

BIODIVERSIDADE, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Volume XIII

Frederico Celestino Barbosa

Biodiversidade, meio ambiente e desenvolvimento sustentável

13^a ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

13ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238B Biodiversidade, meio ambiente e desenvolvimento sustentável
/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2024

91 f.: il

DOI: 10.37423/2024.edcl998

ISBN: 978-65-5367-548-3

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. agricultura 2. sustentabilidade 3. pecuária I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 577

<https://doi.org/10.37423/2024.edcl998>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORIA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

MSc Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

MSc Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli

MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior

Dra. Suely Lopes de Azevedo

Dr. Francisco Odecio Sales

MSc Ezequiel Martins Ferreira

MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio

MSc Carlos Eduardo De Oliveira Gontijo

Dr. Rodrigo Couto Santos

Dra. Milena Gaion Malosso

PHD Marcos Pereira Dos Santos

CAPÍTULO 1	5
ESTUDO BIBLIOMÉTRICO NO PORTAL DE PERIÓDICOS CAPES: DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DAS CIDADES	
Rita de Cassia Feroni	
Elson Silva Galvão	
DOI 10.37423/240809232	
CAPÍTULO 2	15
ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE REGIÕES COSTEIRAS ATRAVÉS DE DISPOSIÇÃO SUBMARINA	
Renato Castiglia Feitosa	
DOI 10.37423/240809239	
CAPÍTULO 3	32
PROBLEMÁTICA DO SANEAMENTO BÁSICO NO BAIRRO DO PRADO, COM ENFOQUE NO DESCARTE IRREGULAR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	
MARIA CATHARINA TENORIO SILVA RODRIGUES	
José Aparecido da Silva Gama	
Vera Nubia Carvalho de Farias	
Adelmo Lima Bastos	
DOI 10.37423/240809261	
CAPÍTULO 4	43
DIVERSIDADE DE INSETOS AQUÁTICOS DO SEMIÁRIDO SERGIPANO	
Aripino Emanuel Oliveira Alves	
Daniel Oliveira Santana	
Moises Oliveira Alves	
Geovane Alves Feitosa	
Carlos Alberto dos Santos Lima	
Maria José Rosendo da Costa	
Almiro Bispo dos Santos Júnior	
Talita Guimarães de Araújo	
José Oliveira Dantas	
DOI 10.37423/240909283	
CAPÍTULO 5	70
TÊMPERA DO AÇO CARBONO SAE ABNT 1045 UTILIZANDO ÓLEO ESSENCIAL DE LARANJA	
Janaina Fracaro de Souza Gonçalves	
Vitor Ausgusto Marques Tuma	
William de Lima Martins	
Adriana Giseli Leite Carvalho	
Emilienne Moselli Piirolla	
Émillyn Ferreira Trevisani Olivio	
DOI 10.37423/240909285	

CAPÍTULO 6 80

**A CONTRIBUIÇÃO DA LUDICIDADE NA EDUCAÇÃO PARA REDUÇÃO DE RISCOS E
DESASTRES: PERSPECTIVAS TRANSDISCIPLINARES.**

Rejane Lucena

Maria Cristina Camarotti da Silva Bastos

Belkyria Gulard Galvão

Damarens Lopes de Albuquerque

Ilka Porfírio e Silva

Manoely Souza de Oliveira

DOI 10.37423/240909288

Capítulo 1



10.37423/240809232

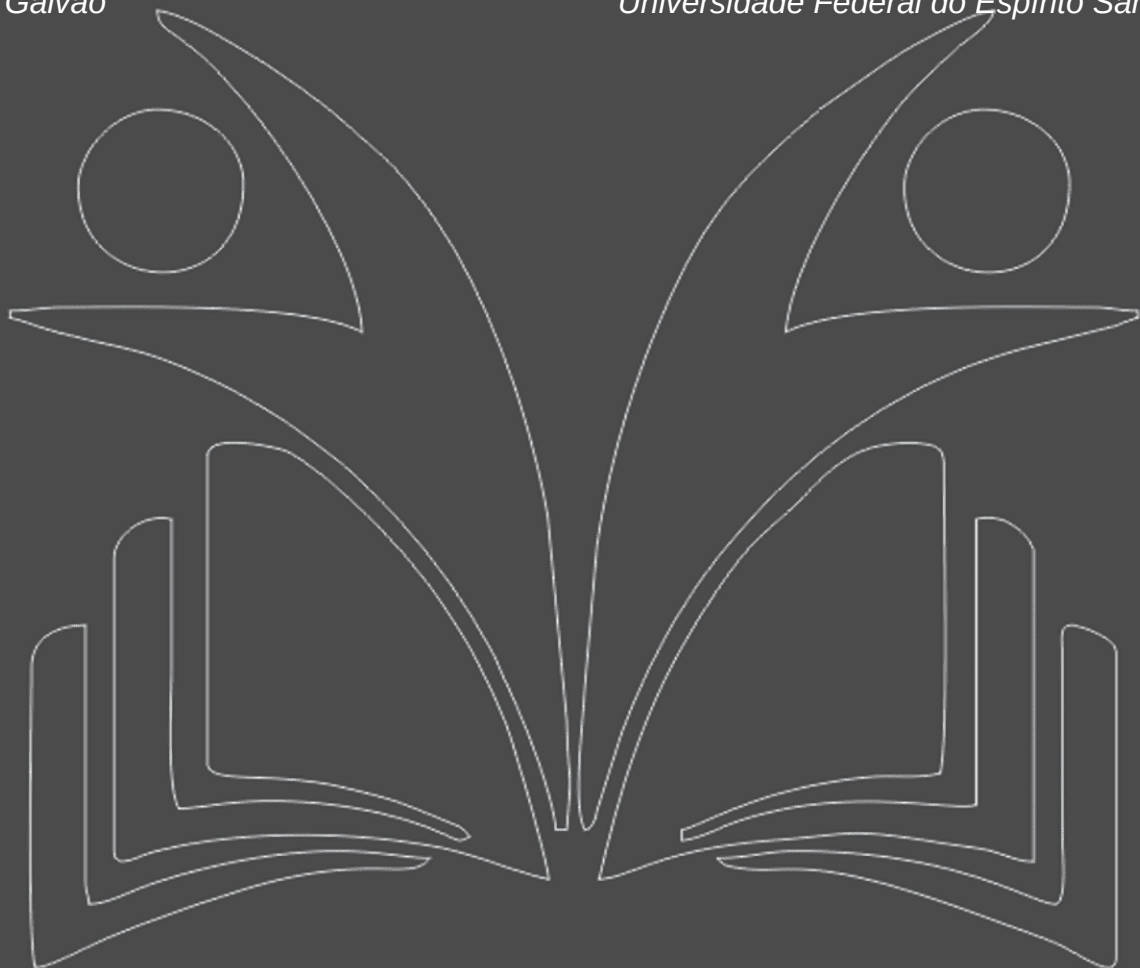
ESTUDO BIBLIOMÉTRICO NO PORTAL DE PERIÓDICOS CAPES: DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DAS CIDADES

Rita de Cassia Feroni

Universidade Federal do Espírito Santo

Elson Silva Galvão

Universidade Federal do Espírito Santo



Resumo: A crescente preocupação com o desenvolvimento sustentável entre cientistas, pesquisadores e gestores que abordam o tema relacionado a gestão das cidades tende a aumentar o número de publicações nas quais os termos “sustentabilidade”, “desenvolvimento sustentável”, “indicadores de sustentabilidade” e “cidades” e seus equivalentes na língua inglesa aparecem juntos. Assim, o objetivo deste trabalho é explorar a identificação da produção científica voltada à temática desenvolvimento sustentável de cidades no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Para atingir esse objetivo, foi conduzida uma análise bibliométrica apoiada por uma revisão de literatura. Notou-se um aumento nos últimos dez anos das publicações de trabalhos nessa área, sendo a maior parte publicados em língua inglesa (94%) e de acesso aberto (52%). Esse aumento pode ter relação com a publicação da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas em 2015. A temática mostrou aderência com a grande área multidisciplinar de classificação da Capes. Trabalhos de análise bibliométrica como este podem contribuir para o planejamento de pesquisas futuras sobre o assunto e para aqueles interessados em obter mais conhecimento sobre avaliação de sustentabilidade das cidades e sua evolução ao longo do tempo.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Desenvolvimento sustentável. Indicadores de sustentabilidade. Cidades.

1. INTRODUÇÃO

Uma tarefa difícil para as cidades é conseguir ser totalmente sustentável, por isso muitas adotam ações relacionadas à sustentabilidade que podem ser monitoradas por indicadores de desempenho (Santa et al., 2023). Com o intuito de direcionar os gestores públicos em busca da sustentabilidade, surgem propostas como a Agenda 21, criada durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1992, que destaca os indicadores de desenvolvimento sustentável (IDE) (United Nations Commission on Sustainable Development, 1992), e a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, um documento com 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS), apresentada em 2015 pela Organização das Nações Unidas (United Nations General Assembly, 2015).

A crescente preocupação com o desenvolvimento sustentável e com a sustentabilidade, sendo essa última entendida como o resultado geral do desenvolvimento sustentável, onde os fatores econômicos, ambientais e sociais estão equilibrados de forma harmônica, resulta no aumento da produção científica sobre o tema (Escher, 2020).

Grande atenção tem sido dada a esse tema aplicado a cidades e suas ações para o desenvolvimento sustentável ou sustentabilidade. Diversos trabalhos são encontrados na literatura sobre essa temática, a exemplo de Shi et al. (2011), Feroni e Galvão (2020) e Oliveira et al. (2020). Um desafio enfrentado na caracterização da sustentabilidade é a elaboração de metodologias que permitam uma avaliação adequada da sustentabilidade, incluindo características da região de estudo e suas especificidades inerentes aos aspectos sociais, econômicos, ambientais, culturais e institucionais (Kemerich et al., 2014; Feroni & Galvão, 2020).

Devido a crescente atenção à sustentabilidade no meio urbano, esforços têm sido realizados para desenvolver indicadores, métodos de avaliação, ferramentas de avaliação e sistemas de classificação que integrem a sustentabilidade ao planejamento e desenvolvimento urbano (Sharifi, 2021). O interesse na avaliação da sustentabilidade das cidades pode ser explicado pelo fato de que a avaliação frequentemente oferece benefícios, tais como, permitir que gestores públicos acompanhem o progresso em direção ao alcance dos objetivos, melhorando a transparência e a responsabilização, aumentando a conscientização, agilizando os processos de aprovação de propostas de desenvolvimento e facilitando a tomada de decisões (Sharifi, 2019).

À medida que aumenta o interesse da academia nos campos de estudo relacionados a gestão de cidades, em conjunto com o desenvolvimento sustentável, sustentabilidade e indicadores de sustentabilidade, aumenta também o número de autores que empregam métodos bibliométricos para estudar a estrutura desta área de pesquisa e sua evolução ao longo do tempo, assim como foi feito por Mori e Christodoulou (2012), Cohen (2017), Sodiq et al. (2019), Michalina et al. (2021) e Sharifi (2021). O desenvolvimento do capital humano, a busca por padrões de vida sustentáveis e as crescentes preocupações com o planeta direcionam os gestores públicos a pensar em cidades sustentáveis, ficando evidente nas iniciativas tomadas para criar cidades com emissões de carbono reduzidas ou zero, construção de estruturas sustentáveis e a criação de instituições de ensino superior onde as práticas de sustentabilidade estão incorporadas nos currículos (Sodiq et al., 2019).

A análise bibliométrica sobre essa temática pode ter um impacto significativo na compreensão da evolução e consolidação da pesquisa científica sobre o assunto, podendo fornecer uma visão geral da produção científica, identificar tendências, preencher lacunas e salientar pontos fortes da área. Diante desse contexto, o objetivo deste trabalho é explorar a identificação da produção científica disponível no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) voltada para o tema desenvolvimento sustentável de cidades.

2. METODOLOGIA

Para a análise da produção científica existente no Portal de Periódicos Capes, relacionada a sustentabilidade, desenvolvimento sustentável, indicadores de sustentabilidade e cidades, utilizou-se a bibliometria para o desenvolvimento deste estudo, explorando a produção sobre o tema para os últimos trinta anos.

Para definir os termos de busca realizou-se uma consulta ao tesouro da Rede BHL SciELO (2024). Os seguintes retornos foram recebidos pelo tesouro como termos equivalentes: “sustentabilidade” equivalente a “sustainability”; “desenvolvimento sustentável” equivalente a “sustainable development”; “indicadores de sustentabilidade” equivalente a “sustainable development indicators”. Adicionalmente os termos “cidades” e “cities” foram acrescentados a pesquisa.

Na fase seguinte, a interface entre termos específicos foi pesquisada, sendo as buscas divididas nos seguintes grupos: Grupo 1: “sustentabilidade”, “desenvolvimento sustentável”, “indicador* de sustentabilidade” (ou “indicador* de desenvolvimento sustentável”) e “cidades”; Grupo 2: “sustainability”, “sustainable development”, “sustainable development indicator*” e “cities”. As

expressões de busca “indicador*” e “indicator*” foram utilizadas para recuperar documentos indexados com o termo “indicador” ou “indicator” e suas variações. Por fim, foi realizada uma pesquisa utilizando todos os termos dos grupos 1 e 2 a fim de excluir trabalhos duplicados.

Após a coleta de dados, realizou-se a análise sobre a evolução da produção científica a respeito do tema. Para essa etapa o software Excel da Microsoft foi utilizado na elaboração de planilhas e gráficos.

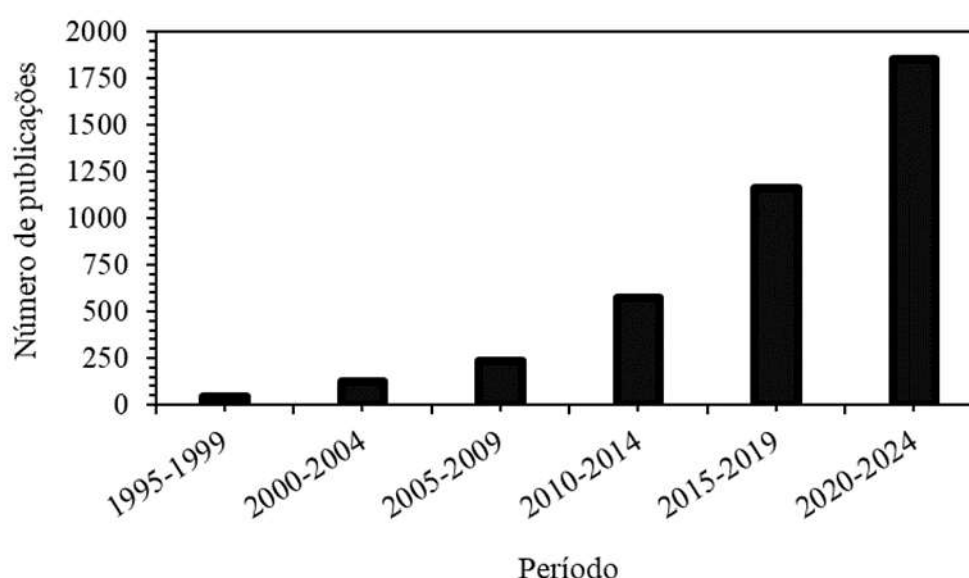
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram encontrados 3.989 trabalhos associados aos termos relacionados com o grupo 1 ou o grupo 2. Os trabalhos em forma de artigo representaram 82% do total das publicações, sendo que o idioma em 94% das publicações foi o inglês. Desses trabalhos, 52% foram publicados no sistema de acesso aberto.

A base de dados que apresentou a maior quantidade de trabalhos indexados relacionado aos termos de busca foi a Elsevier BV, com 625 publicações, seguida pelo Multidisciplinary Digital Publishing Institute (561), Wiley-Blackwell (83), Taylor & Francis (82) e Springer International (72). Esses repositórios representaram as cinco bases de dados com maior número de publicações sobre o tema.

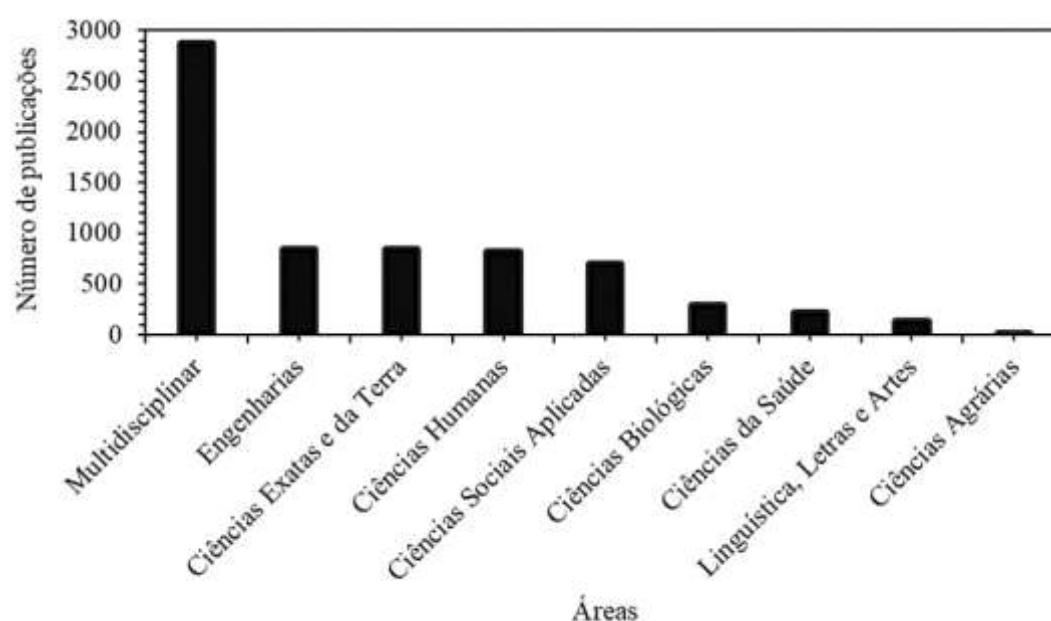
A Figura 1 mostra a quantidade de trabalhos publicados nos últimos trinta anos. Nota-se, ao longo dos anos, um comportamento crescente das publicações em relação a temática abordada. A partir de 1992, com a Agenda 21, acredita-se que teve início um maior interesse em relação a área. A partir do ano de 2015 até os dias atuais, os dois períodos mais recentes mostrados na Figura 1, corresponde a 76% das publicações de todo o período analisado. Vale destacar quanto a esse fato, que o possível interesse no assunto e o aumento significativo nas publicações a respeito se deve a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, publicada em 2015 pela ONU.

Figura 1 – Número de publicações sobre o tema indexadas no Portal de Periódicos Capes no período de 1995 a 2024.



A Figura 2 mostra a quantidade de publicações sobre o tema indexadas no Portal de Periódicos Capes por área de avaliação da Capes. Nota-se que a área com a maior quantidade de artigos publicados é a área multidisciplinar, correspondendo a 72% dos trabalhos classificados, seguida da área de engenharias (21%) e ciências exatas e da terra (21%), ciências humanas (20%) e ciências sociais aplicadas (18%), sendo essas as cinco principais áreas de publicação sobre o assunto.

Figura 2 - Número de publicações sobre o tema indexadas no Portal de Periódicos Capes por área.



Entende-se por estudo multidisciplinar, o estudo que agrega diferentes áreas do conhecimento em torno de um ou mais temas, no qual cada área ainda preserva sua metodologia e independência (Brasil, 2024). Por exemplo, a área de ciências ambientais - uma das áreas que compõe a grande área multidisciplinar, foi criada pela Capes a partir da necessidade de abordar os desafios ambientais, considerando a interação entre sistemas antrópicos e naturais que emergem no mundo contemporâneo (Brasil, 2024).

Visando a possibilidade do aumento de produtividade e de fazer uso positivo dos avanços do conhecimento científico e tecnológico para o desenvolvimento e bem-estar da sociedade, as atividades realizadas na grande área de engenharias e na área de engenharias I têm ligação com a maior parte do conjunto dos ODS estabelecido pelas Nações Unidas na Agenda 2030 (Brasil 2024).

Dentro da grande área ciências exatas e da terra, a área de química tem potencial de contribuição com os desafios associados aos temas sustentabilidade, mudanças climáticas, preservação do meio ambiente e biodiversidade, qualidade de vida, saúde e processos limpos, entre outros (Brasil, 2024). Para a área de geociências, que também integra a grande área de ciências exatas e da terra, segundo Costa e Marques (2021), sua difusão é importante para garantir uma exploração sustentável do planeta, uma vez que possibilita o entendimento acerca da transformação dos espaços naturais e da interação da sociedade com o meio ambiente.

Na grande área de ciências humanas tem-se, por exemplo, a área de educação (Brasil, 2024). A educação vem desempenhando papel importante na disseminação de conceitos e aplicação de práticas de sustentabilidade, pois possui um caráter transversal e multidisciplinar, e que por intermédio do aumento e melhoria do diálogo entre educação e a sustentabilidade é que se conseguirá formar profissionais e cidadãos capazes de perceber e repensar o mundo, incorporando soluções sustentáveis em suas decisões (Santana, 2018).

Na grande área ciências sociais aplicadas tem-se, dentre outras, as áreas de serviço social e planejamento urbano e regional/demografia (Brasil, 2024). A abordagem da questão ambiental pelo serviço social pode ocorrer à medida que se busca estabelecer uma relação causal entre justiça social e ambiental, assumindo o caráter estrutural das desigualdades (Fernandéz & Posada, 2020). Segundo Vieira e Alves (2022), o planejamento urbano em um contexto abrangente, deve considerar o crescimento físico do espaço urbano, o uso do solo, a infraestrutura básica, as relações sociais, os serviços básicos, e a busca por melhor qualidade de vida da população a partir do desenvolvimento sustentável e consolidação da cultura local.

4 CONCLUSÃO

Este trabalho mostra que existe uma literatura extensa onde os termos “sustentabilidade”, “desenvolvimento sustentável”, “indicadores de sustentabilidade” e “cidades” aparecem juntos, incluindo seus equivalentes na língua inglesa. Particularmente, nos últimos 10 anos, a produção científica nesta temática de pesquisa tem crescido significativamente. Porém, a maior parte dos trabalhos é encontrada em língua inglesa. A temática estudada mostrou aderência com a grande área multidisciplinar.

Por fim, a análise bibliométrica apresentada pode contribuir para o planejamento de pesquisas futuras e melhorar a eficiência dos esforços para atingir o desenvolvimento sustentável das cidades, possibilitando avaliar o progresso e o impacto dos esforços já realizados para atingir as metas e os ODS, assim como identificar áreas onde maior esforço e investimento são necessários.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brasil. (2024). Ministério da Educação (MEC). Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Sobre as áreas de avaliação. Disponível em: <https://www.gov.br/capes/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/avaliacao/sobre-a-avaliacao/areas-avaliacao/sobre-as-areas-de-avaliacao/sobre-as-areas-de-avaliacao>. Acesso em: 05 ago. 2024.
- Cohen, M. (2017). A systematic review of urban sustainability assessment literature. *Sustainability*, 9(11), 2048.
- Costa, F. C., & Marques, R. A. (2021). A importância das ações de extensão para a divulgação das Geociências na Universidade Federal do Espírito Santo: da universidade para a sociedade. *Terra e Didática*, 17, 1–9.
- Escher, I. (2020). Sustainable development in sport as a research field: A bibliometric analysis. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(5), 2803–2812.
- Fernandéz, F. X. A., & Posada, X. L. (2020). Serviço social e sustentabilidade: A abordagem ambiental como quadro de intervenção dos assistentes sociais. *Configurações*, 25, 154–169.
- Feroni, R. C., & Galvão, E. S. (2020). Sustainable development indicators assessment for the city of Anchieta-ES Brazil at different times of the local economy. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 27(6), 524–533.
- Kemerich, P. D. C., Ritter, L. G., & Borba, W. F. (2014). Indicadores de sustentabilidade ambiental: métodos e aplicações. *Revista Monografias Ambientais*, 13(4), 3718–3722.
- Michalina, D., Mederly, P., Diefenbacher, H., & Held, B. (2021). Sustainable urban development: A review of urban sustainability indicator frameworks. *Sustainability*, 13(16), 9348.
- Mori, K., & Christodoulou, A. (2012). Review of sustainability indices and indicators: Towards a new City Sustainability Index (CSI). *Environmental Impact Assessment Review*, 32(1), 94–106.
- Oliveira, G. M., Vidal, D. G., & Maia, R. L. (2020). Monitoring Portuguese living conditions at local scale: a case study based on sustainable development indicators. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 27(2), 140–152.
- Rede BHL SciELO Network. Disponível em: <https://www.bhlscielo.org/>. Acesso em: 04 ago. 2024.
- Santa, S. L. B., Dias, F. T., Soares, T. C., Souza e Silva, R. S. M., Basil, D. G., & Andrade Guerra, J. B. S. O. (2023). Measurement Model of Healthy and Sustainable Cities: The Perception Regarding the Sustainable Development Goals. *Sustainability*, 15(20), 15004.
- Santana, L. N. (2018). Desenvolvimento sustentável e educação: Diálogo possível e necessário. *Interfaces Científicas - Educação*, 6(2), 45–52.
- Sharifi, A. (2019). A critical review of selected smart city assessment tools and indicator sets. *Journal of Cleaner Production*, 233, 1269–1283.

Sharifi, A. (2021). Urban sustainability assessment: An overview and bibliometric analysis. *Ecological Indicators*, 107102.

Shi, L., Vause, J., Gao, L., Li, Q., & Tang, L. (2011). Temporal changes in sustainable development level for Lijiang City: 2003-2008. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 18(6), 474–479.

Sodiq, A., Baloch, A. A. B., Khan, S. A., Sezer, N., Mahmoud, S., Jama, M., & Abdelaal, A. (2019). Towards modern sustainable cities: Review of sustainability principles and trends. *Journal of Cleaner Production*, 227, 972–1001.

United Nations Commission on Sustainable Development. 1992. Agenda 21: United Nations Conference on Environment & Development (UNCED). Rio de Janeiro: United Nations.

United Nations General Assembly. 2015. Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. New York: United Nations Organization (ONU). A/RES/70/1.

Vieira, A. H., & Alves, L. S. F. (2022). O planejamento urbano na produção científica brasileira: revisão integrativa de literatura. *Revista FIDES*, 13(1), 135–154.

Capítulo 2



10.37423/240809239

ESGOTAMENTO SANITÁRIO DE REGIÕES COSTEIRAS ATRAVÉS DE DISPOSIÇÃO SUBMARINA

Renato Castiglia Feitosa

Escola Nacional de Saúde Pública - Fiocruz



Resumo: A disposição oceânica de efluentes domésticos constitui uma eficiente alternativa no esgotamento sanitário de regiões costeiras, visto que o adensamento populacional destas regiões constitui um entrave para implantação do tratamento convencional de esgotos sanitários. Ademais, os custos associados a esta alternativa são significativamente inferiores no que tange o horizonte de médio e longo prazo. A degradação dos contaminantes microbiológicos depende fortemente da radiação solar e dos fatores que regulam sua intensidade, tais como profundidade da pluma efluente, estações do ano e cobertura de nuvens. A disposição submarina de esgotos sanitários se apresenta como uma solução de baixo risco sanitário, no que diz respeito à contaminação de zonas balneáveis. Os resultados baseados em modelagem computacional, corroboram esta afirmativa não sendo evidenciado o toque na costa.

Palavras-chave: Emissários submarinos; decaimento bacteriano; qualidade de águas

1. INTRODUÇÃO

O adensamento urbano das regiões litorâneas sem o acompanhamento eficiente de serviços de infraestrutura de coleta e tratamento de efluentes sanitários tem impactado significativamente a qualidade das águas de regiões costeiras (Heckwolf et al., 2021). Tal condição decorre não apenas pela deficiência ou ausências de redes coletoras e sistemas de tratamento, como também por ligações clandestinas de esgotos em galerias de águas pluviais que acabam se comunicando com a região costeira.

A água devido às suas propriedades de solvente, e a capacidade de transportar partículas, pode incorporar diversas impurezas que definem a qualidade da água. Sob condições naturais, mesmo com a bacia hidrográfica preservada, a qualidade das águas é afetada pelo escoamento superficial. Neste caso, a contaminação hídrica é dependente do contato da água em escoamento com as partículas, substâncias e impurezas do solo. A ação antrópica caracterizada pela geração de despejos de origem doméstica ou industrial, contribui na introdução de compostos na água que afetam sua qualidade. (Von Sperling, 2014).

Um dos mais importantes aspectos relacionados à poluição das águas está associado às doenças de veiculação hídrica. Um corpo de água receptor do lançamento de esgotos pode incorporar uma ampla gama de agentes transmissores de doenças. Este fato afeta os usos preponderantes destinados ao corpo de água, tais como abastecimento e balneabilidade.

A coleta, disposição e tratamento de esgotos sanitários objetiva evitar a contaminação hídrica, e a consequente degradação ambiental e o comprometimento das condições de saúde pública. A ocupação urbana desacompanhada de planos diretores eficientes e planejamento, conduz a cenários de carência de espaço para tratamento do esgoto gerados nestas regiões. Entretanto, mesmo na condição de espaço disponível, de acordo com Gonçalves & Souza (1997), as estações convencionais de tratamento de esgotos sanitários, permitem o tratamento de pequenas ou grandes vazões, em menor tempo e espaço, porém com o emprego de elevadas quantidades de energia elétrica e mecânica. Isto encarece os custos de implantação e operação e as despesas com manutenção.

A contaminação de regiões litorâneas sempre ocorrerá na ocasião do aporte de poluentes de sistemas fluviais e lacunares que afluem na costa. Entretanto a condição de significância da poluição dependerá dos níveis de concentrações destes poluentes determinado pela relação entre a massa de contaminante lançado e o volume de água disponível para mistura. Considerando que a massa de

poluentes possui relação direta com a densidade populacional, entende-se que em regiões densamente povoadas o impacto em rios e sistemas lacunares será significativo face ao volume hídrico limitado, típico de corpos d'água semiconfinados. Neste caso a poluição será relevante mesmo ocorrendo tratamento prévio dos efluentes sanitários que aportam nestes corpos d'água. A Figura 1 a seguir mostra cenários referentes a diferentes condições de cobertura e tratamento de efluentes domésticos. Considerando a preocupação constante na minimização dos riscos à saúde, fica evidente que o emprego de emissários submarinos é uma opção de baixo risco sanitário e muitas vezes a única opção em regiões densamente povoadas e desprovidas de espaço para o tratamento de esgotos.

O emprego de emissários como sistemas de disposição de esgotos domésticos é apontado como uma eficiente alternativa sanitária (Tate et al., 2016; Birocchi et al., 2021) devido a elevada capacidade de dispersão e depuração da matéria orgânica no ambiente marinho, disponibilidade de oxigênio dissolvido, e por se apresentar como ambiente hostil à sobrevivência de microrganismos. Entretanto, para tal se faz exigência de tratamento prévio do efluente antes do seu lançamento em águas costeiras.

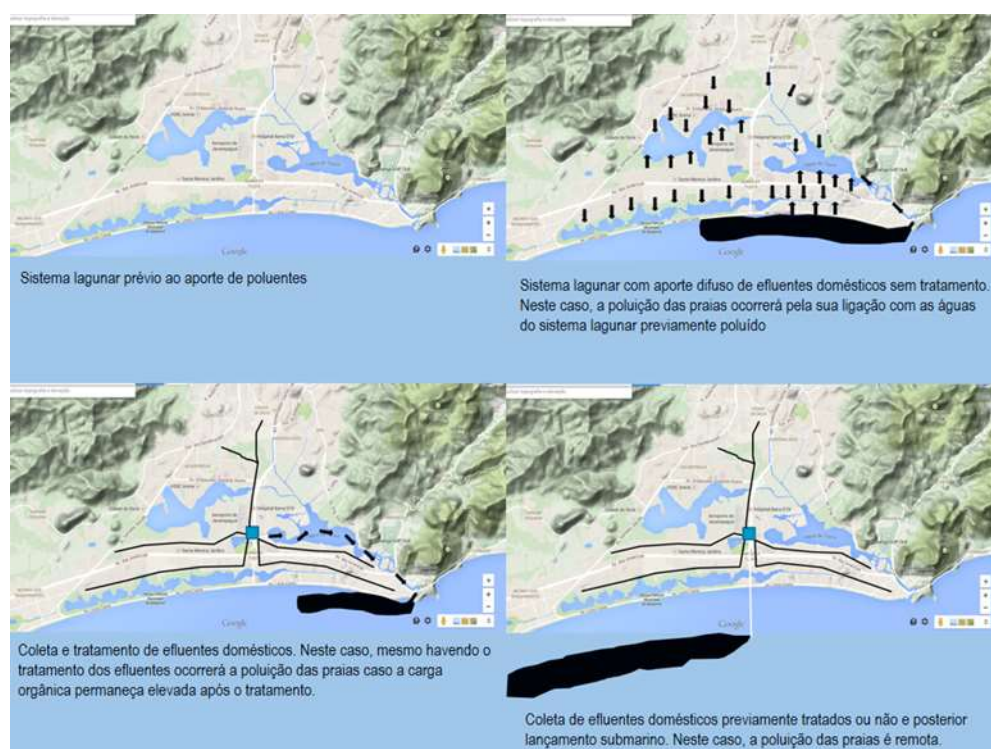


Figura 1. Diferentes cenários referentes a cobertura e tratamento de efluentes domésticos e as consequências estimadas.

Com base na legislação CONAMA 274/2000 (Brasil, 2000), a avaliação qualitativa de águas toma como referência as concentrações de microrganismos indicadores de contaminação fecal, que de uma

maneira indireta se referencia qualitativamente a probabilidade de existência de microrganismos patogênicos de origem entérica. O uso de coliformes fecais como microrganismo indicador na quantificação de contaminação fecal de águas marinhas por efluentes domésticos provenientes de emissários submarinos é justificado pelas elevadas densidades destes microrganismos nos esgotos domésticos.

No presente trabalho são apresentados estudos relativos ao transporte de plumas efluentes dos emissários submarinos de esgotos de Ipanema (ESI) Barra da Tijuca (ESBT), e Icaraí (ESIC). Os dois primeiros se localizam, respectivamente, na zona sul e oeste do município do Rio de Janeiro, e o último está localizado município de Niterói. A metodologia adotada neste estudo está baseada em modelagem computacional. O Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental - SisBaHiA (Rosman, 2024) desenvolvido na Área de Engenharia Costeira e Oceanográfica da COPPE/UFRJ, foi utilizado no estudo da circulação hidrodinâmica e do transporte da pluma de contaminantes. Os resultados apresentados corroboram outros estudos que avaliariam experimentalmente a qualidade de águas costeiras e a possível contaminação das zonas de balneabilidade (Schaffel, 1990; Macena et al., 2023). O emprego de emissários submarinos não compromete a qualidade das praias. Além de minimizar os riscos de contração de doenças, fica também evidenciada a melhoria na qualidade das águas após sua implantação (Sydney, 2007).

2. METODOLOGIA

A avaliação das plumas de concentração de coliformes no meio lançadas por emissários submarinos baseada em modelagem computacional compreende, além da modelagem hidrodinâmica, diferentes processos metodológicos que avaliam os processos de mistura e a degradação microbiológica do efluente. Detalhes adicionais contemplando todo processo metodológico empregado na modelagem está descrito em Feitosa & Rosman (2008).

PROCESSOS DE MISTURA DO ESGOTO NO MAR

O processo de mistura inicial do esgoto com a água ambiente, compreende duas regiões com características cujas escalas espaciais e temporais são marcadamente distintas. A primeira ocorre no campo próximo da linha difusora do emissário, na chamada zona de mistura ativa ou região de mistura inicial. Nesta região caracterizada por intensa turbulência, a circulação hidrodinâmica é extremamente influenciada pelo jato efluente da tubulação difusora, pelas forças de empuxo (menor densidade do efluente), e pelo escoamento ambiente. Na medida em que se afasta da linha difusora, a pluma

ejetada vai se misturando com a água ambiente, até tornar-se neutra. Na segunda região, então chamada de campo afastado ou zona de mistura neutra, a pluma neutra é transportada passivamente pelas correntes oceânicas. É nesta região que se faz necessária à implementação da cinética de decaimento bacteriano. Devido às diferenças de escoamento entre as zonas de mistura ativa e passiva, são adotadas abordagens específicas para cada zona.

Zona de mistura ativa no campo próximo: Em geral, no caso de emissários submarinos de esgotos, os efluentes são lançados em águas oceânicas através de tubulações difusoras. Em cada orifício desta linha difusora é formado um jato efluente com uma velocidade muito superior à velocidade do escoamento ambiente. Tal fato remete a uma grande diferença na quantidade de movimento entre o jato efluente e as correntes ambientes. Tal diferença na quantidade de movimento é responsável pela geração do escoamento típico da região de campo próximo. Esta é uma região caracterizada pelo arraste e mistura do jato efluente com a água ambiente, formando uma pluma flutuante. Devido ao fato de esgotos sanitários possuírem uma massa específica inferior à da água do mar, o cone de mistura então formado irá se elevar em direção à superfície livre, até a posição em que se igualam as densidades do efluente misturado e do ambiente. A partir deste ponto tem-se uma pluma neutra transportada passivamente pelas correntes oceânicas, caracterizando o transporte no campo afastado, ou na zona de mistura passiva.

Na região de mistura inicial são estabelecidas as principais características da pluma efluente: comprimento da zona de mistura, diluição inicial, elevação e espessura da pluma. Estas características dependem fortemente da ação das correntes incidentes sobre a tubulação difusora e do perfil de densidades da água do mar entre a superfície e o ponto de lançamento do efluente. Quanto mais pronunciadas forem as variações de densidade, maior será a atenuação da mistura do efluente com o meio. Tal condição remete a uma menor diluição do efluente, e menor elevação da pluma em relação ao seu ponto de lançamento. A determinação deste último fator é de extrema importância nas reações cinéticas de decaimento de bactérias do grupo coliforme, uma vez que regula a intensidade de radiação solar incidente sobre a pluma efluente.

Zona de mistura passiva no campo afastado: Em uma determinada distância do ponto de lançamento, a pluma contaminante comporta-se neutramente em relação ao corpo d'água receptor. Isto é, a partir deste ponto, a pluma não interfere mais na hidrodinâmica ambiente, pois não existem diferenças entre as quantidades de movimento do efluente e do fluido receptor. Nesta região (campo afastado) a pluma de contaminantes é transportada passivamente pelas correntes oceânicas. A distribuição de

concentrações do contaminante lançado no corpo d'água receptor depende dos seguintes processos, em geral altamente variáveis no tempo e no espaço:

- Advecção promovida pelas correntes oceânicas responsáveis pelo transporte do contaminante em questão. O transporte de plumas depende do campo de correntes que adveceta a pluma.
- Difusão turbulenta do contaminante. Esta turbulência ambiente é gerada por tensões de atritos internos na massa d'água, tensões de atrito do fluido com o fundo e atrito de vento na superfície livre. Em geral o transporte de plumas passivas é dominado pela advecção, mas a difusão turbulenta também é de fundamental importância.
- Reações cinéticas de decaimento do contaminante no meio receptor. No caso de esgotos sanitários, tendo coliformes como indicadores de contaminação fecal, são consideradas reações de decaimento de primeira ordem. A variação da taxa de decaimento bacteriano no ambiente marinho depende basicamente das variações de temperatura, salinidade e radiação solar.

Nesta etapa a metodologia do modelo NRFIELD (Roberts et al., 1989 I,II, III) foi empregado na determinação da diluição do efluente na região de mistura inicial, e das características da pluma (espessura e profundidade de confinamento) que regulam a quantidade de radiação solar incidente sobre a pluma. A modelagem hidrodinâmica e da dispersão de contaminantes no campo afastado é realizada pelo SisBAHIA , desenvolvido na Área de Engenharia Costeira e Oceanográfica da COPPE/UFRJ. A metodologia completa deste sistema de modelos é apresentada por Rosman (2024). A modelagem da dispersão da pluma de contaminantes no campo afastado considera também cinéticas de decaimento de coliformes onde os níveis de radiação solar, podem ser calculados internamente ou fornecidos via arquivo de dados.

DECAIMENTO BACTERIANO

A determinação das taxas de decaimento de bactérias indicadoras de contaminação fecal é de grande relevância na determinação das concentrações destes microrganismos em águas costeiras. Diferentes estudos de campo e laboratório têm sido realizados, até então, com objetivo de se determinar as taxas de decaimento de microrganismos indicadores de contaminação no ambiente marinho. A conclusão que tem sido obtida destes estudos, é a dificuldade de se reconhecer ou mensurar os diversos fatores responsáveis pela degradação bacteriana em águas marinhas. Entretanto, Feitosa & Rosman (2007) verificaram através de uma compilação de estudos divulgados na literatura, a correlação do decaimento bacteriano com variações de radiação solar, temperatura e salinidade.

A distribuição e a quantidade de bactérias de origem entérica, indicadoras de contaminação fecal no ambiente marinho, dependem da advecção e dispersão promovidas pelas correntes oceânicas e por fatores responsáveis pelo decaimento das populações bacterianas.

A redução de bactérias no ambiente marinho é governada principalmente pela ação conjunta da salinidade, temperatura e radiação solar, sendo este último o principal fator influente na degradação bacteriana. A taxa de degradação (decaimento) bacteriana no ambiente marinho é representada pelo parâmetro T90, que corresponde ao tempo necessário, em horas, para que ocorra uma redução de 90% na concentração inicial de coliformes fecais. A quantificação do decaimento é um dos principais parâmetros a serem empregados na avaliação das concentrações de coliformes fecais nas regiões adjacentes aos pontos de lançamento do efluente. A intensidade da radiação solar incidente é governada em função de parâmetros geográficos, sazonais, meteorológicos e ambientais. Os primeiros dois parâmetros são representados pela latitude do local em que é realizado o estudo, e pelas estações do ano que irão influenciar o ângulo de incidência dos raios solares sobre a superfície terrestre. O terceiro parâmetro representa a condição de cobertura nebulosa, e o último está diretamente ligado às condições do corpo d'água representadas pela turbidez, e pelo perfil de densidade do meio que irá limitar a profundidade de confinamento da pluma. Os valores de radiação solar foram calculados a partir de formulações propostas por Martin e McCutcheon (1999).

Diversas formulações matemáticas que quantificam o decaimento de bactérias indicadoras de contaminação fecal em função dos fatores acima relacionados (Bellair et al., 1977; Chamberlin & Mitchell, 1978; Mancini, 1978; Šolic & Krstulovic, 1992; Canteras et al., 1995; Sarikaya & Saatçi, 1995; Guillaud et al., 1997; Yang et al., 2000), foram avaliadas por Feitosa et al (2013). Dentre estas formulações foi verificada uma boa correlação entre as propostas por Mancini, (1978); Canteras et al., (1995); Sarikaya & Saatçi, (1995); Guillaud et al., (1997). Por ter sido baseada em uma vasta base de dados e por considerar a ação simultânea das variações de temperatura, salinidade e radiação solar, é recomendada a formulação de Mancini (1978).

O decaimento bacteriano foi avaliado quantitativamente com base na formulação proposta por Mancini (1978). Esta metodologia está incluída no sistema de modelos SisBaHiA trabalhando de forma acoplada com o modelo de campo próximo como descrito por Feitosa et al. (2013).

3. RESULTADOS: AVALIAÇÃO DA PLUMA DE COLIFORMES FECAIS EMISSÁRIOS SUBMARINOS DE ESGOTOS DA BARRA DA TIJUCA, IPANEMA E ICARAÍ.

Os resultados seguintes baseados em modelagem computacional, apresentam plumas de concentração de coliformes, objetivando verificar a influência da radiação solar na degradação da contaminação microbiológica em águas costeiras. São avaliadas as isolinhas de concentração destes microrganismos em águas marinhas sob diferentes condições meteorológicas e sazonais. Em um primeiro cenário, durante o verão, os níveis de concentração de coliformes fecais são analisados comparando uma situação de típica de céu claro com céu totalmente nublado. O cenário seguinte apresenta a influência das variações sazonais, comparando os níveis de radiação existentes na condição de céu claro, entre as estações de inverno e verão.

As taxas de decaimento bacteriano ilustradas na Figura 2 a seguir indicam a variação do decaimento bacteriano (T_{90}) ao longo do dia. Nesta são apresentados os valores de T_{90} da pluma de coliformes para diferentes condições sazonais e meteorológicas descritas anteriormente. Em linhas gerais verifica-se que quanto maior a intensidade de radiação solar incidente, maior é o valor do T_{90} observado. Pode-se observar que mesmo para condições sazonais e meteorológicas idênticas, é considerada a diferença nos níveis de penetração da luz solar na coluna d'água entre regiões distintas. As águas mais claras, adjacentes aos emissários da Barra de Tijuca e Ipanema, permitem maior penetração da luz solar na pluma de esgotos quando comparadas as águas mais turvas interiores à Baía de Guanabara. Em função da maior penetração luminosa das águas ao largo da costa, são observadas nestas regiões taxas de decaimento bacteriano mais pronunciadas, e consequentemente menores níveis de concentração de coliformes.

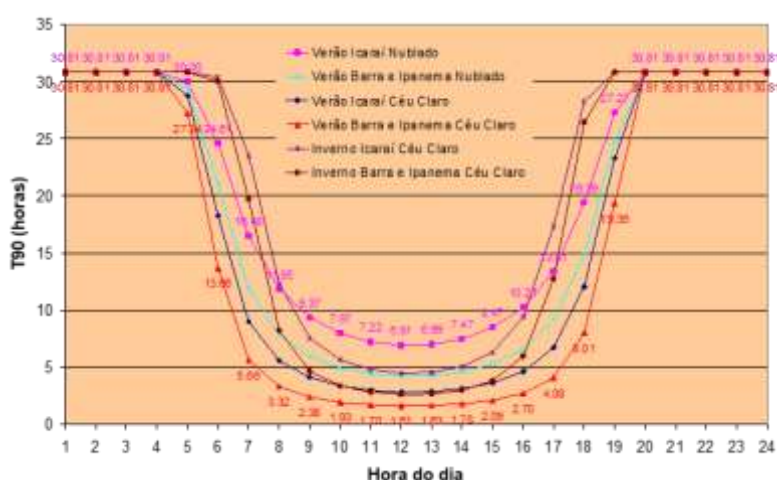


Figura 2 – Valores de T_{90} ao longo das horas do dia para diferentes condições meteorológicas e sazonais.

A Figura 3 e a **Erro! Fonte de referência não encontrada.** seguintes apresentam mapas de isolinhas de concentração de coliformes da pluma efluente do ESBT, ESI e ESIC sob influência de diferentes condições meteorológicas e sazonais. Nestas podem ser observadas plumas de coliformes mais extensas decorrentes de um decaimento bacteriano menos pronunciado nas condições de céu totalmente nublado e inverno, respectivamente. Com relação à escala de cor referente às concentrações de coliformes fecais, baseado na resolução Conama 274 (Brasil, 2000), a partir da coloração amarela que representa concentrações superiores a 1000 NMP/100ml, são delimitadas áreas onde os padrões de balneabilidade são classificados como impróprios.

A partir dos resultados apresentados observa-se que não ocorre o comprometimento das condições de balneabilidade das praias adjacentes aos pontos de lançamento dos efluentes. As plumas de coliforme se distribuem de forma paralela à costa e não impactam as zonas balneáveis. Mesmo sob baixos níveis de radiação solar as plumas dos emissários submarinos da Barra da Tijuca e Ipanema se orientam paralelamente à linha de costa, visto que obedecem ao padrão de hidrodinâmico local caracterizado de correntes de deriva resultante de forçantes remotos cujo período é de alguns dias. O emissário de Icaraí situado nas proximidades da embocadura de Baía de Guanabara sofre influência da maré astronômica e tem sua direção alternada a cada seis horas aproximadamente. De modo similar ao observado para os emissários anteriormente mencionados, a pluma lançada pelo emissário de Icaraí não apresenta toque na linha de costa e não compromete as condições de balneabilidade de nenhuma praia adjacente.

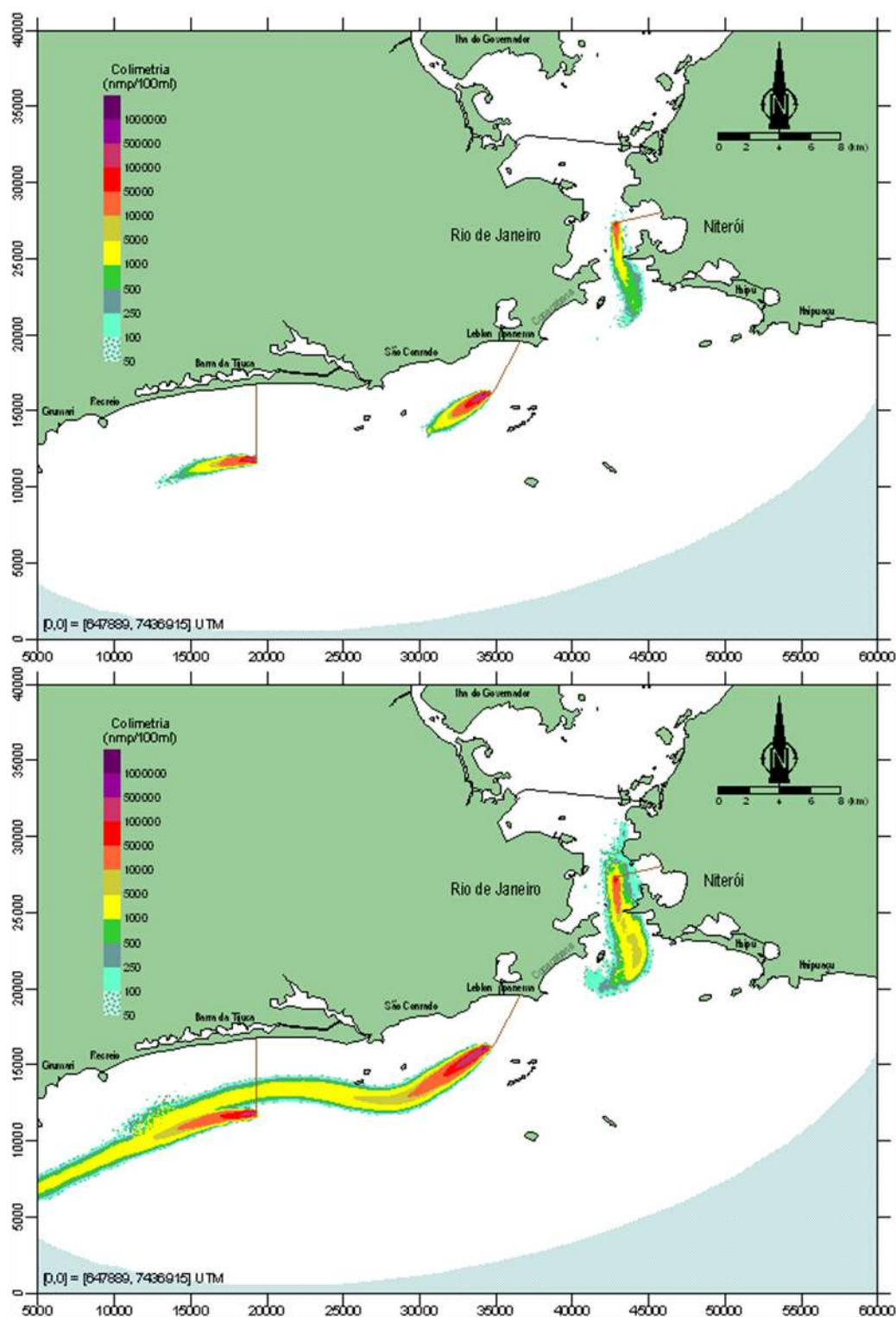


Figura 3 - Concentração de coliformes no verão. A estampa superior indica a condição de céu claro e a estampa inferior corresponde à situação de céu totalmente encoberto d. Intensidade de radiação solar incidente correspondente às 13:00.

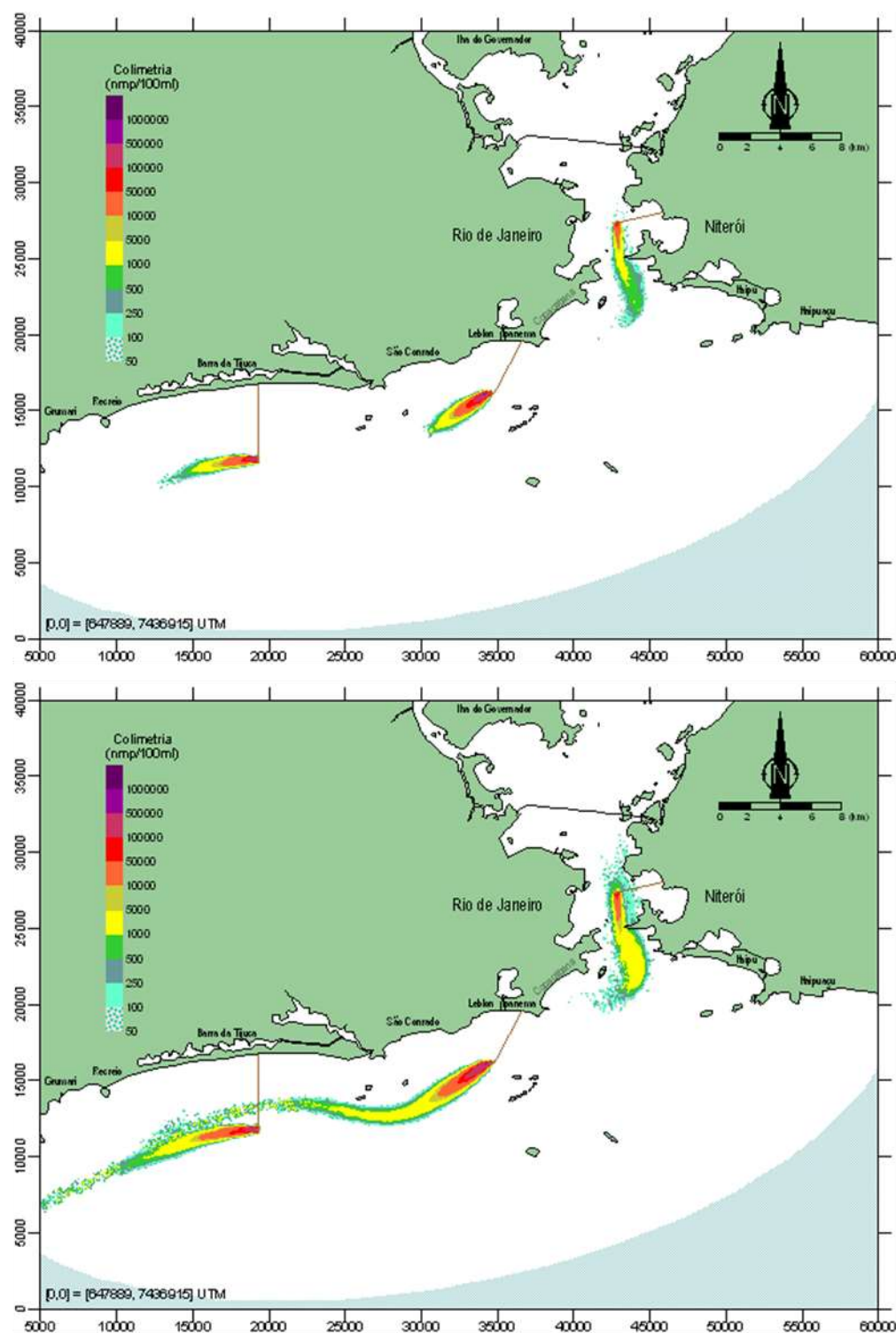


Figura 4 - Concentração de coliformes em céu claro. A estampa superior indica a condição de verão e a estampa inferior corresponde à situação de inverno. Intensidade de radiação solar incidente correspondente às 13:00 do dia.

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A avaliação de qualidade de águas, se baseia na concentração de bactérias do grupo. Em se tratando de um contaminante não conservativo, a quantificação de seu decaimento e o conhecimento de seus

principais fatores influentes constitui-se um dos pontos principais a ser inserido na avaliação de impactos promovidos pelo lançamento de efluentes domésticos em águas costeiras.

A radiação solar como é o fator de maior relevância no decaimento bacteriano no ambiente marinho. Temperatura e salinidade são fatores secundários e relevantes apenas na ausência de radiação solar.

A concentração de coliformes fecais no meio possui elevada correlação com os níveis de radiação solar incidente. Isto é, todos os parâmetros oceanográficos e meteorológicos que influem direta e indiretamente nos níveis de radiação solar são de extrema relevância no estudo da pluma de concentração de coliformes.

O emprego de modelagem computacional na avaliação do impacto provocado pelo lançamento de esgotos domésticos por emissários submarinos se apresenta como uma ferramenta de grande valia, auxiliando a tomada de decisões quanto ao ponto de lançamento ideal, e delimitando as áreas impactadas pelo lançamento do efluente.

Este trabalho buscou avaliar a disposição submarina de esgotos sanitários como alternativa para esgotamento sanitário de regiões costeiras, objetivando evidenciar se ocorre ou não a contaminação das zonas balneáveis adjacentes aos emissários da Barra da Tijuca, Ipanema e Icaraí. Com base nos resultados apresentados não fica caracterizada a contaminação da área costeira pelos referidos emissários. Tal fato pode ser corroborado pelo estudo realizados por Schaffel et. al (1990) que apresentou uma investigação das águas superficiais desde o ponto de lançamento do efluente pelo emissário de Ipanema até a costa. Neste estudo se verificou que não ocorre a contaminação da costa por este emissário, e as ocasiões em que ocorrem condições impróprias de balneabilidade são indicativas de contaminação da praia por canais poluídos que nela desaguem. Tal condição é apresentada no trabalho realizado por Vieira et al (2012) onde se constata relação significativa de contaminação microbiológica da praia do Leblon pelos canais de Visconde de Albuquerque e Jardim de Alah. No que diz respeito a região da Barra da Tijuca, a contaminação da zona balneável também é indicativa pela sua ligação com o sistema de lagoas através do Canal da Barra.

Adicionalmente, o emprego de emissários submarinos tem sido evidenciado por casos típicos de despoluição de ambientes costeiros previamente poluídos. Após a adoção destes sistemas de disposição de esgotos sanitários, foi observada uma melhora significativa da qualidade de águas de 23 praias na região costeira de Sydney, Austrália (Sydney Waters, 2007).

De acordo com o Protocolo de Anápolis publicado pela Organização Mundial de Saúde em 1999 (WHO, 1999), emissários submarinos são considerados como sistemas de disposição de esgotos sanitários que se apresentam como uma alternativa de baixo risco para a saúde humana, indicando ser improvável o contato físico de banhistas com os efluentes sanitários lançados por esses sistemas.

Cabe ressaltar, que embora haja o impacto ambiental nas áreas adjacentes ao lançamento do efluentes pelos emissários submarinos, entende-se que estes sistemas se apresentam como uma alternativa eficiente na preservação dos ambientes costeiros, minimizando os riscos à saúde associados ao contato das populações com águas contaminadas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bellair J.T., Parr-Smith G.A., Wallis I.G, 1977. "Significance of Diurnal Variations in Fecal Coliform Die-off rates in the Design of Ocean Outfalls". *Journal of Water Pollution Control Federation*. 49:2022-2030.

Birocchi, P., Dottori, M., Costa, C. D. G. R., & Leite, J. R. B. (2021). Study of three domestic sewage submarine outfall plumes through the use of numerical modeling in the São Sebastião channel, São Paulo State, Brazil. *Regional Studies in Marine Science*, 42, 101647.

Bordalo, A.A., Onrassami, R., Dechsakulwatana, 2002, "Survival of Faecal Indicator Bacteria in Tropical Estuarine Waters (Bangpakong River, Thailand)" *Journal of Applied Microbiology*, v. 93, pp. 864-871.

Borrego, J.J., Arrabal, F., Vicenr, A., Gomez, L.F., Romero, P., 1983 "Study of Microbial Inactivation in the marine Environment". *Journal Water Pollution Control Fed.* , v.21, pp. 969-979.

Brasil, Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (2000). Resolution n° 274, de 29 novembro.

Canadian Working Group on Recreations Water Quality, 1992, "Guidelines for Recreational Water Quality".

Canteras, J. C.; Juanes, J. A.; Perez, L. & Koev, K. N. 1995– "Modeling the Coliform Inactivation Rates in the Catambrian Sea (Bay of Biscay) From in Situ and Laboratory Determinations of T90". *Water Science technology*, v.32, n. 2, pp 37-44.

Castiglia Feitosa, R., Rosman, P. C. C., Wasserman, J. C., & Bleninger, T. (2023). Microbiological water quality assessment of sewage discharge through Barra da Tijuca (Rio de Janeiro, Brazil) submarine outfall. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(10), 1192.

Chamberlin, C. E. & Mitchell, R. ,1978, "A decay model for enteric bacteria in natural waters". In: *Water Polution Microbiology*. Edited by Ralph Mitchell. Willey-Intercience Publication. Vol. 2: 325-348.

Christoulas D.G., Andreadakis A.D. – "Application of the EU bathing water Directive to the Design of Marine Sewage Disposal Systems". *Water Science technology*, v.32, n. 2, pp 53-60.

Feitosa, R.C., and Rosman, P.C.C. Emissários Submarinos de Esgotos: Aspectos de Qualidade de Água e Modelagem Computacional, in *Métodos Numéricos em Recursos Hídricos*, volume VIII. ABRH, pp. 1 – 170, 2007.

Feitosa RC, Rosman PCC, Carvalho JLB, Cortes MBV, Wasserman JC., 2013. Comparative study of fecal bacterial decay models for the simulation of plumes of submarine sewage outfalls. *Water Science and Technology*; 68(3):622-631

Fujioka, R.S., Hashimoto, H.H., Siwak, E.B., Young, R.H.F., 1981, "Effect of Sunlight on Survival of Indicator Bacteria in Seawater", *Applied and Environmental Microbiology*, v. 41, n. 3 (Mar), pp. 690-696.

Gameson A.L.H., Gould D.J., 1975 "Effects of solar radiation on the mortality of some terrestrial bacteria in sea water, in: *Discharge of sewage from sea outfalls*, Gameson A.L.H. (ed.), Pergamon Press, Oxford, 209-219.

Gonçalves, F., B., de Souza, A., P., 1997, Disposição Oceânica de Esgotos Sanitários: História, Teoria e Prática. 1 ed. Rio de Janeiro, ABES

Guillaud J.F., Derrien, A., Gourmelon, M., Pommeput, M., 1995 – “T90 as a Tool for Engineer: Interest and limits”. Water Science technology, v. 35, n. 11-12, pp. 277-281.

Heckwolf, M. J., Peterson, A., Janes, H., Horne, P., Künne, J., Liversage, K., Sajeve, M., Reusch, T. B. H., & Kotta, J. (2021). From ecosystems to socio-economic benefits: a systematic review of coastal ecosystem services in the Baltic Sea. Science of The Total Environment, 755, 142565. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142565>

Macena, L. D. G. P., Feitosa, R. C., da Silva, J. C., Ferreira, F.C., Maranhão, A. G., Brandão, M. L. L., & Miagostovich, M. P. (2023). Environmental assessment of sewage contamination in the surroundings of a marine outfall combining human mastadenovirus and fecal indicator bacteria. Marine Pollution Bulletin, 193, 115110. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115110>

Mancini, J.L., 1978 “Numerical Estimates of Coliform Mortality Rates Under Various Conditions.” Journal Water Pollution Control Fed., v.50, n. 11, pp. 2477-2484.

Martin, J.L., McCutcheon, S.C., 1999, Hydrodynamics and Transport for Water Quality Modeling. 1 ed. Florida, Lewis Publishers, Inc.

McCambridge, J., McMeekin, T.A., 1981, “Effect of Solar Radiation and Predacious Microorganisms on Survival of Fecal and Other Bacteria”, Applied and Environmental Microbiology, v. 41, n. 5, pp. 1083-1087.

Mezriou, N., Baleux, B., Trousselier, M., 1995, “A Microcosm Study of The Survival of Escherichia coli and Salmonella Typhimurium in Brackish Water”, Water Resource, v. 29, n. 2, pp. 459-465.

Neves, S., 2003, “Caderno de Doutrina Ambiental”. <http://www.serrano.neves.nom.br>

Noble, R.T., Lee, I.M., Schiff, K.C., 2004, “Inactivation of Indicator Micro-organisms from Various Sources of Faecal Contamination in Seawater and Freshwater”, Journal of Applied Microbiology, v. 96, pp. 464-472.

Oliveira, R.B., 1990, Indicadores de Poluição e Taxionomia de Leveduras do Estuário do Rio Paraíba do Norte, João Pessoa – PB, Brasil. Tese de D.Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Roberts, P.J.W., Snyder, W.H., Baumgartner, D.J., 1989(I), Ocean Outfall I: Submerged Wastefield Formation. Journal of Hydraulics Engineering, ASCE, v. 115, n. 1 (Jan), pp. 1-25.

Roberts, P.J.W., Snyder, W.H., Baumgartner, D.J., 1989(II), Ocean Out-fall II: Spatial Evolution of Submerged Wastefield. Journal of Hydraulics Engineering, ASCE, v. 115, n. 1 (Jan), pp. 26-48.

Roberts, P.J.W., Snyder, W.H., Baumgartner, D.J., 1989(III), Ocean Out-fall III: Effect of Diffuser Design on Submerged Wastefield. Journal of Hydraulics Engineering, ASCE, v. 115, n. 1 (Jan), pp. 49-70

Rosman, P.C.C., 2024, SisBAHIA – Sistema Base de Hidrodinâmica Ambiental – Documentação de Referência Técnica. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Rozen, Y., Belkin, S., 2001 “Survival of Enteric Bacteria in Seawater”, FEMS Microbiology Reviews, v. 725, pp. 1-17

Salih, F.M., 2003, “Formulation of Mathematical Model to Predict Solar Water Disinfection”. Water Research, v.37, pp 3921-3927.

Sarikaya H.Z., Saatçi A.M., 1995 – “Bacterial Die-away Rates in Red Sea Waters”. Water Science technology, v.32, n. 2, pp 45-52.

Schaffel R, Paranhos R, Carvalho P, Pereira M, Matos F, Mendonça-Hagler LCS, Mayer L, Hagler A N. Contagens de coliformes fecais em águas de superfície nas proximidades do emissário submarino de Ipanema, Rio de Janeiro, RJ. In: III Encontro Nacional de Microbiologia Ambiental, 1990, São Paulo.

Šolic, M., Krstulovic, N., 1992, “ Separated and Combined Effects of Solar Radiation, Temperature, Salinity and pH on the Survival of Faecal Coliforms in Seawater” Marine Pollution Bulletin, v. 24, n. 8, pp. 411-416

Sydney Waters, Sydney’s Deep-water Ocean Outfalls Long-term environmental performance; 2007

Tate, P. M., Scaturro, S., & Cathers, B. (2016). Marine outfalls. In M. R. Dhanak & N. I. Xeros (Eds.), Chapter 32 in Handbook of ocean engineering (p. 1345). Springer.

Tortora, G.J., Funke, B.R., Case, C.L., 2000, Microbiologia. 6ed. Porto Alegre, Artmed.

Vieira CB, Mendes ACO, Oliveira JM, Gaspar AMC, Leite JPG, Miagostovich MP. Vírus Entéricos na Lagoa Rodrigo de Freitas. Oecologia Australis 2012, 16:540-565.

Von Sperling, M. 2014, Introdução à Qualidade de Águas e ao Tratamento de Esgotos (vol 1). 4 ed. Universidade Federal de Minas Gerais.

WHO – World Health Organization, 1999 “Health-Based Monitoring of Recreational Waters: The Feasibility of a New Approach (The Annapolis Protocol)”. U.S. Environmental Prot. Agency.

Yang L., Chang W., Huang M. – Natural Desinfection of Wastewater in Marine Outfall Fields. Water Research, 34(3): 743-750.

Capítulo 3



10.37423/240809261

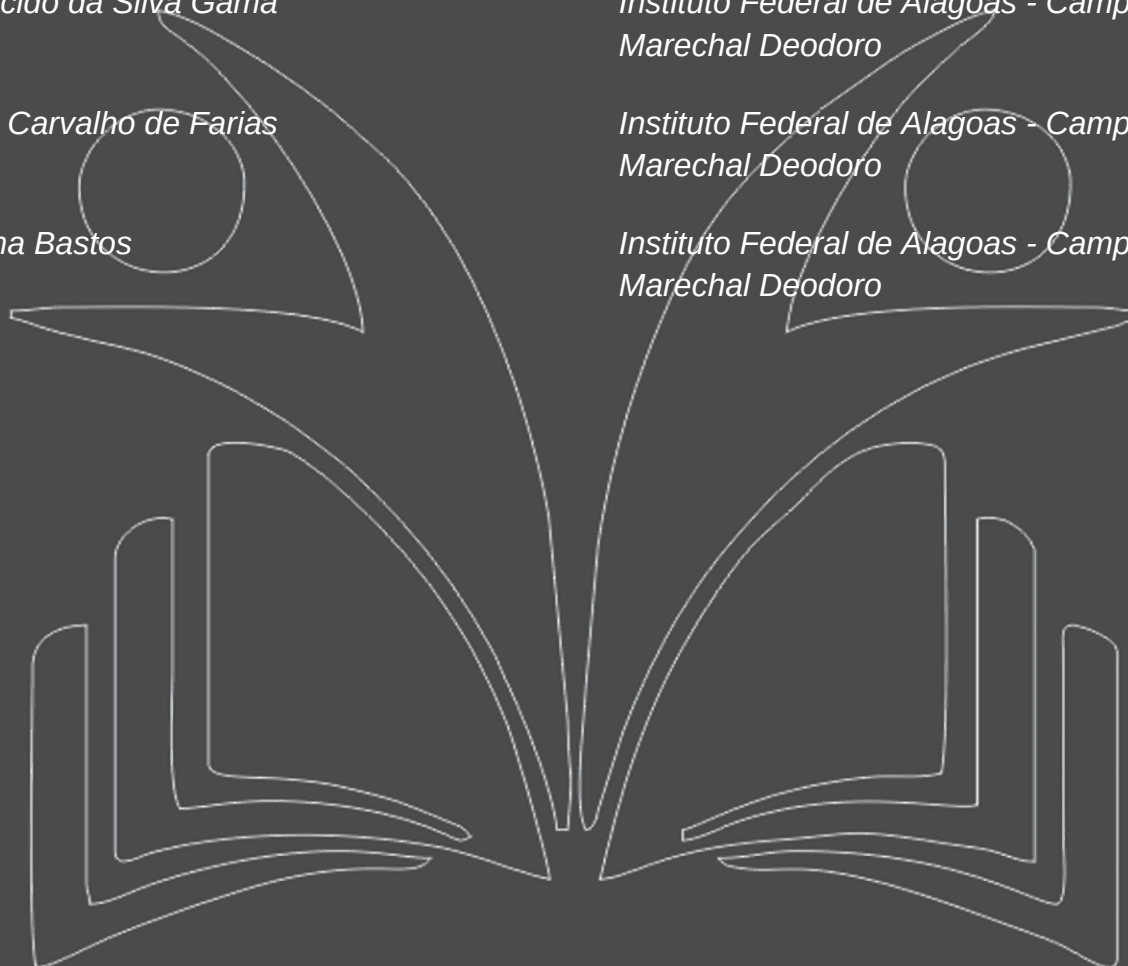
PROBLEMÁTICA DO SANEAMENTO BÁSICO NO BAIRRO DO PRADO, COM ENFOQUE NO DESCARTE IRREGULAR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

*MARIA CATHARINA TENORIO SILVA RODRIGUES Instituto Federal de Alagoas - Campus
Marechal Deodoro*

*José Aparecido da Silva Gama Instituto Federal de Alagoas - Campus
Marechal Deodoro*

*Vera Nubia Carvalho de Farias Instituto Federal de Alagoas - Campus
Marechal Deodoro*

*Adelmo Lima Bastos Instituto Federal de Alagoas - Campus
Marechal Deodoro*



Resumo: Este estudo aborda a disposição irregular de resíduos sólidos urbanos no bairro do Prado, localizados no município de Maceió-AL, enfatizando para demonstrar as adversidades e consequências resultantes de um mau planejamento e gestão pública na região deste bairro. A falta de saneamento básico causa danos à saúde, à qualidade de vida e ao bem-estar da população, além de contribuir para a degradação do meio ambiente. Esta investigação teve como finalidade apresentar a importância do saneamento básico e os conflitos/adversidades recorrentes para a população destas localidades, bem como apresentar propostas que permitam à administração municipal e aos residentes locais evitar eficazmente a proliferação de pragas e agentes patogênicos. A metodologia incluiu a georreferenciamento da área e a análise qualitativa/quantitativa dos pontos em estudo na região. A informação permitiu a preparação do mapa para contabilizar e expor em porcentagem a quantificação dos pontos, e realizar a avaliação das causas e consequências, como a descritiva recolhida com contribuições de entrevistas e visitas ao local capazes de identificar pontos irregulares de: disposição de resíduos sólidos e esgotos a céu aberto. A falta de infraestruturas, o crescimento populacional e a falta de consciência ambiental são fatores que contribuem para a acumulação destes resíduos de uma forma desordenada, prejudicando o comércio local e a saúde dos residentes deste bairro.

Palavras-chave: Saneamento ambiental. Saúde pública. Gestão de saneamento básico. Resíduos sólidos.

INTRODUÇÃO

O saneamento básico é assunto bastante discutido na atualidade, é de preocupação de todos quando o tema tem relação direta com a transmissão de doenças. Devido ao aumento acelerado da população e o consumo excessivo de produtos industrializados, a produção e descarte inadequado de resíduos vem aumentando gradativamente, diversas pesquisas nos municípios brasileiros tem refletido a preocupação e discussões mais abrangente sobre o saneamento por parte das autoridades em geral (RIBEIRO *et. al.*, 2010).

Sendo direito assegurado pela Constituição Federal de 1988, embora tenham ocorrido importantes avanços na infraestrutura sanitária, o controle de todos os fatores do meio físico do homem ou o conjunto de ações que tem por objetivo alcançar salubridade ambiental passa por déficit em atender a universalização e integralidade das tecnologias relacionadas ao abastecimento de água, a drenagem de águas pluviais, ao esgotamento sanitário, ao tratamento de águas residuais e a coleta e tratamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2007). A implantação dos serviços de saneamento básico deve ser tratada como prioridade e de suma importância, sob quaisquer aspectos, na infraestrutura pública das comunidades.

De acordo com a Lei 11.445 de 5 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais e um limite para todos os municípios e Estados brasileiros, seguindo o planejamento a partir da elaboração dos planos de saneamento básico municipais e estaduais, estando estabelecidos na lei o conceito de saneamento básico, apresenta-se no artigo 3, inciso I, como um conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de:

- 1)) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição;
- 2) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até seu lançamento final no meio ambiente;
- 3) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do lixo doméstico e do lixo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas; e
- 4) drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas;

A referida lei define as competências quanto aos métodos e deveres dos diversos agentes envolvidos no planejamento e execução da política federal de saneamento básico no País. No art. 54-B atribui Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento do Saneamento Básico - REISB, com o objetivo de estimular a pessoa jurídica prestadora de serviços públicos de saneamento básico a aumentar seu volume de investimentos por meio da concessão de créditos tributários (BRASIL, 2016).

SALUBRIDADE AMBIENTAL

A conciliação entre qualidade ambiental e condições favoráveis do meio físico, determinam a salubridade ambiental, a ineficiência dos serviços de saneamento básico são responsáveis por milhares de internações e óbitos, de forma simplificada, os riscos decorrentes da insalubridade que o meio ambiente vem sofrendo, a crise ambiental vem atingindo grande parte da sociedade com destaque para causas relacionadas às doenças infecto parasitárias (SIQUEIRA, 2017).

A prevalência dessas doenças constitui um forte indicativo da fragilidade dos sistemas públicos de saneamento. As Doenças Relacionadas ao Saneamento Ambiental Inadequado (DRSAI) são classificadas pela Fundação Nacional da Saúde – FUNASA e são divididas em cinco grandes grupos:

- a) doenças de transmissão feco-oral;
- b) doenças transmitidas por inseto vetor;
- c) doenças transmitidas através do contato com água;
- d) doenças relacionadas com a higiene; e
- e) geo-helmintos e teníases;

Além do saneamento precário, fatores como a falta de políticas públicas e falta de educação sanitária da população favorecem o desenvolvimento e a propagação dessas enfermidades (BRASIL, 2010).

Doenças relacionadas com o resíduo sólido

Quando não há coleta e disposição adequada do lixo, várias doenças afetam a salubridade ambiental de maneiras desproporcionais, o lixo tem grande importância na transmissão de doenças através de vetores que encontram as condições adequadas para sua proliferação diante dos aglomerados de resíduos sólidos descartados a céu aberto, estas doenças são: peste bubônica, leptospirose, febre tifoide, salmonelose, cólera, amebíase, disenteria, giardíase, malária, leishmaniose, febre amarela, dengue, filariose, chikungunya, zica, cólera, giardíase, cisticercose, toxoplasmose, triquinelose, teníase, cisticercose, toxoplasmose, triquinelose, teníase (RIBEIRO, 2010).

O processo de intensa urbanização e industrialização, com suas repercussões nas condições de vida e trabalho das pessoas, aumenta a disposição inadequada de lixo permitindo a disseminação de micro-organismos no ambiente através de mosquitos, ratos e moscas permitindo a transmissão de infecções contaminantes, gerando graves problema de saúde pública nos centros urbanos. A Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS) confirmou em 2011, os riscos à saúde vinculados a deficiência no saneamento, as doenças infecciosas continuavam sendo uma importante causa de morbidade e mortalidade no mundo, a separação entre planejamento urbano e saúde pública colaboraram para o fracasso ambiental e sanitário.

POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Uma das maiores preocupações da gestão ambiental é a disposição do lixo sólido produzido cada vez mais em maiores quantidades nas cidades brasileiras, o crescimento do descarte de resíduos sólidos urbanos em áreas inapropriadas tem gerado problemas aos gestores públicos Estadual e Municipal quanto ao que fazer. Desde o tempo da revolução industrial até os dias de hoje, os resíduos coletados nos centros urbanos, na sua grande maioria, são deixados, sem qualquer precaução em depósitos existentes nas periferias das cidades (SANTOS, 2018).

Sendo o indicador mais importante na geração de resíduos sólidos, capaz de dimensionar a escala dos diferentes serviços necessários para sua gestão, encontrando através dos processos PNRS e suas diretrizes as dificuldades ou parâmetro para a tomada de decisão referente ao planejamento dos sistemas de coleta e disposição final (ESPINOZA et. al., 2011).

A Lei Federal nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), tem por objetivo à gestão integrada ao gerenciamento de resíduos sólidos, assim como em suas definições atender a responsabilidade compartilhada do ciclo de vida dos produtos, minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes destes produtos.

A PNRS define a proteção da saúde humana e a sustentabilidade, porém apresenta fraqueza e baixo nível orçamentário para gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) devido as dificuldades de coordenação e de gerenciamento de muitos municípios brasileiros, a gestão de resíduos sólidos e sua correta disposição estão relacionadas também com a expansão do espaço urbano quando há ocupação urbana de forma não planejada uma tendência de haver uma disposição de resíduos descontrolada, constituindo risco para a saúde pública (MAIELLO, 2018).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Em geral o estudo busca diagnosticar o déficit de saneamento básico com ênfase nos pontos de descarte irregular de resíduos sólidos urbanos nos bairro de Prado.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Localizar e georreferenciar os pontos com déficit de saneamento básico;
- Quantificar os pontos irregulares de descartes de resíduos sólidos urbanos e esgoto a céu aberto.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

No desenvolvimento deste trabalho, realizou-se uma revisão de literatura. apresentadas em 6 tópicos, compreendidos por:

1º Serviços de saneamento básico como direito universal de toda população, constituídos por uma infraestrutura física e uma estrutura educacional, legal e institucional que abrange diferentes serviços que almeja a sustentabilidade.

2º Falhas e as grandes dificuldades enfrentadas pelos gestores públicos, nos pequenos municípios do Brasil e sua carência de investimentos em melhores condições de infraestrutura.

3º A salubridade ambiental e a articulação com a saúde pública em condições deficientes, tornando uma sociedade doente e exposta a patógenos.

4º Definição de resíduos sólidos e as determinações da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010).

3.1. ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi realizada no Estado de Alagoas, contemplando o bairro do Prado localizado na cidade de Maceió (atual capital do estado) apresentada na figura 1 com área de 509.320km². A cidade de Maceió é caracterizada por um clima quente e úmido, com estações que marcam no inverno com temperaturas amenas e alta pluviosidade e o verão com altas temperaturas e pouca pluviosidade (MELO, 2020).

O bairro em estudo está nas proximidades da laguna mundaú, é ao redor vai de encontro com os bairros: Vergel do Lago, Levada, Centro e Trapiche da Barra. A figura 1 ilustra o bairro, a seguir:

Figura 1: Localização do bairro de abrangência no estudo



Fonte: Google Earth, adaptado pelos autores.

Amostragem – Coleta de Dados

Inicialmente, para avaliar as condições de saneamento básico, objetivo deste estudo, extraiu-se a composição e formação do bairro, iniciando no bairro do Prado, formado por 50 ruas, 6 avenidas sendo três delas as principais do bairro: Av. Assis Chateaubriand, Av. Siqueira Campos e Av. Amazonas; 4 praças estando entre elas a Praça da Faculdade como a mais frequentada por moradores locais e de outras regiões; e 6 travessas que cortam as principais avenidas e ruas do bairro.

4. RESULTADOS

Mediante a visita realizada na região em estudo, foi possível observar e demonstrar através do georreferenciamento, os pontos que apresentam déficit de saneamento básico referente ao descarte irregular de resíduos sólidos e esgoto a céu aberto no bairro do Prado. Analisando toda a situação exposta, observa-se que a situação em relação ao descarte inadequado de resíduos sólidos apresenta-se de forma preocupante, em algumas ruas do bairro, causando transtorno para o comércio e moradores da região.

Na figura 2 apresenta-se o georreferenciamento da área de estudo, após a coleta de dados, só em 2019 o bairro do Prado dentre suas ruas analisada, obteve dezessete, irregularidade no descarte dos resíduos sólidos, dois pontos de esgoto a céu aberto e acúmulo de águas pluviais junto aos lixos urbanos, ruas como: Travessa Franco Jatobá e Zacarias de Azevedo. Devem ser consideradas pelos gestores públicos como de suma importância e de alto grau de impacto ao meio ambiente e saúde pública, uma vez que o acúmulo de lixo desordenado, formando verdadeiros lixões a céu aberto, se torna propício à manifestação de vetores epidemiológicos e doenças capazes de ameaçar saúde

pública gravemente, quando ocorre a união entre os resíduos descartados incorretos e ações de precipitação pluviométrica, surgem os agentes etiológicos como: Vírus Chikungunya e Arbovírus do gênero Flavivírus.

FIGURA 2 – GEORREFERENCIAMENTO DOS PONTOS DESCARTE IRREGULAR BAIRRO DO PRADO



Fonte: Google Earth, Adaptado pelos autores.

Após o georreferenciamento o quadro 1, elaborado para organização das coordenadas geográficas e os eventuais problemas identificados em cada logradouro, foi ferramenta capaz de auxiliar no percentual de descarte irregular do bairro.

QUADRO 1: PONTOS DE DESCARTE IRREGULAR DE RESÍDUOS SÓLIDOS E ESGOTO A CÉU ABERTO – BAIRRO DO PRADO

PONTO	LOGRADOUROS	COORDENADAS	PROBLEMA
1	AVENIDA AMAZONAS	9°40'9.28"S 35°44'42.21"W	RESÍDUOS SÓLIDOS
2	AVENIDA ASSIS CHATEAUBRIAND	9°40'16.62"S 35°44'38.05"W	RESÍDUOS SÓLIDOS
3	AVENIDA ROBERTO PONTES DE LIMA	9°40'29.30"S 35°45'14.07"W	RESÍDUOS SÓLIDOS
4	AVENIDA ROBERTO PONTES DE LIMA	9°40'27.46"S 35°45'14.72"W	RESÍDUOS SÓLIDOS
5	AVENIDA SIQUEIRA CAMPOS	9°40'11.98"S 35°45'7.88"W	RESÍDUOS SÓLIDOS
6	RUA DO CEARÁ	9°40'2.27"S 35°44'50.57"W	RESÍDUOS SÓLIDOS
7	RUA DONA ROSA DA FONSECA	9°40'8.42"S 35°44'38.48"W	RESÍDUOS SÓLIDOS
8	RUA RADIALISTA HAROLDO MIRANDA	9°40'13.52"S 35°44'36.63"W	RESÍDUOS SÓLIDOS

9	RUA RADIALISTA HAROLDO MIRANDA	9°40'12.65"S 35°44'36.33"W	RESÍDUOS SÓLIDOS
10	RUA RODRIGUES ALVES	9°40'7.39"S 35°45'2.87"W	ESGOTO
11	RUA ZACARIAS DE AZEVEDO	9°40'12.21"S 35°44'37.47"W	RESÍDUOS SÓLIDOS
12	RUA ZACARIAS DE AZEVEDO	9°40'12.68"S 35°44'37.86"W	RESÍDUOS SÓLIDOS
13	RUA ZACARIAS DE AZEVEDO	9°40'12.87"S 35°44'38.38"W	RESÍDUOS SÓLIDOS
14	RUA ZACARIAS DE AZEVEDO	9°40'13.22"S 35°44'39.13"W	RESÍDUOS SÓLIDOS
15	RUA ZACARIAS DE AZEVEDO	9°40'13.51"S 35°44'39.95"W	RESÍDUOS SÓLIDOS
16	RUA ZACARIAS DE AZEVEDO	9°40'13.34"S 35°44'40.62"W	RESÍDUOS SÓLIDOS
17	TRAVESSA FRANCO JATOBÁ	9°40'4.91"S 35°45'25.01"W	RESÍDUOS SÓLIDOS
18	TRAVESSA FRANCO JATOBÁ	9°40'4.97"S 35°45'23.94"W	RESÍDUOS SÓLIDOS
19	TRAVESSA FRANCO JATOBÁ	9°40'4.69"S 35°45'25.87"W	ESGOTO

Fonte: Dados da Pesquisa.

Os resíduos presentes na região se apresentam: sólidos domésticos, sólidos comerciais, sólidos públicos, sólidos especiais e sólidos da saúde. Alarmante o estado que tais ruas apresentam. Pois pneus são descartados a céu aberto, tornando ambiente propício à proliferação de larvas de mosquitos, os resíduos atrapalham a via para pedestre e seu acúmulo causa transtorno no tráfego da região, carcaça de automóveis e resíduos orgânicos, são os mais encontrados.

5. CONCLUSÃO

Observou-se que predomina o descarte irregular de vários materiais, entre eles: materiais de construção civil, eletrodomésticos, plásticos, papelão, animais mortos, vidro dentre tantos outros encontrados. As consequências são notórias, é investimentos em educação ambiental e fiscalização, além do aumento da quantidade de containers de coleta em pontos estratégicos surge como alternativa para minimizar o problema.

Além de possibilitar a geração de empregos e novas oportunidades para moradores locais e catadores de contribuir no avanço sustentável deste bairro. O bairro estudado é capaz de contribuir com grandes avanços no meio científico, visto o número de projetos e pesquisas, por sua localidade apresentar conflitos: cultural, gestão comercial e urbana, no saneamento básico e grande crescimento populacional.

Buscando alternativas capazes de minimizar os danos e melhorar a qualidade de vida da população deste bairro, uma série de proposta de possíveis soluções, que podem contribuir para o avanço ambiental educacional saudável, a saber:

1. Criar uma associação de moradores para discutir todos os problemas causados e possíveis soluções a se tomar;
2. Trabalhar a destinação do RSU nas escolas;
3. Através da associação de moradores, fazer parcerias com cooperativas de catadores para reciclagem do RSU.

REFERÊNCIAS:

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Impactos na saúde e no sistema único de saúde decorrentes de agravos relacionados a um saneamento ambiental inadequado. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2010.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010. Presidência da República, Departamento da Casa Civil. Brasília, 2010.

ESPINOZA, P.T.; E.M. ARCE; D. DAZA; M.S. FAURE; H. TERRAZA. AVAL - Relatório da Avaliação regional da gestão de resíduos sólidos urbanos na América Latina e Caribe 2010. AIDIS - Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. São Paulo, 2011.

MAIELLO, Antonella, Britto, Ana Lucia Nogueira de Paiva e Valle, Tatiana Freitas. Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Revista de Administração Pública [online]. 2018, v. 52, n. 1, pp. 24-51.

MELO, E. H. S. R. DE; LIMA, C. M. D. DE. O Papel das cooperativas dos catadores e a parceria com o poder público: estudo de caso na Cooperativa de Recicladores de Lixo Urbano de Maceió – COOPLUM. Diversitas Journal, v. 5, n. 1, p. 639-647, 13 jan. 2020.

RIBEIRO, Júlia Werneck; Rooke, Juliana Maria Scoralick. SANEAMENTO BÁSICO E SUA RELAÇÃO COM O MEIO AMBIENTE E A SAÚDE PÚBLICA. Faculdade de Engenharia da UFJF - Juiz de Fora, 2010.

SIQUEIRA MS, Rosa RDS, Bordin R, Nagem RDC. Interações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado na rede pública de saúde da região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. Epi. e Serv. de Saú., 2017.

SANTOS, Fernanda Flores. Filho, José Daltro. Machado, Celestina Tojal. Vasconcelos, Jailde Fontes. Feitosa, Flávia R. S. O desenvolvimento do saneamento básico no Brasil e as consequências para a saúde pública. 2018. Revista Brasileira de Meio Ambiente (v.4, n.1 – 2018) ISSN: 2595-4431

Capítulo 4



10.37423/240909283

DIVERSIDADE DE INSETOS AQUÁTICOS DO SEMIÁRIDO SERGIPANO

Agripino Emanuel Oliveira Alves

Universidade Federal de Alagoas

Daniel Oliveira Santana

Universidade Federal da Paraíba

Moises Oliveira Alves

Instituto Federal da Bahia

Geovane Alves Feitosa

Universidade Federal de Sergipe

Carlos Alberto dos Santos Lima

Instituto Federal de Sergipe

Maria José Rosendo da Costa

Instituto Federal de Sergipe

Almiro Bispo dos Santos Júnior

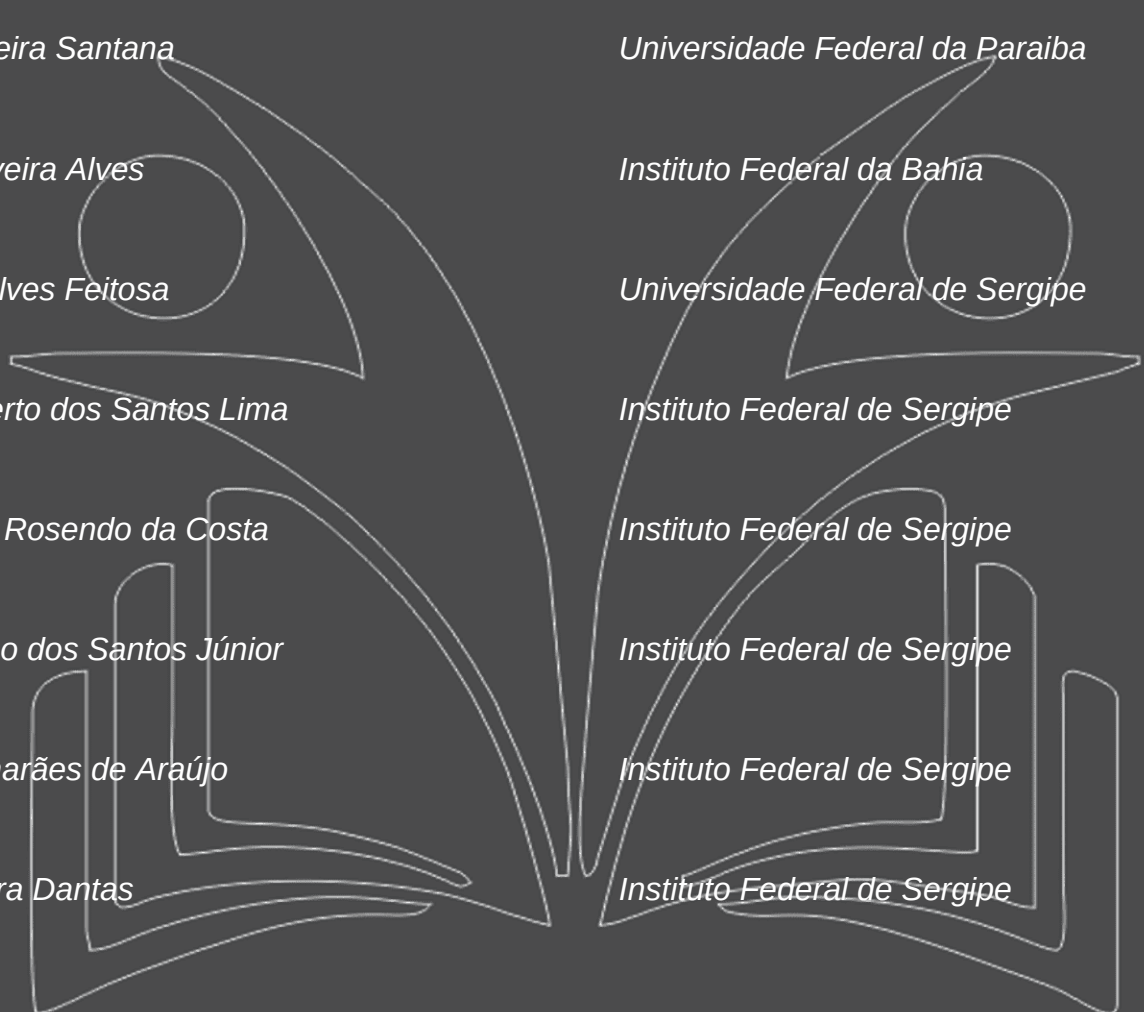
Instituto Federal de Sergipe

Talita Guimarães de Araújo

Instituto Federal de Sergipe

José Oliveira Dantas

Instituto Federal de Sergipe



Resumo: Este trabalho tem como objetivo apresentar a diversidade de insetos aquáticos da região do semiárido sergipano e diagnosticar a qualidade dos corpos d'água estudados através da utilização de indicadores biológicos atribuídos como ferramentas de análise de qualidade de ambiente, tais como os Índices bióticos EPT, BMWP e o método físico conhecido como Protocolo de Avaliação rápida. As amostras dos invertebrados foram obtidas em campanhas semestrais (estação seca e chuvosa), durante o ano de 2014. Os resultados indicam uma boa diversidade no número de táxons de insetos aquático identificados em nível de família, onde obtivemos um total de 47 famílias distribuídas em 8 grupos. Com relação aos reflexos da sazonalidade (períodos seco e chuvoso) na diversidade de insetos aquáticos, o período seco obteve maior diversidade, marcando um alto grau de influência dos parâmetros ambientais nas comunidades de insetos aquáticos estudadas. Nossos resultados indicam ainda que as diferenças temporais e antrópicas verificadas representam um ajuste ecológico interessante e indica uma forte influência na composição das comunidades de insetos aquáticos.

Palavra-chave: EPT, BMWP, Protocolo de Avaliação rápida, Macroinvertebrados, Sazonalidade.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável à vida no planeta Terra. Possui um enorme valor econômico, ambiental e social, é um recurso fundamental à sobrevivência do Homem e dos ecossistemas do nosso planeta. Utilizada diariamente de diversas formas seja para higiene pessoal, alimentação, e limpeza, indústria e agricultura.

A água é um recurso natural único, escasso e essencial à vida de todos os seres vivos. Por muitos milhares de anos, subsistiu a ideia de que a água era um recurso infinito, esta ideia tinha como base a abundância deste recurso na Natureza. Nos nossos dias, o desperdício aliado ao aumento na procura deste recurso, tornou-se num problema que requer a atenção de todos, devido à decrescente disponibilidade de água doce no nosso planeta.

Mananciais, são as nascentes que formam os rios, para conservá-las é necessária a conscientização da população sobre sua importância na oferta de água de boa qualidade para manutenção da vida como um todo. Desta forma é necessário manter a vegetação ciliar, preservar a integridade física e biológica e das nascentes e assim ter a disponibilidade de água de boa qualidade.

A avaliação da qualidade de água se faz tradicionalmente por parâmetros físico-químicos, que se constitui num método de coleta e análise pontual. Os macroinvertebrados, principalmente os insetos aquáticos são utilizados para avaliação da qualidade da água e dos mananciais, através dos índices bióticos (ETP e BMWP), quando combinado com o protocolo de avaliação rápido de diversidade de habitat, eles vivem no rio e, portanto respondem às alterações a longo prazo.

Os insetos aquáticos têm grande importância nos ecossistemas onde vivem, seja na fase imatura e adulta, podendo servir como indicadores das mudanças ambientais devido sua alta diversidade e graus de tolerância as alterações antrópicas, podendo ser classificado em sensíveis, tolerantes e resistentes. Assim, o presente trabalho objetivou avaliar a diversidade de insetos aquáticos e a qualidade dos corpos d'água de duas localidades da região semiárida de Sergipe.

IMPORTÂNCIA E UTILIZAÇÃO DA ÁGUA

Na transição do século XIX para o século XX, esforços de grande importância foram adotados focando no direcionamento da administração de recursos hídricos relacionando um conjunto de condições ambientais, socioeconômicos e organizacionais que descrevam os usos e funcionalidades da água no processo de decisões à eles relacionados (COSTA, 2003). Dentre as mais diversas utilidades da água

como um recurso natural está destacada a utilização deste recurso nos Agroecossistemas, usos domésticos e a indústria (TUCCI, 2007).

A região semiárida brasileira se destaca entre as populações mundiais de igual clima, onde está representada por uma percentagem de 11,8% da população brasileira (IBGE, 2007). Devido aos grandes períodos de estiagem o clima é uma característica predominante das regiões semiáridas (MENDES, 1997). De acordo com Cirilo *et al.*, 2010, para as atividades econômicas e as condições climáticas no semiárido brasileiro faz-se necessário a adoção de técnicas que promovam a conservação dos recursos hídricos, outro grande fator que compromete os ambientes aquáticos do semiárido são as elevadas taxas de evaporação da água o que ocasiona a eutrofização dos corpos d'água devido à grande deposição de nutrientes e sedimentos no fundos dos mesmo os quais aumentam suas concentrações mediante a baixa na lâmina d'água, ocasionando assim a perda da qualidade ecológica e a redução da sua multifuncionalidade (FREITAS *et al.*, 2011).

Segundo Magalhães Júnior, 2007, dentre as principais peças que motivam as políticas públicas ambientalistas de maneira geral, é a degradação da qualidade e a escassez dos recursos naturais mediante o uso irracional o que possibilita uma visão mais ampla para adoção de medidas que solucionem o uso dos recursos de maneira mais racional na multifuncionalidades dos recursos naturais.

De acordo com Palhares (2005), as atividades humanas que mais fazem uso do dos recursos naturais são diretamente dependentes dos recursos hídricos, o que proporciona a tais recursos maiores impactos. Portanto o conhecimento das necessidades de ambientes saudáveis para os mais diversos usos é de imprescindível importância a preservação dos recursos naturais em especial os aquáticos visando a saúde mediante a ações de conscientização e educação ambiental.

O crescimento da população e consequentemente o aumento das indústrias tem trazido impactos negativos aos ecossistemas aquáticos devido a crescente produção de contaminantes produzidos pelas ações antrópicas mediante as mais diversas atividades laborais do grandes centros urbanos e rurais, os quais lançam resíduos prejudiciais aos ecossistemas aquáticos (FRANÇA, 2012). As principais causas de poluição dos ecossistemas aquáticos são os lançamentos de esgotos domésticos, descarga de efluentes industriais e da exploração agrícola que está diretamente relacionada com o uso e ocupação do solo (HOLMES, 1996; VARRIS, 1996).

OS ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS DULCÍCOLAS E MACROFAUNA

A instalação humana ao longo dos rios tem acarretado rápida deterioração dos ecossistemas de água doce causando rompimento de sua integridade ecológica (LIONELLO et al., 2011). Ocorre contaminação das águas, desmatamento das margens, erosão e assoreamento do leito, diminuindo a oferta de habitats e consequentemente diminui a diversidade de espécies (CALLISTO et al., 2005), além de perda do valor estético e recreativo (CORGOSINHO et al., 2004).

A entomofauna aquática torna-se útil na complementação das medidas físico-químicas de avaliação da ambiental e qualidade da água, uma vez que estas medidas registram apenas o momento em a água foi coletada e a comunidade de insetos aquáticos integra-se as condições ambientais durante toda sua vida, sendo capazes de detectar grandes variações no ambiente (BUSS et al., 2003). Tendo em vista ainda que a utilização de bioindicadores é um processo que reduz custos e tempo para o pesquisador.

INSETOS AQUÁTICOS BIOINDICADORES DE AMBIENTES

Os insetos aquáticos apresentam diversos grupos bastante sensíveis a poluentes e outros tipos de estresse ambiental. Essa característica permite que sejam utilizados como bioindicadores da qualidade de água e do ambiente em geral. A diversidade de insetos permite relacionar as dissimilaridades e similaridades entre diferentes ecossistemas, refletindo os graus de biodiversidade, riqueza e endemismo entre eles, participando como elemento crítico para se determinar planos de manejo para áreas de preservação (QUEIROZ et al., 2008).

Uma avaliação completa dos aspectos ecológicos dos ambientes aquáticos só é possível com uma abordagem integrada na análise física, química e biológica da qualidade da água, o entorno do rio e as atividades antrópicas desenvolvidas na área (ALLAN, 1995; PIMENTA et al., 2009).

O biomonitoramento pode ser realizado por várias abordagens, entre eles pelo uso de índices bióticos que são expressões numéricas que combinam medidas quantitativas da diversidade de espécies; informações qualitativas referentes à sensibilidade de determinados grupos a modificações ambientais (CZERNIAWSKA-KUSZA, 2005). Protocolo de avaliação rápida da qualidade da água (PAR) (BARBOUR et al., 1999 e CALLISTO et al., 2002); categorização de grupos de alimentação funcional (GAF) de macroinvertebrados (MERRITT & CUMMINS, 1996; CUMMINS et al., 2005) são ferramentas utilizadas na avaliação.

A avaliação da qualidade de ambientes aquáticos utilizando bioindicadores teve início na Alemanha através do sistema saprobiótico (Saprobienstystem), proposto por Kolkwitz & Marsson (1908, 1909), quando observaram que os organismos que ocorrem na água poluída podem ser diferentes dos organismos que ocorrem na água limpa; associando a presença de organismos em áreas poluídas à ocorrência de características fisiológicas e comportamentais que lhes facultava a permanência nesses ambientes (SILVA, 2005). Busset et al., (2003) demonstraram que o “Saprobienstystem” deu origem às diversas metodologias de biomonitoramento utilizando microorganismos (METCALFE, 1989), algas e macrófitas (BUSS et al., 2003; SILVA, 2005), peixes (KARR, 1981) e macroinvertebrados (BARBOUR et al., 1999).

ÍNDICES BIÓTICOS

A grande maioria dos índices bióticos criados recentemente é baseada na análise de macroinvertebrados, por apresentarem ciclo de vida longo, possibilitando a percepção de modificações ambientais recentes, pela alteração na estrutura das comunidades de espécies mais duradouras (BARBOUR et al., 1999); técnicas de coleta protocoladas e de baixo custo; de fácil identificação; alta diversidade apresentando, portanto, um grande espectro de respostas a impactos ambientais (CALLISTO et al., 2001; BUSS et al., 2003); modo de vida sedentário em várias espécies, o que favorece uma análise espacial das perturbações, permitindo uma inferência da qualidade ambiental local (BUSS et al., 2003); alta abundância em riachos de 1ª e 2ª ordem, onde normalmente existe uma dificuldade de amostrar eficientemente outros bioindicadores (BARBOUR et al., 1999).

A maioria das metodologias com macroinvertebrados aplicadas no Brasil são adaptações de modelos estrangeiros (JUNQUEIRA et al., 2000; LOYOLA, 2000; CALLISTO et al., 2001). Vários índices são utilizados buscando aquele mais adequado a nossa realidade (CAO et al., 1996; THORNE & WILLIAMS, 1997; TIMM et al., 2001; ILIOPOULOU-GEORGUDAKI et al., 2003; SEMENCHENKO & MOROZ, 2005; CZERNIAWSKA-KUSZA, 2005; GRIFFITH et al., 2005). Portanto, faz-se necessário estudos comparativos de índices bióticos necessários para uma avaliação consistente e um melhor gerenciamento dos recursos hídricos.

O índice BMWP' (Biological Monitoring Work Party Escore System) foi originado no “Saprobienstystem” (KOLKWITZ & MARSSON, 1909) no início do século passado, foi bem aceito pelos limnólogos europeus, que desenvolveram uma série de estudos elaborando, no Reino Unido, do “Trent Biotic Index” (TBI) (WOODWISS, 1964), tornando-se base da maioria dos índices modernos. Chandler (1970) desenvolve,

a partir do TBI, o “Chandler’s Score System”, que por sua vez origina o BMWP (Biological Monitoring Working Party Escore System). O Departamento de Meio Ambiente britânico formou, em 1976, um grupo de trabalho, o “Biological Monitoring Working Party” para elaboração de um sistema de biomonitoramento para os rios da Inglaterra. Este índice sofreu alterações na sua forma e foi adaptado para os rios da península Ibérica por Alba-Tercedor (1996), gerando o BMWP’ e posteriormente o IBMWP (Iberian Biological Monitoring Work Party Escore System). No Brasil, este índice foi modificado e adaptado à fauna de Minas Gerais por Junqueira e colaboradores (2000) e para os rios paranaenses por Loyola (2000), sendo que este último é utilizado pelo IAP (Instituto Ambiental do Paraná) e Sabesp (Companhia de abastecimento de São Paulo) em biomonitoramento de sistemas hídricos.

No índice EPT (Porcentagem de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) são considerados todos os organismos destas ordens presentes na amostragem, sendo calculada a abundância relativa em relação ao número total de organismos da amostra, maior abundância, maior qualidade da água. Este índice é baseado no conhecimento de que a maioria destes organismos é sensível à poluição orgânica (CARRERA&FIERRO, 2001; RESH & JACKSON, 1993 e ROSENBERG&RESH, 1993).

PROTOCOLOS DE AVALIAÇÃO RÁPIDA

Segundo Minatti-Ferreira e Beaumord (2006), os protocolos de avaliação rápida da integridade ambiental de corpos d’água são amplamente utilizados, permitindo a obtenção de dados em curto prazo e de baixo custo. Essa avaliação é um passo importante para se planejar e implantar programas de manutenção, preservação e recuperação destes ambientes, constitui-se numa ferramenta básica para os órgãos gestores e controladores de recursos naturais.

O equilíbrio das comunidades de macroinvertebrados aquáticos depende da estabilidade dos fatores de energia, qualidade da água e do hábitat, regime de estações e interações bióticas. Dessa forma, a manutenção da qualidade dos recursos hídricos é necessária, uma vez que a alteração em um único fator refletirá na alteração de outro e, por conseguinte, resultará em modificações na estrutura do hábitat, passando assim a limitar a integridade biótica desses ecossistemas (GORMAN e KARR, 1978; KARR e SHLOSSER, 1978; KARR e DUDLEY, 1981).

Segundo Beaumord (2000), os protocolos de avaliação relacionados à qualidade do ambiente utilizados, caracterizam os habitats exclusivamente a partir dos parâmetros físico-químicos para definir a qualidade da água. No entanto os parâmetros adotados não refletem a realidade da

comunidade biológica do ambiente em estudo que está mais relacionado com a integridade do hábitat.

O Protocolo de Avaliação Rápida de ambientes aquáticos nos permite avaliar os impactos na estrutura física dos ecossistemas de maneira descritiva da área de estudo, tendo como base os trabalhos de Hannaford et al. (1997), Barbour et al. (1999) e Callisto et al. (2002).

2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras dos invertebrados foram obtidas em campanhas semestrais (estação seca e chuvosa), durante o ano de 2014 e a definição dos meses que compuseram as estações chuvosa e seca foram adotados com base na distribuição de precipitações nas áreas (médias históricas) ao longo dos anos. Os meses considerados como pertencentes à estação chuvosa foram de abril à agosto, sendo os demais atribuídos à estação seca. O trabalho foi autorizado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) (Licença de Pesquisa e Coleta SISBIO nº: 38724-1).

ÁREA DE ESTUDO

A Caatinga é considerada uma floresta sazonal seca, com limites estão inteiramente localizados no território brasileiro. Esse ecossistema ocupa uma grande área da região nordeste do país, apresentando uma grande variedade de fitofisionomias relacionadas ao clima semiárido, incluindo as caatingas arbóreas e arbustivas, florestas secas, matas de cipó e matas ripárias, entre outros (GARIGLIO et al., 2010).

A Caatinga está sujeita à grande pressão antrópica principalmente devido à expansão da agricultura e à criação extensiva de gado (ALVES et al., 2009; ALBUQUERQUE et al., 2012). Nesse bioma já foi registrada uma redução de 45,6% da cobertura vegetal original (MMA, 2011) e, consequentemente, biodiversidade nativa é fortemente afetada pela perda e modificação de habitats (DRUMOND et al., 2003).

A Catinga sergipana apresenta uma altitude média de 100 m, com condições climatológicas locais definidas por temperaturas elevadas, principalmente durante o verão, com amplitude térmica bastante acentuada. As médias pluviométricas históricas giram em torno de 500 mm, as precipitações são irregulares, ocorrendo normalmente oito meses secos e quatro sub-úmidos, classificando o clima da região como árido, limitado por espaços semiáridos (SANTOS & ANDRADE, 1992).

O regime pluviométrico é marcado por um período seco no verão e outro chuvoso concentrado geralmente entre os meses de abril a agosto, coincidindo com o outono-inverno. As condições climáticas locais caracterizam uma elevada evapotranspiração e a presença muitos de rios temporários, e poucos rios perenes como, por exemplo, o Rio São Francisco, ocorrendo também diversos acúmulos de água de tamanho e duração variáveis chamados tanques, lagoas ou cacimbas (SANTOS & ANDRADE, 1992).

Os fatores climáticos locais permitem classificar a Caatinga da região como hiperxerófila. A vegetação é composta basicamente por três estratos e uma formação arbustiva-arbórea do tipo *Caesalpinia* (catingueira), *Aspidosperma* (pereiro), *Jatropha* (pinhão-bravo) com árvores de maior porte distribuídas de modo esparsa (PRADO, 2005).

As coletas foram realizadas em duas áreas do semiárido do estado de Sergipe: Na região Norte, nós selecionamos o Monumento Natural do São Francisco e região sendo os pontos: Ponto 1 – Barragem 01 do Projeto Jacaré- Curituba (09° 44.832' S e 037° 44.525' W); Ponto 2 – Barragem 02 do Projeto Jacaré-Curituba (09° 44.918' S e 037° 44.091' W); Ponto 3 – barragem da CEHOP (09° 41.637' S e 037° 44.4' W); Ponto 4 – rio São Francisco (09° 41.209' S e 037°39.113' W) no município de Canindé do São Francisco (Figura 2). Na região Sul, nós selecionamos uma porção da Bacia do rio Real, no município de Tobias Barreto e região sendo selecionados os pontos: Ponto 5 – Rio Real (11° 10.730' S e 038° 02.300' W); Ponto 6 – Lagoa 01 (11° 10.666' S e 038° 02.292' W); Ponto 7 – Lagoa 02 (10° 52.801' S e 038° 07.214' W); Ponto 8 – Lagoa 03 (11° 07.176' S e 037°51.197' W); Ponto 9 – Lagoa 04 (11° 07.049' S e 037° 51.998' W); Ponto 10 – Lagoa 05 (11° 07.058' S e 037° 51.853' W); Ponto 11 – Lagoa 06 (11° 07.034' S e 037°51.822' W) no município de Tobias Barreto (Figura 3).

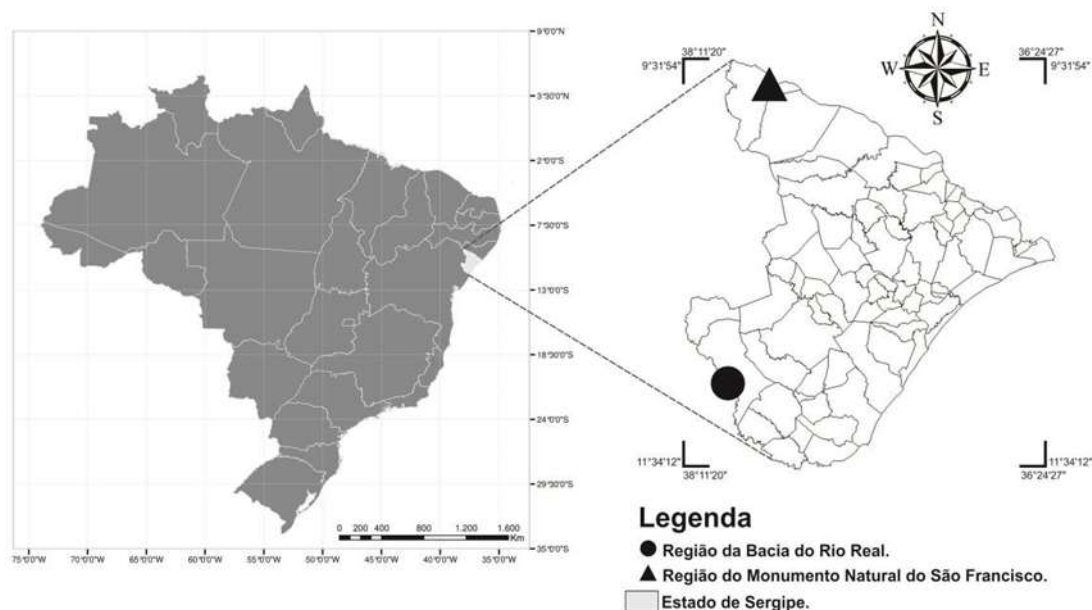


Figura 1. Representação das localidades selecionadas para o desenvolvimento do trabalho no Semiárido Sergipano.

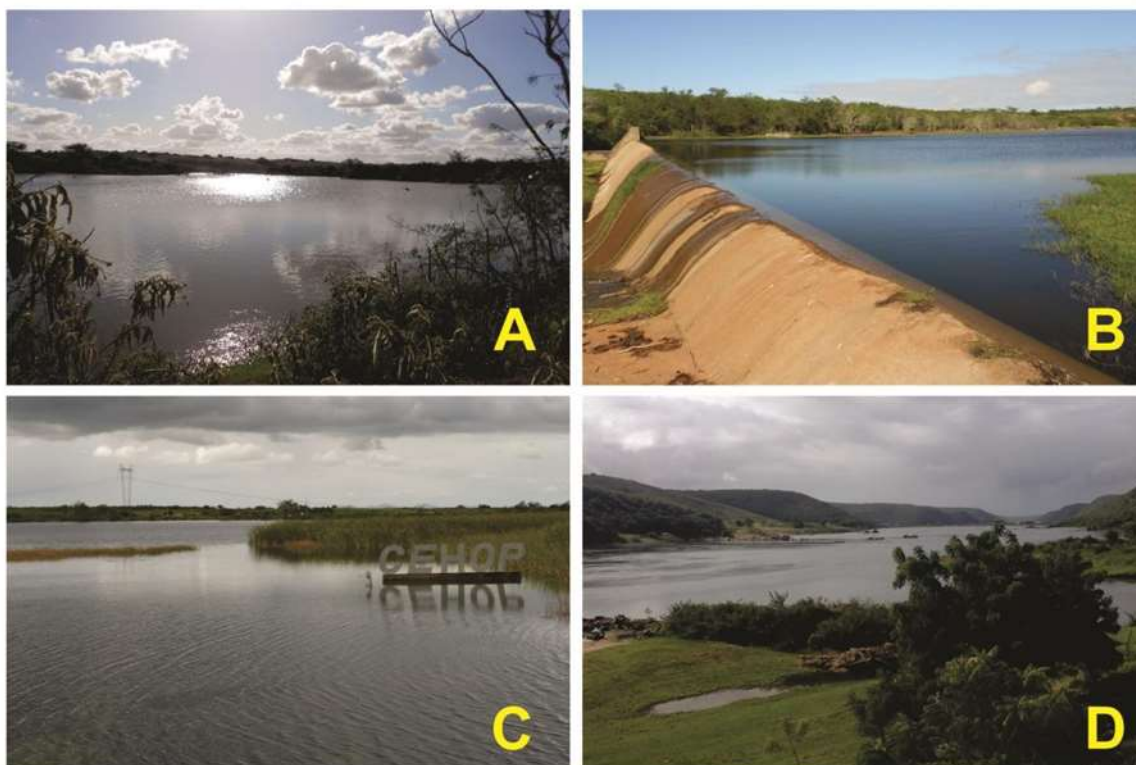


Figura 2. Representação dos pontos de coleta dos insetos aquáticos na porção Norte do estado de Sergipe: **A)** Ponto 1, **B)** Ponto 2, **C)** Ponto 3, **D)** Ponto 4. Fonte: Daniel Santana

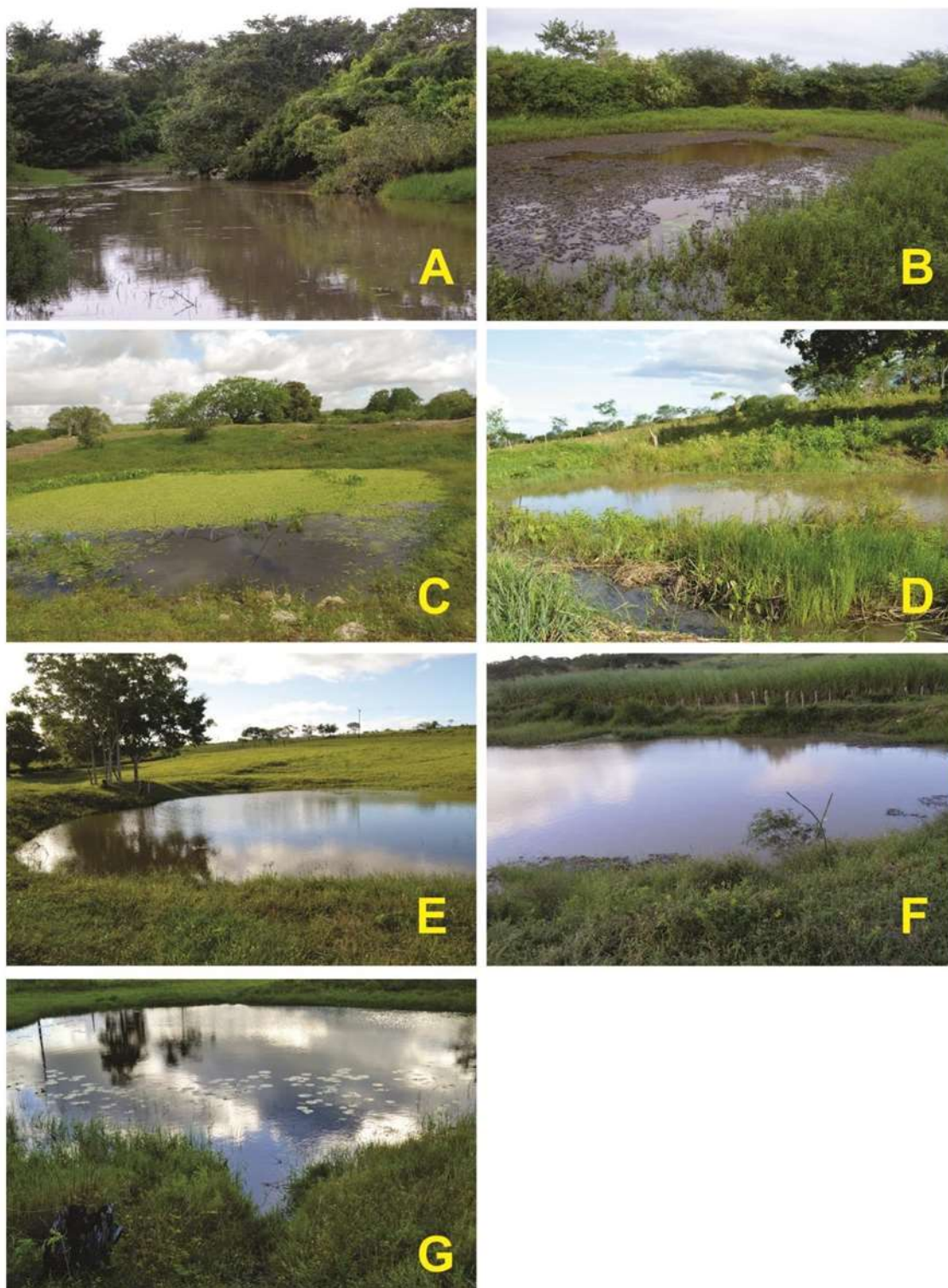


Figura 3. Representação dos pontos de coleta dos insetos aquáticos na porção Sul do estado de Sergipe: **A)** Ponto 5, **B)** Ponto 6, **C)** Ponto 7, **D)** Ponto 8, **E)** Ponto 9, **F)** Ponto 10, **G)** Ponto 11. Fonte: Daniel Santana.

COLETA DOS INSETOS

Para a obtenção dos insetos aquáticos nas áreas de estudo foram realizadas três amostras durante a estação seca e três na chuvosa durante o ano de amostragem. Foi utilizado um coletor cilíndrico de PVC ("core"), com 883,5 cm³ (Figura 4 A), o qual era enterrado 10 cm no substrato e todo o conteúdo recolhido para triagem dos invertebrados. Esse método teve o objetivo de capturar os invertebrados mais associados ao sedimento.

Já o segundo método correspondeu a uma rede de arrasto com malha de 2,5 mm e dois metros de comprimento (Figura 4 B) que era passada uma vez por uma distância de três metros, com o intuito de coletar dos invertebrados disponíveis na coluna d'água e sobre o sedimento. O material coletado foi lavado e posteriormente triado com uso de lupa binocular em Laboratório (Figura 5), e foram identificados ao nível de família.

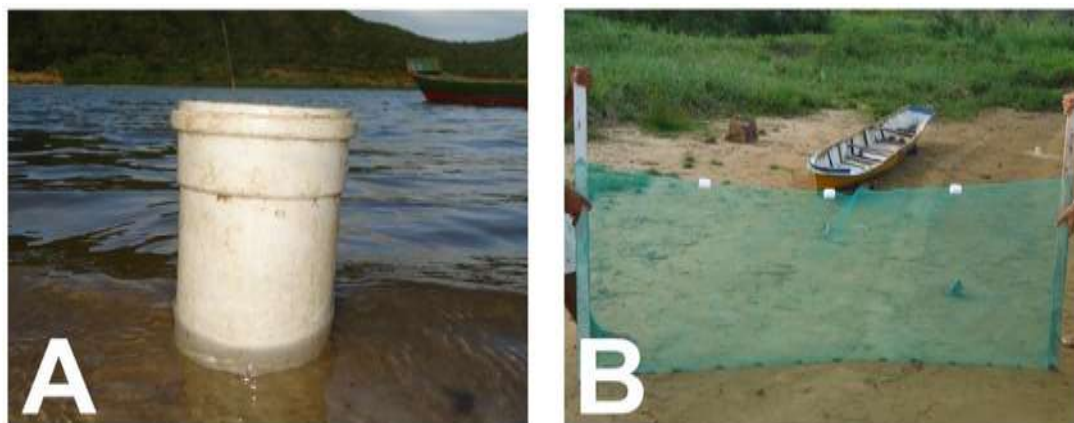


Figura 4. Instrumentos de coleta de insetos aquáticos: **A)** core e **B)** rede de arrasto. Fonte: Daniel Santana.



Figura 5. Identificação taxonômica dos insetos aquáticos em nível de família.

ANALISE ESTATÍSTICA

Para avaliar a diversidade das localidades de amostragem foi utilizado o índice de diversidade Shannon-Wiener (H') (MAGURRAN, 1988). Para avaliar a similaridade estrutural da comunidade de invertebrados utilizamos o índice de Jaccard com a matriz binária de presença e ausência (RESH; MCEIRAY, 1993). Este índice varia de 0 a 1, sendo que 1 indica locais completamente diferentes entre si, ou seja, sem espécies compartilhadas. Comparamos assim, as diferenças entre as localidades estudadas e a influência da estação (seca e chuva) na composição da comunidade de insetos aquáticos.

APLICAÇÃO DOS ÍNDICES BIÓTICOS

Para avaliação da qualidade dos corpos d'água foram utilizados os índices BMWP (Biological Monitoring Working Party) e EPT (ALBA-TERCEDOR, 1996; CALLISTO et al., 2002). O índice BMWP classifica os organismos bentônicos com base na sua tolerância ao impacto ambiental, os valores variam entre 1 e 10 e são atribuídos de acordo com a sensibilidade das espécies. Assim, para obtenção do índice biótico BMWP foi feito o somatório dos score de todas as famílias presentes em cada ponto de coleta e comparado aos valores propostos por ALBA-TERCEDOR (1996).

O índice EPT (proporção de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), é calculado com a abundância destas ordens em relação ao número total de organismos da amostra, o resultado é obtido através da fórmula (GONÇALVES, 2007):

EPT= nº indivíduos (Ephemeroptera+Plecoptera+Trichoptera) x 100 nº total de indivíduos

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram coletados 2.592 indivíduos, pertencentes a 47 famílias distribuídas em 8 ordens, assim distribuídas: 29 famílias ocorreram no Ponto 8, com 430 indivíduos, seguido do Ponto 6, com 21 famílias distribuídas num total de 311 indivíduos, em seguida os Pontos 5, 7, 10 e 11, com 20 famílias distribuídas num total respectivo de indivíduos de 167, 232, 331 e 108, no ponto 9 foram coletados 19 famílias distribuídas no total de 324 indivíduos, no Ponto 4 foram identificadas 14 famílias coletadas distribuídas num total de 423 indivíduos, os pontos que tiveram menor diversidade de famílias foram os Pontos 1 com 3 famílias, 2 com 11 famílias e o 3 com 9 famílias, distribuídos num total de 83, 82 e 101 indivíduos respectivamente (Tabela 1). Estes resultados são aproximados com aqueles encontrados por Silva-Filho (2004) no semiárido da Paraíba, onde a média de famílias foi de 50 por região estudada.

Tabela 1. Famílias de insetos coletados nos pontos amostrados.

ORDEM	FAMÍLIA	Grupos Tróficos	TOTAL	%
COLEOPTERA	Dytiscidae	Pred.	34	1,31%
	Girinidae		47	1,81%
	Hydrophilidae	Detri. Col	133	5,13%
	Elmidae	Detri. Col	14	0,54%
	Girinidae		39	1,50%
	Staphilinidae		3	0,12%
	Haliplidae		3	0,12%
	Nototeridae	Pred.	2	0,08%
	Curculionidae	Miner.	3	0,12%
DIPTERA	Chironomidae		851	32,83%
	Culicidae		23	0,89%
	Ceratopogonidae	Pred.	6	0,23%
	Phoridae		2	0,08%
	Tabanidae	Pred.	2	0,08%
	Chaoboridae		3	0,12%

	Tipulidae	Frag.	1	0,04%
	Psychodidae		1	0,04%
	Simuliidae	Cole. Filt.	5	0,19%
EPHEMEROPTERA	Leptohyphidae	Colet.	88	3,40%
	Leptophlebiidae	Colet.	27	1,04%
	Baetidae	Colet.	114	4,40%
	Caenidae		16	0,62%
HEMIPTERA	Belostomatidae	Pred.	171	6,60%
	Naucoridae		42	1,62%
	Veliidae	Pred.	8	0,31%
	Mesoveliidae	Pred.	19	0,73%
	Notonectidae	Pred.	275	10,61%
	Gerridae	Pred.	1	0,04%
	Nepidae	Pred.	5	0,19%
	Corixidae		7	0,27%
LEPIDOPTERA	Pyralidae	Filt.	1	0,04%
MEGALOPTERA	Corydalidae		25	0,96%
	Sialidae		29	1,12%
ODONATA	Coenagrionidae	Pred.	164	6,33%
	Libellulidae	Pred.	311	12,04%
	Gomphidae	Pred.	24	0,93%
	Aeshnidae	Pred.	7	0,27%
	Calopterygidae	Pred.	37	1,43%
	Corduliidae	Pred.	9	0,35%
	Megapodagrionidae	Pred.	1	0,04%
	Dicteriadidae	Pred.	11	0,42%
TRICHOPTERA	Limnephilidae	Detr. Col.	2	0,08%
	Leptoceridae	Detr. Col.	7	0,27%
	Calomoceradidae		3	0,12%
	Hydroptilidae	Detr. Col.	1	0,04%
	Hidropsychidae	Detr. Col.	7	0,27%

Phylopotamidae	8	0,31%
TOTAL	2.592	

Entre as famílias de ocorrência no semiárido sergipano que mais se destacaram foram Chironomidae (32,83%), Libellulidae (12,04%), Notonectidae (10,65%) e Belastomatidae (6,62%) (Tabela 1), corroborando com o trabalho de Abílio et al (2007) onde foi verificado a predominância de Chironomidae em lagoas temporárias, açudes e riachos do semiárido paraibano e por Silva-Filho (2004) também no semiárido da Paraíba.

Os insetos da Ordem Diptera ocorrem em todos os tipos de habitats em condições adversas, esses organismos possuem grande habilidade fisiológica para tolerar ambientes diversos. Normalmente os Chironomidae perfazem mais da metade do número total de macroinvertebrados nesses ambientes e são os grupos de insetos com a maior distribuição geográfica (QUEIROZ et al., 2000; STRIXINO; TRIVINHO-STRIXINO, 1998).

Segundo Biasi et al. (2010) estudos de biomonitoramento em ambientes aquáticos a família Chironomidae apresenta-se com grande diversidade e abundância praticamente em todos os pontos de coleta. Muitos fatores podem ter contribuído para esse resultado, dentre eles as características fisionômicas da região semiárida tais como a sazonalidade e a deposição de matéria orgânica no fundo dos corpos d'água.

A sazonalidade é bem definida na região semiárida, com período chuvoso curto e um longo período seco. Na região de Tobias Barreto não houve diferença significativa na diversidade de insetos entre os períodos seco e chuvoso, mostrando alta similaridade (72%). Já na região do Monumento Natural do São Francisco houve maior diversidade no período de estiagem, com baixa similaridade (42%). De modo geral a região de Tobias Barreto apresentou maior diversidade do que a região do Monumento Natural do São Francisco (Tabela 2).

Tabela 2. Índices de diversidade de Shannon e similaridade de Jaccard para as áreas de coleta no semiárido sergipano.

Diversidade de Shannon (H')		Similaridade de Jaccard (J)
Tobias Barreto_Geral	2,74	0,6
MNSF_Geral	0,86	

_Tobias Barreto_Chuva	<u>2,61</u>	0,72
Tobias Barreto_Seca	2,7	
_MNSF_Chuva	<u>0,66</u>	0,42
MNSF_Seca	1,01	

Diversos trabalhos mostram que existem mudanças sazonais na comunidade de macroinvertebrados no ambiente (ABÍLIO et al., 2007; BARBOLA et al., 2011; TELES et al., 2013). Contudo, é no período seco onde pode ocorrer um aumento nas populações e na diversidade de insetos aquáticos por muitas razões como, por exemplo, o aumento da disponibilidade alimentar na forma de detritos e material vegetal, permitindo assim que o ambiente suporte maiores densidade de invertebrados.

Outro fator está relacionado com as temperaturas mais altas e o foto período que podem contribuir aumentando as taxas reprodutivas desses animais. E por fim, a diminuição da profundidade da coluna de água que pode favorecer algumas espécies de invertebrados aquáticos, como por exemplo os que se alimentam por filtração, além de provocar um efeito de concentração, resultando assim em maiores densidades e diversidades nesse período especificamente (EXTENCE, 1981).

Outra questão relacionada com a diversidade de macroinvertebrados é a qualidade dos ambientes dulcícolas e da água calculada através dos índices EPT, BMWP e protocolo de avaliação rápida de diversidade de habitat (PARDH).

Desta forma, aplicando-se o Índice BMWP nas áreas de coleta foi observado que na região do Monumento Natural do São Francisco os corpos d'água apresentaram qualidade que variam de ruim a bom, os pontos 1 (18 pontos de score) e 2 (17) foram considerados ruins segundo a classificação de Alba- Tercedor e Sánchez-Ortega (1988) (Tabela 4); o ponto 3 (40) apresentou qualidade regular e o ponto 4 (69) apresentou água de boa qualidade. Já na região de Tobias Barreto a qualidade de água variou entre boa e excelente, sendo os ponto 5 (82), 6 (62), 7 (84), 9 (81), 10 (79) e 11 (73 pontos) considerados como água de boa qualidade e o ponto 8 (130) considerada de excelente qualidade (Tabela 3).

Tabela 3. Índices bióticos e Protocolo de avaliação rápida de diversidade de habitat dos corpos d'água do semiárido sergipano.

		BMWP	EPT	PARDH	TOTAL DE INSETOS	Nº DE FAMILIAS	%
MNSF	Ponto 1	18	0,00	32	83	03	3,2%
	Ponto 2	17	0,08	31	82	05	3,2%
	Ponto 3	40	24,24	25	101	09	3,9%
	Ponto 4	69	0,62	22	423	13	16,3%
Tobias Barreto	Ponto 5	82	0,50	23	167	20	6,4%
	Ponto 6	62	3,05	22	311	21	12,0%
	Ponto 7	84	1,08	28	232	20	9,0%
	Ponto 8	130	0,85	28	430	29	16,6%
	Ponto 9	81	1,93	21	324	14	12,5%
	Ponto 10	79	1,20	22	331	20	12,8%
	Ponto 11	73	0,50	21	108	20	4,2%
TOTAL					2592		

Segundo Moreno e Callisto (2005), em situações extrema, como a exemplo das áreas degradadas, pode ser encontrados pouquíssimos grupos de macroinvertebrados bioindicadores em elevadas densidades. Isso pode ser observado nos resultados obtidos em ambos os pontos, onde nos pontos atribuídos as qualidades de água Ruim e Regular foram coletadas baixa diversidade de famílias, já nos pontos que foram atribuídos as qualidades de água Boa e Excelente foram coletadas maior diversidade de famílias.

Tabela 4. Significado do método BMWP modificado por Alba-Tercedor e Sánchez- Ortega (1988) e classes de águas.

Classe	Faixa de pontuação	Qualidade da água
1	>150	Excelente
2	61-100	Boa
3	36-60	Regular
4	16-35	Ruim

Além da baixa pontuação no índice BMWP obtidos para os pontos 1 e 2 e consequentemente classificados como de ruim qualidade de água, apresentaram também um elevado número de Chironomidae, 91,57% e 76,83%, respectivamente. Esses dados são semelhantes a Amorim e Castillo (2009) que encontraram 57,6% de Chironomidae de todos os organismos coletados no rio Perequê. A família Chironomidae é altamente resistente às alterações antrópicas (ALBA-TERCEDOR; SANCHEZ-ORTEGA, 1988), além de ser uma família generalista e mineradora de macrófitas o que explica sua presença nos locais de amostragem mais alterados (TRIVINHO-STRIXINO et al., 2000).

O ponto 3 apresentou maior abundância de Coenagrionidae (Odonata) com 22,77%. O ponto apesar de apresentar uma alta percentagem de Chironomidae (81,56%) foi compensado com as famílias da Ordem Ephemeroptera sendo assim classificada no índice BMWP como de boa qualidade; no ponto 5 teve maior ocorrência de Notonectidae (Hemiptera) com 57,49%; no ponto 6 houve predominância de Leptohyphidae (Ephemeroptera) e Libellulidae (Odonata) com 13,50% para cada família; no ponto 7 apesar de ter uma porcentagem relativa de Chironomidae (47,41%) teve ocorrência de duas famílias de Ephemeroptera e uma de Trichoptera que ajudaram a determinar este ponto como de boa qualidade de água; no ponto 8 teve predominância de Notonectidae (Hemiptera) com 28,14%, além de apresentar grande diversidade de famílias de macroinvertebrados sensíveis as alterações classificando-o como de excelente qualidade; no ponto 9 apesar da presença de Chironomidae (36,11%) teve ocorrência de duas famílias de Ephemeroptera e três de Trichoptera; no ponto 10 houve maior número de Libellulidae (Odonata) com 22,36% e no ponto 11 a família Chironomidae ocorre com 20,40% e quatro famílias de Ephemeroptera. Sendo necessário frisar que as Ordens Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera são as mais sensíveis em relação a alterações ambientais e a Diptera (Chironomidae) as mais tolerantes e resistentes às alterações antrópicas.

Quanto aos resultados do índice EPT que avalia a porcentagem das Ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera sobre o total de insetos coletados, mostrou que o ponto 3 foi regular e os demais foram de qualidade de água ruim (Tabela 3), segundo a classificação de Gonçalves (2007) (Tabela 5). Isso ocorreu provavelmente porque a Ordem Plecoptera não apresentou ocorrência em nenhum dos pontos de coleta, além disso, as Ordens Ephemeroptera e Trichoptera ocorrem em baixa densidade, uma vez que o índice EPT leva em consideração a proporção de espécimes coletados e o índice BMWP

leva em conta a presença e ausência dos organismos, por isso os valores dos índices podem ser diferentes.

Tabela 5. Classe de qualidade e significado dos valores do índice EPT, segundo Gonçalves (2007).

Porcentagem de EPT	Qualidade da água
75%-100%	Muito Boa
50% - 74%	Boa
25% - 49%	Regular
0% - 24%	Ruim

O PARDH avalia um conjunto de parâmetros em categorias descritas e pontuadas de 0 a 4 e de 0 a 5. Esta pontuação é atribuída a cada parâmetro com base na observação das condições de habitat. O valor final do protocolo é obtido a partir do somatório dos valores atribuídos a cada parâmetro independentemente. As pontuações finais refletem o nível de preservação das condições ecológicas dos ambientes aquáticos estudados, onde de 0 a 40 pontos representam ambientes impactado, 41 a 60 pontos representam ambientes alterados e acima de 61 pontos representam trechos naturais (Callisto et al., 2002). Desta forma todos os corpos d'água estudados neste trabalho apresentaram valores inferiores a 40 pontos, sendo, portanto classificados como impactados.

Segundo Teles et al. (2013), a aplicação do Protocolo de Avaliação Rápida nos 4 riachos totalizou em 163 pontos de observação percorridos desde as nascentes até a jusante rio Jacarecica I na região Agreste do estado de Sergipe no município de Itabaiana, O resultado deste protocolo aplicado aponta que a maior parte dos riachos nos segmentos estudados apresentou-se em condições naturais. Diferentemente dos resultados apresentados no presente trabalho.

4. CONCLUSÕES

A análise do Protocolo de Avaliação Rápida considerou que muitos os pontos amostrados apresentam característica de ambiente impactado. Os valores encontrados pelo Índice EPT conforme eficiências dos grupos classificaram o ponto 3 como a qualidade da água regular e os demais pontos de qualidade ruim. A análise do BMWP classificou a qualidade da água dos pontos amostrados da seguinte maneira: pontos 1 e 2 ruim, 3, 5, 6, 7, 9, 10 e 11 boa e ponto 8 excelente. Com relação aos reflexos da sazonalidade (períodos seco e chuvoso) na diversidade de insetos aquáticos, onde o período seco

obteve maior diversidade nas duas regiões semiáridas estudadas, marca um alto grau de influência dos parâmetros ambientais nas comunidades de insetos aquáticos estudadas.

Nossos resultados indicam que as diferenças temporais e antrópicas verificadas representam um ajuste ecológico interessante e indica uma forte influência na composição das comunidades de insetos aquáticos. Assim, as diferenças as variações na diversidades de insetos aquáticos podem ser reflexo tanto dos fatores ecológicos quanto à diferentes pressões antrópicas ocorridas nas localidades.

5. REFERÊNCIAS

- Abílio, F. J. P., Ruffo, T. L., Souza, A. H. F. F., Florentino, H. S., Oliveira-Junior, E. T., Meireles, B. N., & Santana, A. C. D. (2007). Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade ambiental de corpos aquáticos da Caatinga. *Oecologia Brasiliensis*, 11(3): 397-409.
- Alba – Tercedor, J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los rios. In-IX Simpósio del Agua en Andalucia (SIAGA), Almeria, pp. 203-213, 1996.
- ALBUQUERQUE, U.P.; ARAÚJO, E.L.; EL-DIER, A.C.A.; LIMA, A.A.L.; SOUTO, A.; BEZERRA, B.M.; FERRAZ, E.M.N.; FREIRE, E.M.X.; SAMPAIO, E.V.S.B.; LAS-CASAS, F.M.G.; MOURA, G.J.B.; PEREIRA, G.A.; MELO, J.G.; RAMOS, M.A.; RODAL, M.J.N.; SCHIEL, N.; LYRA-NEVES, R.M.; ALVES, R.R.N.; AZEVEDO- JÚNIOR, S.M.; TELINO JÚNIOR, W.R.; SEVERI, W. 2012. Caatinga revisited: Ecology and Conservation of an important Seasonal Dry Forest. *Scientific World Journal*, 2012:1-18.
- ALVES, J.J.A.; ARAÚJO, M.A.; NASCIMENTO, S.S. 2009. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. *Caatinga*, 22(3):126-135.
- Barbola, I. F., Moraes, M. F. P. G., Anazawa, T. M., Nascimento, E. A., Sepka, E. R., Polegatto, C. M., Milléo, J., & Schühli, G. S. (2011). Avaliação da comunidade de macroinvertebrados aquáticos como ferramenta para o monitoramento de um reservatório na bacia do rio Pitangui, Paraná, Brasil. *Iheringia. Série Zoologia*, 101(1-2): 15-23.
- Barbour, M.T.; Gerritsen, J.; Snyder, B.D. e Stribling Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Peryphiton, Benthic Macroinvertebrates and Fish, 2nd edition. SEPA-Environmental Protection Agency, Washigton, 1999.
- Brasil, 2007. Vamos cuidar do Brasil: conceitos e práticas em educação ambiental na escola. Ministério da educação, Coordenação geral de educação ambiental: Ministério do Meio ambiente, UNESCO, 2007.
- Buss. D.F.; Baptista, D.F.; Nesimian, J.I. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. *Caderno Saúde Pública*, v.19, 465-473, 2003.
- Callisto, M. ; Ferreira, W. ; Moreno, P. ; Goulart, M. D. C. e Petrucio, M. Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). *Acta Limnologica Brasiliensia*, 14, 91-98, 2002.
- Callisto, M. ; Goulart, M. ; Medeiros, A. O. ; Moreno, P. e Rosa, C. A. Diversity assessment of benthic macroinvertebrates, yeasts and microbiological indicators along a longitudinal gradient in Serra do Cipó, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 64, 743-755, 2005.
- Callisto, M.; Moretti, M. e Goulart, M. D. C Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 6, 71-82, 2001.
- Cao, Y., Bark, A. W. e Williams, W. P. Measuring the responses of macroinvertebrate communities to water pollution: a comparison of multivariate approaches, biotic and diversity indices, *Hydrobiologia*, 341, 1-19, 1996.

- Capoleti, C. Biomonitoramento da qualidade da água na estação de tratamento de água Rio Grande, São Bernardo do Campo, SP. Dissertação de mestrado, São Paulo, 2005.
- Carrera, C. e Fierro, K. Manual de Monitoreo: los Macroinvertebrados Acuáticos como Indicadores de la Calidad Del Agua. Eco Ciência, Quito, 2001.
- Chandler, J. R. A biological approach to water quality management. *Water Pollution Control*, 69, 415-421, 1970.
- CIRILO, J. A; MONTENEGRO, S.M.G.L.; CAMPOS, J.N.B. (2010). "A questão da água no semiárido brasileiro" Águas do Brasil análises estratégicas. Org. por Bicudo, C.E. de M; Tundisi, J.G.; Scheuenstuhl, M.C.B.1 ed. : Instituto de Botânica, São Paulo, pp. 81-91.
- Clarke, K.R. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18: 117-143, 1993.
- Corgosinho, P.H.C.; Calixto, L.S.F.; Fernandes, P.L.; Gagliardi, L.M. e Balsamão V.L.P. Diversidade de habitats e padrões de diversidade e abundância do bentos ao longo de um afluente do reservatório de Três Marias, MG., *Arq. Inst. Biol.*, 71, 227-232, 2004.
- COSTA, F. J. L. Estratégias de Gerenciamento dos Recursos Hídricos no Brasil: Áreas de cooperação com o banco mundial. Brasília: Estação Gráfica, 2003. 201 p.
- Crawley, M.J. Statistical computing – an introduction to data analysis using s-plus. John Wiley & Sons, London, UK.2007.
- Cruz, M.A.S. Caracterização da bacia do rio Japarutuba em Sergipe com auxílio de geotecnologia. Anais II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas, Serviços ambientais e sustentabilidade. Taubaté, 617624, 2009.
- Cummins, K. W. e Klung, M. J. Feeding ecology of stream invertebrates. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 10, 147-172, 1979.
- Cummins, K. W.; Merritt, R. W. e Andrade, P. C. N. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 40, 69-89, 2005.
- Cummins, K. W. Structure and function of stream ecosystems. *Bio Science*, 24, 631- 641, 1974.
- Cummins, K. W. Trophic relations of aquatic insects. *Annu. Rev. Entomol.*, 18, 183- 206, 1973.
- Czerniawska-Kusza, I. Comparing modified biological monitoring working party score system and several biological indices based on macroinvertebrates for water- quality assessment, *Limnologia*, 35, 169-176, 2005.
- DRUMOND, M.A.; KIILL, L.H.P.; LIMA, P.C.F.; OLIVEIRA, M.C.; OLIVEIRA, V.R.; ALBUQUERQUE, S.G.; NASCIMENTO, C.E.S.; CAVALCANTE, J. 2003. Estratégias para o uso sustentável da biodiversidade da Caatinga. In: J.M.C. SILVA; M. TABARELLI; M.T. FONSECA; L.V. LINS (orgs.), *Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação*. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, p. 328-340.

Extence, C. A. (1981). The effect of drought on benthic invertebrate communities in a lowland river. *Hydrobiologia*, 83(2): 217-224.

FRANÇA, J. S. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade de água: experiências em educação ambiental e mobilização social. *Revista Extensão*, v.2, n.1, 2012, pp. 197-206, 2012.

FREITAS, A. D. Macroinvertebrados Bentônicos como Indicadores de Qualidade de Água de Nascentes em Diferentes Estágios de Conservação. 2010, 40 f. Monografia. (Graduação em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas, Inconfidentes, 2010.

FREITAS, F.R.S.; RIGHETTO, A.M.; ATTAYDE, J.L.; (2011). “Cargas de fósforo total e material em suspensão em um reservatório do semi-árido brasileiro”. *Oecologia Australis* v.15, pp. 655-665.

Galindo, I.C.L.; Ribeiro, M.R.; Santos, M.F.A.V.; Lima, J.F.W.F.; Ferreira, R.F.A.L. Relação solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no município de Jataúba, Pe. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:1283-1296, 2008.

GARIGLIO, M.A.; SAMPAIO, E.V.S.B.; CESTARO, L.A. 2010. Uso sustentável e conservação dos recursos florestais da caatinga. Brasília, Serviço Florestal Brasileiro, 369 p.

GONÇALVES, F. B. Análise Comparativa de Índices Bióticos de Avaliação de Qualidade de Água, utilizando Macroinvertebrados, em um Rio Litorâneo do Estado do Paraná. Dissertação em Ecologia da Conservação, UFPR, Curitiba, 2007.

Gorman O T, Karr J R. Habitat structure and stream fish communities. *Ecology*, V. 59, p. 507-515, 1987.

Gotelli, N.J.; Ellison, A. M. Princípios de estatística em ecologia. Artmed, 528 pp.2010.

Griffith, M. B.; Hill, B. H.; McCormick, F. H.; Kaufmann, P. R.; Herlihy, A. T. e Selle A. R. Comparative application of indices of biotic integrity based on periphyton, macroinvertebrates, and fish to southern Rocky Mountain streams. *Ecological Indicators*, 5, 117-136, 2005.

Teles H. F.; M. S. Linares ; P. A. Rocha ; A. S. Ribeiro. Avaliação Ambiental dos Recursos Hídricos no Parque Nacional Serra de Itabaiana-Sergipe. *Scientia Plena* 9, 052401 2013.

Hammer, M.F.; Karafet, T.M.; Redd, A.J.; Jarjanazi, H. Santachiara-Benerecetti, S.; Soodyall, H.; Zegura, S.L. Hierarchical patterns of global human Y-chromosome diversity. *Molecular Biology Evolution*, 18: 1189–1203, 2001.

HANNAFORD, M. J.; BARBOUR, M. T.; RESH, V. H. Training reduces observer variability in visualbased assessments of stream habitat. *Journal of the North American Benthological Society*, v. 16, n. 4, p. 853-860, 1997.

Hilsenhoff, W. L. Use of arthropods to evaluate water quality of streams. Technical Bulletin Nº 100. U.S. Department of Nature Research, Washigton, 1977.

Hutcheson, K. A Test for Comparing Diversities based on the Shannon Formula. *Journal of Theoretical Biology* 29, 151-4. 1970.

- Iliopoulou-Georgudaki, J.; Kantzaris, V.; Katharios, P.; Kaspiris, P.; Georgiadis, Th e Montesantou, B. An application of different bioindicators for assessing water quality: a case study in the rivers Alfeios and Pineios (Peloponnisos, Greece). *Ecological Indicators*, 2, 345-360, 2003.
- Junqueira, M. V.; Amarante, M.C.; Dias, C.F.S. e França, E.S. Biomonitoramento da qualidade das Águas do Alto Rio Velhas (MG/ BR) Através de Macroinvertebrados. *Acta Limnológica Brasileira*, 12, 73-87, 2000.
- Karr J R, Dudley D R. Ecological perspective on water quality goals. *Environmental Management*, v. 5, p. 55-58, 1981.
- Karr J R, Schlosser I J. Water resources and the landwater interface. *Science*, v. 201, p. 229-234, 1978.
- Karr, J.R. Assessment of Biotic Integrity Using Fish Communities. *Fisheries*, 6, 21- 27, 1981.
- Kolkwitz, R. e Marsson, M. (1909), *Ökologie der teirischen Saprobie*. *Beiträge zur Lehre von der biologischen Gewässerbeurteilung. Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und hydrographie*, 2, 126-152, 1909.
- Kolkwitz, R. e Marsson, M. *Ökologie der pflanzlichen Saprobie*. *Berichte Der Deutschen Botanischen Gesellschaft*, 26A, 505-519, 1908.
- Lake, P.S. Disturbing hard and soft bottom communities: a comparison of marine and freshwater environments. *Australian Journal of Ecology*, Carlton, 15:477-488, 1990.
- Lionello, C.L.; Santos-Wisniewski, M.J.; Pamplin, P.A.Z. Caracterização da fauna de insetos aquáticos e diagnóstico ambiental do Córrego dos Aflitos (Alfenas, MG). *Revista de Biologia e Ciências da Terra*. V 11, n. 1, 2011.
- LOYOLA, R. G. N. Atual estágio do IAP no uso de índices biológicos de qualidade. In: SIMPÓSIO DE ECOSISTEMAS BRASILEIROS: CONSERVAÇÃO, 5, 2000, Vitória. Anais... Vitória (ES), 2000.
- Loyola, R. G. N. e Brunkov, R. F. Monitoramento da qualidade das águas de afluentes da margem esquerda do reservatório de Itaipu. Período: Fevereiro de 1996 a agosto de 1997. IAP, Curitiba, 1998.
- Loyola, R.G.N. Atual estágio do IAP no uso de índices biológicos de qualidade. In- Anais do V Simpósio de Ecossistemas Brasileiros: Conservação. ACIESP, São Paulo, pp.46-52, 2000.
- MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007, 688p.
- Magurran, A. E. *Ecological diversity and its measurement*. 177 p., 1988.
- Marques, M.G.S. M., Ferreira, R.L. e Barbosa, F.A.R. A comunidade de Macroinvertebrados Aquáticos e características Limnológicas das Lagoas Carioca e da Barra, Parque Estadual do Rio Doce, MG. *Revista Brasileira de Biologia*, 1999, Vol. 59 (2): 203-210.
- MENDES, B.V. (1997). Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do Semiárido. Fortaleza: SEMACE. 108 p.

Merrit, R.W. e Cummins, K.W. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3ª ed., Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque Iowa, 1996.

Metcalf, J. L. Biological water quality assessment of running waters based on macroinvertebrate communities: History and present status in Europe. *Environmental Pollution*, 60, 101-139, 1989.

Minatti-Ferreira, D.D.; Beaumord, A.C. Adequação de um protocolo de avaliação rápida de integridade ambiental para ecossistemas de rios e riachos: aspectos físicos. *Revista Saúde e Ambiente*, v. 7, n. 1, 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). 2011. Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite. Acordo de Cooperação Técnica MMA/IBAMA. Monitoramento do Bioma Caatinga 2008-2009. Brasília, MMA, IBAMA. Junho de 2011. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/relatorio_tecnico_caatinga_2008_2009_72.pdf. Acesso em: 09/02/2017.

MORENO, P.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água ao longo da bacia do Rio das Velhas (MG). Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Embrapa, 2005.

Moulton, T. P. Saúde e integridade do ecossistema e o papel dos insetos aquáticos. In-*Ecologia de insetos aquáticos. Series Oecologia Brasiliensis*, Vol5, ed. J.L. Nessimian e A. L. Carvalho. PPGE-UFRJ, Rio de Janeiro, pp. 281-298, 1998.

PALHARES, J. C. P.; MATTEI, R. M. Monitoramento da qualidade da água de bebida dos humanos e dos animais em propriedades rurais de uma microbacia no município de Concórdia – SC. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23.. Campo Grande, 2005. Anais...Campo Grande: ABES, 2005.

Pimenta, S.M.; Peña, A.P.; Gomes, P.S. Aplicação de métodos físicos, químicos e biológicos na avaliação da qualidade das águas em área de aproveitamento hidroelétrico da bacia do rio São Tomás, município de Rio Verde-Goiás. *Sociedade & Natureza*, Uberlândia, 21, (3): 393-412, 2009.

Prado, D. 2005. As Caatingas da América do Sul, p. 3-73. In: *Ecologia e Conservação da Caatinga*. (Leal I. R., Tabareli, M. & Silva, J. M. C., Eds.). Recife: Editora da UFPE, 2005. 806p.

PROGRAMA NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (PNMA). PNMA II – índices e indicadores. Revisão, Brasília, 2007, v.2, n.1, 114 pp., 2007.

Queiroz, J.F. Organismos bentônicos: Biomonitoramento da qualidade de água. EMBRAPA, São Paulo, 2008.

Resh, V. H. & E. P. McElravy, 1993. Contemporary Quantitative Approaches to Biomonitoring Using Benthic Macroinvertebrates. In M. Rosenberg & V. Resh (eds), *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York, 488 pp.

Resh, V. H. e Jackson, J. K. Rapid assessment approaches to biomonitoring using benthic macroinvertebrates. In-*Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*, ed. D.M. Rosenberg e V.H. Resh. Chapman & Hall, New York, pp. 195-233, 1993.

- Rodrigues, A.S.L.; Malafaia, G.; Castro, P.T.A. A importância da avaliação do habitat no monitoramento da qualidade dos recursos hídricos: uma revisão. *SaBios: Rev. Saúde e Biol.*, v 5, n. 1, p 26-42, 2010.
- Rosenberg, D.M. e Resh, V.H. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York, 1993.
- Santos, A.F. & Andrade, J.A. 1992. Caracterização e delimitação do semi-árido sergipano, Aracaju: CNPq/UFS.
- Semenchenko, V. P. e Moroz, M. D. Comparative analysis of biotic índices in the monitoring system of running water in a Biospheric Reserve. *Water Resources*, 32, 200-203, 2005.
- Silva, P. S. C. Revisão dos principais índices bióticos utilizados em monitoramento ambiental através de macroinvertebrados bentônicos. Monografia de conclusão de curso, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil, 2005.
- Silveira, M. P. Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios, Documentos 36. Embrapa, Jaguariúna, 2004.
- Simberloff, D. e Dayan, T. The guild concept and the structure of ecological communities. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 22, 115-143, 1991.
- Teles, H. F., Linares, M. S., Rocha, P. A., & Ribeiro, A. S. (2013). Macroinvertebrados Bentônicos como Bioindicadores no Parque Nacional da Serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. *Revista Brasileira de Zoociências*, 15(1, 2, 3): 123-137.
- Thorne, R. e Williams, P. The response of benthic macroinvertebrates to pollution in eveloping countries: a multimetric system of bioassessment. *Freshwater Biology*, 37, 671–686, 1997.
- Timm, H.; Ivask, M. e Möls, T. Response of macroinvertebrates and water quality to long-term decrease in organic pollution in some Estonian streams during 1990- 1998. *Hydrobiologia*, 464, 153-164, 2001.
- Tucci, C.E M. & Silveira, A.L.L (Org.). 2007. *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre, Editora da UFRGS/ ABRH.
- Woodwiss, F. S. The biological system of stream classification used by the Trent River Board. *Chem. Ind.*, 443-447, 1964.

Capítulo 5



10.37423/240909285

TÊMPERA DO AÇO CARBONO SAE ABNT 1045 UTILIZANDO ÓLEO ESSENCIAL DE LARANJA

Janaina Fracaro de Souza Gonçalves

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Vitor Augusto Marques Tuma

UniSENAI-Campus Londrina

William de Lima Martins

UniSENAI-Campus Londrina

Adriana Giseli Leite Carvalho

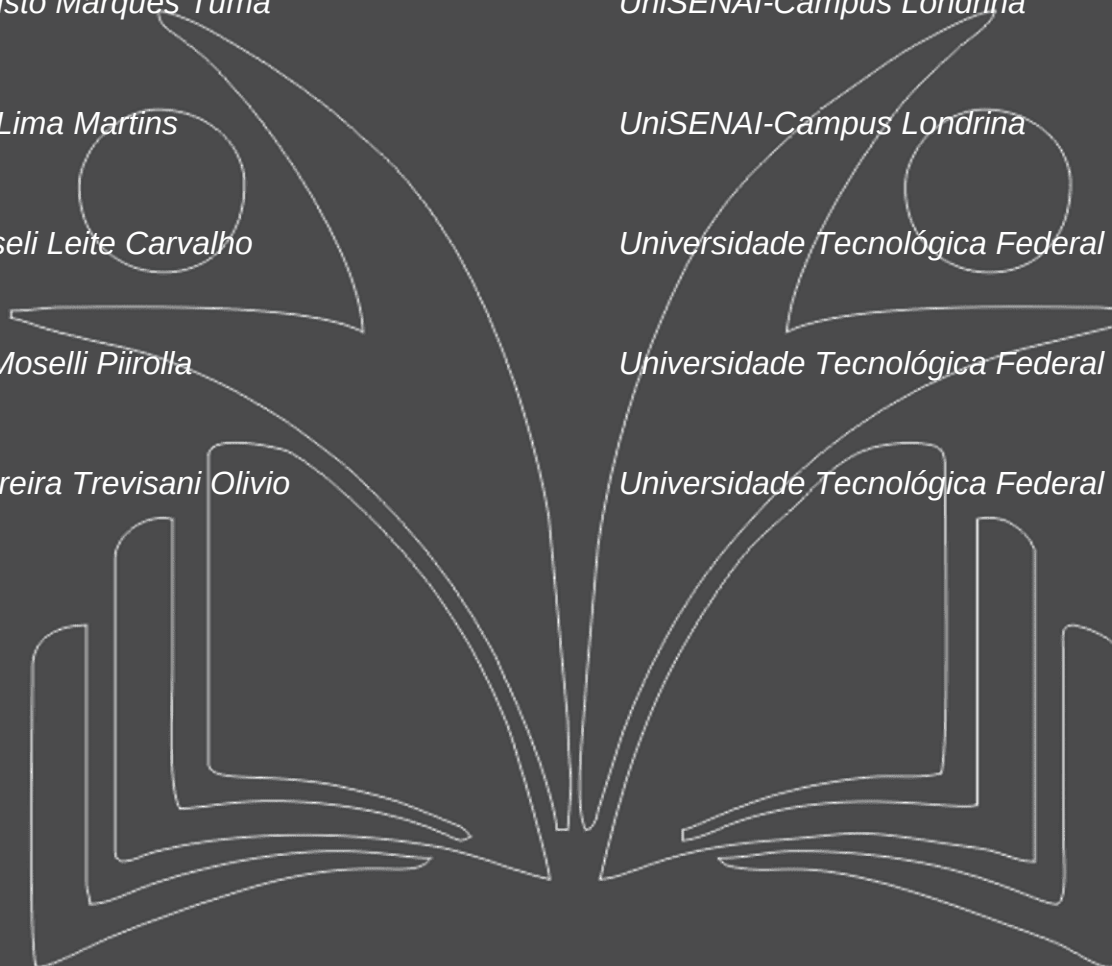
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Emilienne Moselli Piirolla

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Émillyn Ferreira Trevisani Olivio

Universidade Tecnológica Federal do Paraná



Resumo: A reutilização de rejeitos da indústria tem recebido um foco crescente nas últimas décadas, buscando maneiras de utilizar ao máximo os recursos retirados da natureza. Materiais que possuem propriedades que podem ser aplicadas em diversas áreas da engenharia, como o caso do óleo essencial da casca de laranja que possui propriedades antioxidantes. Este trabalho visa utilizar o óleo na têmpera do aço 1045 com o objetivo de analisar sua eficiência e verificar a transmissão da sua propriedade antioxidante na estrutura do metal, realizando o seu tratamento térmico com óleo comum de tempera e o óleo essencial e expondo ao meio aquoso de forma contínua, forçando a oxidação.

Palavras-chave: Tratamento térmico; Limoneno; Antioxidante; Corrosão; Material ferroso.

1 INTRODUÇÃO

Com o material ressaço e em forma de pó, pode-se extrair o óleo essencial da laranja por meio de processos específicos, como prensagem a frio ou destilação por arraste de vapor ou hidro destilação. O óleo essencial é composto por aproximadamente 90% da substância D-Limoneno (FERNANDES et al., 2016).

Estudos recentes indicam que muitos compostos naturais possuem propriedades antioxidantes, que podem ser utilizadas como inibidores de corrosão em meios ácidos. Segundo Rocha e Gomes (2018) essas substâncias são utilizadas em aço carbono, devido ao seu baixo custo e grande utilização e por gerarem um filme protetor quando expostos aos antioxidantes.

É uma substância amplamente utilizada nas indústrias farmacêuticas e de cosméticos como principal ativo de produtos, devido suas propriedades antioxidante, antimicótica e antimicrobiana. Ao analisar a composição do óleo essencial da laranja, é possível observar que este terpeno representa grande parte da sua composição, tornando sua utilização ainda mais viável devido a pureza encontrada.

A sua obtenção pode ser realizada por diferentes processos, mas a sua taxa de extração é muito baixa quando analisada a razão entre a quantidade de óleo obtido e a massa necessária para extração. Devido à baixa taxa de aproveitamento este óleo possui um valor elevado no mercado, que segundo Mergulhão et al. (2018), em 2010 pagou-se US\$ 2 mil dólares pela tonelada do produto.

Dentre as ligas de aço carbono disponíveis no mercado atualmente, o aço SAE ABNT 1045 se destaca pelas suas propriedades e pelo baixo valor de custo quando comparado a ligas como o SAE 304, SAE 52100 e SAE 4340. É um material bastante utilizado em tratamentos térmicos, conseguindo adquirir dureza elevada com tempo reduzido e baixa temperatura quando comparado com outros aços, o seu processo de têmpera utiliza-se diferentes meios para resfriamento, como água, óleos e ar, todos apresentando diferentes resultados em suas propriedades.

O método mais utilizado é de aquecimento a 890°C com tempo de patamar de 25 minutos, sendo variável conforme a geometria e volume da peça utilizada, aplica-se após o processo, o revenimento com 890°C e tempo de patamar de 25 minutos com resfriamento a ar ambiente sem ventilação forçada (BEJO et al., 2021).

Após esse processo pode-se verificar diferentes mudanças, tanto na sua estrutura cristalina como na sua aparência. Observa-se que o mesmo escurece após o processo e sua fase muda com o resfriamento rápido tornando o aço mais resistente a esforços e mais frágil a impactos.

O processo de corrosão das ligas de carbono acontece de forma natural, ou seja, faz parte da vida útil da liga oxidar com o tempo, sendo assim procura-se maneiras de evitar esse processo. Dependendo da aplicação, deve-se analisar o meio em que o material ficará exposto, levando como fator decisivo em elaboração de projetos mecânicos.

A oxidação em meio aquoso, assim como em outros meios, parte do princípio da reação do oxigênio com o a superfície do metal, essa interação entre compostos cria o efeito corrosivo, ou seja, o oxigênio como receptor de elétrons na reação catódica, acelera a perda anódica do metal gerando assim sua perda de massa para o meio em que se encontra (BETTANIN, 2018).

Na natureza pode-se encontrar recursos com diferentes propriedades, que são beneficiados nas indústrias para gerar maior valor econômico conforme sua utilização. Pode-se citar como uma das principais commodities agrícolas a laranja tendo a sua produção e comercialização em praticamente todo território nacional.

A demanda pela produção destas commodities vem crescendo no Brasil desde o seu início nos anos 1960, conforme Mergulhão et al. (2018) a exportação e o consumo interno são os principais destinos da fruta sendo que as grandes cooperativas são responsáveis pela compra de 80% da fruta.

O principal produto de beneficiamento da laranja é o seu suco, que representa 50% da composição da fruta, o restante nas grandes cooperativas conforme Mergulhão et al. (2018) acondicionado em estoques depois de passarem pelo processo de ressecamento e trituração.

Esse material extraído do resíduo da laranja é comumente destinado a produção de ração para criação de animais, por isso o presente artigo busca apresentar outra finalidade para este produto, que apresenta em sua composição uma substância antioxidante natural, conhecido como limoneno.

Este trabalho apresenta um estudo do óleo essencial da laranja como opção de composto para têmpera do aço carbono, visando criar uma película antioxidante em sua estrutura cristalina evitando sua corrosão em meio aquoso.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foi realizada a têmpera do aço SAE1045 com óleo essencial de laranja, buscando transmitir sua propriedade antioxidante para o metal, expondo ao meio aquoso durante determinado tempo, observando e medindo parâmetros para identificar as mudanças durante o

experimento. Também foi realizada a têmpera em óleo mineral comum e exposto ao meio aquoso para comparação entre amostras.

Inicialmente foram preparados dois corpos de prova de aço SAE1045 com propriedades conforme a Tabela 1 e identificados de acordo com o processo que iriam ser submetidos.

Para determinar as massas foi utilizado uma balança de precisão e para determinar as medidas utilizou-se um paquímetro analógico, todas essas medidas foram realizadas no laboratório e de maneira simultânea. Os corpos de prova foram usinados e marcados para diferenciar, foram realizados micro furações no corpo de prova que receberia o óleo essencial de laranja.

Tabela 1 – Propriedades dos corpos de prova.

Propriedade	Processo com óleo essencial de laranja	Processo com óleo mineral
Massa inicial(g)	25,75	27,45
Altura (mm)	28,5	28,4
Diâmetro (mm)	12,5	12,5

Os óleos utilizados nas têmperas foram armazenados em dois Beckers de vidro e identificados com fita, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Recipientes com os óleos utilizados nas têmperas.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A Figura 1 mostra o óleo essencial de laranja com o aspecto mais transparente e com coloração amarelada e odor característico cítrico, sua aquisição foi por um fornecedor certificado, com garantia

das propriedades esperadas, visto que seu destino seria para a indústria farmacêutica. Além do óleo mineral utilizado na lubrificação de compressores de ar comprimido, com tonalidade mais escura.

Foram dosados 500 ml de óleo em cada recipiente para realizar o procedimento, essa quantidade foi definida em relação ao volume do corpo de prova ser relativamente pequeno comparado ao volume do recipiente.

Para o processo de têmpera foi utilizado um forno específico para tratamento térmico, com opção de determinar a temperatura desejada de patamar.

Os parâmetros de tratamento térmico seguiram conforme citado anteriormente, com a diferença que não foi realizado o processo de revenimento, visto que as durezas associadas não foram medidas, sendo assim, não necessário este procedimento.

Durante o resfriamento, o óleo essencial se mostrou bastante eficaz, sendo perceptível sua absorção de calor maior que o óleo mineral, os corpos de prova não foram deixados em repouso nos óleos, portanto retirou-se imediatamente após atingirem a temperatura ambiente.

As medidas das massas foram coletadas novamente com o uso da balança de precisão, e, conforme a Tabela 2, foi possível observar mínima mudança nas massas.

Tabela 2 – Massa pós têmpera.

Propriedade	Processo com óleo essencial de laranja	Processo com óleo mineral
Massa inicial(g)	25,76	27,45
Massa pós têmpera (g)	25,73	27,42

Dois recipientes contendo água clorada de torneira foram utilizados em copos de Becker plásticos com aproximadamente 240 ml. Onde, em seguida das medições de massa foram deixados os corpos de prova em repouso.

Para identificação dos recipientes de água clorada foram adotadas faixas de coloração preta (Processo com óleo essencial de laranja) e faixa de coloração branca (Processo com óleo mineral).

Essa identificação foi de suma importância para evitar a troca de recipientes, visto que o pH foi controlado durante o experimento.

O pH (potencial hidrogeniônico) se manteve o durante todo o processo. Foi utilizado para medição as fitas indicadoras, onde foi coletada a informação após 1 dia em repouso.

Nas figuras 2 (a) e (b), são equivalentes aos ensaios realizados, em que o pH foi analisado após 5 dias e após 12 dias.

Figura 2 – (a) Medida do pH após 5 dias. (b) Medida do pH após 12 dias.



Não houve mudança do pH no meio onde estavam os corpos de prova, conforme Tabela 3 dispondo das análises obtidas e pelas imagens pode-se verificar que o pH se manteve próximo a neutralidade durante os 12 dias de repouso.

Tabela 3 – Valores aproximados de pH.

Propriedade	Processo com óleo essencial de laranja	Processo com óleo mineral
pH 1 dia	Entre 5 e 7	Entre 5 e 7
pH 5 dias	Entre 6 e 7	Entre 6 e 7
pH 12 dias	Entre 6 e 7	Entre 6 e 7

Após o período de repouso, retirou-se as amostras dos recipientes e os mesmos foram lavados com água destilada para retirada da oxidação que estava presente nas superfícies.

Após sua retirada, as massas foram novamente analisadas com o auxílio da balança de precisão, para determinar a perda de massa por oxidação de cada corpo de prova estudado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medidas de massa estão dispostas na Tabela 4, observando-se uma redução de 0.03 gramas no material com o tratamento térmico e uso do óleo essencial de laranja.

Tabela 4 – Análise das Massas.

Propriedade	Processo com óleo essencial de laranja	Processo com óleo mineral
Massa inicial(g)	27,76	27,45
Massa pós têmpera (g)	27,73	27,42
Massa final (g)	27,69	27,26

A diferença de massa do corpo de prova feito o processo com o óleo mineral foi a mesma, porém houve diferença após o processo de corrosão, sendo a perda com o óleo essencial de laranja menor em relação ao corpo de prova do óleo mineral.

Tabela 5 – Análise perda de massa pós têmpera.

Propriedade	Processo com óleo essencial de laranja	Processo com óleo mineral
Massa inicial (g)	27,76	27,45
Massa pós têmpera (g)	27,73	27,42
Perda de massa (g)	0,03	0,03

Analisando a perda de massa conforme a Tabela 5 e Tabela 6, é possível ver que houve diferença na quantidade que cada corpo perdeu durante o experimento.

Tabela 6 – Análise perda de massa pós oxidação.

Propriedade	Processo com óleo essencial de laranja	Processo com óleo mineral
Massa pós têmpera (g)	27,73	27,42
Massa final (g)	27,69	27,26
Perda de massa (g)	0,04	0,16

Ao analisar as massas que foram perdidas durante o processo observa-se através da equação 1, a porcentagem de massa cedida de cada corpo de prova durante o experimento.

$$\frac{(massa \text{ pós têmpera} - massa \text{ final})}{massa \text{ pós têmpera}} \times 100 = \% \text{ perda de massa} \quad (1)$$

Realizando os cálculos de porcentagem de perda de massa pode-se verificar que para o processo com óleo essencial de laranja foi de 0,15%, já o processo com óleo mineral de 0,58%.

Ao utilizar o óleo essencial de laranja verifica-se que foi eficaz sua ação no combate a oxidação, atribui-se essa eficiência à formação da película na superfície do metal.

4 CONCLUSÃO

A eficácia das substâncias naturais é resultado de grande parte dos avanços das tecnologias e surgimento de novos produtos, verifica-se que o antioxidante limoneno, amplamente utilizado na indústria farmacêutica, tem seu princípio também válido na ciência dos materiais e na conformação mecânica.

O presente trabalho apresentou de maneira sucinta um estudo não prolongado da oxidação, podendo se estender a outras ligas e meios agressivos existentes, como por exemplo ácido, salino e básico.

REFERÊNCIAS

BEJO, Felipe Govoni et al. Estudo comparativo das propriedades mecânicas dos aços SAE 1045 e SAE 1020, em diferentes condições metalúrgicas, através dos ensaios de tração unidirecional e flexão em três pontos. *Matéria* (Rio de Janeiro), v. 26, n. 3, p. 1-42, 2021. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-707620210003.13033>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/mrNxgFNSwL6fR5KvpHLRTYK/?lang=pt#>. Acesso em: 17 set. 2023.

BETTANIN, Viviane. TANINO DA ACÁCIA NEGRA COMO INIBIDOR DE CORROSÃO DO AÇO API5L X65 EM MEIO ÁCIDO. 2018. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia e Tecnologia de Materiais, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://repositorio.pucrs.br/dspace/handle/10923/13867>. Acesso em: 17 set. 2023.

BOLINA1, Cecília de Castro; CASCUDO, Oswaldo. Inibidores de corrosão: análise da eficiência frente à corrosão do aço induzida por cloretos e carbonatação em meio aquoso. *Engevista*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 81-94, abr. 2013. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/engevista/article/view/8929/6399>. Acesso em: 17 set. 2023.

FERNANDES, Iara Janaína; KIELING, Amanda Gonçalves; ROCHA, Tatiana Louise Avila de Campos; BREHM, Feliciane Andrade; MORAES, Carlos Alberto Mendes. Produção e avaliação de microcápsulas de alginato contendo óleo essencial de casca de laranja. *Ecletica Quimica*, v. 39, n. 1, p. 164-174, 31 mar. 2016. Disponível em: <https://revista.iq.unesp.br/ojs/index.php/ecletica/article/view/89>. Acesso em: 17 set. 2023.

MERGULHÃO, Amanda Duarte et al. CIRCUITO DE PRODUÇÃO DA LARANJA NO BRASIL: do cultivo aos produtos industriais destinados principalmente ao mercado internacional. *Estudos Geográficos: Revista Eletrônica de Geografia*, v. 16, n. 2, p. 141-155, 14 dez. 2018. Disponível em: <https://www-periodicos-capes-gov-br.ezl.periodicos.capes.gov.br/index.php/buscaador-primo.html>. Acesso em: 17 set. 2023..

ROCHA, Janaina Cardozo da; GOMES, José Antônio da Cunha Ponciano. Inibidores de corrosão naturais - Proposta de obtenção de produtos ecológicos de baixo custo a partir de resíduos industriais. *Matéria* (Rio de Janeiro), v. 22, n. 1, p. 1-7, 8 jan. 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rmat/a/pWJB6Px53Vp9zq5GrJ5Y4Np/?lang=pt>. Acesso em: 17 set. 2023.

Capítulo 6



10.37423/240909288

A CONTRIBUIÇÃO DA LUDICIDADE NA EDUCAÇÃO PARA REDUÇÃO DE RISCOS E DESASTRES: PERSPECTIVAS TRANSDISCIPLINARES.

Rejane Lucena

Prefeitura Municipal de Camaragibe

Maria Cristina Camarotti da Silva Bastos

Coordenadora Pedagógica do MEDIOTEC

Belkyria Gulard Galvão

*FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROF. DIRSON MACIEL DE BARROS,
FADIMAB, Brasil
Prefeitura do Recife*

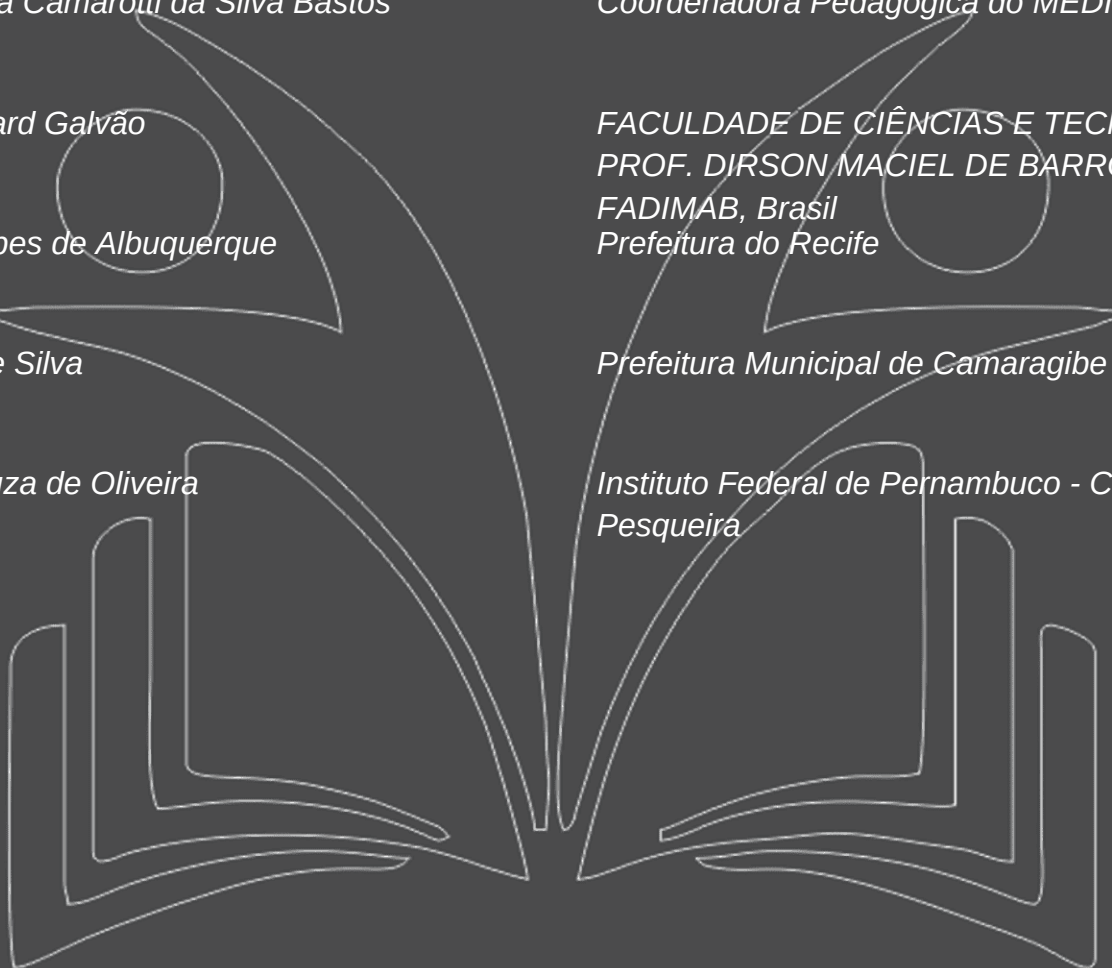
Damarees Lopes de Albuquerque

Ilka Porfírio e Silva

Prefeitura Municipal de Camaragibe

Manoely Souza de Oliveira

*Instituto Federal de Pernambuco - Campus
Pesqueira*



INTRODUÇÃO

A crescente frequência e intensidade dos desastres socioambientais nas cidades (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2015) têm sido amplamente reconhecidas mundialmente, e estudos indicam que esses eventos estão se intensificando devido às mudanças climáticas, configurando um desafio global (IPCC, 2023). Além disso, os impactos climáticos têm sido mais severos do que o previsto, aumentando os riscos socioambientais e comprometendo a vida, especialmente em assentamentos mais vulneráveis. Atualmente, 8,2 milhões de pessoas em todo o território nacional estão expostas a inundações, enxurradas e deslizamentos (IBGE, 2018).

Diante dessas condições, é fundamental promover uma educação fundamentada em princípios éticos e comprometida com a redução das mudanças climáticas. Nesse contexto, a educação deve ser uma aliada na formação cidadã voltada para a redução de riscos e desastres. Este estudo tem como objetivo destacar a importância da Educação para Redução de Riscos e Desastres (ERRD) no ensino fundamental, enfatizando o papel essencial da ludicidade na construção do conhecimento.

A ludicidade, ao ser incorporada no processo educativo, torna o aprendizado mais envolvente e acessível, bem como facilita a internalização de conceitos complexos relacionados à ERRD. Por meio de atividades lúdicas, as crianças têm a oportunidade de explorar e compreender os riscos e as estratégias de prevenção de forma interativa e significativa. Essa abordagem permite que os alunos desenvolvam habilidades práticas e uma consciência crítica de maneira divertida e estimulante.

Ao integrar a ludicidade na ERRD, busca-se integrar os estudantes, bem assim fomentar um aprendizado mais conectado com as questões ambientais. A ludicidade proporciona um ambiente onde a educação se torna uma experiência vivencial, promovendo a formação de uma consciência socioambiental mais humana e preparando as crianças para enfrentar os desafios socioambientais com maior resiliência e capacidade de ação.

A escola, em sua função social, desempenha um papel fundamental na instrumentalização da ERRD integrada com a Educação Ambiental (EA), visando a formação de uma consciência cidadã desde a infância. Isso é fundamental para a superação da crise ambiental e para a construção de alternativas voltadas à RRD. A ERRD e a EA, em conjunto, devem fortalecer o sentimento de pertencimento, aumentar a percepção de risco no cotidiano, aprimorar a atuação preventiva e crítica das crianças e jovens frente às ameaças e estimular a imaginação, além de desenvolver valores e a valorização do meio ambiente (BNCC, 2019).

Na perspectiva da formação do pensamento crítico sobre questões ambientais e desastres, o desenvolvimento de atividades integrativas envolvendo ERRD e EA por meio da ludicidade representa uma importante estratégia. O lúdico fortalece a relação afetiva da criança com o mundo, com as pessoas, com os objetos e consigo mesma (SANTOS, 2008, p. 157).

Nesse contexto, a ludicidade contribui para a descoberta de informações e a criação de novos conhecimentos, promovendo a interatividade e auxiliando na formação de sujeitos aprendentes e protagonistas de seu próprio processo de construção de saberes. Ela permite oportunidades de participação efetiva e ativa no processo ensino-aprendizagem, que se desenvolve no movimento dialético entre sujeito, outro, objeto e meio.

Assim, as atividades lúdicas associam prazer, afeto, alegria e intuição ao desenvolvimento pessoal e à construção do conhecimento. Por motivarem o raciocínio, elas estimulam o sujeito a produzir soluções para diversas situações-problemas.

Neste contexto, analisar em que medida a ludicidade contribui para a ERRD e para a EA na formação da consciência socioambiental de crianças de 07 a 12 anos residentes em áreas de risco de deslizamentos no município de Jaboatão dos Guararapes – Pernambuco, configurou-se como uma oportunidade de análise dessa prática na realidade local.

A pesquisa foi realizada por meio da investigação do trabalho do Núcleo Comunitário de Proteção e Defesa Civil Jovem (NUPDEC Jovem) dentro da Campanha #AprenderParaPrevenir 2021 e 2023, na comunidade do Retiro, Jaboatão dos Guararapes – PE. Foi realizada uma verificação da atuação pedagógica considerando os problemas socioambientais vivenciados no local.

A partir da análise, foi possível verificar a aplicabilidade das atividades lúdicas e como elas se integram com as atividades de ERRD e EA. O estudo concluiu que as atividades lúdicas desenvolvidas na comunidade, por meio da educação não formal e do compartilhamento de experiências (GOHN, 2006), permitiram um maior engajamento e compreensão dos conceitos relacionados a riscos e desastres, bem como das atitudes necessárias para a prevenção desses riscos e desastres.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa foi desenvolvida por meio de uma análise da experiência prática da implementação do "Projeto Resiliência Verde", integrado à formação do Núcleo Comunitário de Proteção e Defesa Civil Jovem (NUPDEC Jovem), realizado na comunidade do Retiro, bairro de Sucupira, Jaboatão dos Guararapes, Pernambuco. O NUPDEC representa um elo entre a Defesa Civil e a comunidade,

disseminando e integrando práticas voltadas para a redução de riscos e desastres, bem como fortalece o exercício da cidadania ativa (LUCENA, 2015).

Como instrumento de análise, também foram consideradas as atividades desenvolvidas nas Campanhas #AprenderParaPrevenir 2021 e 2023, cujo objetivo é estimular experiências relacionadas à temática de ERRD.

A pesquisa buscou verificar os processos pedagógicos aplicados nas atividades de Educação Ambiental (EA) integradas à Educação para Redução de Riscos e Desastres (ERRD), analisando o uso de ferramentas lúdicas na prática para a construção do conhecimento.

Foi avaliado em que medida as atividades lúdicas, como recursos didáticos, são importantes no processo cognitivo para uma formação sustentável. Observou-se que a ludicidade permite à criança desenvolver uma conexão com o mundo, internalizando conceitos e experiências, além de estabelecer relações e conhecimentos integrados ao cotidiano.

Os registros foram feitos durante as oficinas desenvolvidas na comunidade, focando em práticas de educação não formal, que valorizam a aprendizagem através da ludicidade e das vivências dos participantes.

Foi adotada uma abordagem qualitativa, que valoriza a compreensão das visões e ações sociais dos indivíduos e grupos para captar a realidade da experiência pesquisada e entender a importância das ações realizadas no contexto social dos envolvidos (MINAYO et al., 2002).

Foram analisadas um total de 3 oficinas, distribuídas ao longo de um período de 1 mês, dentro da formação do NUPDEC Jovem, considerando a seguinte estrutura:

Quadro 1 – Estrutura pedagógica das oficinas analisadas

Tema	Objetivo	Recursos Didáticos
Entendendo dos Riscos no meu cotidiano	Estimular as crianças a compreenderem os riscos pensando local e agindo global.	Folhas de papel em branco para desenvolvimento de desenhos que representem o que as crianças entendem por riscos e problemas ambientais na comunidade. Após a atividades de desenho e pintura, foi realizada uma roda de conversa, onde cada criança expôs seu desenho e seus significados.
Percepções da minha comunidade	Identificar percepções ambientais das crianças em relação ao seu cotidiano.	Utilização de uma caixinha enfeitada ao som de uma música, passou-se a caixinha de mão em mão, com perguntas sobre o meio ambiente, a relação de afeto com o lugar, percepções, bem como as mudanças climáticas e os riscos de desastres no âmbito local.

ODS 13 também é coisa de criança!	Refletir sobre como melhorar nossas relações com o meio ambiente, destacando a redução das mudanças climáticas e a construção de uma comunidade mais sustentável. .	Utilização de lápis para pintura e molde para construção de um quebra cabeça com uso do desenho e reflexão de práticas voltadas a redução das mudanças climáticas e práticas sustentáveis, indicando qual a comunidade queremos para o futuro?
-----------------------------------	---	---

Fonte: elaborado pelas autoras, 2023.

O LÚDICO NA FORMAÇÃO DA CONSCIÊNCIA PLANETÁRIA

O brincar se constitui no direito que é garantido por meio da Declaração Universal dos Direitos da Criança (1959), que em seu princípio VII afirma que: “[...] a criança deve desfrutar plenamente de jogos e brincadeiras os quais deverão estar dirigidos para educação; a sociedade e as autoridades públicas se esforçarão para promover o exercício deste direito”.

Observa-se que é na infância que as trocas linguísticas, as interações e acesso à cultura, às informações, os intercâmbios sociais, a oportunidade de experiências diversas são aspectos decisivos nas etapas do desenvolvimento infantil (VYGOTSKY, 2006, p. 183). Nesse aspecto, VIGOTSKI (2006) ressalta que “a criança ao nascer já está imersa em um contexto social, e as atividades lúdicas que é submetida, torna-se importante justamente na apropriação do mundo, na internalização dos conceitos dos ambientes externos a ela”.

É nesse contexto, que este estudo se fundamenta, considerando o entendimento sobre a relação do lúdico com a EA e a ERRD, entendendo-se que as experiências irão propiciar a construção do conhecimento sobre comportamento, hábitos, cuidado com o meio ambiente, sentimento de autoproteção e boas práticas.

REIGOTA (2017) reflete que a educação ambiental sozinha não resolverá os problemas ambientais planetários, contudo contribui decididamente para isso, na medida que forma cidadãos conscientes de seus direitos e deveres. Nesse princípio, a ERRD se une na perspectiva de ampliar o diálogo sobre a importância de ser refletido o efeito dos riscos e desastres no cotidiano das comunidades e é preciso iniciarmos o diálogo do respeito e do cuidado com o meio ambiente desde a infância.

A ludicidade, ao integrar-se nesse contexto, emerge como um agente potencializador que estimula a modificação e aprimoramento de comportamentos em favor do cuidado com a comunidade e com a sustentabilidade socioambiental. Este contexto se configura como um facilitador no processo de compreensão das interfaces do mundo, estimulando as crianças e jovens para assumir o protagonismo social e se posicionar no cotidiano com responsabilidade socioambiental.

O verdadeiro potencial da educação lúdica será alcançado se o educador estiver devidamente preparado para implementá-la. Para garantir isso, é fundamental que o educador possua um conhecimento profundo dos princípios essenciais da educação lúdica, tenha condições adequadas para compartilhar esse conhecimento e esteja verdadeiramente comprometido com a sua aplicação (ALMEIDA, 2000). No contexto da educação voltada para a ERRD, esse preparo é ainda mais essencial. A efetividade das abordagens lúdicas nesse campo dependerá da capacidade do educador de integrar esses princípios com as práticas de prevenção, promovendo um aprendizado que seja envolvente e eficaz na preparação das crianças em relação as mudanças climáticas e seus efeitos.

OS ODS NA PERSPECTIVA DA RRD

Em 2015, representantes dos 193 Estados-membros se reuniram na Assembleia Geral da ONU para elaborar um documento fundamental conhecido como "Agenda 2030", com a temática geral de "Desenvolvimento Sustentável". Segundo Bezerra e Rodrigues (2021), a Agenda estabelece 169 metas distribuídas entre 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O foco central do documento rem haver com pessoas e interfaces com o planeta e a prosperidade.

Dentre os 17 ODS, o ODS 11 busca "Cidades e Comunidades Sustentáveis", com o objetivo de tornar as cidades e assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Este objetivo é fundamental para se fomentar a discussão sobre o enfrentamento quanto aos desafios do crescimento urbano acelerado e promover um ambiente urbano que ofereça qualidade de vida para todos. O ODS 13, por sua vez, é voltado para "Ação Contra a Mudança Global do Clima", enfatizando a necessidade urgente de adotar medidas para combater as mudanças climáticas e seus impactos. Este objetivo destaca a importância de uma resposta global coordenada para reduzir os efeitos adversos das mudanças climáticas e promover a resiliência socioambiental.

Tratar desses conteúdos com crianças e jovens é fundamental para garantir que as futuras gerações estejam preparadas para enfrentar os desafios globais e locais relacionados a esses objetivos. Introduzir conceitos sobre cidades sustentáveis e mudanças climáticas por meio do lúdico ajuda a cultivar uma consciência socioambiental que pode estimular novos comportamentos e atitudes responsáveis. A educação das crianças sobre a importância de cidades resilientes e a necessidade de ações contra as mudanças climáticas possibilita o entendimento sobre os desafios da educação nesse processo e estimula a participação ativa na busca de soluções mais efetivas nessa construção.

Além disso, envolver crianças nessas discussões encoraja a formação de uma mentalidade proativa e inovadora. Quando aprendem sobre a importância de práticas sustentáveis e a necessidade de adaptação às mudanças climáticas, elas se tornam agentes de mudança em suas comunidades, contribuindo para um futuro mais sustentável e justo para todos. Portanto, a integração desses temas no ensino fundamental é uma estratégia essencial para alcançar os ODS e garantir que as próximas gerações estejam preparadas para liderar com responsabilidade e compromisso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A criação de espaços de construção do conhecimento que favorecem a articulação do da ludicidade com a temática de EA e ERRD representa um processo de grande significado para criança e o adolescente em sua formação. Nesse sentido, as oficinas traduziram resultados significativos, destacando que a EA e a ERRD, juntas, fortalecem a formação cidadã com princípios éticos e responsáveis. Essa construção deve ser contínua e valorizar os saberes locais, favorecendo o desenvolvimento de uma consciência local e planetária.

Por meio das oficinas, percebe-se que os recursos pedagógicos contribuem para a compreensão das questões ambientais e que na infância a criança constrói conexões importantes para o seu empoderamento, assimilando valores e hábitos voltados aos cuidados com o seu cotidiano, compreendendo que os problemas socioambientais, bem como os riscos e desastres são gerados no local e reflete no global. Nesse sentido, MATSUO e SILVA (2021) defendem que é importante tratar os desastres sob uma perspectiva local, a partir da realidade vivenciada e com uma participação mais direta das/dos estudantes em seus espaços de vida. Isso corrobora para o entendimento quanto a ampliação de experiências praticadas na comunidade e com a comunidade, valorizando os seus saberes e seus conhecimentos.

Conforme apresentado no quadro 01 sobre a estrutura pedagógica das oficinas, é possível perceber que a ludicidade aliada a EA e ARRDR deixou o aprendizado mais agregador, interativo e prazeroso.

Oficina entendendo os riscos no meu Cotidiano - A oficina “entendendo dos riscos no meu cotidiano” foi desenvolvida com o propósito de identificar questões como: quais o entendimento das crianças sobre riscos? Como as crianças observam os riscos de desastres existentes na sua comunidade? Quais ações para reduzir os riscos de desastres que é possível cada um praticar? Nessa abordagem, observou-se o uso da ludicidade por meio do desenho evidenciando a linguagem da criança que

contribui significativamente para o seu desenvolvimento, mas também para expressar sua visão quanto a sua realidade e suas representações.

Oficina Percepções da minha comunidade – Nesta oficina foi possível verificar que a partir da caixinha de surpresa, as crianças puderam explanar suas percepções socioambientais considerando as experiências vivenciadas na comunidade. Perguntas como: “você gosta da comunidade em que você mora?” Esta pergunta estimulou a expressão da leitura que a criança faz do lugar em que mora, suas percepções sobre o que chama atenção em relação ao cotidiano da comunidade.

Outra pergunta destacada foi “a minha comunidade tem muito verde?” Essa pergunta impulsionou as crianças a refletirem a importância da mata e do cultivo da vegetação como elemento importante para o equilíbrio ambiental e a redução de riscos e desastres).

Observou-se que esta oficina, estimulou os participantes a pensarem sobre a importância do lugar onde vivem, pois é na comunidade e no bairro que existe a relação de afeto. É no lugar que é criado o centro de valores indispensáveis para a nossa identidade. (SANTOS, 2005). É no lugar que se estabelece os laços de convivência e cuidado, é onde as pessoas se relacionam e geram amizade. Nesse sentido, chamou-se a atenção das crianças, que é na comunidade que elas brincam e vivem diferentes experiências diariamente.

Oficina ODS 13 também é coisa de criança! - Construir um quebra cabeça com práticas sustentáveis para redução das mudanças climáticas. As crianças também destacaram qual a comunidade gostaria de construir para o futuro comum.

Figura 1 – Pensando a Redução das Mudanças Climáticas



Fonte: NUPDEC Jovem – Comunidade do Retiro/Centro Educacional, Social e Cultural João Martins (CESCJM), (2023)

A oficina teve como objetivo trabalhar a partir de processos lúdicos, o conceito referente a redução das mudanças climáticas e como os riscos e desastres afetam a vida de todos no presente e no futuro. Foi realizada uma sessão de vídeo educativo sobre "As Aventuras de Nina". No vídeo Nina e Joca conversam sobre as ações para combater as mudanças do clima. A partir do vídeo foi realizado uma roda de conversa com as reflexões das crianças foi pedido a cada dupla de crianças para construir um quebra-cabeça destacando o que podemos fazer para reduzir as mudanças climáticas, bem como qual a comunidade gostaria de construir para o futuro comum.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Educação Ambiental e Educação para Redução de Riscos e Desastres são instrumentos importantes no processo de formação cidadã. Neste sentido, este estudo foi constituído por meio de uma análise sobre o Projeto NUPDEC Jovem realizado na comunidade do Retiro, Jaboatão dos Guararapes – PE, verificando como as oficinas pedagógicas desenvolvidas por meio de atividades lúdicas, potencializaram a implementação de práticas voltadas a EA e a ERRD, estimulando a aprendizagem embasada na troca de experiências e saberes voltadas à construção da sustentabilidade.

Este tipo de atividade que envolve a ludicidade e a troca de conhecimentos, possibilita, o desenvolvimento da formação cidadã em prol do fortalecimento dos laços socioambientais e da redução de riscos e desastres. No contexto da análise da ludicidade integrada a temática de EA e ERRD, no caso deste trabalho, possibilitou uma maior reflexão sobre a importância dessas práticas serem desenvolvidas considerando a educação não formal. Podendo promover atividades diferenciadas, bem como diálogos e mudanças de comportamentos e hábitos frente aos problemas dos riscos e desastres.

Por fim, observa-se que as práticas que envolvem ludicidade fomentam a perspectiva do aprender a reduzir riscos e desastres, bem como fortalecer as relações em prol da educação e para sustentabilidade. É pertinente lembrar que este tipo de experiência pode ser replicado em outras comunidades e escolas que possuem características semelhantes e que estão comprometidas com a disseminação e integração da EA e da ERRD com olhares integrados.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, P. N. Educação lúdica: técnicas e jogos pedagógicos. São Paulo: Loyola, 1995.
- BRASIL/MEC. Base Nacional Comum da Formação dos Professores da Educação Básica. Brasília, 2018. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman& . Acesso em 12 de setembro de 2023.
- BECK, Ulrich. Sociedade de Risco: rumo a uma outra modernidade. 2. ed. São Paulo: Ed. 34, 2011.
- CEMADEN EDUCAÇÃO. Campanha #AprenderParaPrevenir 2021 São José dos Campos, 2017. Disponível em: <https://educacao.cemaden.gov.br/participe-do-lancamento-da-campanha-aprenderparaprevenir2021/>.
- CEMADEN EDUCAÇÃO. Campanha#AprenderparaPrevenir2023, São José dos Campos 2023. Disponível em <https://educacao.cemaden.gov.br/campanha/guia-campanha-2023>.
- GOHN, M. da G. Educação não formal, participação da sociedade civil e estruturas colegiadas nas escolas. Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação, 14(50), 27-38, 2006. doi: 10.1590/S0104-40362006000100003.
- IBGE; CEMADEN (2018). População em áreas de risco no Brasil. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/tipologias-do-territorio/21538-populacao-em-areas-de-risco-no-brasil.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso: 04 de setembro de 2023.
- LUCENA, Rejane. Manual de Formação de NUPDEC, 2015. Disponível em http://portugalparticipa.pt/upload_folder/table_data/f4f53c27-56dd-4c29-966a-71acfb5b89f6/files/3-Print-nupdec.pdf. Acesso em 12 de outubro de 2023.
- MACEDO, Lino de; PETTY, Ana Lúci Sícoli; PASSOS, Norimar Christe. Os jogos e o lúdico na aprendizagem escolar. São Paulo: Artmed, 2005.
- MATSUO, P. M.; SILVA, R. L. F. Desastres no Brasil? Práticas e abordagens em educação. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0104-4060.78161>. Educar em Revista, Curitiba, v. 37, e78161, 2021
- MINAYO, M. C. S. Ciência, técnica e arte: o desafio da pesquisa social. In: MINAYO, M. C. S. (Org.). A pesquisa social: teoria, método e criatividade. 9 ed. Rio de Janeiro: Petrópolis, 1998. p. 9-29.
- REIGOTA, Marcos. O que é educação ambiental. São Paulo: Brasiliense, 2017 SANTOS, Milton. Da totalidade ao lugar. São Paulo: Edusp, 2005.
- TOMINAGA, Lídia Keiko, Santoro, Jair; Amaral, Rosângela do. Desastres naturais: conhecer para prevenir / Organizadores – 3a ed. – São Paulo: Instituto Geológico, 2015. http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/publicacoes/instituto_geologico/DesastresNaturais.pdf. Acesso em 13 de outubro de 2023.

VIGOTSKI, L. S. Sobre a questão da dinâmica do caráter infantil. Revista da Faculdade de Educação, Brasília, v. 12, n. 23, p. 279-291, jul./dez. 2006. Disponível em <https://periodicos.unb.br/index.php/linhascriticas/article/view/3327/301>.

BIODIVERSIDADE, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Volume XIII



conhecimentolivre.org/home



contato@conhecimentolivre.org



[editoraconhecimentolivre](https://www.instagram.com/editoraconhecimentolivre)