PERCURSO METODOLÓGICO

O projeto foi realizado com duas turmas de 2º ano do ensino médio da Escola Palmira Gabriel no município de Belém – PA, as quais apresentavam 43 alunos no total com idade entre 16 a 19 anos. Para verificar o grau de conhecimento dos alunos sobre a temática, e então concluir se houve um resultado satisfatório de conscientização e sensibilização a respeito da poluição do ar, foram utilizados questionários no início e fim do projeto, ou seja, antes e depois do jogo de tabuleiro. Do total de questionários aplicados somente 33 foram respondidos.

As aulas do projeto Bioar foram realizadas entre novembro de 2018 e janeiro de 2019, tendo como objetivo aguçar a curiosidade e aprofundar os conhecimentos dos alunos sobre a formação do planeta terra (de acordo com as teorias científicas), da atmosfera e ênfase nas questões ambientais da poluição do ar. A intervenção didática foi distribuída em oito dias de aulas, em geral com duas horas/aulas cada, com a seguinte ordenação de etapas: sondagem, abordagem sobre a formação da Terra e Quiz; abordagem sobre variações

climáticas e construção do pluviômetro; efeito estufa, chuva ácida e aplicação do jogo de tabuleiro.

Todas as etapas buscaram intervir na realidade escolar como parte do objetivo das ações do Programa de Bolsas de Iniciação à Docência – PIBID, a partir de momentos formativos antes da execução da intervenção didática, para compreensão, discussão e alinhamento das práticas a serem realizadas dentro do projeto Inovação Pedagógica e Formação de Professores de Biologia no contexto Amazônico, selecionado pelo edital 23/2018 da Universidade do Estado do Pará – UEPA.

4. ETAPAS DA INTERVENÇÃO DIDÁTICA E ANÁLISE DA EXPERIÊNCIA

Sondagem, abordagem sobre formação da Terra e Quiz

A primeira ação da intervenção teve a aula expositiva dialogada como modalidade didática e usou trechos do documentário “Construindo o Planeta Terra”, do canal *National Geographic*, para a abordagem de conteúdos como a formação da Terra, sua atmosfera primitiva e composição atual. Também foram usadas imagens ilustrativas dos tópicos em questão, sempre em acordo com o que era discutido nos momentos do vídeo.

Para o jogo, a turma foi dividida em duas equipes e a cada rodada um aluno de cada equipe era selecionado para representá-la. As perguntas eram sorteadas e, de acordo com sua resposta, o aluno poderia pontuar ou não. Para isso eles dispunham 20 segundos para cada resposta e, caso não soubessem responder à pergunta, a mesma era repassada a equipe adversária.

A utilização do Quiz promoveu muito entusiasmo em sala, talvez pela motivação ocasionada pela utilização do jogo como recurso didático, pois geralmente as aulas eram expositivas e baseadas apenas na utilização dos livros didáticos. Também percebemos o comprometimento dos alunos a respeito da temática, pois grande parte deles responderam corretamente as perguntas sorteadas. Observou-se que havia o compartilhamento de conhecimento entre os integrantes do grupo, passando o sentimento de trabalho em equipe.

Aliás, a utilização da ludicidade é um elemento fundamental na compreensão e fixação do conhecimento, permitindo assim, o desenvolvimento de competências em vários quesitos, dentre eles o trabalho em equipe, além da comunicação, relação interpessoal (BRASIL, 2006). Diante das diferentes necessidades de aprendizagem, lançar mão da utilização do Quiz corrobora com a proposição de Gonzaga et al. (2017), para quem o professor deve levar em consideração a realidade e os interesses de cada estudante, a fim de que os últimos consigam apropriar-se das ferramentas adequadas que supram as necessidades de sua turma, alcançando assim o objetivo da aprendizagem.

O Quiz é um jogo vantajoso por apresentar uma fácil adaptação para diferentes grupos de estudantes, além de pode ser utilizado em diversas plataformas de interação, como as digitais (RATIER, 2016). Também é versátil, segundo Nascimento (2017), podendo ser adaptado a diferentes disciplinas, onde se pode usá-lo até como ferramenta avaliativa, pois segundo a autora, por terem sido avisados antes da realização, os alunos estudam para obter um bom desempenho.

De modo geral, o jogo de perguntas e respostas foi bem disputado e acirrado, ocorrendo até uma situação onde um grupo demorou a responder e outro com mais entusiasmos também se propôs a dar a resposta. Quando a resposta do primeiro não foi totalmente correta a outra equipe tentou responder conseguindo o ponto da rodada. Logo, assim como o jogo de perguntas e respostas, afirma Oliveira et al (2013), por mais simples que sejam os jogos no ensino estimulam a competitividade, raciocínio e interação entre os estudantes, facilitam o diálogo entre os mesmos e auxiliam na aquisição de novos conhecimentos. Dessa forma, os estudantes são protagonistas ativos no processo de aprendizagem ao buscar responder corretamente as questões para ganhar o jogo.

Na semana seguinte, aprofundamos o assunto e abordamos como as ações antrópicas, afetaram o meio ambiente, causando consequências como a poluição do ar, e como este problema pode afetar o clima e a vida no planeta. Consequências, estas relacionadas com o aumento do efeito estufa, destruição da camada de ozônio e a influência no aumento da acidez das chuvas, além de abordar como esse problema afeta as variações climáticas e o índice pluviométrico. O objetivo de explicar a importância da camada de ozônio foi para enfatizar questões como a importância da utilização de protetor solar no dia a dia, os riscos que a destruição dessa camada traz para os seres vivos e meio ambiente, além da ênfase sobre a interação das moléculas de ozônio (O₃) com clorofluorcarbonetos (CFC's) e assim provocando o chamado "buraco na camada de ozônio".

Após abordarmos as problemáticas referentes ao tema e as consequências climáticas, explicamos como as variações climáticas são medidas e, sempre buscando a interdisciplinaridade, mostramos a importância das estações meteorológicas e os principais aparelhos que são utilizados para realiza-las. Propomos então a construção de pluviômetros artesanais para que os alunos envolvidos na intervenção didática pudessem visualizar e elucidar conceitos de medição na prática, mensurando o índice pluviométrico da região sobretudo do entorno da escola Palmira Gabriel.

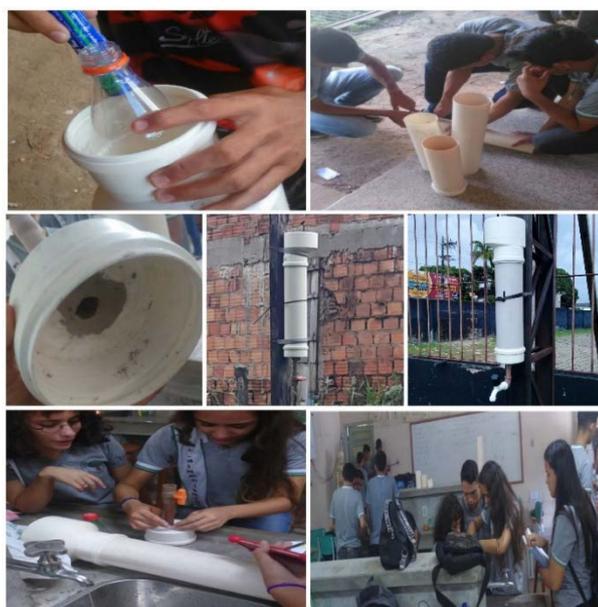
5. ABORDAGEM DAS VARIAÇÕES CLIMÁTICAS E CONSTRUÇÃO DO PLUVIÔMETRO.

Marquardt e Souza (2015) propunham aulas práticas em estações meteorológicas para despertar o interesse dos alunos em um espaço diferente, porém, assim como obser-

vado por Bentes (2019), quando faltam áreas de pesquisas e equipamentos tecnológicos, o uso de materiais de fácil acesso ao estudante pode ser utilizado para as mesmas definições e relações conceituais. Neste caminho, a construção de pluviômetros artesanais com materiais alternativos para exemplificar como medir o índice de pluviosidade e facilitar a compreensão de noções de pluviosidade se apresenta como alternativa didática na abordagem de conteúdos de climatologia e meteorologia.

Os pluviômetros foram construídos com os seguintes materiais: 01 tubo PVC de 100mm, 01 Tampão/Capa de 100mm, 01 Redução de 150mm de 100mm, 01 Garrafa Pet de 2L, massa epóxi, 01 Torneira ou registro de 20mm, 01 curva de 20mm ou joelho de 1/2, 01 cano de 20mm, Cola para PVC e 2 a 6 Braçadeiras. Primeiramente, cortou-se o tubo principal de 100mm com o tamanho de 40 cm; o 2º passo foi abrir no tampão/capa um orifício para encaixar o cano PVC de 20mm, sendo vedado com massa epóxi na parte de dentro e fora da capa; o 3º passo foi colar a curva/joelho no cano de 20mm e em seguida colar e encaixar a torneira ou registro; 4º passo procedeu-se em cortar a parte de cima da garrafa pet, para servir de funil e ser colada na borda de 100mm da redução; por fim, o 5º passo foi anexar/encaixar a redução e a capa, cada um em uma extremidade do tubo principal de 40cm (imagem 2).

Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7: Construção do pluviômetro.



Fonte: Arquivo pessoal dos autores.

Após a construção dos pluviômetros artesanais as equipes instalaram seus pluviômetros próximos as estações do BRT, na avenida Augusto Montenegro, em frente à Escola Palmira Gabriel e outros três pontos num raio de cinco quilômetros, aproximadamente. Os alunos foram aconselhados a posicionarem seus pluviômetros em locais abertos, sem árvores ou outros que pudessem interferir na medição. O período de coleta e análise das chuvas foi de 14 dias, diariamente, exceto nos feriados. Os grupos ainda foram orientados

a elaborar um relatório para avaliação qualitativa da atividade e a criarem uma tabela informando os dias de coleta, o horário (horário em que foram no local e captaram a água), verificar em milímetros a chuva obtida e fazerem a observação da temperatura, do tempo/clima no momento da coleta.

De posse dos registros os alunos foram instigados a construir relatórios, os quais orientamos a escrita. Notamos que os alunos concluíram a atividade e colocaram em prática o que foi aprendido na sala, pois nos relatórios foi possível observar a tabela de anotação com dados coletados por eles, como abaixo (Quadro 1):

Quadro 1: Tabela de dados da coleta.

Data	Horário	Capacidade (mm)	Temperatura	Clima/Tempo
19/12/2018	13:00	15	30°	Sol, com nuvens
20/12/2018	12:55	24	32°	Sol, com nuvens
21/12/2018	12:22	3	29°	Sol, com nuvens
22/12/2018	12:25	10	30°	Nublado
23/12/2018	13:00	24	28°	Nublado
26/12/2018	13:00	12,5	25°	Nublado
27/12/2018	12:30	30	29°	Sol, com nuvens
28/12/2018	12:30	8	32°	Sol, com nuvens
29/12/2018	12:23	11	35°	Sol, com nuvens
30/12/2018	12:00	50	24°	Nublado
02/12/2018	13:01	29	25°	Nublado

Fonte: Organizado pelos alunos.

Os alunos envolvidos verificaram que em alguns dias o acúmulo de precipitação (chuva) em milímetros coletados foi considerado alto, em razão, do período das coletas terem sido realizadas no mês de dezembro que marca o início da época mais chuvosa da cidade de Belém do Pará. Em geral, esse período de chuvas fortes tem duração de cinco a seis meses, por conta de ser uma região tropical com influência direta da floresta amazônica, dos seus rios, por intensificação dos efeitos locais associados à presença da Zona de Convergência Intertropical entre outros (MORAES & FILHO, 2018). De forma complementar, o Boletim de Análise e Previsão da RPCH (2019) no mês de dezembro de 2018, de modo geral no estado do Pará, registrou acúmulos de chuva acima do padrão normal, demonstrando na prática que a análise e coleta de pluviosidade da região realizada pelos alunos continha índices aceitáveis.

Os relatórios também auxiliaram na compreensão da efetividade da intervenção didática. Também foi possível observar tanto o comprometimento, quanto as dificuldades dos alunos neste tipo de investigação na escola, mesmo que no fim eles descrevam a atividade como produtiva:

Esta atividade foi bastante trabalhosa, pois tivemos que ir até a estação de bicicleta ao longo dos dias e tivemos que ir em determinado horário para coletar o conteúdo de tal dia, mas foi muito boa a experiência que tivemos tanto de montar (o pluviômetro) quanto de levar ao nosso local de estudo, medir e observar as constantes variações climáticas que ocorreram. Todos os nossos objetivos de coleta foram alcançados e o estudo foi bastante produtivo. (Relatório A)

Outra equipe que também descreveu a atividade como proveitosa, ressaltou os enfoques das variações climáticas observadas e a importância do estudo da pluviosidade na região, escreveram:

[...] Podemos também perceber vários fenômenos que aconteceram durante dos dias da coleta para a pesquisa, como a mudança climática de uma hora para outra e, a temperatura do ambiente que estávamos, pois na maioria das vezes estava muito quente, por causa dos veículos que transitavam por perto. Com tudo, podemos fazer uma pesquisa mais aprofundada, colocando quantos graus estava e também a previsão de chuva que aconteceria no dia, com ajuda do celular que estava sempre ao nosso alcance, nos ajudando. Foi bem divertida essa experiência que tivemos, mesmo custando muito do nosso tempo, fazer essa pesquisa nos mostrou outro lado que não sabíamos sobre nossa própria cidade e, quanto é importante saber quanto de água da chuva cai em nossa região que já tem muitos casos de alagamento. (Relatório B)

A julgar pelos relatos dos estudantes e por outras pesquisas que também realizaram a confecção de pluviômetros com materiais alternativos, como Rossin & Grigolon (2019) e Bentes (2019), o uso desse instrumento de medição é uma boa prática metodológica para o ensino de climatologia e variações climáticas, pois além ser um método lúdico de esclarecer os conteúdos da disciplina, interagir com os alunos e também é uma forma de aproximar os experimentos e o contexto científicos à realidade do cotidiano dos alunos do ensino médio.

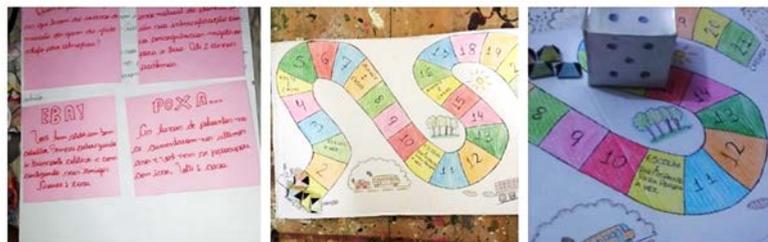
6. EFEITO ESTUFA, CHUVA ÁCIDA E APLICAÇÃO DO JOGO DE TABULEIRO

A aula expositiva dialogada sobre efeito estufa e chuva ácida, conjuntamente com o jogo de tabuleiro sobre a poluição atmosférica, representou o último momento da intervenção didática do projeto Bioar. Os conteúdos foram abordados em forma de revisão, uma vez que já havia sido em momentos anteriores. Já o jogo de tabuleiro foi baseado naquele aplicado por Silva et al. (2018) e confeccionado com materiais recicláveis como papelão, para fazer a mesa ou campo do jogo e os pinos; caixa de leite, cortada para fazer um dado; além de materiais como cartolina, usada para confeccionar as cartas de perguntas.

O jogo ocorreu da seguinte maneira: a turma foi dividida em 4 equipes, cada uma com um representante para mover o pino, jogar o dado e escolher uma carta; o jogador arremessa o dado para avançar no jogo, movendo o pino com o número de casas que for sorteado no dado, mas pra avançar deve responder corretamente a pergunta relacionada ao tema das aulas contida na carta, que fica em cima da mesa virada para baixo (Figura 1). Após escolhida e lida a pergunta, a equipe tinha um tempo de 20 segundos para acertar,

se respondesse erroneamente a carta retornava ao jogo, e a equipe não avançava; no tabuleiro e nas cartas existiam armadilhas e bônus, que permitiam o jogador avançar, voltar uma casa ou ainda perder a vez, a fim de deixar o jogo mais divertido e competitivo. Vencia a equipe que chegasse primeiro na linha de chegada.

Figura 1: Realização do Jogo de Tabuleiro.



Fonte: Arquivo pessoal.

Os alunos ficaram envolvidos com o recurso didático e apresentaram maior interesse no assunto, o que ocasionou uma melhor assimilação do conteúdo e conseqüentemente maior número de respostas corretas. De fato, em sua maioria, os alunos necessitam de algo que os estimulem a ter um maior interesse e curiosidade por determinados assuntos, algo que desvie um pouco das aulas tradicionais (LIMA, et al. 2017). Como observado durante a intervenção, o desempenho dos alunos com a utilização do jogo de tabuleiro foi bem satisfatório ocorrendo de maneira dinâmica e interativa. Não foi possível a realização do jogo de tabuleiro mais vezes, ou o início de um novo jogo com novos jogadores, e nem a criação do tabuleiro por parte dos alunos, em razão da falta de tempo no dia da realização e do semestre.

Com base na análise dos dados e da participação no jogo de tabuleiro se notou uma sensibilização dos alunos à medida que eles respondiam de forma coerente e consciente as perguntas do jogo e do questionário. Pode se depreender que houve aprendizagem de conceito sobre climatologia, composição da atmosfera, dentre outros, pois antes da intervenção havíamos perguntado aos alunos o que poderiam fazer para diminuir a poluição do ar e poucos alunos souberam responder corretamente.

Uma das razões que contribuem para isso, segundo Ruffino (2001), é a falta de ações e práticas em educação ambiental nas escolas públicas, por conta da falta capacitação dos profissionais de educação. E após a construção de conhecimento com as aulas e com o jogo de tabuleiro, percebemos que mais da metade dos alunos responderam de forma correta, sendo citados o uso maior de transporte público e de bicicletas como recomendado pelo Ministério da Saúde (2016), além do uso de filtros de ar nos automóveis e nas indústrias também exemplificado por Oliveira et al. (2013).

A respeito de quais as formas de poluição do ar que os estudantes mais presenciavam no dia a dia, as respostas mais obtidas foram a respeito da emissão de poluentes vindo de

veículos, em razão da escola Palmira Gabriel ser localizada na Augusto Montenegro, uma das rodovias mais movimentadas de Belém, alguns descreveram no inicial como “fumaça dos carros e caminhões”. Se observa que os alunos possuíam uma consciência prévia sobre agentes poluidores do ar, pois segundo Teixeira et al. (2008) os veículos automotores, nos centros urbanos, são umas das principais fontes de poluição do ar, por conta das elevadas emissões de poluentes como o monóxido de carbono, liberados devido o processo de queima do combustível. E com isto, as aulas e o tabuleiro auxiliaram para complementar o conhecimento dos alunos, alertando aos riscos à saúde e problemas ambientais.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que houve sensibilização dos estudantes quanto ao compromisso de reduzir os níveis de contaminantes atmosféricos e melhorar a qualidade ambiental e de saúde, que é um dos objetivos deste projeto e também do Plano Nacional de Qualidade do Ar (BRASIL, 2009). Sendo assim, o Bioar possibilitou a efetivação dos conhecimentos tratados em sala de aula, para que haja cidadãos mais responsáveis com pensamento coletivo almejando promover uma diferença na sociedade, a qual se suceda uma mudança no estilo de vida direcionado para o bem comum social e para o meio ambiente.

Considerando as pesquisas nas literaturas e a análise/discussão das práticas do Quiz, da construção de pluviômetros e do jogo de tabuleiro que realizamos, reconhecemos que a utilização dessas metodologias no processo de ensino aprendizagem é de grande valia, uma vez que as práticas se sucederam de maneira eficiente e positiva, pois constatamos com a maneira correta e coesa que os estudantes correspondiam as práticas. Somase a estas questões a curiosidade e desempenho com que os alunos confeccionaram os pluviômetros, que essas práticas influenciaram em muito para uma boa interação professor-aluno que conseqüentemente se reflete em uma melhor aprendizagem da temática de poluição do ar.

Percebemos o diferencial em demonstrar na prática os problemas reais do cotidiano do aluno, fato este comprovado com o domínio e assimilação dos conteúdos. Comprovando assim, as perspectivas de Marques (2005), o qual enfatiza em seu trabalho que, as atividades foram de sala de aula permite aos alunos mais facilmente a percepção com um olhar mais crítico dos problemas em seu ambiente. Contudo, a utilização do jogo juntamente com o auxílio da construção do pluviômetro, demonstrou ser um recurso didático efetivo na busca da superação das dificuldades no aprendizado, tornando o processo mais agradável e interessante.

REFERÊNCIAS

BENTES, R. N. Pluviômetro com garrafas Pet's: **Análise das práticas metodológicas usadas em materiais alternativos como facilitador do ensino-aprendizagem de Climatologia**. Revista Ensino de Geografia (Recife), v. 2, n. 1, 2019, p. 137-147.

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular (BNCC). **Educação é a Base**. Brasília,

MEC/CONSED/UNDIME, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 22/01/2020.

_____. **Boletim De Análise Climática Da RPCH. Ano XII**, janeiro de 2019. Disponível em: www.semas.pa.gov.br. Acesso:22/01/2020.

_____. Ministério Da Saúde. **Síntese de Evidências para Políticas de Saúde: reduzindo a emissão do poluente atmosférico: material particulado em benefício da saúde no ambiente urbano**. Brasília, 2016.

_____. Ministério Do Meio Ambiente. et al. **Compromisso pela Qualidade do Ar e Saúde Ambiental**. Brasília, 2009.

_____. Ministério Do Meio Ambiente. **Poluentes Atmosféricos**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 09 mar. 2019.

_____. **Orientações Curriculares para Ensino Médio: Ciência da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

CABRERA, W. B. **A Ludicidade Para o Ensino Médio na Disciplina de Biologia: Contribuições ao Processo de Aprendizagem em Conformidade Com os Pressupostos Teóricos da Aprendizagem Significativa**. Dissertação de Mestrado – UEL, Londrina, 2007.

CAMPOS, L. M. L. et al. **A produção de jogos didáticos para o ensino de Ciências e Biologia: uma proposta para favorecer a aprendizagem**. *Caderno dos Núcleos de Ensino*, p.35-48, 2003.

CONAMA. **Resolução CONAMA Nº 003/1990** - “Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR” - Data da legislação: 28/06/1990 - Publicação DOU, de 22/08/1990, págs. 15937-15939. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>. Acesso em: 05 mai. 2019.

DAPPER, S. N., SPOHR, C., ZANINI, R. R. **Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo**. *Revista Estudos avançados*, vol. 30, n. 86, São Paulo, jan/abr. 2016.

FORTUNA, T. R. **Jogo em aula**. *Revista do Professor*, v.19, n.75, p.15-19, Porto Alegre, jul./set. 2003.

GONZAGA, G. R. et al. **Jogos didáticos para o ensino de ciências**. *Revista Educação Pública*, v.17, ed.7, abr. 2017.

IAP. **Fontes de Poluição Atmosférica**. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/pagina-1415.html>. Acesso em: 05 maio 2019.

INCA. **Poluição do ar**. 2018. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/exposicao-no-trabalho-e-no-ambiente/poluentes/poluicao-do-ar>. Acesso em: 05 maio 2019.

LIMA, E. A. et al. **Concepções dos Alunos do Ensino Médio Sobre os Tipos de Poluição Ambiental no Município de Campina Grande** – PB. *In: VI ENID DA UEPB*, dez, 2017, Campina Grande – PB. **Anais [...]**. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/revistas/eniduepb/trabalhos/TRABALHO_EV100_MD1_SA1_ID349_21112017155046.pdf. Acesso em jun. 2019.

- LOMBARDO, M. **Mudanças climáticas recentes e ação antrópica**. Revista do Departamento de Geografia, v. 8, p. 29-34, 7 nov. 2011.
- MAGNO, C. M. V.; ALMEIDA, A. C. P. C. **Ludicidade e CTS no ensino de ciências na educação básica de ribeirinhos na Amazônia**. In: Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências, 10, 2015. Águas de Lindóia. **Anais eletrônicos...** São Paulo, 2015. Disponível em: < <http://www.xenpec.com.br/anais2015/trabalhos.htm>> Acesso em: 10 ago. 2016.
- MARQUARDT, D. G. & SOUSA, R. R. de. **Oficina de climatologia uma forma diferente de ensino e aprendizagem com acadêmicos do curso de segunda licenciatura em geografia – PARFOR – CUA/UFMT**. Variabilidade e susceptibilidade climática: Implicações Ecosistêmicas e Sociais. Goiânia (GO)/UFG. Out. 2015
- MARQUES, M. F. C. **Educação em Ciências no 1º. CEB: contributos de professores e manuais**. Aveiro: Universidade de Aveiro. Dissertação de Mestrado. 2005.
- MORAES, D. & FILHO, M. **Contribuição Das Chuvas No Período Da Tarde Em Belém E Possíveis Relações Com a Normal Climatológica**. Revista Brasileira de Climatologia. Ano 14, vol. 23, Jul/dez, 2018, p.17-32.
- MORI, M. S.; CABÚS, R. S.; FREITAS, S. R. **A sequência didática sobre educação ambiental: uma abordagem metodológica alternativa para o ensino sobre a poluição atmosférica**. Caderno de Educação, v. 15, n. 31, jul.- dez, 2016, p. 59-70.
- MOTA, S. **Impactos ambientais das atividades humanas. Introdução a engenharia ambiental**. 2 ed. Rio de Janeiro: ABES, 2000.
- NASCIMENTO, P. P. do. **Experimentações didático-metodológicas: o Quiz-Saúde Ambiental e suas aplicações no curso Técnico de Segurança do Trabalho**. Educação Básica Revista, v. 3, n. 1, p. 153-162, 2017.
- OLIVEIRA, D. A. de. et al. **O jogo de perguntas e respostas como recurso didático-pedagógico no desenvolvimento do raciocínio lógico enquanto processo de ensino aprendizagem de conteúdos de ciências do oitavo ano do ensino fundamental**. In: IX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS – IX ENPEC, Nov, 2013, São Paulo. **Anais [...]**. Águas de Lindóia, SP – 10 a 14 de novembro de 2013.
- OMS. **9 out of 10 people worldwide breathe polluted air, but more countries are taking action**. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/detail/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>. Acesso em: 05 maio 2019.
- PORTELA, A. A. B. & ROSA, L. Z. O ensino de Biologia nas Escolas: Problemas e Possíveis Soluções. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**. v. 5, n. 2. 2013. Disponível em: <http://seer.unipampa.edu.br/index.php/siepe/article/view/6805>. Acesso em: jun. 2019.
- RATIER, R. **A Febre Dos Quiz Shows Na TV, Rádio E Internet**. Disponível em: http://galileu.globo.com/edic/115/rep_quiz.htm; acessado em: 17/01/2020.
- ROSSIN, B. G., & GRIGOLON, L. **Construção De Pluviômetro E Sua Contribuição No Desenvolvimento Das Noções Básicas De Tempo Atmosférico: Uma Proposta Didática Para O Ensino Fundamental II**. In: 14º ENCONTRO NACIONAL DE PRÁTICA DE ENSINO DE GEOGRAFIA: POLÍTICAS, LINGUAGENS E TRAJETÓRIAS **Anais [...]**, 2999-3007. (2019).
- RUFFINO, P. H. P. **Proposta de educação ambiental como instrumento de apoio à implantação e manutenção de um posto de orientação e recebimento de recicláveis secos em uma escola estadual de ensino fundamental**. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.
- SANTOS, V. J. DA R. M.; SILVA, F. B. DA; ACIOLI, M. F. **Produção de Histórias em Quadrinhos na abordagem interdisciplinar de Biologia e Química**. **RENOTE**, v. 10, n. 3, p. 1-8, 2012.

SILVA, E.P.S; COSTA, A.B. **História em quadrinhos e o ensino de Biologia: o caso *Níquel Náusea* no ensino da teoria evolutiva.** ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, Florianópolis, v. 8, n. 2, p. 163-182, jun. 2015.

SILVA, A. P. G. *et al.* **Poluição atmosférica, brincando e aprendendo – uma estratégia educativa.** Educação Ambiental em Ação, n.63, ano XVI, março-junho, 2018. Disponível em: <http://www.revistaeea.org/artigo.php?idartigo=3052>

SILVA, K. J de F. *et al.* **A utilização de jogos didáticos no ensino biologia: Uma revisão de literatura.** In: III CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CONEDU), out, 2016. Natal – RN. **Anais [...].** Natal – RN, 2016. Disponível em: https://editorarealize.com.br/revistas/conedu/trabalhos/TRABALHO_EV056_MD1_SA18_ID2890_09082016202740.pdf. Acesso em jun. 2019.

TEIXEIRA, E. C. *et al.* **Estudo Das Emissões De Fontes Móveis Na Região Metropolitana De Porto Alegre, Rio Grande Do Sul.** Química Nova, v.31, n. 2, pág.244-248, 2008.

ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DE APARELHOS CELULARES DE ACADÊMICOS DOS CURSOS DE BIOMEDICINA E DIREITO

ARIELY INGRID MESANINI SOUZA

Graduanda em Medicina da UNIC

FLÁVIA FRANCINE HAMMERSCHMIDT

Graduanda em Medicina da UNESC

GABRIEL PEDOT

Graduanda em Medicina da UNESC

GIOVANNA MAYUMI KAMIYA VIOTTO

Graduanda em Medicina da UNESC

SOFIA SANTOS FLÔRES

Graduanda em Medicina da UNESC

YONE VOGEL DE MATOS

Graduanda em Medicina da UNESC

DR^a ZAIRA BARBARA DA SILVA

Professora Doutora em Biotecnologia e inovação em saúde

RESUMO: Sabe-se que os aparelhos celulares incorporam o cotidiano do ser humano, e por serem objetos relativamente pequenos e de fácil transporte, estão sempre em contato com rostos e mãos, caracterizando uma exposição perfeita a microrganismos. O uso indiscriminado do aparelho celular em diversos ambientes, traz consigo a possibilidade de contaminação e transmissão de microrganismos, por estes se caracterizarem o habitat perfeito para propagação, devido a alta temperatura e às condições de umidade do aparelho. Além do mais, que esses aparelhos celulares não costumam passar

por assepsias frequentes, faltando inclusive informações sobre a melhor maneira de desinfecção. Este estudo teve como objetivo analisar a presença de microrganismos patogênicos em aparelhos celulares de acadêmicos do curso de Biomedicina e Direito. Para a realização deste trabalho, foram coletadas 30 amostras aleatórias de aparelhos celulares de acadêmicos relacionados a área da saúde (biomedicina) e de não relacionados a área da saúde (direito), as quais foram semeadas em placas contendo ágar Chocolate, ágar Sangue, ágar Sabouraud e ágar MacConkey. Em seguida, foram realizados os testes de catalase, coloração de Gram, análises bioquímicas e estatísticas para identificação das bactérias. Nesta pesquisa, encontrou-se contaminação bacteriana nas 30 amostras analisadas, com a presença de diversas bactérias como *Staphylococcus coagulase negativa*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus viridans*, *Achromobacter sp*, *Acinetobacter baumannii* e *Citrobacter freundii*, tendo evidenciado a maior presença de bactérias Gram positivas. Portanto, o presente estudo demonstrou que os aparelhos celulares podem ser veículo de contaminação para seus usuários, tendo em vista que a higienização do aparelho celular não é realizada com frequência, tornando possível infecções por patógenos resistentes.

Palavras-Chave: Microrganismos; Contaminação; Bactérias.

ABSTRACT: It is known that cell phones incorporated everyday life, and for being ob-

jects relatively small and easy to transport, they are always in contact with our faces and hands, featuring a perfect exposure to microorganisms. The indiscriminate use of cell phone in different environments, bring with you the possibility of contamination and transmission of microorganisms, because they characterize the perfect habitat for propagation, by the high temperature and humidity conditions of the device. Furthermore, those cell phone devices usually don't pass frequently for asepsis, missing information about the best way for disinfection. This study aimed to analyze the presence of pathogenic microorganisms on academic cell phones of the biomedicine and law courses. To carry out this work, were collected 30 random samples of cell phones from academics related to health area (biomedicine) and non-health area (law), to which they were sown in plates containing Chocolate agar, Blood agar, Sabouraud agar and MacConkey agar. Then, was realized tests with catalase Gram stain, biochemical analysis and statistics to identify bacteria. In this research was found bacterial contamination in 30 analyzed samples, with the presence of several bacteria like Coagulase negative Staphylococcus, Staphylococcus aureus, Streptococcus viridans, Achromobacter sp, Acinetobacter baumannii and Citrobacter freundii, having evidenced the major presence of Gram-positive bacteria. Therefore, the present study demonstrated that cell phones can be a vehicle of contamination for its users, considering that the cleaning of the cell phones are not frequently realized, making it possible pathogenic infections resistant.

Keywords: Microorganisms; Contamination; Bacteria.

1. INTRODUÇÃO

Bactérias e microrganismos são parte integral e inseparável da vida na Terra. Estão presentes nas vidas de organismos e nos amplos ambientes que habitam. Possuem múltiplos papéis, como alta capacidade de colonização, versatilidade metabólica e adaptações na sua estrutura. Geralmente, vivem em simbiose com seu hospedeiro, acarretando doenças apenas quando invadem sítios estéreis, como tecidos ou líquidos corpóreos (SOUSA et al, 2018).

Segundo Araújo, o *Staphylococcus aureus* está presente no ambiente de circulação do ser humano, sendo o homem seu principal reservatório. Essa espécie pode ser encontrada em vários sítios anatômicos, como fossas nasais, intestinos, pele e garganta, e pode sobreviver em superfícies e objetos inanimados (PROCOP et al, 2017).

A exposição de um indivíduo a um microrganismo pode levar a três resultados: o microrganismo colonizar a pele de maneira transitória, colonizar permanentemente o indivíduo ou provocar uma doença. Os microrganismos que colonizam os seres humanos o fazem, em sua maioria, por períodos curtos, sejam horas ou dias, ou permanentes, mas que não alteram a função normal do corpo, ao contrário da doença, que ocasiona um processo patológico caracterizando danos ao hospedeiro (TEIXEIRA; SILVA, 2017. P.15)

Considerando o fato de que existem vários meios em que esses microrganismos podem ser disseminados, o aparelho celular desempenha papel de abrigo desses agentes. Por serem dispositivos pequenos, o frequente manuseio e contato com aerossóis orais pos-

sibilita o crescimento e proliferação de diversas espécies microbianas, transformando-se, assim, em fonte de infecção (BALDO et al, 2016).

O aparelho celular para o ser humano tornou-se um acessório indispensável. O uso indiscriminado leva-o a exposição em locais que podem estar contaminados, como carregá-lo para diversos ambientes, durante as refeições, empréstimos aos amigos ou até mesmo ao banheiro, sendo em seguida guardado em bolsas, mochilas, bolsos de calça, levam a possibilidade de contaminação e transmissão de microrganismos (REIS et al, 2017).

De acordo com SOUSA et al 2018, este problema tem maior dimensão, pois os aparelhos celulares caracterizam-se como habitat ideal para a propagação dos microrganismos, devido à alta temperatura e às condições de umidade do aparelho. Além disso, esses aparelhos não passam por correta assepsia, faltando inclusive informações sobre a melhor maneira de desinfecção (BANDEIRA et al, 2020).

Contudo, mesmo que a pele possua defesa contra os microrganismos e exista simbiose da bactéria com o organismo humano, quando há invasão dos sítios estéreis a resposta imune infelizmente é bastante tardia, sendo possível a infecção por qualquer patógeno (MENDES et al, 2018).

Diante destes fatos, sabe-se que acadêmicos utilizam aparelhos celulares na maior parte do seu tempo, em momentos intercalados entre o estudo e intervalo de aulas, em que não é feita a devida descontaminação antes do uso. Partindo desta premissa, foram escolhidos acadêmicos dos cursos de biomedicina e direito, para que dessa forma fosse observado qual grupo continha maior contaminação por microrganismos, se eram os universitários com curso relacionado a área da saúde ou não relacionado a área da saúde. Sendo assim, é de grande relevância que esta pesquisa seja realizada a fim de identificar e selecionar os microrganismos patogênicos para a saúde, provocando, desse modo, maior conscientização por parte dos acadêmicos no que diz respeito ao manuseio do aparelho celular em local de fácil contaminação.

Incorporando esse contexto, o objetivo deste estudo é analisar a presença de microrganismos patogênicos em aparelhos celulares de acadêmicos do curso de Biomedicina e Direito.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Coleta da amostra

Para a realização deste trabalho, em abril de 2019 foram coletadas 30 amostras aleatórias de aparelhos celulares de acadêmicos de uma instituição de Rondônia, sendo 15 delas de estudantes de Biomedicina relacionados à área da saúde e 15 do curso de Direito não relacionados à área da saúde. A coleta do material para pesquisa foi realizada com *Swab* esté-

ril, sendo deslizado pelo aparelho celular em movimento giratório, acondicionada em meio Stuart e armazenadas as amostras em uma caixa de isopor, para que assim, pudessem ser transportadas até o laboratório de microbiologia de uma instituição de Rondônia.

2.2 Cultivo bacteriano

Posteriormente à coleta, as amostras foram semeadas em placas de petri contendo Ágar Chocolate (meio rico e não seletivo, onde crescem bactérias gram positivas e negativas, mais bactérias fastidiosas, que são de difícil crescimento), Ágar Sangue (meio rico e não seletivo, faz diferencial para hemólise e possui crescimento de bactérias gram positivas e gram negativas), Ágar MacConkey (meio seletivo para o crescimento de bactérias gram negativas e diferencial para utilização de lactose) e Ágar Sabouraud (meio para cultivo de fungos).

Logo após a coleta, a semeadura das amostras de cada aparelho foi realizada nas quatro placas, sendo depositado delicadamente o *Swab*, em movimento giratório até a metade das placas e, em seguida, efetuando-se a técnica de esgotamento com a alça. A ordem de semeadura foi iniciada pelo meio menos seletivo, até o meio mais seletivo sendo respectivamente, Ágar Chocolate, Ágar Sangue, Ágar Sabouraud e por fim, Ágar MacConkey. Em seguida, as placas foram dispostas na estufa a 37°C por 24-48 horas, para que houvesse crescimento.

2.3 Coloração de Gram

Após 24 horas na estufa, foram observados os crescimentos nas placas, e então, retirou-se colônias isoladas para que se iniciasse a identificação morfológica (técnica de Gram). A técnica de coloração de gram é a mais comumente utilizada para separar as bactérias em gram positivas e gram negativas, além de auxiliar em diagnósticos de doenças microbianas. A partir de um perfil morfo-tintorial, as bactérias gram-positivas coram-se de roxo e as gram-negativas de rosa.

2.4 Análises Bioquímicas

Os testes foram divididos em dois grupos: tipos de metabolismo de obtenção de energia e atividade enzimática para degradar substratos. Os testes utilizados foram: fermentação de carboidratos (glicose, lactose e manitol), teste do vermelho de metila (VM), bile esculina, teste de Voges-Proskauer (VP), teste de oxidação/fermentação (O/F), teste de utilização de citrato e prova da catalase.

2.5 Análise estatística

Os resultados das amostras realizadas, foram analisados através do Excel, e posteriormente expressos em tabelas.

3. RESULTADOS

Ao total, foram isoladas 53 colônias dos 30 aparelhos celulares amostrados.

Tabela 1 – Quantidade de colônias positivas dos aparelhos celulares dos acadêmicos.

Grupos	Amostras	Colônias isoladas
Relacionados à saúde	15	27 (51,92%)
Não relacionados à saúde	15	26 (48,07%)
Total	30	53 (100%)

Nesta tabela, demonstra-se que todos os aparelhos celulares analisados atingiram crescimento bacteriano, em que foi possível visualizar mais de uma colônia na mesma placa e as mesmas colônias em placas diferentes. Permitindo concluir que o grupo relacionado à área da saúde apresentou maior quantidade de colônias positivas representada por 51,92%. Por outro lado, nas placas contento ágar Sabouraud nenhuma cultura de fungos atingiu crescimento.

Foi demonstrado neste estudo um alto grau de crescimento microbiano, destacando-se que a espécie mais predominante foi o *Staphylococcus coagulase negativa* e *Staphylococcus aureus*. O crescimento dessas colônias foi observado nas placas com Ágar chocolate e Ágar sangue que, na sua maioria, apresentaram as mesmas colônias. Além disso, por meio da técnica de coloração Gram e do teste da Catalase foi possível a identificação das bactérias como Gram positivas e Catalase positiva.

Tabela 2 – Distribuição de colônias positivas dos grupos de acadêmicos.

Grupos	Amostras N	<i>Staphylococcus aureus</i> N	<i>Staphylococcus coagulase negativa</i> N	<i>Streptococcus viridans</i> N	Enterobactérias N
Relacionados à saúde	15	12	15	0	0
Não relacionados à saúde	15	4	15	1	5
Total	30	17	30	1	5

De acordo com a tabela 2, o grupo relacionado a área da saúde apresentou apenas colônias de bactérias Gram positivas, sendo essas comuns da microbiota do ser humano. Já o grupo não relacionado a área da saúde, obteve contaminação por bactérias Gram positivas e por enterobactérias. Dentre os cocos gram positivos, catalase negativa, foram observados em meio às amostras analisadas apenas uma espécie *Streptococcus viridans*, sendo considerado uma espécie integrante da microbiota normal, porém pode ser tipicamente oportunista, causando infecção na presença de um organismo debilitado.

Tabela 3 - Distribuição das colônias positivas de Enterobactérias

Enterobactérias	Colônias isoladas N
<i>Achromobacter sp</i>	2
<i>Acinetobacter baumannii</i>	2
<i>Citrobacter freundii</i>	1

Através da tabela 3, em relação às Enterobactérias, a frequência encontrada foi menor, evidenciando contaminação somente na placa contendo Ágar MacConkey, sendo possível identificar um gênero e duas espécies de bactérias, são elas: *Achromobacter sp*, *Acinetobacter baumannii* e *Citrobacter freundii*.

Mediante os resultados, o estudo apontou que o grupo dos acadêmicos não relacionados à área da saúde obteve maior contaminação por enterobactérias, haja vista a presença de *Acinetobacter baumannii* e *Achromobacter sp* em duas placas, e a de *Citrobacter freundii* em apenas uma.

4. DISCUSSÃO

Do total de 30 aparelhos celulares analisados, todos apresentaram crescimento bacteriano. Isso prova que o presente trabalho corrobora com a literatura, uma vez que pesquisadores relatam que aparelhos celulares atuam como reservatório para microrganismos (REIS, et al, 2017).

No estudo realizado por Reis, et al (2017) verificou-se que em todos os aparelhos analisados cresceram *Staphylococcus*, sendo que 72% das amostras eram coagulase negativa (*Staphylococcus sp*) e 28% eram coagulase positiva (*Staphylococcus aureus*). Esses resultados se aproximaram do estudo realizado, devido a maior quantidade de bactérias encontradas, terem sido do gênero *Staphylococcus*. Apesar da grande variedade de quadros clínicos causados por essa bactéria, a sua presença pode estar relacionada a essa bactéria fazer parte da microbiota normal da pele e das mucosas, e que através do ma-

nuseio das mãos com aparelho celular essas se aderem a ele, podendo ser capazes de causar infecções em alguns casos (MENDES et al, 2018).

A maior preocupação dentre as bactérias encontradas são as de extrema relevância clínica, como a *Achromobacter sp*, *Acinetobacter baumannii* e *Citrobacter freundii*, devido essas tratarem de espécies da família *Enterobacteriaceae* que é encontrada no trato gastrointestinal. Em relação ao ser humano, esses patógenos estão entre os principais agentes de infecção hospitalar e, sem dúvida, constituem a principal causa de infecção intestinal em muitos países. Bactérias entéricas patogênicas são a mais frequente causa de diarreia, além de serem responsáveis por uma mortalidade anual de cerca de 5 (cinco) milhões de pessoas em todo o mundo. Em sua maioria, essas bactérias também fazem parte do trato respiratório, como a *Acinetobacter baumannii*, que varia clinicamente desde bronquites até quadros graves de pneumonias (BALDO et al, 2016).

Resultados semelhantes foram observados no estudo de Nunes e Siliano (2016) em que relataram que as bactérias Gram negativas foram encontradas em menor proporção se comparadas às bactérias Gram positivas. Em uma pesquisa realizada por Baldo et al (2016) para avaliar o índice de contaminação microbiológica de aparelhos celulares de uma comunidade acadêmica, observou-se também que, a quantidade de amostras contaminadas por bactérias, Gram positivas foram predominantes, em relação a Gram negativas. Podendo ser possível comprovar que as bactérias com maior prevalência em aparelhos celulares são Gram positivas do gênero *Staphylococcus*.

Em todas as placas contendo ágar Sabouraud, referente aos fungos, nenhuma cultura atingiu crescimento, apresentando-se negativas. Contudo, no estudo de Baldo et al (2016) os fungos foram os microrganismos mais evidentes em todas as amostras acadêmicas analisadas, destacando-se o gênero *Cladosporium spp*.

Através dos dados obtidos, os acadêmicos do curso de Biomedicina relacionados à área saúde, higienizam mais seus aparelhos celulares, devido estarem sempre em laboratórios, eles conhecem o risco que tem em exposição a bactérias, com isso, foi possível identificar nas amostras analisadas somente o crescimento de bactérias comuns da microbiota normal. Já os acadêmicos do curso de Direito não relacionados a área da saúde, por não possuírem informação cotidiana em sala de aula sobre a higienização das mãos antes do contato com qualquer objeto, foi evidenciado nas amostras analisadas, bactérias da microbiota normal e patogênicas.

Partindo desta premissa, o desenvolvimento de estratégias de ações preventivas como a descontaminação dos aparelhos celulares com álcool contendo desinfetantes, ou álcool a 70%, pode reduzir o número de possíveis infecções causadas por todos esses microrganismos (MURRAY et al, 2017).

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, a presença de bactérias sugere que os aparelhos celulares podem ser um veículo de contaminação de microrganismos para seus usuários. Demonstrando que maioria dos estudantes avaliados não realizam higienização de seu aparelho celular, caracterizando assim risco de contaminação e desenvolvimento de um possível processo patológico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BALDO, Aline et al. Contaminação microbiana de telefones celulares da comunidade acadêmica de instituição de ensino superior de Araguari (MG). **Rev Master**, v. 1, n. 1, p. 57-65, 2016.
2. BANDEIRA, FA et al. Uso de metodologia ativa no curso de medicina da Universidade Federal De Jataí (UFJ): análise microbiológica de mão pré e pós assepsia e de aparelho celular. *Braz. J. Of Develop.*, Curitiba- PR, v.6, n. 7. 2020.
3. MENDES, Amanda Beatriz Garcia et al. Aparelhos celulares: importante instrumento de Transmissão de patógenos na comunidade. 2018.
4. MURRAY, Patrick R.; ROSENTHAL, Ken S.; PFALLER, Michael A. **Medical Microbiology**. Barcelona/ES: Elsevier Health Sciences, 2017.
5. NUNES, Kamila Oliveira; SILIANO, Priscila Reina. IDENTIFICAÇÃO DE BACTÉRIAS PRESENTES EM APARELHOS CELULARES IDENTIFICATION OF BACTERIA PRESENT ON MOBILE PHONES. **Science in health**, v. 7, n. 1, p. 22-25, 2016.
6. PROCOP, G. et al. **Koneman Diagnóstico Microbiológico**. Espanha: Wolters Kluwer, 2017.
7. REIS, LE et al. Contaminação de telefones celulares da equipe multiprofissional em uma unidade de terapia intensiva. **Revista Saber Digital**, v. 8, n. 01, p. 68-83, 2017.
8. Sousa DL et al. **Análise microbiológica de aparelhos celulares de acadêmicos de fisioterapia de uma faculdade privada de Teresina (PI)**. *Revista Ciências em Saúde* v8, n2, 2018.
9. Teixeira FN, Silva CV. **Análise microbiológica em telefones celulares**. *Revista F@pciência*, Apucarana-PR, ISSN 1984-2333, v.11, n. 3, p. 15 – 24, 2017.

EDUCAÇÃO AMBIENTAL: OS DESAFIOS DOS PROFISSIONAIS DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

BRUNA LUCIA LAINDORF

Instituto federal Sul-Rio-Grandense
Passo Fundo - RS

MARINA DE SOUZA FALCÃO

Universidade Federal do Pampa
São Gabriel – RS

LILIAN PEDROSO MAGGIO

Universidade Federal do Pampa
São Gabriel – RS

FERNANDO AUGUSTO BERTAZZO DA SILVA

Universidade Federal do Pampa
São Gabriel – RS

LURDES ZANCHETTA DA ROSA

Universidade Federal do Pampa
São Gabriel – RS

RESUMO: A educação ambiental começou a ser pauta dos assuntos mundiais na década de 60, quando houve a publicação do livro Primavera Silenciosa, denunciando o desca-so ao meio ambiente, advindo da globaliza-ção acelerada. Com isso, os prejuízos provo-cados pela agricultura extensiva e grandes indústrias passaram a ser tratados como danos ambientais. Todavia, os profissionais, incluso das ciências biológicas, ligados as questões ambientais, voltaram-se a criação de políticas públicas para a conscientização social. Entretanto, as mobilizações realiza-das pelos líderes mundiais pouco mudaram a realidade da poluição mundial. Para cons-truir uma sociedade consciente em relação aos danos ao meio ambiente, formar bons mediadores de ciências biológicas é funda-

mental, nesta caminhada.

PALAVRA-CHAVE: Biologia, conhecimento, Políticas – Públicas, Meio ambiente.

ABSTRACT: Environmental education be-gan to be on the agenda of world affairs in the 1960s, when the book Silent Spring was published, denouncing the neglect of the en-vironment, arising from accelerated global-ization. With that, the damages of extensive agriculture and big industries started to be treated as environmental damages. Howev-er, professionals, including biological scienc-es, linked to environmental issues, turned to the creation of public policies for social awareness, however, the mobilizations car-ried out by world leaders little changed the reality of global pollution. To build a society aware of environmental damage, training good mediators in biological sciences is es-sential in this journey.

KEYWORDS: Biology, knowledge, Policies – Public, Environment.

1. INTRODUÇÃO

A Educação Ambiental é um tema ine-rente aos profissionais de Ciências Biológi-cas, estando presente ao longo de toda sua formação, seja nas disciplinas obrigatórias, atividades de campo, palestras, congressos

ou conferências. Entretanto, de maneira efetiva, ainda são poucos os avanços conquistados nessa área (DIMAS et al., 2021). Há uma pluralidade de concepções e contextos que abrigam a Educação Ambiental, e dessa forma inviabilizam uma interpretação única, objetiva e simplificada do tema.

Em conceito, como pontua SORRENTINO (2005), podemos afirmar que a Educação Ambiental é uma ação educativa, por meio da qual vários atores da sociedade, seja individual ou coletivo, tomam consciência de sua realidade, constroem valores, conhecimentos, habilidades e competências para transformar o meio onde vivem, intervindo de modo adequado às questões ambientais, e melhorando a qualidade de vida.

Em um contexto histórico contemporâneo, a Educação Ambiental sempre atendeu as demandas que inquietavam e mobilizavam uma geração. Na década de 1960, a agricultura química, ou agricultura industrial, herança da Segunda Guerra Mundial, se consolidava nos Estados Unidos. Baseada no uso de agrotóxicos para o combate de pragas, veio ao encontro da demanda por alimentos, gerada pelo aumento populacional e impulsionada pelo crescimento da economia (TAMAIIO, 2013). Os solos exauridos, água e ar contaminados, e prejuízos à saúde humana foram as consequências desse modelo de agricultura que perdura até hoje (PINHEIRO, 2021). Embora desacreditada na época, uma das mais importantes obras sobre a temática ambiental foi publicada nesse período. O livro *Primavera Silenciosa*, de 1962, foi o primeiro alerta a respeito dos perigos e prejuízos ao meio ambiente causados pelo uso de químicos na agricultura, dando origem ao debate contemporâneo sobre as questões ambientais (BONZI, 2013).

Na década de 1970, a inquietude mundial provocada pelo modelo de exploração e produção, motivaram a realização da primeira reunião com chefes de estado para tratar sobre os problemas ambientais causados pelo desenvolvimento econômico, a Conferência de Estocolmo (1972) (CRETELLA, 2012), que gerou a Carta de Belgrado, estabelecendo as primeiras metas e princípios da Educação Ambiental (PEDRINI, 2000).

Nos anos 1980, foram os desastres de Bhopal e Chernobyl, conduziram a temática ambiental, culminando em 1987, no Relatório de Brundtland, apresentando o conceito de desenvolvimento sustentável como alternativa ao modelo econômico adotado por países desenvolvidos (BADR et al., 2017).

Paralelamente a esses acontecimentos, o Brasil vivia um período de ascensão dos direitos políticos, e expressivo crescimento dos movimentos sociais, resultando na criação da Política Nacional do Meio Ambiente (BRAGA, 2010).

Nos anos 1990, em uma sociedade marcada pela globalização da economia e polarizada pelas desigualdades sociais entre países ricos e pobres, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio Eco-92 e Fórum Global, realizados em 1992, marcaram a segunda reunião de chefes de estados e representantes de países em busca de um novo modelo de desenvolvimento econômico, em acordo com os princípios socioambientais (OTERO, NEIMAN, 2015). Dentre os principais resultados, foi elabo-

rada a Carta da Terra e a Agenda 21, propondo uma série de medidas para o enfrentamento dos problemas ambientais (GADOTTI, 2010).

Posterior a Eco-92, embora iniciativas tenham sido elaboradas, como o Protocolo de Kyoto de 1997, a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, em 2002, a Convenção Rio + 20, em 2012 e a Conferência das Partes - COP-21, em 2015, não foram obtidos avanços significativos em escala global (TAMAIO, 2010). O legado de Carbono, dióxido de carbono liberado pelos combustíveis fósseis, na atmosfera, é o tema central desse impasse ambiental. A partir do início da Revolução Industrial, o modelo de produção, embora tenha gerado um desenvolvimento tecnológico expressivo, cobrou um alto preço ao ambiente (TAMOIO, 2013).

Estabelecer metas para diminuição da emissão de gases poluentes na atmosfera, é o que tem sido proposto, para garantir que as Mudanças Climáticas não afetem tão severamente a vida na Terra a curto prazo (REVISTA SENCA, 2007). Entretanto, medidas de redução de emissão de poluentes, implicam na modificação da matriz energética, que representam uma desaceleração na economia, preço que os países desenvolvidos não estão dispostos a pagar.

Nesse contexto, vivenciamos a maior crise ambiental da história, com ameaças eminentes relatadas com propriedade pelos cientistas, sem que haja nenhuma mobilização social ou medida efetiva em escala global, sendo tomada (MACDONALD et al., 2013). O acesso ilimitado a informação, proporcionado pela era digital, parece não contribuir na formação de uma consciência ambiental coletiva. Em vez disso, as pessoas parecem estar cada vez mais indiferentes e insipientes as questões ambientais e à ciência.

O excesso de informações, após a popularização das redes sociais, está dificultando a capacidade de discernimento de informações reais, das falsas, ou ainda de opiniões pessoais (BHATTACHARVA et al., 2020). Essa diversidade de argumentações leva, inconscientemente, a descredibilizar uma informação verdadeira. E deste modo, como ressalta VIOLA (2010), problemas ambientais reais, como as Mudanças Climáticas, as queimadas florestais na Amazônia e Pantanal, que causam impacto direto em nossas vidas, não configuram um tema de interesse comum.

Os estabelecimentos de metas de longo prazo para as questões ambientais, durante os principais eventos ambientais da atualidade, contribuíram para distanciar as pessoas do tema. À medida que os resultados pretendidos, parecem distantes de uma realidade próxima, ou difíceis de serem atingidos, as atitudes para chegar até eles, vão sendo esquecidas/ abandonadas (TAMAIO 2013).

Durante toda a trajetória contemporânea da Educação Ambiental, as práticas educativas desenvolvidas pelos profissionais da área, tanto ambiental, quanto pedagógica, se resumem, via de regra, como um recurso puramente informativo. Fadado a organização de palestras, eventos em datas ambientais e distribuição de panfletos explicativos. Embora

algumas ações de conscientização sejam válidas, estas não caracterizam o verdadeiro processo educativo (SILVA DE MELO E TRAYBER, 2007).

Foram concentrados esforços na formação de profissionais detentores de conhecimento formais, muitas vezes inatingíveis ao senso comum, em detrimento à formação humana, pedagógica, essencial para a efetividade da construção do conhecimento (MARTINS, 2016). Essa sistemática acabou afastando a academia de seu papel de transformação social, uma vez que as modificações sociais são promovidas pelas relações humanas (ROCHA; SILVA, 2020).

O desafio dos profissionais das Ciências Biológicas no âmbito da Educação Ambiental nunca foi tão grandioso e necessário, pois de maneira efetiva, atualmente tem o poder de determinar um futuro próximo (LHAMAS, 2020).

A formação de bons profissionais, mediadores desse processo educativo, desafia a atual configuração dos currículos dos cursos de Ciências Biológicas (MENDES; MAIA, 2018). Para formar um profissional, agente de transformação socioambiental, é preciso uma proposta pedagógica clara, que viabilize o conhecimento das teorias de ensino-aprendizagem em consonância com as premissas de ambiente e sociedade, pautadas pela Educação Ambiental (MARTINS; SCHNETZLER, 2018).

Concepções de ensino construtivistas, que valorizem o sujeito de aprendizagem como um ser ativo e consciente de suas responsabilidades, são essenciais para superação dos objetivos de sensibilização e conscientização, implicando em um novo estágio, com objetivos concretos, e exequíveis a curto prazo (OLIVEIRA E CARVALHO, 2007; TRAJBER, R. E MENDOÇA, 2007).

A diversidade de temas, aliada a pluralidade de realidades, requer além de bons profissionais, equipes multidisciplinares, de maneira que, tanto os processos teórico-metodológicos de ensino, quanto os temas ambientais, sejam contemplados no processo. Nesse sentido, a contextualização do tema e sua teorização, são essenciais para o sucesso das práticas, onde o sujeito da aprendizagem passa de mero ouvinte a agente de transformação (SILVA DE MELO E TRAJBER, 2007).

Conferir poder de modificação social, por meio do conhecimento, é uma maneira eficiente de formar cidadão ativos e participativos, além de formar lideranças ambientais capazes de cuidar dos interesses locais com discernimento, promovendo o desenvolvimento local, e melhorando a qualidade de vida das pessoas (OLIVEIRA E CARVALHO, 2007).

Na busca por avanços rápidos e significativos, os recursos financeiros são fundamentais. A pluralidade de contextos, e a grandiosidade dos projetos a serem desenvolvidos, demandam investimentos em contratação e capacitação de profissionais, construção e articulação de projetos, bem como, no desenvolvimento de pesquisas. Dessa forma, a criação de Políticas Públicas voltadas a promoção da Educação Ambiental, são fundamentais (ARRAIS; BIZERRIL, 2020).

Projetos ambientais de sucesso são pautados pelo estabelecimento de ações concretas a serem desenvolvidas localmente, aliado ao empoderamento de grupos até então marginalizados pelo modelo de desenvolvimento vigente. E por meio de experiências educacionais, tomam consciência de sua realidade, se tornando agentes de transformação sociais (MENDES; SPAZZIANI, 2018),

Oportunizar o conhecimento acerca de questões ambientais que envolvem uma comunidade, de maneira profunda, responsável, e com ações concretas, estreita as relações desta, com o meio ambiente, abre espaço para a discussão, e desenvolve o senso de responsabilidade, com as pessoas, comunidade e planeta (ARRAIS; BIZERRIL, 2020). Nesse sentido, os camponeses, os ribeirinhos, quilombolas, indígenas e periferias são elementos chave na promoção da Educação Ambiental e no enfrentamento dos problemas ambientais.

A partir das discussões abordadas, é possível perceber o atual panorama da educação Ambiental, com grandes desafios na formação de profissionais, e políticas públicas, para se tornar efetiva e, mais as promissora como instrumento de empoderamento popular no enfrentamento dos problemas ambientais.

REFERÊNCIAS

AGENDA 21. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1992, Rio de Janeiro)**. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 1996

ARRAIS, A. A. M.; BIZERRIL, M. X. A. **A Educação Ambiental Crítica e o pensamento freireano: tecendo possibilidades de enfrentamento e resistência frente ao retrocesso estabelecido no contexto brasileiro**. *REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, [S. l.], v. 37, n. 1, p. 145–165, 2020. DOI: 10.14295/remea.v37i1.10885. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/remea/article/view/10885>. Acesso em: 2 set. 2021.

BADR, E. *et al.* **Educação Ambiental, conceitos, histórico, concepções e comentários à lei da Política Nacional de Educação Ambiental (Lei nº 9.795/99)**: Programa de Pós-Graduação em Direito Ambiental da UEA: mestrado em Direito Ambiental / Org. Eid Badr. Vários autores – Manaus: Editora Valer, 2017.

BARBOSA, G. L.; SILVEIRA, R. P. **Educação Ambiental: Conceitos e Práticas na gestão ambiental pública**. INEA, Rio de Janeiro. 2014.

BHATTACHARYA, D.; STEWARD, K. C.; FORBES, C. T. **Empirical research on K-16 climate education: A systematic review of the literature** *Journal of Geoscience Education*. 2020. <https://doi.org/10.1080/10899995.2020.1838>

BRAGA, A. R. **Meio ambiente e educação: uma dupla de futuro**. Campinas: Mercado das Letras. 2010, p. 24.

BONZI, R. S. **Meio século de Primavera silenciosa: um livro que mudou o mundo**. Desenvolvimento e Meio Ambiente, n. 28, p. 207-215, jul./dez. 2013. Editora UFPR.

CARTA da Terra. Disponível em: <<http://www.paulofreire.org>>. Acesso em: 26 ago. 2021.

CRETELLA NETO, J. **Curso de Direito Internacional do Meio Ambiente**. São Paulo: Saraiva, 2012, p. 131 e 132.

GADOTTI, Moacir. **Carta da Terra na educação**. São Paulo: Editora e Livraria Instituto Paulo Freire, 2010.

DIMAS, M. de S.; NOVAES, A. M. P.; AVELAR, K. E. S. **O ensino da Educação Ambiental: desafios e perspectivas**. Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA), [S. l.], v. 16, n. 2, p. 501–512, 2021. DOI:10.34024/revbea.2021.v16.10914. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/10914>. Acesso em: 31 ago. 2021.

LHAMAS, A. P. **O entendimento de licenciandos em ciências biológicas sobre o saneamento básico: a importância da educação ambiental crítica como processo formativo**. In: da educação básica ao ensino superior: os desafios dos docentes no século XXI. [S. l.: s. n.], 2020. cap. 12, p. 107-117. Disponível em: <https://www.uniedusul.com.br/>. Acesso em: 2 set. 2021.

MACDONALD, J. P.; HARPER S. L.; WILLOX, Ashlee C.; EDGE, Victoria L. A necessary voice: **Climate change and lived experiences of youth in Rigolet, Nunatsiavut, Canada. Rigolet Inuit Community Government. Global Environmental Change** 23360–371, 2013. doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.07.010

MACDONALD, J. P.; FORD, J.; WILLOX, Ashlee C.; MITCHELL, Claudia; PRODUCTIONS, Konek. **Youth-led participatory video as a strategy to enhance inuit youth adaptive capacities for dealing with climate change**. Arctic, vol. 68, no.4, p. 486–499, 2015. DOI 10.14430/arctic452

MARTINS, J. P. A. **Educação ambiental crítica e formação de professoras fundada na investigação-ação e na parceria colaborativa**. 2016. Tese (Doutorado)- Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2016.

MARTINS, J. P.; SCHNETZLER, R. **Formação de professores em educação ambiental crítica centrada na investigação-ação e na parceria colaborativa**. Ciênc. Educ., Bauru, v. 23, ed. 3, p. 581-598, 2018. DOI <https://doi.org/10.1590/1516-731320180030004> Disponível em: <https://www.scielo.br>. Acesso em: 1 set. 2021.

MENDES, C. B.; MAIA, J. S. da S. **Interdisciplinaridade na Educação Ambiental Crítica: necessidade de superação**. In: IV Fórum de Educação Ambiental Crítica (FEAC), Salvador-BA, 2018. Anais... IV FEAC, 2018. Disponível em: <http://www.feacsalvador2018.ufba.br/modulos/submissao/Upload-425/107813.pdf>. Acesso em: 6 set. 2021

MENDES, C. B.; SPAZZIANI, M. L. **A Educação Ambiental Crítica na formação inicial de licenciandos em Ciências Biológicas: contribuições e limitações**. Interfaces da Educação, Paranaíba, v. 9, p.154-178, 2018. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/interfaces/article/view/2501/252>. Acesso em: 30 ago. 2021.

O DESASTRE DE CHERNOBIL – **Catástrofe de Chernobil, também conhecido como acidente de Chernobil**, foi um acidente nuclear catastrófico que ocorreu em 26 de abril de 1986 na central elétrica da Usina Nuclear de Chernobil (então na República Socialista Soviética Ucraniana), que estava sob a jurisdição direta das autoridades centrais da União Soviética. Uma explosão e um incêndio lançaram grandes quantidades de partículas radioativas na atmosfera, que se espalhou por boa parte da União Soviética e da Europa Ocidental. Disponível em: <pt.wikipedia.org>. Acesso em 2 jun., 2017.

OLIVEIRA, P. C.; CARVALHO, P. **A intencionalidade da consciência no processo educativo segundo Paulo Freire**. Paidéia (Ribeirão Preto), v. 17, p. 219-230, 2007.

OTERO, P. B. G.; NEIMAN, Z. **Avanços e desafios da Educação Ambiental brasileira entre a Rio92 e a Rio+20**. Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA), [S. l.], v. 10, n. 1, p. 20–41, 2015. DOI: 10.34024/revbea.2015.v10.1842. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/1842>. Acesso em: 28 ago. 2021.

PEDRINI, A. de G. **Trajétoias da Educação Ambiental**. In: PEDRINI, Alexandre de Gusmão (org.). Educação Ambiental: reflexões e práticas contemporâneas. Petrópolis: Vozes, 2000. p. 21-87.

PINHEIRO, A. A. de S.; OLIVEIRA N., B. M. de; MACIEL, N. M. T. C. **A importância da educação ambiental para o aprimoramento profissional, docente e humano**. Ensino em Perspectivas, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 1–12, 2021. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/ensinoemperspectivas/article/view/4544>. Acesso em: 2 set. 2021.

REVISTA SENAC e Educação Ambiental. **Aquecimento Global a hora da verdade**. Ano 16. Número 16. Jan /abr. 2007.

REPORT of the **United Nations Conference on the Human Environment – A/CONF.48/14/Rev.1**. Disponível em: < <http://www.un-documents.net/aconf48-14r1.pdf>>. Acesso em 8 de ago., 2021.

REPORT of the **United Nations Conference on the Human Environment - A/CONF.48/14/Rev.1**. Disponível em: < <http://www.un-documents.net/aconf48-14r1.pdf>>. Acesso em 8 de ago., 2021.

ROCHA, ALINE; SILVA, ROCHA (org.). **Da educação básica ao ensino superior: os desafios dos docentes no século XXI**. Maringá - PR: UNIEDUSUL, 2020. Disponível em: <https://www.uniedusul.com.br>. Acesso em: 2 set. 2021.

SILVA DE MELO, S.; TRAJBER, R. **Vamos cuidar do Brasil: conceitos e práticas em educação ambiental na escola**. Brasília: Ministério da Educação, Coordenação Geral de Educação Ambiental, 2007.

SORRENTINO, M. *et al.* **Educação ambiental como política pública**. Educação e Pesquisa [online]. 2005, v. 31, n. 2 [Acessado 28 agosto 2021], pp. 285-299. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1517-97022005000200010>>. Epub 23 Feb 2006. ISSN 1678-4634. <https://doi.org/10.1590/S151797022005000200010>.

STOCKHOLM, 1972 **Participants United Nations Environment Programmed**. Disponível em: <<http://staging.unep.org/Documents.Multilingual/default.asp?DocumentID=97&ArticleID=1519&l=en>>. Acesso em 8 de ago., 2021.

TAMAIIO, I. **Educação ambiental e mudanças climáticas: diálogo necessário num mundo em transição**. Brasília: MMA - Ministério do Meio Ambiente, 2013. 104 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br>. Acesso em: 2 set. 2021.

TAMAIIO, I. **Relatório “Uma proposta de política pública: Parâmetros e diretrizes para a Educação Ambiental no contexto das mudanças climáticas causadas pela ação humana”**. Brasília: DEA/MMA-PNUD, 2010, 105 p. Produto 1 do Projeto PNUD-BRA/00/011.

TRAJBER, R. E MENDOÇA, P. **O que fazem as escolas que dizem que fazem Educação Ambiental?** Brasília: Ministério da Educação, Coordenação Geral de Educação Ambiental, 2007.

VIOLA, E. **Impasses e perspectivas da negociação climática global e mudanças na posição brasileira**. Centro de Estudos de Integração e Desenvolvimento - Cindes. Rio de Janeiro/RJ. 2010.

UNIEDUSUL
EDITORA

