

BIODIVERSIDADE, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

VOLUME XVI



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Frederico Celestino Barbosa

Biodiversidade, meio ambiente e desenvolvimento sustentável

16^a ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

16ª 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, 2025

89 f.: il

DOI: 10.37423/2025.edcl1080

ISBN: 978-65-5367-616-9

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

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

CDU: 577

<https://doi.org/10.37423/2025.edcl1080>

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

Dr. 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

Dra. 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	6
VIABILIDADE DA MISTURA DIESEL/BIODIESEL COMO COMBUSTÍVEL MARÍTIMO: UMA BREVE REVISÃO	
Bianca de Melo Maia das Neves	
Lyzette Gonçalves Moraes de Moura	
Wendell Ferreira de La Salles	
Janyeid Karla Castro Sousa	
DOI 10.37423/250209616	
CAPÍTULO 2	16
ESTIMATIVA DA EQUAÇÃO DEMANDADA ELÁSTICA TARIFA POR MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA	
João Paulo Fernandes de Almeida	
Edmilson Monteiro de Souza	
Giancarlo Cordeiro da Costa	
Josimar Ribeiro de Almeida	
Cleber Vinicius Akita Vitorio	
Raphael do Couto Pereira	
DOI 10.37423/250209619	
CAPÍTULO 3	29
RESÍDUOS E CONSCIÊNCIA: TRANSFORMANDO DESAFIOS EM SUSTENTABILIDADE NO INTERIOR PIAUIENSE	
Expedita Luísa Santos Alves de Sousa	
Francisco Raí Silva Santos	
Iza Marielly de Araújo Nobre	
João Pereira de Moura Neto	
Amanda Conrado Lima	
DOI 10.37423/250209639	
CAPÍTULO 4	44
DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS AQUAPÔNICOS COMO FERRAMENTA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO NO SEMIÁRIDO.	
Gabriel Vinicius Pereira Alves	
Dêyvid Rodrigo do Nascimento Vitor da Silva	
Eloina Micaela Ferreira Lopes	
Roniéria Bruna Pires Sousa	
Jamires Tahis de Souza Silva	
Iris Rochelle Texeira Filgueira	
Sheyla Priscila Oliveira do Nascimento	
Adriana Freitas Pereira	
Gérsica Moraes Nogueira da Silva	
Juliana Maria Aderaldo Vidal Campello	
Ugo Lima Silva	
DOI 10.37423/250209675	

CAPÍTULO 5 70

PATRONATO RURAL, IDEOLOGIA E PODER: A MIRAGEM DO AGRONEGÓCIO ENQUANTO OCULTAÇÃO DAS CLASSES SOCIAIS

Elcio Gustavo Benini

Fábio Melges

Fernan Martins Fernandes Ferreira

Gustavo Henrique Petean

Tania Cristina Costa Calarge

DOI 10.37423/250209693

CAPÍTULO 6 79

APLICAÇÃO DE TÉCNICA DE APP EM SITUAÇÃO DE DEFLORESTAMENTO NA REGIÃO METROPOLITANA DE PETRÓPOLIS - RJ

João Paulo Fernandes de Almeida

Cleber Vinicius Akita Vitorio

Josimar Ribeiro de Almeida

Marcelo Musci

Patrícia dos Santos Matta

Raphael do Couto Pereira

DOI 10.37423/250209729

Capítulo 1



10.37423/250209616

VIABILIDADE DA MISTURA DIESEL/BIODIESEL COMO COMBUSTÍVEL MARÍTIMO: UMA BREVE REVISÃO

Bianca de Melo Maia das Neves

Universidade Federal do Maranhão

Lyzette Gonçalves Moraes de Moura

Universidade Federal do Maranhão

Wendell Ferreira de La Salles

Universidade Federal do Maranhão

Janyeid Karla Castro Sousa

Universidade Federal do Maranhão



Resumo: O biodiesel vem em escala crescente e desponta como a principal alternativa para substituição do diesel terrestre, devido sua baixa toxicidade, redução dos gases do efeito estufa, menor teor de enxofre e devido à possibilidade do próprio esgotamento dos combustíveis fósseis. Como consequência, um percentual desse biocombustível é incorporado ao diesel rodoviário, amparado por resolução regulamentadora, porém, em outros tipos de combustíveis, como o marítimo, essa mistura ainda não é permitida. Nesse cenário, pesquisas pontuais estão sendo realizadas para obter informações sobre a viabilidade e os efeitos da adição de biodiesel em diesel marítimo. Este estudo apresenta uma revisão bibliográfica qualitativa realizada através do levantamento da literatura acadêmica, estudos de caso e legislação específica, publicados nos últimos 20 anos sobre dados da mistura diesel marítimo/biodiesel. Foram localizados poucos trabalhos acadêmicos sobre a avaliação da mistura diesel/biodiesel como combustível marítimo e geralmente abordando o desempenho mecânico, sem observar as propriedades físico-químicas. Também foi verificado que ainda não existe legislação específica, como já ocorre com a mistura diesel rodoviário/biodiesel. Observou-se que a mistura de biodiesel e diesel marítimo indicam benefícios ambientais, com redução de emissões de poluentes, especialmente de dióxido de enxofre material particulado e melhor desempenho em motores. A adição de biodiesel ao diesel marítimo é uma estratégia significativa, uma vez que busca reduzir as emissões de gases do efeito estufa e diminuir a dependência de combustíveis fósseis. Essa transição é parte de uma tendência global em direção a fontes de energia mais sustentáveis e renováveis.

Palavras-chave: Biodiesel, Diesel, Marítimo, Biocombustível.

1. INTRODUÇÃO

No cenário mundial, as temáticas que envolvem as questões energéticas estão entre as mais discutidas por pesquisadores e por agências regulamentadoras, dada sua importância pelo uso majoritário de combustíveis fósseis e os impactos que esse tipo de combustível pode causar ao meio ambiente, especialmente a emissão de gases (CO, CO₂, NO, NO₂ e SO₂) no processo de combustão.

As discussões englobam, sobretudo, as alternativas para a substituição dos combustíveis fósseis por outras de fontes renováveis e menos poluentes. Nesse contexto, os bicomcombustíveis, que são de natureza renovável, apresentam-se como uma alternativa promissora, gerando menos impactos quanto à liberação de poluentes atmosféricos (SILVA et al., 2019; SAKTHIVEL et al., 2018, OTHMAN et al., 2017; BONASSA et al., 2014).

Segundo a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), define-se biocombustíveis como derivados de massa renovável que podem substituir total ou parcialmente combustíveis derivados de petróleo ou gás natural (ANP, 2020). Dentre os biocombustíveis, o biodiesel vem em escala crescente (ANP, 2020) e desponta como a principal alternativa para substituição do diesel terrestre, primeiramente pela sua contribuição ao ambiente, devido à sua baixa toxicidade, redução das emissões de gases do efeito estufa (GEE), menor teor de enxofre e, por outro lado, também devido à possibilidade do esgotamento dos combustíveis fósseis (AMABT et al., 2018; POUDEL et al., 2017). Adicionalmente, cita-se a possível redução da dependência da importação de óleo diesel, no caso do cenário brasileiro (FARIA et al., 2007; PALLOTTA, 2022).

No ano de 2003 houve o lançamento do Programa Nacional de Produção e uso de Biodiesel

- PNPB, tendo como base estudos da viabilidade do uso desse bicomcombustível. No ano de 2004 foi divulgada a Resolução nº 42 da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), que determinou que o biodiesel poderia ser adicionado ao óleo diesel na proporção de 2% em volume (B2). A partir dessa primeira Resolução, muitas outras foram publicadas em anos seguintes, alterando o percentual do teor de biodiesel no diesel, a saber: ano de 2008 (3%), 2009 (4%), 2010 (5%); 2014 (7%), 2017 (8%), 2018 (10%), 2019 (11%), 2020 (12%) (ANP, 2022).

Atualmente, os combustíveis de transportes terrestres (transporte rodoviário), que têm a maior demanda mundial de petróleo no setor energético (EPE, 2019), já possuem o biodiesel (14%) incorporado ao diesel, visto que a presença do biodiesel nesse tipo de combustível, não resulta em diferença significativa que comprometa a qualidade química e mecânica em termos de desempenho

do combustível. Porém, outros tipos de combustíveis, como o aquaviário (transporte marítimo), que tem uma significativa demanda no setor energético, ainda não são permitidos incorporação do biodiesel por resolução da Agência reguladora, ANP.

O combustível marítimo representa em média 4% do consumo mundial de petróleo (EPE, 2019). No ano de 2018 teve um crescimento anual de 2,5% e existe uma projeção de que o consumo mundial deste combustível tenha um crescimento de cerca de 1,7% à partir do ano de 2024, de acordo com os dados da EPE, Empresa de Pesquisa Energética, do ano de 2019, que apresenta uma projeção da demanda total de combustível marítimo.

Considerando a projeção desse crescimento percentual, entende-se a necessidade de adotar ações que venham a contribuir com o atendimento à demanda, porém sem potencializar mais ainda os compostos poluentes oriundos desse processo. Nesse sentido, a presença de um biocombustível, como o biodiesel, misturado ao diesel marítimo, pode ser uma alternativa. Segundo Vidal (2019), as metas domésticas preeminentes associadas aos biocombustíveis a serem atingidas até o ano de 2030 incluem a redução de 43% das emissões de gases de efeito estufa (GEE), a consecução de uma participação de 45% proveniente de fontes de energia renovável e a obtenção de uma parcela de 18% de bioenergia na composição da matriz energética. Essas metas reforçam a importância de ampliar o uso de biodiesel como combustível incorporado a outros combustíveis fósseis.

A Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) publicou no ano de 2019, a Resolução N° 789/2019, que reduz o limite máximo do teor de enxofre para 0,5% nos combustíveis marítimos para embarcações que não dispuserem de sistema de limpeza de gases de escape. Esta Resolução encontra-se em vigor desde o início do ano de 2020. Considerando a publicação dessa Resolução e considerando principalmente os impactos positivos já bem conhecidos da incorporação do biodiesel no diesel rodoviário, ressalta-se a relevância da mistura do biodiesel em combustíveis como o diesel marítimo. Desta forma, este trabalho tem por objetivo fazer uma revisão da literatura existente referente à viabilidade dessa mistura.

2. METODOLOGIA

Este estudo apresenta revisão bibliográfica qualitativa realizada através do levantamento da literatura acadêmica, estudos de caso e legislação específica, publicados no período de 2003 a 2023.

Foram utilizados sites oficiais, como o da ANP, Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, e da EPE, Empresa de Pesquisa Energética, dentre outros.

A pesquisa de trabalhos acadêmicos foi realizada na base Web of Science, levando em consideração a temática abordada na ênfase deste estudo. Foram utilizadas como palavras-chave os termos diesel, biodiesel, mistura, biocombustível, marítimo e aquaviário, bem como seus correspondentes no plural e em inglês. Os termos foram combinados empregando-se os operadores booleanos “AND” e “OR”.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Diesel Marítimo (DMA), um tipo de combustível aquaviário, é produzido a partir das frações mais leves do processo de refino do petróleo e pode ser definido como diesel para uso em embarcações de pequeno e médio porte. Apresenta ponto de fulgor de 60°C (mínimo); teor de enxofre de 0,5% em massa (máximo); índice de cetano 40 (mínimo) e é isento de biodiesel (PETROBRAS, 2021). Entretanto, ao contrário da exigência estabelecida para a adição de biodiesel ao diesel terrestre e dessa própria definição, o DMA difere do diesel rodoviário graças ao ponto de fulgor: o óleo diesel marítimo possui ponto de fulgor mínimo igual ou maior que 60°C, enquanto o diesel rodoviário apresenta ponto de fulgor mínimo de 38°C.

Em se tratando de pesquisas sobre o desempenho do combustível proveniente da mistura de diesel marítimo com biodiesel, podem ser encontradas apenas pesquisas pontuais com informações sobre a viabilidade e os efeitos dessa mistura. Nesse sentido, cita-se o trabalho de Romero (2013) que estudou a viabilidade técnica e operacional da utilização de biodiesel em motores de diesel marítimos. Para tanto, usou diesel marítimo puro e misturas do biodiesel de óleo de dendê com diesel marítimo, em proporções de 5% de biodiesel e 95% de diesel (B5) e 20% de biodiesel com 80% de diesel (B20). Os resultados mostraram que o motor operando com percentagens de biodiesel aumentaram o consumo específico de combustível. E em relação à emissão de dióxido de carbono, CO₂, os resultados mostraram que não houve diferenças significativas entre os combustíveis B5, B20 e Diesel. Contudo, as emissões de CO₂ pelo uso de biodiesel são parcialmente absorvidas pelo efeito da fotossíntese do vegetal. Ademais, o motor operou sem problemas utilizando as misturas de biodiesel e apresentou resultados de emissões e desempenho que reforçam a utilização das misturas de biodiesel com diesel em motores marítimos.

Prucole e outros (2014) avaliaram a adição de até 10% (v/v) de biodiesel de soja em óleo marítimo. Seus resultados comprovaram que a adição do biodiesel não compromete a qualidade de combustão do óleo e, em alguns casos, até melhorou a qualidade do índice de cetano, indicando aumento da qualidade de ignição e combustão.

Em Sousa et al., (2016), objetivou avaliar o desempenho de motores, em relação à potência, torque e consumo de combustível, abastecidos com misturas de diesel marítimo e biodiesel em proporções de 5% (B5); 10% (B10); 20% (B20); 40% (B40), 60% (B60) de biodiesel adicionado ao diesel marítimo, além do biodiesel puro (B100). Os resultados obtidos demonstram que as amostras com misturas de biodiesel tiveram melhor desempenho na rotação em torno de 2500 rpm. Com relação ao torque as misturas estiveram na faixa de 366 – 374Nm na rotação em torno de 1500 rpm e 370 Nm para o diesel marítimo em mesma rotação. A utilização 5% de biodiesel adicionado ao diesel marítimo foi 7,7% mais vantajoso economicamente do que diesel marítimo puro.

Já em Silva et al., (2019), fizeram avaliação de impacto da adição de 10 e 20% de biodiesel ao óleo diesel marítimo, com relação à formação de lodo de origem biológica, em tanques de armazenamento de embarcação. O trabalho foi desenvolvido usando-se uma amostra do biofilme como inóculo, formado diretamente de tanques de armazenamento. Os resultados de lodo biológico produzido nas condições estabelecidas sugerem um impacto nas condições de estocagem da adição de biodiesel ao diesel marítimo, adicionalmente, não foi observada diminuição de pH na fase aquosa, porém observou-se redução nos valores das medidas de tensão superficial, supostamente relacionada à capacidade surfactante do biodiesel.

Hyppolito e colaboradores (2020) realizaram um estudo sobre as características físico-químicas de misturas diesel com biodiesel de óleo de milho nas proporções de 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% e 90%. Os resultados revelaram um aumento na densidade e na viscosidade cinemática com o aumento da proporção de biodiesel nas misturas, como mostrado na Figura 1.

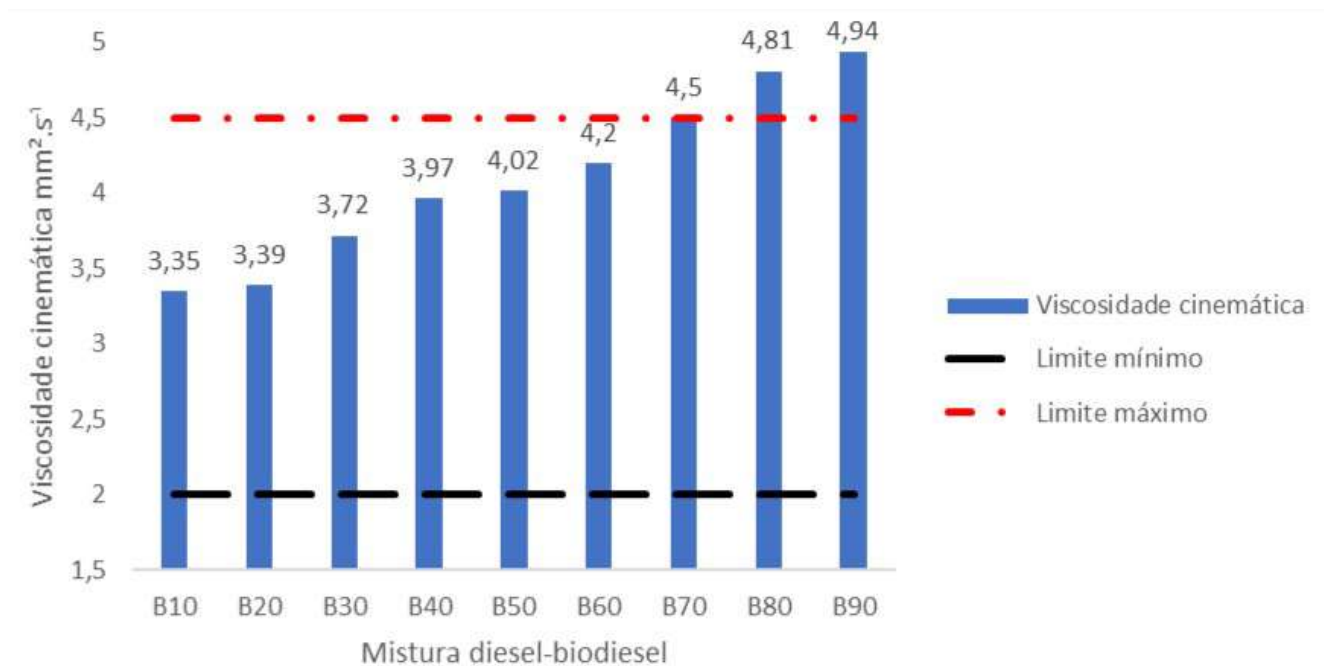


Figura1: Comportamento da viscosidade cinemática de acordo com a proporção da mistura.

Fonte: Hyppolito et al., (2020).

Nesse estudo, os resultados também indicaram que a produção de biodiesel de óleo de milho obteve um rendimento médio satisfatório de 94,29%. Além disso, apenas as misturas diesel/biodiesel B10, B20, B30, B40 e B50 apresentaram valores de densidade e viscosidade cinemática dentro dos padrões aplicáveis (HYPPOLITO et al., 2020).

De acordo com as pesquisas encontradas na literatura é possível verificar que a maioria delas trata de avaliação mecânica do uso do combustível (diesel marítimo/biodiesel) proposto. Poucas publicações relataram o perfil físico-químico dessa mistura. Como já demonstrado, o biodiesel possui diversas propriedades e características que o tornam um combustível interessante e vantajoso em comparação ao diesel convencional. Uma das suas principais propriedades é a melhor capacidade lubrificante em relação ao diesel de uso atual.

Observa-se que a mistura de biodiesel e diesel marítimo traz benefícios ambientais, com redução de emissões de poluentes, especialmente de dióxido de enxofre, material particulado, e melhor desempenho em motores.

A falta de regulamentação específica para essa incorporação (biodiesel ao diesel marítimo) impulsiona estudos que avaliem essa possibilidade, considerando-se que a utilização desse tipo de combustível alternativo pode auxiliar na diversificação da matriz energética e na diminuição da dependência do diesel fóssil.

4. CONCLUSÕES

A adição de biodiesel ao diesel marítimo é uma alternativa promissora para mitigar os impactos ambientais associados ao transporte marítimo, uma vez que busca reduzir as emissões de gases de efeito estufa e diminuir a dependência de combustíveis fósseis. Esse processo se insere no contexto da transição energética, que é parte de uma tendência global em direção a fontes de energia mais sustentáveis e renováveis, contribuindo para a diversificação da matriz energética e reduzindo a pegada de carbono associada ao transporte marítimo.

No Brasil, as pesquisas a serem realizadas para fins de informações a respeito dessa temática ainda são escassas, diante dos poucos trabalhos encontrados na literatura, ressaltando-se a carência principalmente de análises detalhadas das propriedades físico-químicas das misturas biodiesel/diesel marítimo.

6. REFERÊNCIAS

Agência Nacional do Petróleo Gás Natural e Biocombustível, ANP (2020). Biocombustíveis. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/qualidade-de-produtos/biocombustiveis>. Acesso em: 19 jan. 2024.

Agência Nacional do Petróleo Gás Natural e Biocombustível, ANP (2019). Resolução N° 789, de 22 de maio de 2019. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-789-2019>. Acesso em: 19 jan. 2024.

Agência Nacional do Petróleo Gás Natural e Biocombustível, ANP (2019). Resolução N° 903, de 18 de novembro de 2022. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-903-2022-dispoe-sobre-as-especificacoes-dos-combustiveis-de-uso-aquaviario-e-suas-regras-decomercializacao-em-todo-o-territorio-nacional?origin=instituicao>. Acesso em: 19 jan. 2024.

AMBAT, I.; SRIVASTAVA, V.; SILLANPÄÄ, M. Recent advancement in biodiesel production methodologies using various feedstock: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 90, p. 356-369, 2018. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032118301588>. Acesso em: 19 jan. 2024.

BONASSA, G.; SCHNEIDER L. T.; FRIGO, K. D. de A.; CUNHA, F. S. da C.; LINS, M. A.; FRIGO, E. P. Bioquerosene: panorama da produção e utilização no Brasil. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*. v. 3, p. 97-106, 2014. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/37711/23488>. Acesso em: 19 jan. 2024.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA, EPE, 2019. IMO 202: A nova regulamentação de combustíveis marítimos. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao447/EPE_MME_COMBUST%C3%8DVEIS%20MAR%C3%8DTIMOS%20E%20IMO%202020_2019.08.08%20-.pdf. Acesso em: 19 jan. 2024.

HYPPOLITO, M. L., SOUSA, L. A., SILVA, I M. da; SILVA, F. C. da.; LOPES, L. F. Produção e caracterização das misturas do diesel com biodiesel de óleo de milho. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, Maringá (PR), v. 14, n. 4, p. 1073-1086, 2021. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/download/8872/6795/>. Acesso em: 19 jan. 2024.

OTHMAN M.F., ADAM A., NAJAFI G., MAMAT R. Green fuel as alternative fuel for diesel engine: A review. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, v. 80, p. 694-709, 2017. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/eee/rensus/v80y2017icp694-709.html>. Acesso em: 19 jan. 2024.

PALLOTTA, J. Biodiesel e seu impacto na economia brasileira. 2022. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso de Administração) - Faculdade Santa Rita, Novo Horizonte, 2022. Disponível em: <https://fasar.edu.br/documentos/TIC/2022/ADM/BIODIESEL.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2024.

PETROBRAS, Manual de Combustíveis Marítimo Informações Técnicas. 2021. Disponível em: https://petrobras.com.br/documents/2677942/3190768/Manual_Combustiveis_Maritimos_2021.pdf

f/65371333-76ab-1c2c-38c5-03954e9baa82?version=1.0&t=1691773220000&download=true.

Acesso em: 19 jan. 2024.

POUDEL, J.; KARKI, S.; SANJEL, N.; SHAH, M.; OH, S. C. Comparison of Biodiesel Obtained from Virgin Cooking Oil and Waste Cooking Oil Using Supercritical and Catalytic Transesterification. *Energies*, v. 10, n. 4, p.546, 2017. Disponível em:

https://www.academia.edu/101472648/Comparison_of_Biodiesel_Obtained_from_Virgin_Cooking_Oil_and_Waste_Cooking_Oil_Using_Supercritical_and_Catalytic_Transesterification. Acesso em: 19 jan. 2024.

PRUCOLE, E.S.; PINTO, R.R.C.; VALLE, M.L.M. Use of biodiesel in marine fuel formulation: A study of combustion quality. *Fuel Processing Technology*, v. 122, p. 91-97, 2014. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037838201400037X>. Acesso em: 19 jan. 2024.

ROMERO, G.A. Uso de biodiesel em motores marítimos para navegação. 2023. Projeto de Graduação (Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em:

<http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10008509.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2024.
SAKTHIVEL, R.; RAMESH, K.; PURNACHANDRAN, R.; MOHAMED, S. P. A review on the properties, performance and emission aspects of the third generation biodiesel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 82, p. 2970-2992, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117314041>. Acesso em: 19 jan. 2024.

SILVA, F. C.; ARANHA, F. N.; ANGELKORTE, G. B.; GUARDIOLA, J. F. H.; TEIXEIRA, L. P.; CORREIA, R. C. B. Quantification and qualification of exhaust gases in diesel engine operating with biodiesel mixtures. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 23, n. 10, p. 794-799, 2019. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/tCNQFf5QDjWnVXf8sfh9BgG/?lang=en#>. Acesso em: 19 jan. 2024.

SILVA, T.L.; SANTOS, I. S. dos.; LOUZEIRO, C. R.; GUIMARÃES, J.A.; CAZAROLLI, J.C. Impacto da adição de biodiesel ao óleo diesel marítimo: deterioração microbiana. *Anais VII da Rede Brasileira Tecnologia e Inovação de Biodiesel*, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/207751/1/Anais-CBiodiesel-2019.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2024.

SOUSA, L.S.A.; GUARIEIRO, L.L.N.; SANTOS, A.A.B. Avaliação Experimental do Desempenho de Motores do Ciclo Diesel Utilizando Misturas Biodiesel/Diesel Marítimo. *Revista Virtual Química*, 8 (4), 1192-1203. 2016. Disponível em: <https://rvqsub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/download/1803/807>. Acesso em: 19 jan. 2024.

VIDAL, M. D. F. Produção e uso de biocombustíveis no Brasil. *Caderno Setorial ETENE*, ano 4, n. 79, maio 2019. Disponível em: <https://g20mais20.bnb.gov.br/s482-dspace/handle/123456789/630>. Acesso em: 19 jan. 2024.

Capítulo 2



10.37423/250209619

ESTIMATIVA DA EQUAÇÃO DEMANDADA ELÁSTICA TARIFA POR MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA

João Paulo Fernandes de Almeida

*Gabinete do Comando do Exército em
Brasília*

Edmilson Monteiro de Souza

*Universidade do Estado do Rio de Janeiro -
UERJ*

Giancarlo Cordeiro da Costa

*Universidade do Estado do Rio de Janeiro –
UERJ-ZO*

Josimar Ribeiro de Almeida

Aposentado UFRJ

Cleber Vinicius Akita Vitorio

Instituto Espaço Templo

Raphael do Couto Pereira

Troy University (EUA)



Resumo: A estimativa da equação de demanda consistiu em calcular os parâmetros do modelo pelo método dos mínimos quadrados (ou da máxima verossimilhança). Trata-se de demanda inelástica, pois $|E_t| < 1$. Isso significa que, para cada 1% de aumento (ou diminuição) da tarifa, a quantidade consumida de energia elétrica sofrerá uma redução (ou acréscimo) da ordem de 0,673%, mantidos constantes os demais fatores. Os resíduos, deste caso específico da demanda de energia elétrica, podem ser interpretados como erro da forma específica e/ou omissão de variáveis, tais como nível da atividade econômica, preços de energia alternativa, preços de bens ou serviços complementares. Quanto mais elevados os valores absolutos dos resíduos, mais relevantes serão as variáveis explicativas omitidas e/ou o erro de especificação. As sequências de resíduos com sinais negativos (1991/1996) e com sinais positivos (1997/2000) são indícios de omissão de variáveis relevantes, o que não é estranho no caso de modelos lineares simples.

Tendo: $VE = \hat{b}\Sigma yx = \hat{b}\Sigma(Y - \bar{Y})(X - \bar{X}) = \hat{b}[\Sigma YX - \Sigma Y\Sigma X / n]$; Portanto: $VE = 1.079,55$; $VT = \Sigma y^2 = \Sigma(Y - \bar{Y})^2 = \Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2 / n$. Dessa forma, $VT = 2.240,90$. As estatísticas que permitem a avaliação do grau de confiabilidade da estimativa podem ser obtidas através do Coeficiente de determinação: $R^2 = VE/VT = 0,482$ ou 48,2%. O coeficiente de determinação indica a parcela da variação da quantidade demandada (Q) explicada pela variável tarifa (T). Nesse caso, a interpretação é que a tarifa é responsável por 48,2% da variação da quantidade de demanda. Para Estatística F: $F_{k;n-k-1} = VE/k / (VR/(N-K-1)) \Rightarrow F(1;8) = 7,437$. Estatística t para o parâmetro b: $t_b = \hat{b} - b / S_b$, onde

$S_b = \sqrt{S^2 / \Sigma x^2}$ em que $\Sigma x^2 = \Sigma(X - \bar{X})^2 = \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2 / n = 3.483,60$. Dessa forma, $S_b = \sqrt{145,1688 / 3.483,60} = 0,2041$. Portanto, para $b = 0$, $t_b = -2,73$. Para Estatística t para termo constante a $T_a = \hat{a} - a / S_a$, sendo

$S_a = \sqrt{\Sigma X^2 \cdot S^2 / n \cdot \Sigma x^2}$ Assim $S_a = 23,7427$. Por conseguinte, para $a = 0$, $t_a = 6,69$. No nível de probabilidade de 1% e $n = 10$, o valor crítico $D_n = 0,49$. Como $D = 0,187 < D_n = 0,49$, aceita-se a hipótese nula de normalidade dos resíduos (H_0), a esse nível de significância.

Palavras-chave: Energia elétrica; Modelos lineares simples; Elasticidade; Estatística.

I. INTRODUÇÃO

Energia é um dos insumos necessários ao desenvolvimento econômico. Ao lado das matérias-primas e da mão-de-obra, ela permite a transformação dos materiais e a produção dos bens e serviços que asseguram a subsistência e o conforto dos seres humanos. No passado, a principal fonte de energia era o trabalho humano, em cuja exploração os regimes escravocratas basearam seu progresso. O trabalho dos animais complementou essa fonte de energia, permitindo o desenvolvimento de uma agricultura mais eficiente. As quantidades de energia envolvidas nesse período, bastante limitadas, só aumentaram com o desenvolvimento das cidades, da manufatura, do comércio e do transporte de novos produtos. Ainda assim, o consumo de energia *per capita* foi muito pequeno até o século XIX, quando a revolução industrial permitiu a utilização de máquinas em grande escala na produção e transporte (Almons, 1965).

A evolução do consumo de energia desde os tempos pré-históricos mostra que um americano médio, nos dias de hoje, consome aproximadamente 230 mil quilocalorias por dia (correspondentes a 11,5 quilowatts de potência instalada), enquanto um homem primitivo, sem o auxílio de qualquer máquina, conseguia viver com apenas duas mil quilocalorias (correspondentes a cem watts de potência instalada, que é potência do organismo humano) (Enders, 1995).

A evolução do consumo de energia no Brasil (dados confiáveis só existem a partir de 1940) mostra um extraordinário crescimento em quatro décadas, com uma taxa média de 7% ao ano. Com esse crescimento, a quantidade de energia consumida dobrou a cada dez anos, passando de $18 \cdot 10^6$ Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP) em 1940 para $112 \cdot 10^6$ TEP em 1980.

Os dados sobre a evolução mais recente do aumento do produto interno bruto (PIB) e do consumo de energia dão origem à ideia de que é impossível um crescimento apropriado do PIB sem um crescimento correspondente (ou até maior) da energia consumida. Com base nessa ideia desenvolveu-se todo o processo de planejamento do sistema energético brasileiro: produzir mais energia para alimentar o desenvolvimento econômico. A relação entre o PIB e o consumo de energia dá origem ao conceito de 'elasticidade' (α), que diz de quantos pontos percentuais será o crescimento do consumo de energia para cada ponto percentual de aumento no PIB (Granger, 1989).

Matematicamente, o Cálculo da Elasticidade é a relação entre o PIB e o consumo de energia, que é descrita por uma relação do tipo $E = kI\alpha$, onde α é definido como a elasticidade da renda, ou do PIB (representado por I), em relação à demanda de energia (E). Tomando-se os logaritmos dos

componentes da equação, obtém-se: $n E = nk + \alpha nI$. Diferenciando a equação, obtém-se: $dE/E = \alpha dI/I$. Para efeitos práticos, pode ser usada na forma incremental: $\Delta E/E = \alpha (\Delta I/I)$ de onde $\alpha = (\Delta E/E) / (\Delta I/I)$. A relação agora pode ser lida da seguinte forma: α é a razão do incremento relativo do consumo de energia ($\Delta E/E$) para o incremento relativo na renda ($\Delta I/I$) (Hausman, 1978).

II.METODOLOGIA

O modelo linear simples contém apenas uma variável explicativa. Na sua equação básica: $Y_i = a + bX_i + u_i$, ($i = 1, 2, \dots, n$) onde Y_i é a variável dependente, X_i é a variável explicativa, u_i é o termo aleatório, a e b são os parâmetros a serem estimados, n indica o tamanho da amostra e o índice i refere-se à unidade de observação dos valores das variáveis. Os parâmetros da equação podem ser estimados a partir de valores amostrais das variáveis Y_i e X_i . No entanto, alguns pressupostos têm de ser satisfeitos para que tal estimativa seja válida em termos de confiabilidade. Esses pressupostos são: Aleatoriedade de u_i – A variável u_i é real e aleatória ou randômica; Média zero de u_i tem média zero, isto é, $E(u_i) = 0$; Homocedasticidade - u_i tem variância constante, ou seja, $var(u_i) = E(u_i^2) = \sigma^2$, onde $\sigma =$ constante; A variável u_i tem distribuição normal, isto é, $u_i \sim N(0, \sigma^2)$; Ausência de auto correlação ou independência serial dos u_i . Isso significa que $E(u_i u_j) = 0$ para $i \neq j$; Independência entre u_i e X_i , ou seja, $E(u_i X_i) = 0$; Nenhum erro de medida nos X 's – As variáveis explicativas são medidas sem erros; O modelo tem especificação correta – isso significa ausência de erro de especificação no sentido de que apenas uma variável explicativa é suficiente para expressar adequadamente o comportamento do fenômeno, assim como a forma matemática (linear ou não linear) é corretamente definida e Estacionaridade – As séries de tempo usadas na estimação são estacionárias (Goldfeld&Quandt, 1965; Gleiser, 1978).

Diversos métodos podem estimar os parâmetros de um modelo econométrico. Os principais são o método dos mínimos quadrados (MQ) e o método da máxima verossimilhança (MV) (Cox, 1961; Huang & Bolch, 1974).

No método dos mínimos quadrados a equação estimada correspondente ao modelo teórico pode ser indicada da seguinte forma: $\hat{Y}_i = \hat{a} + \hat{b}X_i$, ou $Y_i = \hat{a} + \hat{b}X_i + e_i$; onde os acentos circunflexos indicam estimativas e e_i são os erros, os resíduos estimados. O objetivo da estimação pelo método dos mínimos quadrados é o de obter estimativas dos parâmetros a e b , a partir de uma amostra dos valores de Y_i e X_i , de modo que os erros ou resíduos sejam mínimos (Park, 1966).

Desse modo, pode-se reescrever $\hat{Y}_i = \hat{a} + \hat{b}X_i$ em termos de e_i como $e_i = (Y_i - \hat{Y}_i) = Y_i - (\hat{a} + \hat{b}X_i)$

Elevando-se esta equação ao quadrado e somando-se os valores das variáveis para abranger todas as unidades de observação, obtém-se: $SR = \sum e^2 = \sum [Y - (\hat{a} + \hat{b}X)]^2$.

Assim, a aplicação do método dos mínimos quadrados consiste na obtenção das estimativas dos parâmetros a e b da equação $\hat{Y} = \hat{a} + \hat{b}X$, de modo que a soma de quadrados dos resíduos (SR) seja mínima.

Derivando-se a equação $SR = \sum e^2$ em relação a $\hat{a}$ e a $\hat{b}$, igualando-se essas derivadas a zero e reordenando-se os termos, obtém-se o seguinte sistema de equações:

$$\begin{cases} d(SR)/d(\hat{a}) = 2\sum(Y - \hat{a} - \hat{b}X)(-1) = 0 \\ d(SR)/d(\hat{b}) = 2\sum(Y - \hat{a} - \hat{b}X)(-X) = 0 \end{cases}$$

Simplificando-se e ordenando-se os termos do sistema dessas equações é obtido o sistema de equações normais:

$$\begin{cases} \sum Y = \hat{a} + \hat{b}\sum X \\ \sum YX = \hat{a}\sum X + \hat{b}\sum X^2 \end{cases}$$

Resolvendo-se esse sistema de equações normais para $\hat{a}$ e $\hat{b}$, obtém-se as estimativas de mínimos quadrados dos parâmetros $\hat{a}$ e $\hat{b}$:

$$\hat{b} = \frac{\sum YX - (\sum Y \cdot \sum X)/n}{\sum X^2 - (\sum X)^2/n} \text{ e } \hat{a} = \bar{Y} - \hat{b}\bar{X}.$$

Obtém-se, assim, a equação estimada $\hat{Y} = \hat{a} + \hat{b}X$, que melhor se aproxima da verdadeira relação $E(Y) = a + bX$. O estimador de b pode, também, ser definido pelas seguintes expressões:

$$\hat{b} = \sum(Y - \bar{Y})(X - \bar{X}) / \sum(X - \bar{X})^2 = \sum yx / \sum x^2$$

$$\hat{b} = \frac{\sum xY}{\sum X^2} = \frac{x_1}{\sum x^2} Y_1 + \frac{x_2}{\sum x^2} Y_2 + \dots + \frac{x_n}{\sum x^2} Y_n$$

Essa expressão indica que a estimativa de b é uma média ponderada dos valores de Y , em que os pesos

$$\text{são: } \frac{x_1}{\sum x^2}, \frac{x_2}{\sum x^2}, \dots, \frac{x_n}{\sum x^2}.$$

No modelo $Y_i = a + bX_i + u_i$ de acordo com os pressupostos de validade de um modelo econométrico, Y é considerado uma variável aleatória com distribuição normal, média $(a + bX_i)$ e variância σ^2 . Em

consequência, se os valores observados Y_1, Y_2, Y_n são independentes, pode-se escrever uma função de probabilidade conjunta, a partir da fórmula da distribuição normal:

$$L = p(Y_1) p(Y_2) \dots p(Y_n) = L(Y_1, Y_2, \dots, Y_n, \hat{a}, \hat{b}, \sigma^2) =$$

$$L = \prod_{i=1}^n \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{1/2}} \cdot \text{Exp} \left[-1/2\sigma^2(Y - \hat{a} - \hat{b}X)^2 \right]$$

Onde Π é o produto de n fatores, p é a probabilidade de ocorrência de Y associada à distribuição normal, $\Pi = 3,14159$ e Exp pode ser entendido como o número $e = 2,71828$ (base do logaritmo neperiano), elevado à expressão entre colchetes.

Tal expressão é conhecida como função de verossimilhança. Os estimadores de máxima verossimilhança a e b da equação $Y_i = a + bX + u_i$ são definidos como os valores estimados, que, mais provavelmente, geram os valores amostrais $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$. Para que isso ocorra, é necessário que tais estimadores maximizem a função de verossimilhança. Para tanto, deriva-se L em relação aos parâmetros estimados a, b e à variância σ^2 .

Para facilitar a diferenciação, logaritma-se a função de verossimilhança, obtendo-se a expressão: $\text{Log} L$

$$= -\frac{n}{2} \log 2\pi - n \log \hat{\sigma} - \frac{1}{2\hat{\sigma}^2} \sum (Y - \hat{a} - \hat{b}X)^2$$

Desse modo, as derivadas parciais de $\log L$ em relação aos valores estimados $\hat{a}$, $\hat{b}$ e σ^2 são igualadas a zero, obtendo-se, em consequência, um sistema de equações normais. A solução desse sistema para esses valores fornece os estimadores de máxima verossimilhança de a, b e σ^2 . Tais estimadores tornam máxima a verossimilhança entre as estimativas obtidas e os respectivos parâmetros populacionais. Verifica-se, então, que tais estimadores são exatamente iguais aos de mínimos quadrados $\hat{b}$ e $\hat{a}$.

Se admite-se que os valores de Y_i seguem uma distribuição normal, a única diferença entre os dois métodos de estimação reside na definição da variância amostral, no caso do método da máxima verossimilhança, como mostra a solução do sistema de equações normais para a estimativa de σ^2 , a

variância amostral é definida pela expressão:

$$\sigma^2 = S_{mv}^2 = \frac{1}{n} \sum (Y - \hat{a} - \hat{b}X)^2, \text{ ou seja,}$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n} \sum e_i^2$$

Demonstra-se que tal estimador de variância é tendencioso, sobretudo no caso de pequenas amostras. Portanto, trata-se um método válido somente para o caso de grandes amostras (Ramanathan, 1998).

Obtida a equação estimada, obtém-se a estimativa e do termo aleatório u : $e = Y - \hat{Y}$. Tal termo residual, dada sua natureza, fornece grande número de informações úteis.

Como observa (Shapiro, 1968), o exame dos resíduos pode revelar: (a) a existência de *outliers*, (b) a omissão de variáveis explicativas relevantes, (c) correlação entre os resíduos, (d) variância não constante e (e) distribuição não normal. *Outliers* referem-se às observações que se comportam diferentemente das demais em virtudes de acontecimentos ou características específicos associados a essas unidades de observação. Por outro lado, a existência de um padrão sistemático nos resíduos é, possivelmente, motivada por omissão de variáveis explicativas relevantes, omitidas ou por falta de informações ou por ignorância sobre sua importância para a explicação do fenômeno.

Os valores dos coeficientes de uma equação de regressão não são comparáveis, a menos que suas variáveis sejam expressas em termos da mesma unidade. Para que duas ou mais variáveis possam ser comparadas, é praxe dividi-las por seu respectivo desvio-padrão, ficando, assim, expressas em termos de um número abstrato, isto é, desprovido de unidades, embora faça sentido afirmar que essas variáveis passaram a ser mensuradas em unidades de desvio-padrão. Diz-se, nesse caso, que as variáveis foram padronizadas.

Portanto, com o objetivo de obter coeficientes comparáveis, um modelo pode ser expresso em termos de variáveis padronizadas, sem que isso altere a natureza da relação original. No caso do modelo linear simples, o coeficiente beta da variável explicativa é igual ao coeficiente de correlação. Alguns autores (Shapiro & Wark, 1965; Phillips & Ouliaris, 1990) usam as variáveis expressas em termos de seus desvios em torno da média, antes de padronizá-las através da divisão pelo respectivo desvio-padrão. Nesse caso, o coeficiente beta para o termo constante não é definido, posto que este seja eliminado no processo de padronização. Em ambos os casos, os coeficientes associados às variáveis explicativas são idênticos. Adotar-se-á aqui o primeiro caso.

Calcularam-se os valores estimados do índice da quantidade demandada Q ; e em seguida, interpretaram-se os resíduos ou erros.

Tabela 1: Índice da quantidade demandada (Q) e da tarifa real média (T) de energia elétrica em Natal-RN.

Ano	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Q	6,9	7,6	8,1	9,0	9,4	10,0	10,3	10,8	11,3	11,5
T	14,3	13,4	11,7	11,1	10,9	10,0	13,7	12,2	8,5	9,0

III.DISCOSSÃO

A estimativa da equação de demanda consistiu em calcular os parâmetros do modelo pelo método dos mínimos quadrados (ou da máxima verossimilhança). Usando-se os estimadores, obteve-se:

$\hat{b} = \frac{\sum YX - (\sum Y \cdot \sum X) / n}{\sum X^2 - (\sum X)^2 / n} = \frac{\sum yx}{\sum x^2}$ e $\hat{a} = \bar{Y} - \hat{b}\bar{X}$. Desse modo, fazendo-se $Q = Y$ e $T = X$ para não se alterar a notação das fórmulas dos estimadores e seguindo-se as indicações destas,

$\hat{b} = \frac{\sum xY}{\sum x^2} = \frac{x_1}{\sum x^2} Y_1 + \frac{x_2}{\sum x^2} Y_2 + \dots + \frac{x_n}{\sum x^2} Y_n$ calculou-se inicialmente a estimativa de b , obtendo-se:

$\hat{b} = -0,5567$. Conhecida a estimativa de b , calculou-se a do parâmetro a : $\hat{a} = 158,809$. Portanto, a equação de demanda estimada é: $\hat{Y} = 158,809 - 0,557 X$, ou $\hat{Q} = 158,809 - 0,557 T$ ou em termos da notação original. Fórmulas alternativas podem ser utilizadas para calcular a estimativa do parâmetro b . Essa última fórmula expressa a estimativa de b como média ponderada de Y .

Tabela 2: Cálculos requeridos para estimar b como média ponderada de Y .

Ano	Y	X	$x = (X - \bar{X})$	x^2	$x/\sum x^2$	$x/\sum x^2 \cdot Y$
1991	6,9	14,3	28,2	792,24	0,00809	0,558
1992	7,6	13,4	19,2	368,64	0,00552	0,418
1993	8,1	11,7	2,2	4,84	0,00063	0,051
1994	9,0	11,1	-3,8	14,44	-0,00109	-0,098
1995	9,4	10,9	-5,8	33,64	-0,00167	-0,156
1996	10,0	10,0	-14,8	219,04	-0,00425	-0,424
1997	10,3	13,7	22,2	492,84	0,00637	0,656
1998	10,8	12,2	7,2	51,84	0,00207	0,223

1999	11,3	8,5	-29,8	888,04	-0,00855	-0,966
2000	11,5	9,0	-24,8	615,04	-0,00712	-0,818
Σ	94,9	1.14,8	0,0	3.483,60	0,000002	$\hat{b} = -0,556$

O valor estimado de b depende, em grande medida, das observações de Y relativas aos dois últimos anos da série. A definição de elasticidade-tarifa é, $E_t = d(Q)/d(T) \cdot T/Q$ onde $d(Q)/d(T)$ indica a derivada de Q em relação a T . Desse modo, a partir da equação estimada e dos valores médios de Q e de T , calcula-se a elasticidade-tarifa: $E_t = d(a + bT) \cdot T/Q = b \cdot (T/Q) = -0,673$.

Trata-se de demanda inelástica, pois $|E_t| < 1$. Isso significa que, para cada 1% de aumento (ou diminuição) da tarifa, a quantidade consumida de energia elétrica sofrerá uma redução (ou acréscimo) da ordem de 0,673%, mantidos constantes os demais fatores. Substituindo-se os valores de T na equação estimada, obtêm-se as estimativas de Q e, a partir destas, calculam-se os resíduos, como indicado na Tabela apresentada a seguir.

Tabela 3: Cálculos para estimar resíduos da demanda de energia elétrica.

Ano	Q_i	$\hat{Q}_i$	$e_i = Q_i - \hat{Q}_i$
1991	6,9	7,9.2	-10,20
1992	7,6	8,4.2	-8,21
1993	8,1	9,3.7	-12,68
1994	9,0	9,7	-7,02
1995	9,4	9,8.1	-4,13
1996	10,0	10,3.1	-3,14
1997	10,3	8,2.5	20,46
1998	10,8	9,0.8	17,11
1999	11,3	11,1.4	1,51
2000	11,5	10,8.7	6,30
Total	94,9	94,9	0,00

Os resíduos, no caso específico da demanda de energia elétrica, podem ser interpretados como erro da forma específica e/ou omissão de variáveis, tais como nível da atividade econômica, preços de

energia alternativa, preços de bens ou serviços complementares. Quanto mais elevados os valores absolutos dos resíduos, mais relevantes serão as variáveis explicativas omitidas e/ou o erro de especificação.

As sequências de resíduos com sinais negativos (1991/1996) e com sinais positivos (1997/2000) são indícios de omissão de variáveis relevantes, algo recorrente em modelos lineares simples.

No Quadro 1, os elementos apresentados foram utilizados como base para a realização dos cálculos estatísticos e por conseguinte, sua avaliação.

Quadro 1: Análise de variância

Fonte de	Soma de Quadrados	Graus de	Soma média de
Varição de Y	(SQ)	Liberdade (GL)	Quadrados (SQ/GL)
X = tarifa	VE = $-0,5567 \cdot (-1.939,2) =$ $= 1.079,55$	k = 1	VE/k = 1.079,55
Resíduo	VR = 1.161,35	n - k - 1 = 8	S ² = 145,1688
Total	VT = 2.240,90	n - 1 = 9	-

Tendo: ; $VE = \hat{b} \sum (Y - \bar{Y})(X - \bar{X}) = \hat{b} [\sum YX - \sum Y \sum X / n]$

Portanto: VE = 1.079,55; . Dessa forma, VT = 2.240,90. As estatísticas que permitem a avaliação do grau de confiabilidade da estimativa obtida, são: Coeficiente de determinação R² = VE/VT = 0,482 ou 48,2%. O coeficiente de determinação indica a parcela da variação da quantidade demandada (Q) explicada pela variável tarifa (T). Nesse caso, a interpretação é que a tarifa é responsável por 48,2% da variação da quantidade demandada.

Para Estatística F: $F_{k;n-k-1} = VE/k / (VR/(N-K-1)) \Rightarrow F(1;8) = 7,437$. Estatística t para o parâmetro b: , onde Sb = em que = 3.483,60.

Dessa forma, Sb = . Portanto, para b = 0, tb = $-0,5567 / 0,2041 = -2,73$. Para Estatística t para termo constante a , tem-se Ta = $\hat{a} - a/S$, sendo Sa = Assim Sa = 23,7427. Por conseguinte, para a = 0, ta = 6,69.

Com base nos resíduos referentes à equação de demanda de energia elétrica testou-se a hipótese de ausência de normalidade no nível de significância de 1%. Na Tabela 4, apresentamos os cálculos requeridos para a obtenção da estatística D. Utilizando-se a fórmula e o valor absoluto máximo da

série $(i/n - z_i)$ constante nesta tabela, a estatística D terá o seguinte valor: $D = \max_i |i/n - z_i| = 0,187$.

Tabela 4: Cálculo da Estatística D para o Teste de Normalidade.

e_i	e_i ordenados (eo_i)	$W_i =$ eo_i/s	z_i	i/n	$i/n - z_i$
-5,23	-5,36	-1,30	0,097	0,1	0,003
-1,84	-5,23	-1,27	0,102	0,2	0,098
2,40	-4,97	-1,21	0,113	0,3	0,187
4,87	-1,84	-0,45	0,326	0,4	0,074
-0,32	-0,32	-0,08	0,468	0,5	0,032
-5,36	2,40	0,58	0,719	0,6	-0,119
2,43	2,43	0,59	0,722	0,7	-0,022
3,48	3,48	0,85	0,802	0,8	-0,002
-4,97	4,53	1,10	0,864	0,9	0,036
4,53	4,87	1,18	0,881	1,0	0,119

Onde desvio-padrão dos resíduos, $s = 4,1135$.

No nível de probabilidade de 1% e $n = 10$, o valor crítico $D_n = 0,49$. Como $D = 0,187 < D_n = 0,49$, aceita-se a hipótese nula de normalidade dos resíduos (H_0), a esse nível de significância.

IV CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em virtude do que foi mencionado, o processo de planejamento do sistema energético brasileiro, consiste em produzir mais energia para alimentar o desenvolvimento econômico. Neste trabalho, para estimar os parâmetros de um modelo econométrico do perfil de demanda e elasticidade da tarifa de energia elétrica em Natal – RN, utilizou-se o método dos mínimos quadrados (MQ) e o método da máxima verossimilhança (MV), matematicamente, o cálculo da Elasticidade é a relação entre o PIB e o consumo de energia.

Levando-se em conta o que foi observado, calculou-se os valores estimados do índice da quantidade demandada (Q) e da tarifa real média (T) de energia elétrica em Natal-RN; e após, calculou-se e

interpretou-se os resíduos ou erros. A estimativa da equação de demanda consistiu em calcular os parâmetros do modelo pelo método dos mínimos quadrados (ou da máxima verossimilhança).

Por tanto, os resíduos, no caso específico da demanda de energia elétrica, podem ser interpretados como erro da forma específica e/ou omissão de variáveis, tais como nível da atividade econômica, preços de energia alternativa, preços de bens ou serviços complementares. Quanto mais elevados os valores absolutos dos resíduos, mais relevantes serão as variáveis explicativas omitidas e/ou o erro de especificação.

Logo, as sequências de resíduos com sinais negativos (1991/1996) e com sinais positivos (1997/2000) são indícios de omissão de variáveis relevantes, fato recorrente em modelos lineares simples.

Pela observação dos aspectos analisados, a estatística que permite a avaliação do grau de confiabilidade da estimativa obtida, é por tanto, o Coeficiente de determinação, pois, a sua determinação indica a parcela da variação da quantidade demandada (Q) explicada pela variável tarifa (T). Nesse caso, a interpretação é que a tarifa é responsável por 48,2% da variação da quantidade demandada.

III. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMON, S. The distributed lag between capital appropriations and net expenditures. *Econometrica*, p. 178-196, Jan.1965.

COX, D. R. Test of separate families of hypotheses. *Proceedings of the Fourth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*. Berbeley: University of California Press, v. 1, 1961.

ENDERS, W. *Applied econometric time series*. New York: John Wiley, 1995.

GLEJSER, H. A new test for heterocedasticity. *Journal of the Americam Statistical Association*, v. 64, p. 316-323, 1969.

GOLDFELD, S. M.; QUANDT, R. E. Some tests for homocedasticity. *Journal of the Americam Statistical Association*, sept. 1965.

GRANGER, C. W. J. Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometria*, v. 37, p. 24-36, jan. 1989.

HAUSMAN, J. A. Specification tests in econometrics. *Econometrica*, v. 46(8), p. 1251-1271, nov. 1978.

HUANG, C. J.; BOLCH, B. W. On the testing of regression disturbances for normality. *Journal of the Americam Statistical Association*, p. 330-335, june 1974.

PARK, R. E. Estimation with heterocedastic error terms. *Econometrica*, v. 34(4), p. 888, oct. 1966.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. *Econometric models and economic forecasts*. 2. ed. Cingapura: McGraw-Hill, 1986.

RAMANATHAN, R. *Introductory econometrics with applications*. 4. ed. Orlando (USA): Harcourt Brace & Company, 1998.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, no 52, p. 591-611, dec. 1965.

SHAPIRO, S. S. et al. A comparative study of various tests for normality. *Journal of the Americam Statistical Association*, v. 63, p. 1343-1372, dec. 1968.

Capítulo 3



10.37423/250209639

RESÍDUOS E CONSCIÊNCIA: TRANSFORMANDO DESAFIOS EM SUSTENTABILIDADE NO INTERIOR PIAUIENSE

Expedita Luísa Santos Alves de Sousa

Aluna da Secretaria de Educação do Estado do Piauí e Bolsista do PIBIC-JR

Francisco Raí Silva Santos

Aluno da Secretaria de Educação do Estado do Piauí e Bolsista do PIBIC-JR

Iza Marielly de Araújo Nobre

Aluna da Secretaria de Educação do Estado do Piauí e Bolsista do PIBIC-JR

João Pereira de Moura Neto

Aluno da Secretaria de Educação do Estado do Piauí e Bolsista do PIBIC-JR

Amanda Conrado Lima

Professora Mestra da Secretaria de Educação do Estado do Piauí e Orientadora do PIBIC -JR



Resumo: O presente estudo foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (FAPEPI) através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica Júnior (PIBIC- JR) e buscou investigar como a conscientização dos estudantes do ensino médio sobre o manejo adequado de resíduos pode contribuir para a redução dos impactos ambientais no município de Dom Expedito Lopes – Piauí. Para isso, a pesquisa foi realizada com 100 alunos de uma escola estadual, utilizando uma metodologia estruturada em três etapas: aplicação de um questionário inicial para avaliar a percepção dos discentes sobre a temática, desenvolvimento de atividades educativas voltadas à sustentabilidade e reavaliação dos conhecimentos adquiridos ao final do processo. Durante o evento escolar, foram promovidas palestras, exposições interativas e workshops, incentivando a reflexão e a adoção de práticas sustentáveis. Os resultados obtidos demonstram que a maioria dos participantes reconhece a importância do descarte correto do lixo e suas implicações ambientais e sanitárias, evidenciando uma significativa evolução na percepção ambiental dos alunos. Dessa forma, conclui-se que iniciativas educativas estruturadas podem ser ferramentas eficazes na formação de cidadãos mais conscientes e engajados na preservação ambiental.

Palavras-chave: Meio ambiente; Educação; Manejo de Resíduos, Ensino e Pesquisa.

INTRODUÇÃO

A gestão de resíduos sólidos urbanos constitui um dos mais significativos desafios ambientais e de saúde pública enfrentados pelas cidades brasileiras, especialmente aqueles situados no interior do país. O município de Dom Expedito Lopes, no estado do Piauí, não é uma exceção, enfrentando problemas decorrentes do descarte irregular de resíduos, que impactam diretamente a qualidade de vida da população e o ecossistema local.

Neste contexto, o presente estudo visa investigar de que maneira a conscientização dos estudantes do ensino médio sobre o manejo adequado de resíduos pode contribuir para a mitigação dos impactos ambientais no referido município. O estudante não é apenas um cidadão do futuro; já é um cidadão hoje. Portanto, o conhecimento científico não apenas amplia suas oportunidades de participação social e desenvolvimento intelectual no presente, mas também capacita-o plenamente para exercer sua cidadania (LANES, 2014).

A escolha deste grupo como público-alvo é fundamental para suprir a necessidade de formar cidadãos críticos e engajados com as questões ambientais, capacitados a divulgar informações e promover mudanças comportamentais em suas comunidades. A presente pesquisa desenvolveu-se em uma escola estadual do interior do Piauí contando com 100 alunos devidamente matriculados e frequentes.

Para tanto, evidencia-se o seguinte problema de pesquisa: como a conscientização sobre o manejo adequado do lixo pode contribuir para a redução dos impactos ambientais e na saúde pública no município de uma cidade do interior piauiense? Esse problema se justifica pela necessidade de avaliar a eficácia de programas de educação ambiental na redução dos impactos socioambientais decorrentes do manejo inadequado de resíduos sólidos.

Espera-se que a implementação de ações educativas voltadas à coleta seletiva, reciclagem e descarte adequado de resíduos podem contribuir significativamente para a mitigação de problemas ambientais, como a contaminação de solo e água, e de riscos à saúde pública associados à proliferação de vetores. A pesquisa busca analisar a relação entre a conscientização dos alunos sobre o manejo adequado de resíduos, a redução dos impactos ambientais e de saúde pública fornecendo subsídios para a formulação de políticas públicas mais eficazes no ambiente escolar.

Dessa forma, o presente estudo foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Piauí (FAPEPI) através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica Júnior (PIBIC- JR) e conta com os seguintes objetivos: (1) Investigar o nível de conhecimento dos alunos sobre a importância do

manejo adequado dos resíduos sólidos; (2) Propor estratégias educativas para o ambiente escolar que incentivem práticas sustentáveis; (3) Analisar os impactos decorrentes da implementação dessas estratégias.

REFERENCIAL TEÓRICO

Vivemos em um momento da história em que a preocupação com os danos ambientais se tornou indispensável. A ignorância ou a indiferença diante dessas questões pode resultar em impactos irreversíveis para o meio ambiente, comprometendo a qualidade de vida das atuais e futuras gerações. Para garantir um planeta equilibrado e sustentável, é essencial um comprometimento coletivo fundamentado na consciência ecológica e na adoção de práticas sustentáveis (ESTOCOLMO, 1972, princípio 6).

Nesse contexto, expressões como “preservar” e “cuidar” do meio ambiente ganharam destaque no discurso contemporâneo. Contudo, transformar essas ideias em ações concretas requer iniciativas estruturadas. Projetos educativos e eventos comunitários são ferramentas essenciais para sensibilizar a população e incentivar mudanças de comportamento. A educação ambiental, nesse sentido, surge como um instrumento de transformação, promovendo reflexões sobre a relação entre sociedade e natureza e incentivando soluções sustentáveis para os desafios ambientais.

A crescente degradação ambiental reforça a necessidade de discutir essas questões no ambiente escolar. A escola, como espaço de formação cidadã, desempenha um papel fundamental ao preparar os alunos para os desafios ambientais do futuro (BRASIL, 1999). Mais do que transmitir conhecimentos sobre a natureza e seus recursos, a educação ambiental no contexto escolar deve estimular a reflexão crítica, promovendo valores como respeito, responsabilidade e solidariedade (JACOBI, 1994).

A interdisciplinaridade é um dos principais caminhos para a inserção da educação ambiental nas escolas. Por meio de atividades pedagógicas que envolvem diferentes áreas do conhecimento, os alunos são incentivados a analisar os problemas ambientais de maneira sistêmica, desenvolvendo habilidades como argumentação e resolução de problemas. Projetos práticos, como coleta seletiva de lixo e economia de recursos naturais, demonstram a importância de pequenas ações no cotidiano para a preservação ambiental.

A educação ambiental também está diretamente ligada à formação de uma cultura de sustentabilidade. Ao aprenderem sobre os impactos ambientais e como minimizá-los, os alunos tornam-se agentes multiplicadores desse conhecimento em suas comunidades. Dessa forma, a escola

exerce um papel estratégico na construção de uma sociedade mais consciente e engajada na busca por soluções sustentáveis (LOUVEIRO, 2000)

A abordagem crítica da educação ambiental, conforme proposto por JACOBI (2003), questiona os modelos de desenvolvimento que perpetuam a degradação ambiental e promove o engajamento social. Ao estimular uma visão reflexiva e participativa, essa perspectiva incentiva a busca por alternativas mais justas e ecologicamente equilibradas. Sorrentino (2005) destaca a relevância da participação e do controle social como elementos centrais desse processo, permitindo que diferentes grupos influenciem decisões e políticas ambientais.

Outro ponto relevante para estimular essa temática no ambiente escolar é a relação entre educação ambiental e saúde pública. O manejo inadequado de resíduos sólidos, por exemplo, é um dos grandes desafios ambientais da atualidade, gerando impactos negativos nos ecossistemas e na qualidade de vida da população (CETESB, 2020). A destinação incorreta de lixo contribui para a contaminação do solo e da água, além de favorecer a proliferação de vetores de doenças, como mosquitos e ratos, ampliando os riscos para a saúde humana (WHO, 2018).

Dessa forma, a educação ambiental deve ser compreendida como um processo contínuo e dinâmico, capaz de inspirar mudanças estruturais na sociedade. Ao promover a consciência ecológica e incentivar práticas sustentáveis, contribuiu para a formação de indivíduos conscientes e engajados é um dos pilares fundamentais para enfrentar os desafios ambientais do século XXI.

METODOLOGIA

O público-alvo dessa pesquisa foi composto por 100 alunos com faixa etária entre 15 e 21 anos, do ensino médio e de uma escola estadual piauiense da cidade de Dom Expedito Lopes. Para tanto, foi aplicado inicialmente um questionário de avaliação diagnóstica com o objetivo de identificar a percepção dos alunos sobre a importância do manejo consciente de resíduos.

Em seguida, foi realizada uma intervenção pedagógica através de atividades sistematizadas durante um evento escolar com duração de três dias, nos quais os alunos foram organizados em grupos e orientados a projetos temáticos relacionados à sustentabilidade, com o intuito de promover a conscientização ambiental e o incentivo a práticas sustentáveis. Ao término das atividades, ocorreu uma nova coleta de dados por meio de um novo questionário para identificar as possíveis mudanças na percepção dos discentes, permitindo a análise dos impactos. Vale ressaltar que ambos os questionários foram aplicados através do google forms.

O evento escolar promoveu palestras (FIGURA 1) educativas sobre os impactos do lixo no oceano, abordando como a poluição marinha afeta a biodiversidade, a qualidade da água e a vida das comunidades costeiras. Os participantes tiveram a oportunidade de compreender as principais fontes de resíduos que chegam às águas e discutir estratégias para mitigar esse problema ambiental. Vale ressaltar que a palestra foi ministrada por um professor de biologia da escola.

Figura 1 – Registro de palestra



Fonte: acervo pessoal dos autores

Além das palestras, o evento contou com exposições (FIGURA 2) interativas realizadas pelos alunos do primeiro ano do ensino médio para os demais discentes da escola. Para tanto, foram construídas maquetes ilustrativas sobre o descarte correto do lixo doméstico e o efeito estufa, dentre outros temas. As representações visuais ajudaram a demonstrar a importância da separação e reciclagem dos resíduos, bem como os efeitos da emissão de gases poluentes no aquecimento global. Além disso, permitiram que os alunos tivessem experiência de trocar conhecimentos, uma vez que todas as informações e apresentações das exposições foram fornecidas de aluno para aluno.

Figura 2- Registro da exposição

Fonte: acervo pessoal dos autores

Para complementar as atividades, também foi realizado um Workshop organizado pelos alunos voltado para a temática soluções inovadoras relacionadas às mudanças climáticas (FIGURA 3). Durante o workshop, os participantes puderam explorar ideias sustentáveis e tecnologias emergentes que contribuem para a redução dos impactos ambientais e a adaptação às novas condições climáticas do planeta.

Figura 3- Workshop sobre soluções inovadoras para o clima



Fonte: acervo pessoal dos autores

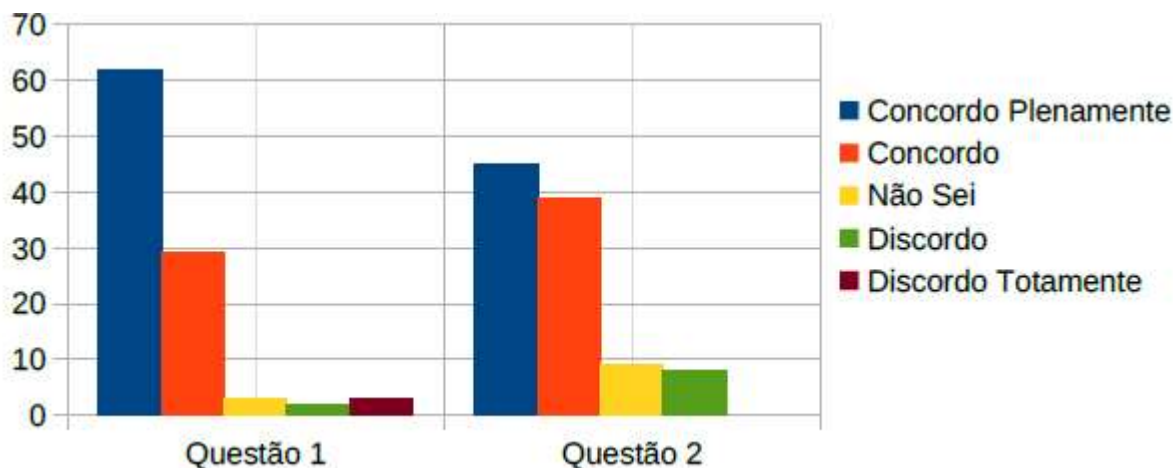
RESULTADO E DISCUSSÕES

Os dados levantados na pesquisa indicam que 92% dos estudantes que participaram da coleta de dados cursaram o ensino fundamental em instituições da rede pública. Além disso, 65% de seus pais ou responsáveis possuem formação em nível superior. Esses resultados revelam um aspecto interessante: embora a maioria dos alunos tenha estudado em escolas públicas, que historicamente enfrentam desafios estruturais e pedagógicos, há uma presença significativa de responsáveis com ensino superior, o que pode influenciar positivamente o desempenho acadêmico e as perspectivas educacionais desses estudantes.

RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DO PRIMEIRO QUESTIONÁRIO (PRÉ-EVENTO)

O Gráfico 1 apresenta o resultado adquirido nas duas primeiras afirmações do questionário.

Análise das afirmações (Questão 1 e 2)



Fonte: elaborado pelos autores.

Para avaliar a percepção dos estudantes sobre a importância do descarte correto do lixo, foi aplicado um questionário com a seguinte afirmação: “O descarte correto do lixo contribui para a preservação do meio ambiente. ” (Questão 1) os resultados indicaram que 62% dos participantes concordaram plenamente com a afirmação, enquanto 29% concordaram parcialmente. Apenas 2% discordaram e 4% discordaram plenamente, enquanto 3% declararam não saber ou não ter opinião formada sobre o tema.

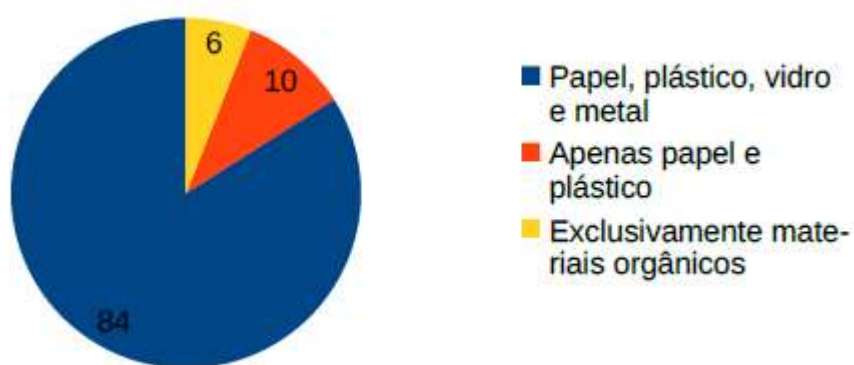
Esse resultado mostra que a maioria dos estudantes reconhece a importância do descarte correto do lixo, com 91% concordando total ou parcialmente. No entanto, a presença de 9% entre discordantes e indecisos indica a necessidade de mais sensibilização e educação ambie.

“Você acredita que o manejo consciente de resíduos pode ajudar na saúde pública, problemas temporários como a supervisão de doenças” (Questão 2). A análise dos dados coletados revela uma percepção positiva em relação à ideia de que o manejo consciente de resíduos contribui para a saúde pública e a supervisão de doenças temporárias. Uma maioria expressiva dos participantes (84%) demonstra concordância, sendo 45% apenas concordam e 39% concordam totalmente. Isso indica um reconhecimento substancial do impacto benéfico da prática. Por outro lado, uma pequena parcela, representada por 8%, manifesta discordância, enquanto 9% declararam incerteza

Para o questionamento “Quais materiais podem ser reciclados?”(Questão 3), a análise dos dados coletados para esse questionamento (GRÁFICO 2) revela um alto nível de conhecimento sobre os principais materiais recicláveis, como papel, plástico, vidro e metal, apontados por 84% dos participantes. Esse dado indica uma compreensão ampla e consolidada acerca dos materiais que compõem o núcleo da reciclagem tradicional. No entanto, 10% dos respondentes demonstraram um entendimento limitado, restringindo-se a citar apenas papel e plástico, o que pode refletir uma falta de informação ou uma percepção limitada sobre as possibilidades de reciclagem de outros materiais. Além disso, uma pequena parcela, representando 6%, mencionou exclusivamente materiais orgânicos, o que sugere uma confusão conceitual entre reciclagem e compostagem, práticas distintas no manejo de resíduos.

Gráfico 2 – Dados extraídos da terceira questão do questionário.

Os dados estão em porcentagem



Fonte: elaborado pelos autores.

RESULTADOS OBTIDOS A PARTIR DO SEGUNDO QUESTIONÁRIO (PÓS-EVENTO)

Sobre a participação dos alunos no evento promovido pela equipe do PIBIC Jr, aplicou-se o seguinte questionamento: “Como você avalia sua participação no evento sobre meio ambiente e sustentabilidade?” (Questão 1). A análise dos dados coletados (GRÁFICO 3) revela uma percepção amplamente positiva em relação à participação no evento sobre meio ambiente e sustentabilidade. A maioria expressiva dos respondentes indicou estar satisfeita (67%) ou muito satisfatória (27%) com sua experiência, totalizando 94% de avaliações positivas. Apenas uma pequena parcela manteve uma posição neutra (6%), e não foram registrados indicadores de insatisfação. Esses números sugerem que

o evento atendeu, e possivelmente superou, as expectativas de grande parte dos participantes, reforçando a relevância dos temas abordados e a eficácia na organização.

Gráfico 3 – Dados extraídos da primeira questão do questionário.



Fonte: elaborado pelos autores.

As questões 2, 3 e 4 foram elaboradas para identificar uma possível mudança de comportamento dos alunos após a participação do evento escolar promovido pelo PIBIC - JR. *Avaliando suas ações após o evento, como você classificaria as seguintes mudanças em seus hábitos: Separação de lixo doméstico. (Questão 2).* Os dados (GRÁFICO 4) sobre o hábito de separar o lixo em casa revelam que a maioria dos respondentes apresentou um comportamento positivo em relação à prática. Nesse quesito, 64% dos participantes indicaram que passaram a separar de forma regular, por outro lado, 30% indicaram que às vezes se engajam nessa atividade, o que sugere uma adesão menos consistente, mas ainda relevante. Apenas uma pequena parcela mesmo após a intervenção do evento, não houve mudança de comportamento para uma melhor gestão de resíduos representando 6%.

Gráfico 4 – Dados extraídos da segunda questão do questionário.

Os dados estão em porcentagem



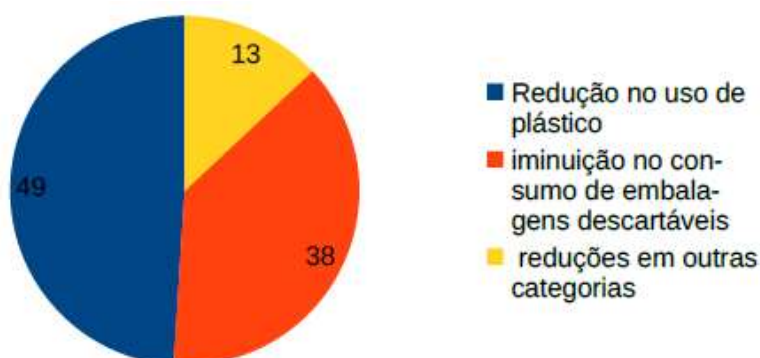
Fonte: elaborado pelos autores.

Avaliando suas ações após o evento, como você classificaria as seguintes mudanças em seus hábitos: Reduzir o consumo de materiais prejudiciais ao meio ambiente. (Questão 3). Os dados (GRÁFICO 5) refletem um esforço significativo dos participantes em reduzir o consumo de materiais prejudiciais ao meio ambiente, com destaque para plásticos e embalagens descartáveis. O maior impacto foi observado na redução do uso de plásticos, apontada por 49% dos respondentes, seguida pela diminuição no consumo de embalagens descartáveis, relatada por 38%.

Esses números indicam uma conscientização crescente sobre os danos causados por esses materiais e uma mudança de comportamento em prol da sustentabilidade. Por outro lado, 13% indicaram reduções em outras categorias, o que sugere uma diversidade de esforços individuais alinhados à redução do consumo.

Gráfico 5 – Dados extraídos da terceira questão do questionário.

Os dados estão em porcentagem

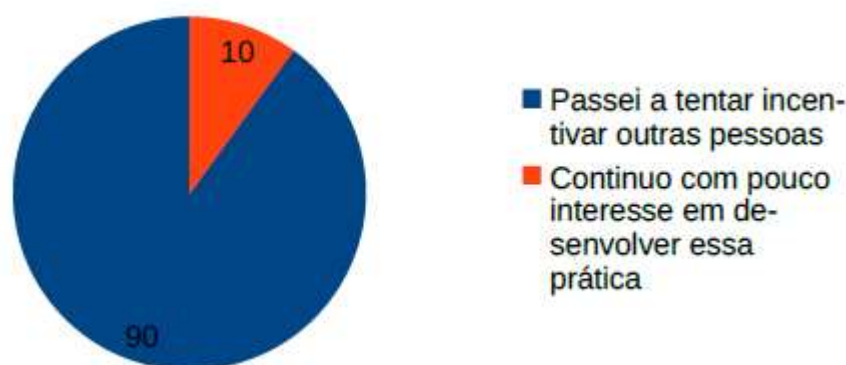


Fonte: elaborado pelos autores.

Avaliando suas ações após o evento, como você classificaria as seguintes mudanças em seus hábitos: Incentivar outras pessoas a adotarem práticas mais sustentáveis. (Questão 4). Os dados (GRÁFICO 6) sobre o incentivo a práticas mais sustentáveis revelam uma participação considerável dos respondentes nesse tipo de ação. Aproximadamente 90% relataram adquirir algum nível de engajamento passando a incentivar outras pessoas a desenvolverem essa prática.

Gráfico 6 – Dados extraídos da quarta questão do questionário.

Os dados estão em porcentagem



Fonte: elaborado pelos autores.

Esses números refletem um esforço coletivo ascendido pela intervenção do PIBIC – JR em promover a cultura de sustentabilidade, sugerindo que muitos participantes reconheceram a importância de disseminar essas práticas em suas redes sociais e comunitárias. No entanto, uma pequena parcela de 10% declarou que continua a ter pouco interesse em incentivar essa prática, destacando a necessidade de sensibilização ou capacitação adicional para engajar esses indivíduos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma análise dos dados obtidos antes e depois do evento promovido pela equipe do PIBIC- JR evidencia avanços recentes nas percepções e comportamentos dos participantes em relação à sustentabilidade. Antes do evento, os questionários apontaram um entendimento geral sobre a importância do descarte correto de resíduos para a preservação ambiental e a saúde pública. Além disso, a maioria declara conhecimento sobre materiais recicláveis, embora algumas confusões tenham surgido, como a mistura de conceitos entre reciclagem e compostagem, destacando a necessidade de maior esclarecimento em certos aspectos.

Após o evento, as mudanças nos hábitos dos participantes tornaram-se evidentes, com uma maior conscientização sobre a separação de resíduos domésticos e a adoção de práticas mais sustentáveis. Muitos passaram a se engajar na redução do uso de materiais relacionados ao meio ambiente, como plásticos aplicados, além de incentivos a outras pessoas a seguirem práticas sustentáveis. Essas ações refletem o impacto positivo do evento na promoção de uma cultura ambiental mais responsável e engajada.

Embora os resultados sejam extremamente positivos, ainda existem desafios a serem enfrentados, especialmente no que se refere ao envolvimento daqueles que não aderiram plenamente às práticas propostas. Esses dados sugerem que iniciativas educativas devem ser contínuas, buscando não apenas estimular comportamentos já adquiridos, mas também alcançar grupos menos engajados. O evento declarou sua relevância ao promover mudanças comportamentais e conscientizar os participantes, consolidando-se como uma ferramenta eficaz para fomentar a sustentabilidade no contexto escolar e comunitário.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 28 abr. 1999.

CETESB. (2020). Relatório de qualidade ambiental. São Paulo: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Declaração de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano. Estocolmo, Suécia, 1972. Disponível em: <https://www.un.org/es/conferences/environment/stockholm1972>. Acesso em: 16 maio 2024. ESTOCOLMO, 1972, princípio 6.

JACOBI, P. R. Educação ambiental: a construção de um campo teórico e prático. In: Anais do 1º Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação Ambiental. São Paulo: Cortez, 1994. p. 1-18.

JACOBI, P. R. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. In: Anais do 1º Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação Ambiental. São Paulo: Cortez, 2003. p. 1-18.

LANES, K. G. et al. O Ensino de Ciências e os Temas Transversais: Sugestões de Eixos Temáticos Para Práticas Pedagógicas no Contexto Escolar. CONTEXTO & EDUCAÇÃO. Editora Unijuí Ano 29 nº 92 Jan./Abr. 2014

LOUVEIRO, S. M. C. A educação ambiental na escola: um estudo sobre a prática pedagógica. São Paulo: Cortez, 2000.

SORRENTINO, M. Educação ambiental como instrumento de participação e controle social na gestão ambiental pública. In: Anais do 3º Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação Ambiental. Curitiba: UFPR, 2005.

WHO. (2018). Saúde e Meio Ambiente: um guia para profissionais de saúde. Genebra: Organização Mundial da Saúde.

Capítulo 4



10.37423/250209675

DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS AQUAPÔNICOS COMO FERRAMENTA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO NO SEMIÁRIDO.

Gabriel Vinicius Pereira Alves

*Universidade Federal Rural de Pernambuco -
Unidade Acadêmica de Serra Talhada*

Dêyvid Rodrigo do Nascimento Vitor da Silva

*Universidade Federal Rural de Pernambuco -
Unidade Acadêmica de Serra Talhada*

Eloina Micaela Ferreira Lopes

*Universidade Federal Rural de Pernambuco -
Unidade Acadêmica de Serra Talhada*

Roniéria Bruna Pires Sousa

*Universidade Federal Rural de Pernambuco -
Unidade Acadêmica de Serra Talhada*

Jamires Tahis de Souza Silva

*Universidade Federal Rural de Pernambuco -
Unidade Acadêmica de Serra Talhada*

Iris Rochelle Texeira Filgueira

*Universidade Federal Rural de Pernambuco -
Unidade Acadêmica de Serra Talhada*

Sheyla Priscila Oliveira do Nascimento

*Universidade Federal do Vale do São
Francisco. Campus Ciências Agrárias.*

Adriana Freitas Pereira

*Universidade Federal Rural de Pernambuco -
Unidade Acadêmica de Serra Talhada*

Gérsica Moraes Nogueira da Silva

*Grupo de Gestão Ambiental da Universidade
Federal de Pernambuco*

Juliana Maria Aderaldo Vidal Campello

*Universidade Federal Rural de Pernambuco -
Unidade Acadêmica de Serra Talhada*

Ugo Lima Silva

*Universidade Federal Rural de Pernambuco -
Unidade Acadêmica de Serra Talhada*

Resumo: O objetivo desse estudo foi desenvolver e implementar sistemas aquapônicos para utilizar como ferramenta nas três dimensões das atividades universitárias, no ensino, pesquisa e extensão. A metodologia do estudo envolveu a implementação de sistemas aquapônicos no Laboratório de Experimentação com Organismos Aquáticos (LEOA) da Universidade Federal Rural de Pernambuco - Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST-UFRPE), com foco em ensino, pesquisa e extensão. Foram utilizados três modelos: um para pesquisa, ensino e extensão em escolas e em centros educacionais da região. O sistema educacional foi montado com materiais acessíveis, incluiu tanques, biofiltro e calhas de PVC favorecendo o aprendizado de todos. Os resultados mostraram impacto significativo nas três áreas. No ensino, foram realizadas oficinas e palestras sobre aquaponia e sustentabilidade, mas o sistema apresentou desafios devido à alta evaporação da água e exposição ao sol. Para solucionar, propôs-se o sombreamento das áreas. Na pesquisa, o Modelo 1 apresentou baixo consumo de água e foi utilizado para experimentos com camarões e plantas como alface e rúcula, apesar de irregularidades no crescimento da alface. O Modelo 2 enfrentou problemas de vazamentos e entupimentos, mas o desenvolvimento dos camarões e da planta salicórnia foi satisfatório. As iniciativas do LEOA impactaram 690 pessoas, fortalecendo a disseminação da aquaponia e a sustentabilidade alimentar. Na extensão, o sistema instalado no Centro de Educação Ambiental – Serviço Social do Comercio (CEA – Sesc) de Serra Talhada, beneficiou 724 visitantes, promovendo a formação de mulheres do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST) e incentivando alunos de escolas, comunidade local e rural às práticas sustentáveis.

Palavras-chave: Abordagem interdisciplinar do Conhecimento; Tecnologia; Segurança Alimentar; Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

O número de pessoas afetadas pela fome no mundo continuou a crescer em 2020, agravado pela pandemia da COVID-19. Segundo a FAO (2021), a prevalência de subalimentação, que permaneceu estável entre 2014 e 2019, saltou de 8,4% para 9,9% entre 2019 e 2020, o que prejudicou o alcance da Meta de Fome Zero até 2030. Entre 720 e 811 milhões de pessoas enfrentaram a fome nesse ano. Para combater a desnutrição e corrigir dietas desequilibradas, uma das soluções propostas é aumentar o consumo de pescado e alimentos de origem vegetal, como frutas e verduras. Políticas nutricionais que incentivem essa prática são fundamentais, especialmente em áreas mais afetadas pela carência de nutrientes.

O pescado e seus subprodutos são amplamente reconhecidos por serem alimentos saudáveis e de baixo impacto ambiental, o que os torna fundamentais em estratégias globais de segurança alimentar. A FAO (2020) destaca a necessidade de valorizar mais esses produtos em políticas nutricionais e em iniciativas para transformar os sistemas alimentares com o objetivo de erradicar a fome e a desnutrição. Da mesma forma, alimentos de origem vegetal, ricos em vitaminas, minerais e fibras, como frutas e verduras, são essenciais para uma dieta saudável, contribuindo para a proteção da saúde e a prevenção de doenças (BRASIL, 2008).

Desde a antiguidade, o uso da água na produção de alimentos tem sido essencial. Civilizações como os egípcios utilizavam as águas do Nilo, os mesopotâmicos os rios Tigre e Eufrates, e os chineses os rios Huang Ho e Amarelo (ESCOLA, 2020). Contudo, a irrigação, apesar de crucial para a agricultura, representa a maior fonte de desperdício de água no mundo, com a ONU estimando que cerca de 70% da água disponível globalmente é destinada a essa prática (WALBERT, 2015).

Nesse contexto, a aquicultura, que se refere à produção de organismos aquáticos, tornou-se o setor de produção animal que mais cresce no Brasil, superando a bovinocultura, suinocultura e avicultura (KUBITZA, 2015; FAO, 2020). A aquicultura é vista como uma ferramenta importante para gerar empregos, aumentar a renda e reduzir a pobreza e a fome em diversas regiões. A "revolução azul", caracterizada pela produção de espécies aquáticas em sistemas controlados, trouxe novas perspectivas de sustentabilidade (SIQUEIRA, 2017). Com um vasto potencial aquícola, o Brasil deve equilibrar sua produção sustentável com a comercialização e exportação, o que exige a modernização das técnicas de cultivo (HUNDLEY et al., 2013).

A aquaponia, uma técnica que combina a aquicultura com a hidroponia, surge como uma alternativa sustentável na produção de alimentos (CARNEIRO et al., 2015). Esse sistema sustentável utiliza pouca água e aproveita os resíduos orgânicos gerados pelos peixes para nutrir as plantas, o que reduz o impacto ambiental (TYSON et al., 2011). Além disso, a aquaponia é adequada para pequenas propriedades, áreas urbanas, regiões de solo infértil e locais com escassez de água, como climas áridos e semiáridos (FAO, 2016). Embora seja uma técnica recente no Brasil, já foi testada e validada em diversos países, mostrando-se economicamente acessível (RAKOCY et al., 2006; GRANBER; JUNGE, 2009).

O semiárido brasileiro, que ocupa cerca de 969.589 km², abrange partes dos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Alagoas, Sergipe, Bahia e uma faixa de Minas Gerais. Essa região, caracterizada por precipitação variável e baixos totais de chuva, enfrenta frequentes períodos de seca, o que impacta a economia local, baseada na pecuária e na agricultura de subsistência (CORREIA et al., 2011).

Um dos principais benefícios da aquaponia é a economia de água, reduzindo seu uso em até 90% em comparação com métodos agrícolas tradicionais. Esse sistema também permite a produção de vegetais livres de agrotóxicos, pois os nutrientes necessários são fornecidos pelo próprio sistema. Além disso, devido ao pouco espaço exigido, a aquaponia pode ser implementada facilmente em áreas urbanas, como quintais residenciais. A tilápia é a principal espécie de peixe utilizada, por sua rusticidade e resistência a variações nas condições da água (CARNEIRO et al., 2015).

A aquaponia tem se consolidado globalmente como uma atividade essencial para o agronegócio sustentável. O sistema permite a reciclagem da água, minimiza a geração de efluentes e evita a eutrofização dos corpos d'água. Para maximizar seus benefícios, é necessário adotar Boas Práticas de Manejo (BPM), que garantem a qualidade da água, essencial para a saúde dos peixes e das plantas, e monitoram parâmetros como pH, amônia e nitritos (QUEIROZ et al., 2017). As BPM também otimizam o desempenho zootécnico dos peixes e a produtividade das hortaliças, além de reduzir o uso de recursos naturais, diminuir os custos operacionais e aumentar a rentabilidade, tornando a aquaponia viável para produtores de diversas escalas. Além disso, essas práticas garantem a segurança e a alta qualidade dos produtos, essenciais para o mercado.

A estrutura básica de um sistema aquapônico consiste em três componentes: um tanque de criação de peixes, um sistema de filtragem biológica e a hidroponia (CANASTRA, 2017). A água dos tanques de peixes, rica em resíduos sólidos, passa por filtros mecânicos e biológicos, onde bactérias transformam

esses resíduos em nutrientes para as plantas (SOMERVILLE et al., 2014). Esse processo permite a coexistência simbiótica de peixes, plantas e bactérias, mantendo o equilíbrio do ecossistema.

O ensino, pesquisa e extensão são indissociáveis no contexto universitário, especialmente quando se trata de promover a sustentabilidade na aquaponia. O ensino dissemina o conhecimento para formar profissionais capacitados, enquanto a pesquisa utiliza o conhecimento de base para aprimorar a eficiência dos sistemas. A extensão, por sua vez, integra a universidade com a sociedade, aplicando e socializando os conhecimentos adquiridos (CONSTITUIÇÃO, 1988). Esses esforços têm potencial para combater a fome e promover a segurança alimentar, especialmente em regiões afetadas pela escassez de água. Assim, a aquaponia tem sido empregada como ferramenta educacional em várias regiões do Brasil, como Ribeirão Pires (SP), Santarém (PA) e Itacoatiara (AM), e pode desempenhar um papel importante no desenvolvimento socioeconômico sustentável em cidades inteligentes (ALVES et al., 2023).

Através da aquaponia, os alunos aprendem sobre ciclos biológicos, sustentabilidade e gestão de recursos hídricos de maneira prática e envolvente. Além de promover a educação ambiental, a aquaponia incentiva o desenvolvimento de habilidades em ciências, tecnologia e engenharia, preparando os estudantes para enfrentar desafios ambientais reais com soluções inovadoras e sustentáveis (SOBRAL; BATISTA; SHIMADA, 2023, p. 88).

Em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) criou os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que representam uma agenda para a implantação de práticas que garantam o crescimento econômico e social para todo o planeta. O desenvolvimento de sistemas aquapônicos pode contribuir especialmente em 4 dos ODS, sendo estes: ODS 2 – Fome Zero e Agricultura Sustentável, ODS 4 – Educação de qualidade, ODS 6 – Água potável e saneamento e ODS 17 – Parcerias e meios de implementação. No ODS 2 destaca-se a cooperação da aquaponia no alcance da meta 2.4 que visa, até 2030, garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes, que aumentem a produtividade e a produção. Dentro do ODS 4, salienta-se a meta 4.7 que pretende, até 2030, garantir que todos os alunos adquiram conhecimentos e habilidades necessárias para promover o desenvolvimento sustentável. No ODS 6, realça-se a meta 6.4 que propõe, até 2030, aumentar substancialmente a eficiência do uso da água em todos os setores e assegurar retiradas sustentáveis e o abastecimento de água doce para enfrentar a escassez. E no ODS 17 destaca-se a meta 17.17, que busca incentivar e promover parcerias públicas, público-privadas e

com a sociedade civil eficazes, a partir da experiência das estratégias de mobilização de recursos dessas parcerias (ONU, 2015).

O objetivo desse trabalho foi desenvolver e implementar sistemas aquapônicos para serem utilizados como uma ferramenta nas três dimensões indissociáveis das atividades universitárias que são o ensino, pesquisa e extensão.

2. METODOLOGIA

A metodologia deste estudo baseou-se no desenvolvimento de sistemas aquapônicos utilizados em projetos pelo Laboratório de Experimentação com Organismos Aquáticos (LEOA), localizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada - Universidade Federal Rural de Pernambuco (UAST – UFRPE).

Os projetos realizados incluindo as três dimensões das atividades universitárias de ensino, pesquisa e extensão, portanto, foram utilizados três sistemas diversos de aquaponia. O sistema de pesquisa foi idealizado a partir da ampliação do sistema proposto pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), com o sistema familiar. Além deste, utilizou-se um sistema simples, semelhante ao sugerido pela EMBRAPA e pelo Serviço de Tecnologia Alternativa (SERTA), com as devidas adaptações necessárias para os sistemas do projeto de ensino e extensão nas escolas, bem como, os da extensão nas comunidades rurais.

Após a montagem dos sistemas, foi representado o layout da aquaponia em desenhos técnicos utilizando o software AutoCAD.

2.1 ENSINO

Os valores dos materiais foram pesquisados em lojas físicas da região e também online, sempre buscando as opções com os preços mais baixos (conforme listado no Quadro 1). Para a montagem do biofiltro, foram utilizados argila expandida, brita, pedaços de telhas de barro, além de tubos e garrafas perfuradas.

Quadro 1 – Lista de material utilizado, quantidades utilizadas, preço unitário e preço total para a montagem dos sistemas aquapônico educacional.

Material Utilizado	Quantidade		Preço Unid. (R\$)		Preço total (R\$)	
Caixa de 1000L	1 Unid.		365,90		365,90	
Pacote abraçadeira de nylon 50 Unid.	1 Unid.		9,90		9,90	
Tubo soldável de	25 mm	50 mm	25 mm	50 mm	25 mm	50m
	2 m	4 m	3,6 5	13, 81	7,3 0	55,2 4
Tubos 75mm esgoto	18 m		16,50		297,00	
Mangueira comum	2 m		2,99		5,98	
Flanges	25 mm	50 mm	25 mm	50 mm	25 mm	50m
	3 Unid.	4 Unid.	16, 50	31, 90	49, 50	127, 60
Adaptadores para flange	25 mm	50 mm	25 mm	50 mm	25 mm	50m
	3 Unid.	4 Unid.	0,9 9	4,4 9	2,9 7	17,9 6
Adaptador 25mm para $\frac{3}{4}$	1 Unid.		0,99		0,99	
Tês soldável de 50 mm	1 Unid.		9,90		9,90	
Joelhos soldável de 50 mm	3 Unid.		3,50		10,50	

Registros esférico soldável de 25 mm	2 Unid.	14,90	29,80
Cap soldável 25 mm	1 Unid.	1,45	1,45
Torneira de jardim	1 Unid.	3,50	3,50
Bombona 80 Litros	2 Unid.	75,00	150,00
Balde de 20 Litros com tampa	1 Unid.	45,00	45,00
Madeira (caibro 5x5)	10 m	8,90	89,00
Pacote de Pregos	1 Unid.	25,90	25,90
Extensão elétrica 5m	1 Unid.	29,90	29,90
Bomba de máquina de lavar	1 Unid.	35,00	35,00
			1.370,29

Legenda: L = Litros; Unid. = Unidade; mm = milímetros; m = metros.

A montagem do sistema aquapônico educacional foi realizada no LEOA (conforme Figura 1), localizado na Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UAST) da UFRPE, seguindo os seguintes passos: tubos e conexões de 50 mm foram instalados para drenar a água do tanque de criação para o decantador, em seguida, para o filtro biológico, sem necessidade de colagem devido à baixa pressão. Para montar as calhas, foram utilizadas tubulações de esgoto de 75 mm, cada uma com 3 metros de comprimento, perfuradas com uma serra copo de 50 mm para acomodar as plantas. Os cavaletes que sustentam as calhas foram construídos com madeira e pregos, proporcionando um declive de cinco graus. Um balde de 20 litros foi adaptado para abrigar a bomba, que está conectada diretamente ao biofiltro por uma mangueira e distribui a água através de outra mangueira para uma tubulação acima das calhas. Essa

tubulação possui pequenos furos para escoar a água em cada calha. Uma torneira de jardim foi instalada para controlar a vazão da água. O retorno da água das calhas para o tanque de criação foi feito por gravidade, garantindo que, ao cair de volta no tanque, a água oxigenasse o ambiente aquático.

Figura 1 – Vista frontal do tanque de criação e das calhas do sistema educacional instalado na UAST-UFRPE em funcionamento.



Fonte: Autor.

2.1 PESQUISA

Para os projetos de pesquisa, foram desenvolvidos 2 modelos de sistemas. O sistema inicial ou modelo 1, possuía 8 tanques de criação. Após o período de 118 dias, aproximadamente 17 semanas de experimentação do modelo 1, foi realizado a adaptação e montagem para o modelo 2, que ampliou para 20 tanques de criação.

2.2. MODELO 1

Inicialmente, o sistema experimental foi montado com 8 tanques de criação e 4 tanques para o sistema de filtragem, divididos em dois tratamentos. Cada tratamento contou com 4 tanques de criação e 2 tanques de filtragem, sendo um destinado ao decantador e outro ao filtro biológico (conforme ilustrado na Figura 3 A).

Para a montagem do primeiro modelo, foram utilizados os seguintes materiais: 4 caixas de 500 litros, 8 caixas de 1000 litros, 1 pacote com 50 unidades de abraçadeiras de nylon, 22 metros de tubo soldável

de 25 mm, 31 metros de tubo soldável de 50 mm, 14 flanges de 50 mm, 14 adaptadores para flanges de 50 mm, 10 tee soldáveis de 25 mm, 14 tee soldáveis de 50 mm, 6 joelhos soldáveis de 25 mm, 16 joelhos soldáveis de 50 mm, 4 luvas soldáveis de 25 mm, 4 registros esféricos soldáveis de 25 mm, 8 caps soldáveis de 25 mm, 8 metros de extensão elétrica e 2 bombas Jebo SP 608 com capacidade de 7500 L/h.

No filtro biológico, para abrigar as bactérias, foram utilizados argila expandida, blocos de tijolos perfurados, brita, garrafas plásticas perfuradas e um cesto de lixo plástico de 60 litros para acomodar e proteger a bomba (Figura 2).

A estufa com as calhas hidropônicas foi adquirida por meio de uma parceria com o Centro Cultural Brasil Alemanha (CCBA). Essas calhas foram projetadas especificamente para uso em aquaponia, sendo 8 calhas, cada uma com 6 metros de comprimento (Figura 3 B).

Figura 2 – (A) Vista do tanque de cantador, a tubulação ao centro é conectada ao biofiltro; **(B)** Vista do biofiltro.

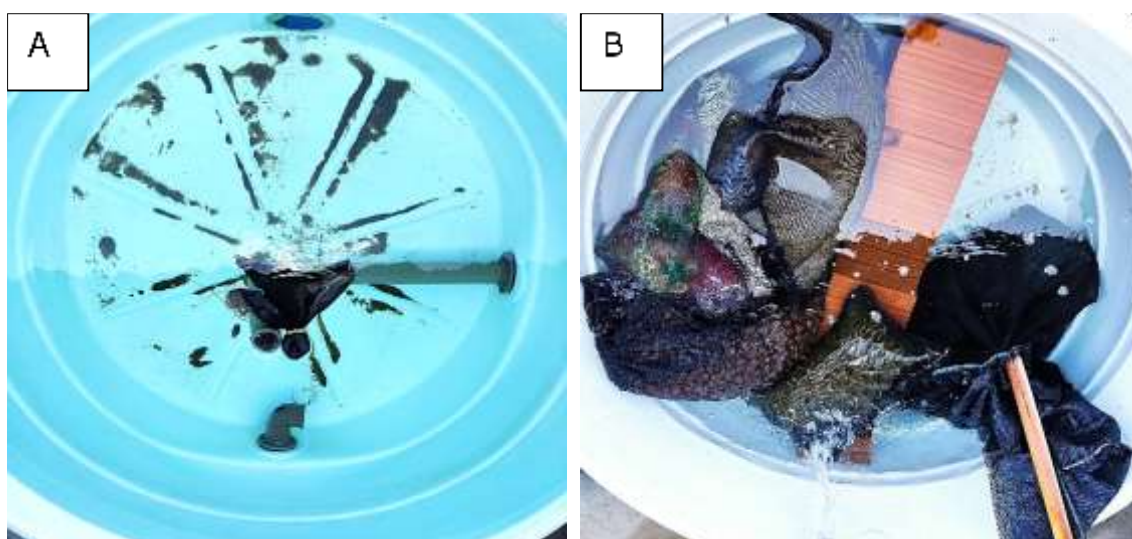
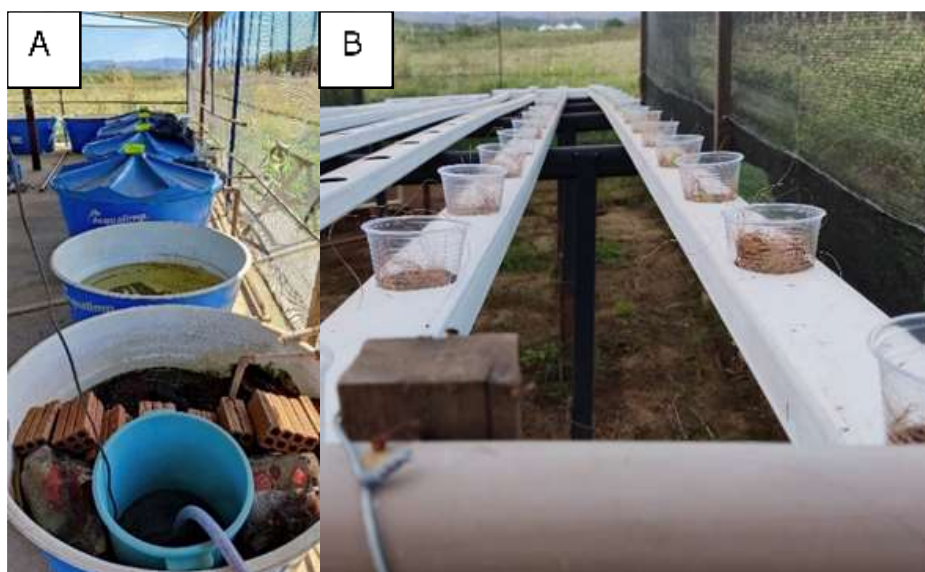


Figura 3 – (A) Vista do biofiltro, decantador e tanques de criação do tratamento 2, modelo 1; **(B)** Vista das calhas aquapônicas com fibras de coco sendo instaladas no modelo 1.



Fonte: Autor.

Para drenar a água dos tanques para o decantador e, em seguida, para o filtro biológico, foram instalados tubos e conexões de 50 mm, sem necessidade de colagem devido à baixa pressão. Para transportar a água do filtro biológico para as calhas e de volta aos tanques, foram utilizados tubos e conexões de 25 mm, com registros para controlar a vazão. Em cada retorno para os tanques, foi instalado um tubo de 60 cm com furos, proporcionando aeração e criando uma pressão que movia a água em círculo, facilitando a concentração de sólidos para a drenagem pelo sistema de overflow. Devido à alta pressão, parte dos tubos foi colada. Além disso, a primeira estufa foi conectada à segunda, onde foram instaladas as calhas fornecidas e montadas pela CCBA.

2.2.2 MODELO 2

Após a conclusão do experimento com o modelo 1, o sistema foi atualizado, expandindo-se para 20 tanques de criação e 10 tanques de filtragem, divididos em 5 sistemas (Figura 4 A). Cada sistema manteve a configuração de 4 tanques de criação e 2 tanques de filtragem. Foram reutilizados materiais do sistema anterior, e novos itens, como mangueiras e conexões de irrigação, foram adquiridos conforme listados.

Figura 4 – (A) Vista dos tanques de criação do modelo 2 em funcionamento; **(B)** Vista da estufa das calhas aquapônicas adaptadas para o modelo 2.



Fonte: Autor.

No modelo 2, os materiais utilizados incluíram: 10 caixas de 500 litros, 20 caixas de 1000 litros, 1 pacote de abraçadeira de nylon com 50 unidades, 50 metros de tubo soldável de 25 mm, 81 metros de tubo soldável de 50 mm, 75 metros de mangueira de irrigação de 16 mm, 66 metros de mangueira de irrigação de 20 mm, 35 flanges de 50 mm, 35 adaptadores para flanges de 50 mm, 25 tee soldáveis de 25 mm, 35 tee soldáveis de 50 mm, 8 joelhos soldáveis de 25 mm, 45 joelhos soldáveis de 50 mm, 5 tee de mangueira de irrigação de 16 mm, 2 joelhos de mangueira de irrigação de 16 mm, 4 luvas soldáveis de 25 mm, 10 registros esféricos soldáveis de 25 mm, 81 caps soldáveis de 25 mm, 25 metros de extensão elétrica e 5 bombas Jebo SP 608 de 7500 L/h. Os filtros foram montados com os mesmos materiais mencionados anteriormente.

A estufa com calhas hidropônicas, adquirida por meio de parceria com o Centro Cultural Brasil Alemanha (CCBA), sofreu danos devido a fortes chuvas na região e precisou ser reconstruída. Após a reconstrução, as 8 calhas foram reposicionadas e serradas para acomodar os 20 tanques. Com isso, resultaram 16 calhas com 3 metros de comprimento cada, porém, devido ao espaço limitado, apenas 10 calhas foram usadas no experimento com o modelo 2 (Figura 4 B).

Os dois sistemas anteriores foram reposicionados e adaptados ao novo modelo, seguindo o mesmo procedimento de montagem descrito anteriormente. Os sistemas de filtragem tiveram de ser realocados para a área externa da estufa, em virtude da falta de espaço no interior. Além disso, a conexão entre a primeira estufa e a segunda, onde se encontravam as calhas fornecidas pela CCBA,

foi refeita. O sistema de retorno das calhas foi reorganizado e montado utilizando mangueiras de irrigação.

2.1 EXTENSÃO

O programa de extensão “Aquaponia no Extensionismo da Engenharia de Pesca”, buscava envolver a construção de espaços de aprendizagem e interação em diversas instituições. Na Escola Técnica Estadual Clovis Nogueira Alves (ETECNA) e no Centro de Educação Ambiental (CEA) do Serviço Social do Comércio (Sesc), ambos em Serra Talhada, e na Escola de Referência em Ensino Médio (EREM) Regina Pacis, em Santa Cruz da Baixa Verde, foram realizadas visitas e promovidas oficinas e palestras. Nessas ocasiões, foi exibido um protótipo do sistema. Além disso, houve visitas técnicas ao laboratório da universidade, onde os alunos puderam conhecer o LEOA e observar o sistema aquapônico em funcionamento.

Na EREM Regina Pacis, foi montado um protótipo com aquário, uma bomba filtro e calhas feitas com tubulação de PVC de 40 mm, para exposição (conforme Figura 5). Na ETECNA, foram fornecidos materiais para a montagem de uma unidade aquapônica, com uma caixa d’água de 1000 litros e calhas feitas com tubulação de PVC de 100 mm, além de um sistema de filtração próprio. Já no CEA/Sesc Serra Talhada, o sistema foi montado também com uma caixa d’água de 1000 litros, calhas de PVC de 100 mm e um sistema de filtração específico.

As escolas participantes foram escolhidas com base nas recomendações dos estudantes universitários envolvidos no projeto.

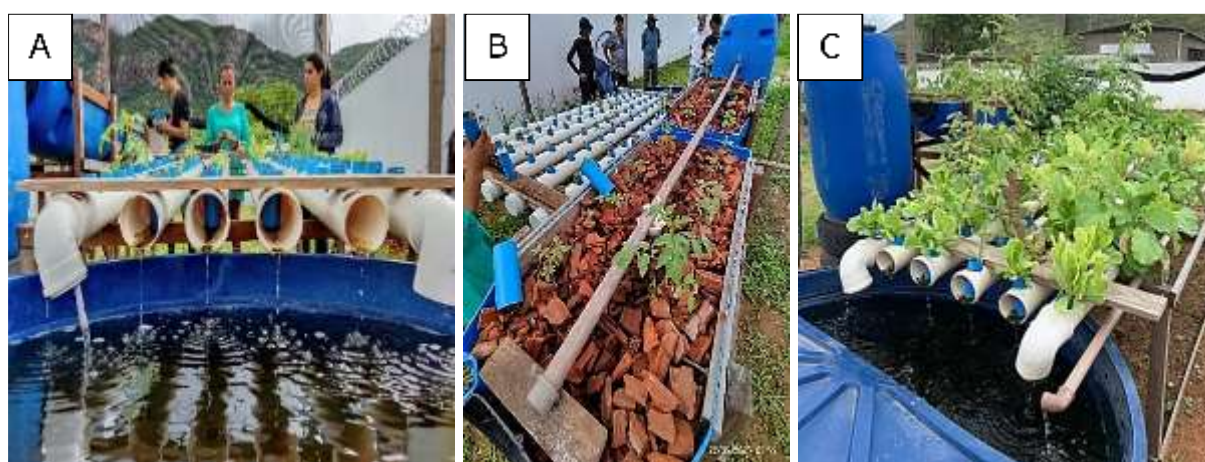
Figura 5 - Protótipo instalado para exposição na EREM Regina Pacis.



Fonte: Autor.

No Centro de Educação Ambiental (CEA) do Serviço Social do Comércio (Sesc) do município de Serra Talhada – PE, de início foram realizadas cerca de 10 visitas no qual foi prestado auxílio para montagem do sistema (Figura 6). O CEA do Sesc de Serra Talhada entrou como parceira do LEOA e da UAST justamente por buscar alternativas de estruturas que seja possível ver o quão importante é aplicar a sustentabilidade no dia a dia. Assim, promovendo aos alunos das escolas um momento de reflexão, sobre a importância da preservação e do estudo, mostrando alternativas que respeite a natureza.

Figura 6 – (A) Vista frontal da cama de cultivo e retorno da água ao tanque dos peixes no sistema aquapônico do CEA; **(B)** Vista da cama de cultivo e filtro biológico; **(C)** Vista superior do sistema aquapônico do CEA.



Fonte: Autor.

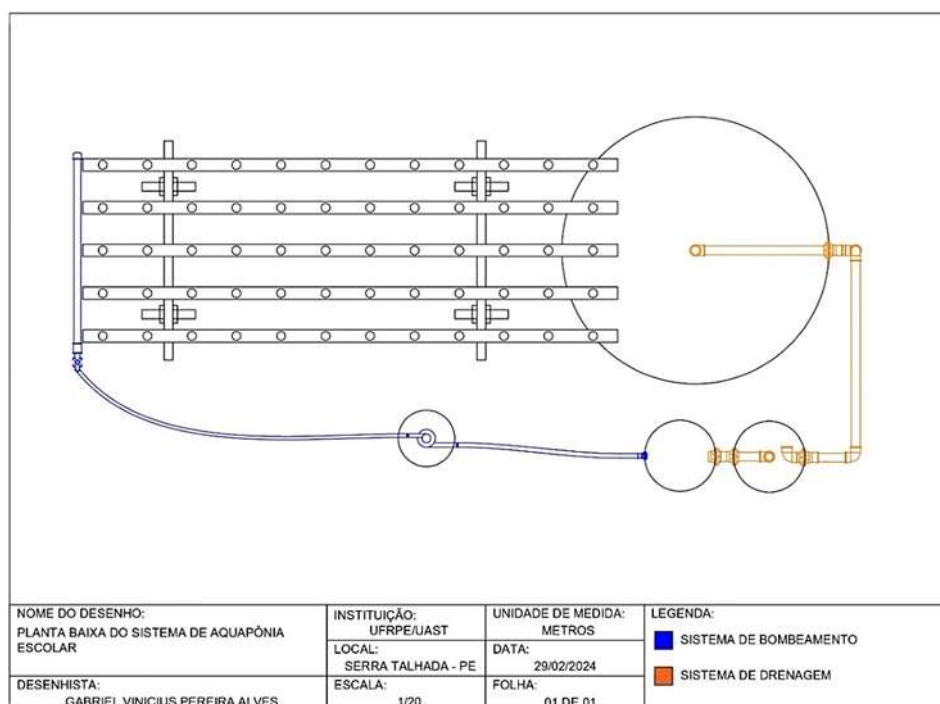
O sistema encontrado no município de Betânia seguia o modelo familiar para subsistência da EMBRAPA, com um tanque de 1000 Litros, uma bombona de 240L utilizada como decantador e outra bombona de 240 L serrada ao meio na vertical, posicionada horizontalmente e utilizada como cama de cultivo e filtro biológico. Neste modelo, a bomba puxa a água diretamente do tanque de criação e a envia para o decantador e, em seguida, para a cama de cultivo. A cama de cultivo fica posicionada acima das calhas, permitindo que a água flua através da gravidade para elas. As calhas são feitas de tubos de esgoto de 75 ou 100 mm, com 3 metros de comprimento, perfurados com serra copo de 50 mm para acomodar as plantas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 ENSINO

Esta unidade educacional foi desenvolvida entre fevereiro e julho de 2022, paralelamente ao modelo 1 de pesquisa. Durante o desenvolvimento desses dois sistemas na UAST/UFRPE, foram realizadas duas oficinas sobre a montagem de uma unidade aquapônica e 11 palestras abordando temas como aquaponia, sustentabilidade, segurança alimentar e a importância do consumo de pescado e vegetais para uma alimentação saudável.

Figura 7 – Planta baixa do sistema aquapônico educacional utilizado para a escola.



Fonte: Autor.

Na figura 7, em laranja, é o sistema de drenagem do tanque de criação, que vai em sentido do decantador e depois biofiltro. Em azul, é o sistema de bombeamento, que puxa do biofiltro para as calhas hidropônicas e retorna por gravidade para o tanque.

O sistema educacional, em seu teste na universidade, funcionou conforme o esperado, sem apresentar problemas de vazamento ou falhas estruturais.

No entanto, um ponto importante a considerar é o local de instalação. O sistema foi montado em uma área aberta, sem sombreamento, o que resultou em dois obstáculos. O primeiro foi a alta evaporação da água, causada pela falta de sombra e pelas características climáticas da região, o que exigiu reabastecimentos de 80L de água em dias alternados para manter o funcionamento. Em um período de 30 dias, o volume total de água necessário para compensar a evaporação foi de 1.200L. Com esse consumo, a instalação do sistema aquapônico se torna inviável, já que contradiz seu principal

benefício, que é a economia de água. O segundo foi em relação as plantas, com a grande incidência da radiação solar, as plantas (alface, rúcula, couve folha) colocadas no sistema não suportavam, acabavam murchando, queimando as folhas, fazendo com que não se desenvolvessem e depois de poucos dias, as plantas morreram. Diante desses impasses, é altamente recomendado a instalação do sistema aquapônico em áreas que possua sombra ou realizar a instalação de estruturas com tela de sombreamento.

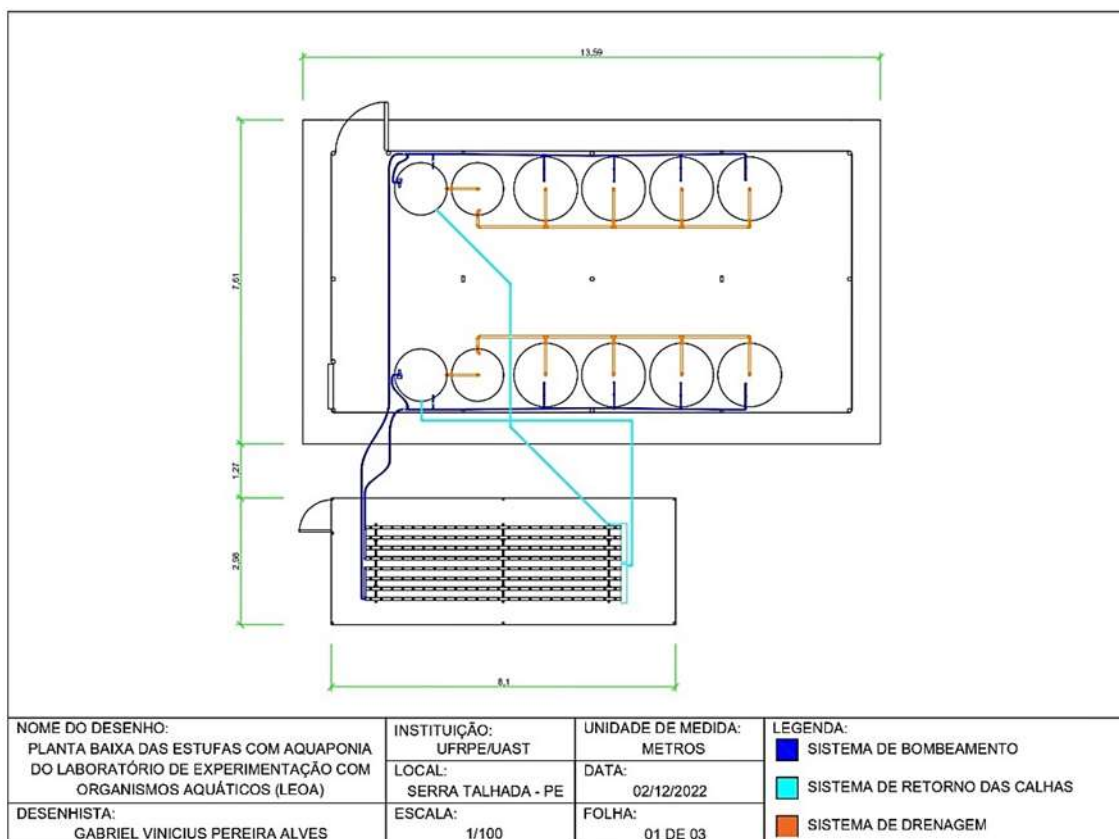
3.2 PESQUISA

As estruturas montadas foram utilizadas em diversos experimentos e trabalhos. O modelo 1, por ser um teste inicial e menor, foi expandido para o modelo 2 após sua experimentação, o qual apresentou resultados significativos.

3.2.1 MODELO 1

Os tanques foram instalados em uma estufa com piso plano de concreto, telhado de fibrocimento ondulado e paredes de tela de polietileno de alta densidade com aberturas de 10 mm. O sistema foi utilizado em um projeto de pesquisa para avaliar o desempenho zootécnico do camarão, a qualidade da água e o desenvolvimento de plantas como rúcula, alface e couve folha.

Figura 8 – Planta baixa do modelo 1 de pesquisa das estufas com aquaponia do Laboratório de Experimentação com Organismos Aquáticos (LEOA).



Fonte: Autor.

Na Figura 8, o sistema de drenagem dos tanques de criação é representado em laranja, conduzindo a água até o decantador. Em azul, está o sistema de bombeamento, que transporta a água do biofiltro de volta para os tanques de criação, para as calhas e para o filtro. O primeiro circuito, com maior vazão, retorna aos tanques para garantir oxigenação adequada. O segundo conduz a água às calhas com menor vazão, enquanto o terceiro retorna ao biofiltro, regulando o fluxo do sistema de aeração. Em azul claro, é representado o sistema de retorno das calhas para o biofiltro.

O Modelo 1 de pesquisa funcionou conforme o esperado, apresentando baixo consumo de água. Como os tanques e os sistemas de filtros estavam instalados em local totalmente sombreado, o volume de reposição semanal foi reduzido, aproximadamente 80 litros, totalizando cerca de 320 litros a cada 30 dias. O experimento foi realizado entre julho e outubro de 2022. Apesar das condições climáticas típicas da região, com baixa umidade e alta evaporação, o desempenho do sistema destacou seu potencial para aplicações em cenários semelhantes. O sistema operou sem problemas estruturais, como vazamentos ou falhas.

As plantas cultivadas sobreviveram, mas o desenvolvimento da alface apresentou irregularidades: os talos cresceram desproporcionalmente, enquanto as folhas permaneceram pequenas. A espécie de camarão utilizada foi o *Penaeus vannamei*, com densidade de estocagem de 40 camarões por m³.

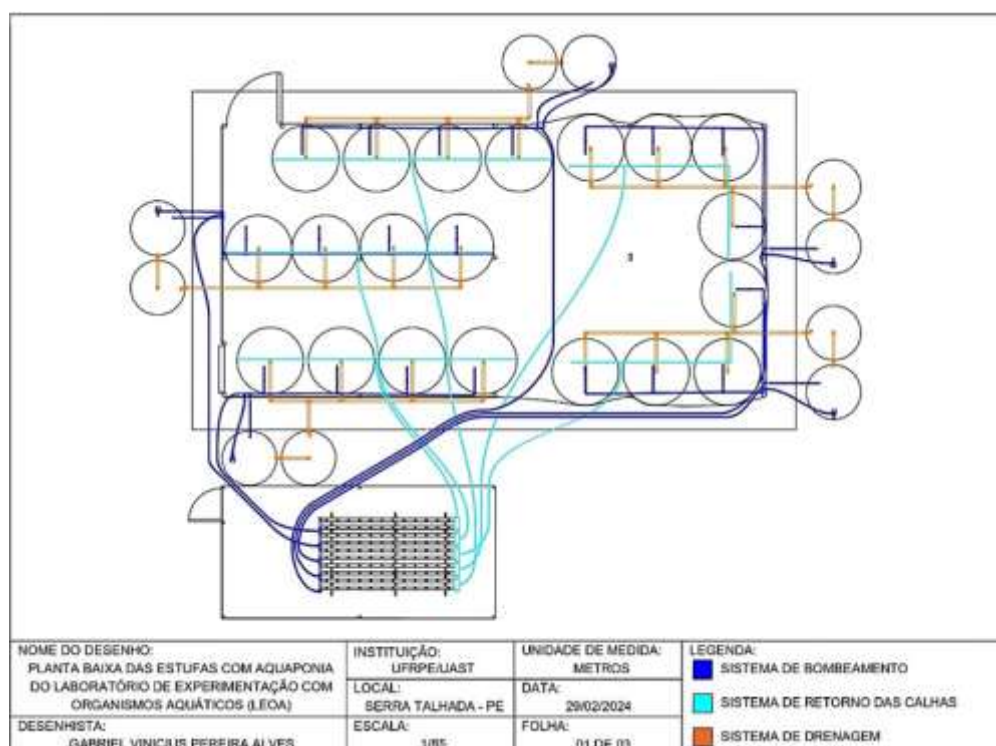
3.2.2 MODELO 2

Após solucionar os problemas iniciais, iniciou-se o período de experimentação. Durante essa fase, foram avaliados o desempenho zootécnico dos camarões, a qualidade da água, o crescimento da salicórnia, a adição de tanino na dieta dos camarões e o monitoramento do funcionamento da estrutura.

A planta utilizada neste experimento foi a salicórnia, que tolera um fluxo contínuo de água e uma salinidade mais alta em comparação com outras plantas comumente usadas na aquaponia. O desenvolvimento da salicórnia foi satisfatório.

A espécie de camarão utilizada foi o *Penaeus vannamei*, que teve um desenvolvimento satisfatório. A densidade de estocagem foi de 40 camarões por m³.

Figura 9 – Planta baixa do modelo 2 de pesquisa das estufas com aquaponia do Laboratório de Experimentação com Organismos Aquáticos (LEOA).

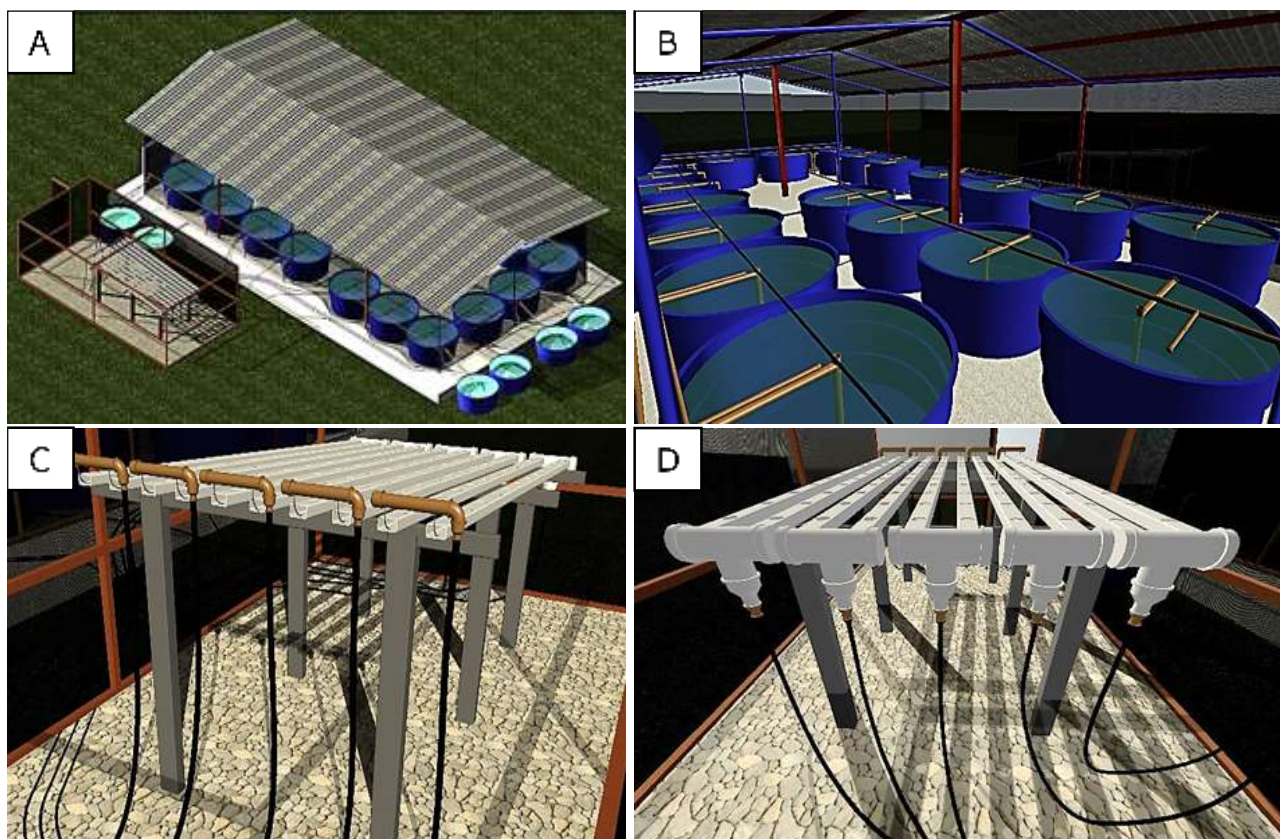


Fonte: Autor.

Na Figura 9, o sistema de drenagem dos tanques de criação, representado em laranja, conduz a água em direção ao decantador. Em azul, está o sistema de bombeamento, que parte do biofiltro e direciona a água para os tanques de criação, para as calhas, e de volta ao filtro. O primeiro fluxo retorna aos tanques com maior vazão, proporcionando aeração para os organismos aquáticos. O segundo fluxo, por meio de uma mangueira de irrigação de 20 mm, alimenta as calhas com uma vazão menor, e o terceiro fluxo retorna ao biofiltro para regular a vazão do sistema de aeração. Em azul claro, é o sistema de retorno das calhas para os tanques de criação utilizando mangueiras de irrigação de 16 mm.

Após os experimentos, foi realizado um levantamento das medidas das estruturas para sua representação em desenho 3D, como mostrado na Figura 10.

Figura 10 – Representação 3D das estruturas aquapônica. **(A)** Vista posterior das estufas do LEOA. **(B)** Vista da entrada da estufa dos tanques de criação. **(C)** Vista dos tubos de irrigação de 20mm que abastecem as calhas aquapônicas. **(D)** Vista do coletor do sistema de retorno com reduções e conectado ao tubo de irrigação de 16mm que sai das calhas para os tanques de criação.



Fonte: Autor.

O Modelo 2 de pesquisa apresentou um desempenho insatisfatório, enfrentando problemas frequentes de vazamentos e entupimentos.

Os vazamentos ocorreram principalmente devido ao reaproveitamento de materiais já desgastados, uma solução necessária diante da falta de recursos para adquirir componentes adequados. Muitos desses materiais apresentavam sinais de envelhecimento, como ressecamento, além de incompatibilidades entre peças de diferentes especificações. Por exemplo, foi utilizado um tubo de esgoto conectado a um joelho soldável, o que, com o tempo, resultou em falhas nas conexões e frequentes vazamentos. Esses problemas aumentaram a necessidade de reabastecimento de água, comprometendo a eficiência do sistema. O experimento ocorreu de março a junho de 2023, com duração de 70 dias. A reposição de água era de 120 litros, em média, aproximadamente a cada 5 dias.

Apesar dessas dificuldades, os dois tratamentos originalmente utilizados no Modelo 1 foram adaptados para o novo sistema e tiveram um desempenho satisfatório. Isso sugere que os problemas enfrentados nos outros tratamentos do Modelo 2 estavam diretamente relacionados à reutilização de peças inadequadas e não à concepção geral do sistema.

Os entupimentos ocorriam no retorno das calhas para os tanques e no sistema de aeração dos tanques. Para o retorno das calhas aos tanques, foram utilizadas mangueiras de irrigação de 16mm. Um sistema de gotejamento foi empregado para garantir que a água retornasse com volume homogêneo para cada tanque do tratamento. No entanto, a água rica em nutrientes e de baixa vazão acabava desenvolvendo biofilmes nos pontos de gotejamento, causando entupimentos e exigindo desentupimentos diários. No sistema de aeração, os biofilmes se desenvolviam nas paredes interiores da tubulação. Com a alta vazão, esses biofilmes se desprendiam e entupiam as torneiras de aeração. Caso esses pontos de gotejamento não fossem aferidos no primeiro e no último horário do manejo, o sistema de captação da água das calhas começava a transbordar. Além disso, no sistema de aeração, o tanque de criação não mantinha o nível correto da água, impedindo a decantação e filtragem adequadas. Com a aeração entupida, toda a água do sistema de filtragem se direcionava para as calhas, agravando o transbordamento e deixando o sistema de filtragem sem água, com risco de queimar a bomba de água.

3.3 EXTENSÃO

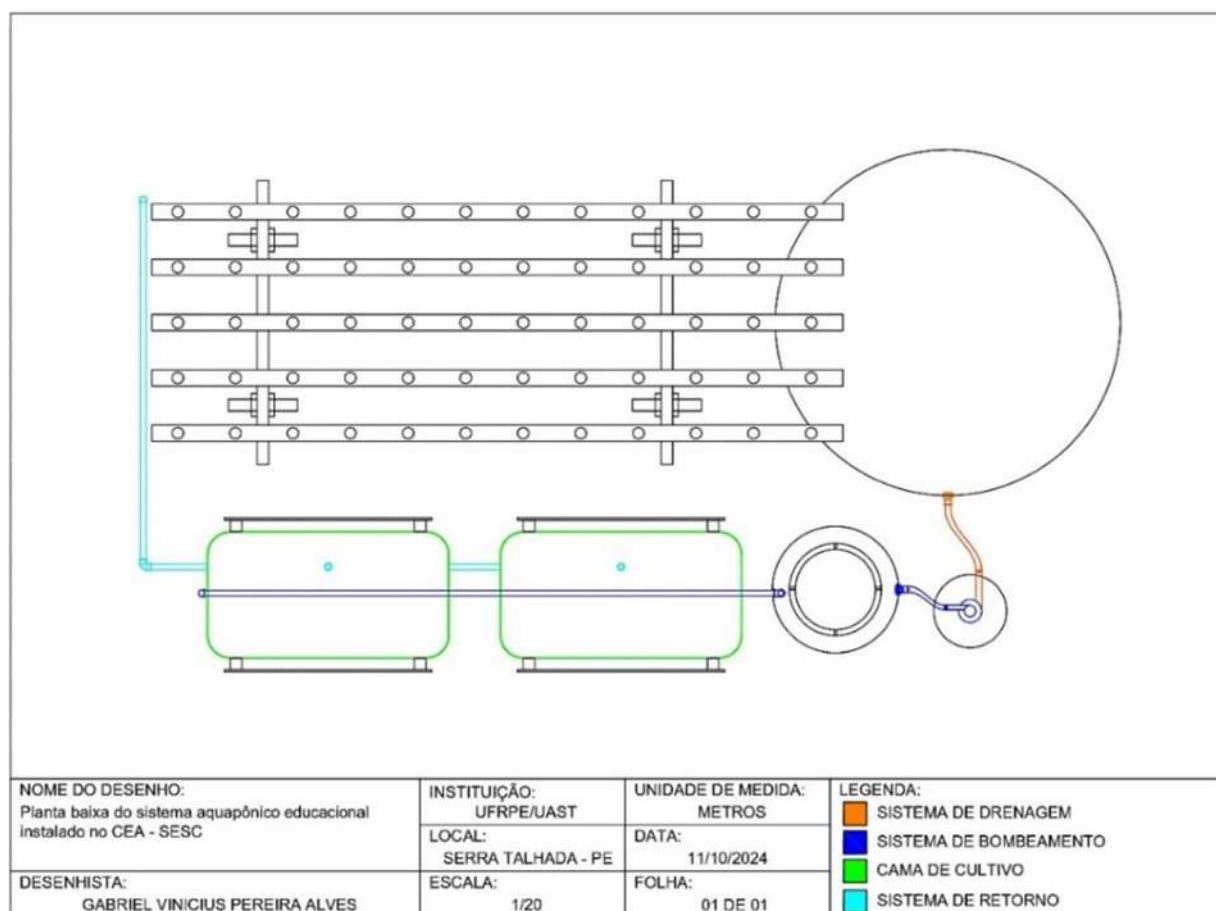
A unidade aquapônica do LEOA, recebeu várias visitas das escolas envolvidas no programa de extensão “Aquaponia no Extensionismo da Engenharia de Pesca” e também pelo programa “Sou mais UAST”, no qual era recebido diferente escolas do sertão do pajeú para conhecer a unidade acadêmica.

Como resultado de um dos projetos dentro do programa de extensão, “Aquaponia como Ferramenta de Educação nas Escolas”, foram realizadas oficinas sobre montagem de uma unidade de aquaponia e palestras sobre aquaponia, sustentabilidade, segurança alimentar e a importância de pescados e vegetais para uma alimentação saudável. Também houve visitas técnicas dos alunos á UAST/UFRPE para conhecer sistemas de aquaponia e a montagem de um protótipo de aquaponia na Escola de Referência em Ensino Médio (EREM) Regina Pacis, em Santa Cruz da Baixa Verde, Pernambuco.

Essas atividades ajudaram a criar espaços participativos nas escolas, incentivando o envolvimento dos estudantes do ensino médio e da graduação em Engenharia de Pesca. O projeto promoveu discussões importantes sobre alimentação saudável, com a inclusão de peixes e vegetais, e incentivou o consumo desses alimentos e a produção sustentável. Além disso, destacou a importância do sistema de aquaponia para o aprendizado nas salas de aula, ajudando os alunos a entenderem melhor o conteúdo científico.

Com a aquaponia educacional e de pesquisa do LEOA, essas atividades impactaram diretamente e indiretamente 690 pessoas, incluindo alunos de graduação, estudantes de escolas públicas e privadas, além de mulheres do Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra (MST).

A aquaponia do CEA recebeu recursos por meio de Projeto FACEPE pelo APQ-03 13-3.07/22, possibilitando a formação de mulheres do campo em montagem e manejo de sistemas aquapônicos, em parceria com o Coletivo Aroeiras do Sertão.

Figura 10 – Planta baixa do sistema aquapônico educacional instalado no CEA – Sesc, Serra Talhada.

Fonte: Autor.

Na Figura 10, a mangueira em laranja está conectada ao tanque de criação e é responsável pela drenagem. Logo após a bomba, em azul, uma outra mangueira conecta a bomba ao decantador, que está posicionado em um nível mais alto, permitindo que o fluxo de água ocorra por gravidade. Ainda em azul, uma tubulação é instalada para conduzir a água da superfície do decantador até as camas de cultivo, destacadas em verde, utilizando um sistema de gotejamento. Em azul claro, está o sistema de retorno, que recolhe a água das camas de cultivo e a leva para as calhas. Dali, a água retorna ao tanque de criação.

As visitas do LEOA ao CEA proporcionaram momentos valiosos de aprendizado com as mulheres do MST envolvidas na construção do sistema. Nesses encontros, discutiram-se temas como alimentação dos peixes e montagem do sistema, sempre com troca de experiências sobre os materiais utilizados. A ênfase esteve na importância de usar componentes orgânicos ou de origem natural, promovendo a sustentabilidade na construção do sistema e buscando alternativas para melhorá-lo.

A ferramenta educacional foi apresentada aos visitantes no CEA, por meio da realização de visitas mediadas ao quintal produtivo, na Atividade de Educação em Ciência e Humanidades. No período de março a junho de 2023, foram realizadas 20 visitas, contemplando 724 estudantes e população geral do município de Serra Talhada.

A aquaponia educacional do CEA – Sesc Serra Talhada, demonstrou funcionamento ótimo, demandando poucos ajustes relacionados a vazamentos no início de sua inauguração. As plantas utilizadas, como, alface, rúcula, cebolinha e tomate cereja, tiveram um ótimo desenvolvimento. E a espécie de peixe escolhida foi a tilápia, *Oreochromis niloticus*, por ser uma animal rustico e resistente. O desenvolvimento dos peixes foi satisfatório, tendo em vista que este sistema é voltado para a área educacional, assim com o objetivo de demonstrar aos visitantes o potencial e a vasta aplicabilidade da tecnologia aquapônica.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aquaponia é uma tecnologia sustentável que combina a criação de animais aquáticos com o cultivo de plantas em um sistema integrado de recirculação de água. Além de promover a economia de água, uma de suas maiores vantagens, ela se destaca pela modularidade, possibilidade de reaproveitamento de materiais e uso de componentes naturais. Essas características tornam a aquaponia uma excelente opção para a produção de alimentos em pequenos espaços urbanos e grandes áreas rurais, contribuindo para a segurança alimentar e a sustentabilidade ambiental.

No ensino, a aquaponia tem sido utilizada como uma poderosa ferramenta didática. Projetos educacionais baseados nessa tecnologia incentivam o aprendizado prático e promovem temas essenciais como cultivo sustentável, consumo consciente e responsabilidade ambiental. Além disso, estimulam o desenvolvimento de habilidades como liderança, trabalho em equipe e resolução de problemas. A integração da aquaponia no currículo escolar e em atividades extracurriculares amplia a conscientização sobre a agricultura sustentável, fortalecendo o vínculo entre estudantes, professores e a comunidade local. Além disso, aspectos estruturais, como exposição excessiva ao sol e alta taxa de evaporação, demonstraram a importância de ajustes para otimizar o desempenho dos sistemas educacionais e produtivos.

No âmbito da pesquisa, experimentos realizados demonstraram tanto a viabilidade quanto os desafios da implementação da aquaponia em diferentes contextos. Modelos testados apresentaram distintos níveis de eficiência: enquanto um sistema mostrou bons resultados no consumo de água, adaptação

das plantas e camarões ao ambiente controlado, outro enfrentou dificuldades relacionadas a vazamentos e entupimentos, principalmente devido à reutilização de materiais inadequados. Esses desafios ressaltam a necessidade de selecionar componentes apropriados para garantir a funcionalidade e durabilidade do sistema.

As atividades de extensão também evidenciaram o impacto social da aquaponia, promovendo a capacitação de diferentes grupos, como mulheres do campo, e disseminando conhecimento para diversas comunidades. A instalação de um sistema aquapônico no CEA – Sesc Serra Talhada demonstrou eficiência na produção, com bom desenvolvimento tanto das plantas quanto dos peixes, consolidando essa tecnologia como uma ferramenta valiosa para a educação ambiental e agroecológica.

Além dos benefícios ecológicos e educacionais, a aquaponia possibilita a produção de alimentos de maneira sustentável, reduzindo o consumo de recursos naturais e incentivando a economia circular. A reutilização de materiais, como sobras de tubulações, mangueiras e pedaços de madeira, pode reduzir custos e minimizar o impacto ambiental, desde que seja feita de maneira criteriosa para evitar problemas como vazamentos. O uso de fibras naturais, como fibra de coco e bucha vegetal, também pode contribuir para a fixação das plantas e o melhor funcionamento do sistema.

Diante de seus benefícios e desafios, a aquaponia se mostra uma alternativa promissora para a produção sustentável de alimentos. Estudos futuros podem focar na otimização do uso de materiais e no fortalecimento da integração entre ensino, pesquisa e extensão, maximizando os impactos positivos dessa tecnologia na sociedade.

5. REFERÊNCIAS

ALVES, G. V. P.; SILVA, D. R. N. V.; SOUZA, M. D. L.; CAMPELLO, J. M. A. V.; SILVA, G. M. N.; SILVA, L. L. D.; PEREIRA, A. F.; SILVA, U. L.. Aplicação De Sistemas Aquapônicos Como Ferramenta Educacional No Contexto Do Semiárido Pernambucano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PESCA, XXII, Porto De Galinhas – PE. ANAIS XXII CONBEP, 2023.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Guia alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável / Ministério da Saúde, Secretaria de Atenção à Saúde – Brasília: Ministério da Saúde, 2008. 210 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos. Disponível em: untitled (saude.gov.br).

CANASTRA, I. I. de O. Aquaponia: Construção de um Sistema de Aquaponia a uma Escala Modelo e Elaboração de um Manual Didático. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Biologia. 2017.

CARNEIRO, P. C. F.; MORAES, C. A. R. S.; NUNES, M. U. C.; MARIA, A. N.; FUJIMOTO, R. Y. Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia, Aracaju: Documentos. Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 27 p.

CONSTITUIÇÃO. Constituição Federal de 05 de 10 de 1988. Disponível em Senado Federal: Constituição da República Federativa do Brasil (normas.leg.br).

CORREIA, R. C.; KIILL, L. H. P.; MOURA, M. S. B. de; CUNHA, T. J. F.; JESUS JUNIOR, L. A. de; ARAUJO, J. L. P. A região semiárida brasileira. Produção de caprinos e ovinos no Semiárido. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. p. 21-48. Disponível em: Alice: Alice: A região semiárida brasileira. (embrapa.br).

ESCOLA, I. B. Irrigação. 2020. Disponível em: <https://escola.britannica.com.br/artigo/irrigação/481588>

FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. 2021. The State of Food Security and Nutrition in the World 2021. Transforming food systems for food security, improved nutrition and affordable healthy diets for all. Rome, FAO. The State of Food Security and Nutrition in the World 2021 (fao.org).

FAO. 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>

FAO – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. Fao Technical Training Workshop On Advancing Aquaponics: An Efficient Use Of Limited Resources FAO. n. 1133, p. 1– 57, Osimo, Italy. 2016.

GRANBER, A.; JUNGE, R. Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. Desalination. n.246, p. 147-156, 2009.

HUNDLEY, G. M. C., NAVARRO, R. D., FIGUEIREDO, C. M. G., NAVARRO, F. K. S. P., PEREIRA, M. M., RIBEIRO FILHO, O. P. e SEIXAS FILHO, J. T. Aproveitamento do efluente da produção de tilápia do Nilo para o crescimento de manjerição (*Origanum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de aquaponia. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável. v.3, n.1, p.51-55, 2013.

KUBITZA, F.. Aquicultura no Brasil: conquistas e desafios. Panorama da Aquicultura, v.25, n.150, p. 10-23, 2015.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil. Disponível em: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável | As Nações Unidas no Brasil.

QUEIROZ, J. F. ; FREATO, T. A.; LUIZ, A. J. B.; ISHIKAWA, M. M.; FRIGHETTO, R. T. S. Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2017. 29p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 113). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1092012>.

RAKOCY, J. E.; MASSER, M. P.; LOSORDO, T. M. Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. Oklahoma State University. SRAC 454, p. 1-16, 2006.

SIQUEIRA, T. V. Aquicultura: a nova fronteira para aumentar a produção mundial de alimentos de forma sustentável. Boletim regional, urbano e ambiental. v. 17, p. 53-60, 2017

SOBRAL, H. T. A. S. ; BATISTA, R. de O. S. ; SHIMADA, S. O. . Aquaponia: Produzindo Tecnologia Social na Escola2. In: SILVA, G. M. N. ; et al. (Org.). Água e Sustentabilidade: Ensino Médio. São Paulo: Com-Arte, 2023. p. 88-99.

SOMERVILLE, C.; COHEN, M.; PANTANELLA, E.; STANKUS, A.; LOVATELLI, A. Smallscale Aquaponic Food Production. Integrated Fish And Plant Farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper n. 589. Rome, FAO. 262pp, 2014.

TYSON, R. V.; TREADWELL, D. D.; SIMONNE, E. H. Opportunities and challenges to sustainability in aquaponic systems. Hort Technol. v. 21, n. 1, p. 6-13, 2011.

WALBERT, A. Agricultura é quem mais gasta água no Brasil e no mundo. 2015. Disponível em Portal EBC: EBC | Agricultura é quem mais gasta água no Brasil e no mundo.

Capítulo 5



10.37423/250209693

PATRONATO RURAL, IDEOLOGIA E PODER: A MIRAGEM DO AGRONEGÓCIO ENQUANTO OCULTAÇÃO DAS CLASSES SOCIAIS

Elcio Gustavo Benini

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Fábio Melges

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Fernan Martins Fernandes Ferreira

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Gustavo Henrique Petean

Universidade Federal de Goiás (UFG)

Tania Cristina Costa Calarge

*Universidade Federal da Grande Dourados
(UFGD)*



INTRODUÇÃO: CONSTRUINDO AS “PROVOCAÇÕES”

Na América Latina, especialmente no Brasil, tornou-se clássico e difundido o ditado popular de que terra é poder, portanto, que ser proprietário rural é sinônimo da capacidade de influenciar e/ou determinar os rumos da política, ou ainda, da organização da vida social (MENDONÇA, 2010). Embora muitos ditados populares sejam mistificadores das reais relações sociais, principalmente quando as relações sociais dizem respeito às relações que se estabelecem na esfera econômica-produtiva, o ditado aludido “terra é poder” é representativo da construção histórico-concreta do Brasil contemporâneo, que nas últimas décadas ganhou uma nova roupagem, representativa do contexto rural, mais “moderna” e técnica, a saber: o agronegócio.

De fato, e com muitos desdobramentos, o termo agronegócio vem sendo disseminado como uma estrutura significativa aglutinadora de um setor da economia altamente produtivo, moderno e gerador de riqueza e desenvolvimento. Desde o seu surgimento na literatura acadêmica, marcadamente com o texto *A concept of agribusiness*, de autoria dos pesquisadores da Universidade de Harvard Davis e Goldberg (1957), sua utilização vem sendo realizada para agrupar atividades intersetoriais que mantêm algum grau de dependência e funcionalidade, abrangendo com isso atividades e pesquisas que vão desde indústrias de insumos, produção agropecuária, indústrias de processamento, sistemas de distribuição até o consumidor final – o que inclui o conhecimento prévio das determinações do comportamento humano, ou seja, todo um campo de pesquisa e atividade denominado marketing agroindustrial.

Retomando o contexto brasileiro, é importante destacar que os registros recorrentes nas mais diversas culturas agropecuárias são atrelados ao agronegócio, e com isso uma realidade social de segurança alimentar, fartura e progresso também é construída. Sobre esse ponto, a questão do PIB do agronegócio e sua ideologia é significativa. Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea), da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq/USP), que atua em parceria com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA), o PIB do agronegócio correspondeu por 23,8% do PIB do País no ano de 2023 (CEPEA, 2024), o demonstraria a força e importância do setor, afinal, como é de costume ouvir, contra números não há argumentos.

Não obstante seja importante reconhecer a importância irreprimível da produção agropecuária e seu conjunto funcional, das análises e agregações intersetoriais, inclusive, estratégicas para o mudança na

posição do país na complexo divisão internacional do trabalho, assim como reconhecer todo o esforço metodológico para se produzir o número supramencionado, não é difícil compreender que trata-se de uma construção, de um recorte do real com fins políticos, enfim, um posicionamento onto-prático-ideológico que privilegia signos que interessam muito mais às classes patronais.

Analisando a problemática supra, Mitidiero Junior e Goldfarb (2021) afirmam que embora o agronegócio tenha um certo destaque na balança comercial brasileira, internamente seu montante, representado no setor primário tem girado em torno de 5% do PIB, enquanto os setores industrial e de serviço apresentam números de 25% e 50%. Vale destacar que estamos falando quase que na totalidade de commodities, ou seja, produtos com baixo valor agregado ou complexidade econômica.

Uma das várias questões que poderiam ser levantadas a partir dos números mencionados seria: mas e as agroindustriais, os agrosserviços, não entra na computo? Ora, se podemos considerar todos elementos da complexa divisão do trabalho da produção agropecuária até o consumo final, incluído produções como pneu, roupas, fast-food, insetos para consumo, tratores, cursos especializados, torna-se evidente que quase tudo pode ser incluído na agregação. Da mesma forma poderíamos fazer em PIB da educação considerando os ônibus escolares, computadores, livros, cadeia do papel-celulose, alimentação escolar, cursos especializados, etc. Em síntese, poderíamos dizer que qualquer retrato poderia ser tirado da situação concreta, dependendo apenas de como o fotógrafo vai fazer o enquadramento, ou ainda, de como o pintor vai dar vida a sua tela.

Nesse cenário de exaltação do agronegócio, é possível perceber, principalmente a partir do novo milênio, um conjunto de ações e campanhas publicitárias em marcha. “Sou Agro”, de 2011, e talvez a que mais conhecida “Agro é Tech, Agro é Pop, Agro é Tudo”, esta disseminada pela Rede Globo de televisão (Ribeiro Neto, 2020), são alguns bons exemplos. Realizadas por think tanks especializados e entidades patronais – com destaque para a Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB) e a Associação Brasileira de Agribusiness (ABAG) – o objetivo principal parece ser a construção de uma imagem positiva e moderna, de superação de um passado marcado por símbolos negativos, como do coronel violento, do patriarcado, da degradação ambiental e sociopolítica, para um setor altamente tecnológico, produtivo, ambientalmente sustentável, popular e que habita todas as esferas da vida social¹. Conforme pontua Gerhart (2021), *pari passu* com o crescimento econômico, o poder político acumulado e a dimensão geográfica ocupada pelo setor é possível apreender um grande esforço midiático em identificar o agronegócio com a brasilidade, com o ser brasileiro, esforço este que pode

ser sintetizado como a busca de incorporar signos e elementos conformadores de subjetividades atreladas aos interesses do setor.

A partir do contexto e das conexões iniciais supramencionadas, com Gramsci (1984) e Mendonça (2011) já afirmamos, ainda que de forma incipiente e provocativa dado o caráter deste trabalho, que a economia política do agronegócio assegura a sua (re)produção a partir da manutenção da sua conformação ideológica, o que significa afirmar que a sociedade civil, por meio de seus diversos atores e organizações públicas e privadas é produtora da sua hegemonia – o que inclui igrejas, escolas, universidades, jornais, empresas, etc., mas com destaque àquelas organizações reprodutoras e produtoras de ideologias e conformações, sejam tais ideologias falseadoras do real ou científicas –, hegemonia aqui colocada sinteticamente como poder consentido e legitimado, que garante que a sociedade política produza as instituições necessárias para a sua reprodução.

Considerando o exposto, a problemática que nos moveu neste trabalho reside e se consubstancia na seguinte sentença de negações: o Agro não é popular (Pop), não é tecnológico (Tech) e não representa todos (Tudo). Consideramos o termo agronegócio uma construção ideológica, que se constitui a partir de elementos ontológicos-epistêmicos que ocultam as reais relações de poder e de classes materializadas na produção de mercadorias agroalimentares e correlatas-funcionais, sendo, portanto, um termo criador de uma miragem que identifica – excluindo antagonismos – agricultores familiares, trabalhadores rurais e pequenos produtores com o patronato rural, organizações multinacionais e financeiras, todos considerados, ideologicamente – aqui com um sentido claro de intencionalidade, voluntarismo e ação estratégica –, como stakeholders e/ou atores de cadeias produtivas ou sistemas agroindustriais.

Não obstante a assertiva acima, que a priori pode dar a impressão de uma identidade única entre ideologia e falsidade, entre ideologia e ofuscamento, enfim, na oposição entre ideologia e ciência, não desconsideramos o papel desta, da ciência, na mobilização do termo agronegócio e na resolução dos problemas que são a ele imbricados. Notadamente há diversas pesquisas sendo realizadas em Universidades Públicas e Privadas e Instituições de Pesquisa, com destaque para a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), que se orientam pelas bússolas científicas e práticas compartilhadas no fazer epistêmico.

Em face às colocações realizadas, este trabalho tem como objetivo – que não se finda aqui – ressaltar como o termo agronegócio se constituiu como uma miragem que oculta as relações sociopolíticas e econômicas estabelecidas no “campo”², enfim, os antagonismos intrínsecos às relações entre as

classes sociais no contexto capitalista. Intentamos ainda, a construção de uma agenda crítica de pesquisa, especialmente aos estudiosos do agronegócio, das organizações, do poder e das instituições.

Para construir este texto, que podemos chamar de comunicação provocativa, foi realizado, em um primeiro momento, uma revisão sobre o conceito de ideologia, *pari passu* com a apreensão do termo agronegócio, considerado na sua concreticidade e conformação dialética-estrutural-linguística. O procedimento de revisão bibliográfica/pesquisa percorrido coincidiu com a forma de exposição adotada, não se limitando ao processo de revisão sistemática temporalmente recortada; o que deixaria a pesquisa fragilizada, dado as características das produções e da constituição histórica do objeto de estudo em seu movimento de concretude real.

CIÊNCIA, IDEOLOGIA E AGRONEGÓCIOS

No que diz respeito a um dos termos-chaves – ideologia – que aqui foi mobilizado para lançar as análises introdutórias-provocativas já mencionadas é fundamental estabelecer alguns entendimentos que têm determinado nossa jornada acadêmica mais recente. Assim, em que pese as múltiplas definições do termo ideologia, conforme sintetiza Löwy ao ponderar que se trata de um termo polissemântico, a perspectiva epistêmica que nos orientou se condensa em dois grandes ensinamentos, o primeiro de Tragtenberg (1971) e o segundo de Waisman (2010).

Com Tragtenberg assumimos que alguns processos ideológicos se constituem a partir de determinações sociais, políticas e econômicas, por um lado, e como um todo sistêmico-formal, organizado e intencionalmente estruturado, por outro. Nesse sentido, assim como Tragtenberg afirma que a Teoria Geral da Administração é uma ideologia, asseveramos que a Teoria Geral do Agronegócio também é ideologia, pois se constitui a partir das determinações dos principais agentes econômicos e se conforma como um todo bem organizado, moderno e racional – constituída por diversas escolas em dimensões espaço-temporais particulares, mas que se agregam nos interesses amplos da classe patronal, tais como as chamadas economia das organizações, nova economia institucional e economia dos custos de transação.

Já com Waisman afirmamos categoricamente que a oposição entre ideologia e ciência, ou ainda, que o critério gnosiológico de produção do conhecimento é infértil, pois desconsidera a determinação ontológica dos posicionamentos epistemológicos, em especial das epistemes científicas. Nesse sentido, ao afirmarmos que o termo agronegócio é ideológico, uma miragem, argumentamos que opera por meio do ofuscamento do real, das reais relações sociais, como uma espécie de fetiche das

inúmeras mercadorias da agropecuária, insumos e tecnologias utilizadas, sejam elas físicas ou de gestão, apresentando-se como uma construção neutra, sistêmica e técnica. Não obstante, *parri passu* a esse processo, não descartamos que o termo é orientador de problemas-soluções que concretizam as determinações da classe patronal, ou seja, ainda que amparado no rigor científico, nos mais belos constructos, modelos e procedimentos metodológicos na descrição e prescrição da realidade-real, apresenta-se como resultado da onto-prática capitalista, tendo a ciência como sua parceira. Portanto, mesmo sendo uma construção ideológica, esta não deixa – em grande medida – uma construção científica, incluindo aqui as forças produtivas desenvolvidas e suas conformações ideológicas e simbólicas, ou seja, todo o aparato estrutural e superestrutural. Ainda sobre esse último ponto, o que precisa ficar claro é que a ideologia pode ser assentada pela ciência, e a ciência, ou como nos ensina Dagnino (2019), a tecnociência, é produzida para atender interesses específicos.

POR UMA AGENDA DE DENÚNCIAS

Conforme o leitor deve ter percebido até aqui, optamos neste trabalho por uma exposição alternativa à convencional; em verdade, poderíamos dizer que fomos levados a apresentar resultados, análises e até conclusões mesmo antes de anunciar nosso propósito. Ainda sim, restou-nos a concretização do que intentamos na construção de uma agenda de pesquisa.

Não seríamos nada justos com os autores Mitidiero Junior e Goldfarb (2021) se não creditássemos grande parte das indicações a seguir a eles, embora todos os autores aqui referenciados tenham contribuído com nossas reflexões. Assim, ao considerarmos os aspectos superestruturais, vários caminhos continuam abertos para a pesquisa, dos quais destacamos:

- (1) a ideologia do agronegócio, materializada nas mais diversas organizações da sociedade civil – em sentido gramsciano –, cujo objetivo é a manutenção da hegemonia. Vale destacar todo o campo publicitário, suas organizações e estratégias. Ainda no campo superestrutural;
- (2) a conexão e engajamento da ciência do agronegócio, que sistematiza por meio do método científico a tecnociência necessária para a sua (re)produção. Esta não pode passar despercebida pelos pesquisadores críticos: há uma série de teorias orgânicas aos interesses da classe patronal que precisam ser problematizadas;
- (4) seu poder político, objetivado no sistema político brasileiro, seja no executivo ou legislativo, cuja influência na constituição da agenda de políticas públicas tem sido amplamente reconhecida;

(5) o sistema político de incentivo econômico, considerando créditos subsidiados, refinanciamento de dívidas e incentivos finais;

(6) a regulamentação e/ou política de agrotóxico brasileira em face aos países do centro econômico, muito menos abertos que nossas legislações, o que tem colocado a saúde dos brasileiros em risco. Com foco nos aspectos estruturais, é imprescindível desvelar, denunciar e analisar criticamente:

(7) a relação da balança de exportação com o processo de desindustrialização do país, considerando a divisão internacional do trabalho e a complexidade econômica do setor; (8) a geração e qualidade – precarização – dos empregos;

(9) as novas fronteiras agrícolas, a devastação e a concentração fundiária; e por fim,

(10) a questão da soberania alimentar, cada vez mais ameaçada diante da financeirização da agropecuária.

ÚLTIMAS CONSIDERAÇÕES

Concluimos este texto convidando os pesquisadores críticos para que novas denúncias sejam realizadas, com a profundidade e rigor metodológico que neste trabalho tangenciamos. A luta contra o capital também é discursiva. Ainda que todo discurso seja uma superestrutura, muitas vezes de conformação, a disputa nesse terreno, inclusive no âmbito científico, não deve ser descartada. Como nos ensina Mészáros (2014), a ideologia da neutralidade ideológica/científica – como muitos cientistas do agronegócio a consideram –, é um dos maiores engodos do atual tempo histórico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAG – Associação Brasileiro do Agronegócio. Portal. 2024. Disponível em: <<https://abag.com.br/institucional-abag-historia/>>. Acesso em: 19 de mai. de 2024.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (Esalq/USP). O PIB do Agronegócios. Disponível em: <https://cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/CT-PIB-AGRO_26.MAR.24.pdf>. Acesso em: 17 de mai. de 2024.

GERHARDT, C. Da sociedade do agronegócio à cosmologia Agro: subjetivação e conquista de novos territórios. Contemporânea – Revista de Sociologia da UFSCar, v. 11, n. 3, set. - dez. 2021.

DAVIS, J. H.; GOLDBERG, R. A. A concepto of Agribusiness. Division of Research. Graduate School of Business Administration. Boston: Harvard University, 1957.

DAGNINO, R. Tecnociência solidária: um manual estratégico. Marília: Lutas Anticapital, 2019.

GRAMSCI, A. Maquiavel, a política e o estado moderno. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1984.

LÖWY, M. As aventuras de Karl Marx contra o Barão de Münchhausen: marxismo e positivismo na sociologia do conhecimento. São Paulo: Cortez, 1994.

MITIDIERO JUNIOR, M. A.; GOLDFARB, Y. O agro não é tech, o agro não é pop e muito menos tudo. São Paulo: Friedrich-Ebert-Stiftung, 2021.

MENDONÇA, S. R. Patronato rural no Brasil recente (1964 – 1993). Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2010.

MENDONÇA, S. R. A hegemonia do agronegócio no Brasil: uma construção em disputa. Espaço Plural, vol. 12, n. 24, 2011.

MÉSZÁROS, I. O poder da ideologia. São Paulo: Boitempo Editorial, 2004.

RIBEIRO NETO, C. P. “Agro é tudo”: simulações no aparato de legitimação do agronegócio. Horizontes Antropológicos, ano 26, n. 56, 2020.

TRAGTENBERG, M. A teoria geral da administração é uma ideologia? RAE. São Paulo, v. 11, n. 4, p. 7-21, 1971.

VAISMAN, E. Ideologia e sua determinação ontológica. Verinotio. v. 6, n. 12, p.40-64 out. 2010.

NOTAS

Nota 1

Um conjunto de exemplos sobre a questão aludido pode ser percebido facilmente ao se abrir o portal da ABAG. Logo na primeira página do portal, é possível ver nos títulos dos projetos, matérias e relatórios alguns temas que culminam com a questão a construção da imagem do agronegócio, tais como: Abag detalha sustentabilidade do agronegócio a estudantes de 12 países; Academia liderança das mulheres (ALMA); Prêmio mulheres dos Agro. De acordo com as informações contidas no portal, a ABAG “conta com 70 associadas, que são empresas atuantes dentro da cadeia do agronegócio, ou seja antes, dentro e depois da porteira, bem como outros agentes como startups, bancos e financiadores, consultorias, escritórios de advocacia” (ABAG, 2024).

Nota 2

O termo campo foi colocada entre aspas uma vez que o objeto em discussão não se limita à produção agropecuária que ocorre no ambiente rural. De fato a questão é muito mais do que sua restrição ao seu *lôcus* principal, sendo ela sociopolítica, ideológica e científica.

Capítulo 6



10.37423/250209729

APLICAÇÃO DE TÉCNICA DE APP EM SITUAÇÃO DE DEFLORESTAMENTO NA REGIÃO METROPOLITANA DE PETRÓPOLIS - RJ

João Paulo Fernandes de Almeida

*Gabinete do Comando do Exército em
Brasília*

Cleber Vinicius Akita Vitorio

Instituto Espaço Templo

Josimar Ribeiro de Almeida

Aposentado UFRJ

Marcelo Musci

*Universidade Estadual do Rio de Janeiro -
UERJ*

Patrícia dos Santos Matta

*Universidade do Estado do Rio de Janeiro –
UERJ*

Raphael do Couto Pereira

Troy University (EUA)



Resumo: A extensão e intensificação das atividades de produção em geral, como indústrias, a taxa de desmatamento apresenta-se em um nível alarmante. É de amplo conhecimento de toda sociedade as potenciais consequências que o desmatamento pode causar em áreas metropolitanas. Para a avaliação das consequências desse crescente fenômeno, é possível lançar mão de vários tipos de técnica de avaliação de impactos ambientais. Uma dessas opções é a Análise Preliminar de Perigo (APP), que se baseia em uma análise qualitativa e estatística, podendo ser utilizada em associação com outras técnicas de AIA (Avaliação de Impacto Ambiental). Esta técnica objetiva analisar os possíveis perigos (eventos indesejados), suas causas e consequências, onde é feita também uma análise de risco associado, sendo este a combinação entre as classificações de sua severidade e frequência, e o apontamento de recomendações de medidas mitigadoras. Dentre esses perigos identificados para este estudo, nenhum deles apresenta risco desprezível ou baixo (0%), 16% apresentam risco médio e alto e 66% apresentam risco crítico. Esses dados indicam que a situação de deflorestamento pode acarretar perigos com consequências graves para a área Metropolitana de Petrópolis, como enchentes e deslizamentos, o que sinaliza urgência na necessidade de gestão da área.

Palavras-chave: Deflorestamento; Análise Preliminar de Perigo (APP); Área Metropolitana de Petrópolis.

INTRODUÇÃO

Com a extensão e intensificação das atividades agrossilvopastoris, industriais, ligadas ao funcionamento de metrópoles, entre outras, a taxa de desmatamento apresenta-se em um nível alarmante. Segundo a Organização das Nações Unidas Para a Agricultura e Alimentação (FAO), com dados entre 2000 e 2010, o mundo perdeu anualmente 0,15% de áreas florestadas, tendo os países da América do Sul destaque nessa taxa (SENADO FEDERAL, 2015).

É de amplo conhecimento de toda sociedade as potenciais consequências que o desmatamento pode causar em áreas metropolitanas. Um grande exemplo de catástrofe foi o ocorrido em 2011, onde a área da Região Serrana do estado do Rio de Janeiro esteve no holofote devido aos últimos acontecimentos com fortes chuvas, que causou centenas de mortes. Este cenário enfatiza a fragilidade da região ao entorno da cidade de Petrópolis, que devido a extração ilegal de madeira e avanço de indústrias, segundo os sites da prefeitura de Petrópolis e da OAB (Ordem dos Advogados do Brasil), respectivamente, vem sofrendo com o desmatamento e seus desdobramentos (OAB – RJ, 2015; PREFEITURA DE PETRÓPOLIS, 2015).

Para a avaliação das consequências desse crescente fenômeno, é possível lançar mão de vários tipos de técnica de avaliação de impactos ambientais, para então, ser possível criar um programa de gestão ambiental para a região desejada. Uma dessas opções é a Análise Preliminar de Perigo (APP) (AGUIAR, *et al.*, 2008). Com esse estudo objetiva-se aplicar a técnica de APP sobre o deflorestamento na região metropolitana de Petrópolis para apontar os perigos, avaliar as causas, consequências e riscos dos potenciais eventos indesejados identificados.

METODOLOGIA

A metodologia de APP se baseia em uma análise qualitativa e estatística, podendo ser utilizada em associação com outras técnicas de AIA (Avaliação de Impacto Ambiental). Esta técnica objetiva analisar os possíveis perigos (eventos indesejados), suas causas e consequências, onde é feita também uma análise de risco associado, sendo este a combinação entre as classificações de sua severidade e frequência, sendo esta uma matriz de risco. Na presente metodologia também se sugere medidas preventivas ou mitigadoras a fim de sanar a causa do problema ou minimizar suas consequências. Dessa forma, além de apontar os perigos de um empreendimento ou de determinada situação, é possível também utilizar a técnica para ajudar a priorizar os pontos mais graves. Nesta APP são analisados os perigos que o desmatamento podem causar na área metropolitana de Petrópolis, assim

como todas as causas, consequências e riscos, permitindo, ao final, uma análise completa visto que são considerados um conjunto de fatores.

A análise por APP é montada em uma planilha onde são analisadas separadamente cada área distinta de uma situação. Por exemplo, se fosse analisado um processo produtivo, para cada fase desse processo seria feita uma tabela de APP, cada uma com os perigos, causas, consequências e riscos associados a cada fase em particular. A planilha montada deve seguir as seguintes condições:

1ª coluna - Perigo: Fonte potencial para causar danos às pessoas, às instalações ou ao meio ambiente. É um evento indesejado.

2ª coluna - Causas: As causas responsáveis pela ocorrência do perigo, que podem envolver tanto falhas de equipamentos como falhas humanas.

3ª coluna - Consequências: As consequências associadas ao perigo caso ele venha de fato se efetivar.

4ª coluna - Frequência: A frequência de ocorrência das causas é definida conforme descrito na Tabela 1.

5ª coluna - Severidade: A severidade das consequências é definida conforme descrito na Tabela 2.

6ª coluna - Risco: O risco é estimado a partir da matriz de risco, pela combinação da frequência e da consequência, como exemplificado na tabela 3 e na faixa de risco.

7ª coluna - Recomendações: As recomendações propostas devem ser de caráter preventivo e/ ou mitigador. (AGUIAR, *et al.*, 2008, p.229-230).

Para classificar os perigos quanto a sua frequência, utiliza-se a categoria de frequências segundo a tabela 1 abaixo. Esta informação é muito importante pois influencia na classificação final do risco. Perigos frequentes tendem a ser de natureza branda, pois nenhum sistema consegue se manter estruturado com grandes eventos “graves” ocorrendo a todo tempo. No mesmo raciocínio, perigos extremamente remotos tendem a ter natureza grave.

Para classificar a severidade dos perigos, utiliza-se a seguinte classificação da tabela 2. Estes seguem o mesmo raciocínio da frequência do perigo.

O risco é estabelecido através de uma matriz que cruza as classificações de frequência (A, B, C, D e E) e de severidade (I, II, III e IV), como demonstrado na figura 1. A faixa de risco representa a resultante do cruzamento da frequência e severidade, apresentando as respectivas classificações.

Tabela 1 – Tabela de classificação de frequência de perigos

CATEGORIA	DENOMINAÇÃO	FAIXA DE FREQUÊNCIA (anual)	DESCRIÇÃO
A	Extremamente Remota	$f < 10^{-4}$	Extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil do processo/instalação.
B	Remota	$10^{-4} < f < 10^{-3}$	Não esperado ocorrer durante a vida útil do processo/instalação.
C	Improvável	$10^{-3} < f < 10^{-2}$	Pouco provável de ocorrer durante a vida útil do processo/instalação.
D	Provável	$10^{-2} < f < 10^{-1}$	Provável de ocorrer durante a vida útil do processo/ instalação.
E	Frequente	$f < 10^{-1}$	Esperado ocorrer várias vezes durante a vida útil do processo/instalação.

Fonte: CAMACHO, 2004

Tabela 2: Tabela de classificação de severidade de perigos

CATEGORIA	POTENCIAL DE DANO À SAÚDE HUMANA E SEGURANÇA	INTENSIDADE DE AÇÃO SOBRE O RECEPTOR AMBIENTAL	TEMPO DE RESTAURAÇÃO (ANOS)	RECURSOS FINANCEIROS MOBILIZADOS PARA RECUPERAÇÃO
Menor (1)	Não ocorrem danos/mortes de funcionários, de terceiros (não funcionários) e/ou pessoas (indústrias e comunidade); o máximo que pode ocorrer são casos de primeiros socorros ou tratamento médico menor.	Efeito restrito	< 1	Pequenos
Moderado (2)	Danos leves em empregados, prestadores de serviço ou em membros da comunidade.	Efeito moderado	1 e 2]	Moderados
Crítico (3)	Danos de gravidade moderada em empregados, prestadores de serviço ou em membros da comunidade (probabilidade remota de morte).	Efeito significativo	2 e 5]	Significativos

Catastrófico (4)	Provoca mortes ou danos graves em várias pessoas (empregados, restadores de serviço ou em membros da comunidade).	Efeito elevado	> 5	Volumosos
------------------	---	----------------	-----	-----------

Fonte: Adaptado de AGUIAR, et al., 2008.

Figura 1 : Matriz de risco entre frequência e severidade

	A	B	C	D	E
I	2	3	4	5	5
II	1	2	3	4	5
III	1	1	2	3	4
IV	1	1	1	2	3

Severidade: I – menor; II – Moderadas; III – Crítica; IV – Catastrófica

Frequência: A – Extremamente Remota; B – Remota; C – Improvável; D – Provável; E - Frequente

Faixa de risco

Faixa de risco

Risco	1 – Desprezível	2 – Baixo	3 – Médio	4 – Alto	5- Crítico
-------	-----------------	-----------	-----------	----------	------------

FONTE: Adaptado de AGUIAR, et al., 2008.

RESULTADOS

Os resultados da tabela de APP foram obtidos a partir de análise de perigos identificados na situação de desmatamento na área metropolitana de Petrópolis. A partir desses dados, foram identificadas as possíveis causas e consequências. A frequência e severidade foram determinadas a partir das tabelas 1 e 2. A classificação de risco foi obtida através da matriz de risco, sendo representada pela figura 1. As recomendações foram apontadas especificadamente para cada perigo visando maior eficácia do resultado mitigador que estas proporcionam para cada perigo.

Tabela 5: Tabela de APP

PERIGO	CAUSA	CONSEQUÊNCIA	FREQUÊNCIA	SEVERIDADE	RISCO	RECOMENDAÇÃO
Alteração das propriedades físicas do solo.	Deflorestamento Maior incidência de chuva e vento no solo Ação antropogênica	Degradação do solo Dificuldade de infiltração da água no solo. Perda da biodiversidade local	E	2	4	1- Criação de Programas de reflorestamento 2- Criação de Programas de Manejo e recuperação de solo
Aumento do fluxo de água acima da vazão máxima dos rios.	Aumento do escoamento superficial Deflorestamento	Cheias repentinas Perdas humanas, na biodiversidade e econômica. Erosão das margens do rio	D	4	5	1, 3- Ampliar a área de vazão do curso de rios e
Diminuição da quantidade da água extraída pela transpiração e da evaporação da parcela interceptada	Deflorestamento	Alteração do balanço hídrico da bacia hidrográfica. Problemas no abastecimento de água da região. Criação de micro climas	D	2	3	1
Diminuição da Contenção das cheias.	Deflorestamento Aumento do escoamento superficial Assoreamento de rios	Enchentes Perdas humanas, na biodiversidade e econômica	D	4	5	1, 3 4-Dragagem de rios
Aumento da erosão do solo e assoreamento de cursos de rios	Deflorestamento Aumento do aporte de sedimentos para o rio	Cheias e enxurradas Aumento do escoamento superficial Aumento do nível do curso de rios	D	4	5	1, 2,4

		Perdas humanas, na biodiversidade e econômica.				
Problemas no escoamento e infiltração da água no solo ou infiltração em excesso	Problemas no balanço hídrico (excedente hídrico) Deflorestamento	Deslizamentos Desabamentos Cheias e enxurradas Perdas humanas, na biodiversidade e econômica Criação de microclimas	D	4	5	1,3, 5-Proteção de encostas

Fonte> os próprios autores

De acordo com a tabela de APP acima (tabela 5), é possível apontar seis perigos no total para a situação avaliada. Dentre esses perigos identificados, nenhum deles apresenta risco desprezível (0%) ou baixo (0%), porém apresentam risco médio (16%) e alto (16%) e 66% apresentam risco crítico. Dentre as causas de perigo mais comuns, está o deflorestamento (100%). Quanto às consequências, a perda de biodiversidade, humana e econômica aparece em 66% dos perigos. Nas recomendações, a criação de programas de reflorestamento aparece em 100% dos casos, sendo esta em uma medida mais generalista, mas não perdendo a sua eficiência e vitalidade para a situação.

DISCUSSÃO

Os resultados apresentados em majoritariedade de riscos críticos (66%) indicam que a situação de deflorestamento pode acarretar perigos com consequências graves para a área Metropolitana de Petrópolis, e que estas demandam um grande tempo para recuperação da área afetada (CAMACHO, 2004), o que sinaliza urgência na necessidade de gestão da área. O fato de o desmatamento estar presente em 100% das causas de eventos indesejados explicita sua capacidade de gerar impactos negativos sobre o âmbito ambiental e socioeconômico e sua severidade, o que pode causar imensos prejuízos para a região em questão. Este é capaz de atingir direta (ex.: enchentes, criação de microclimas) e indiretamente (ex.: perda da biodiversidade local) a área metropolitana, alterando a dinâmica da cidade como um todo.

As recomendações descritas na tabela de APP têm o objetivo de prevenir ou mitigar os eventos indesejados (AGUIAR *et al.*, 2014), podendo ser estas mais abrangentes, como a recomendação de reflorestamento, ou mais específicas para o perigo identificado, como a dragagem de rios. Para a situação analisada, é preciso sempre que o manejo de rios esteja associado a recuperação de encostas, o que inclui o seu reflorestamento, por se tratar de uma cidade localizada no vale entre montanhas, como é afirmado no Plano Diretor da Cidade (Plano Diretor de Petrópolis, vol. I, diagnóstico, versão 1, p. 14). É fundamental que sejam determinadas para cada perigo medidas individuais, pois isso evita a generalização do problema, ou seja, que as medidas para um perigo funcionem corretamente e para outro sejam meramente paliativas ou ineficazes. Elas também facilitam a priorização de gestão das áreas com situação agravada, permitindo um trabalho mais focado. Estas medidas são fundamentais para a região, pois as consequências tangenciam não somente a questão ambiental, que por si só é de grande importância, mas também envolve consequências no âmbito socioeconômico. Estas, em conjunto, podem influenciar no colapso de uma importante região do Estado do Rio de Janeiro, famosa por sua agricultura e indústria têxtil.

CONCLUSÃO

A situação do entorno da área metropolitana da cidade de Petrópolis, no que diz respeito a sua cobertura vegetal, inspira cuidados, o que indica a necessidade de um programa de Gestão Ambiental para o local. A metodologia de APP mostra-se eficiente na caracterização dos eventos indesejados da situação avaliada, assim como em suas causas consequências, visto que analisa vários fatores em conjunto, como severidade e frequência. Esta também auxilia na priorização de esforços para a resolução dos problemas e na esquematização das medidas mitigadoras a serem tomadas, como a criação de programas de reflorestamento, proteção de encostas e dragagem de rios, por exemplo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, Laís Alencar de; ARAUJO, Gustavo Henrique de Sousa; ALMEIDA, Josimar Ribeiro; SOARES, Paulo Sérgio Moreira; POSSA, Mauro Valente.. Análise e avaliação de risco ambiental como instrumentos de gestão em instalações de mineração. In: SOARES, Paulo Sérgio Moreira; SANTOS, Maria Dionísia Costa dos; POSSA, Mario Valente (Ed.). Carvão Brasileiro: Tecnologia e Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Cetem, 2008. p. 213-235.

ALMEIDA, Josimar Ribeiro de; SILVA, Carlos Eduardo; RODRIGUES, Manoel Gonçalves. Avaliação dos impactos ambientais do desflorestamento sobre o regime hídrico da região metropolitana de Petrópolis (RJ). Engineering Sciences, Aracaju, v. 1, n. 1, p.6-13, 31 ago. 2013. DOI: 10.6008/ess2318-3055.2013.001.0001.

Disponível em: <<http://sustenere.co/journals/index.php/engineeringsciences/article/view/ESS2318-3055.2013.001.0001>> Acesso em: 12 jun. 2015.

CAMACHO, Eliana Nogueira. Uma Proposta de Metodologia para Análise Quantitativa de Riscos Ambientais. 2004. 140 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências em Engenharia Civil, Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE), Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <http://www.coc.ufrj.br/index.php/component/docman/doc_download/1799-eliana-nogueira-camacho-estrado?Itemid=> Acesso em: 10 jun. 2015.

OAB-RIO DE JANEIRO. Prefeitura de Petrópolis é condenada por autorizar desmatamento. Disponível em: <<http://oab-rj.jusbrasil.com.br/noticias/2544380/prefeitura-de-petropolis-e-condenada-por-autorizar-desmatamento>> Acesso em: 06 fev. 2015.

PREFEITURA DE PETRÓPOLIS. Operação do GPA evita desmatamento em Itaipava. Disponível em: <<http://www.petropolis.rj.gov.br/pmp/index.php/imprensa/noticias/item/1390-operacao-do-gpa-evita-desmatamento-em-itaipava.html>> Acesso em: 06 fev. 2015.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E URBANISMO. Plano Diretor de Petrópolis Diagnóstico Versão 1. Petrópolis: Prefeitura Municipal de Petrópolis, 2012. 89 p. Disponível em: <http://www.petropolis.rj.gov.br/pmp/phocadownload/Planejamento/comcidade/diagnostico/diagnostico_05_04.pdf> Acesso em: 12 jun. 2015.

SENADO FEDERAL. Relatório da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) vê avanços.

Disponível em: <<http://www.senado.gov.br/noticias/Jornal/emdiscussao/codigo-florestal/organizacao-nacoes-unidas-para-agricultura-alimentacao-fao.aspx>> Acesso em: 26 jan. 2015.

BIODIVERSIDADE, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

VOLUME XVI



conhecimentolivre.org/home



contato@conhecimentolivre.org



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



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE