

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
(ORGANIZADOR)



ENGENHARIAS:

DESENVOLVIMENTO DE
PROCESSOS E PRODUTOS

Atena
Editora
Ano 2023

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN
(ORGANIZADOR)



ENGENHARIAS:

DESENVOLVIMENTO DE
PROCESSOS E PRODUTOS


Atena
Editora
Ano 2023

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial**Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof^o Dr^a Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof^o Dr^a Glécilla Colombelli de Souza Nunes – Universidade Estadual de Maringá
Prof^o Dr^a Iara Margolis Ribeiro – Universidade Federal de Pernambuco
Prof^o Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Prof^o Dr^a Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof^o Dr^a Maria José de Holanda Leite – Universidade Federal de Alagoas
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Prof. Dr. Milson dos Santos Barbosa – Universidade Tiradentes
Prof^o Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^o Dr^a Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Prof. Dr. Nilzo Ivo Ladwig – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof^o Dr^a Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof^o Dr Ramiro Picoli Nippes – Universidade Estadual de Maringá
Prof^o Dr^a Regina Célia da Silva Barros Allil – Universidade Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Engenharias: desenvolvimento de processos e produtos

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Yaiddy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Henrique Ajuz Holzmann

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
E57	Engenharias: desenvolvimento de processos e produtos / Organizador Henrique Ajuz Holzmann. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023. Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-1234-2 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.342233103 1. Engenharia. I. Holzmann, Henrique Ajuz (Organizador). II. Título. CDD 620
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

O ramo das engenharias ganha cada vez mais espaço no decorrer dos tempos, sendo hoje um dos principais pilares para o setor empresarial. Analisar os campos de atuação, bem como pontos de inserção e melhoria dessa área é de grande importância, buscando desenvolver novos métodos e ferramentas para melhoria contínua de processos.

Desta forma estudar temas relacionados a engenharia é de grande importância, pois desta maneira pode-se aprimorar os conceitos e aplicar os mesmo de maneira mais eficaz

Neste livro são explorados trabalhos teóricos e práticos, relacionados as áreas engenharia, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente. Apresenta capítulos relacionados a gestão como um todo, assim como a aplicação de ferramentas para melhoria de processos e produtos e a redução de custos. Outro destaque se dá a interação entre o homem e o trabalho, sendo um dos ramos de estudo nas engenharias, e que está cada vez mais em voga no momento atual.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann

CAPÍTULO 1 1**METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE CURTA DURAÇÃO ENTRE UNIVERSIDADE E INDÚSTRIA**

Marcelo Sampaio Martins
 Vitória de Oliveira Matos
 João Pedro Monterani Laguna
 Renan Augusto Sigaud Ferraz
 Daniel Julien Barros da Silva Sampaio

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3422331031>

CAPÍTULO 2 7**A ENGENHARIA DE MATERIAIS NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Marcelo Alves da Silva
 Alexandre Ricardo Pimentel da Silva
 Pablo Sena Borges
 Gustavo Figueira de Paula
 Tatiani da Luz Silva Vasconcelos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3422331032>

CAPÍTULO 3 19**OVERLOAD: ENSINO DE PROGRAMAÇÃO E ROBÓTICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

Márcio Mendonça
 Marcos Antônio de Matos Laia
 Celso Alves Correa
 Henrique Cavalieri Agonilha
 Matheus Gil Bovolenta
 Marcos Banheti Rabello Vallim
 Angelo Feracin Neto
 Nikolas Catib Boranelli
 Emerson Ravazzi Pires da Silva
 Marco Antônio Ferreira Finocchio
 Vera Adriana Huang Azevedo Hypolito
 João Maurício Hypolito
 Carlos Alberto Pascholino
 Emanuel Ignacio Gracia
 Kazuyochi Ota Junior
 Francisco de Assis Scannavino Junior
 André Luis Shiguemoto

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3422331033>

CAPÍTULO 4 28**COMPARAÇÃO DE PERFORMANCE ENTRE TELAS DE POLIURETANO AUTOLIMPANTES E TELAS DE AÇO APLICADAS EM PENEIRAMENTO A UMIDADE NATURAL DE MINÉRIO DE FERRO**

Antonio Eustaquio Ferreira
 Roberto Carlos Rodrigues

Talita Ribeiro de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3422331034>

CAPÍTULO 5 41

ESTUDO DA INIBIÇÃO DA CORROSÃO EM AMOSTRAS DE AÇO CARBONO IMERSAS EM ÁGUA DE FORMAÇÃO E ÁGUA DO MAR SIMULADA

Thainara Péricles Soares Ferro

Williams Raphael de Souza Morais

Jaceguai Soares da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3422331035>

CAPÍTULO 6 51

ENGENHARIA REVERSA: CULTIVANDO O INTERESSE NO ÂMBITO AUTOMOTIVO

Matheus de Souza Nascimento

José Bismark de Medeiros

Alan Christie da Silva Dantas

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3422331036>

CAPÍTULO 7 68

DIFERENTES TOPOLOGIAS DE MAPAS COGNITIVOS FUZZY DINÂMICOS APLICADOS EM PROCESSOS INDUSTRIAIS E SISTEMAS ROBÓTICA COLETIVA

Márcio Mendonça

Jhonatas Luthierry Barbosa dos Santos

Henrique Cavalieri Agonilha

Matheus Gil Bovolenta

João Maurício Hypólito

Andressa Haiduk

Fabio Rodrigo Milanez

Emerson Ravazzi Pires da Silva

Luiz Francisco Sanches Buzachero

Michelle Eliza Casagrande Rocha

Gabriela Helena Bauab Shiguemoto

José Augusto Fabri

Níkolás Catib Boranelli

Augusto Alberto Foggiano

Francisco de Assis Scannavino Junior

Rodrigo Rodrigues Sumar

André Luis Shiguemoto

Wesley Candido da Silva

Vicente de Lima Gongora

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3422331037>

CAPÍTULO 8 84

REDUÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES (RRD) E INTERNACIONALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO: OS GRUPOS DE PESQUISA DO ESPÍRITO

SANTO (BRASIL)

Emmanoel Gorza Ferreira
Teresa Cristina da Silva Rosa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3422331038>

CAPÍTULO 9 100**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA VISANDO A UMA ECONOMIA DE BAIXO CARBONO E ATENUAÇÃO DA DESIGUALDADE SOCIAL NA AMAZÔNIA**

Giorgio Antonio Chiarini Silva
Tales Antonio Martins Lima
Luiz Henrique Barbosa Nunes-Filho
Luis Pedro Matos da Silva
Victória do Monte Rodrigues
Sergio Duvoisin Júnior
Roberto Alexandre Alves Barbosa Filho
Guilherme Henrique Almeida Pereira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3422331039>

CAPÍTULO 10..... 114**INFLUÊNCIA DO GÁS INERTE NA REFORMA DE ETANOL COM VAPOR D'ÁGUA UTILIZANDO O CATALISADOR DE CUNI/CEO2 SUPORTADO EM CORDIERITA**

Marcos de Souza
Ana Luiza Furlan de Araújo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34223310310>

CAPÍTULO 11 130**AVALIAÇÃO DA MATURIDADE NA GESTÃO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS DE REJEITOS**

Claudinei Oliveira Cruz
Franknelli de Araujo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34223310311>

CAPÍTULO 12..... 149**ANÁLISE DO NÍVEL DE PARTICIPAÇÃO SOCIAL NO PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO BASEADOS NA LEI N. 11.445/2007: Estudo de caso no Município de Camaçari - BA**

Mayara Santana Borges
Luiz Roberto Santos Moraes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34223310312>

CAPÍTULO 13..... 170**MICROALGAS COMO BIOFERTILIZANTE: UMA NOVA ESTRATÉGIA PARA O AVANÇO DA AGRICULTURA MODERNA, BIORREMEDIAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS E MITIGAÇÃO DE CARBONO ATMOSFÉRICO**

Laiza Santos Dagnaisser

Marcela Granato Barbosa dos Santos
Anderson Gomide Costa
Daniel Fonseca de Carvalho
Henrique Vieira de Mendonça

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34223310313>

CAPÍTULO 14..... 187

KOMBUCHA: ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E CRESCIMENTO MICROBIOLÓGICO

Vinícius Azrael Sinésio Alexandre da Silva

Yasmine Valadares de Oliveira

Carla de Fátima de Oliveira Barbosa

Igor Pereira da Silva

Graciele Silva Santana

Thayres Mirely Aires de Araújo

Jean César Farias de Queiroz

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.34223310314>

SOBRE O ORGANIZADOR..... 194

ÍNDICE REMISSIVO..... 195

METODOLOGIA PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE CURTA DURAÇÃO ENTRE UNIVERSIDADE E INDÚSTRIA

Data de aceite: 01/03/2023

Marcelo Sampaio Martins

UNESP – Campus de Guaratinguetá
Guaratinguetá/SP

Vitória de Oliveira Matos

UNESP – Campus de Guaratinguetá

João Pedro Monterani Laguna

UNESP – Campus de Guaratinguetá

Renan Augusto Sigaud Ferraz

UNESP – Campus de Guaratinguetá

Daniel Julien Barros da Silva Sampaio

UNESP – Campus de Guaratinguetá

RESUMO: O Grupo PET – Programa de Educação Tutorial, do Ministério da Educação, vinculado à Engenharia Mecânica da UNESP/FEG – Campus de Guaratinguetá, pautado por objetivos sólidos, na tríade de ensino, pesquisa e extensão universitária implementou com sucesso o projeto “PET In Company”. Esta iniciativa trata da criação de um relacionamento próximo com empresas da região, onde os petianos, providos de estudos de caso sobre temas pontuais, poderão atuar em atividades industriais práticas, sendo orientados pelo tutor ou

outro docente de sua unidade, e o corpo técnico dessas empresas. Não se trata de um vínculo de estágio ou algo do gênero, toda a ação é de caráter voluntário para os discentes. A relação está condicionada a oportunidade de o aluno entender e participar de uma atividade fora da universidade, contribuindo na resolução de problemas, e para a empresa, neste caso, ter um voluntário motivado a atuar de forma consciente para resolver tais demandas. Nessa aproximação, todos ganham, pois no futuro, a empresa poderá contar com esse discente, como um possível estagiário ou trainee, já que estará ciente das práticas e políticas da empresa. Os resultados obtidos com o projeto piloto e outros em andamento mostram o sucesso desta iniciativa inovadora.

PALAVRAS-CHAVE: Cooperação universidade-empresa, Inovação, Parcerias público-privadas.

METHODOLOGY FOR DEVELOPING SHORT TERM PROJECTS BETWEEN UNIVERSITY AND INDUSTRY

ABSTRACT: The PET Group, Mechanical Engineering of UNESP/FEG-Guaratinguetá Campus, guided by solid objectives, in the

triad of teaching, research and university extension successfully implemented the PET In Company project. This initiative deals with the creation of a close relationship with companies in the region, where students, provided with case studies on specific topics, may act in practical industrial activities, being guided by the tutor or other teacher of their unit, and the technical staff of these companies. It is not a trainee bond or anything of the sort, all action is voluntary on the part of the students. The relationship is conditioned by the opportunity of the student to understand and participate in an activity outside the university, contributing in solving problems, and for the company, in this case, to have a motivated volunteer to act consciously to solve such demands. In this approach, everyone wins, because in the future, the company can count on this student, as a possible intern or trainee, since he will be aware of the company's practices and policies. The results obtained with the pilot project and others in progress show the success of this innovative initiative.

KEYWORDS: Cooperation university-company, Innovation, Public-private partnerships.

1 | INTRODUÇÃO

A interação entre universidades e empresas é considerada como um dos fatores chave para estimular o desenvolvimento tecnológico e o processo de inovação e desenvolvimento nas suas regiões de atuação. (MARTINS, 2017). Dentro desse aspecto, segundo Berni (2015), as universidades assumem o compromisso do desenvolvimento do ensino, da pesquisa e da extensão. Por sua vez, essas instituições detêm conhecimento científico e recursos humanos que podem contribuir de forma significativa para o desenvolvimento do setor produtivo. Por outro lado, o setor empresarial possui como principal objetivo atender as demandas do mercado consumidor a partir do fornecimento de produtos e/ou serviços que atendam as necessidades dos clientes.

Segundo Martins, 2017, essa interação entre universidades e empresas é considerada como um dos fatores chave para estimular o desenvolvimento tecnológico e o processo de inovação e desenvolvimento. De um modo geral, a aproximação das empresas com as universidades tende a gerar retornos significativos para ambas as partes. Para a universidade, é uma nova fonte de recursos, além de possibilitar aos docentes pesquisadores e seus discentes, o reconhecimento dos seus trabalhos e uma nova fonte de inspiração para o desenvolvimento de novos projetos. Para a empresa, abre a possibilidade de acelerar o processo da pesquisa e de compartilhar os riscos com outras instituições, constituindo um caminho para aumentar a competitividade dos parceiros envolvidos. (MARTINS, 2013).

De acordo com Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras (ANPEI), a relação entre universidades e empresas atingiu um nível maduro, quando o assunto é pesquisa. A opinião é de Sérgio Queiroz, coordenador de pesquisa para inovação da Fapesp (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo). Cerca de 5% do orçamento destinado à pesquisa da Universidade de São Paulo (USP)

vem de empresas. No caso da Universidade Estadual Paulista (Unesp) são 5,5%, e, na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), 6%. “Estamos em um patamar de pesquisa colaborativa entre empresas e as universidades de São Paulo que é similar à média das universidades americanas e de países da OCDE”, diz Queiroz, citando a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico, que reúne as nações mais ricas do mundo. No MIT, o Instituto de Tecnologia de Massachusetts, é 13%.

A partir dessa abordagem inovadora, o Grupo PET – Engenharia Mecânica, da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá – FEG/UNESP, objetiva proporcionar aos seus petianos, aprendizado prático relacionado à resolução de problemas reais de empresas e oferecer auxílio acadêmico para as corporações interessadas.

2 | METODOLOGIA

Buscando atingir de maneira completa a tríade, ensino, pesquisa e extensão universitária, este projeto obteve êxito nos três pilares. A competência de Ensino foi contemplada com o aprendizado obtido e disseminado pelo Grupo PET, a partir dos estudos de caso ofertados pelas empresas. A Pesquisa, tão importante para a divulgação dos resultados dos projetos, foi também conquistada pelo Grupo a partir da publicação de trabalho em congresso científico e a Extensão Universitária, advinda pelo atendimento de uma demanda externa, foi plenamente contemplada, já que esta pode contribuir com a sua comunidade local, no caso, empresas da região. A seguir, metodologia utilizada nos projetos:

Etapa 1: Prospecção de empresas na região

Essa etapa estará relacionada à busca pelo Grupo PET de empresas na região do Vale do Paraíba, Estado de São Paulo, que possam ter interesse nas atividades conforme serão descritas. Via de regra, valerá buscar por empresas que apresentem em seu quadro de funcionários, ex-alunos da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, FEG/UNESP, o que facilitará na abertura de possíveis oportunidades para implementação desta prática.

Etapa 2: Agendamento de reuniões para contextualizar proposta

A partir de um contato efetivado, reuniões serão agendadas para que o Grupo PET possa discriminar e detalhar esta atividade com maior embasamento. Estas reuniões poder ocorrer nas dependências da empresa ou mesmo na universidade, para realmente atrair as empresas para nosso campus. Nessas reuniões serão abordados tópicos dessa prática, além de formalizar o que serão as responsabilidades e deveres, deixando claro o viés da busca por conhecimento constante e do ganha-ganha real, ou seja, a empresa terá seu problema resolvido e o aluno participante desta prática, a oportunidade de vivenciar por certo período, atividades relacionadas a empresas, *cases* reais, onde terá a experiência efetiva, mesmo que de curta duração.

Etapa 3: Preparação do grupo para o cumprimento de sua atividade

Após reuniões para entendimento das atividades propostas pela empresa, um período de busca por soluções e estudos por parte dos membros do Grupo PET envolvidos nessa atividade será realizado. Este período, que será tratado com as empresas, será fundamental para diminuir dúvidas a respeito do estudo de caso que possam existir, além de que os alunos poderão buscar e convidar docentes do campus para colaborar na resolução desses *cases* pontuais oferecidos pelas empresas. A diminuição das lacunas de conhecimento, se existirem, serão solucionadas nesta etapa, que fará parte do cronograma de atividades, que já terá sido discutido e acordado com as empresas participantes.

Etapa 4: Resolução do estudo de caso.

De posse de todo o conhecimento e ferramentas necessárias, a execução do estudo de caso será iniciada, tendo auxílio do professor tutor, outros docentes do campus e do corpo técnico da empresa participante. Neste período, reuniões de acompanhamento serão realizadas e estarão, estas, programadas no cronograma de atividades. Estes encontros entre a empresa e a universidade, via Grupo PET acontecerão tanto no campus universitário, como nas dependências da empresa, para que essa aproximação fique latente para todos os alunos da faculdade e docentes.

Etapa 5: Entrega técnica e elaboração de relatórios

Com o final da atividade, relatórios serão elaborados para serem entregues a empresa e uma reunião de fechamento da prática será realizada. Espera-se que nesse momento, tanto a empresa ganhe, ou seja, tenha seu estudo de caso pontual resolvido, como o Grupo PET também ganhe, com a experiência e interação com engenheiros de grandes empresas na resolução de problemas. Se a atividade proposta tiver um viés inovador ou tecnológico, publicações serão realizadas, tanto para divulgação desta prática, como da atividade. Mas se a atividade tiver qualquer grau de confidencialidade, esta será preservada.

3 | RESULTADOS

A seguir serão apresentados alguns dos resultados obtidos até o momento com duas empresas da região.

3.1 Empresa 1

O Grupo PET – Engenharia Mecânica da UNESP/FEG – Campus de Guaratinguetá, realizou durante o segundo semestre de 2017 um projeto piloto em uma empresa siderúrgica da região do Vale do Paraíba, Estado de São Paulo no setor de manutenção. A prática desenvolvida era relacionada à criação de indicadores de falhas em equipamentos

de um dos setores fabris da empresa. As planilhas com apontamento de dados de paradas inesperadas foi fornecida pelo setor para os petianos e os discentes puderam, então, entender a lógica das falhas e propor indicadores. Esta planilha, referente aos dezoito meses anteriores ao início do projeto continha milhares de linhas o que dificultava o seu entendimento, o que a tornava um mero documento de apontamentos. A partir da utilização do software PowerBI – Microsoft, pode-se então subdividir os dados e criando indicadores, além da que os resultados, antes planilhados, puderam ser mostrados de maneira gráfica, o que facilitou a sua interpretação. De acordo com os dados fornecidos, para um determinado equipamento, analisou-se dois fatores em um período de três semestres, o primeiro deles foi o número de ocorrências em cada mês do espaço amostral, como indicado na Figura 1. O segundo fator analisado foi o tempo de que esse equipamento esteve em operação e o tempo gasto com manutenção, sendo possível indicar a confiabilidade conforme a Figura 2.

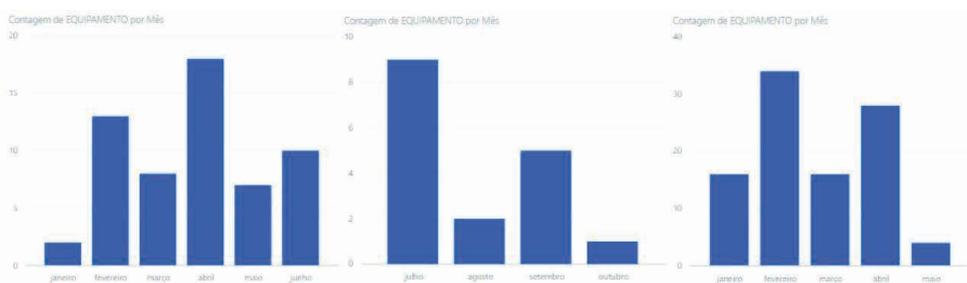


Figura 1 – Número de ocorrências em cada mês do espaço amostral, para um determinado equipamento.

Fonte: Próprio Autor.

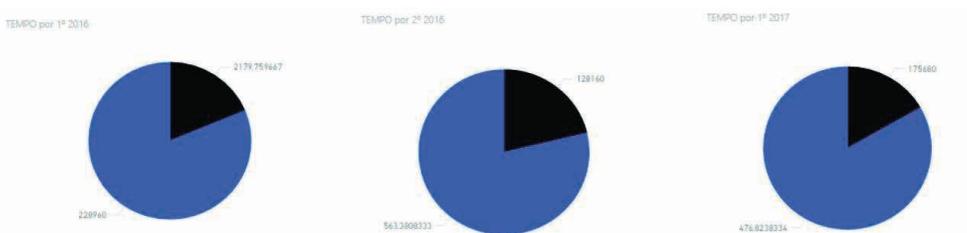


Figura 2 – Tempo de manutenção x Tempo produtivo

Fonte: Próprio Autor.

3.2 Empresa 2

O segundo projeto realizado com êxito pelo Grupo PET – Engenharia Mecânica foi relacionado a avaliação de coeficientes de segurança em um dispositivo para levantamento de cargas. O aparato, já fabricado pela empresa, estava em testes e foi projetado e construído sem uma prévia elaboração de um memorial de cálculo. O Grupo, então, com

acesso ao dispositivo e a desenhos de conjunto e detalhamento, puderam, a partir do conhecimento de sua operação e das cargas envolvidas, puderam verificar a segurança do mesmo e definir seus coeficientes de segurança

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Espera-se como resultados finais desta prática, uma efetiva interação entre empresa e universidade, onde os ganhos serão pautados no conhecimento adquirido, experiências em um ambiente corporativo e demais competências que só uma atividade como esta e com temas extracurriculares, poderão trazer aos envolvidos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério Da Educação, Secretaria de Educação Superior, Departamento de Modernização e Programas da Educação Superior, Coordenação Geral de Relações Acadêmicas de Graduação – Programa de Educação Tutorial, pelo apoio aos bolsistas deste programa.

REFERÊNCIAS

BERNI, J.C.A., et al. **A Interação Universidade-Empresa para a Inovação e a Transferência de Tecnologia**, Revista Gestão Universitária na América Latina, Florianópolis/SC, v. 9, n.2, p.258-277, 2015.

MARTINS, F.A.; SANTANA, J.R. **Mecanismos de Interação Universidade-Empresa: Uma Iniciativa no Setor de P&G do Estado de Sergipe**. Revista Gestão Inovação e Tecnologias, São Cristóvão/SE, v.3, n.3, p.084-102, 2013.

Martins, M.S., et al., Pet In Company. In: XLV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2017, Joinville/SC. **Anais**. Joinville/SC, 2017.

A ENGENHARIA DE MATERIAIS NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO BÁSICA

Data de submissão: 09/01/2023

Data de aceite: 01/03/2023

Marcelo Alves da Silva

Universidade Federal do Sul e Sudeste do
Pará - UNIFESSPA
Marabá – Pará
<http://lattes.cnpq.br/3229471138328078>

Alexandre Ricardo Pimentel da Silva

Universidade Federal do sul e Sudeste do
Pará - UNIFESSPA
Marabá – Pará
<https://lattes.cnpq.br/9382099471217950>

Pablo Sena Borges

Universidade Federal do sul e Sudeste do
Pará - UNIFESSPA
Marabá – Pará
<http://lattes.cnpq.br/2191740813755630>

Gustavo Figueira de Paula

Universidade Federal do sul e Sudeste do
Pará - UNIFESSPA
Marabá – Pará

Tatiani da Luz Silva Vasconcelos

Universidade Federal do sul e Sudeste do
Pará - UNIFESSPA
Marabá – Pará
<http://lattes.cnpq.br/7781700155615612>
<https://orcid.org/0000-0001-5763-3309>

RESUMO: Este texto é um recorte de uma pesquisa mais ampla que está sendo realizada em escolas do ensino básico do município de Marabá no Estado do Pará. O foco deste estudo é divulgar em escolas públicas de ensino médio o curso de Engenharia de Materiais de uma Universidade pública federal localizada neste município. Com isto, buscou-se estreitar os vínculos Universidade – Escola e assim, contribuir com o processo de ensino-aprendizagem de disciplinas bases para o curso de Engenharia de Materiais, como física e química. Visitas técnicas aos laboratórios de ensino e pesquisa da Universidade foram realizadas por estudantes do terceiro ano do ensino médio de escolas públicas de Marabá. Em outro momento, em uma das escolas foi realizado uma exposição de materiais e equipamentos do curso de Engenharia de Materiais para toda a comunidade escolar. Aqui, trazemos uma análise acerca da necessidade de uma maior interação Universidade – Escola com o intuito de aperfeiçoar o processo de ensino – aprendizagem dos estudantes do ensino básico oportunizando discussões que viabilizem a adoção de metodologias de aprendizagem que contribuam com o conhecimento técnico, científico e crítico

dos estudantes voltados para o mercado de trabalho local.

PALAVRAS-CHAVE: Engenharia de Materiais, CTSA, Ensino de Ciências, Educação Científica

MATERIALS ENGINEERING IN THE CONTEXT OF BASIC EDUCATION

ABSTRACT: This text is part of a broader research that is being carried out in elementary schools in the municipality of Marabá in the state of Pará. The focus of the research is to publicize the materials engineering course of a federal public university located in this municipality. With this, an attempt was made to strengthen university-school ties and, with this, to contribute to the teaching-learning process of basic disciplines for the materials engineering course, such as physics and chemistry. Technical visits to the University's teaching and research laboratories were carried out by third-year high school students from public schools in Marabá. At another time, in one of the schools, an exhibition of materials and equipment from the materials engineering course was held for the entire school community. Here, we present an analysis of the need for greater interaction between the University and the school in order to improve the teaching-learning process of basic education students, providing opportunities for discussions that enable the adoption of learning methodologies that contribute to technical, scientific and educational knowledge critic of students facing the local labor market.

KEYWORDS: Materials Engineering, CTSA, Science teaching, Science Education.

1 | INTRODUÇÃO

Segundo os parâmetros curriculares nacionais, a educação deve promover uma missão mais ampla do conhecimento, que irá possibilitar ao educando um melhor entendimento do mundo em que ele está inserido e principalmente, contribuir para a construção da cidadania do mesmo, isto é, esses conhecimentos devem ser socialmente relevantes, ter sentido e assim, integrarem a vida do educando. As propostas do movimento ciência, sociedade, tecnologia e ambiente (CTSA) possuem correntes teóricas que são instrumentos de reflexão para apoiar a mudança de foco da educação, abordando progressivamente o ensino de ciências para construir um projeto de educação científico comprometido efetivamente com a instrumentalização da cidadania. Assim, pode-se abordar conhecimentos mais específicos e até mesmo abstratos para tratar situações-problema em que sejam necessários e pertinentes ao conhecimento científico para sua compreensão e tentativa de solução, passando por outras áreas do conhecimento de outras ciências como engenharias, física, química, biologia, matemática, geologia, geografia, etc. A escola é de grande importância para a construção de cidadãos críticos e autônomos ao exercício dos direitos e deveres que a sociedade exige. Desse modo, apresentar aos educandos da educação básica o curso de Engenharia de Materiais se torna significativo, pois é um curso e uma área de atuação bastante importante mas que ainda é pouco divulgado na educação básica, principalmente, para aqueles educandos que estão discernindo sua escolha por

uma carreira profissional

O curso de engenharia de materiais surgiu da necessidade de desenvolvimento industrial do Brasil, o que está intimamente ligado com o desenvolvimento de novos materiais e criação de novos processos. O importante crescimento dos materiais de alta tecnologia, incluindo materiais nano estruturados e materiais compósitos, demanda uma análise das propriedades dos materiais que dá maior ênfase às características estruturais e micro estruturais que as influenciam, e aos parâmetros de processamento que afetam tais propriedades. É interessante notar que essa abordagem científica para novas tecnologias vislumbra ganhos estratégicos também na modificação de materiais convencionais, no aprimoramento e no aumento da eficiência dos novos produtos, por buscar soluções que diminuam os rejeitos e facilitem a reutilização e a reciclagem de produtos de consumo em geral. Assim, a Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), tem por objetivo realizar o desenvolvimento científico, tecnológico e social em várias áreas da ciência, através de programas/projetos ou até mesmo ações de extensão que visem estreitar os laços entre a Universidade e a sociedade. Desse modo, o presente trabalho tem como objetivo levar conhecimento básico de Engenharia de Materiais para estudantes do ensino fundamental e médio de escolas públicas de Marabá agregando conhecimento e valores a essas crianças e jovens bem como difundir conhecimento a respeito dos grandes projetos de extração de Ferro, Níquel, Ouro, Alumínio, Cobre e Manganês que são realidade na região sul e sudeste do Pará, em especial, em Marabá. Marabá é a principal cidade da região sul e sudeste do Pará, apresentando população estimada em 279.000 habitantes e segundo o senso (IBGE 2018) compõe uma rede de 189 escolas de ensino fundamental e 38 escolas de ensino médio (IBGE, 2020), espalhadas pelas zonas urbana e rural, possuindo 1493 docentes que atuam no ensino fundamental e 557 docentes atuando no ensino médio. Infelizmente o que se percebe é que grande parte da população não apresenta conhecimento mínimo a respeito do grande potencial mineral que a região sul e sudeste do Pará possui. Fato este devido, segundo vários relatos na literatura, há falta de engajamento entre o ensino e o aprendizado, não trazendo significado ao objeto de estudo, tornando o aprendizado monótono, sem sentido e que não desperta o interesse do aluno em aprender, em argumentar, em pesquisar. A Engenharia de Materiais está intrinsecamente ligada a educação básica, visto que está altamente relacionada ao ensino de ciências, especialmente as disciplinas de química. Assim, abordar a engenharia de materiais dentro dos conteúdos de ciências e química é uma excelente alternativa para difundir o curso que é pouco conhecido por estudantes de ensino básico, além de desenvolver habilidades em discentes de engenharia de materiais quanto a prática docente, visto que os engenheiros também atuam lecionando.

2 | JUSTIFICATIVA

A disseminação do conhecimento científico, especificamente nas áreas de Química e Engenharia de Materiais, no ensino fundamental e médio é de fundamental relevância numa região carente e excluída dos investimentos e oportunidades de crescimento como a região Amazônica. É uma maneira concreta de melhorar a formação básica e enquadrar o indivíduo dentro do cenário em que ele vive, auxiliando a garantir futuramente seu espaço em universidades e mercado de trabalho da região. Segundo o IBGE, no ano de 2020 antes da pandemia, 45.725 matrículas foram realizadas no ensino fundamental, enquanto que somente 12.530 matrículas no ensino médio foram realizadas. Estes dados são lastimáveis visto que a região sul e sudeste do Pará se encontra em constante desenvolvimento, tendo que absorver bastante mão de obra de outros Estados. Um dos fatores causadores da evasão escolar é que as aulas se resumem basicamente a definições de leis e conceitos sem nenhuma interação de conteúdo com o cotidiano dos alunos (SILVA et al., 2009). Inúmeras pesquisas têm mostrado que o Ensino de Ciências geralmente vem sendo estruturado em torno de atividades que levam à memorização de informações, fórmulas e conhecimentos que limitam o aprendizado dos alunos e contribuem para a desmotivação em aprender conteúdos que para a grande maioria dos estudantes, não irá contribuir para a sua formação (MELO e SANTOS, 2012), pois para eles, as disciplinas voltadas para ciências se resume em fatos fora de um alcance de entendimento, isto devido a uma aversão que já foi plantada em outros momentos de sua vida estudantil relacionada ao ensino e aprendizagem dos conteúdos de ciências. Há então a necessidade constante de fugirmos desse monotonismo, buscando contextualizar o conteúdo de ciências, em especial nesta proposta conteúdos de química, através de experimentos práticos e trabalhando com o lúdico, formando assim alunos curiosos, dedicados, interessados e principalmente com um conhecimento horizontal podendo relacionar fatos acontecidos no cotidiano dos mesmos, com aquilo que é visto teoricamente em sala de aula (SUART; MARCODES; LAMAS, 2009). É possível incentivar e estimular o aprendizado dos alunos utilizando-se de metodologias que fujam do sistema de jogar uma carga excessiva de conteúdo aos alunos sem que os mesmos interajam ou mesmo se sintam motivados a estar buscando o conhecimento de forma a dar sentido ao aprendizado. A busca por novas metodologias de ensino, tais como a experimentação e a ludicidade tem como perspectiva aproximar a realidade do estudante com os conteúdos ministrados em sala de aula, de maneira prazerosa e educativa, sempre com objetivo de motivá-los a aprender de maneira efetiva os conteúdos abordados em sala de aula. Para o Ensino de Química tais metodologias fazem-se necessárias devido ao seu caráter investigativo, aumentando o conhecimento por meio dos fenômenos que são testados, observados e descobertos, como observado por Casteleins (2018). Porém, no ensino de ciências para o ensino básico a experimentação ainda é muito precária principalmente nas escolas públicas que sofrem com a inexistência de laboratórios.

A inserção do lúdico no sistema educacional vem aumentando muito nos últimos anos, mas tem se apresentado como um obstáculo para muitos professores devido estes desconhecerem a metodologia de ensino, principalmente nas áreas de engenharias, e essa prática tem se tornado um obstáculo para os mesmos, pois acabam associando-a ao simples ato de brincar, desprovido de quaisquer funções educativas (REZENDE, et al. 2019). Este projeto é de extrema importância para a melhoria do conhecimento de educandos que estudam em escolas públicas de Marabá visto que os ensinamentos fundamental e médio deixam bastante a desejar, além de contribuir para despertar vocações científicas e/ou tecnológicas, bem como identificar jovens talentosos que possam ser estimulados a seguirem carreiras científico-tecnológicas, em especial, a engenharia de materiais.

3 | OBJETIVO GERAL

O objetivo principal do projeto é incentivar o despertar científico de estudantes do ensino público e a divulgação do curso de engenharia de materiais da Unifesspa através de visitas monitoradas de estudantes de duas escolas públicas do município de Marabá às dependências do Instituto de Geociências e Engenharias (IGE) - Unifesspa onde se realizam as atividades do curso de Engenharia de Materiais e também com a realização de feiras de ciências nestas respectivas escolas.

4 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Divulgar o conhecimento entre as comunidades e cidadãos em geral;
- Incentivar a formação na área de engenharia de materiais;
- Formar os discentes do curso de engenharia de materiais participantes do projeto em práticas pedagógicas;
- Realização de uma exposição com experimentos voltados ao ensino de engenharia de materiais;
- Realização de visitas aos laboratórios da Faculdade de Engenharia de Materiais (Femat) – Unifesspa.

5 | METODOLOGIA

O projeto foi executado em duas escolas do ensino médio localizadas no município de Marabá – Pará: E.E.E.F.M. Oneide de Souza Tavares (escola 1) e na EEEM Plínio Pinheiro (escola 2). O projeto faz parte de um programa institucional da Pró-Reitoria de Ensino e Graduação (PROEG), Programa de Intervenção Metodológica, que contemplou o projeto com duas bolsas e o mesmo contou com a participação de mais três discentes voluntários.

A equipe do projeto fez visitas às escolas selecionadas, uma localizada na Nova Marabá e a outra escola é localizada na Marabá pioneira, para a apresentação do projeto. Após conversa com a direção das duas escolas e com alguns professores, programou-se as visitas técnicas dos estudantes do terceiro ano do ensino médio ao IGE - Femat.

Após a visita técnica na escola 1, foi realizado uma exposição de materiais e de equipamentos básicos específicos do curso de Engenharia de Materiais para os estudantes do ensino fundamental e do ensino médio, onde foi divulgado as atribuições de um Engenheiro de Materiais e sua atuação.

6 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

As visitas dos estudantes às dependências da Unifesspa ocorreram em etapas, por turma e turno, onde contamos com o auxílio da Secretaria de Educação de Marabá (Semed – Marabá) e com o apoio da divisão de transportes e logística da Unifesspa (DITL) no transporte dos estudantes escola – Unifesspa - escola. As visitas dos estudantes da escola 1 foram realizadas no primeiro semestre de 2022, já as visitas dos estudantes da escola 2 foram realizadas no segundo semestre letivo de 2022. Na escola 1, participaram da visita cerca de 250 estudantes e na escola 2, cerca de 100 estudantes do terceiro ano do ensino médio.



Figura 1: Fotos ilustrativas da visita dos estudantes da escola 1 na biblioteca setorial 2 da Unifesspa.

Fonte: Autores

As visitas sempre ocorreram ou no período da manhã ou no período da tarde, iniciando às 8:30h e encerrando às 11:30h pela manhã e no período da tarde, iniciando às 14:30h às 17:30h.

No primeiro semestre de 2022 ainda estava em vigor o protocolo de segurança para Covid-19, assim, os estudantes foram recepcionados na entrada da universidade onde cada um recebeu uma máscara e as primeiras orientações foram informadas. Os estudantes foram direcionados à biblioteca localizada na unidade II da Unifesspa onde os mesmos foram recepcionados pelos servidores da mesma e participaram de um breve momento onde informações destes foram repassadas aos estudantes e cada estudante pôde circular pela biblioteca e ter acesso ao acervo e pesquisar um pouco sobre os cursos que lhes despertaram interesse.

Vários estudantes relataram que nunca haviam entrado em uma biblioteca pública.

Além do curso de Engenharia de Materiais, foi falado de maneira sucinta dos demais cursos de graduação oferecidos pela Unifesspa, pois alguns estudantes confessaram não ter afinidade por disciplinas de exatas e até mesmo, externaram o sonho em cursar outros cursos de graduação, tais como a licenciatura.

Após a visita na biblioteca, os estudantes foram direcionados aos laboratórios da faculdade de engenharia de materiais, que estão distribuídos nos blocos 2 e 4 da Unidade II da Unifesspa. Primeiramente, os estudantes foram conduzidos ao laboratório de polímeros onde foram apresentados ao coordenador do laboratório e conheceram alguns dos projetos realizados neste. Logo após, foram conduzidos aos laboratórios de solidificação e caracterização estrutural, todos localizados no bloco 2 da Unidade 2 da Unifesspa. Depois, organizamos a visita aos laboratórios do bloco 4. Neste bloco, os estudantes foram conduzidos ao laboratório de materiais cerâmicos, onde foram apresentados todos os equipamentos e as pesquisas desenvolvidas neste laboratório, priorizando os projetos voltados a valorização das matérias primas locais, reutilização de rejeitos e fabricação de materiais cerâmicos. Uma breve fala dos discentes do curso participantes de alguns dos projetos desenvolvidos em cada laboratório, juntamente com a fala dos discentes participantes deste trabalho foram primordiais para a facilitação do entendimento dos estudantes do ensino básico, pois eram estudantes ouvindo outros estudantes também em formação e isso foi muito importante nesta etapa do trabalho e ajudou a alcançarmos os objetivos deste projeto de ensino.



Figura 2: Fotos ilustrativas das visitas dos estudantes aos laboratórios da Femat.

Fonte: Autores

No laboratório de ensaios destrutivos, mais uma breve fala de um dos discentes do curso que desenvolvem pesquisa neste laboratório. Os estudantes também foram conduzidos aos laboratórios: Preparação de amostras, Análises térmicas, Hidrometalurgia, Química Geral e Inorgânica, Microscopia e Física Geral. No laboratório de física geral, os discentes do curso apresentaram alguns experimentos básicos de física com a participação de alguns estudantes do ensino médio. Os estudantes ficaram muito atentos a todos os experimentos apresentados e às explicações dadas pelos discentes da graduação. Foi possível observar que os estudantes ficaram bastante motivados com as informações que estavam sendo repassadas e com a estrutura física dos laboratórios e com os trabalhos (pesquisas) desenvolvidas ali.

A última etapa da visita foi uma palestra ministrada pelo coordenador do curso de Engenharia de Materiais onde o mesmo explanou sobre as atividades desenvolvidas pelo engenheiro de materiais, assim como a importância e utilidade de vários materiais de uso cotidiano e a atuação de um engenheiro de materiais nas mais variadas funções no mercado de trabalho.

Além dos estudantes, professores das disciplinas de química e física também participaram da visita e junto conosco, comentaram da importância deste momento para os estudantes das duas escolas de ensino médio. Principalmente por se tratar de estudantes do terceiro ano, pois os mesmos estavam sendo preparados para o exame nacional do ensino médio (ENEM) e não sabiam ou não queriam fazer o exame por diversos fatores até adversos a realidade escolar.

Em vários momentos foi permitido aos estudantes questionar, tirar dúvidas, emitir opiniões, comentar, dar sugestões ao trabalho desenvolvido. Muitos dos estudantes revelaram não ter afinidade com as disciplinas básicas para cursar graduação em engenharias, mas, com a visita a universidade, foi despertado o interesse em outras profissões em outras áreas

As visitas técnicas foram monitoradas por discentes do curso de engenharia de materiais e todas as turmas do terceiro ano do ensino médio das duas escolas participaram das visitas.

No segundo semestre de 2022, também foi possível realizar uma exposição na escola 1, onde foi exposto vários materiais utilizados nas pesquisas realizadas nos laboratórios da Femat. Estes materiais eram constituídos de rejeitos de siderúrgicas da região e corpos de prova, além de equipamentos básicos utilizados em análises. A exposição chamou a atenção dos estudantes tanto do ensino médio quanto do ensino fundamental. Vários estudantes visitaram a exposição, tiraram dúvidas e perguntavam sobre o curso de engenharia de materiais e demais cursos oferecidos pela Unifesspa. Todas as dúvidas foram esclarecidas pelos discentes do curso de engenharia de materiais participantes do projeto.

Após a realização destas atividades, a equipe do projeto se reuniu para avaliar todas as atividades desenvolvidas e os resultados obtidos com elas. De maneira geral, chegou-se

ao consenso de que foi obtido êxito na execução das atividades propostas, pois o curso de engenharia de materiais foi divulgado nestas escolas e observamos que grande parte dos estudantes do terceiro ano se mostraram motivados e bastante interessados em conhecer melhor o curso e afirmaram se inscrever no Enem, mesmo aqueles que disseram não se identificar com a área de exatas

A partir dessa análise, percebeu-se a dificuldade dos estudantes do ensino básico em articular o aprendizado de disciplinas da área de ciências (química e física) as atividades profissionais exercidas por um engenheiro de materiais, e até mesmo, às atividades exercidas por profissionais que atuam no mercado local, visto que Marabá está localizada em uma região estratégica na produção e escoamento de materiais advindos da mineração e do agronegócio, além de outras atividades profissionais que são exercidas na região. Pôde-se notar a dificuldade dos professores do ensino básico em compor os processos de ensino associados a atividades com práticas de laboratório ou mesmo visitas técnicas sem o auxílio da universidade, sem que a universidade tivesse que ir a escola e propor a aplicação de um projeto de ensino. Tais fatos estão relacionados à falta de um local adequado para a realização das práticas, assim como a ausências de todo o aparato necessário para se manter um laboratório em funcionamento. Infelizmente, a realidade é que os professores, no intuito de aprimorar suas aulas, na tentativa de auxiliar no aprendizado de seus estudantes, adquirem com recursos próprios reagentes e utiliza materiais alternativos, que são de baixo custo, para executar aulas experimentais de forma a despertar o interesse dos estudantes em suas aulas. Ademais, o tempo estipulado por aula, os extensos conteúdos a serem ministradas, condições de trabalho, necessidade de trabalhar em mais de um turno ou escola, com certeza contribuem para o não planejamento e execução de atividades em ambientes não formais e que estimulem os estudantes a buscar o conhecimento já almejando o mercado de trabalho local.

Vale ressaltar a importância do desenvolvimento deste tipo de trabalho com discentes de cursos de graduação em engenharias, visto que os mesmos recebem uma formação extremamente técnica, sem um aporte ao desenvolvimento de atividades didáticas, sendo que, muitos engenheiros descobrem, mesmo dentro da engenharia, uma vocação ao ensino, e com isto, acabam por seguir carreira na docência, ministrando aulas de disciplinas básicas como: física, química e matemática, mas sem nunca terem uma formação voltada ao ensino. Mais uma vez, ressalta-se a extrema importância da participação dos discentes da graduação. Estes tiveram oportunidade de passar seus conhecimentos aos estudantes do ensino médio, e muitos recorriam a eles para sanar suas dúvidas, querendo saber mais do curso ou dos trabalhos desenvolvidos, ou sobre o funcionamento de equipamentos. Foi uma experiência muito proveitosa e ver vários dos jovens planejando e já sonhando com a possibilidade de estudar em uma instituição de ensino superior e adquirir conhecimento para seu futuro profissional e pessoal nos estimula a dar continuidade ao projeto e buscar alcançar mais turmas e mais escolas nos próximos anos.



Figura 3: Foto ilustrativa de uma turma da escola 2 em visita à Unifesspa.

Fonte: Autores

7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os efeitos destas atividades sobre o processo de ensino e aprendizagem de estudantes do ensino básico servirão de aporte para análise e aprimoramento de metodologias de associação entre as instituições públicas de ensino, como as universidades e escolas de ensino básico. Pretende-se dar continuidade ao projeto e a divulgação do curso de Engenharia de Materiais nas escolas públicas tanto de ensino médio quanto de ensino fundamental na cidade de Marabá buscando contribuir, também, com o ensino – aprendizagem de disciplinas do currículo de exatas que são disciplinas básicas em cursos de engenharias.

REFERÊNCIAS

CASTELEINS, V.L. **Dificuldades e Benefícios que o Docente Encontra ao Realizar Aulas Práticas de Química**. In: Congresso Nacional de Educação, Curitiba. Seminário Internacional de Representações Sociais, Subjetividade e Educação, 2011. Disponível em: <<http://www2.efersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/232/TCC%20PRONTO.MONIKE%20entrega.pdf>>. Acesso em fevereiro de 2022.

IBGE. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/maraba/pesquisa/13/0>>. Acesso em fevereiro de 2022. IBGE. Perfil dos Municípios Brasileiros. <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/2018/>

MELO, M.R.; SANTOS, A.O. **Dificuldades dos licenciandos em química da UFS em entender e estabelecer modelos científicos para o equilíbrio químico**. In. XVI Encontro Nacional de Ensino de Química, Salvador, UFBA, 2012.

REZENDE, F. A.M; CARVALHO, C.V.M; GONTIJO, LC.; SOARES, M.H.F.B. RAIQUIZ: **Discussão de um Conceito de Propriedade Periódica por Meio de um Jogo Educativo**. Química Nova na Escola. Vol. 41, N° 3, São Paulo-SP, 2019.

SILVA, A. A.; SANTOS, L. M.; SILVA, P. R. A.; OLIVEIRA, L. S., FALCÃO, N. K. S. M.; FERREIRA, J. M.; GOMES, H. QuimKids: **Despertando o interesse pela ciência química e formando cidadãos.** *Revista Brasileira de Ensino de Química*. Vol. 12, no. 1, 2017. Disponível em: <http://rebeq.revistascientificas.com.br/edicoes.php>. Acesso em fevereiro de 2022.

SILVA, J.F.S. et al. **A Importância de Aulas Experimentais para a Aprendizagem dos Alunos do Ensino Médio: Um Estudo de Caso.** Simpequi. Salvador - BA 2009.

SILVA, S.R.; SANTOS, W.B.; COELHO, T.L.S.; SOUSA, J.A.; COELHO, A.S.L; VELOSO, E.S.; ARAÚJO, A.M.L; COELHO, F.L.; PASSOS, M.H.S., MACHADO, I.C.P. **Recursos inovadores e alternativos para o ensino de química: O que pensam os professores?** ISBN: 978-85-85905-06-4. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2013/trabalhos/6/2941-11866.html>. Acesso em fevereiro de 2022.

SOARES, M. H. F. B. **Jogos e atividades lúdicas para o ensino de química.** 2ª ed. Goiânia: Kelps, 2015.

SUART, R. C.; MARCONDES, M. E. R., LAMAS, M. F. P. **A Estratégia “Laboratório Aberto” para a Construção do Conceito de Temperatura de Ebulição e a Manifestação de Habilidades Cognitivas.** *Química Nova na Escola*. n. 3, volume 32, p. 200-207, 2010. Disponível em: <http://bdpi.usp.br/item/002139649>. Acesso em fevereiro de 2022.

CAPÍTULO 3

OVERLOAD: ENSINO DE PROGRAMAÇÃO E ROBOTICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Data de aceite: 01/03/2023

Márcio Mendonça

Universidade Tecnológica Federal do
Paraná
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Mecânica (PPGEM)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/5415046018018708>

Marcos Antônio de Matos Laia

Departamento De Ciência Da Computação
– UFSJ
São João Del Rey – MG
<http://lattes.cnpq.br/7114274011978868>

Celso Alves Correa

Universidade Tecnológica Federal do
Paraná
Departamento Engenharia Mecânica
(DAMEC)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/8547137298279961>

Henrique Cavalieri Agonilha

Universidade Filadélfia (Unifil) Londrina
Londrina-PR
<http://lattes.cnpq.br/7114274011978868>

Matheus Gil Bovolenta

Acadêmico - Universidade Tecnológica
Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/7114274011978868>

Marcos Banheti Rabello Vallim

Universidade Tecnológica Federal do
Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/2326190172340055>

Angelo Feracin Neto

Universidade Tecnológica Federal do
Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/0580089660443472>

Nikolas Catib Boranelli

Acadêmico - Universidade Tecnológica
Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/4632175422834777>

Emerson Ravazzi Pires da Silva

Universidade Tecnológica Federal do
Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/3845751794448092>

Marco Antônio Ferreira Finocchio

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/8619727190271505>

Vera Adriana Huang Azevedo Hypolito

Departamento Computação - Etec Jacinto Ferreira de Sá
Ourinhos-SP
<http://lattes.cnpq.br/6169590836932698>

João Maurício Hypolito

Departamento Computação-FATEC
Ourinhos-SP
<http://lattes.cnpq.br/9845468923141329>

Carlos Alberto Pascholino

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/0419549172660666>

Emanuel Ignacio Gracia

Acadêmico - Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/8501809850590859>

Kazuyochi Ota Junior

Mestrando - Programa de Pós Graduação de
Engenharia Mecânica PPGEM CP -Cornélio Procópio

Francisco de Assis Scannavino Junior

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR

André Luis Shiguemoto

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR

RESUMO: Este trabalho ocorreu no “Colégio Ressurreição” em Catanduva, São Paulo. Por ter sido realizado durante a pandemia da COVID-19, esse colégio foi escolhido por ter como mantenedora uma associação de cunho social e por estar localizada na cidade de residência do diretor da equipe Overload. Este projeto foi motivado pelo emblema do grupo de disseminar a cultura da robótica e teve como meta incentivar os jovens a seguir uma

carreira em uma área tecnológica, além de poderem associar os conhecimentos teóricos obtidos no ensino médio com os conhecimentos práticos de programação e robótica. Isso gera um estímulo lógico e criativo, já que fomenta a busca por soluções de problemas para desenvolver os códigos de programação e prototipagem das atividades práticas. Os alunos lidaram com habilidades e competências não comumente trabalhados na educação básica e muitos dos conceitos apresentados, por eles nunca foram vistos, algo que deve ser refletido pela sociedade, uma vez que o cenário atual no Brasil é de crescimento notável da área tecnológica.

PALAVRAS-CHAVE: Atividades, Conhecimentos, Robótica.

OVERLOAD: TEACHING PROGRAMMING AND ROBOTICS IN BASIC EDUCATION

ABSTRACT: This Works took place at the “Colégio Ressurreição” in Catanduva, São Paulo. Because it was held during the COVID-19 pandemic, this school was chosen because it has a social association as its sponsor and because it is located in the city of residence of the director of the Overload team. This project was motivated by the group’s emblem of disseminating the culture of robotics and aimed to encourage young people to pursue a career in a technological area, in addition to being able to associate theoretical knowledge obtained in high school with practical knowledge of programming and robotics. This generates a logical and creative stimulus, as it encourages the search for problem solutions to develop programming and prototyping codes for practical activities. The students dealt with skills and competences not commonly used in basic education and many of the concepts presented were never seen, something that should be reflected by society, since the current scenario in Brazil is one of remarkable growth in the technological area.

KEYWORDS: Activities, Knowledge, Robotics.

1 | INTRODUÇÃO

O projeto de extensão Overload é hospedado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Cornélio Procópio. Tem como principal função ser um grupo de robótica com intuito de transmitir e gerar conhecimento acerca de linguagens de programação de computadores e microcontroladores, além do desenvolvimento de projetos voltados para área de competição, uma vez que são grandes fomentadoras de ideias e de aplicações robóticas e interação, com objetivo de levar o conhecimento de robótica aos mais diversos públicos; e ensino, visando disseminar e inspirar alunos de diversas instituições e de várias faixas etárias.

Desta forma, é de grande valia discorrer sobre a execução de um curso de “Introdução à Programação em Linguagem C”, “Introdução à Robótica” e “Introdução à Robótica com Arduino” realizado pela Overload no período de pandemia, de 26 de fevereiro de 2021 a 30 de junho de 2021, para alunos do segundo e terceiro ano do ensino médio do Colégio Ressurreição localizado em Catanduva, São Paulo. Esse feito, teve como principal objetivo estimular o desenvolvimento dos alunos, uma vez que, ao aprender uma

linguagem de programação, os alunos são estimulados a pensar de uma forma estruturada, o que desenvolve o raciocínio lógico, analítico e crítico (ANDRIOLA; CAVALCANTE, 1999).

Essa atividade ocorreu no período de pandemia da COVID-19, por conta disso, o grupo encontrou nessa realização uma maneira de ajudar os alunos a superarem o déficit educacional brasileiro que foi observado após o período de ensino remoto (MARTINS, 2020). É válido ressaltar, que foram seguidas as medidas de prevenção recomendadas pela OMS durante o período de execução. E foram seguidas as normas estabelecidas pelo colégio parceiro.

Na seção 2 a metodologia empregada no desenvolvimento desta pesquisa será apresentada. Já a seção 3 apresentará alguns resultados, ainda que iniciais. A seção

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

O colégio ressurreição foi escolhido por ter como mantenedora a Associação Assistencial, Promocional e Educacional Ressurreição – APER, a qual possui missão, visão e valores sociais concordantes com os do grupo. Vale notar que o curso e os equipamentos foram fornecidos gratuitamente pelo grupo de extensão Overload.

Após a confirmação da parceira, foi realizado um planejamento de aulas junto ao diretor do colégio, no qual foram definidas as datas, os conteúdos a serem abordados e duração das aulas de duas horas, conforme Tabela 1.

Com o auxílio do planejamento, foi construído um material didático para apresentação durante a aula e consulta dos alunos, além de um ambiente no Google Classroom® para o desenvolvimento do curso. O material era adaptado e colocado no ambiente online ao longo da semana conforme a evolução da aprendizagem dos alunos. As aulas eram ministradas utilizando conceitos teóricos, utilizando o material elaborado pelo grupo Overload, visualização de aplicações, utilizando vídeos disponíveis na internet, e projetos práticos com uso do Google Classroom®; Microsoft Powerpoint®; compilador open source Falcon C++®; Google Forms®; Autodesk Tinkercad®; Arduino UNO®; Arduino IDE®; multímetro; fio do tipo jumper; placa de prototipagem, protoboard 400 pontos; resistores de 330Ω, 1kΩ, 10kΩ; capacitor; LED monocromático; buzzer; LED RGB; diodo laser; botão de chave momentânea; potenciômetro linear 10kΩ; sensor foto resistor; sensor ultrassônico; micro servo motor; teclado matricial 4x4; módulo Relé; display LCD com comunicação I2C; bomba peristáltica Robocore®; impressora 3D Creality Ender 3®.

Data – Número da aula	Conteúdo previsto
26/02/2021 – Aula 1	Lógica de programação e sintaxe
05/03/2021 – Aula 2	Compilador e funções básicas
12/03/2021 – Aula 3	Estrutura de condição
19/03/2021 – Aula 4	Laço de repetição
26/03/2021 – Aula 5	Projeto em C
Semana avaliativa	Teste via Google Forms®
09/04/2021 – Aula 6	Introdução à robótica
16/04/2021 – Aula 7	Resistores, sensores e atuadores
23/04/2021 – Aula 8	Desenvolvimento de projetos
30/04/2021 – Aula 9	Prototipagem e validação
07/05/2021 – Aula 10	Introdução ao Arduino UNO®
14/05/2021 – Aula 11	Projeto com componentes digitais
21/05/2021 – Aula 12	Conceitos de PWM e sinal analógico
28/05/2021 – Aula 13	Projeto com componentes analógicos
04/06/2021 – Aula 14	Projeto com servo motor
11/06/2021 – Aula 15	Projeto módulo bluetooth®
18/06/2021 – Aula 16	Modelagem 3D com Tinkercad®
25/06/2021 – Aula 17	Projeto 3D
30/06/2021 – Encerramento	Projeto fina
12/03/2021 – Aula 3	Estrutura de condição

Tabela 1 – Planejamento de aulas

Fonte: Autoral.

Para o acompanhamento do nível de aprendizagem do aluno nas oficinas de Introdução à Programação em Linguagem C, foi realizado um questionário no Google Forms® o qual abrangia conhecimentos teóricos sobre lógica de programação, linguagem de programação e linguagem C. Além do formulário online, os alunos tiveram que enviar três diferentes códigos de programa em linguagem C, por eles criados. Já nas oficinas de Introdução à Robótica e Introdução à Robótica com Arduino®, os alunos foram avaliados em relação aos projetos desenvolvidos em sala de aula.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme mencionado anteriormente, o curso foi dividido em três módulos, “Introdução à Programação em Linguagem C”, “Introdução à Robótica” e “Introdução à Robótica com Arduino®”, em ambos foi visto que as aulas ministradas apresentaram um grande aprendizado, e que houve empenho e interesse por parte dos alunos. Também foi notado que os alunos desenvolveram muito mais interesse quando puderam aplicar os conhecimentos teóricos obtidos, tanto na criação de programas em linguagem C, quanto

na construção de projetos utilizando o Arduino®.

As aulas teóricas foram ministradas em um salão de atos, onde as restrições recomendadas devido à pandemia de COVID-19 puderam ser seguidas adequadamente, conforme Figura 1.



Figura 1 – Ambiente que foram ministradas as aulas expositivas teóricas

Nessas aulas era transmitido aos alunos o material didático construído pela equipe Overload, vide Figura 2, e, ao final das aulas, era apresentado uma lista de exercícios para fixação do conteúdo abordado

SUMÁRIO

Introdução a Programação em C – AULA 1

printf

```
int idade = 17; // int - inteiro
float altura = 1.65; // float - real
char nome[30] = "Jorge"; //char - palavra
char grupo = 'A'; //char - Letra

printf("%s do grupo %c tem %i anos e %f de altura")
>_ Jorge do grupo A tem 17 anos e 1.65 de altura
```

overload.cp

SUMÁRIO

Introdução a Programação em C – AULA 1

Tipos de Variáveis

int: números inteiros:
exemplo > idade (17);

float: números reais:
exemplo > altura (1.65);

char: letras ou palavras:
exemplo > letra(a) ou nome (Maria).

overload.cp

Figura 2 – Alguns slides apresentados aos alunos nas aulas expositiva

Já as aulas práticas, em que os alunos montavam os protótipos, eram realizadas em diferentes ambientes que variavam de acordo com a disponibilidade do colégio. Nelas, os projetos eram montados passo a passo com os alunos, em que o professor projetava a montagem no Tinkercad® na tela de projeção e os alunos seguiam os passos montando o projeto fisicamente. A Figura 3 exibe os componentes fornecidos aos alunos nas aulas práticas. Vale ressaltar que os projetos eram também elaborados com o apoio dos alunos, para fomentar a curiosidade e o interesse por parte deles. Assim, todos forneciam ideias e possíveis aplicações, e o professor conduzia o projeto da melhor maneira, sendo que os alunos podiam individualmente acrescentar funcionalidades aos seus projetos consultando o professor, caso necessário.



Figura 3 – Componentes fornecidos aos alunos nas aulas práticas

Para o encerramento do curso, foi estabelecido um desafio final aos alunos, onde, junto ao professor, tiveram que modelar um protótipo de dispenser de álcool em gel que poderia ser impresso na impressora 3D utilizando material PLA e que, de forma resumida, fosse controlado pela placa Arduino UNO® e acionado por um sensor ultrassônico. A equipe Overload pensou nesse desafio devido ao contexto mundial da pandemia em que o uso de álcool em gel se mostrou extremamente eficiente no combate ao vírus causador da COVID-19 (CFQ, 2020), e o produto poderia ser utilizado no colégio por todos os frequentadores.

Após a modelagem, construção do código, implementação do protótipo com os componentes físicos, os participantes do curso realizaram uma apresentação aos alunos do quinto ano do ensino fundamental I, veja Figura 4, visando desenvolver a habilidade de transmitir o conhecimento adquirido e fixação do conteúdo



Figura 4 – Alunos do curso apresentando o projeto final

A apresentação foi bem-sucedida, tanto os alunos do curso quanto os alunos do ensino fundamental se mostraram interessados por robótica, o que gerou muita satisfação para a equipe da Overload.

4 | CONCLUSÃO

Vale ressaltar que os alunos inscritos não possuíam conhecimento ou qualquer experiência com programação e robótica, mas ao final do curso pode-se concluir que, apesar disso, os participantes conseguiram obter um desempenho semelhante e satisfatório nas atividades e projetos avaliativos.

Os alunos também se mostraram bastante interessados e envolvidos, em todos os projetos pesquisaram componentes adequados, medidas e custo-benefício. Inclusive, no projeto final que pôde ser concluído com sucesso, já que foi verificado um aprendizado efetivo, os alunos trabalharam com diversos conceitos distintos, além da programação de códigos, robótica e Arduino®.

Por fim, o curso não só transmitiu conhecimentos de programação e robótica, como também inspirou os alunos a seguirem áreas tecnológicas de forma acadêmica. Nesse contexto, é possível dizer que o grupo de extensão Overload cumpriu seu objetivo ministrando esse curso e pôde se orgulhar de ter inspirado e incentivado alunos da educação básica.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Pró-Reitoria de Relações Empresariais e Comunitárias (PROREC) pela bolsa para o estudante de graduação durante a execução do projeto. Agradecemos

a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Cornélio Procópio, por incentivar e apoiar o projeto de extensão Overload. Agradecemos ao Colégio Ressurreição, de Catanduva-SP, e a sua mantenedora APER pela parceria. Agradecemos também a todos os membros e ao coordenador da equipe Overload, que colaboraram com o desenvolvimento desse curso, e aos alunos que dele participaram.

Futuros trabalhos endereçam uma melhoria na grade para uma rápida revisão em circuito elétricos, e ênfase em alguns tópicos de eletrônica, os quais são essenciais para um curso focado no Arduino

REFERÊNCIAS

ANDRIOLA, W. B.; CAVALCANTE, L. R. **Avaliação do raciocínio abstrato em estudantes do ensino médio**. Estudos de Psicologia, Natal, v. 4, n. 1, p. 23-37, 1999. Disponível em: <https://doi.org/d28dkb>. Acesso em: 04 set. 2022.

MARTINS, D. M. **Educação e tecnologia: reflexões incipientes dos processos educacionais em tempos de pandemia**. In: ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, XXI; SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISA EM EDUCAÇÃO NAS CIÊNCIAS, I. UNIJUÍ. Brasil, 2020. Anais eletrônicos. Disponível em: <https://publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/enacedesiepec/article/view/18801/17473>. Acesso em: 04 set. 2022.

CFQ – Conselho Federal de Química. **CFQ alerta para o uso de álcool gel na prevenção ao COVID-19**. Brasil, 2020. Disponível em: <https://cfq.org.br/noticia/cfq-alerta-para-o-usode-alcool-gel-na-prevencao-ao-covid-19>. Acesso em: 04 set. 2022.

COMPARAÇÃO DE PERFORMANCE ENTRE TELAS DE POLIURETANO AUTOLIMPANTES E TELAS DE AÇO APLICADAS EM PENEIRAMENTO A UMIDADE NATURAL DE MINÉRIO DE FERRO

Data de aceite: 01/03/2023

Antonio Eustaquio Ferreira

Engenheiro de Produção. Instituição: Vale S.A.
Parauapebas – PA

Roberto Carlos Rodrigues

Bacharel em Logística e Técnico em Mineração, Pós-graduado em Engenharia de Produção. Instituição: Vale S.A
Parauapebas – PA

Talita Ribeiro de Oliveira

Engenheira de Minas, Especialista em Mineração de Ferro. Instituição: Vale S.A
Parauapebas – PA

Contribuição técnica ao 21º Simpósio de Mineração, parte integrante da ABM Week 6ª edição, realizada de 08a 10 de junho de 2021, São Paulo, SP, Brasil.

RESUMO: As telas para peneiramento são de basicamente 3 tipos: aço, poliuretano e borracha, sendo que só os dois primeiros são utilizados para operações à úmido ou umidade natural. As telas de aço, são comumente adotadas principalmente por possuírem maior área aberta e menor custo, mas, possuem vida útil curta quando

comparadas as de poliuretano. Assim, para comparação entre o desempenho dessas telas no tratamento de minério de ferro, foram utilizadas duas peneiras iguais, uma com telas de aço e outra com telas de poliuretano. Apesar de menor área aberta, tanto nos quesitos taxa de alimentação, custo, produção de sucata metálica, peso, vida útil e tempo de limpeza, as telas de poliuretano tiveram performance superior, principalmente a vida útil 6x maior que a de aço. Assim, considerando produtividade, as telas de poliuretano performam maior utilização física e disponibilidade física além dos quesitos sustentabilidade, pela menor geração de sucata, do mesmo modo que maior segurança e ergonomia na movimentação das telas para os funcionários.

PALAVRAS-CHAVE: Peneiramento; Performance; Poliuretano; Telas.

PERFORMANCE COMPARATION
BETWEEN SELF-CLEANING
POLYURETHANE SCREENS AND
STEEL SCREENS APPLIED IN
NATURAL MOISTURE SCREENING
OF IRON ORE

ABSTRACT: Screening screens are

basically of 3 types: steel, polyurethane and rubber, with only the first two being used for damp or natural humidity operations. Steel screens are commonly adopted mainly because they have a larger open area and lower cost, but have a short useful life when compared to polyurethane. Thus, to compare the performance of these screens in the treatment of iron ore, two equal screens were used, one with steel screens and the other with polyurethane screens. Despite the smaller open area, both in terms of feed rate, cost, production of metal scrap, weight, useful life and cleaning time, polyurethane screens had superior performance, especially the useful life 6x longer than steel. Thus, considering productivity, polyurethane screens perform greater physical use and physical availability in addition to sustainability, due to less scrap generation, as well as greater safety and ergonomics in the movement of screens for employees.

KEYWORDS: Screening; Performance; Polyurethane; Screens.

1 | INTRODUÇÃO

As empresas de mineração têm a manutenção de seu futuro dependente de investimentos em pesquisa e inovação específicos, a fim de sobreviver em um mercado volátil, incerto, com aumento da demanda por parte dos stakeholders e redução de recursos essenciais como água e energia. Dessa forma, os modelos tradicionais de negócios voltados unicamente para produção não são mais suficientes, sendo necessárias estratégias com crescimento sustentável e social, além do uso de melhores práticas e benchmarking combinados com a alavancagem da produtividade.

De acordo com a consultoria Deloitte (2019), em seu estudo sobre as tendências para a mineração, para prosperar no futuro, as empresas deverão questionar o *status quo*, fazendo uso de pluralidade de pontos de vista, assumindo o risco de fazer as coisas de modo diferente do que é comumente praticado. A exemplo disso, pode-se citar o uso de materiais alternativos, como a substituição de peças de equipamentos tradicionalmente de aço por materiais alternativos.

Partindo disso, este artigo traz os principais resultados comparativos obtidos substituindo os módulos de telas em peneiras vibratórias de aço, material comumente utilizado nesse processo, por telas de poliuretano (PU) em uma usina de beneficiamento de ferro a umidade natural (sem o uso de água de lavagem ou material em polpa), na etapa de peneiramento secundário, no complexo minerador de Carajás localizado no sudeste do estado do Pará.

O peneiramento é a operação que faz parte da etapa classificação do processamento mineral e tem como objetivo a separação de partículas com tamanhos diferentes com base em aberturas pré-determinadas. Esses gabaritos, podem variar desde barras paralelas em grelhas, chapas perfuradas até telas ou fios trançados no caso de peneiras. As partículas retidas no gabarito são conhecidas como *oversize* e as passantes são o *undersize* (CHAVES, 2003).

Ainda de acordo com o autor, as características de tamanho e formato dos gabaritos consistem na malha e pode ter formas variadas como quadradas, retangulares, losango, alongadas, elipsoides. Para suportar os gabaritos, existem diversos tipos de equipamentos como tromeis, grelhas e, as mais comuns, peneiras sendo que podem ser estáticos e fixo ou vibratórios sendo também horizontais ou inclinados e a escolha depende do serviço a ser realizado.

O processo de peneiramento a umidade natural é similar ao peneiramento a úmido, sendo a principal diferença a ausência de injeção de água no circuito através de *sprays* de lavagem ou até mesmo com a alimentação já em formato de polpa. O processamento sem água apesar de ser mais complexo, vem surgindo como solução para que muitas operações se mantenham abertas, tendo em vista as maiores restrições para uso de água e geração de rejeitos de minérios a serem armazenados em barragens (NUNES FILHO, 2017). Entretanto, vale ressaltar, que para o processo em estudo nesse artigo, o minério ROM da alimentação contém um teor de umidade natural considerável, chegando até cerca de 9%.

Ainda sobre conceitos de peneiramento, a disposição das telas nos decks das peneiras é chamada de configuração e pode ser composta por um ou mais tipos ou modelos de tela, identificadas por linhas e colunas. Também pode-se fazer uso de telas sem abertura, como as telas tipo cega e bica. As telas tipo cega são geralmente utilizadas no começo do primeiro deck, região na qual não há alimentação direta, mas é essencial para impedir perda de material. Já tipo bica, funcionam como transição entre os módulos e no começo do segundo deck (LUZ, 2018).

Nesse estudo, visa-se a entender as principais diferenças do uso de telas de aço e telas de poliuretano. Assim, de maneira geral, de acordo com a literatura, as telas sintéticas como de PU ou borracha tem melhor custo benefício que as de aço, devido principalmente sua vida útil, que chega a ser 6 vezes maior que as das telas de aço. Além disso, as telas de PU são mais leves, emitem menos ruído e com maior resistência à abrasão e desgaste. Por outro lado, as malhas essas possuem área aberta menor quando comparadas com as de aço e tendem a ser mais caras, devendo-se avaliar as necessidades de cada operação. De maneira geral, essa diferença em área aberta tende a ser compensada pelas horas paradas por necessidade de substituição por rompimento, desgaste ou entupimento nas telas de aço (M&T, 2016).

Assim, considerando as vantagens e desvantagens de cada tipo de telas, o objetivo desse estudo foi realizar uma comparação do desempenho operacional entre os dois materiais, aço e PU, aplicados ao peneiramento em mineração de ferro a umidade natural, buscando melhoria contínua de processos e segurança.

2 | METODOLOGIA

No caso deste artigo, o equipamento utilizado para teste foi uma peneira vibratória modular inclinada, excêntrica, composta por dois módulos e dois decks, conforme a Figura 1, somando 4 módulos por peneira e cada módulo comportando 80 telas sendo 320 no total. Os resultados foram medidos com base no segundo deck, mantendo o primeiro padronizado.

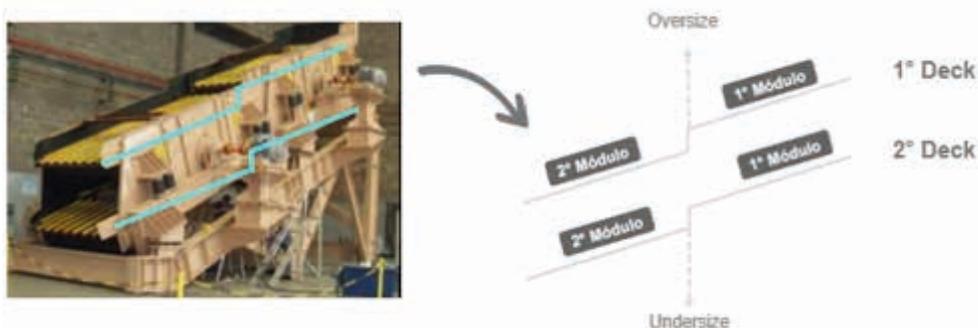


Figura 1. Modelo da peneira utilizada.

Para os resultados apresentados nesse artigo, as telas comparadas no teste foram aplicadas no segundo deck e de dois tipos: uma de aço com formato ou perfil em losango e uma de poliuretano (PU) com formato retangular aliado a característica auto-limpante que lhe confere um perfil semelhante a letra “H”, conforme mostrado nas Figuras 2 e 3 abaixo. A abertura dos dois tipos de telas foi de 19 mm e, para fins de identificação, será considerada a peneira com telas de aço como Linha A e a peneira com telas de PU como Linha B.



Figura 2. Tela de aço com perfil losango (Linha A).



Figura 3. Tela de PU com perfil "H" retangular (Linha B)

O primeiro deck de ambas peneiras foi padronizado com telas de PU perfil quadrado de abertura 42 mm como a Figura 4 abaixo. Importante ressaltar que o peneiramento nesse deck não é escopo desse artigo e por isso foi padronizado a fim de não interferir nos resultados de desempenho segundo deck avaliado das peneiras.



Figura 4. Tela de PU perfil quadrado utilizada no primeiro deck das peneiras de teste

O teste realizado teve duração de 30 dias (um mês) utilizando duas peneiras iguais conforme como a Figura 1 e com as mesmas condições de operação. A alimentação das duas peneiras é feita através do mesmo silo, apenas com uma divisão igualitária de fluxo entre as duas linhas de teste, garantindo que o mesmo material alimente ambas. A avaliação de desempenho comparativo foi feita de acordo com a análise das seguintes dimensões:

- Taxa de alimentação;
- Tempo de limpeza;
- Vida útil das telas;
- Peso das telas e
- Área aberta.

A taxa de alimentação foi acompanhada através do sistema de *software* específico que atualiza as informações de minuto a minuto e computa a média diária e mensal de alimentação de cada linha. O tempo de limpeza é cronometrado e lançado no mesmo

sistema.

A medição de vida útil foi em campo, a partir de inspeção visual para identifica eventos de desgaste ou rompimento, no caso da linha A (aço) e deformação ou no caso da linha B (PU). Identificado o primeiro defeito é computada a vida útil das telas.

Quanto as informações de área aberta e peso das telas foram utilizados dados dos fornecedores. Os eventos de queda de tela também foram indicados através de inspeção visual, visando evitar presença de sucata não britável no circuito e comparação de fixação das telas.

A configuração do primeiro deck, como citado anteriormente, é padrão e apresentada na Figura 5 abaixo.

1º DECK 1º Módulo								1º DECK 2º Módulo							
A	B	C	D	E	F	G	H	A10	B10	C10	D10	E10	F10	G10	H10
Bica de PU	Bica de PU	Bica de PU	Bica de PU	Bica de PU	Bica de PU	Bica de PU	Bica de PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU
A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1	A11	B11	C11	D11	E11	F11	G11	H11
42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU
A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	H2	A12	B12	C12	D12	E12	F12	G12	H12
42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU
A3	B3	C3	D3	E3	F3	G3	H3	A13	B13	C13	D13	E13	F13	G13	H13
42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU
A4	B4	C4	D4	E4	F4	G4	H4	A14	B14	C14	D14	E14	F14	G14	H14
42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU
A5	B5	C5	D5	E5	F5	G5	H5	A15	B15	C15	D15	E15	F15	G15	H15
42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU
A6	B6	C6	D6	E6	F6	G6	H6	A16	B16	C16	D16	E16	F16	G16	H16
42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU
A7	B7	C7	D7	E7	F7	G7	H7	A17	B17	C17	D17	E17	F17	G17	H17
42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU
A8	B8	C8	D8	E8	F8	G8	H8	A18	B18	C18	D18	E18	F18	G18	H18
42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU	42x42 PU
73	74	75	76	77	78	79	80	A19	B19	C19	D19	E19	F19	G19	H19
Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU
BICA DE DESCARGA								BICA DE DESCARGA							

Figura 5. Configuração padronizada do primeiro deck das Linhas A e B.

Já o segundo deck é onde se encontram as telas para o teste comparativo, sendo a configuração da Linha A (aço) conforme a Figura 6 em verde e da Linha B (PU) na Figura 7 em azul.

2º DECK 1º Módulo							
A	B	C	D	E	F	G	H
Cega P	Cega P	Cega P	Cega P	Cega P	Cega P	Cega P	Cega P
A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1
19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19
ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO
A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	H2
19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19
ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO
A3	B3	C3	D3	E3	F3	G3	H3
19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19
ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO
A4	B4	C4	D4	E4	F4	G4	H4
19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19
ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO
A5	B5	C5	D5	E5	F5	G5	H5
19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19
ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO
A6	B6	C6	D6	E6	F6	G6	H6
19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19
ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO
A7	B4	C4	D4	E4	F4	G4	H7
19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19
ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO
A8	B4	C4	D4	E4	F4	G4	H8
19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19
ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO
A9	B9	B9	D9	E9	F9	G9	H9
Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU

2º DECK 2º Módulo							
A10	B10	C10	D10	E10	F10	G10	H10
Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU
A11	B11	C11	D11	E11	F11	G11	H11
19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19
ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO
A12	B12	C12	D12	E12	F12	G12	H12
19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19
ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO
A13	B13	C13	D13	E13	F13	G13	H13
19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19
ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO
A14	B14	C14	D14	E14	F14	G14	H14
19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19
ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO
A15	B15	C15	D15	E15	F15	G15	H15
19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19
ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO
A16	B16	C16	D16	E16	F16	G16	H16
19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19
ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO
A17	B17	C17	D17	E17	F17	G17	H17
19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19
ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO
A18	B18	C18	D18	E18	F18	G18	H18
19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19	19X19
ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO	ACO
A19	B19	C19	D19	E19	F19	G19	H19
Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU

Figura 6. Configuração da Linha A para o segundo deck com telas de aço.

2º DECK 1º Módulo							
A	B	C	D	E	F	G	H
Cega P	Cega P	Cega P	Cega P	Cega P	Cega P	Cega P	Cega P
A1	B1	C1	D1	E1	F1	G1	H1
19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU
A2	B2	C2	D2	E2	F2	G2	H2
19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU
A3	B2	C3	D3	E3	F3	G2	H3
19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU
A4	B4	C4	D4	E4	F4	G4	H4
19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU
A5	B5	C5	D5	E5	F5	G5	H5
19X19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU
A6	B6	C6	D6	E6	F6	G6	H6
19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU
A7	B4	C4	D4	E4	F4	G4	H7
19X19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU
A8	B4	C4	D4	E4	F4	G4	H8
19X19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU
A9	B9	B9	D9	E9	F9	G9	H9
Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU

2º DECK 2º Módulo							
A10	B10	C10	D10	E10	F10	G10	H10
Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU
A11	B11	C11	D11	E11	F11	G11	H11
19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU
A12	B12	C12	D12	E12	F12	G12	H12
19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU
A13	B13	C13	D13	E13	F13	G13	H13
19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU
A14	B14	C14	D14	E14	F14	G14	H14
19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU
A15	B15	C15	D15	E15	F15	G15	H15
19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU
A16	B16	C16	D16	E16	F16	G16	H16
19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU
A17	B17	C17	D17	E17	F17	G17	H17
19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU
A18	B18	C18	D18	E18	F18	G18	H18
19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU	19x19 PU
A19	B19	C19	D19	E19	F19	G19	H19
Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU	Bica PU

Figura 7. Configuração da Linha B para o segundo deck com telas de PU.

Quanto a limpeza das telas, rotina da operação, importante ressaltar que é realizada periodicamente no começo de cada hora e sempre que necessário, de acordo com o identificado em inspeções e características do material. Não houve alteração nessa rotina para o teste em questão.

A construção das tabelas e gráficos apresentados bem como a análise com tratamento dos dados foi feita pelo *software* Excel.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando o objetivo do teste comparativo entre as telas de aço e poliuretano e de acordo com as dimensões de desempenho a serem analisadas, são apresentados a seguir os principais resultados, assim como as respectivas discussões acerca deles.

3.1 Área aberta e peso

Os resultados abaixo foram obtidos conforme especificações do fornecedor, sendo a área aberta fornecida em porcentagem e o peso em quilogramas, compilados na Tabela 2.

Tipo de Tela	Aço (A)	Poliuretano (B)
Área aberta	46 %	42,7 %
Peso	6,8 kg	5,1 kg

Tabela 1. Área aberta e peso dos dois tipos de tela utilizados.

A área aberta é a principal desvantagem das telas de poliuretano frente as telas de aço, visto a redução de 3,3 %. De acordo com o tamanho da operação e em conjunto com os demais resultados, deve-se observar se essa redução impactaria na produção total e assim optar ou não pela substituição de uma pela outra ou até na possibilidade de configuração mistas. Por isso, historicamente, essa diferença de área aberta vem contribuindo para que muitas operações ainda não se interessassem pelo uso de poliuretano.

Quanto ao peso, uma tela de poliuretano se apresenta 1,7 kg mais leve que a uma tela de aço. É importante ressaltar que, nessa operação, as movimentações de telas são feitas manualmente ou através de carrinhos. Ou seja, a troca de telas de uma peneira por inteiro requer o transporte de cerca de 320 telas através de área operacional e passando por escadas. Os ganhos, dessa forma, são consideráveis em termos de ergonomia de transporte e em tempos e movimentos devido ao peso de cada tela.

Ainda se tratando de manuseio e transporte das telas, também é válida a análise quanto a segurança considerando que com as telas de aço existe o risco de corte de mãos e dedos por meio de partes pontiagudas e enferrujadas. Esse risco é eliminado com a utilização de telas de poliuretano.

3.2 Taxa de alimentação

De acordo com o sistema de acompanhamento de taxas, a Figura 8 traz os resultados da taxa de alimentação média mensal para as duas linhas de teste, em toneladas por hora (t/h) de minério. Vale lembrar que foram mantidas as condições operacionais para os dois

equipamentos.

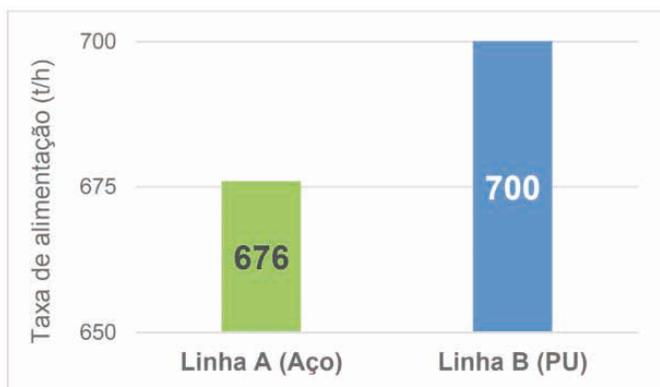


Figura 8. Gráfico indicando a taxa de alimentação mensal média (t/h) das duas linhas de teste

O resultado positivo da tela de poliuretano, com um aumento de 24 t/h de taxa média mensal em relação ao resultado da tela de aço é bastante interessante, porque mostra que apesar de operar com menor área aberta que a Linha A, a Linha B ainda obteve um resultado superior. Esse ganho total de 3 % reflete tanto a característica auto-limpante das telas de PU perfil “H”, uma vez que mesmo com a área aberta maior as telas de aço têm maior tendência a cegar ou entupir, quanto a vida útil que envolve parada da alimentação para troca das telas defeituosas. Este assunto será analisado no tópico seguinte.

Dessa forma, a expectativa que a menor área aberta das telas de PU H reduziria de forma considerável a taxa de alimentação não se confirmou. Isso ocorre principalmente devido à redução de eventos de entupimentos de telas em relação às telas de aço. Frequentemente, as telas de aço apresentam obstrução na malha, o que leva à consequente redução de taxa para evitar excesso de finos no *oversize*, o mesmo ocorre com a presença de elevada umidade ou argilosos na alimentação. Por isso, as telas de PU apesar de menor área aberta, conseguiram não só a equivalência em taxas de alimentação como também um ganho ligeiramente superior.

3.3 Vida útil e queda de telas

Durante os 30 dias de teste, todas as telas de Aço da Linha A tiveram o fim de sua vida útil entre 18 e 25 dias de teste, sendo trocadas sempre que identificados eventos de desgaste ou rompimento nas inspeções. Sendo assim, o segundo deck da Linha A, desconsiderando as telas cegas e bicas, foi inteiramente trocado. Exemplo do início do processo de desgaste em telas de aço é mostrado na Figura 9 abaixo. A troca da tela ao identificar o desgaste é preventiva, uma vez a próxima etapa é o rompimento que pode causar, principalmente, a contaminação granulométrica do produto.



Figura 9. Início do processo de desgaste em telas de aço da linha A.

Considerando esses eventos durante o período do teste, a proporção de telas de aço trocadas por desgaste e telas trocadas por rompimento é conforme o indicado na Figura 10, firmando o caráter preventivo da identificação de desgaste.

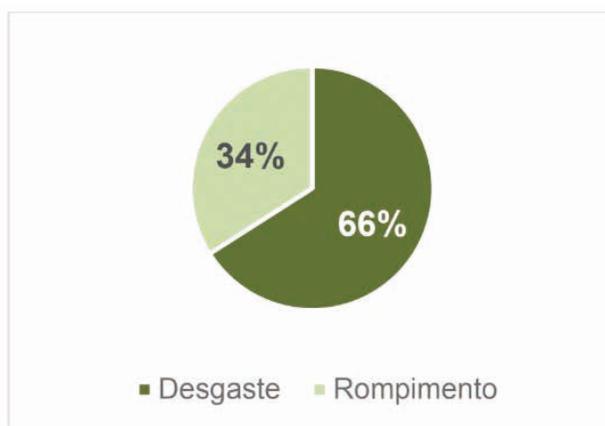


Figura 10. Gráfico de proporção da ocorrência de eventos de desgaste e rompimento das telas de aço no período do teste.

Por outro lado, as telas de PU da Linha B não foram trocadas nenhuma vez durante o teste. Não se identificou eventos de deformação ou rompimento mesmo realizando a mesma frequência de inspeção performada na Linha A. Dessa forma, entendeu-se que a vida útil é superior aos 30 dias de teste e, por isso, as telas de PU não foram retiradas após o final do mês para que fosse possível determinar adequadamente a vida útil.

Após 151 dias de operação houve o rompimento de telas na Linha de PU e identificado

diversos sinais de deformação por impacto, o que já implicava em contaminação e perda da especificação do produto. Então, a vida útil foi determinada em 5 meses para as telas da Linha B.

O resultado mostra que as telas de poliuretano possuem vida útil 6 vezes maior que a de aço, sendo este um resultado experimental que é equivalente ao valor fornecido pela bibliografia M&T (2026). Isso equivale a dizer que no período de 5 meses dessa operação, não haveria a necessidade de trocar nenhuma tela da Linha B, enquanto as telas da Linha A já teriam que ter sido trocadas ao menos 8 vezes.

O impacto desse resultado de vida útil é relevante principalmente em termos de custos com aquisição de telas e horas paradas para troca de telas, interferindo diretamente na disponibilidade física da peneira e conseqüentemente na produtividade. Considerando que a tela de aço é mais barata que a tela de PU, comparar o custo de instalação de ambas mostra um ganho de R\$ 6000, 00. Porém, com o passar do tempo, devido a necessidade de troca e alta vida útil do PU, em 1 mês, a tela da Linha B passa a ser mais vantajosa financeiramente e o ganho é ainda mais notório passados 5 meses. Esses resultados podem ser vistos na Figura 11, na qual temos os ganhos das telas de poliuretano em relação as de aço.



Figura 11. Ganhos financeiros estimados da linha B (PU) em relação a linha A (aço) ao longo do tempo.

Outra análise importante a ser realizada é quanto a sustentabilidade e geração de sucata. A redução da necessidade de substituição de telas gera, conseqüentemente, a igual redução da geração de resíduos tornando a operação mais sustentável e segura. Com as telas de aço, em 1 mês, seriam descartadas cerca de 320 telas em forma de sucata metálica e extrapolando para os 5 meses o valor supera 2000. Para os mesmos períodos considerando as telas de PU, em 1 mês não haveria descarte de telas e com 5 meses seriam cerca de 300. A Figura 12 traz de forma visual tais informações.



Figura 12. Gráfico com o número de telas descartadas por linha ao longo do tempo.

Também é válido pontuar que eventos de queda de tela só foram identificados na Linha A com telas de aço, sendo um problema recorrente em peneiras vibratórias com telas não pinadas. Já as telas de PU, por apresentarem maior flexibilidade, não tiveram esse comportamento.

3.4 Tempo de limpeza

Devido a característica auto-limpante das telas de PU perfil “H” notou-se uma redução no tempo de limpeza quando comparado com as telas de aço, que tendem a cegar ou entupir. O tempo médio padrão cadastrado para limpeza das telas de aço foi de 5 minutos, enquanto com as telas da Linha B o valor médio foi de 3 minutos. A redução de 2 minutos em limpeza traz ganhos em utilização física das peneiras assim como, em se tratando de peneiramento a umidade natural, reduz a injeção de água ao circuito devido limpeza.

4 | CONCLUSÃO

As vantagens de custo mais baixo e maior área aberta das telas de aço quando comparadas às das telas de poliuretano não são sustentáveis a longo prazo. Eventos de rompimento, queda e desgaste das telas de aço fazem com que seja necessária a substituição das mesmas entre 18 e 25 dias de uso. Em contrapartida, as telas de PU, possuem vida útil 6 x maior e, dessa forma, mesmo sendo mais caras, em um mês já são mais vantajosas financeiramente contribuindo para um melhor custo benefício.

Além disso, esses eventos nas telas de aço afetam diretamente a disponibilidade e utilização física das peneiras e interferem na produtividade desses equipamentos no geral, demonstrando mais uma vantagem das telas de PU, sem contar a redução de 2 minutos no tempo de limpeza e, conseqüentemente, no consumo de água da planta.

Ainda, a ligeira vantagem de 3 % de área aberta para as telas de aço também não impediu que os resultados da taxa de alimentação para a linha de PU fossem superiores. Os resultados quanto a sustentabilidade através da geração de resíduos, como as sucatas de telas metálicas descartadas, segue igualmente o mesmo padrão, com grande vantagem

para as telas de PU que chegam a reduzir esse valor em cerca de 87 %.

Dessa forma, é visto de forma clara a necessidade do constante desenvolvimento das operações minerais. A substituição do material das telas de peneiramento promoveu um ganho significativo para o processo e lucratividade. As telas de PU também apresentam vantagens ambientais, uma vez que por sua vida útil, o consumo é menor. Por fim, e de maior importância, a segurança e ergonomia dos funcionários também é beneficiada, com telas mais leves para transporte e com menor risco de corte das mãos e dedos.

Assim, a importância de testes industriais e melhoria contínua dos processos deve ser constante, ou seja, novos materiais, novos formatos e configurações são exemplos do que se pode fazer para o desenvolvimento no peneiramento. O apoio da organização e liderança nesses projetos é de suma importância, incentivando à inovação e divulgando os resultados de forma a atingir toda a cadeia produtiva e setor mineral. A parceria com fornecedores, acadêmicas e mesmo empresas startups também faz parte desse processo, mantendo a competitividade, produtividade e segurança das operações.

REFERÊNCIAS

1 Eficiência no Processamento: Peneiras. Revista M& - Manutenção e Tecnologia. N. 198. 2016; 18-23. [acesso em 20 jan. 2021]; Disponível em: http://www.revistamt.com.br/Arquivos/Edicoes/MT_198.pdf.

2 MURICY, P. Sumário Executivo: Tendências de Mineração 2019. 2019. [acesso em 25 jan. 2021]; 1-2. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/br/pt/pages/energy-and-resources/articles/tendencias-mineracao.html>.

3 CHAVES, A. P. Teoria e Prática do Tratamento de Minérios: Britagem, Peneiramento e Moagem. 2ª Edição. São Paulo: Signus Editora; 2003.

4 LUZ, A. B.; FRANÇA, S. C. A.; BRAGA, P. F. A. Tratamento de Minérios. 6ª Edição. Rio e Janeiro: CETEM/MCTIC, 2018.

5 NUNES FILHO, E. S. Influência da umidade no dimensionamento e seleção de peneiras vibratórias em instalações de britagens. Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2017. p. 114.

ESTUDO DA INIBIÇÃO DA CORROSÃO EM AMOSTRAS DE AÇO CARBONO IMERSAS EM ÁGUA DE FORMAÇÃO E ÁGUA DO MAR SIMULADA

Data de aceite: 01/03/2023

Thainara Pérciles Soares Ferro

Engenheira de Petróleo pelo Centro
Universitário Tiradentes-UNIT

Williams Raphael de Souza Morais

Professor do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Pará-
IFPA

Jaceguai Soares da Silva

Professor do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do
Amapá-IFAP

RESUMO: O aço carbono é uma liga metálica bastante utilizada na indústria do petróleo e gás por apresentar uma maior resistência e durabilidade, porém esse material está suscetível aos processos de corrosão. O objetivo desse estudo foi avaliar a eficiência da aplicação do método de barreira em aço carbono estrutural da mistura contendo os tipos ASTM 572-50 e ASTM A131-EH36 para proteção frente a processos corrosivos. Os corpos de prova, com e sem revestimento, foram expostos em água de formação e água salina simulada e, posteriormente, avaliados por ensaio de perda de massa durante 180 dias. O ensaio

utilizado demonstrou que nos corpos de prova sem revestimento houve o desenvolvimento de ataques corrosivos, diferentemente dos que continham o revestimento.

PALAVRAS-CHAVE: Petróleo. Corrosão. Aço Carbono. Perda de Massa.

1 | INTRODUÇÃO

A corrosão é um dos maiores gargalos industriais, causando diversos problemas, principalmente do ponto de vista operacional e econômico. As perdas econômicas causadas pela corrosão são altamente alarmantes (CHAUBEY et al., 2021). De acordo com a *World Corrosion Organization*, cerca de um quarto da produção anual de aço é danificado por corrosão (KARAHACANE et al., 2017). O setor industrial de petróleo e gás tem testemunhado ultimamente grandes perdas econômicas devido aos problemas das reações corrosivas nas diferentes etapas da produção e transporte (PEREZ, 2013; OBOT et al., 2019; HOSSAIN, ASADUZZAMAN CHOWDHURY e KCHAOU, 2021).

Segundo Gentil (2017), pode-se admitir a corrosão como um processo destrutivo de natureza eletroquímica que ocorre como resultado da formação de pilhas ou células de corrosão em regiões diferentes de um mesmo metal, com eletrólito e diferença de potencial entre os trechos da superfície do aço. Os processos corrosivos podem ser classificados em dois grandes grupos, corrosão eletroquímica e corrosão química, abrangendo todos os casos de deterioração por corrosão (MATLAKHOV e MATLAKHOVA, 2021).

Para evitar as perdas dos materiais de elevado uso industrial, são utilizadas técnicas anticorrosivas que incluem os revestimentos, as técnicas de modificação do meio, a proteção catódica e anódica e, os inibidores de corrosão como a utilização de compostos orgânicos (FRAUCHES-SANTOS, 2014). Este fato torna o estudo da corrosão, principalmente no que diz respeito ao seu controle, fundamental para preservar a vida útil dessas estruturas, além de minimizar gastos oriundos dos processos corrosivos relativos às inspeções, substituições e reparos das peças (SANTOS FILHO, 2010).

Nesta perspectiva, este capítulo de livro avaliou a proteção do aço carbono usada na indústria petrolífera através da utilização de técnicas de barreira e avaliação por técnica gravimétrica.

2 | METODOLOGIA

2.1 Preparo dos corpos de prova

Toda parte experimental do respectivo trabalho foi desenvolvido no Laboratório Multidisciplinar de Engenharia de Petróleo no Centro Universitário Tiradentes – UNIT. Os corpos de prova utilizados eram compostos pela mistura dos aços carbono ASTM 572-50 e ASTM A131-EH36, com revestimento (pintura com a mistura das tintas N2677 com a tinta N2680) e sem revestimento, cedidos pelo Consórcio Tomé Ferrestal. Para a limpeza dos corpos de aço, primeiramente eles foram lavados em água corrente, e em seguida, com água destilada para a retirada de qualquer substância fixada nas peças. Após a lavagem, foi utilizado papel toalha para secá-los. Logo depois, os corpos foram enrolados em papel toalha e levados para secar na estufa com temperatura de 150 °C por 30 minutos.

2.2 Meios de exposição

Os meios agressivos utilizados neste estudo foram o cloreto de sódio (NaCl), a 3,5% (m/v), para simular a água do mar, e a água de formação, extraída do campo Sergipe-Alagoas, cedida por uma empresa de petróleo e gás que pediu sigilo dos dados.

2.3 Montagem do sistema e pesagem

Após a secagem dos corpos, todas as amostras foram pesadas para obter um valor de massa inicial e logo em seguida, foram inseridas em seus respectivos béqueres com os meios agressivos citados anteriormente. A análise da perda de massa ocorreu durante um período de 6 meses, em que as pesagens realizadas foram divididas nos seguintes

tempos (dias): 0 (antes da exposição aos meios), 1, 3, 7, 15, 21, 28 e 180. Nas pesagens foi utilizada uma balança analítica com precisão de 0,0001 g para verificar se houve perda de massa no decorrer do tempo. Antes do processo de pesagem, foi utilizado o vórtex, aparelho com a função de agitação, usado com o intuito de remover algum tipo de sedimento retido na superfície dos corpos. Cada béquer passou 1 minuto no processo de agitação, logo em seguida, os corpos eram retirados, lavados em água corrente e água destilada, respectivamente, enxugados com papel toalha e pesados na balança analítica.

2.4 Cálculos utilizados no tratamento dos dados

A partir da perda de massa dos corpos de prova utilizados, foi calculada a perda percentual da massa, por meio da Equação 1, como foram utilizados dois corpos de prova em cada condição, o valor percentual final da perda foi calculado por média aritmética.

$$\% = \frac{m_x}{m_i} \cdot 100 \quad \text{Eq.1}$$

Onde:

m_x = massa da peça após pesagem;

m_i = massa inicial.

Após determinar a perda de massa nos corpos de prova, alguns parâmetros físicos relacionados à corrosão foram calculados. A quantidade de carga (Q), que é calculada, em Coulombs (C), por meio da Equação 2.

$$Q = \frac{ne * F * \Delta m}{MM} \quad \text{Eq.2}$$

Onde:

ne = Número de elétrons;

F = Constante de Faraday (96.485 s A. mol⁻¹);

Δm = Variação de massa (g);

MM = Massa molar (Fe = 55,85 g.mol⁻¹).

i_{corr} é a corrente média de corrosão absoluta e Δt é o tempo de corrosão, como segue na Equação 3.

$$i_{corr} = \frac{Q}{\Delta t} \quad \text{Eq.3}$$

Onde:

Q = quantidade de carga;

Δt = Tempo de corrosão.

j_{corr} é a densidade de corrente, dada pela divisão do i_{corr} (corrente de corrosão) e área superficial, como segue na Equação 4

$$j_{corr} = \frac{i_{corr}}{As} \quad \text{Eq.3}$$

A área superficial do corpo de prova utilizado foi do tipo paralelepípedo retangular. Foram medidas, em duplicata, com um paquímetro, o comprimento, a largura e a altura de cada corpo de prova. Com os valores médios de comprimento, largura e altura de cada corpo de prova calcularam-se a área superficial de cada corpo de prova através da Equação 4.

$$A_s = 2ab + 2bc + 2ac \quad \text{Eq.4}$$

Onde:

a = altura;

b = base;

c = comprimento.

Após os dados coletados foi aplicado um tratamento estatístico, relacionando área e massa, e a partir dessa relação foi traçada uma reta para a obtenção de uma equação, a relação é representada pela equação e gráfico da Figura 1

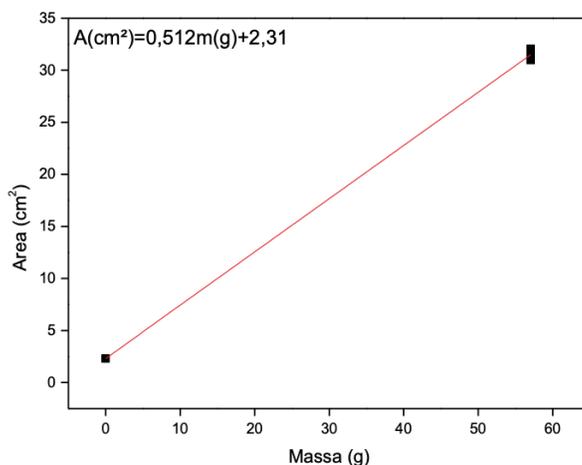


Figura 1- Relação entre a massa e a área dos corpos de prova utilizados.

Fonte: Autores (2023).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores de massa obtidos no dia de cada pesagem foram coletados e aplicados as fórmulas descritas anteriormente na metodologia. Com a obtenção de cada parâmetro (perda de massa percentual, carga acumulada e densidade de corrente de corrosão) foi possível verificar o comportamento das amostras com revestimento e sem revestimento expostas em um ambiente propício ao desenvolvimento de corrosão.

Após o processo de exposição dos corpos de prova, submetidos em água de

formação e água salina a 3,5% (NaCl, m/v), foi possível perceber o início da formação do processo corrosivo. A Figura 2 mostra as peças que foram submetidas aos determinados meios de exposição.

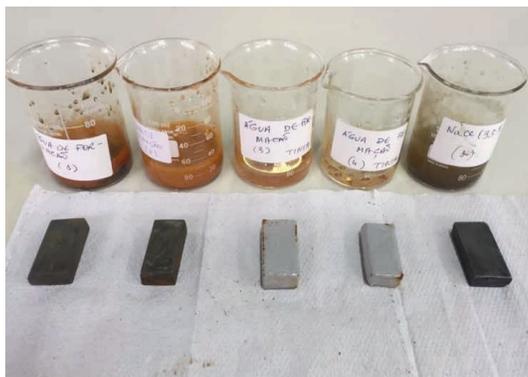


Figura 2- Corpos de prova após imersão nos meios agressivos.

Fonte: Autores (2023).

Nas peças sem revestimento, independentemente do meio agressivo utilizado, o processo corrosivo ataca diretamente o aço, fato percebido pela mudança na coloração dos meios utilizados, indicando a perda da massa e conseqüente dissolução no meio corrosivo. Mesmo que o metal utilizado seja de boa qualidade e apresente grande resistência e durabilidade, ele não possui resistência a corrosão. Na Figura 3, é possível perceber o início deste processo corrosivo de forma mais uniforme em toda extensão do corpo de prova.



Figura 3- Corpo de prova sem revestimento com início de corrosão.

Fonte: Autores (2023).

Nos corpos de prova com revestimento também existem o desenvolvimento do processo corrosivo, porém ocorre de forma distinta dos que não possuíam revestimento. Neste caso, a tinta utilizada funciona como método de barreira, protegendo o aço carbono, os pontos corrosivos que se desenvolvem são apenas nas extremidades da amostra, que é o local onde existe pouca inserção da tinta, ou seja, ficam mais passivos de ocorrer choques mecânicos ou desprendimento da tinta. Com isto, o aço revestido, permanece protegido, causando apenas desgastes mínimos nas extremidades do corpo de prova. Nesse caso, a perda de massa do material revestido é quase que imperceptível. Na Figura 4 é possível perceber a formação do processo corrosivo no revestimento do corpo de prova exposto na água de formação (Figura 4.a) e na água salina (Figura 4.b), caracterizando uma corrosão com a morfologia de pite.

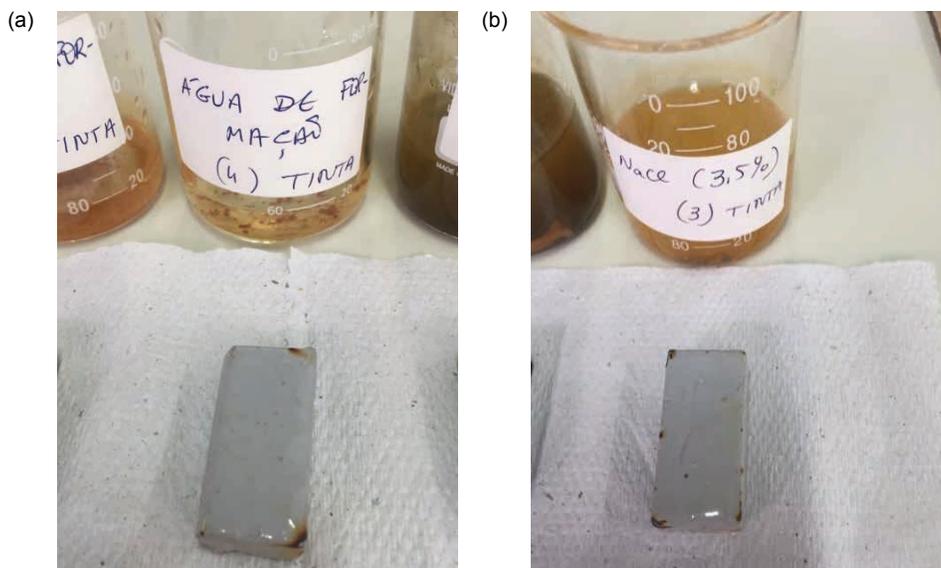


Figura 4- Peças revestidas com sinal de corrosão expostas na (a) água de formação e na (b) água salina simulada.

Fonte: Autores (2023).

A análise da perda percentual das massas das amostras permitiu verificar que, com a tinta a variação de massa é quase imperceptível, ou seja, a tinta protegeu a superfície metálica durante a exposição ao meio agressivo. Já as peças sem revestimento houve perda de massa considerável como mostrado na Figura 5, nas curvas vermelha e azul, além disso, observou-se uma intensa coloração dos meios de exposição contidos com essas peças. Esse fato evidencia o ataque corrosivo nesses corpos, onde não havia proteção com revestimento.

Na análise de perda percentual de massa, utilizando os dados obtidos no decorrer

do experimento, foi possível perceber que os corpos de prova com revestimento não sofreram nenhum tipo de ataque corrosivo em relação ao tempo de exposição. Através do desvio de variação é possível perceber que no início do processo o desvio é pequeno, apresentando um aumento no final da exposição dos meios utilizados, ou seja, não houve perda significativa de massa. Já as peças sem revestimento apresentam um desvio de variação sucessivo crescente, indicando que houve uma perda significativa de massa utilizando os respectivos meios de exposição.

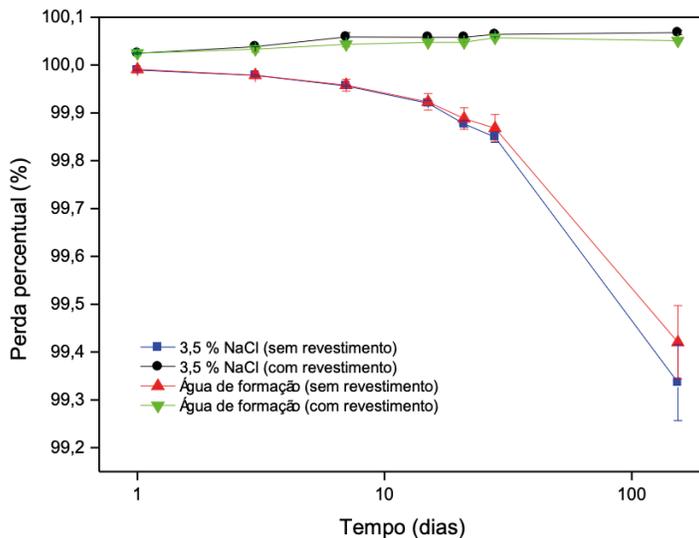


Figura 5- Relação entre a perda percentual de massa e o tempo.

Fonte: Autores (2023).

A carga acumulada é um parâmetro importante, pois tem uma relação direta com a corrosão, quanto maior a carga acumulada maior a dissolução de material metálico. Na figura 6 são apresentados os valores de carga acumulada para os dois meios agressivos após 180 dias de ensaio para as peças sem revestimento, imersas em água de formação, representada pela cor vermelha, e água salina simulada 3,5%, indicada pela cor azul, os valores de carga encontrados foram superiores a 800 C.

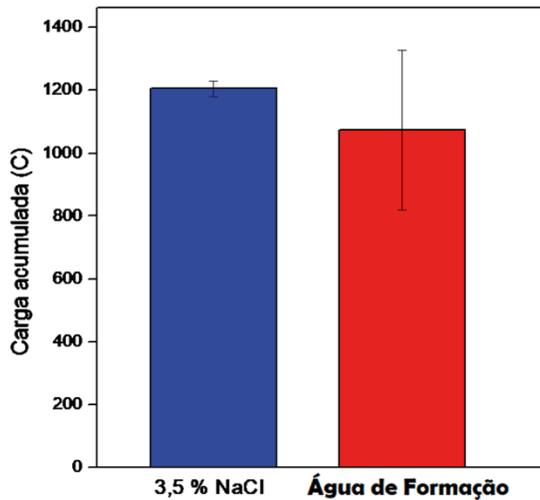


Figura 6- Carga acumulada das amostras.

Fonte: Autores (2023).

Esse cálculo de carga revelou a semelhança dos meios agressivos utilizados. Mesmo não obtendo dados das características da água de formação, pode-se perceber que este meio apresenta uma semelhança de íons em relação à solução de água do mar simulada (3,5% NaCl), visto que a diferença é pequena considerando o desvio padrão para cada meio.

A densidade de corrente (J_{corr}) foi calculada com o intuito de comprovar a capacidade de proteção do revestimento utilizado nos corpos de prova para os dois meios. Na Figura 7, através do gráfico, pode-se observar que os corpos de prova sem revestimento, representados pelas cores azul e vermelha, apresentaram uma densidade de corrente elevada nos primeiros dias de exposição. Após 180 dias expostos no meio utilizado, a variação da densidade de corrente diminuiu, mas o ataque corrosivo ocorre de forma menos intensa.

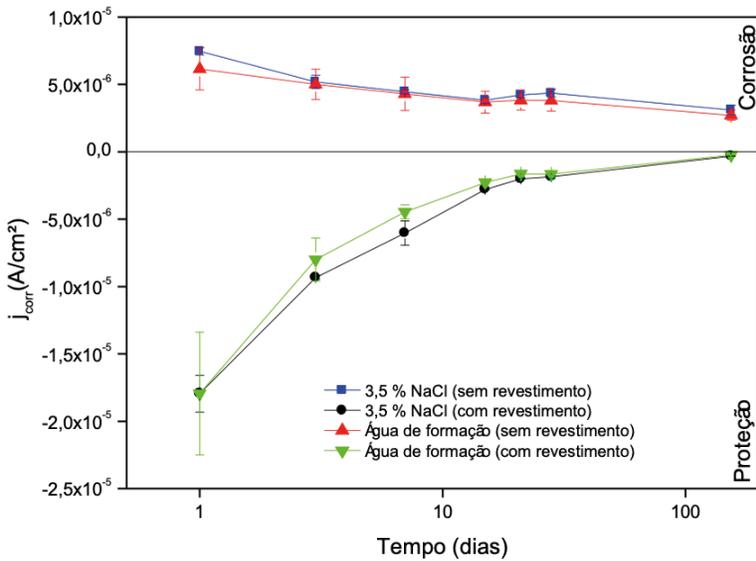


Figura 6- Densidade de corrente dos corpos de prova.

Fonte: Autores (2023).

Ainda sobre a Figura 7, considerando agora os corpos de prova com revestimento, representados pelas cores verde e preto, após 180 dias de ensaio, apresentaram uma densidade de corrente crescente, porém esse crescimento ocorreu no eixo negativo, proporcionando, assim, a proteção do corpo de prova. Através desta análise, pode-se afirmar que, o método de barreira utilizado foi eficiente e protegeu os corpos de prova durante os 180 dias de ensaio, quando expostas aos meios agressivos estudados.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do processo corrosivo sobre corpos de prova submetidos em água de formação e água salina simulada (3,5% NaCl) exemplifica apenas um dos processos corrosivos possíveis de ocorrer na indústria. Através do comportamento das amostras, foi possível perceber que os corpos de prova sem revestimento sofreram um maior ataque corrosivo, de forma mais uniforme durante o ensaio, por meio da mudança da coloração do meio agressivo e, conseqüentemente, ocasionando uma perda percentual de massa significativa em comparação aos corpos que possuíam revestimento .

Neste caso, pode-se afirmar que o método de barreira utilizado apresentou uma ótima eficiência de proteção contra a corrosão, pois durante todo o período de exposição o revestimento protegeu totalmente a superfície metálica, fato evidenciado pelos valores dos parâmetros de corrosão calculados, os quais indicam uma proteção anticorrosiva.

REFERÊNCIAS

CHAUBEY, Namrata et al. Fronteiras e avanços em inibidores verdes e sustentáveis para aplicações de corrosão: uma revisão crítica. **Journal of Molecular Liquids**, v. 321, p. 114385, 2021.

GENTIL, V. **Corrosão**, 7 ed., Rio de Janeiro, ED. LTC, 2017. 584p.

HOSSAIN, Nayem; ASADUZZAMAN CHOWDHURY, Mohammad; KCHAOU, Mohamed. An overview of green corrosion inhibitors for sustainable and environment friendly industrial development. **Journal of Adhesion Science and Technology**, v. 35, n. 7, p. 673-690, 2021.

KARAHACANE, Hana et al. An overview on plant extracts as potential green corrosion inhibitors for metals and alloys. **Arabian Journal of Chemical and Environmental Research**, v. 4, n. 1, p. 46-62, 2017.

MATLAKHOV, A. N.; MATLAKHOVA, L. A. **Corrosão e Proteção dos Materiais**. Paco e Littera, 2021.

OBOT, I. B. et al. Progress in the development of sour corrosion inhibitors: Past, present, and future perspectives. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 79, p. 1-18, 2019.

PEREZ, Teresa E. Corrosion in the oil and gas industry: an increasing challenge for materials. **Jom**, v. 65, n. 8, p. 1033-1042, 2013.

SANTOS FILHO, M. M. **Investigação da potencialidade de um biopolímero como inibidor de corrosão do aço carbono em meio alcalino**. Monografia de Qualificação de Doutorado (Doutorado em Química) - Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, 2010.

ENGENHARIA REVERSA: CULTIVANDO O INTERESSE NO ÂMBITO AUTOMOTIVO

Data de aceite: 01/03/2023

Matheus de Souza Nascimento

Graduando em Engenharia Mecânica (UNIVASF). Gerente do projeto BAAJATINGA Baja SAE. Líder do setor de Dinâmica Veicular & Desempenho e ex-líder do setor de Suspensão & Direção do projeto BAAJATINGA Baja SAE

José Bismark de Medeiros

Engenheiro Mecânico (UFPB). Doutor em Engenharia Mecânica (COPPE-UFRJ). Docente do Colegiado de Engenharia Mecânica da UNIVASF

Alan Christie da Silva Dantas

Engenheiro Mecânico e Mestre em Engenharia Mecânica pela UFRN. Doutor em Engenharia de Materiais (FAU Erlangen-Nurnberd). PhD em Engenharia de Materiais (BAM-Berlin). Docente do Colegiado de Engenharia Mecânica da UNIVASF, Campus Juazeiro

vinculados aos ramos da Engenharia têm um déficit expressivo em termos de recursos humanos. Com isto, faz-se necessário despertar, no âmbito escolar, o interesse no ingresso de áreas relacionadas às ciências e à tecnologia, além de explicitar para a sociedade, em geral, que a aplicação da engenharia é necessária para a evolução do meio. Assim, a Engenharia Reversa se enquadra como um ramo que atua na análise de projetos já concebidos, como forma de se detectar os problemas ocorridos e (ou) de melhoramento contínuo. Os ganhos para a região estão associados em estimular os alunos do ensino básico a atuarem em áreas de ciências exatas, com ênfase no setor automotivo, por meio de palestras ministradas por estudantes do Projeto Baajatinga Baja SAE da UNIVASF (Universidade Federal do Vale do São Francisco). Este tem como objetivo desenvolver um protótipo veicular *off-road*, utilizando-se os conhecimentos dos cursos de engenharia ofertados.

PALAVRAS-CHAVE: Graduação em Engenharia; Veículos *off-road*; Projeto Baja SAE.

RESUMO: É notória a deficiência ainda existente na sociedade em se prezar, no âmbito da educação básica, pelo ensino das ciências exatas. Esta situação é um dos principais fatores relacionados ao não desenvolvimento tecnológico futuro, uma vez que os setores de ações sociais

REVERSE ENGINEERING: CONSTRUCTING THE INTEREST IN THE AUTOMOTIVE AREA

ABSTRACT: It is notorious the deficiency that still exists in society to appreciate, in the scope of basic education, the teaching of exact sciences. This situation is one of the main factors related to future technological non-development, since the sectors of social activity linked to the branches of Engineering have a significant deficit in terms of human resources. With this, it is necessary to awaken, in the school environment, the interest in entering areas related to science and technology, in addition to explaining to society in general that the application of engineering is necessary for its own evolution. Thus, Reverse Engineering is a branch that acts in the analysis of projects already conceived, as a way of detecting the problems that occurred and (or) makes possible the continuous improvement. The gains for the region are associated with encouraging primary school students to work in exact sciences area, with an emphasis on the automotive sector, through lectures given by students of the Baajatinga Baja SAE Project by UNIVASF (Universidade Federal do Vale do São Francisco). This SAE project aims to develop an off-road vehicle prototype, using the knowledge of engineering courses offered.

KEYWORDS: Engineering Undergraduate; Off-road Vehicles; Baja SAE Project.

INGENIERÍA INVERSA: GENERANDO INTERÉS EN LA ÁREA AUTOMOTRIZ

RESUMEN: Es bien sabido que todavía hay una deficiencia en la sociedad para apreciar, dentro del alcance de la educación básica, la enseñanza de las ciencias exactas. Esta situación es uno de los principales factores relacionados con el futuro no desarrollo tecnológico, ya que los sectores de acciones sociales vinculados a las ramas de la Ingeniería tienen un déficit significativo en términos de recursos humanos. Con esto, es necesario despertar, en el entorno escolar, el interés por ingresar en áreas relacionadas con la ciencia y la tecnología, además de explicar a la sociedad en general que la aplicación de la ingeniería es necesaria para la evolución del entorno. Por lo tanto, la ingeniería inversa se ajusta como una rama que actúa en el análisis de proyectos ya concebidos, como una forma de detectar los problemas que ocurrieron y (o) la mejora continua. Las ganancias para la región están asociadas con alentar a los estudiantes de primaria a trabajar en las áreas de ciencias exactas, con énfasis en el sector automotriz, a través de conferencias impartidas por estudiantes del Proyecto Baajatinga Baja SAE de UNIVASF (Universidad Federal del Valle de São Francisco). El objetivo es desarrollar un prototipo de vehículo todoterreno, utilizando el conocimiento de los cursos de ingeniería ofrecidos.

PALABRAS-CLAVE: Licenciatura en Ingeniería; Vehículos *off-road*; Proyecto Baja SAE.

1 | INTRODUÇÃO

A baixa adesão aos cursos de exatas no Brasil resulta em uma taxa de desenvolvimento tecnológico aquém das encontradas em países desenvolvidos, proporcionando um país com deficiências em soluções que garantam benefícios à sociedade. Visto que tal desenvolvimento está atrelado especialmente à engenharia, baixas adesões aos cursos

de graduação desta área são responsáveis por *déficits* na mão de obra qualificada e, por consequência, no desenvolvimento de tecnologias propriamente concebidas no Brasil. Um dos principais desafios do ensino da engenharia no país é contornar políticas ineficiente e retrógradas que resultam na defasagem do ensino básico, em especial ao que tange ao ensino das ciências exatas, resultando em indivíduos que detêm poucas habilidades nestas áreas e que acabam por se distanciar devido ao consequente desafio imposto

Haja vista que temáticas envolvendo a área automotiva, com foco na engenharia reversa, são conceitos eficazes para se predizer o estímulo de ingressantes em cursos superiores, é incumbido que os projetos de extensão possam atuar para se alcançar o referido objetivo. Isto não só impactaria no desenvolvimento da indústria automotiva, mas o da sociedade como um todo. Uma vez que há o incentivo do avanço das tecnologias internas, também é possível se obter produtos com custos mais acessíveis, porquanto serão dotados de menor carga tributária. Desta forma, vale-se da importância de desestimular estereótipos e ações ineficazes

1.1 Problemática

Em questão, a Engenharia Reversa surge como uma forma de análise e de compreensão de projetos já concebidos, em que os princípios tecnológicos são descobertos por meios do desmonte do equipamento e, posteriormente, do estudo dos elementos que o compõem. Sendo, assim, esse processo tem importância considerável para o entendimento de máquinas ou peças dos quais engenheiros não possuam o projeto inicial. Neste contexto, a Engenharia Reversa enquadra-se no âmbito de evidenciar o que se aplica no ramo das engenharias para que seja estimulado o interesse de atuação nas áreas ofertadas e emergentes pela dinâmica do desenvolvimento tecnológico.

Com base neste princípio, o plausível a ser feito é ressaltar, à sociedade, a importância da atuação na área das ciências exatas com a ênfase na engenharia. Logo, uma conscientização sobre as vantagens do ingresso em um curso superior de engenharia busca aumentar a taxa de matriculados em universidades do Vale do São Francisco. Isto, em especial, quando se refere a ingressantes do sexo feminino, visto que são minoria absoluta em muitos destes cursos ofertados. Portanto, busca-se sanar tal problemática e realizar uma pesquisa de cunho quantitativo e qualitativo outrora não realizada acerca dos impactos.

1.2 Contexto do tema

Com o desafio proposto pela SAE (Sociedade de Engenheiros da Mobilidade), o projeto Baja surge com o objetivo de que os alunos de ensino superior possam aplicar, na prática, os conhecimentos absorvidos em sala de aula. Basicamente, trata-se de um veículo *off-road*, “fora de estrada”, projetado e construído com base em um regulamento técnico e com a finalidade de superar quaisquer tipos de obstáculos. Assim, todas as

etapas de planejamento e de execução são realizadas pelos alunos, sendo responsáveis por desenvolver o protótipo.

Desta forma, alunos da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) se propuseram a criar, em 2008, o projeto de extensão Baajatinga Baja SAE, no qual os acadêmicos aplicam os conhecimentos oriundos de alguns cursos de graduação: Engenharia Mecânica, Elétrica, de Produção e da Computação, de modo que pudessem integrá-los em suas respectivas bases de conhecimento. Ademais, a equipe compete duas vezes ao ano: Competição Baja SAE Brasil, realizada em São José dos Campos (São Paulo), e a Competição Baja SAE Brasil – Etapa Nordeste, realizada em Salvador (Bahia). Na Figura 1, imagens da Etapa Nordeste, realizada em novembro de 2019.

A partir disto, o engajamento do projeto Baja SAE com o meio social é de grande importância para se consolidar a percepção de aplicação da engenharia, em especial a automotiva, tendo como foco principal despertar o interesse dos alunos do ensino básico da região do Vale do São Francisco na atuação em áreas que fomentem o desenvolvimento tecnológico do meio social. Desta forma, projetos como este são ferramentas eficazes para impulsionar o desenvolvimento tecnológico de veículos, além de instigar o ingresso de mais estudantes para os cursos de engenharia, justificado pela competição intelectual proposta.



Figura 1. Competição Baja SAE Brasil – Etapa Nordeste 2019.

Fonte: Acervo da Equipe Baajatinga (2020).

1.3 Objetivo geral

Estimular o interesse de alunos do ensino básico, além de setores da sociedade local, em atuar nas áreas da engenharia, visto que há uma baixa taxa de ingresso em cursos de tal âmbito. Logo, busca-se a realização de apresentações informacionais, em diversos eventos localizados no Vale do São Francisco, com foco nos futuros ingressantes do ensino superior.

1.4 Objetivos específicos

- Divulgar o Projeto Baajatinga Baja SAE para a comunidade local;

- Aumentar a procura pelos cursos de engenharia do Vale do São Francisco;
- Explicitar que o Projeto Baja é uma aplicação direta da engenharia automotiva, levando-se em consideração ações sociais, proatividade e trabalho em equipe;
- Impulsionar ações que promovam a inovação no desenvolvimento de veículos para o transporte e aplicáveis no âmbito da agricultura, além de outras áreas da sociedade.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

É notória a deficiência existente na sociedade em se priorizar o ensino das ciências exatas no âmbito da educação básica. Isto acaba sendo um dos fatores que acarreta a estagnação científica e tecnológica de um país devido ao baixo ingresso de indivíduos nos cursos de engenharia e a falta de capacitação dos profissionais já existentes devido à baixa competitividade no mercado de trabalho. Nesta direção, segundo Cremasco (2009), “o engenheiro é um profissional indispensável aos dias atuais, reconhecendo ser um agente de transformação social”.

A arte profissional de organizar e dirigir o trabalho do homem aplicando conhecimento científico e utilizando, com parcimônia, os materiais e as energias da natureza para produzir economicamente bens e serviços de interesse e necessidade da Sociedade, dentro dos parâmetros da segurança. (SILVA, 1997, p. 11).

Nesse contexto, dados do CONFEA (Conselho Federal de Engenharia e Agronomia) revelam que, desde 2010, a quantidade de engenheiros registrados por ano é cerca de quatro vezes maior quando comparado com ano de 2000, e que o crescimento se tornou mais acentuado entre os anos de 2004 e 2013, como visualizado na Figura 2. Mesmo assim, o IPEA (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada) ressalta que serão necessários entre 600 mil e 1,5 milhão de novos engenheiros para suprir a demanda do mercado de trabalho, sendo o setor de petróleo e gás o que mais necessita destes profissionais

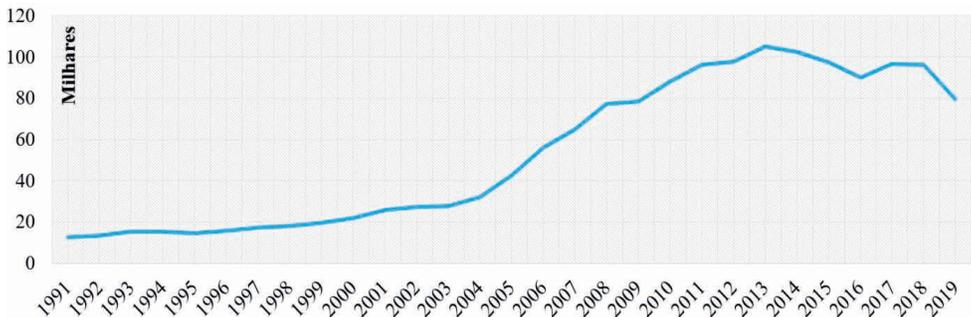


Figura 2. Número de engenheiros registrados anualmente no CONFEA/CREA, entre os anos de 1991 e 2019.

Fonte: Gráfico elaborado pelos autores a partir de dados retirados do site do CONFE (2020).

Também é importante salientar que os baixos valores referentes à formação de profissionais ligados à engenharia e às ciências, no geral, evidenciam a grande discrepância com o total de formandos no ensino superior de outros países. Logo, a OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) relatou que, em 2006, o Brasil encontrava-se com proporções ligadas à formação de engenheiros e cientistas, abaixo de países com o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) inferior, México e África do Sul, além da média da própria OCDE. Na Figura 3, verificam-se os baixos resultados do Brasil, em relação aos demais países, especialmente em relação àqueles de primeiro mundo.

Tal problemática enfatiza que, ainda há falta de investimentos em políticas públicas eficazes, para a formação de profissionais com a visão de futuro e com a mentalidade de buscar por inovações. Isto, impacta diretamente no desenvolvimento tecnológico do país, visto que as altas taxas sobre os produtos importados, além das burocracias internas, limitam o potencial técnico-científico que poderia ser explorado. O PISA (Programa Internacional de Avaliação de Alunos) revela que o Brasil está classificado como “Abaixo” da média quanto às performances em Matemática e Ciências, quando comparado com a avaliação de outros países. Ainda, é possível visualizar que os países com alto potencial tecnológico, a exemplo da Alemanha e da Dinamarca, estão classificados como “Acima” da média.

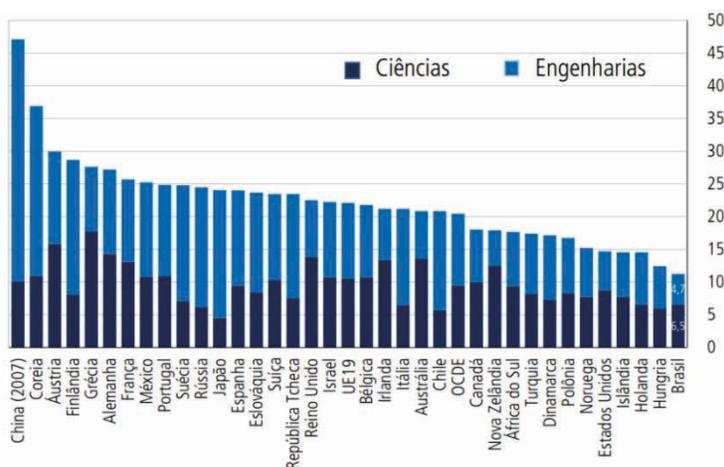


Figura 3. Conclusões de cursos de graduação em engenharias e em ciências, como proporção do total de conclusões de cursos de graduação (2006), em porcentagem.

Fonte: OCDE (2009).

Os baixos investimentos também impactam na desproporcionalidade do número de engenheiros registrados, por ano, em cada região do país, intensificando a estagnação tecnológica dos estados mais pobres. Isto significa que menos investimentos serão alocados para a expansão do ensino superior, nestas regiões, devido ao baixo retorno financeiro

ao Estado, proporcionando maiores porcentagens de indivíduos sem uma formação de nível superior. Segundo Lee Iacocca (2012), empresário estadunidense que foi ligado à indústria automobilística, “A competitividade de um país não começa nas indústrias ou nos laboratórios de engenharia. Ela começa na sala de aula”.

Por outro lado, um fator que se caracteriza como marcante e negativo é que a evasão acadêmica é significativamente mais expressiva nos cursos de engenharia e, concomitante ao baixo número de vagas ofertadas, até 2016 havia baixas taxas de alunos concluintes anualmente. No gráfico apresentado na Figura 4, construído a partir de dados retirados do site do INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas), é possível constatar que as porcentagens de concluintes nos cursos de engenharia e de áreas afins só se equipararam as outras grandes áreas, no ano de 2017.

Outrora, a média anual de profissionais formados ligados às áreas de Engenharia, Produção e Construção, era um pouco superior a 20% dos ingressantes. Mesmo com uma maior taxa nos anos mais recentes, 39% em 2018, a situação ainda pode ser tida como desfavorável, visto que os efeitos devido ao maior número de profissionais no mercado só serão perceptíveis a longo prazo, proporcionando a estagnação tecnológica do país.

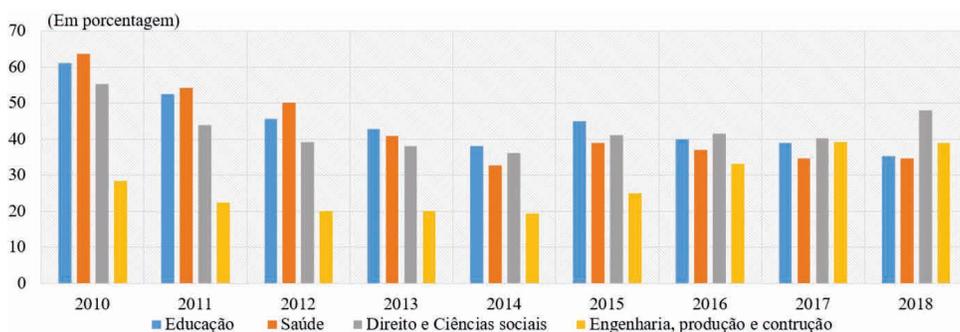


Figura 4. Porcentagem de concluintes anuais, entre os anos de 2010 e 2018.

Fonte: Gráfico elaborado pelos autores, a partir de dados retirados do site do INEP (2020).

Ainda segundo dados retirados do site do INEP (2020), é possível verificar a discrepância expressiva entre os alunos que se matriculam e os que realmente concluem os respectivos cursos. Na Figura 5, nota-se que o número de ingressos foi superior a 600 mil durante os anos de 2010 e 2018, porém, o número de concluintes permaneceu abaixo dos 130 mil. Analisando pontualmente o ano de 2018, cerca de 966 mil indivíduos matricularam-se nos cursos de engenharia, sendo 278 mil o número de ingressantes, ou seja, aqueles que de fato iniciaram uma vida acadêmica. Por fim, apenas 129 mil puderam concluir, representando uma taxa de 46,36% dos ingressantes e sendo o ano com a maior porcentagem de concluintes, ainda não suprimindo às expectativas estabelecidas pelo CONFEA.

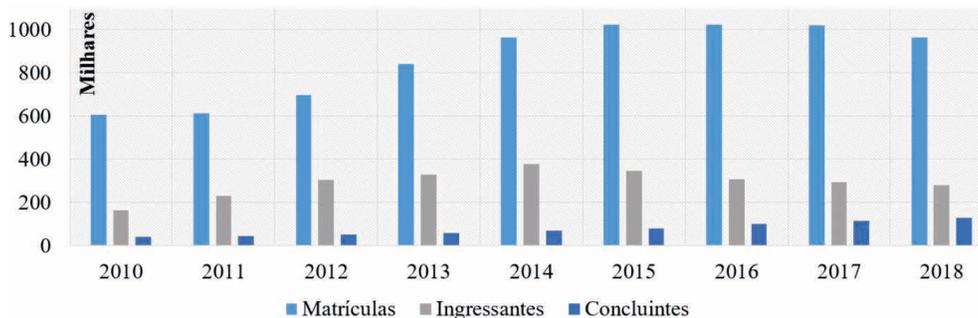


Figura 5. Total de matrículas, ingressantes e concluintes nos cursos de engenharia do país, entre os anos de 2010 e 2018.

Fonte: Gráfico elaborado pelos autores, a partir de dados retirados do site do INE (2020).

Isto é também causado pela falta de preparação adequada proposta para a maioria dos estudantes de nível médio, principalmente nas escolas públicas, ao que se refere às matérias tomadas como bases da engenharia, como Física e Matemática. Além disso, muitos indivíduos ingressam-no de forma *pro tempore*, porquanto não alcançam o curso almejado. Neste contexto, uma pesquisa realizada por profissionais da UTFPR (Universidade Tecnológica Federal do Paraná), Figura 6(a), revelou que tal problemática está ligada ao ingresso em um “novo curso” ou à “não adaptação ao curso” de engenharia, dentre os alunos entrevistados entre os anos de 2013 e 2014, nesta instituição. Ademais, a maioria absoluta optou por abandonar os cursos entre o primeiro e o segundo período letivo, Figura 6(b).

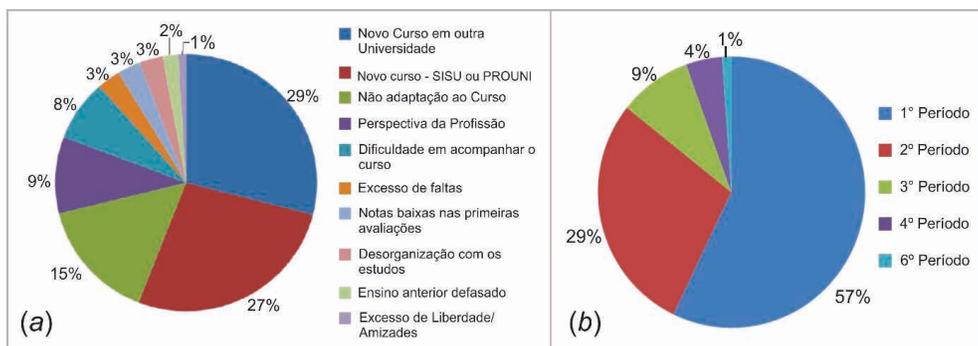


Figura 6. Desistências em 2013/2014 nos cursos de engenharia da UTFPR, Campus Ponta Grossa. (a) Motivos acadêmicos. (b) Período do curso no ato.

Fonte: “Por que os alunos de engenharia desistem de seus cursos – um estudo de caso” (2018).

Outra circunstância relevante se encontra na discrepância existente na quantidade de profissionais formados em cada região do país. Assim, é notável o número anual de

engenheiros registrados na região Sudeste, quando comparado com os valores das demais regiões, sendo um fator atribuído à grande concentração de indústrias e de empresas tecnológicas ao longo de sua extensão. Desta forma, mesmo possuindo poucos estados e uma pequena concentração territorial, tal região detém, em média, a metade dos engenheiros registrados anualmente, segundo os dados do CONFEA (2020) que estão destacados na Figura 7.

É notável o número anual de engenheiros registrados na região Sudeste, quando comparado com os valores das demais regiões, sendo um fator atribuído à grande concentração de indústrias e de empresas tecnológicas ao longo de sua extensão. Mesmo possuindo poucos estados e uma pequena concentração territorial, tal região detém, em média, a metade dos engenheiros registrados anualmente, como visto na Figura 7.

Isto é claramente visualizado no IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal), já que a região Sudeste possui o maior valor do país (0,766) com base em dados do IPEA (2016). Mesmo com a existência de outros fatores externos na determinação de tal índice, é importante salientar que este está intrínseco ao desenvolvimento tecno-científico ali existente e que, por sua vez, está relacionada ao potencial da região em se produzir engenheiros cada vez mais capacitados. Fator, este, que possui uma ligação direta com os altos níveis de pobreza em regiões com os menores índices de desenvolvimento: Norte e Nordeste.

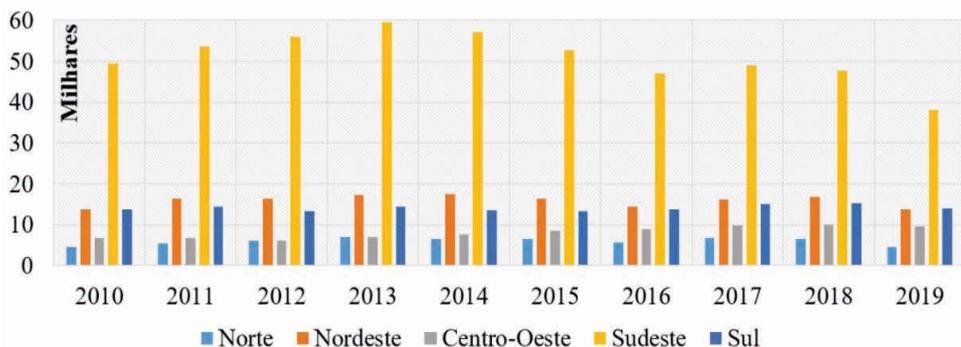


Figura 7. Profissionais da engenharia registrados anualmente no Sistema de Informações CONFEA/CREA, por região, entre os anos de 2010 e 2019.

Fonte: Gráfico elaborado pelos autores, a partir de dados retirados do site do CONFEA (2020).

Com a segmentação da engenharia em diversas áreas e, por consequência, a partir do surgimento de certos estereótipos quanto a tais âmbitos, muitas mulheres acabam priorizando outras áreas de estudo. Dados da UNIVASF (2019), expostos na Figura 8, retratam a predominância masculina em todos os cursos de engenharia, principalmente nos cursos de Engenharia de Computação, Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica, em que estes se equivalem a aproximadamente 80% dos ingressantes. Ainda, segundo

dados do CONFEA (2020), apenas 18% dos profissionais ativos são do sexo feminino, e destes, 50% se encontram na região Sudeste. Isto denota um quadro alarmante, visto que o ingresso de mais mulheres poderia contribuir para suprir o *déficit* no mercado de trabalho.

	Feminino	Masculino
Engenharia de Computação	19%	81%
Engenharia Agrícola e Ambiental	32%	68%
Engenharia Agrônômica	41%	59%
Engenharia Civil	36%	64%
Engenharia Elétrica	22%	78%
Engenharia Mecânica	18%	82%
Engenharia de Produção Campus Juazeiro	42%	58%

Figura 8. Ingressantes nos cursos de engenharia da UNIVASF, por gênero, no ano de 2019.

Fonte: UNIVASF (2019).

3 | METODOLOGIA

Por se tratar de um projeto estudantil de fluxo anual contínuo, a metodologia adotada parte da utilização de elementos empregados nas atividades desempenhadas pela equipe. Assim, pode-se definir três formas de atuação: palestras em escolas, exposições em eventos locais, e visitas técnicas ao laboratório da Equipe Baajatinga como forma de expor na prática os conceitos aplicados da engenharia. Desta forma, os materiais audiovisuais utilizados nas apresentações são padronizados de modo a explicitar a temática de forma intuitiva e direta, através de apresentações com o auxílio de *slides* e de vídeos que denotem o cotidiano de atuação.

Logo, a execução das apresentações baseia-se na utilização de um cronograma específico que permita contemplar instituições presentes e eventos realizados no Vale do São Francisco. Neste contexto, o planejamento visa estabelecer quais as escolas públicas e particulares que podem ser contempladas; determinar a participação em eventos públicos com a definição das respectivas datas; e delimitar os recursos didáticos utilizados nas visitas técnicas, considerando o caráter prático destas. Também, toma-se a elaboração de dinâmicas específicas com o intuito de ampliar a compressão do público-alvo e, posteriormente, obter *feedbacks* acerca da eficiência das apresentações. Estes podem ser obtidos por meio de questionários que remetam ao entendimento dos espectadores sobre a engenharia e sobre o projeto Baja SAE. Por fim, a elaboração do roteiro de execução parte das premissas abaixo:

1. Definição do cronograma de apresentações em escolas e em eventos públicos;
2. Preparação dos materiais audiovisuais utilizados em cada forma de atuação;
3. Início da fase de apresentações;
4. Início da fase de exposições, com base na finalização do protótipo
5. Início da fase de visitas técnicas ao Laboratório de Mecânica da UNIVASF;
6. Atualização do cronograma com uma periodicidade trimestral;
7. Registro das ações e dos resultados deste projeto.

3.1 Indicadores

Como indicadores, são considerados os números de estudantes, de professores e de cidadãos e cidadãs da comunidade do Vale São Francisco que sejam contemplados pelas apresentações. Nisto, referente aos trabalhos direcionados às escolas, é analisado o nível de aceitação das apresentações por parte dos alunos, considerando:

- 1) Informações obtidas através de formulários aplicados após as apresentações, avaliando o impacto das apresentações, acerca da engenharia, em cada estudante;
- 2) Dados sobre o nível de interesse no desenvolvimento de um protótipo baja SAE, a partir da explicitação da importância do projeto para a sociedade.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A execução do planejamento proposto, para o ano de 2019, proporcionou que todos os objetivos predefinidos, pudessem ser cumpridos. Basicamente, por ser tratar de uma equipe estruturada, os colaboradores da Equipe Baajatinga atuaram de forma sistemática, objetivando um maior alcance da temática abordada. Assim, foi possível contemplar cinco escolas situadas no Vale do São Francisco, sendo três públicas e duas particulares, por meio de apresentações direcionadas à importância da engenharia e como esta é aplicada no projeto, em questão, além de apresentações para os cursos de Engenharia Mecânica e de Engenharia de Produção da UNIVASF. Nesse contexto, cada turma possuía cerca de 50 alunos e as apresentações consistiam em destacar quais os passos para a formação de um engenheiro, além das perspectivas futuras para o mercado de trabalho. Observa-se na Figura 9(a), a palestra realizada para o ensino médio do IFBA (Instituto Federal da Bahia), no Campus Juazeiro.

Além disso, o projeto também contribuiu para o enriquecimento intelectual de algumas exposições locais com diferentes objetivos: a *Robotics Experience*, a qual consistia em ressaltar a importância da robótica no ensino básico; a Feira de Profissões, permitindo com que palestras acerca dos cursos de engenharia pudessem obter uma grande disseminação; o Moto Chico 20 anos, abordando o mercado motociclístico como tema central; a 1ª Copa

Pernambucana de Velocidade na Terra, a qual abrangeu corredores do automobilismo de todo o país; e o Universidade na Rua, Figura 9(b), proposto pela própria UNIVASF como forma de permitir a exposições de trabalhos acadêmicos à comunidade. Em suma, tais exposições permitiram atingir um expressivo público-alvo, além de ser a forma mais eficaz na propagação da temática para os diferentes indivíduos, inclusive para os alunos que não se encontram no ensino médio.

Também, foi possível proporcionar aos alunos do SENAI-Petrolina e a um colégio particular da região, como visto Figura 9(c), a possibilidade de conhecerem o laboratório de trabalho da Equipe Baajatinga e como são desempenhadas as atividades de desenvolvimento do protótipo baja SAE. Isto se caracteriza como uma forma de instigar o público com a utilização de conceitos e operações tidas como essenciais para um profissional de engenharia, seja realizando um projeto técnico ou fabricando uma peça que será integrada ao veículo. Logo, as dinâmicas consistiram em permitir com que os alunos pudessem desenvolver uma noção cronológica do projeto e, por conseguinte, pudessem debater e sanar as respectivas dúvidas.

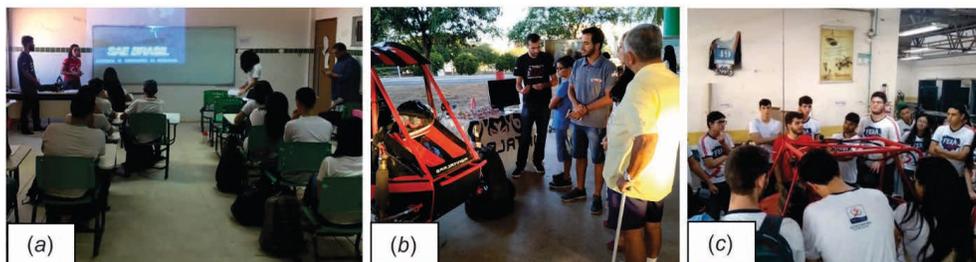


Figura 9. Apresentações realizadas pela Equipe Baajatinga no ano de 2019. (a) IFBA, campus Juazeiro. (b) Universidade na Rua, promovido pela UNIVASF. (c) Laboratório de Mecânica da UNIVASF, Campus Juazeiro.

Fonte: Acervo da Equipe Baajatinga (2020).

Pelo fato de também se tratar de exposições, não foi possível quantizar, com precisão, quantos indivíduos foram beneficiados pelas apresentações. Porém, através de estimativas realizadas, e dos indivíduos contabilizados em sala de aula, acredita-se que o público atingido tenha sido de 1350 pessoas, ao todo. Discretizando tal valor, foi possível visualizar que houve uma alta disseminação da temática através das exposições, com cerca de 72% do público total, as quais contemplaram indivíduos de distintos gêneros, idades e classes sociais, caracterizando-se como uma forma de inclusão, destes, no âmbito da engenharia e das ciências exatas.

Além disto, percebe-se que, referente às apresentações nas escolas, mais de 60% dos alunos são de ensino público, contribuindo de forma mais expressiva com o incentivo onde se há uma menor conscientização em relação à importância do ensino superior. Ainda,

é importante salientar que os eventos locais apresentavam uma grande concentração de alunos do ensino básico, aumentando o alcance deste grupo de estudantes. Abaixo, na Figura 10, os resultados obtidos levando-se em conta as estimativas realizadas para as “Exposições locais”.

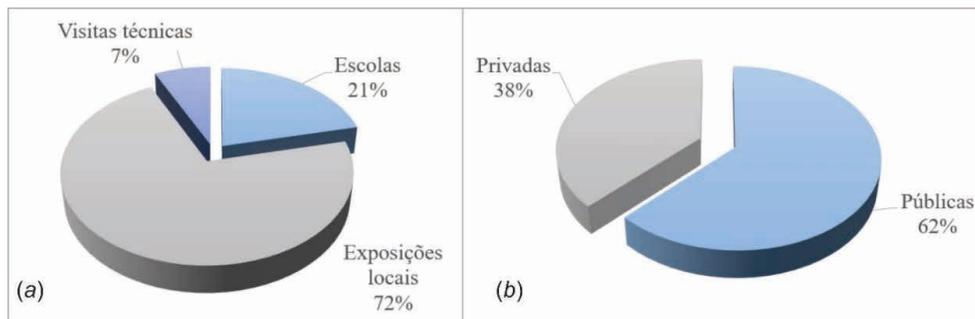


Figura 10. Percentagens de indivíduos beneficiados em cada grupo de apresentação, no ano de 2019. (a) Grupos gerais. (b) Escolas da região do Vale do São Francisco.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Outro aspecto importante do desenvolvimento deste trabalho, foi a avaliação do nível de impacto que as apresentações proporcionaram, aos beneficiados, quanto à temática. Por isto, foram aplicados questionários específicos após o término de apresentações realizadas em sala de aula, avaliando o “Nível de interesse em se cursar alguma engenharia” e o “Nível de interesse no Projeto Baajatinga Baja SAE”, anterior e posteriormente aos eventos. Assim, considerando os níveis “Alto” e “Muito alto” como possíveis candidatos à ingressantes de algum curso de engenharia, é possível verificar que a quantidade saltou de 29% para 67% do público entrevistado, como visto na Tabela 1, reduzindo significativamente a porcentagem daqueles que possuíam pouco interesse, “Muito baixo” e “Baixo”, além de se verificar que todos demonstraram algum tipo de relevância quanto à Equipe Baajatinga, como visto na Tabela 2. Isto, ratifica que o projeto conseguiu alcançar o objetivo de estimular tal ingresso.

NÍVEL DE INTERESSE EM SE CURSAR ALGUMA ENGENHARIA		
	Antes da apresentação	Após a apresentação
Muito baixo	4%	0%
Baixo	25%	4%
Razoável	42%	29%
Alto	25%	50%
Muito alto	4%	17%

Tabela 1. Percentual de alunos interessados em cursar engenharia, anterior e posteriormente às apresentações realizadas em escolas do Vale do São Francisco, no ano de 2019.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Além do quantitativo, também foi possível obter *feedbacks* qualitativos, dos alunos e dos demais participantes, sobre o quão importante as apresentações caracterizaram-se para o esclarecimento de dúvidas acerca da temática. Sendo válido ressaltar que, proporcionar o enfoque nas aplicações práticas da engenharia é uma forma eficaz de se instigar o interesse dos alunos de ensino médio quanto ao ingresso em tais cursos, sendo neste âmbito que a Equipe Baajatinga vem atuando e obtendo resultados positivos por parte dos beneficiados

NÍVEL DE INTERESSE NO PROJETO BAAJATINGA BAJA SAE

Alto	25%
Muito alto	75%

Tabela 2. Percentual de alunos interessados no Projeto Baajatinga Baja SAE, após as apresentações realizadas em escolas do Vale do São Francisco, no ano de 2019.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Outra questão importante de se destacar é que, esta equipe, além de outros fatores, também foi essencial pela permanência acadêmica nos cursos de engenharia da UNIVASF. Isto significa que a equipe é tida como uma forma de instigar os próprios integrantes, que também são acadêmicos, às aplicações práticas, visto que os cursos ainda apresentam deficiências relacionadas às atividades de campo. Além disto, com o início do projeto Engenharia Reversa: cultivando o interesse no âmbito automotivo, em 2016, e com a obtenção de resultados mais expressivos por parte dos projetos de extensão: Equipe Baajatinga e equipe F-Carranca, foi possível notar maiores taxas de alunos “concluintes” no curso de Engenharia Mecânica desta instituição, já que a maior parte dos integrantes é deste curso. Na Figura 11, é possível visualizar tal aumento, com uma taxa de 55% de concluintes nos anos 2018 e 2019. Caracterizando, assim, uma porcentagem de concluintes acima da média nacional para o ano 2018.

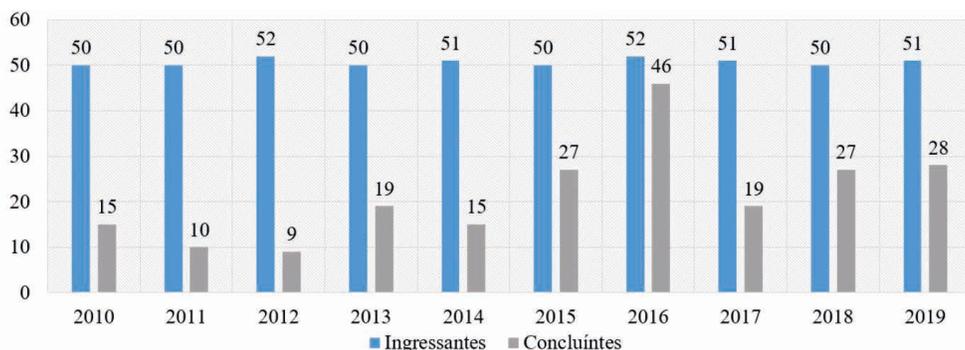


Figura 11. Número de ingressantes e de concluintes no curso de Engenharia Mecânica da UNIVASF,

entre os anos de 2010 e 2019.

Fonte: Gráfico elaborado pelos autores, a partir de dados fornecidos pelo CENMEC, Colegiado de Engenharia Mecânica, da UNIVASF (2020).

Por meio do último processo seletivo realizado pela Equipe Baajatinga para recrutamento de novos integrantes, em 2019, foi possível notar o impacto que o projeto detém perante a UNIVASF. Dos 275 alunos matriculados no curso de Engenharia Mecânica, levando-se em conta todos os períodos acadêmicos existentes, cerca de 52 indivíduos matricularam-se com o intuito de ingressar no projeto. Isto corresponde a 20% dos alunos deste curso, ratificando a importância que a equipe desempenha na formação profissional e intelectual de futuros engenheiros e que, por consequência, impactam na comunidade local.

Portanto, a Equipe Baajatinga detém um grande impacto no desenvolvimento sociointelectual da comunidade do Vale do São Francisco. Isto é justificado pelo fato de incentivar o avanço tecnológico e propor novas soluções básicas de engenharia, que podem ser utilizadas por empresas parceiras e que possuem uma grande influência na região. De fato, a equipe é reconhecida por projetos de adaptação do protótipo *baja*, para aplicações em pulverizações no âmbito da agricultura, e até em desenvolvimento de sensores próprios e de baixo custo. Este incitamento tecnológico, proporciona diversos ganhos para tanto para a engenharia da UNIVASF, quanto para as empresas que buscam o melhoramento contínuo. Logo, torna-se um ciclo, em que mais alunos são instigados a ingressar em um curso de exatas e, por consequência, adentrar em projetos estudantis, motivados pelo aperfeiçoamento.

5 | CONCLUSÕES

Pode-se concluir que o projeto pôde alcançar o seu objetivo geral de estimular o interesse de estudantes e de setores da comunidade do Vale do São Francisco em atuar em áreas da engenharia, seja direta ou indiretamente. Isto foi possível ao se realizar apresentações em escolas públicas e privadas, exposições em eventos locais e visitas técnicas ao laboratório da Equipe Baajatinga. Sendo assim, foi possível verificar que o projeto pôde ser disseminado para um público diversificado, contendo indivíduos de diversas idades, gêneros e classes sociais, dando o enfoque para o ramo tecnológico e para as perspectivas de mercado de trabalho para esta área, permitindo sanar quaisquer dúvidas acerca da engenharia e da sua aplicabilidade, além de evidenciar características inerentes a qualquer bom profissional

Desta forma, houve um aumento significativo no ingresso do curso de engenharia mecânica UNIVASF, como visto na Figura 11, desde o período em que a Equipe Baajatinga surgiu e começou a participar de eventos regionais. Como apresentado, muitos ingressantes

já objetivavam adentrar em tal projeto e, certamente, este um fator decisivo para o ingresso nos cursos de exatas. Ainda, é importante destacar que é proporcionado o desenvolvimento de novas temáticas, que por ventura se tornam projetos de iniciação científica ou teses de conclusão de curso ou de pós-graduação, assim como a adaptação para aplicações no ramo da agricultura.

Nesse contexto, constata-se a significativa quantidade de alunos que obtiveram algum tipo de interesse, pelos cursos em questão e pelo protótipo Baja SAE, após as apresentações e as visitas, obtendo-se resultados satisfatórios para o projeto e inspirando cada vez mais alunos do ensino médio a ingressarem em um dos cursos de engenharia da UNIVASF. Vale destacar que, estas foram as formas abordadas pelos colaboradores do projeto para estimular a curiosidade dos alunos e apresentar-lhes um conteúdo informativo de boa qualidade e dinâmico, de forma a despertar vocações e motivar para formação em áreas tecnológicas.

Hoje, o projeto Baja SAE proporciona a otimização da qualidade de ensino da engenharia; o estímulo ao aumento de ingressos nesta área, face ao atual *déficit* mundial de engenheiros; o crescimento econômico nacional; e o aumento dos montantes investidos em automobilismo e mobilidade em todo o mundo. Com isso, a continuação da implantação deste projeto no meio social é de fundamental importância, tendo em vista a preparação de alunos do ensino básico em adquirir uma visão de senso evolutivo voltado para a área automotiva. Tal formação diferenciada estimulará a criatividade e a concepção inovadora e empreendedora perante o mercado. Desse modo, visto que o projeto obteve um satisfatório resultado no ano de 2019, conquistando a aprovação dos âmbitos escolares alcançados, a premissa principal é continuar transmitindo à comunidade, com ênfase no setor estudantil básico, o contexto de vida do universitário. Além disto, destacar como as aplicações que o ramo da engenharia oferece, por meio do projeto BAJA, despertam o interesse de ingresso na faculdade.

Por fim, toma-se como sugestão para projetos futuros, a criação de uma metodologia para se mapear os beneficiados das apresentações em escolas e em visitas técnicas, verificando a respectiva quantidade daqueles que, de fato, ingressaram em curso de engenharia. Isto tornará cada vez mais efetiva a verificação do impacto do projeto perante a comunidade e como este poderá atuar para alcançar maiores públicos, na região do Vale do São Francisco e em regiões adjacentes, além de se tornar mais eficaz quanto ao cumprimento dos objetivos previamente definidos

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao corpo docente de engenharia da UNIVASF, em especial ao Colegiado de Engenharia Mecânica, por todas as ações realizadas para o aumento do desempenho envolvendo tal âmbito. Também, fazem-se os agradecimentos ao Projeto

Baaatinga Baja SAE, fomentador da formação de profissionais de engenharia mais qualificados. Sendo, esta, detentora de esforços voltados para atividades que agreguem ao desenvolvimento sócio-tecnológico do Vale do São Francisco, por meio da busca no aumento de ingressantes em tais cursos da UNIVASF.

REFERÊNCIAS

BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V. Introdução à engenharia. Florianópolis: UFSC, 2008.

CONFEA. Informações sobre os quadros de profissionais do sistema. Disponível em: <https://relatorio.confea.org.br/Home/Profissional>. Acesso em: 7 jun. 2020.

CREMASCO, M. A. A responsabilidade social na formação de engenheiros. Editora Bookman: Porto Alegre, 2009.

IACOCCA, L.; NOVAK, W. Iacocca: uma autobiografia. Editora Bantam Books: New York, 1984.

INEP. Sinopses estatísticas da educação superior – graduação. Disponível em: <http://portal.inep.gov.br/sinopses-estatisticas-da-educacao-superior>. Acesso em: 7 jun. 2020.

IPEA. Agência Brasil: Estudo do Ipea mostra que país terá estoque de 1,8 milhão de engenheiros em nove anos. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_alphacontent&ordering=3&limitstart=5610&limit=20&Itemid=0#:~:text=O%20Ipea%20exemplifica%20que%2C%20em,dependendo%20do%20crescimento%20da%20economia. Acesso em: 7 jun. 2020.

IPEA. Desenvolvimento humano nas macrorregiões brasileiras. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/20160331_livro-idhm.pdf. Acesso em: 7 jun. 2020.

IPEA. Evolução da formação de engenheiros e profissionais técnico-científicos no Brasil entre 2000-2012. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_1982. Acesso em: 7 jun. 2020.

OCDE. Educação e habilidades. Disponível em: <http://www.oecd.org/latin-america/data/education-skills.htm>. Acesso em: 7 jun. 2020.

PNUD BRASIL. Ranking IDH Global 2014. Disponível em: <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/rankings/idh-global.html>. Acesso em: 7 jun. 2020.

SAE BRASIL. Programas Estudantis. Disponível em: <http://portal.saebrasil.org.br/programas-estudantis>. Acesso em: 7 jun. 2020.

SILVA, J. F. Uma definição formal para engenharia. Revista de Ensino de Engenharia, n. 17, p. 11-18, 1997.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO. UNIVASF em Números - 2012 a 2019. Disponível em: <http://portais.univasf.edu.br/reitoria/univasf-em-numeros/univasf-em-numeros-2012-a-2019>. Acesso em: 7 jun. 2020.

DIFERENTES TOPOLOGIAS DE MAPAS COGNITIVOS FUZZY DINÂMICOS APLICADOS EM PROCESSOS INDUSTRIAIS E SISTEMAS ROBÓTICA COLETIVA

Data de aceite: 01/03/2023

Márcio Mendonça

Universidade Tecnológica Federal do
Paraná
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Mecânica (PPGEM)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/5415046018018708>

Jhonatas Luthierry Barbosa dos Santos

Graduando em Engenharia Elétrica pela
UTFPR-CP
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná
Cornélio Procópio, PR
<http://lattes.cnpq.br/3040974349883206>

Henrique Cavalieri Agonilha

Universidade Filadélfia (Unifil) Londrina
Graduação em Engenharia de Software
Londrina – PR
<http://lattes.cnpq.br/9845468923141329>

Matheus Gil Bovolenta

Acadêmico - Universidade Tecnológica
Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/1518815195539638>

João Maurício Hypólito

Fatec – Centro Paula Souza
Ciência da Computação
Ourinhos – SP
<http://lattes.cnpq.br/5499911577564060>

Andressa Haiduk

Dimension Engenharia
Ponta Grossa - Pr
<http://lattes.cnpq.br/2786786167224165>

Fabio Rodrigo Milanez

Faculdades da Indústria - Senai Londrina
Departamento Engenharia Elétrica
Londrina-PR
<http://lattes.cnpq.br/3808981195212391>

Emerson Ravazzi Pires da Silva

Universidade Tecnológica Federal do
Paraná
Departamento de Engenharia Elétrica
Daele
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/0797649979829091>

Luiz Francisco Sanches Buzachero

Universidade Tecnológica Federal do
Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia
Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/1747856636744006>

Michelle Eliza Casagrande Rocha

Universidade Pitágoras Unopar Anhanguera
Engenheira Projetista
Londrina-PR
<http://lattes.cnpq.br/4411484670091641>

Gabriela Helena Bauab Shiguemoto

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/3301713295448316>

José Augusto Fabri

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Computação (DACOM)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/1834856723867705>

Níkolos Catib Boranelli

Acadêmico - Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR
<http://lattes.cnpq.br/4632175422834777>

Augusto Alberto Foggiato

Health Science Center - Dentistry, Paraná Northern State University –
UENP, Jacarezinho, PR, Brazil.
São Leopoldo Mandic Dental Research Institute, Campinas, SP, Brazil.
<http://lattes.cnpq.br/5947790201939557>

Francisco de Assis Scannavino Junior

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR

Rodrigo Rodrigues Sumar

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR

André Luis Shiguemoto

Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica (DAELE)
Cornélio Procópio – PR

Wesley Candido da Silva

Faculdade da Indústria SENAI Londrina
Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica- Londrina -PR

RESUMO: Neste trabalho, os autores apresentam diferentes configurações de Mapas Cognitivos Fuzzy (FCM) aplicados em diversos processos industriais e em um sistema multirrobôs. O primeiro processo analisado corresponde a um tanque fermentador alcoólico de quarta ordem (substrato, biomassa, produto e volume da mistura fermentada). As técnicas de controle empregadas (Controlador Lógico Fuzzy – FLC; Controlador FCM) tem seus resultados comparados. O segundo processo analisado é de um misturador (mixer) industrial. Nele, dois líquidos são inseridos no mixer, que verifica o produto através da massa específica do líquido resultante da mistura. Neste caso, um Mapa Cognitivo Fuzzy Dinâmico (DFCM) é utilizado para o controle das válvulas que controlam os fluxos de fluido no sistema. Neste processo, o DFCM tem atualização dos valores das relações causais através do algoritmo de aprendizagem de Hebb. Por fim, um DFCM é utilizado para controlar um sistema com quatro robôs autônomos auxiliados por feromônios artificiais repulsivos. Para atualizar os valores dos relacionamentos deste DFCM, é utilizada uma sequência de eventos descritos pelas condições do ambiente sensorizadas pelos robôs. Em todos os processos apresentados neste trabalho, a utilização de FCMs e suas variações se mostrou satisfatória tanto nos termos de complexidade computacional (de implementação mais trivial) quanto nos resultados, equivalentes (ou até superiores) aos de técnicas clássicas, como a Lógica Fuzzy.

PALAVRAS-CHAVE: Lógica Fuzzy. Mapas Cognitivos Fuzzy Dinâmicos. Fermentador alcoólico. Mixer Industrial. Sistema Multirrobôs.

DIFFERENT TOPOLOGIES OF DYNAMIC FUZZY COGNITIVE MAPS APPLIED IN INDUSTRIAL PROCESSES AND COLLECTIVE ROBOTICS SYSTEMS

ABSTRACT: In this work, the authors present different configurations of Fuzzy Cognitive Maps (FCM) applied in several industrial processes and in a multi-robot system. The first process analyzed corresponds to a fourth-order alcoholic fermenting tank (substrate, biomass, product, and volume of the fermented mixture). The control techniques used (Fuzzy Logic Controller – FLC; FCM Controller) have their results compared. The second process analyzed is an industrial mixer. In it, two liquids are inserted into the mixer, which checks the product through the specific mass of the liquid resulting from the mixture. In this case, a Dynamic Fuzzy Cognitive Map (DFCM) is used to control the valves that control fluid flows in the system. In this process, the DFCM updates the values of the causal relationships through the Hebb learning algorithm. Finally, a DFCM is used to control a system with four autonomous robots aided by repulsive artificial pheromones. To update the values of the relationships of this DFCM, a sequence of events described by the ambient conditions sensed by the robots is used. In all the processes presented in this work, the use of FCMs and their variations proved to be satisfactory both in terms of computational complexity (the most trivial implementation) and in the results, equivalent (or even superior) to those of classical techniques, such as Fuzzy Logic.

KEYWORDS: Fuzzy Logic. Dynamic-Fuzzy Cognitive Maps. Alcoholic fermenter. Industrial Mixer. Multi-robot System.

1 | INTRODUCTION

In modern control systems, it is noticed that linear control becomes insufficient when the operating conditions of a system are not fixed. Thus, adaptive control is used. One of its objectives is to compensate variations in the parameters of nonlinear control systems (ÅSTRÖM; WITTENMARK, 2008) which, in general, are an interconnection of components forming a configuration that produces a desired response (OG TA, 2010).

An alternative is to use heuristic models or semi-quantitative methods like Fuzzy Cognitive Maps (FCMs), which encode experts' knowledge about the connections among the different parameters of the studied industrial process control. In other words, Fuzzy cognitive maps (FCMs) are a very convenient, simple, and powerful tool for simulation and analysis of dynamics systems (MENDONÇA et al., 2020a; PEDRYCZ; GOMIDE, 2007a; STACH et al., 2005).

In control systems, the main comparison between classical and fuzzy logic control provokes a general discussion of these two paradigms. Both in fuzzy and in FCM control, Fig. 1 (a), linguistic terms represent the degree of knowledge of the operator on the analyzed real-world plant. This fact provides the possibility of controlling the process without having its mathematical model, unlike classical control, Fig. 1 (b), which requires the model and its simplifying assumptions to the controller design, adding one more step in the paradigm, to prove the theorem stability (ROSS, 2010).

In this sense, FCMs can encode control tactics that are imprecise in nature, commonly expressed in linguistic terms, which is helpful when it is difficult to obtain a mathematical model of the process. FCMs allow dealing with subjective and vague linguistic variables used by domain experts and handling uncertainties due to their approximate knowledge using Fuzzy Logic (PASSINO; YURKOVICH, 1998), such as the heuristic process used in this work.

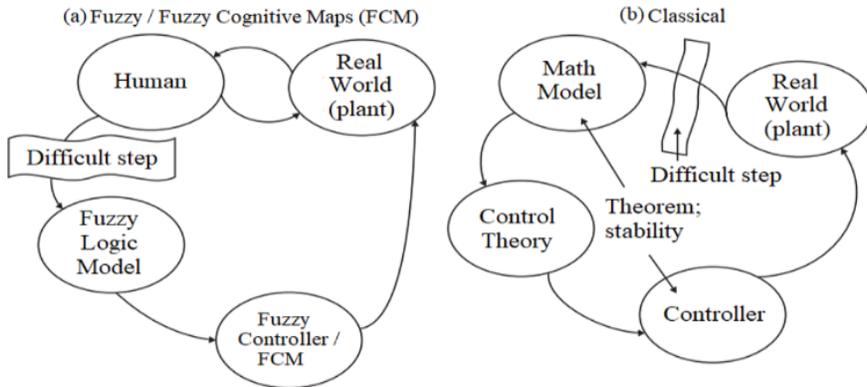


Figure 01 – (a) Fuzzy/FCM and (b) classical paradigm

Source: Adapted from (ROSS, 2010).

There are many applications of FCMs in process control. In the work of Mendonça et al. (2013), the authors used a Fuzzy-PID controller development of an alcoholic fermenter process proposed in Maher (MAHER, 1995). Also, Lima and Serra (2015) proposed a robust Fuzzy controller implemented for visualization and control of a thermal process.

In this work, the objective is to investigate the application of systems based on FCMs, designed using experts' knowledge and compare their results with classical methods, such as Fuzzy Logic. The authors present three examples of processes in this work. Intelligent control methods were used to control a fourth-order alcoholic fermenting tank (substrate, biomass, product and volume of the fermented mixture), an industrial mixer, in which two liquids are inserted into the mixer, checking the product through the specific mass of the liquid resulting from the mixture, and a system with four autonomous robots aided by repulsive artificial pheromones is controlled using a combination of DFCM and Ant Colony Optimization (ACO).

2 | BACKGROUND AND PROCESS DESCRIPTION

The first example of an FCM controller is a fermenter process. One aspect to be analyzed is the alcoholic fermenter process delimitation. Fermentation is a process of energy release in which there is no oxygen participation and is used in industrial fermentation processes for manufacturing alcoholic beverages. Fig. 2 shows a real alcoholic fermenter (a) and the simulated one used in this work (b). In Fig. 2 (b), the *Fin* valve is responsible for the substrate flow in the tank, and *Fout* valve regulates the product's flow out of the tank. These two valves are controlled by two independent PID controllers, which are adapted by the proposed tuning mechanisms, FCM-PID and Fuzzy-PID.

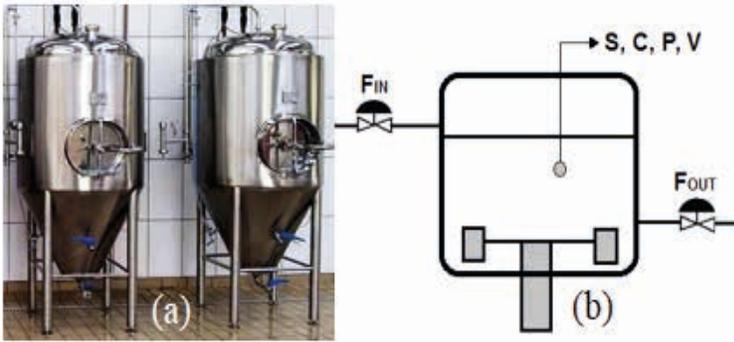


Figure 02 – (a) Real and (b) simulated alcoholic fermenters

Source: Adapted from (MENDONÇA et al., 2013).

The variables are the same as found in Mendonça et al. (2013).

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{1}{Y_{C/S}}\mu_c + \frac{F_{in}}{V}Sa - \frac{F_{out}}{V}S \quad (1)$$

$$\frac{dC}{dt} = \mu_c - \frac{F_{out}}{V}S \quad (2)$$

$$\frac{dP}{dt} = \frac{Y_{P/S}}{Y_{C/S}}\mu_c - \frac{F_{out}}{V}P \quad (3)$$

$$\frac{dV}{dt} = F_{in} - F_{out} \quad (4)$$

$$\mu_c = \mu_0 \frac{S}{K_s + Sa} \left(1 - \frac{P}{P_m}\right) \quad (5)$$

Important system dynamics factors are the large accommodation time and high correlation between the state variables. It is also noticed that it is a non-minimal phase system, with stabilization depending strictly on the correct concentrations to occur, thus being a MIMO control. Some restrictions must be respected to ensure a correct fermentation setpoint campaign. For example, the concentration of biomass (C) should not exceed 8 g/l, while the substrate (S) should remain above 0.5 g/l, otherwise the reaction would end, and hence the process should be restarted again. Another restriction is the setpoint range of 10 to 50 g/l for P .

The logic applied in the process was the Fuzzy, which was created by Zadeh (1965) based on the theory of fuzzy sets, which is a generalization of the classical set theory. A key concept in fuzzy logic is membership functions. A fuzzy set A in the universe of discourse X is characterized by a membership function $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$. A degree of zero means that the value is not in the set, a degree of one means that the value is totally representative of the set, and a degree confined between zero and one means the value is partially in the set. The shape of the membership function is often chosen based on the advice of an expert or

by statistical studies (PEDRYCZ; GOMIDE, 2007b).

A Fuzzy Cognitive Map (FCM) is a soft computing technique that combines the advantages of Artificial Neural Networks (ANNs) and Fuzzy Logic, using existing knowledge and human experience to model complex systems (PAPAGEORGIOU, 2014). Due to their simplicity, support for ambiguous (Fuzzy) knowledge, they are applicable in many areas, such as medicine, engineering, software development, etc. FCMs emerged from Kosko's work (KOSKO, 1986). FCMs introduced fuzziness to traditional Cognitive Maps (AXELROD, 1976), by using numeric descriptions (fuzzy binaries) of causal influences instead of positive or negative symbols.

In an FCM, the value $A_i^{(k+1)}$ of each concept C_i at iteration $k+1$ is calculated as a function of the sum of $A_j^{(k)}$ at iteration k , with the product of $A_j^{(k)}$ of the concept C_j by w_{jp} , which is the value of the causal link between C_j and C_p , given in the range $[-1 \ 1]$. The mathematical representation of FCM inference is given by equation (6).

$$A_i^{(k+1)} = f(A_i^{(k)} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^N A_j^{(k)} \cdot w_{ji}) \quad (6)$$

In (7), $f(\cdot)$ is a sigmoid threshold function to squash the values within the range $[0 \ 1]$, as shown in equation (9), where λ is a real positive number, which determines the steepness of $f(\cdot)$, and x is the value of A_i at the equilibrium point.

$$f(x) = 1 / (1 + e^{-\lambda x}) \quad (7)$$

In the first example, an alcoholic fermenter, the FCM controller was created at first, considering errors in the same way as seen in a PID controller: error (*Error*) and the differential error (*Errordiff*) for each iteration. Due to the low complexity of this system, it was unnecessary to use the integral error. System simulations were run in Matlab® for the FCM and FLC controllers and data was collected for the Integral Absolute Error (IAE), Integral Squared Error (ISE), 2% settling time (T_s) and overshoot analysis in order to compare the different alternatives. The authors designed an adaptive PID controller with FCM and Fuzzy adjustment mechanisms. The values of maximum tank volume (V) of 4.75 l and a minimum volume of 1 l. Accordingly, if the former case occurs, the *Fin* valve is completely closed, and if the latter case occurs, the valve *Fout* is closed.

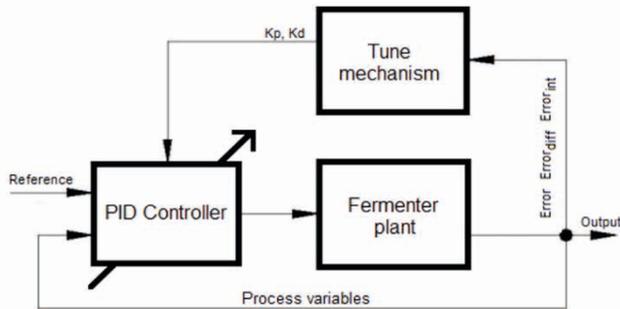


Figure 03 – Auto tune architecture

Source: Own authorship.

The architecture shown in Fig. 3 was used as a tuning mechanism for the both FCM-PID and Fuzzy-PID controllers presented. The variables $Error$, $Errorint$, and $Errordiff$ represent the errors related to the gain parameters of the PID, which are respectively error, integral error and differential error. The tuning mechanism interprets the errors coming from the parameters of the controller and, from the analysis proposed for each mechanism, applies multipliers to the proportional (Kp) and derivative (Kd) PID gains, adapting their values at each iteration. The initial parameters of the PID controller are $Kp=2$, $Kd=4.95$ and $Ki=0.35$, defined heuristically. The developed FCM is shown in Fig. 4, where concepts 4 and 5 correspond to the Kp and Kd gain multipliers to be applied in the PID. From the expert's knowledge employed in the FCM, it was noticed that there is a weak negative influence in all relationships. The overall FCM weights are: $W_{14}=-0.28$, $W_{15}=-0.30$, $W_{24}=W_{25}=-0.25$, $W_{34}=-0.15$ and $W_{35}=-0.17$.

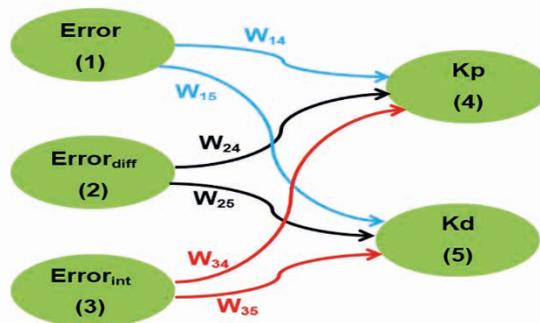


Figure 04 – FCM used in alcoholic fermenter process

Source: Own authorship.

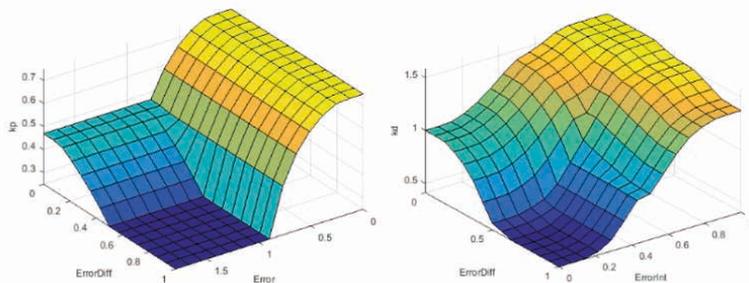


Figure 05 – Fuzzy surfaces – fermenter process

Source: Own authorship.

The Fuzzy-PID mechanism had its rules and membership functions also adjusted heuristically, based on the relationships of the FCM-PID, with the same concepts used in the FCM. The FLC system used was a weighted Mamdani with 3 inputs (*Error*, *Errordiff* and *Errorint*), 2 outputs (*Kp* and *Kd* multipliers) and 18 rules. The pertinence functions were created to reach three ranges of values, namely “small”, “medium” and “large” for inputs and outputs, using trapezoidal functions at the edges and a triangular one in the center, the Fuzzy surfaces obtained are shown in Fig. 5. The inputs range from 0 to 1, the *Kp* output range is [0 1.5] and *Kd* is [0 2], both adjusted heuristically.

Another proposal for control via FCM is an industrial mixer control that, due to the low complexity of FCM mathematics for its inference, allowed the controller to be embedded in a low-cost controller, such as Arduino and PIC. Figure 6 show the process, and the Adaptive FCM has the same structure seen in Fig. 4. However, has its weights adjusted dynamically with the Hebbian rule.

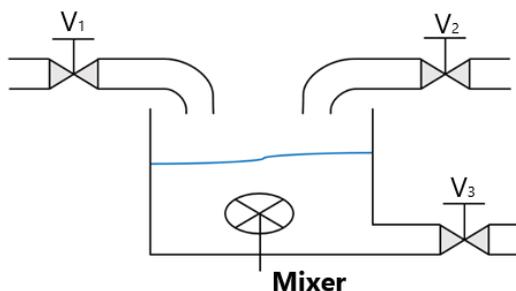


Figure 06 – Industrial mixer process

Source: Own authorship.

The similarity with the fermenter controller is highlighted by the authors. However, this controller has its weights adjusted offline by a genetic algorithm with selective population and online by Hebbian rule that tunes the weights according to the process error. This

dynamic tuning can classify this controller as adaptive (POZO et al., 2011). In Fig. 7 it is possible to observe that we have three valves, two inlets ($V1$ and $V2$) for the inlet of two different liquids, such as water and milk in a food process and one for outflow ($V3$). Two variables must be controlled by range, the weight and volume of the mixture; what makes it a Multiple Input, Multiple Output (MIMO) process. Figure 8 shows an example of a campaign with disturbances.

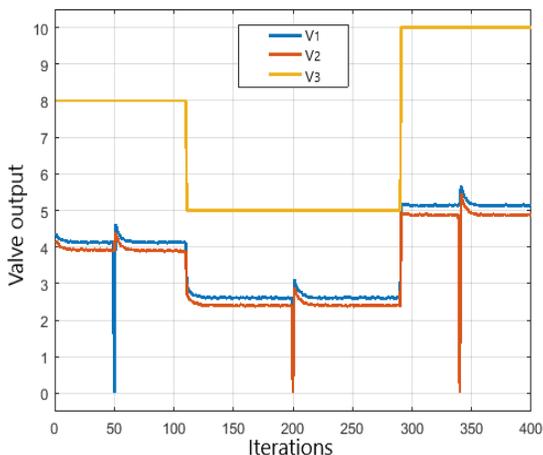


Figure 07 – Example of campaign with disturbances

Source: Own authorship.

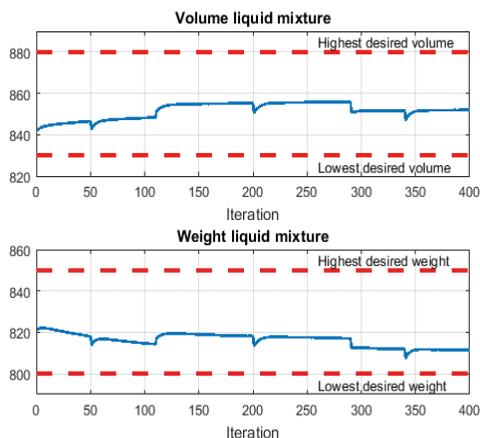


Figure 08 – Results – DFCM controller

Source: Own authorship.

3 | RESULTS AND DISCUSSION

In this section, we discuss the results of multi robot inspired in swarm robotics system to rescue victims. Inspired by the organization of social insects, such as ants, bees

and termites, and the formation of schools of fish and birds in flight, swarm robotics is a field of study that seeks the best computational paths for robots to exchange information and act together, according to a common objective for which they were programmed. They are computational solutions that are in the field of study of several groups of researchers in the world.

Based on the concepts of repulsive artificial pheromones, this work presents an optimization of the robots' trajectory, thus increasing the search area without increasing the distance traveled. In other words, when a robot detects high concentrations of pheromones – whether they are left by the other robots or itself – it will deflect its course so as not to become trapped in relatively more difficult navigational zones such as narrow corridors. Swarm robotics has the prospect of use both in closed and open places, such as at sea, in the inspection and repair of underwater platforms, in maritime surveillance and in the air, with drones equipped with systems to monitor borders, for example (MCLURKIN, 2019).

This type of technology is getting cheaper and cheaper, but it is still not enough and there is a need for much research and development for the swarms of robots to be commercialized in the not-too-distant future, according to electrical engineer Marco Terra, coordinator of the Institute National Science and Technology (INCT) for Cooperative Autonomous Systems (InSAC), located at School of Engineering of São Carlos in University of São Paulo (EESC-USP). This category of robots to become popular, depends fundamentally on the cheapness of sensors and other components (NEDJAH; SILVA JUNIOR, 2019).

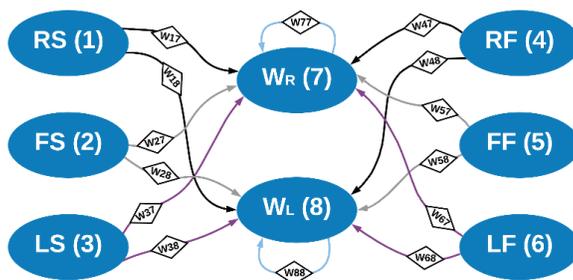


Figure 09 – DFCM-ACO controller applied in each robot

Source: Own authorship.

A summary of the authors' research is presented as follows. It initiated in 2016 in the field of autonomous mobile robotics by Mendonça et al. (2016), which implemented two navigation systems using Hybrid Dynamic Fuzzy Cognitive Maps (HD-FCM) and hierarchical Fuzzy logic controllers (FLC) in a single robot system. Nowadays, the research focusses on applying concepts of Ant Colony Optimization (ACO) for the evolution of the robot's trajectory. The first approach used one robot leaving pheromones along the way to the next ones (MENDONÇA et al., 2017).

The present work application uses a DFCM-ACO as a 4-robot system controller, as seen in Fig. 9. It can be classified as a multi-robot system with some characteristics of swarm robotics, such as the scalability. In other words, the system works in the same way with a larger number of robots (8, 16, 32 and so on). However, strictly to consider a Swarm Robotics technician it would be necessary to apply hundreds or even thousands of robots (GAZI; PASSINO, 2011).

The use of ACO reduces possible lost turns of some robots, i.e., in some situations hypothetically the robot number 1 would pass in a certain area and robot number 3 would consecutively pass again. With the use of the computational swarm intelligence technique (BONABEAU; DORIGO; THERAULAZ, 1999), an artificial pheromone is left by the previous robot and, due to this marking, the other robots that are searching for victims will not repeat the search in this place. Figure 10 shows the four robots starting, after 21 iterations, the search for victims in a virtual scenario. This type of technique could have been very useful in catastrophes such as building collapses.

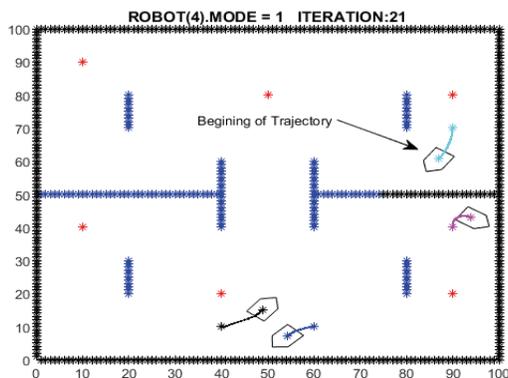


Figure 10 – Beginning of robots searches for scenario

Source: Own authorship.

It is observed in Fig. 10 that these robots are autonomous and only were not shown the successes in at least three scenarios to characterize autonomy (not the scope of this work). The objective was to show various applications of DFCM and, consequently, the versatility of application. However, in the articles cited in the development of the research, more than one scenario was presented and even comparisons with Fuzzy Mamdani were made. It should be noted that an article was submitted to WCCI 2020 with a comparison between Fuzzy Mamdani, DFCM and DFCM-ACO (MENDONÇA et al., 2020b).

Multi-robot strategy could be adapted for military application, for example, searching for mines or enemies. Or even applications in the industry in the search for parts, considering that autonomous robotics is one of the pillars of Industry 4.0 (MARIANI; BORGHI, 2019).

Figure 11 shows the end of the simulations, with all victims rescued.

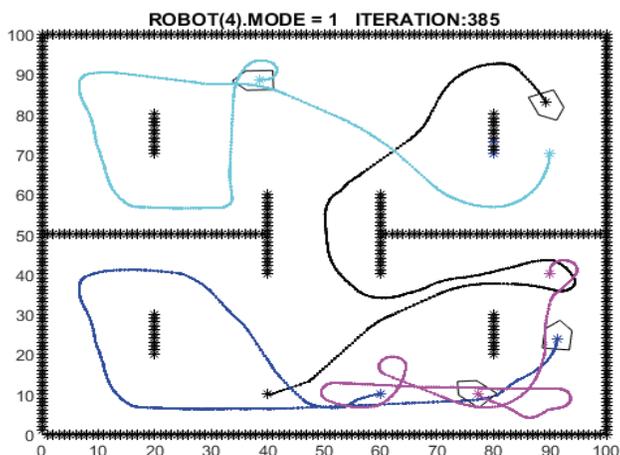


Figure 11 – End of robots searches with victims meeting

Source: Own authorship.

After 385 interactions, the mission was completed (Fig. 11). Figure 12 shows the areas searched by the robot group, which practically the entire search area was searched. The criterion for stopping the algorithm was when all the victims were found. Figure 13 shows a graph of the control pulses sent to the wheels of the robot # 1 and Fig. 14 shows a graph of the control pulses sent to wheels of robot # 3, according to the cinematic model used and similar to the presented by Soares et al. (2018).

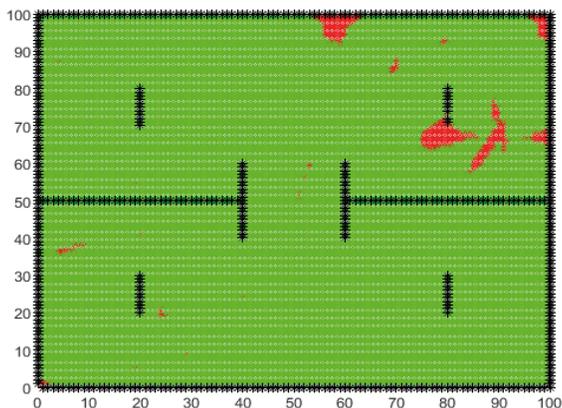


Figure 12 – Area searched by robots

Source: Own authorship.

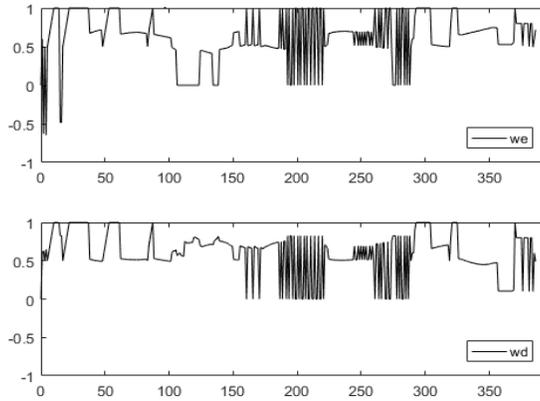


Figure 13 – DFCM-ACO control action pulses – robot #1

Source: Own authorship.

The inclusion of the DFCM-ACO algorithm, made the system with adaptive characteristics to the explore the environment due to the reduced number of lost maneuvers. For future work of this application, it could be tested a strategy of having a lead robot guided and the other autonomous follow the same.

Another experiment was done, aimed at testing the robustness of the system, to investigate whether the other robots would be able to accomplish the task if one of robots stopped. Figure 15 shows that at the beginning of the experiment, one of the robots stuck and stopped (green robot). Figure 16 shows that, even with this adverse condition, the group fulfilled the task of rescuing all victims

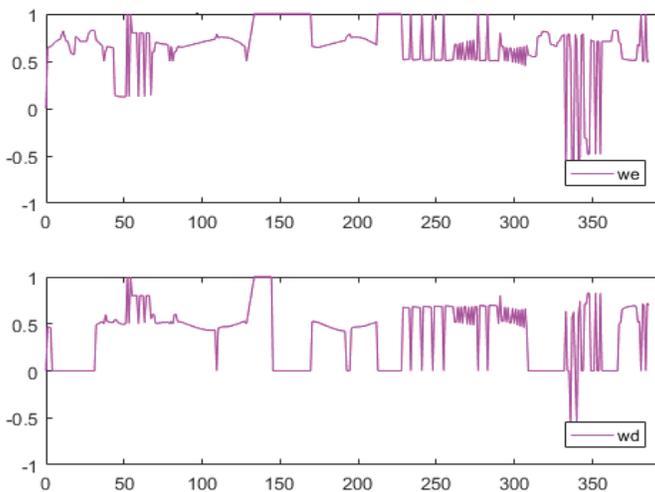


Figure 14 – DFCM-ACO control action pulses – robot #3

Source: Own authorship.

However, they used eight robots in two different scenarios to rescue victims (MENDONÇA et al., 2020b) and a comparison of a computational complexity metric was presented comparing Mamdani-type FLC, DFCM and DFCM-ACO. It is observed that the DFCM and the DFCM-ACO had similar complexity.

4 | CONCLUSIONS

In the case of the alcoholic fermenter process, the FCM-PID mechanism obtained the best responses according to the analyzed parameters, obtaining the lowest values in all of them considering the analyzed campaign. In the control of the mixer, the results were satisfactory since the variables stayed within the desired ranges even with disturbances in the process.

Finally, the robot control with a DFCM-ACO controller showed that the system was able to explore almost the entire environment by approximately 95% and the results were significant. Time was not used as a parameter, but the number of iterations, because the experiments were simulated, and the computational base had a direct influence on it. However, despite showing only one scenario, the objective was achieved. It was possible to show the robustness of the system that managed to rescue the victims even with the stop of 1 of the 4 robots and, obviously, with a much larger number of iterations (655).

Future research will focus on exploiting the potential of the soft computing techniques in industrial process control, including disturbances, new setpoint and others changes in the processes addressed.

REFERENCES

ÅSTRÖM, K. J.; WITTENMARK, B. **Adaptive Control**. 2. ed. USA: Dover Publications, 2008.

AXELROD, R. **Structure of decisions: the cognitive maps of political elites**. 1. ed. Princeton, NJ, USA: Princeton University Press, 1976.

BONABEAU, E.; DORIGO, M.; THERAULAZ, G. **Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems**. 1. ed. New York, USA: Oxford University Press, 1999.

GAZI, V.; PASSINO, K. M. **Swarm stability and optimization**. 1. ed. Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011.

KOSKO, B. Fuzzy cognitive maps. **International Journal of Man-Machine Studies**, v. 24, n. 1, p. 65–75, 1986.

LIMA, F.; SERRA, G. **Fuzzy PID controller multiobjective genetic design** 2015 IEEE 10th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), 2015.

MAHER, M. **Modélisation et élaboration d'algorithmes d'estimation et de commande : application à un bioprocédé**. [s.l.: s.n.].

- MARIANI, M.; BORGHI, M. Industry 4.0: A bibliometric review of its managerial intellectual structure and potential evolution in the service industries. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 149, n. December 2019, p. 1–24, 2019.
- MCLURKIN, J. **Multi-Robot Systems Engineering**. Disponível em: <<https://people.csail.mit.edu/jamesm/images/swarm/images/theswarm.jpg>>. Acesso em: 2 out. 2019.
- MENDONÇA, M. et al. A dynamic fuzzy cognitive map applied to chemical process supervision. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 26, n. 4, p. 1199–1210, 2013.
- MENDONÇA, M. et al. **Hybrid Dynamic Fuzzy Cognitive Maps and Hierarchical Fuzzy Logic controllers for Autonomous Mobile Navigation**. 2016 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, FUZZ-IEEE 2016. **Anais...**Vancouver, BC, Canada: IEEE, 2016
- MENDONÇA, M. et al. A cooperative architecture for swarm robotic based on dynamic fuzzy cognitive maps. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 59, n. March, p. 122–132, 2017.
- MENDONÇA, M. et al. **Multi-robot exploration using Dynamic Fuzzy Cognitive Maps and Ant Colony Optimization**. IEEE International Conference on Fuzzy Systems. **Anais...**Glasgow, UK: IEEE, 2020a
- MENDONÇA, M. et al. **Multi-robot exploration using Dynamic Fuzzy Cognitive Maps and Ant Colony Optimization**. 2020 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE). **Anais...** Glasgow, United Kingdom: IEEE, 2020b
- NEDJAH, N.; SILVA JUNIOR, L. Review of methodologies and tasks in swarm robotics towards standardization. **Swarm and Evolutionary Computation**, v. 50, n. October 2017, p. 1–26, 2019.
- OGATA, K. **Modern Control Engineering**. [s.l: s.n.]. v. 17
- PAPAGEORGIOU, E. I. (ED.). **Fuzzy Cognitive Maps for Applied Sciences and Engineering**. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2014.
- PASSINO, K. M.; YURKOVICH, S. **Fuzzy Control**. 1. ed. Menlo Park, CA, USA: Addison Wesley, 1998.
- PEDRYCZ, W.; GOMIDE, F. **Fuzzy Systems Engineering: Toward Human-Centric Computing**. 1. ed. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, 2007a.
- PEDRYCZ, W.; GOMIDE, F. **Fuzzy Systems Engineering Computing**. [s.l: s.n.].
- POZO, A. et al. Computação Evolutiva. **Departamento de Informática, UFP**, p. 61, 2011.
- ROSS, T. J. **Fuzzy logic with engineering applications**. 3. ed. New Mexico, USA: John Wiley & Sons, 2010.
- SOARES, P. P. et al. **Group of Robots Inspired by Swarm Robotics Exploring Unknown Environments**. 2018 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE). **Anais...**Rio de Janeiro, Brazil: IEEE, 2018
- STACH, W. et al. Genetic learning of fuzzy cognitive maps. **Fuzzy Sets and Systems**, v. 153, n. 3, p. 371–401, 2005.
- ZADEH, L. A. Fuzzy Sets. **Information and control**, v. 353, p. 338–353, 1965.

REDUÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES (RRD) E INTERNACIONALIZAÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO: OS GRUPOS DE PESQUISA DO ESPÍRITO SANTO (BRASIL)

Data de submissão: 05/01/2023

Data de aceite: 01/03/2023

Emmanuel Gorza Ferreira

University of Illinois Springfield
Springfield - Illinois
ORCID: 0000-0002-1291-2141

Teresa Cristina da Silva Rosa

Universidade Vila Velha
Vila Velha – Espírito Santo
ORCID: 0000-0001-6613-5088

RESUMO: A emergência de atores além Estado na gestão de riscos é um fato reconhecido pelos marcos internacionais de Sendai e Hyogo para Redução de Riscos de Desastres (RRD). A comunidade científica é um destes atores. A presente pesquisa objetivou compreender a dinâmica de divulgação do conhecimento científico sobre RRD produzido pela comunidade científica do Espírito Santo (Brasil) na perspectiva da internacionalização da ciência. Para a busca das produções científicas capixabas (ou espírito-santenses), utilizou-se o diretório de grupos de pesquisas e a plataforma *Lattes* do CNPq dos seus líderes. Analisaram-se as produções desde 2010 até junho de 2019 em termos da internacionalização através de duas categorias de publicações: trabalhos publicados em anais de congressos

internacionais e artigos científicos publicados em periódicos internacionais, em língua inglesa ou com coautores estrangeiros. Os resultados apontam a possibilidade futura de um *soft power*, dada a evolução capixaba ao longo da década estudada, porém dependente do esforço de órgãos de fomento nacionais e estaduais e de suas políticas públicas de produção e disseminação de conhecimentos voltadas para RRD.

PALAVRAS-CHAVE: Redução de Riscos de Desastres, internacionalização do conhecimento, produção científica, grupos de pesquisa, Espírito Santo.

DISASTER RISK REDUCTION (DRR) AND INTERNATIONALIZATION OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE: THE RESEARCH GROUPS OF ESPÍRITO SANTO (BRAZIL)

ABSTRACT: The emergence of actors other than the State in risk management is recognized by Sendai and Hyogo International F for Disaster Risk Reduction (DRR). The scientific community is one of these actors. This research aims to understand the dynamics of dissemination of scientific knowledge about DRR produced by the scientific community of Espírito Santo

(Brazil) from the perspective of the internationalization of science. For the search of scientific production in Espírito Santo, we used the directory of research groups and the Lattes platform (from CNPq) of its leaders. The production from 2010 to June 2019 were analyzed in terms of internationalization through two categories of publications: papers published in the fields of international conferences and scientific articles published in international journals, in English or with foreign co-authors. The results indicate the future possibility of a soft power given the evolution of Espírito Santo citizens throughout the decade studied, but dependent on the effort of national and state funding agencies and their public policies for the production and dissemination of knowledge focused on DRR.

KEYWORDS: Disaster Risk Reduction, internationalization of knowledge, scientific production, research groups, Espírito Santo.

1 | INTRODUÇÃO

O número de desastres que vem atingindo as populações no Brasil tem aumentado progressivamente nos últimos anos (Sausen, Lacruz, 2015). Estes desastres ocorrem em diferentes áreas do país, mas as áreas urbanas vêm sendo as mais atingidas. E diversos atores/agentes procuram estabelecer estratégias de enfrentamento dentro da perspectiva da redução de riscos de desastres (RRD). Assim, Sulaiman e Jacobi (2018, p. 54) afirma que “[...] é necessário promover uma cultura focada na prevenção, ao incentivar novas mentalidades e comportamentos que contribuam para a redução de risco de desastre”. É neste contexto que o presente trabalho se insere, como esforço em favor da divulgação de conhecimento em nível internacional, se voltando para a produção em RRD da comunidade científica do Espírito Santo (ES), também chamada de comunidade científica caixaba.

Aqui argumentamos que internacionalização de estudos científicos em RRD pode ser benéfica para a ampliação de conhecimentos na temática de RRD, por exemplo, na percepção de problemas comuns e também no enriquecimento da discussão deste tema em diferentes realidades histórico-culturais, socioeconômicas, políticas, geográfica e climáticas contribuindo para as formas e ações de enfrentamento dos riscos e dos desastres. Logo, entende-se que a produção de conhecimento em RRD pode, em tratando de problemáticas de cunho local ou regional e ao se internacionalizar, servir como incentivo ao surgimento de mais produções na área em outras regiões no sentido de incentivar um maior engajamento e compreensão da temática por outras comunidades científicas além de promover o compartilhamento de ações, entendidas como sendo boas práticas tal como posto no Marco de Sendai: “Promover esforços comuns, em parceria com a comunidade científica e tecnológica, a academia e o setor privado para criar, divulgar e compartilhar boas práticas em nível internacional” (UNISDR, 2015, p. 12).

Se, até década de 1980, o Brasil pouco avançou na área de prevenção de desastres, o mesmo não se pode dizer sobre a década de 2010 quando foi aprovada a sua Política Nacional de Proteção e Defesa Civil onde de acordo com o Art. 1º autorizada a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres (Casa Civil, 2012). O Marco

de Ações de Hyogo e o Marco de Sendai adotados reafirmaram a necessidade, em nível nacional, de uma política capaz de reforçar as ações no Brasil através do alinhamento das especificidades brasileiras com as prioridades do último marco. Esta política se torna, assim, um instrumento que orienta as ações de RRD no país. Para apoiar a implementação deste Sistema Nacional, uma das medidas sugeridas é a de fortalecimento da área de pesquisa, especificamente no estabelecimento de uma rede de pesquisadores bem como na definição de uma agenda de pesquisas (Portella, 2017) na área de RRD. Considerando a importância deste fortalecimento, compreende-se que uma das estratégias pode ser a internacionalização da comunidade científica através, por exemplo, da disseminação do conhecimento produzido em periódicos de circulação internacional bem como a associação ou cooperação com grupos de pesquisadores estrangeiros entre outras estratégias (Alisson, 2013 *apud* Farias, 2017).

Neste contexto, conversaremos com temáticas relevantes à área de riscos e desastres ao trazermos os temas mais abordados das produções dos líderes de grupos de pesquisas capixabas em RRD. Isso trará um retrato regional/ local e temporal sobre a temática (fig.1 e 2). E finalmente, elucidaremos o que foi feito pela internacionalização espírito-santense quanto às publicações em RRD destes líderes dentro do recorte temporal da pesquisa (fig. 3 e 4), sendo esse um modo de trazer à tona as temáticas mais abordadas por suas produções, bem como trazer um pouco da realidade capixaba relativa à riscos para um campo de discussão também internacional.

Dentro da perspectiva das Relações Internacionais (RI), o fomento à internacionalização científica, reforçado em alguns países por ações de Organizações Internacionais que, para Keohane e Nye (2005), são um dos sustentáculos de uma maior interdependência mundial, pode estar inserido no espectro de execução do soft power. Neste projeto de internacionalização científica, organismos de fomento à ciência em nível nacional e subnacional são fundamentais. Para tal, no Brasil, tanto o Espírito Santo como outros estados brasileiros contam com instrumentos governamentais e mistos, consistindo em instituições de pesquisa como CAPES/MEC, CNPq/MCTIC; FINEP, etc. e a nível estadual as CONFAPS. Também são relevantes as instituições de fomento à pesquisa como o Instituto Butantan, Fundação Oswaldo Cruz; Embrapa; Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE).

Todas estas instituições brasileiras revertem parte de seu capital para reforçar e subsidiar a internacionalização de pesquisas e pesquisadores, proporcionando, ao Brasil, a oportunidade de fomento às ideias e sugestões incentivadas por Organizações Internacionais em seus documentos. Neste sentido, a importância do fomento à internacionalização e conexão global do conhecimento em RRD é inerente não apenas à própria existência desta área de estudo como também é de interesse da população na perspectiva de uma agregação de conhecimento que contribua para a mitigação das vulnerabilidades, e para a gestão dos riscos de desastres.

Este artigo está organizado em dois tópicos principais que consistem em: (1) uma introdução sobre Relações Internacionais, RRD e internacionalização da ciência e da produção de conhecimento como estratégia de *soft power*; (2) uma apresentação da metodologia utilizada no levantamento de dados e uma discussão dos resultados encontrados através do mapeamento de obras (artigos e publicações em anais de congressos internacionalizados) capixabas em RRD e a sua relação com o *soft power* apreendido como uma estratégia de internacionalização.

2 | DESENHO METODOLÓGICO

O desenho metodológico adotado para o mapeamento dos artigos publicados de líderes de grupos de pesquisas científicas capixabas sobre a temática RRD envolveu duas etapas:

- Etapa de levantamentos: (1.a) dos grupos de pesquisa no Espírito Santo registrados no Diretório de Grupos de Pesquisa do CNPq até junho de 2019 (CNPQ, 2019); (1.b) da produção científica (artigos) de líderes de grupos espírito-santenses entre 2010 até junho de 2019 (CNPQ e Lattes, 2019), além do mapeamento de publicações em RRD apresentadas em Anais de Congresso internacionais por autores capixabas. Para ambos os levantamentos foram empregadas as seguintes palavras-chave: Redução de Riscos de Desastres; Riscos de Desastres; Riscos; RRD; Desastres;
- Etapa de sistematização dos dados levantados através da construção de um gráfico e dois mapas que tratam dos dados coletados na pesquisa, os quais serão detalhadamente discutidos ao longo do texto: um quadro com as palavras-chave mais frequentes nas publicações mapeadas de modo a produzir uma nuvem de palavras (fig. 2) - é um gráfico digital que mostra o grau de frequência das palavras em um texto. Quanto mais a palavra é utilizada, mais chamativa é a representação dessa palavra no gráfico. As palavras aparecem em fontes de vários tamanhos e em diferentes cores, indicando o que é mais relevante e o que é menos relevante no contexto (A Rede, 2015) – onde essa representação visual de uma lista hierarquizada das palavras/ termos mais frequentes orientou a meta-análise do *corpus* selecionado. A partir do mapeamento da produção de autores-líderes de grupos capixabas, foi feito um trabalho analítico buscando verificar em que medida esta produção pôde contribuir para a internacionalização do conhecimento. Como estratégias de internacionalização do conhecimento e/ou da comunidade científica, podem ser citadas: disseminação do conhecimento produzido em periódicos de circulação internacional bem como a associação ou cooperação com grupos de pesquisadores estrangeiros entre outras estratégias (Alisson, 2013 *apud* Farias, 2017). Os preceitos aqui considerados para a análise da internacionalização das obras contidas no espectro de pesquisa se baseiam em alguns aspectos: tratam-se de autores brasileiros com obras apresentando ao menos uma das seguintes características: dispo-

sição da publicação em outro idioma além do português; participação de autor(es) ou co-autor(es) estrangeiro(s); publicações em redes internacionais de conhecimento.

O desenvolvimento deste artigo é composto por quatro subtópicos, sendo o primeiro referente a um gráfico temporal da produção de artigos por autores de líderes de grupos capixabas (fig.1) que demonstra a produção em cada ano da década passada (2010-2019), além de justificar os limites da pesquisa nesse recorte de tempo. O segundo subtópico se refere a Nuvem de Palavras (fig. 2) detalhada acima. Os dois subtópicos seguintes foram elaborados para indicar o desempenho da difusão internacional capixaba, sendo: o primeiro (1) indica através da fig.3 a distribuição da participação de autores capixabas em RRD que obtiveram publicações em Anais de Congressos no escopo internacional, levando em consideração o número de produções publicadas em anais internacionais na área RRD. O segundo (2), revela a distribuição de artigos em RRD publicados pelos autores capixabas líderes dos GPs mapeados na pesquisa em plataformas internacionais (fig. 4), sendo elas: Elsevier; *Estudios Rurales*; *Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati* (SISSA); *Canadian Center of Science and Education* (CCSE)), totalizando 6 dentre os 10 artigos internacionalizados.

O desenho metodológico aqui adotado tem limites. Por exemplo, existem pesquisadores que trabalham nesta área temática, mas, por força dos procedimentos metodológicos selecionados para este estudo, os grupos aos quais eles estão ligados podem não ter sido identificados pelo motor de busca do diretório do CNPq quando empregadas as palavras-chave da pesquisa bem como o recorte temporal. Além disso, se na descrição do grupo de pesquisa não tiver sido inserido pelo líder nenhuma das palavras chaves, o motor de busca não terá condições de identificá-lo. Como este mapeamento é uma etapa inicial da pesquisa, a limitação metodológica vai, de certa forma, aparecer, ainda, no estudo sobre a internacionalização, pois a produção analisada está atrelada aos limites citados.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

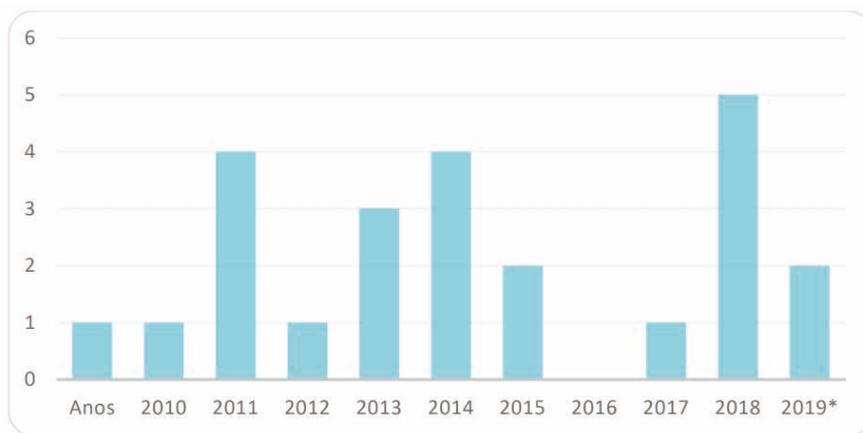
3.1 Grupos de pesquisa capixabas que abordam a RRD: Análise da publicação de artigos

Este tópico visa a análise do recorte temporal da pesquisa. Também busca contextualizar o surgimento do interesse na produção de conhecimento científico sobre redução de riscos de desastres no estado por parte dos líderes de grupos de pesquisas (GP) do Espírito Santo mapeados dentro do motor de busca descrito na metodologia.

O presente estudo apreende a temática de RRD como integrando o rol de temáticas ambientais. Neste sentido, vale lembrar que tais temáticas, tradicionalmente, são de interesse das Ciências Naturais sendo, mais recentemente, objeto das Ciências Sociais e Humanas (Hannigan, 1997). Estas últimas passam a se interessar por tais temáticas

quando estas passam a ser apreendidas como um fenômeno ou problema social.

O interesse tardio pela área de RRD se refletiu no levantamento feito quando se observou que nenhum dos líderes identificados pela metodologia empregada no estudo havia publicação em RRD anterior a 2010. Isso justifica o recorte temporal de busca a partir de 2010. As publicações encontradas empregam as palavras-chave da pesquisa a partir do ano de 2010 até junho de 2019 consultando-se os Lattes de cada líder capixaba (fig. 1).



* O valor pode sofrer alterações, pois a pesquisa foi realizada até junho de 2019

Fig. 1 - Produções em RRD por ano no Espírito Santo (Fonte dos Dados: Currículo Lattes, 2019).

Um outro aspecto sobre o ES a chamar a atenção é a sua história ambiental. A sua região urbana ilustra o processo de modernização e internacionalização de sua economia com o desenvolvimento periférico tardio que, de acordo com Castiglioni (2009), ocorre a partir da década de 1980. Além de relativamente recente, sua urbanização não planejada se deu em um curto período de tempo, de forma acelerada, marcado pela expansão da periferia, principalmente por meio de invasões e loteamentos clandestinos diversas áreas (muitas sendo áreas de preservação permanente (APP)), aliada à construção em massa de habitações populares de baixo padrão (Oliveira e Lyra, 2005). Esta ocupação, além de fragilizar os ecossistemas, colaborou para a vulnerabilização das comunidades no enfrentamento de desastres.

Evidenciando que o processo de construção de risco tem um caráter histórico-social, esta história ambiental pode ser apreendida, assim, como um dos fatores explicativos do interesse tardio de pesquisas e produção de RRD como apontado acima. É compreensível que as preocupações da população e da comunidade científica das ciências sociais e humanas se voltem para um objeto quando o mesmo se torna um fenômeno socialmente construído. É neste momento que o problema passa a ser objeto de debate na governança ambiental local e de interesse como objeto de estudo, tornando-se necessário a formulação

e implantação de políticas públicas.

Apesar disto, o caráter dos estudos em RRD e sua internacionalização nesta década estudada parece promissor tanto no ES quanto no país, visto a tendência de aumento dos desastres, a vulnerabilidade das populações em lidar com ele, o papel deficiente do Estado na gestão do risco, entre outros pontos. Infelizmente, é dentro deste contexto que, no estado, observa-se uma constante produção ao longo dos anos com artigos sendo publicados em todos os anos, exceto em 2016. Isso, juntamente com o fato do ano de 2018, identificamos um recorde em número de produções neste gênero no estado (sendo este o último ano possuindo seus 12 meses mapeados), demonstra que, apesar de relativamente recente, os estudos e publicações em RRD vêm evoluindo, algo inédito em outras décadas nesta região.

3.2 Termos mais empregados nos artigos publicados em periódicos científicos

A quantidade encontrada de grupos capixabas relacionados à temática RRD ao se realizar a pesquisa no diretório de grupos de pesquisa (DGP) do CNPq foi de um total de cinco ($n=5$) (CNPq, 2019). Quanto aos líderes de cada um dos 5 grupos, foram mapeados 23 artigos que se encaixam na temática a partir do ano de 2010 até junho de 2019 consultando-se os currículos Lattes de cada líder capixaba.

No sentido de identificar as palavras mais usadas dentre os artigos mapeados, foi produzida uma nuvem de palavras com base nas obras (artigos publicados em periódicos científicos) dos autores capixabas sobre a temática RRD. A nuvem de palavras¹ dá uma ideia geral da frequência de termos mais empregados no corpo do texto das publicações mapeadas. Esta frequência se reflete no tamanho das palavras e cores, condensando todos os textos das produções numa mesma nuvem de palavras. Com base nesta nuvem única, foi feita uma análise interpretativa.

¹ A nuvem foi feita através do site *Word It Out* (disponível em: <https://worditout.com/>), onde o conteúdo de todas as publicações em questão foi colocado na caixa de texto do site (fig. 2)

uma base economicamente centrada, elas podem atuar em favor da redução de riscos de desastres. Hahn *et al.* (2010, p. 6) atentam para o papel dos atores econômicos na busca de ações mitigadoras: “[...] em relação à subscrição de riscos ambientais [...], que apresentem soluções adequadas aos empresários e que passem a questionar a sua exposição a esse tipo de risco”. Além disso, o Marco de Sendai coloca que as empresas devem integrar o risco e o desastre em sua gestão, indicando a necessidade de um trabalho colaborativo entre elas e de atores como a comunidade científica no alcance de tal objetivo (UNISDR, 2015). O debate sobre empresa numa perspectiva da RRD levanta o questionamento sobre a relação entre economia e meio ambiente ou da sustentabilidade ou da insustentabilidade do sistema capitalista (Andrade, 2008; Cavalcante 2010) que a agenda internacional da RRD coloca como sendo temáticas inter-relacionadas.

Neste contexto de empresas, vale mencionar a publicação parte do corpo analisado de Nossa *et al.* (2015) que trata dos “acidentes ambientais”, podendo estes terem uma origem natural ou ocorrer por intervenção humana. Em seu conteúdo, os autores trazem o papel dos seguros (quarta palavra mais frequente segundo a nuvem) como mecanismo de ajuda na diminuição dos passivos ambientais causados pelas empresas, os seguros de riscos ambientais e o nível de oferta desses seguros no Brasil. Cabe lembrar que os passivos ambientais são definidos como todo o tipo de impacto adverso causado ao meio ambiente por um determinado empreendimento e que ainda não tenha sido reparado (Ribeiro e Gratão, 2000). A redução de passivos ambientais das empresas é um tema que pode, de alguma forma, contribuir para a sustentabilidade de empreendimentos poluidores, desde que sejam preocupação antes da implantação de suas atividades. Neste contexto, outra publicação do corpus, Nossa S.N (2017), aborda a sustentabilidade empresarial.

Quanto à palavra “sustentabilidade”, ela ocupa a terceira posição dentre aquelas de maior frequência. Dentro do corpus analítico, Vasconcelos e Silva (2019) abordam os ambientes dos negócios sustentáveis. Já Nossa, Teixeira e Funchal (2011) discutem o índice de sustentabilidade empresarial (ISE) além da percepção de risco e reação aos acidentes ambientais (sic) relacionados a mineradoras no mercado brasileiro. Silva Júnior *et al.* (2019) tratam da sustentabilidade como uma questão social bem como da responsabilidade corporativa como parte importante na mudança no cenário de riscos já que as atividades das corporações possuem um impacto, muitas vezes, em larga escala sobre a sociedade civil, onde as empresas teriam responsabilidades com a esta última.

Como podemos observar, as três palavras mais citadas na nuvem são temáticas interconectadas, onde “ambientais” pode representar o sistema ecológico ou a natureza e “empresas” o modelo capitalista neoliberal. Ambas palavras são elementos na contemporaneidade mundial ao lado da “sustentabilidade”, sendo esta a tentativa da modernidade em buscar atenuar a degradação ambiental e o processo de construção de riscos.

Vale ainda serem feitas duas observações: (a) A quarta palavra mais frequente é

“seguro”, que está relacionada às medidas e questões de segurança envolvidas na RRD quanto a noção de seguro como *“Instrumento que visa garantir a reparação de danos (pessoais ou materiais) causados involuntariamente a terceiros, em decorrência de poluição ambiental”* (Bitar e Ortega, 1998, p. 499). A quinta palavra mais abordada é “risco”, que poderia ter aparecido com maior ênfase já que os desastres têm tido uma ocorrência considerável no estado do Espírito Santo.

(b) A outra observação se refere a presença de palavras em inglês considerando que o mapeamento feito identificou publicações em inglês. São elas: *“Environmental”*, em português que *“Ambiental”* e *“Climate”* (clima), indicando uma possível associação entre os desastres e padrões meteorológicos ou climáticos.

A análise da nuvem de palavras buscou identificar os termos mais abordados nas publicações do corpus analítico de forma a fazer uma leitura geral da produção da comunidade científica identificada dentro de um dado recorte temporal determinado e das limitações metodológicas já especificadas

3.3 Participação dos líderes de grupos de pesquisa capixabas em RRD em escopo internacional (1)

Este item visa focar, nos trabalhos completos publicados em anais de congressos internacionais mapeados de acordo com o tema RRD. A partir daqui, inicia-se uma parametrização dos dados sobre a produção capixaba em RRD exterior destes trabalhos. Para tal, foi feito um mapeamento destas obras através do currículo Lattes de cada líder de grupo de pesquisa.

Os resultados da pesquisa mostram a distribuição das publicações, evidenciando uma preferência por congressos de âmbito nacional, um total de 69, sendo destas 23 publicadas em Anais de Congresso capixabas e 42 publicadas em Anais de Congresso de outros estados brasileiros. Apesar da predominância de publicações em Anais de Congressos nacionalmente, observa-se um esforço de internacionalização do conhecimento em RRD produzido no estado visto que 23 obras, equivalente a 28% do total de obras publicadas em anais de congressos, foram internacionalizadas através desse meio de divulgação de conhecimento científico. Isso reforça o esforço e compromisso de parte considerável da comunidade científica capixaba em RRD com a internacionalização.

Foram levantados os países onde os pesquisadores capixabas participaram de congressos internacionais e publicaram seus trabalhos completos em anais. O gradiente de cor verde mostra o número de trabalhos por país (fig. 3)

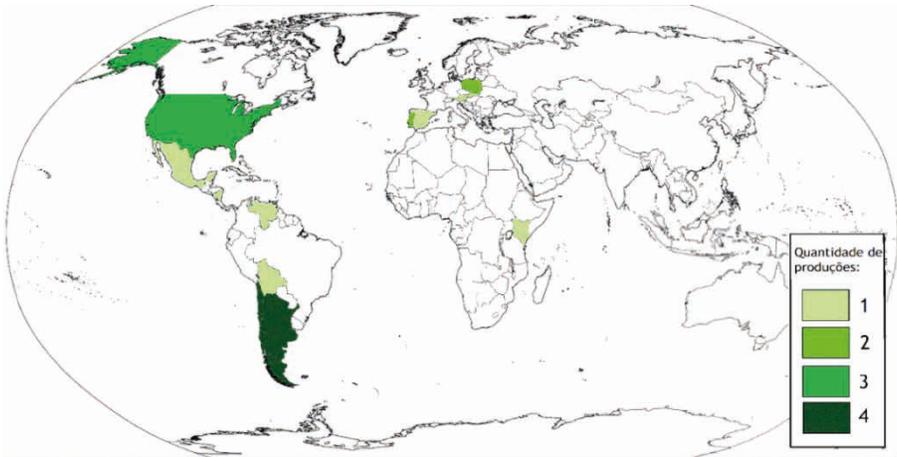


Fig. 3 – Participação dos autores capixabas em RRD no escopo internacional por número de produções/anais na preterida área (Fonte dos dados: Plataforma Lattes, 2019).

Observa-se que a internacionalização capixaba através de trabalhos em anais de congresso em RRD privilegiou com mais frequência congressos no Chile e na Argentina visto que foram mapeados no total de oito (8) trabalhos (ou seja, quatro obras internacionalizadas em cada um destes países). Além disso, foram mapeados quatro (4) trabalhos em congressos na Bolívia, na Colômbia, na Nicarágua e no México (com uma obra cada um), totalizando doze (12) trabalhos em anais de eventos latino-americanos (46 % do total). 38% destes trabalhos foram apresentados em congressos internacionais de países com maior proximidade ao Brasil, ou seja, países sul-americanos. Considerando os três (3) trabalhos em anais de congressos nos Estados Unidos da América, verifica-se que 57 % desta produção mapeada está voltada para o continente americano.

Com relação ao continente europeu, mapeou-se o total de nove (9) trabalhos em anais de congressos (35%), sendo que Portugal bem como a Polônia apresentam, cada um, duas produções capixabas publicadas em anais. A Espanha, Áustria e Croácia também estão presentes no mapeamento, tornando a Europa um dos continentes mais receptores deste material capixaba no tema. Além da presença europeia e das Américas, na África, somente um (1) trabalho foi apresentado em congresso no Quênia, oportunizando a visibilidade da produção em RRD.

Finalmente, chama atenção o baixo interesse em apresentar trabalhos em países da Comunidade de Língua Portuguesa (CPLP). O caso de Portugal, com um quantitativo extremamente pequeno, tratando-se de um país lusófono, pode indicar uma desconexão com a sua comunidade acadêmica que poderia ser enriquecedora para o intercâmbio nesta área. A título de ilustração, a Associação Portuguesa de Riscos e Desastres³, ligada a

3 Riscos - Disponível em: <http://www.riscos.pt/#:~:text=EF%BB%BFV%20Congresso%20Internacional%20de%20Riscos%20Decorrer%C3%A1%20de%2012,do%20risco.%20Agir%20hoje%20para%20proteger%20o%20amanh%C3%A3%22>

Universidade de Coimbra, promove a cada três anos seu congresso internacional sobre riscos além de ter publicações voltados para estas temáticas⁴. O caso da comunidade de língua portuguesa africana também aponta um possível distanciamento de sua comunidade científica mesmo havendo seis países africanos de língua portuguesa.

3.4 Participação dos líderes de grupos de pesquisa capixabas em RRD em escopo internacional (2)

Nesse subtópico, analisaremos, a partir dos artigos mapeados, o potencial de internacionalização do conhecimento produzido sobre a temática (RRD) de acordo com os critérios já citados no desenho metodológico para serem considerados como produção com tal potencial.

Os resultados encontrados foram: Dos 23 (57%) artigos mapeados, 13 (43%) foram internacionalizados e 10 não foram internacionalizados até o momento da pesquisa. Observa-se que quase metade dos artigos preenchem os critérios estabelecidos no estudo para a internacionalização da produção científica. Percentualmente, é uma quantidade expressiva de artigos publicados em periódicos, a qual sugere um potencial de internacionalização do conhecimento científico capixaba. Dentro destes 43%, três (3) obras apresentaram colaboração de autores estrangeiros, cinco (5) estavam em inglês e seis (6) foram publicados em periódicos internacionais. Ainda vale atentar que seis (6) dos dez (10) artigos apresentaram mais de um destes critérios de internacionalização (fig. 4)

O mapa a seguir abordará 6 dos 10 artigos que preencheram os critérios de internacionalização deste estudo, sendo estes 6 necessariamente preenchendo o critério: artigo com publicação em plataforma internacional, buscando dar uma noção de onde o conhecimento capixaba em RRD tem sido apresentado.

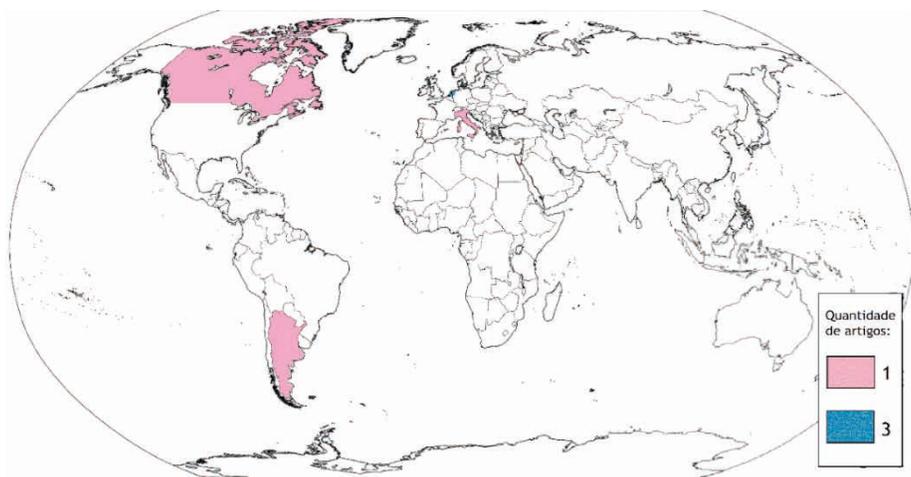


Fig. 4 – Artigos de líderes de Grupos de Pesquisa Capixabas que abordam RRD com publicações em plataforma internacional (Fonte dos dados: Plataforma CNPq e Lattes, 2019).

⁴ Disponível em: <https://territorium.riscos.pt/> e Estudos Cíndicos - Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança. Disponível em: https://www.riscos.pt/publicacoes/sec/volume_2/.

Quanto aos artigos científicos publicados em periódicos internacionais de acordo com os critérios citados anteriormente, foram encontrados três (3) artigos publicados na Holanda e um (1) em cada um destes países: Itália (a presença de um artigo sendo publicado Instituto de Pesquisa *Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati* (SISSA)), Argentina e Canadá (o *Canadian Center of Science and Education* (CCSE) acrescenta a presença da internacionalização capixaba em RRD no continente americano). Isso mostra um certo interesse na internacionalização do conhecimento produzido pela comunidade capixaba seis (6) entre dez (10) (fig. 3) Vale ressaltar a forte influência da empresa holandesa Elsevier (disponível em: <https://www.elsevier.com/pt-br>), uma das que mais dominam publicações científicas no mundo inteiro, por onde foram publicados os três artigos citados, podendo demonstrar a sua influência junto aos autores capixabas. Cita-se aqui, também, o certo interesse dos cientistas capixabas mapeados (fig. 4) em publicar na América Latina (sendo o caso do portal de publicações argentino *Estudios Rurales* – disponível em: <http://ppct.caicyt.gov.ar/estudios-rurales>) por conta, talvez, da proximidade geográfica e cultural. Estes dados apontam para o que já havia sido observado (fig. 4): o interesse de internacionalização do conhecimento capixaba em RRD se concentra principalmente na Europa e nas três Américas.

As características da internacionalização da produção capixaba em RRD identificada neste estudo encaixam-se na definição comumente usada no século XX como sendo parte de políticas ditas como *low politics*, se remetendo a uma política alternativa ao *mainstream* das *high politics*, como abordado acima. No presente artigo, compreende-se que a busca por essa internacionalização do conhecimento pode ser vista como um mecanismo de *soft power* no sentido de vir a fazer parte de uma política nacional e estadual implementada por agências de fomento científico voltada para incrementar a divulgação deste conhecimento como forma de poder e de influência na esfera internacional. Espera-se que ocorra uma evolução ainda mais significativa da internacionalização científica capixaba em RRD no futuro, beneficiando-se da onda de globalização do conhecimento a fim de que possa, um dia, ocupar um espaço maior na esfera do poder brando (*soft power*).

4 | CONCLUSÃO

Buscou-se, no presente artigo, trazer à luz o possível potencial de internacionalização de conhecimentos científicos capixabas em RRD. O esforço identificado aqui pode ser situado dentro do que pregam os marcos onusianos de RRD sobre a internacionalização e o intercâmbio de conhecimentos em RRD. Através das pesquisas feitas no diretório de grupos de pesquisa do CNPq e na plataforma Lattes mapeando a produção de conhecimento capixaba, fica evidenciado um potencial de influência quantitativamente ainda baixo, mesmo que presente, com tendência crescente. Os dados de pesquisa apontam que o poder de *soft power* é possível de vir a se tornar maior e mais reconhecido visto a evolução capixaba

ao longo da década estudada. É claro que este esforço dos pesquisadores capixabas depende em grande medida do esforço de órgãos de fomento nacionais e estaduais com base em políticas de produção e disseminação de conhecimentos, em especial, em RRD, temática emergente mundialmente.

A divulgação e disseminação dos estudos capixabas em RRD pode ser vista numa abordagem da internacionalização da ciência e de conhecimentos localmente produzidos. Neste estudo, isso vem em forma de produções científicas elaboradas no cerne dos grupos identificados, o que é um importante registro sobre a compreensão e evolução tanto da produção de conhecimento sobre a temática no ES quanto do processo de produção de riscos e desastres no estado. Isso é fundamental para que não se repitam as mesmas inadequações cometidas no passado.

Além disto, saber sobre a dinâmica de produção de conhecimento é imprescindível para que haja uma comunicação entre a comunidade acadêmica e a instância política no sentido de vir subsidiar o processo de formulação de políticas públicas, inserindo as questões ambientais como um todo e, em particular, as relacionadas à redução do risco de desastres. Este ponto é ressaltado nos marcos onusianos sobre RRD, o que nem sempre ocorre a contento devido a características próprias ao poder público no país.

Espera-se que o presente estudo abra novos interesses e possibilidades para a comunidade científica como ator da governança ambiental local e internacional de forma a incorporar e contribuir com a evolução e aplicação das práticas em RRD em outras regiões do mundo, não apenas no campo acadêmico-científico e educacional, mas também no cotidiano das sociedades.

REFERÊNCIAS

A REDE EDUCA. **Crie a sua nuvem de palavras**. 2015. Disponível em: <http://www.aredede.inf.br/crie-a-sua-nuvem-de-palavras/> Acesso em: 10 dez. 2019.

Andrade, D. C. **Economia e meio ambiente: aspectos teóricos e metodológicos nas visões neoclássica e da economia ecológica**. v. 14 n. 1. p. 1-31, 2008. Leituras de Economia Política. Campinas: Unicamp. Disponível em: (PDF) Economia e meio ambiente: aspectos teóricos e metodológicos nas visões neoclássica e da economia ecológica | André Lourival - Academia.edu Acesso em: 01 nov. 2020.

Beck, U. **A política na sociedade de risco**. v. 1 n. 17 p. 376-392, 2010. Genève: Revue du Mauss. Disponível em: A Política Na Sociedade de Risco - Ulrich Beck | Ideias (unicamp.br) Acesso em: 12 fev. 2021.

Bitar, O.Y; Ortega, R.D. **Gestão Ambiental**. v. 32, n. 4. p. 499-508, 1998. Geologia de Engenharia. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE).

BRASIL. **Lei n.º 12.561 de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, 2012. Disponível em: Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: L12651 (planalto.gov.br) Acesso em: 8 mar. 2021.

Bringham, J. R. e Gunther, W. M. R. **Participação Social em Programas de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos**. v. 16 n. 4 p. 421-430, 2011. Engenharia Sanitária e Ambiental. *SciELO*. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v16n4/a14v16n4.pdf> Acesso em: 2 fev. 2021.

CASA CIVIL. **Lei n.º 12.608, PNPDEC**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC, 2012. Título. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm#:~:text=Art.,desastres%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAs Acesso em: 10 abr. 2020.

Castiglioni, A. H. **Mudanças na estrutura demográfica do Espírito Santo ocorridas durante a segunda metade do século XX**. v. 1 n. 7 p. 100 2009. *Revista Geografica*. Vitória: Universidade do Espírito Santo. Disponível em: (PDF) Mudanças na estrutura demográfica do Espírito Santo ocorridas durante a segunda metade do século XX (researchgate.net) Acesso em: 8 mar. 2021.

Cavalcante, C. **Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental**. v. 24 n. 68 p. 1-15, 2010. São Paulo: Estudos Avançados. Disponível em: SciELO - Brasil - Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental Acesso em: 25 mar. 2021.

Da-Silva-Rosa, T., Mendonça, M., Gava, T. e Souza, R. M. **A educação ambiental como estratégia para redução de riscos socioambientais? Estudos de casos no Rio de Janeiro e Pernambuco**. v. 18 n. 3 p. 211-230, 2015. *SciELO*, Campinas. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2015000300013&lng=pt&tlng=pt Acesso em: 7 mar. 2021.

Farias, S. A. **Internacionalização dos periódicos brasileiros**. v. 57 n. 4 p. 401-404, 2017. *SciELO*, São Paulo. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rae/v57n4/0034-7590-rae-57-04-0401.pdf> Acesso em: 30 out. 2020.

Hahn, A. V., Rezende, I. A. C., e Nossa, V. **O seguro ambiental como mecanismo de minimização do passivo ambiental das empresas**. v. 6, n.2, p. 61-81, 2015. FURB. Disponível em: <http://proxy.furb.br/ojs/index.php/universocontabil/article/view/889/1279> Acesso em: 27 set. 2020.

HANNIGAN, John A. **Sociologia ambiental: a formação de uma perspectiva social**. v. 1, n.2, p. 21-24, 1997. Lisboa, Instituto Piaget. Disponível em: HANNIGAN, John A. Sociologia Ambiental A Formação de Uma Perspectiva Social | PDF | Movimento ambientalista | Sociologia (scribd.com) Acesso em: 8 ago. 2020.

Leff, E. **Racionalidade ambiental: a reapropriação social da natureza**. v. 2 n. 1 p. 11-14, 2006. Rio de Janeiro, RJ: *Civilização Brasileira*. Disponível em: (99+) Racionalidade ambiental: a reapropriação social da natureza | Enriquer Leff - Academia.edu Acesso em 26 set. 2020.

Nossa, V., Santos, V. R. e Nossa, S. N. **O que se tem pesquisado sobre Sustentabilidade Empresarial e sua Evidenciação?** v. 11 n. 5 p. 87-105, 2017. Repec: Revista de educação e pesquisa em contabilidade. Brasília. Disponível em: <http://www.repec.org.br/repec/article/view/1719/1288> Acesso em: 8 mar. 2021.

Nye, J. S. **Soft Power: The Means to Success in World Politics**. v.1 n. 1 p. 29-31, 2005. New York, NY: Public Affairs.

Oliveira, E. G., Moreira, G. X., Lyra, R. M. **Caracterização das ocupações desordenadas nos municípios de Vitória e Vila Velha - ES: Um estudo das favelas e loteamentos irregulares.** 2005. *Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina*. Universidade de São Paulo. **Anais**. Disponível em: www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx Acesso em: 12 dez. 2019.

Portella, S. L. D. **O saber urgente do saber das urgências: redução de riscos e desastres no Brasil.** (Tese de doutoramento) 2017. Universidade de Coimbra. Coimbra, Portugal. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10316/79583> Acesso em: 6 set. 2020.

Sausen, T. M., Lacruz, M. S. P. **Sensoriamento remoto para desastres.** v. 1 n. 1 p. 16-23, 2015. São Paulo: Oficina de Textos. Disponível em: Sensoriamento remoto para desastres - Tania Maria Sausen, María Silvia Pardi Lacruz - Google Livros Acesso em: 19 abr. 2020.

Sulaiman, R. J. **Olhares e saberes para a redução de risco de desastre.** v. 1 n. 1 p. 50-52, 2018. São Paulo, 50-52. Disponível em: (PDF) Olhares e saberes para a redução de risco de desastre (researchgate.net) Acesso em: 9 abr. 2020.

Teixeira, E. A., Nossa, V., Funchal, B. **O índice de sustentabilidade empresarial (ISE) e os impactos no endividamento e na percepção de risco.** v. 22 n. 55 p. 1-15, 2011. *SciELO*, 22, 29-44. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-70772011000100003&lng=pt&tlng=pt Acesso em: 5 mar. 2021.

UNISDR. **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 – 2030.** v. 1 n. 1 p. 5-35, 2015. 5EN5000 1ª edição, 201. Disponível em: <https://www.preventionweb.net/files/43291/sendaiframeworkfordrren.pdf> Acesso em: 5 jul. 2020.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA VISANDO A UMA ECONOMIA DE BAIXO CARBONO E ATENUAÇÃO DA DESIGUALDADE SOCIAL NA AMAZÔNIA

Data de aceite: 01/03/2023

Giorgio Antonio Chiarini Silva

Universidade do Estado do Amazonas,
Escola Superior de Tecnologia, EST/UEA,
Manaus, AM

Tales Antonio Martins Lima

Universidade Federal do Amazonas,
UFAM, Manaus, AM

Luiz Henrique Barbosa Nunes-Filho

Instituto Militar de Engenharia, IME, Rio
de Janeiro, RJ

Luis Pedro Matos da Silva

Universidade de São Paulo, USP, São
Paulo, SP

Victória do Monte Rodrigues

Universidade Estadual de Campinas,
Unicamp, Campinas, SP

Sergio Duvoisin Júnior

Universidade do Estado do Amazonas,
Escola Superior de Tecnologia, EST/UEA,
Manaus, AM

Roberto Alexandre Alves Barbosa Filho

Sistema Colégio Militar do Brasil, Colégio
Militar de Manaus, CMM, Manaus, AM

Guilherme Henrique Almeida Pereira

Universidade Federal de Roraima,
UFRR, campus Murupu, Boa Vista, RR

RESUMO: A contribuição da região Norte para o Sistema Elétrico Nacional é, em quase sua totalidade, oriunda de hidrelétricas e termelétricas, fontes emissoras de toneladas CO₂ para atmosfera anualmente. Antes da interligação ao sistema, essas fontes é que alimentavam as edificações na região, incluindo os sistemas de refrigeração e iluminação. Diante disso, planejou-se um sistema que possibilitará às organizações uma economia eficiente e de baixo carbono, ao mesmo tempo em que contribuirá para atenuação da desigualdade social e, assim, para conservação ambiental e sustentabilidade na Amazônia. O projeto prevê o aproveitamento energético da radiação solar na região Amazônica para os sistemas de refrigeração. Além disso, prevê a substituição de condicionadores de ar convencionais por unidades evaporadoras e unidades condensadoras capazes de reduzir 50% do consumo e usando gás refrigerante que não degrada o ozônio atmosférico, em lugar de HCFC-22. Planeja também a reutilização de componentes elétricos de lâmpadas fluorescentes, para produção de lâmpadas LED, com gerenciamento dos resíduos visando à geração de renda em associações de catadores. Dessa forma, além de tornar as

organizações “usinas” de produção de energia limpa e renovável, o sistema poderá zerar o consumo de energia da rede pública ao mesmo tempo em que reduzirá a emissão anual de toneladas de CO₂ equivalente e gás HCFC-22 para a atmosfera. Adicionalmente, a destinação dos resíduos a associações poderá gerar receita para atenuar dificuldades de famílias em risco socioeconômico na região.

PALAVRAS-CHAVE: Floresta tropical; Mudanças Climáticas; HCFC; Desenvolvimento Sustentável.

INTRODUÇÃO

Uma instituição sustentável visa compatibilizar eficiência econômica com conservação ambiental e, ao mesmo tempo, contribuir para a equidade social (NASCIMENTO, 2012), especialmente em áreas de conservação que constituem a Amazônia Legal, como o Amazonas. O Estado do Amazonas tem uma população composta por mais de 4 milhões de pessoas, com renda *per capita* abaixo do salário mínimo nacional (IBGE, 2016) e baixos índices educacionais (INEP, 2015). Isso contribui para diversas questões como exploração de mão de obra infantil e baixos índices de desenvolvimento humano (IBGE, 2010; PNUD, 2013).

De encontro a esse cenário, o Estado do Amazonas abriga a maior floresta tropical do mundo, que sequestra toneladas de carbono da atmosfera anualmente, a Amazônia (RIBEIRO et al., 1999). O bioma situa-se na região intertropical onde a radiação solar intensa, combinada à elevada umidade relativa do ar resulta em alto índice de calor na região. Por isso, a demanda por condicionadores de até grande na região. Eles funcionam a partir de energia proveniente, grade parte, de hidrelétricas e termelétricas instaladas nos grandes rios da Amazônia, atividades que emitem grandes quantidades de gases de efeito estufa (GEE) como metano (CH₄) e dióxido de carbono (CO₂) (KEMENES, 2006).

Em função de atividades de alto carbono como essas, as emissões dos GEE aumentaram nas últimas décadas. Isso tem elevado a temperatura da atmosfera e ocasionado o aquecimento do planeta, com previsão de derretimento das geleiras e consequente elevação do nível dos oceanos (IPCC, 2014). Além das emissões de GEE, muitos sistemas de refrigeração ainda utilizam um hidroclorofluorcarboneto (HCFC) como gás refrigerante. O HCFC é um gás prejudicial à atmosfera, pois seus átomos de cloro se ligam às moléculas de ozônio (O₃), interferindo no ciclo de formação desse gás (BRAGA et al., 2005). Contudo, o O₃ atmosférico regula a entrada de raios ultravioleta (UV), uma radiação constituída de ondas eletromagnéticas de alta frequência e elevado nível de energia, em especial a UV-C, que pode causar sérios problemas à saúde humana (BRAGA et al., 2005; GASPAR, 2011).

Assim, além de consumir energia de fonte que emite GEE, os sistemas de refrigeração utilizam um gás HCFC e contribuem, dessa forma, para dois problemas mundiais: o aquecimento global e a destruição do O₃ atmosférico. Adicionalmente, essas atividades em

geral não contribuem para a redistribuição de renda ou melhoria nas condições de vida de grande parcela da população mundial que convive com baixos índices de desenvolvimento humano, sem acesso a serviços básicos de saneamento, educação e saúde (PNUD, 2013), uma realidade comum na Amazônia. Diante disso, este trabalho planeja um sistema capaz de aproveitar a radiação solar, propiciando desenvolvimento econômico eficaz e de baixo carbono e, ao mesmo tempo, contribuir para redução das injustiças sociais da população local. Sendo assim, ele será energeticamente eficiente, economicamente sustentável e compatível com a equidade social na região amazônica. Adicionalmente, visou testar a hipótese que o gás refrigerante HCFC-22 destrói as moléculas de O_3 da atmosfera.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Para estudo e planejamento do sistema, utilizaram-se as instalações do Colégio Militar de Manaus (CMM) como modelo. O CMM é uma organização de ensino inaugurada em 1971 sob jurisdição do Comando Militar da Amazônia – CMA – e subordinada à Diretoria de Educação Preparatória e Assistencial – DEPA –. As instalações da escola, que são de arquitetura antiga, compõem-se de três subunidades: o prédio Sede, a Seção de Educação Física – SEF – e a Companhia de Comando e Serviço – CCSv –. Juntas, as elas têm área construída aproximada de 16.400 m². Em sua totalidade, o Sistema Colégio Militar do Brasil – SCMB –, composto por 14 colégios militares, possibilita acesso ao ensino público de qualidade a cerca de 13 mil alunos, dos quais 850 (6%) estudam no CMM na modalidade presencial e 540 na modalidade a distância. Para atender esse efetivo, o SCMB dispõe de mais de 4.660 colaboradores, civis e militares, 420 dos quais estão lotados no CMM.

Equacionamento do novo sistema e estimativas de poluição

Com o objetivo de estimar o consumo médio mensal total do colégio, análises das contas de energia elétrica referentes a dois anos foram realizadas (ELETROBRAS, 2016). Para obter uma estimativa do quanto os sistemas de refrigeração e iluminação representam do total, um inventário dos aparelhos de ar condicionado e de lâmpadas fluorescentes foi realizado, por potência (Watt) e horas de uso. Com base nesses valores, o consumo em quilowatt-hora (kWh) foi calculado, por equipamento, com uma base de 18 dias de plena atividade (excetuando-se finais de semana e meio expediente na sexta-feira). O consumo em reais (R\$) foi obtido com base nas tarifas da concessionária de energia.

Para planejar o aproveitamento energético da radiação solar da região, inicialmente, dados de radiação solar incidente e disponível foram coletados em estação meteorológica situada na SEF. Os dados foram obtidos junto ao Laboratório de Instrumentação Meteorológica – LabInstru – da Universidade do Estado do Amazonas (EUA), que gerencia

a estação. A radiação solar incidente nas áreas onde o colégio se encontra é bastante variável ao longo do ano, mas sempre alta. A média mensal é 115,5 kW/m², sendo a mínima registrada em fevereiro (94,75 kW/m²) e as máximas em agosto, setembro e outubro (135,6; 148,8; e 132,4 kW/m², respectivamente).

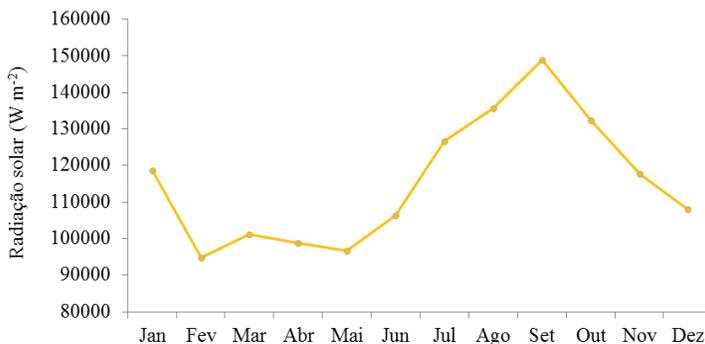


Figura 1. Radiação solar incidente na região onde se insere o Colégio Militar de Manaus, CMM, Manaus, AM, Brasil (Fonte dos dados: LAB-INSTRU, 2016).

Para o sistema de refrigeração, estimou-se a quantidade de centrais de ar (unidades condensadoras e evaporadoras) necessárias para substituir os aparelhos atuais que usam HCFC-22. As centrais constituem-se módulos de alto desempenho do tipo “Photovoltaic Direct-driven Inverter Centrifugal” (GREE, 2013). Essa tecnologia torna possível redução significativa, a ponto de zerar o consumo de energia. Observando-se a massa, o tamanho e a capacidade das centrais de ar, foram planejados os melhores locais para a instalação. Para as lâmpadas fluorescentes, após inventário, estimou-se o número de lâmpadas LED que serão obtidas a partir da reutilização da matéria sólida, capacitor, resistor e ponte retificadora bem como a potência média que utilizarão

Como medida de poluição, estimou-se a quantidade de CO_{2equivalente} (CO_{2eq} = CO₂+CH₄+N₂O) associado ao consumo de energia elétrica pelo colégio. Como parte desse consumo é proveniente de hidrelétricas em área tropical, admitiu-se que cada kWh de energia consumido pelo colégio emite 2,15 g CO_{2eq} para a atmosfera (FEARNSIDE, 2015). Além disso, foi quantificada a quantidade de HCFC-22 consumido nos últimos 12 meses a fim de estimar-se a emitida para a atmosfera (CMM, 2016)

Por fim, foi realizado um inventário dos componentes que podem ser reaproveitados nos aparelhos de ar condicionado. Em posse das informações, o valor médio de cada aparelho foi calculado, em reais (R\$), para estimar a receita bruta a ser gerada por meio da reciclagem dos resíduos sólidos não perigosos (ABNT, 2004; BRASIL, 2010) por associações de catadores. Associações do município de Manaus foram contatadas. A partir

dos contatos, foram obtidas as informações técnicas das associações, bem como o número de famílias e total de associados assistidos por cada uma delas.

Experimentação e teste de hipótese

Para testar a hipótese que o HCFC-22 destrói o O₃ atmosférico, um experimento foi conduzido no Laboratório de Química da Escola Superior de Tecnologia – EST/UEA –. Para simular o O₃ atmosférico, moléculas foram produzidas em gerador de ozônio (3ppm Ozone Generator, Modelo 306 - 2Btech). Para avaliar o efeito do HCFC-22, as moléculas de O₃ produzidas foram expostas à radiação ultravioleta (UV), em espectrofotômetro de duplo-feixe (Modelo UV 1800 – Shimadzu), na presença e ausência do HCFC. O espectrofotômetro foi ajustado para obtenção do espectro na faixa UV (A, B e C - 400 até 190 nm) com precisão de 1 nm.

As moléculas de O₃ foram adicionadas a uma cubeta de quartzo (3 ml) para gases e expostas à radiação UV (cubeta de amostragem). O mesmo procedimento foi realizado adicionando-se apenas HCFC-22 à cubeta, para obtenção da absorbância do UV pelo HCFC-22. Após obtenção da absorbância de cada gás, o procedimento foi replicado, mas expondo o O₃ ao HCFC-22. A mistura foi realizada em balão de três bocas ligado a um conjunto de mangueiras. As mangueiras laterais foram conectadas ao gerador de O₃ de um lado e ao cilindro de HCFC-22 (1 kg, 99,8% de pureza) do outro. A mistura O₃+HCFC-22 foi drenada por mangueira, conectada à boca do meio, até a cubeta inserida no espectrofotômetro, onde foi exposta aos raios UV para aferição da absorbância.

Cada procedimento foi executado 15 vezes. Três leituras de absorbância foram realizadas a cada amostra. A cada leitura das amostras na cubeta de amostragem, concomitantemente, foi realizada uma leitura controle em igual cubeta de quartzo contendo apenas ar atmosférico (cubeta de referência) e submetido ao outro feixe de raios UV. Se a hipótese que o HCFC-22 destrói o O₃ for verdadeira, não haverá absorção da radiação UV quando o O₃ for exposto ao HCFC.

Execução financeira e amparo ao projeto

Concessionárias de serviços públicos de distribuição de energia devem aplicar, no mínimo, 0,25% de sua receita anual líquida em programas de eficiência energética. Dessa receita, 30% devem ser destinados a projetos de regiões como a Norte do país (BRASIL, 2000; ANEEL, 2008; 2013). Logo, a implantação do projeto, poderá ter sua execução financeira amparada por recursos da distribuidora de energia no Estado do Amazonas, Eletrobrás Distribuição Amazonas, por meio de chamada pública.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Consumo energético atual e poluição associada

O CMM registrou um consumo médio mensal de 97.960 kWh (ELETROBRAS, 2016), o que correspondeu a um gasto aproximado de R\$ 40.160,00 ao mês. Desse total, 68.574 kWh são utilizados por 190 condicionares de ar e cerca de 1640 lâmpadas fluorescente (Tabelas 1 e 2).

BTU	Nr	Uso h/dia	Potência	Consumo *	
			Watt	kWh/mês	R\$
9000	14	20	4.800	1.850	758,5
10000	2	12	3.000	248	101,5
12000	17	141	33.950	3.830	1.570,0
18000	26	193	68.070	6.947	2.848,0
21000	1	8	3.150	347	142,0
22000	7	46	22.050	1.994	817,6
24000	8	58	25.950	2.597	1.065,1
30000	54	382	232.500	22.506	9.226,3
36000	21	149	92.700	9.507	3.897,2
48000	36	268	162.000	16.601	6.805,4
60000	4	32	19.500	2.147	880,3
TOTAL	190	1309	667.670	68.574	28.112,0

BTU: *British Thermal Unit*; h/dia: Nr: quantidade de aparelhos; horas de uso por dia; kWh/mês: quilowatt-hora por mês; *Valores obtidos para uma base de 18 dias em plena atividade.

Tabela 1. Inventário da potência instalada e consumo dos condicionadores de ar do Colégio Militar de Manaus, CMM, Manaus, AM, Brasil.

Potência Watt	Nr	Uso h/dia	Consumo *	
			kWh/mês	R\$
20	418	86	495	203,1
25	12	7	23	9,3
32	1	6	2	0,8
40	1.212	391	3.888	1.594,0
TOTAL	1.643	490	4.408	1.807,2

h/dia: horas de uso por dia; Nr: quantidade de aparelhos; kWh/mês: quilowatt-hora por mês; *Valores obtidos para uma base de 18 dias em plena atividade.

Tabela 2. Inventário da potência instalada e consumo das lâmpadas fluorescentes do Colégio Militar de Manaus, CMM, Manaus, AM, Brasil.

Infere-se que os sistemas de refrigeração e iluminação representam um gasto aproximado de R\$ 30 mil reais. Isso equivale a quase 75% dos gastos mensais da organização com energia elétrica, apenas para refrigerar e iluminar a edificação. Além de onerosos, esses sistemas estão associados à emissão de grandes quantidades de CO_{2eq} para a atmosfera, já que parte da energia provém de fonte hidrelétrica. Isso é agravado por se tratar de uma área tropical, onde as hidrelétricas naturalmente emitem mais CO_{2eq} que outras regiões (FEARNSIDE, 2015). A estimativa revelou a emissão de cerca de 2 t de CO_{2eq} anualmente. Isso equivale dizer que um integrante da organização contribui para o aquecimento global emitindo 1,5 kg de CO_{2eq} , por ano, para desenvolver suas atividades (Tabela 3). Extrapolando-se para o efetivo de todos os colégios que integram o SCMB, estima-se uma emissão anual superior a 33 t de CO_{2eq} no mínimo, já que o CMM é um dos menores colégios, com pouco mais de 6% dos alunos do sistema.

BTU	Consumo <i>kWh/ano</i>	CO_{2eq} <i>t/ano</i>
<i>Ar condicionado</i>		
9000	22.200	0,048
10000	2.973	0,006
12000	45.955	0,099
18000	83.366	0,179
21000	4.164	0,009
22000	23.934	0,051
24000	31.169	0,067
30000	270.069	0,581
36000	114.079	0,245
48000	199.207	0,428
60000	25.768	0,055
Subtotal	822.886	1,77
<i>Lâmpada fluorescente</i>		
20 W	5.945	0,013
25 W	272	0,0006
32 W	25	0,0001
40 W	46.657	0,100
Subtotal	52.899	0,114
TOTAL	875.784	1,88

BTU: *British Thermal Unit*; *kWh/ano*: quilowatt-hora por ano; CO_{2eq} : CO_2 equivalente ($CO_2 + CH_4 + N_2O$);

Tabela 3. CO_{2eq} emitido via consumo de energia hidrelétrica por equipamento no Colégio Militar de Manaus, CMM, Manaus, AM, Brasil

Paralelo ao crescimento de atividades baseadas em uma economia de alto carbono como essa, há registros da elevação rápida da temperatura média da atmosfera do planeta, indicando uma relação positiva entre essas variáveis (IPCC, 2014). Além do CO_2 equivalente emitido, o CMM consome cerca de 620 kg de gás HCFC-22 por ano, um agravante, já que esse gás, além de também ter de efeito estufa, diz-se que tem a capacidade de destruir o ozônio atmosférico. Para o experimento que testou essa hipótese, os resultados revelaram que o HCFC-22 tem um efeito negativo sobre o ozônio na faixa da UV-C. Porém, o experimento não foi capaz de demonstrar que ele destrói as moléculas de O_3 . A faixa de absorção do ozônio para a UV-A e B é baixa. Ambas as radiações chegam à superfície terrestre e são importantes para processos biológico, mas, quando em excesso, principalmente a UV-B, podem causar diversas doenças, entre elas, o câncer de pele (AMABIS E MARTHO, 2013). Já a UV-C é muito perigosa e deve ser filtrada pelo ozônio atmosférico, pois transporta alto nível de energia (GASPAR, 2011). Porém, esse processo fica comprometido quando o O_3 é exposto ao HCFC-22 (Figura 2).

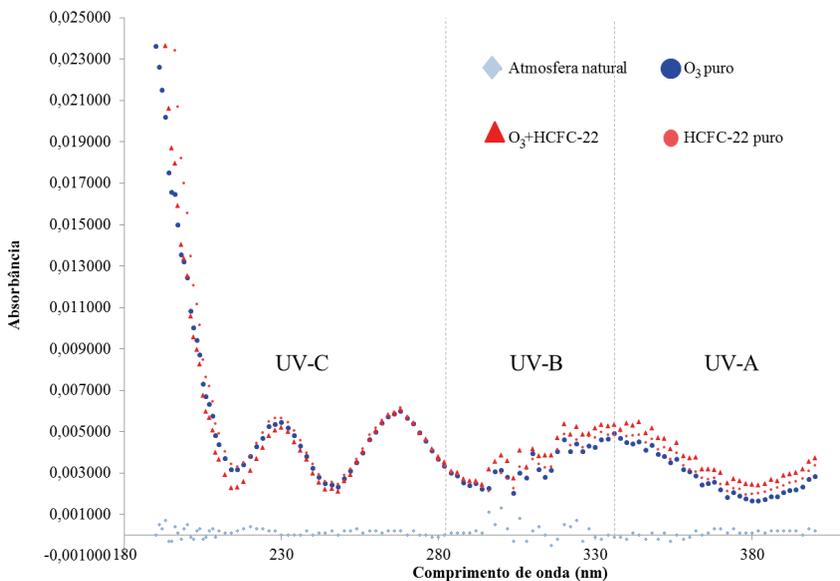


Figura 2. Efeito do gás refrigerante HCFC-22 sobre a absorvância da radiação UV por moléculas de O_3 na faixa da UV-A, UV-B e UV-C.

Como o UV-C é o que traz mais riscos à saúde, o HCFC-22 deve ser completamente abolido e substituído por um gás ecológico alternativo, conforme o firmado pelo governo brasileiro em acordos internacionais, como os Protocolos de Montreal e Copenhague. Como gás alternativo, indica-se o gás HFC-410a, proveniente da mistura de outros dois gases que não comprometem o O_3 atmosférico (BRASIL, 2016).

Por uma economia eficiente e de baixo carbono

Para encerrar essa poluição e tornar a organização uma instituição baseada em uma economia eficiente e de baixo carbono, é necessária a instalação do novo sistema de refrigeração e com lâmpadas LED alimentados por energia solar fotovoltaica limpa e renovável. A capacidade de produção anual de energia nos painéis fotovoltaicos é cerca de 653.400 kWh, sendo os maiores potenciais nos meses de agosto, setembro e outubro, em detrimento de janeiro e fevereiro, meses que registram os menores potenciais de produção (Tabela 4). Para atender essa capacidade, são necessários 1.900 m² de área de painéis fotovoltaicos, perfazendo 770 painéis, com 2,5 m² de área e 260W de potência cada um. Assim, o sistema terá uma capacidade instalada de cerca de 200 kWp para geração de corrente elétrica contínua a partir do aproveitamento da energia solar. Uma vez que aumentará a eficiência da edificação, a implantação dos painéis fotovoltaicos integrará bonificações de até um ponto, para aquisição da etiquetagem Procel para o sistema de refrigeração de acordo Programa Brasileiro de Etiquetagem em Edificações – PBE-Edific (GB3e, 2014). Os painéis deverão ser instalados juntamente a um conversor CC/CA capaz de transformar a corrente contínua em corrente alternada.

Mês	Produção <i>kWh</i>	Mês	Produção <i>kWh</i>
Janeiro	48.351	Julho	57.845
Fevereiro	49.345	Agosto	63.144
Março	49.786	Setembro	62.481
Abril	50.118	Outubro	60.053
Maiο	49.897	Novembro	57.072
Junho	53.429	Dezembro	51.884

kWh: quilowatt por hora.

Tabela 4. Potencial de produção de energia solar na região do Colégio Militar de Manaus, CMM, Manaus, AM, Brasil (CRESESB, 2016).

A potência de corrente alternada será utilizada para suprir o consumo do sistema de refrigeração e de iluminação LED. No entanto, a distribuição da corrente deverá ser interligada à rede da concessionária de energia do Estado do Amazonas. Por isso, é necessária a troca do relógio pelo bidirecional, para contabilizar a potência encaminhada à rede pública nos meses de menor consumo.

Para o sistema LED, é possível a produção de 1.643 lâmpadas a partir da reutilização da matéria sólida, capacitor, resistor e ponte retificadora das lâmpadas fluorescente. As lâmpadas LED terão 19W e igual capacidade de iluminação, com conversor CA/CC, já que usarão corrente contínua. Ressalta-se que lâmpadas próximas a janelas deverão ter

circuito elétrico independente, para proporcionar maior eficiência, conforme preconiza o PBE-Edifica (CB3e, 2014). Além disso, é importante a instalação de sensor de presença em locais de uso comum, mas reservado interruptor para controle manual se necessário (CB3e, 2014).

Essa transformação proporcionará uma redução significativa no consumo elétrico e uma economia mensal aproximada de 36% dos gastos com iluminação, que atualmente representam 4,5% das contas de energia. Assim, a iluminação LED contribuirá para zerar o consumo de energia e proporcionar maior eficiência econômica ao CMM.

Apesar de a substituição da implantação dos painéis fotovoltaicos e implementação das lâmpadas LED proporcionarem redução significativa no consumo de energia elétrica, essas ações não serão suficientes para zerar o consumo. Isso somente será possível mediante implementação de unidades condensadoras de alto desempenho, que contêm um sistema que potencializa a voltagem, reduzindo até 50% o consumo da energia para refrigeração (GREE, 2013).

Para o novo sistema de centrais de refrigeração, são necessárias 16 unidades condensadoras e 200 unidades evaporadoras para refrigerar as instalações. Juntas, as centrais de ar terão capacidade total instalada de 6.480.000 Btu/h. Vale salientar que toda a tubulação do sistema será embutida, para garantir isolamento e eficiência do sistema, conforme prevê o PBE-Edifica para aquisição de classe “A” para sistemas de refrigeração (GB3e, 2014).

A implantação das centrais de ar, associadas à iluminação LED, prevê uma redução do consumo médio para menos de 54.000 kWh, que será suprido, na maioria dos meses, pela potência produzida nos painéis fotovoltaicos. Nos meses em que essa potência exceder o consumo, a potência excedente funcionará como “créditos de energia” para os meses em que isso não acontecer. Isso resultará numa média de produção e consumo equivalentes ao longo do ano (Figura 3).

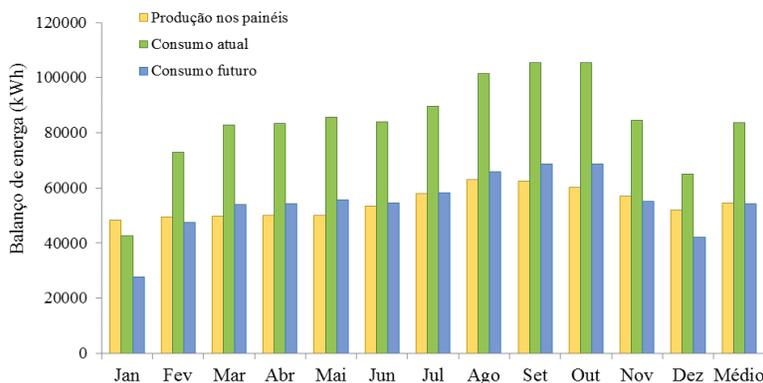


Figura 3. Balanço de energia antes e após instalação do sistema de refrigeração e iluminação LED no Colégio Militar de Manaus, CMM, Manaus, AM, Brasil.

Por uma economia eficiente e de baixo carbono

A substituição dos 190 condicionadores de ar pelo novo sistema produzirá grande quantidade de resíduos sólidos oriundos dos componentes elétricos, eletrônicos e mecânicos dos aparelhos que serão destinados a associações de catadores com famílias em risco social. O inventário dos componentes indica a estimativa da receita que será gerada a partir da reciclagem dos resíduos (Tabela 5).

Componente	Tipo de resíduo	Valor (R\$)*
<i>Elétricos</i>		
Capacitor	Plástico e alumínio	R\$ 320,00
Fios e cabos	Borracha e cobre	
<i>Eletrônicos</i>		
Placas		
Sensores	Metal	R\$ 110,00
Transformador		
<i>Mecânicos</i>		
Alumínio		
Cobre		
Ferro	Metal	R\$ 430,00
Metais		
Bronze		
Latão		
<i>Outros</i>		
Capa		
Telas	Plástico	R\$ 90,00
Palhetas		
Total unitário		R\$ 950,00
TOTAL		R\$ 180.500,00

Tabela 5. Inventário e estimativa de receita (R\$) dos resíduos sólidos a serem gerados pelos condicionadores de ar do Colégio Militar de Manaus com potencial destinação a associações de catadores da cidade de Manaus, AM, Brasil.

A destinação dos resíduos sólidos não-perigosos que serão gerados a partir da substituição dos aparelhos condicionadores pelas centrais de ar gerarão uma receita bruta superior a R\$ 180 mil reais para as associações de catadores. Para essa destinação social e ambientalmente adequada, associações, em conformidade com requisitos legais, deverão ser selecionadas na cidade de Manaus. Contatos foram estabelecidos com duas associações que reúnem catadoras e catadores de baixa renda que vivem exclusivamente da coleta, triagem e revenda de resíduos sólidos recicláveis, a partir dos quais também produzem artesanatos para geração de renda. Juntas, as associações são constituídas por

catadores de 44 famílias, com uma média de três a cinco pessoas que dependem, direta ou indiretamente, da receita da associação (NOVA RECICLA, 2014; RECICLA MANAUS, 2016). Nesse sentido, a destinação dos resíduos não-perigosos irá contribuir para atenuar as dificuldades vivenciadas por mais de 40 famílias em risco social. A ideia é que a parceria associações-organização seja firmada para destinação contínua de resíduos na medida em que a manutenção futura dos sistemas gerará resíduos, podendo se estender a outras atividades.

CONCLUSÕES

1. O aproveitamento energético da radiação solar por painéis fotovoltaicos, além de produzir potência suficiente para atender o consumo, é capaz de tornar as organizações “usinas” de produção de energia limpa e renovável. Essa potência é capaz de alimentar, em especial, o sistema de refrigeração que possibilita zerar o consumo de energia da rede pública de maneira compatível à eliminação da poluição.
2. Apesar de não se evidenciar que o HCFC-22 degrada o O_3 , observou-se que o gás refrigerante compromete a absorção dos raios UV-C pelas moléculas de O_3 . Portanto, a utilização dos HCFC pode trazer riscos à saúde humana.
3. A destinação ambientalmente adequada dos resíduos não-perigosos a associações de catadores pode contribuir para atenuar as dificuldades de dezenas de famílias em risco socioeconômico, sobretudo na região amazônica, onde a geração alternativa de renda contribui indiretamente para a preservação das florestas
4. Nesse sentido, o sistema proposto possibilita às organizações desenvolverem suas atividades com base em uma economia eficiente e de baixo carbono, de maneira compatível com a equidade social, conservação ambiental e sustentabilidade na Amazônia.

AGRADECIMENTOS

Aos colaboradores do CMM, em especial, à técnica de laboratório, Valéria F. Santos e aos professores da EST/UEA, Dr. Rafael L. Oliveira, Dra. Maria Betânia L. Oliveira e Dr. Rodrigo A. F. Souza, pelo apoio na execução dos experimentos. À Sra. Karla Araújo, da Friogás Engenharia Ltda, ao Sr. Edemilson, da Innova Energia Solar Ltda, e à Comissão Regional de Obras da 12ª RM (CRO/12), cujas contribuições enriqueceram o planejamento do sistema.

REFERÊNCIAS

ABNT. 2004. Norma Brasileira Regulamentadora 10004 de 2004: Resíduos Sólidos – Classificação. Agência Brasileira de Normas Técnicas.

AMABIS, J. M & MARTHO, J. R. 2009. *Biologia das Células*. São Paulo: Moderna, 3.ed. 525pp.

ANEEL. 2008. Resolução normativa nº 300, de 12 de fevereiro de 2008. Critérios para aplicação de recursos em Programas de Eficiência Energética. Agência Nacional de Energia Elétrica.

ANEEL. 2013. Resolução normativa nº 556, de 18 de junho de 2013. Aprovação dos procedimentos do Programa de Eficiência Energética. Agência Nacional de Energia Elétrica.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. 2005. *Introdução à Engenharia Ambiental*. 2.ed. São Paulo: Pearson. 313pp.

BRASIL. 1989. Decreto nº 10.202, de 09 de março de 1989. Cria o Sistema Colégio Militar do Brasil.

BRASIL. 2000. Texto da Lei nº 9.991, 24 de julho de 2000. Investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica. Palácio do Planalto. Brasília/ DF.

BRASIL. 2010. Texto da Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Palácio do Planalto. Brasília/ DF.

BRASIL. 2016. Substâncias destruidoras de ozônio: Consumo de SDOs Ministério do Meio Ambiente – MMA. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/clima/protecao-da-camada-de-ozonio/substancias-destruidoras-da-camada-de-ozonio/consumo-de-sdos?tmpl=component&print=1>> Acesso em 14 de setembro de 2016.

CB3e. 2014. Manual para Aplicação do RQT-C. Versão 3. Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações/ Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. ELETROBRAS/ Procel203p

CMM. 2016. Relatório do Sistema Gerencial de Custos – SISCOFIS: Custos por consumo. Colégio Militar de Manaus. 12pp.

CRESESB. 2016. Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CRESESB/ CEPEL Disponível em <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>> Acesso em 26 agosto de 2016.

ELETROBRAS. 2016. Contas de energia elétrica do Colégio Militar de Manaus, 2015-2016. Eletrobras Distribuição Amazonas.

FEARNSIDE, P. M. 2015. Emissões das hidrelétricas tropicais e o IPCC. pp. 239-258. In: P.M. Fearnside (ed.) *Hidrelétricas na Amazônia: Impactos Ambientais e Sociais na Tomada de Decisões sobre Grandes Obras*. Vol. 2. Manaus: Editora INPA. 297 pp.

GASPAR, A. 2011. *Física 2: Ondas, óptica e termodinâmica*. 2ª ed. São Paulo: Editora Ática. 368pp.

GREE. 2013. Gree Photovoltaic Direct-driven Inverter Multi VRF System. Zhuhai: Gree Electric Appliances. 16pp.

IBGE. 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/>> Acesso em 18 de agosto de 2016.

IBGE. 2016. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios. *Disponível em* < <http://www.ibge.gov.br/>> *Acesso em* 23 de agosto de 2016.

INEP. 2015. Indicadores Educacionais. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Disponível em* <<http://portal.inep.gov.br/indicadores-educacionais>> *Acesso em* 18 de agosto de 2016.

IPCC. 2014. Climate change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. TEAM, R.K.; MEYER, L.A. (eds). IPCC: Geneva, Switzerland. 151pp.

KEMENES, A. 2006. Estimativa das Emissões de Gases de Efeito Estufa (CO₂ e CH₄) pela Hidrelétrica de Balbina, Amazônia Central, Brasil. (*Tese de Doutorado*) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Coordenação em Biologia Aquática e Pesca Interior. Manaus: INPA. 96 pp.

LAB-INSTRU. 2016. Laboratório de Instrumentação Meteorológica. Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas. *Disponível em* < <https://sites.google.com/a/uea.edu.br/labinstru/>> *Acesso em* 12 de agosto de 2016.

NASCIMENTO, E. P. 2012. Trajetória da Sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. *Estudos Avançados*, v.26, p.51-64.

NOVA RECICLA. 2014. Estatuto Social da Associação Central dos Catadores Nova Recicla – AM – Nova Recicla.

ONU. 2015. The Millennium Development Goals Report 2015. Nova Iorque: Organização das Nações Unidas. 75pp.

PNUD. 2013. Atlas Brasil - Índice de Desenvolvimento Humano por Municípios. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.

PNUD. 2015. The Global Goals For The Sustainable Development. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável – 50 anos. *Disponível em* < <http://www.globalgoals.org/pt/>> *Acesso em* 14 de setembro de 2016

RECICLA MANAUS. 2016. Ata da Assembleia Geral Ordinária da Associação Catadores de Materiais Recicláveis: Recicla Manaus – AM, de 04 de abril de 2016. Recicla Manaus.

RIBEIRO, J. L. L.; HOPKINS, M. J.G.; VICENTINI, A.; SOTHERS, C. A.; COSTA, M. A. S.; BRITO, J. M.; SOUZA M.A.D.; MARTINS, L.H.P.; LOHMANN, L.G.; ASSUNCAO. P.A.C.L.; PEREIRA, E. C.; SILVA, C.F.; MESQUITA, M.R.; PROCÓPIO, L.C. 1999. Flora da Reserva Ducke: Guia de Identificação das plantas vasculares em uma terra firme na Amazônia Central. Manaus: Editora INPA, 816pp.

INFLUÊNCIA DO GÁS INERTE NA REFORMA DE ETANOL COM VAPOR D'ÁGUA UTILIZANDO O CATALISADOR DE CUNI/CEO₂ SUPOSTADO EM CORDIERITA

Data de aceite: 01/03/2023

Marcos de Souza

Orientador: Prof.
Universidade Estadual de Maringá
Programa de Iniciação Científica – PIC
Departamento de Engenharia Química

Ana Luiza Furlan de Araújo

Acadêmica
Universidade Estadual de Maringá
Programa de Iniciação Científica – PIC
Departamento de Engenharia Química

Relatório contendo os resultados finais do projeto de iniciação científica vinculado ao Programa PIC-UEM.

RESUMO: Com uma demanda mundial crescente de fontes de energia renováveis, o hidrogênio se mostra como um grande candidato a ser o combustível do futuro, pois é uma fonte limpa, segura e não poluente, podendo ser obtido por meio da reação de reforma do etanol com vapor d'água. O etanol, por sua vez, é produzido a partir da fermentação da biomassa da cana-de-açúcar, matéria-prima que apresenta alta disponibilidade. Este estudo objetiva analisar a influência da presença de um gás

inerte (N_2) na conversão do etanol e vapor de água em H_2 , utilizando o catalisador $CuNi/CeO_2$ em forma de pellets e suportado em monólito de cordierita, a fim de determinar qual configuração e vazão de N_2 são mais eficazes para tal. O catalisador em pó foi sintetizado por meio de impregnação úmida e para recobrir o suporte foi utilizada a técnica de *dip-coating*. Após a síntese, o catalisador foi caracterizado utilizando-se das técnicas de MEV, DRX e TPO. Os testes catalíticos foram realizados em duas etapas: primeiramente com o catalisador pelletizado e posteriormente impregnado no suporte cerâmico. Observou-se uma melhora na conversão quando empregado o gás inerte, porém o efeito oposto do desejado ocorreu quando esta vazão foi muito alta. Ademais, os testes catalíticos realizados com o monólito proporcionam resultados mais satisfatórios.

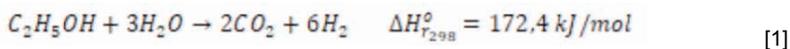
1 | INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os debates sobre mudanças climáticas têm aumentado exponencialmente. Os combustíveis fósseis desempenharam um papel de inegável importância em nosso desenvolvimento

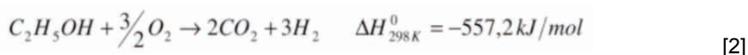
como sociedade, no entanto, também trouxeram consigo inúmeros problemas ambientais, em sua maioria relacionados com a grande emissão de dióxido de carbono na atmosfera. Com uma demanda mundial crescente de energia e sabendo que as fontes fósseis não são renováveis, o hidrogênio se mostra como um grande candidato a ser o combustível do futuro, pois é uma forma limpa, segura e renovável de fonte de energia, possuindo um rendimento energético de 122 kJ/g, quase 3 vezes superior aos combustíveis à base de hidrocarbonetos (HOSSEINI e WAHID, 2016).

Das diversas maneiras de produção de hidrogênio, a que nos interessa neste presente estudo é a obtenção através do etanol, que por sua vez é obtido da fermentação de biomassa. Utilizaremos a reforma do etanol com vapor de água, que é uma forma sustentável, sem liberação de carbono desde o começo de sua linha de produção. A reforma catalítica é a conversão de um hidrocarboneto ou álcool em hidrogênio, e pode ocorrer de três configurações

- Reforma com vapor d'água: onde o etanol e a água são alimentados, sem necessidade de O_2 . Faz necessário o fornecimento de energia, visto que é endotérmica.



- Oxidação parcial do etanol: onde são alimentados O_2 e etanol, sem necessidade de catalisador, e libera energia, pois é exotérmica.



- Reforma oxidativa do etanol: onde são alimentados O_2 , etanol e a água. Pode ser termicamente neutra e, por isso, também é chamada de reforma auto térmica.



Neste estudo, empregamos a primeira forma, que se mostra a mais eficiente na produção de hidrogênio, junto com o catalisador CuNi/CeO₂, suportado em monolito de cordierita, onde é depositado utilizando-se a técnica de dip-coating. As estruturas monolíticas oferecem ótima estabilidade estrutural e térmica em comparação a pellets e pó, evitando o entupimento do reator e diminuindo a queda de pressão (CYBULSKI e MOULIJN, 2006). Em trabalhos anteriores (GOMES, 2019) pode ser observada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) uma boa dispersão e homogeneidade das partículas de CuNi/CeO₂ quando realizado o processo de dip-coating.

Na reforma a vapor do etanol, podem ocorrer várias outras reações simultaneamente, que por sua vez podem produzir subprodutos indesejados, estas reações são: (MATTOS et al., 2012, NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY (NIST), 2011).

- Decomposição do etanol



- Hidrogenólise do etanol



- Desidratação do etanol



- Desidrogenação do etanol



- Decomposição do acetaldeído



- Condensação aldólica, seguida de desidrogenação



- Reação de deslocamento gás-água



- Reforma com vapor d'água de metano



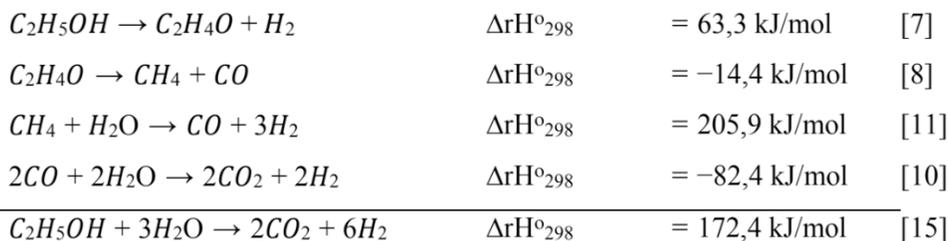
- Reforma de metano a seco



- Metanação



O caminho mais aceito para a produção de H_2 é a desidrogenação do etanol, seguida da decomposição de acetaldeído, reforma do metano com vapor de água, e WGSR:



O tipo de catalisador escolhido influencia na reatividade para conversão total do etanol e também nos subprodutos formados. Entre os metais ativos testados para a reforma do etanol, o Ni se destacou no quesito atividade, apresentou também a melhor seletividade ao lado do Rh (BASAGIANNIS et al., 2008; CHEN et al., 2012). Apesar de ter muitos pontos positivos, o Ni é, em diversos estudos, responsável pela formação de coque, pela quebra da ligação C-C (GALETTI et al., 2008; MATTOS et al., 2012a). Por isso, a incorporação de Cu é uma boa alternativa, pois segundo Saeki et al. (2015), favorece a formação de H₂, diminuindo a formação de coque.

A escolha do suporte também deve feita meticulosamente, visto que estes também influenciam nas reações que serão favorecidas. O CeO₂ propicia a oxidação do etoxil para acetato, inibindo a quebra da ligação C-C, e assim evita a formação de metano, em virtude da fácil mobilidade do oxigênio no óxido e à capacidade de transformar a água em grupos OH⁻, tornando possível a formação de CO₂, ao invés de CH₄, (XU et al., 2013). Posto isto, ao utilizar óxido de cério (CeO), inibe-se a formação de coque. Como a desativação de catalisadores por coque é comum em reações envolvendo hidrocarbonetos, o CeO₂ apresenta uma grande vantagem em relação a outros suportes. (HILL; ROOT, 2014). No entanto, segundo Dancini-Pontes et al. (2015a), as interações com o suporte favorecem a formação de acetona, devido à sua capacidade de ceder e ganhar O_(s). (LIN et al., 2009 e NISHIGUCHI et al., 2005).

Na maioria dos trabalhos relacionados a obtenção de hidrogênio pela reforma de etanol faz-se o uso de algum gás inerte, como nitrogênio, argônio e hélio. O objetivo do presente trabalho é avaliar a influência deste gás sobre a reação de reforma, após o preparo e caracterização, e aplicação do catalisador. No trabalho de Dancini-Pontes et al. (2015a) os dados experimentais mostraram que a presença do gás inerte, no caso o nitrogênio, reduziu a formação de coque e de subprodutos indesejáveis, favorecendo a reação de reforma com um pequeno aumento na conversão de etanol em relação ao experimento sem gás, pois o gás de arraste promove uma “limpeza” na superfície do catalisador, uma vez que a camada de coque formada não foi tão densa ao utilizar o óxido de cério como suporte.

2 | OBJETIVOS

O objetivo deste estudo é analisar a influência o gás de arraste nitrogênio sobre a reação de reforma do etanol e vapor de água e a conversão destes em hidrogênio, utilizando o catalisador CuNi/CeO₂ suportado em monólito de cordierita e pelletizado.

3 | MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Testes Catalíticos

Para produzir 20g do catalisador empregado neste estudo, Cu/Ni/CeO₂, são utilizados 94% de óxido de cério, 5% de níquel e 1% de cobre, expressos em fração mássica. Para obter estes valores, faz-se o uso de 18.8g de óxido de cério (CeO₂), da marca Dinâmica, de pureza 99%, 4.96g de nitrato de níquel ((Ni(NO₃)₂.6H₂O) da marca Dinâmica, de pureza 98-102% e 0.75g de nitrato de cobre (Cu(NO₃)₂.3H₂O) da marca Sigma-Aldrich, de pureza 99-104%.

Após a realização dos cálculos necessários, é feita a preparação para a síntese dos catalisadores por impregnação úmida. Os nitratos e o óxido de cério são pesados em balança analítica em béqueres separados. Com a ajuda de um funil, o dióxido de cério é transferido para um balão volumétrico e umedecido com água deionizada. Os nitratos são dissolvidos com água deionizada em seus respectivos béqueres e então misturados entre si, antes de serem transferidos para o balão, para que haja impregnação simultânea. O balão é então acoplado ao sistema evaporador rotatório à vácuo com banho de 70°C até a remoção do excesso de água, por 30 minutos.

Feito isso, o catalisador é removido das paredes do balão com a ajuda de uma espátula e transferido para um cadinho. O cadinho é levado à estufa a 100°C por 24 horas para que a umidade seja completamente removida. Da estufa, é diretamente levado a mufla por mais 8 horas para que o material seja calcinado a pressão atmosférica ambiente e a 500°.

Por fim, o cadinho é retirado da mufla e o catalisador é triturado com um pistilo em um almofariz. Após a trituração, o material é pelletizado em prensa hidráulica a 3Ton/cm², e novamente triturado, passando então por um conjunto de peneiras para que atinja a faixa granulométrica desejada (0.085-0.035mm). O pó com granulometria menor que 0.035mm é separado para ser posteriormente depositado no substrato cerâmico (monólito de cordierita), da marca DXY, que possui 400 células por polegada quadrada e tem 2,5 cm de comprimento.

Para o preparo da slurry, a mistura utilizada para impregnar o catalisador no monólito de cordierita, são necessários 23g de água deionizada, 0.5756g de álcool poli vinílico da marca Dinâmica com pureza de 98%, 11.5g de catalisador e 15.3719g de glicerina da marca Dinâmica com pureza de 99%. A água e o álcool poli vinílico são pesados na balança

analítica em béqueres separados e então misturados entre si. A mistura é então levada ao agitador magnético na velocidade mínima a uma temperatura de 85°C por 8 horas. Posteriormente, foram adicionados o catalisador e a glicerina.

Com a slurry pronta, inicia-se o processo de impregnação do substrato por dip-coating a uma taxa de 6cm/min, permanecendo submerso por 1 minuto. O excesso de slurry é removido com sopro de ar e as amostras são levadas a mufla durante 12 min a 350 °C. Este procedimento é realizado até se obter uma carga de revestimento de 20% da massa do monólito. Após a obtenção da carga desejada de catalisador, o substrato é calcinado.

Os testes catalíticos são operados no módulo de reforma do etanol com vapor d'água da Figura 1, onde um cilindro de nitrogênio (1) e de hidrogênio (2) são conectados ao sistema por meio das válvulas V1 e V2, respectivamente e conta com um exaustor conectado via válvula V6. A mistura de reagentes fica armazenada no tanque (3) e é enviada ao reator por meio da bomba peristáltica Gilson (4), seguindo para o pré-aquecedor (5), e então para o evaporador (6), um tubo de aço inoxidável acondicionado em um forno equipado com duas resistências cerâmicas. Ambos os tubos são flangeados e equipados com termopar tipo J posicionado internamente ao centro do tubo em sua extremidade de saída para indicação/controle da temperatura (T1 e T2), o qual é realizado por meio de controladores da marca Therma (Th 2031 P-202) instalados com relé do estado sólido. A mistura reagente vaporizada chega ao reator, um tubo com dois poços de contato externo à parede para termopar (T4 e T5). O aquecimento do reator é realizado em um forno bipartido equipado com quatro resistências cerâmicas. As resistências são acionadas por controladores da marca Therma (Th 2031 P-202) conectados aos termopares tipo J (T4) e tipo K (T5) em contato com a parede do reator. A mistura resultante do reator segue por um tubo com isolamento e com indicador de temperatura realizado no ponto IT1. No condensador, uma serpentina de 6 m de comprimento feita com tubo de 6,35 mm de diâmetro, a mistura de produtos e reagentes que não reagiram é resfriada por contato de parede com água refrigerada à temperatura de 7°C em fluxo contracorrente. No coletor/separador de fases, ocorre a separação das fases líquida e vapor, permitindo por meio da abertura ou fechamento das válvulas V4, V5 e V6 a quantificação da vazão de cada fase, a coleta em ampola para a fase gasosa para análise cromatográfica e o produto líquido também é coletado para posterior análise cromatográfica

Antes de dar início aos testes catalíticos, os catalisadores são ativados *in situ* com uma vazão de 85cm³/min de mistura redutora de nitrogênio (da marca Air Liquide, de pureza 99,999%) e hidrogênio (da marca Air Liquide, de pureza 99,995%) (40% em volume de H₂) a 500°C por 4 horas, de acordo com a Figura 2. Após a ativação, interrompe-se o fluxo de hidrogênio e mantém-se o fluxo de nitrogênio em 10mL/min., até realização da reação.

No início da reação, no dia seguinte, a vazão da mistura reagente 1:10 de água e etanol é ajustada na bomba peristáltica e mede-se as vazões de produto gasoso

(bolhometro) e produto líquido (vazão mássica) intervalos regulares. A medição é feita na primeira, segunda, terceira, quarta e quinta hora após o início da reação.

O produto gasoso é coletado em uma ampola gasométrica e analisado em cromatógrafo a gás trace GC da Thermo Finnigan equipado com um detector de condutividade térmica (DCT) e duas colunas cromatográficas ligadas em série, Peneira Molecular 13X e Porapak N. O gás padrão utilizado para as cromatografias é uma mistura fornecida pela Linde com as proporções molares: 2,0% CO₂, 2,0% CO, 10,0% C₂H₆, 10,0% C₂H₄, 5,0% CH₄, 21,0% N₂ e 50,0%.

O produto líquido foi analisado por cromatógrafo a gás Varian 3300, equipado com detector de condutividade térmica, com a coluna capilar 10 % Carbowax 20M em CHR W HP.

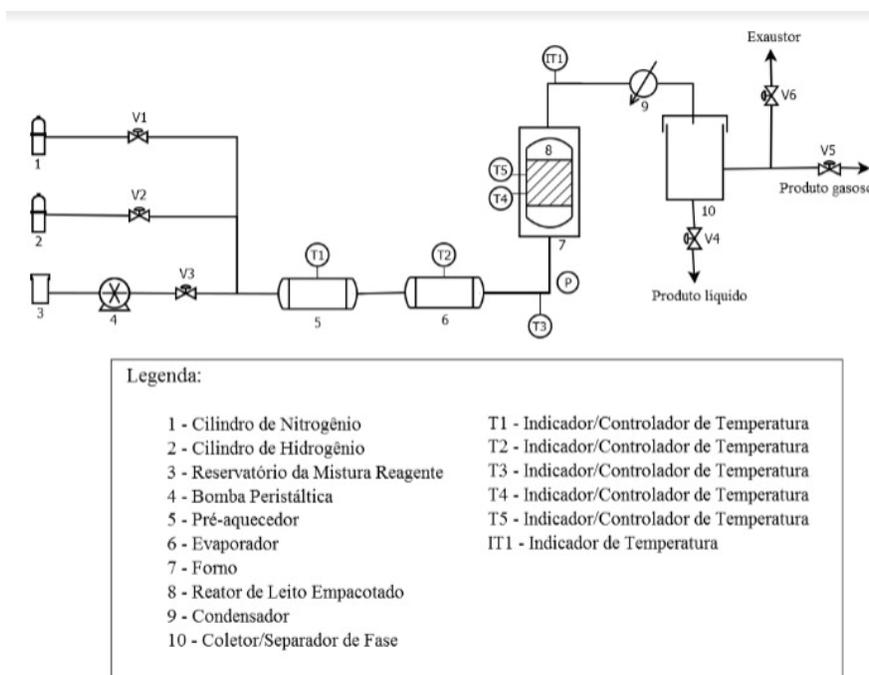


Figura 1: Esquema ilustrativo do módulo de testes catalíticos.

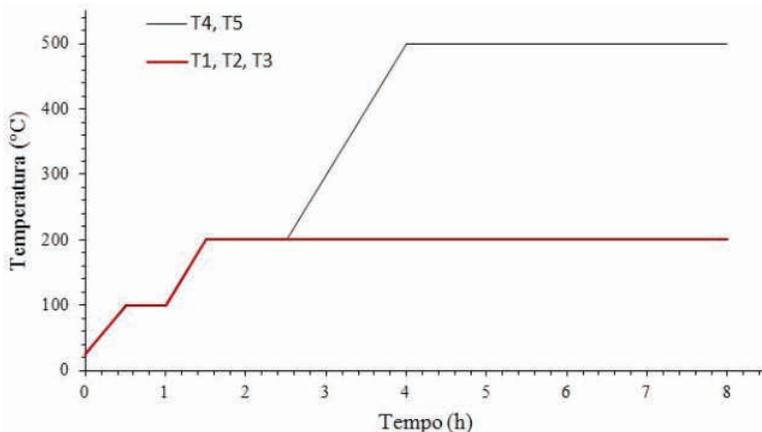


Figura 2: Processo térmico de ativação dos catalisadores in situ.

3.2 Caracterizações

As caracterizações realizadas nos catalisadores foram: Difração de Raios-X (DRX), Oxidação à Temperatura Programada (OTP) e Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

As análises de difração de raios X foram realizadas utilizando um difratômetro Bruker D8 Advance do Laboratório de Adsorção e Troca Iônica – DEQ/UEM. Utilizou-se uma fonte de radiação de emissão de cobre ($\text{CuK}\alpha$, 40 kV e 30 mA) e varredura de 2θ variando entre 10° e 80° a $2^\circ/\text{min}$. Os difratogramas foram interpretados utilizando o banco de dados do software JCPD embutidos no software X'Pert HighScore da Philips.

As análises de microscopia foram feitas em microscópio eletrônico de varredura modelo Quanta 250, situado no Complexo de Centrais de Apoio à Pesquisa (COMCAP) da UEM.

A oxidação à temperatura programada dos catalisadores exauridos foi realizada no equipamento de marca Quantachrome modelo Chembet - DEQ/UEM, utilizando 0,05g de amostra que foi submetida a um fluxo de $20 \text{ cm}^3/\text{min}$ de 3,1% de O_2 em Ar de 100°C até 800°C a uma taxa de aquecimento de $10^\circ\text{C}/\text{min}$.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Difração de Raios X (DRX)

A Difração de Raio X é uma técnica utilizada para determinar a estrutura atômica e molecular de um cristal cerâmico, na qual os átomos cristalinos fazem com que um feixe de raios X incidente difrate em muitas direções específicas

Na figura a seguir podemos comparar os difratogramas das amostras. É possível observar um decréscimo na intensidade dos picos do difratograma do monólito impregnado

em relação a cordierita, pois no monólito há cerca de 80% de cordierita e 20% de CuNi/CeO₂. Além disso, há um aumento na intensidade dos picos no monólito em 28,1°, 47,1° e 55,8°, referentes aos picos de maior intensidade do CeO₂. Comparando os difratogramas das amostras do CeO₂ e do CuNi/CeO₂ pelletizado, observa-se o surgimento de um pequeno pico em 43,5° referente ao NiO no difratograma do catalisador e como a quantidade de cobre é pequena, não foi possível observar picos referentes a ele.

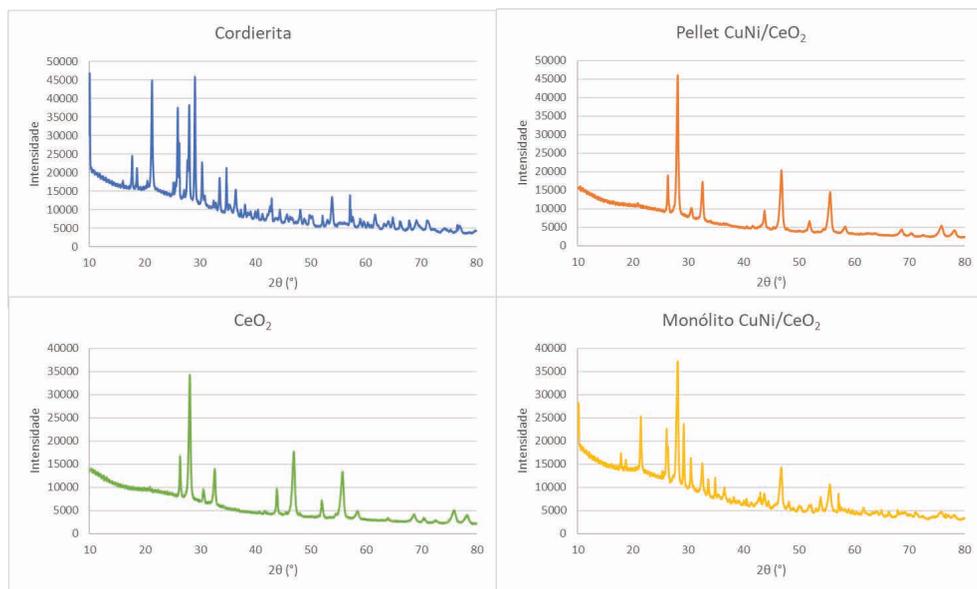


Figura 3: Difração de raios X dos suportes e dos catalisadores

4.2 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A Microscopia Eletrônica de Varredura usa feixes de elétrons que interagem com a amostra gerando imagens de alta resolução de sua superfície, tornando possível identificar características únicas e determinar a distribuição de tamanho de partículas.

As imagens da Figura 3 apresentam a MEV do catalisador Cu/Ni/CeO₂ em pó e depositado na parede interna do canal do monólito, respectivamente. Podemos ver que após a impregnação por dip-coating na peça cerâmica as partículas de catalisador não sofrem alterações.

Na Figura 4 observamos o arredondamento dos cantos dos canais do monólito após a deposição do catalisador, o que pode ocorrer ao utilizar-se a técnica de dip-coating, fato também foi observado em Sanz et al. (2013) e Gomes et al. (2019).

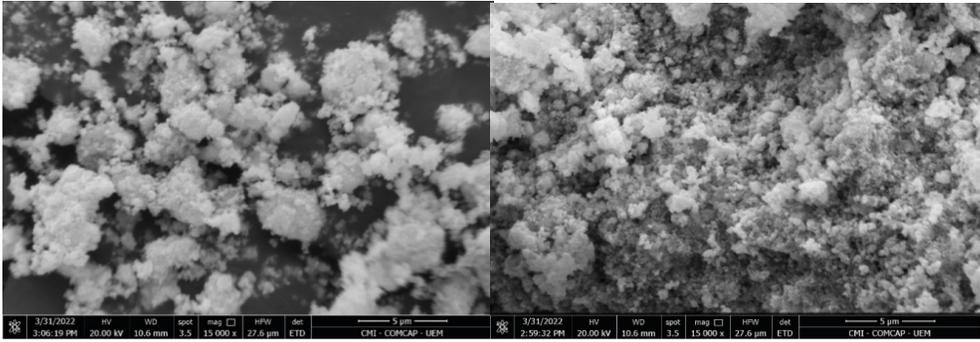


Figura 4: Microscopia eletrônica de varredura do catalisador Cu/Ni/CeO₂ em pó (1) e do catalisador depositado na parede do canal (2)

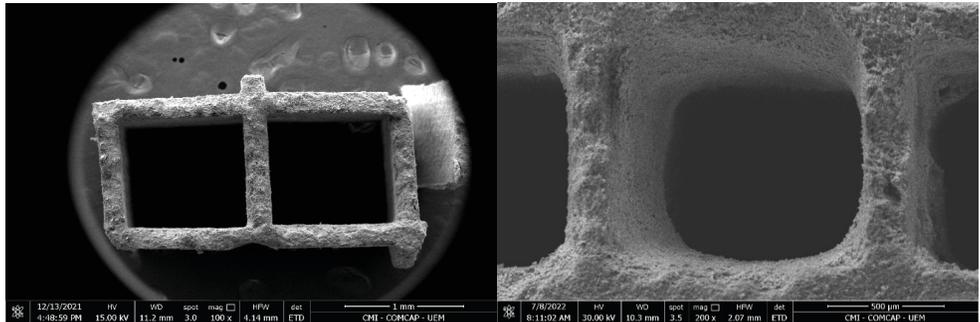


Figura 5: Microscopia eletrônica de varredura do topo da cordierita sem (1) e com (2) recobrimento de Cu/Ni/CeO₂.

Os testes catalíticos foram realizados em duas partes, sendo uma delas com o catalisador em forma de pellets e a outra com o catalisador impregnado em monólito de cordierita, a divisão está disposta na tabela abaixo:

	Teste	Forma do catalisador	Proporção de mols Etanol:N ₂
Parte 1	1	Pellets	1:0
	2	Pellets	1:1
	3	Pellets	1:2
Parte 2	4	Monólito	1:0
	5	Monólito	1:1
	6	Monólito	1:2

Tabela 1: Ordem e divisão dos testes catalíticos.

Foram testadas 3 diferentes vazões do gás inerte para cada grupo, iniciando-se com uma vazão nula, aumentando conseguintemente para 1:1 a relação de mols de etanol e N₂, então dobrando para 1:2. As amostras coletadas a cada hora da reação foram analisadas

pelos cromatógrafos, gerando dados sobre a quantidade de cada substancia presente em um cromatograma. Os dados foram transcritos para o Excel para que pudessem ser analisados graficamente. Os resultados serão discutidos a seguir.

4.3 Parte 1

Na figura abaixo, é possível observar os dados sobre a seletividade e conversão ao longo de cada reação da primeira parte de testes catalíticos (catalisador pelletizado).

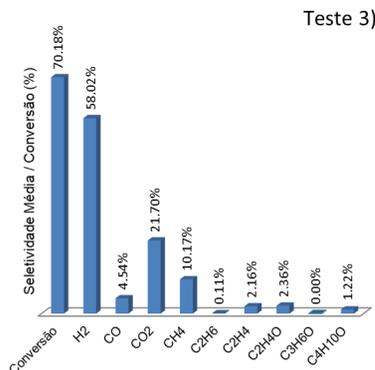
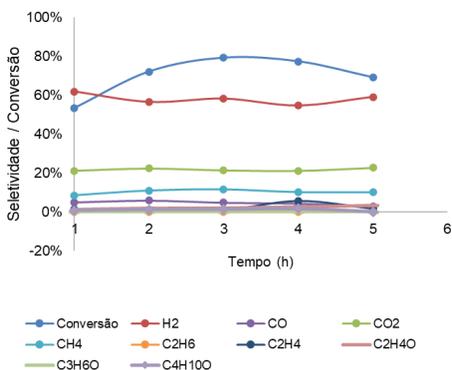
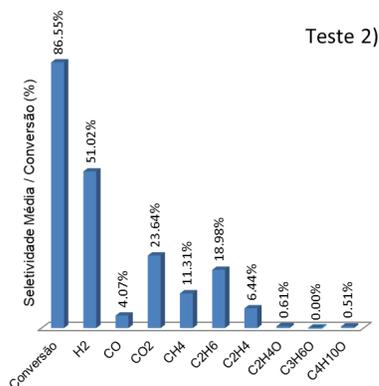
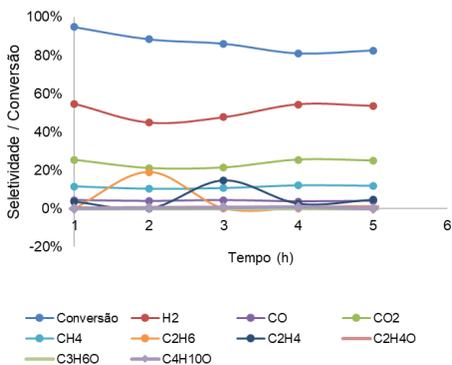
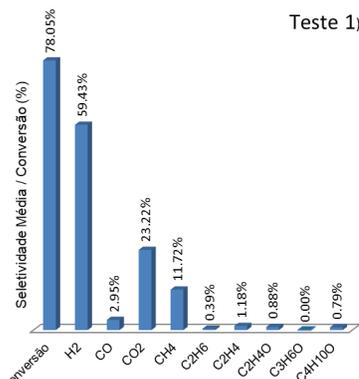
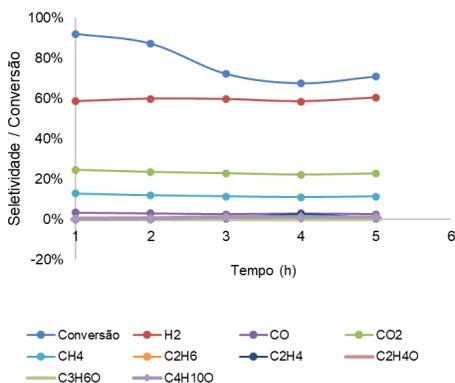


Figura 6: Distribuição de produtos ao longo do tempo para os catalisadores do primeiro grupo.

Por meio dos gráficos, podemos notar o significativo aumento na conversão quando empregada a vazão de 1:1 de gás de arraste em relação ao primeiro teste, realizado sem N_2 , provavelmente pois o gás promove uma “limpeza” na superfície do catalisador, removendo o coque que se forma devido a degradação dos hidrocarbonetos envolvidos na reação. Quando se utiliza $Cu/Ni/CeO_2$ como catalisador a deposição de coque não é tão densa (Dancini et. Al, 2015), possibilitando sua remoção pelo gás de arraste, diminuindo assim a desativação dos sítios catalíticos.

Entretanto, quando a vazão foi aumentada para a proporção de 1:2, o efeito contrário do desejado ocorreu, tendo a conversão dos reagentes diminuído drasticamente, o que resultou em um valor menor, inclusive, do que o primeiro teste realizado, uma vez que em uma maior vazão o tempo de contato pode não ser o suficiente para que a reação ocorra de forma efetiva, pois diminui-se o tempo em que os reagentes permanecem dentro do reator.

Assim, é notável que a presença do gás inerte é interessante para a realização da reação de reforma do etanol, desde que aplicado em uma vazão adequada.

4.4 Parte 2

Podemos verificar um resultado semelhante para o segundo grupo de reações, no entanto os dados sobre a sexta reação, que foi realizada com catalisador em monólito com vazão 1:2, foram perdidos, não sendo possível analisar por completo o perfil desta reação. Todavia, a conversão final desta reação é sabida, confirmando que os resultados de ambos os grupos seguem o mesmo padrão, pois a conversão aumenta a uma vazão intermediária de gás de arraste, mas decai quando esta é dobrada

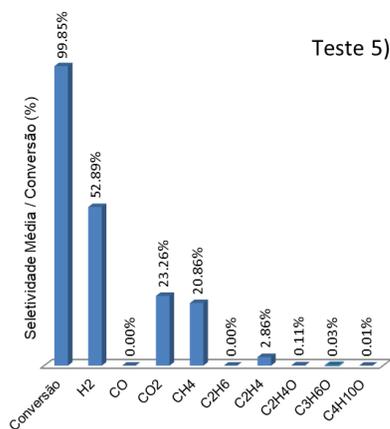
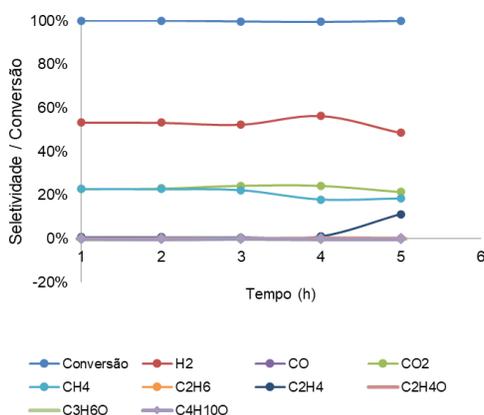
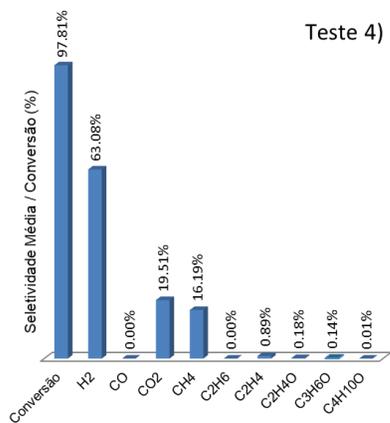
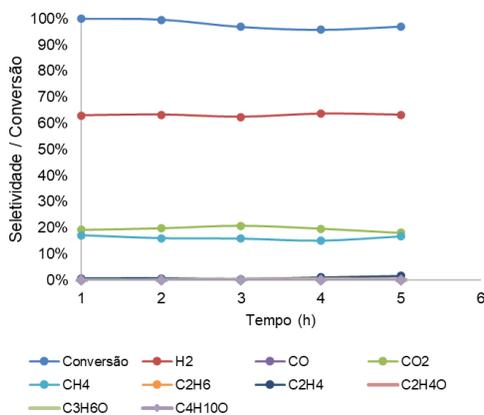


Figura 7: Distribuição de produtos ao longo do tempo para os catalisadores do segundo grupo.

Além disso, ao utilizar o catalisador empregado no monólito, houve uma diminuição na formação de subprodutos, pois a cordierita influencia no caminho preferencial da reação.

4.5 Visão geral dos resultados

Com a tabela a seguir podemos ter uma visão mais ampla dos resultados obtidos no estudo. Nela encontram-se as conversões médias obtidas em cada teste, possibilitando a análise da influência de ambos as variáveis: forma do catalisador e vazão de gás de arraste.

	Teste	Forma do catalisador	Proporção de mols Etanol:N ₂	Conversão média (%)
Parte 1	1	Pellets	1:0	78,05
	2	Pellets	1:1	86,55
	3	Pellets	1:2	70,18
Parte 2	4	Monólito	1:0	97,81
	5	Monólito	1:1	99,85
	6	Monólito	1:2	94,71

Tabela 2: Conversão média de cada teste catalítico.

Ao analisar os dados para cada caso, vemos que a presença do monólito aumenta exponencialmente a conversão média da reação, se tornando a opção mais interessante entre as duas. Ademais, constata-se que a aplicação de uma vazão específica de gás inerte favorece a formação de produtos.

4.6 Oxidação à temperatura programada (OTP)

A Oxidação à temperatura programada é realizada pois os catalisadores utilizados na reação de reforma costumam originar depósitos de carbono, podendo se apresentar em diferentes morfologias, que serão identificadas a partir da TPO, onde o catalisador será submetido a um aquecimento gradual na presença de O₂, gaseificando o carbono. As espécies carbonadas presentes no depósito serão identificadas por seus respectivos máximos de velocidade ao se plotar um gráfico de velocidade de gaseificação de carbono em função da temperatura. Os resultados da TPO se encontram na tabela a seguir.

Teste	mmol/g.cat
1	7.49847
2	16.29822
3	13.75415
4	8.66042
5	28.28751
6	-

Tabela 3: Resultados da análise da TPO

As possíveis vias de formação de coque na reação da reforma de etanol com vapor d'água são decomposição do metano, eteno e reação de Boudouard, sendo a mais recorrente a decomposição do eteno ($C_2H_4 \rightarrow 2C + 2H_2$) (MATTOS *et al.*, 2012; BEPARI; KUILA, 2020). Comparando os três primeiros testes com o catalisador peletizado, observa-se na Figura 6 uma maior formação de eteno para a segunda reação (6,4%), seguido da terceira (2,2%) e a primeira reação (1,2%). Da mesma forma há maior formação de coque

para o terceiro teste, seguido do segundo e do primeiro. Já para os monólitos, há maior formação de coque e eteno (2,9%) para o quinto teste comparado ao quarto teste (0,9%). Assim, verifica-se que quanto maior a formação de eteno, maior a formação de coque ao final dos testes catalíticos

5 | CONCLUSÕES

Podemos concluir, a partir dos dados apresentados, que o gás inerte favorece a reação de reforma do etanol com vapor de água quando empregado em uma vazão 1:1 de nitrogênio para etanol, pois promove uma “limpeza” na superfície do catalisador, removendo o coque formado, que não é muito denso quando se utiliza Cu/Ni/CeO₂ como catalisador. A maior vazão de gás de arraste diminuiu as conversões, uma vez que em uma maior vazão o tempo de contato pode não ser o suficiente para que a reação ocorra de forma efetiva. Além disso, houve um aumento significativo da conversão na presença do monólito para todas as vazões do gás de arraste, possivelmente pela maior área de contato entre o catalisador e a mistura reagente.

Desta maneira, conclui-se que utilizar uma vazão intermediária do gás inerte com o catalisador impregnado no monólito de cordierita é a alternativa mais interessante entre as apresentadas, proporcionando uma excelente conversão no produto desejado.

REFERÊNCIAS

BASAGIANNIS, A. C.; PANAGIOTOPOULOU, Æ. P.; VERYKIOS, X. E. Low Temperature Steam Reforming of Ethanol Over Supported Noble Metal Catalysts. p. 2–12, 2008.

CYBULSKI, A.; MOULIJN, J. A. The Present and the Future of Structured Catalysts: An Overview. In: CYBULSKI, A.; MOULIJN, J. A. (Eds.). . Structured Catalysts and Reactors. 2. ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 200

DANCINI-PONTES, I. Avaliação de parâmetros na reforma do etanol: oxidativa e a vapor d'água. 2014; GALETTI, A. E. et al. Hydrogen production by ethanol reforming over NiZnAl catalysts. Influence of Ce addition on carbon deposition. Applied Catalysis A: General, v. 348, n. 1, p. 94–102, 2008.

HILL, C. G.; ROOT, T. W. Introduction to Chemical Engineering Kinetics and Reactor Design. 2a. ed. New Jersey: Wiley, 2014.

HOSSEINI, S. E.; WAHID, M. A. Hydrogen production from renewable and sustainable energy resources: Promising green energy carrier for clean development. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 57, p. 850–866, 2016.

LIN, S. S. Y.; KIM, D. H.; HA, S. Y. Metallic phases of cobalt-based catalysts in ethanol steam reforming: The effect of cerium oxide. Applied Catalysis A: General, v. 355, p. 69–77, 2009.

MATTOS, L. V.; JACOBS, G.; DAVIS, B. H.; NORONHA, F. B. Production of Hydrogen from Ethanol: Review of Reaction Mechanism and Catalyst Deactivation. Chemical Reviews, v. 112, p. 4094–4123, 2012.

NISHIGUCHI, T. et al. Catalytic steam reforming of ethanol to produce hydrogen and acetone. *Applied Catalysis A: General*, v. 279, n. 1–2, p. 273–277, 2005.

SAEKI, T. et al. Synergistic effects of CeO₂-supported bimetallic Ni–Cu, Co–Cu, and Ni – Fe catalysts on steam reforming of ethanol. *Journal of the Ceramic Society of Japan*, v. 123, n. 10, p. 955–960, 2015.

DANCINI, I. et al. Influence of the CeO₂ and Nb₂O₅ supports and the inert gas in ethanol steam reforming for H₂ production. *Elsevier, Chemical Engineering Journal*, v. 273, 1 August 2015, p. 66-74.

BEPARI, S.; KUILA, D. Steam reforming of methanol, ethanol and glycerol over nickel-based catalysts - A review. *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 45, p. 18090-18113, 2020

AVALIAÇÃO DA MATURIDADE NA GESTÃO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS DE REJEITOS

Data de aceite: 01/03/2023

Claudinei Oliveira Cruz

ANM – Agência Nacional de Mineração

Franknelli de Araujo

Engenheiro de Produção, UFOP

RESUMO: Motivado pelas recentes rupturas de barragens de rejeitos no Brasil, o presente estudo analisa a luz da legislação brasileira atual a maturidade da gestão de riscos destas estruturas. O estudo utiliza de referências e metodologias já existentes de gestão de riscos em outros setores da economia, tanto da esfera pública quanto privada. O objetivo é propor um novo método para avaliação objetiva da maturidade do processo de gestão de riscos de qualquer empresa que possua entre seus ativos, barragens de rejeitos de mineração. Formada por blocos de perguntas, o método reflete os princípios da ISO 31000, estabelecendo métricas para todas as etapas do processo de gestão de riscos, desde a identificação de riscos, mensuração, tratamento e comunicação. Em um segundo momento, um estudo de caso compara a maturidade da gestão de riscos entre três mineradoras distintas, servindo como um exemplo concreto de

aplicação da metodologia proposta.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de riscos, barragens de rejeito, ISO 31000, modelos de maturidade.

ABSTRACT: Motivated by the recent ruptures of Brazilian tailings dams, the present study analyzes, in the light of current Brazilian legislation, the maturity of the risk management of these structures. The study uses existing risk management references and methodologies from other sectors of the economy, both in the public and private spheres. The objective is to propose a new method for the objective assessment of the risk management of any company that has mining tailings dams among its assets. Formed by blocks of questions, the method reflects the principles of ISO 31000, establishing metrics for all stages of the risk management process, from risk identification, measurement, treatment, and communication. In a second step, a case study compares the maturity of risk management between three different mining companies, working as a concrete example of application of the proposed methodology.

KEYWORDS: Risk management, tailings dams, ISO 31000, maturity models.

INTRODUÇÃO

A segurança de barragens no Brasil atualmente tem seus requisitos mínimos instituídos pela Lei n. 12.334/2010 (2010)^[1], que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens – PNSB. A citada lei, no inciso III, artigo 4º, determina que a responsabilidade da segurança das barragens é do empreendedor, assim como delega quais são os órgãos públicos responsáveis pela fiscalização do cumprimento da lei. A fiscalização das barragens de mineradoras é de competência da ANM – Agência Nacional de Mineradora e tem como regulamentação específica sobre a segurança de barragens de rejeito a Portaria n. 70.389/2017 e a Resolução n. 13/2019.

Sendo assim, todas as mineradoras que possuem barragens de rejeito têm a obrigatoriedade de cumprir os diplomas legais citados acima. O processo de gestão de risco da segurança de barragens fica a critério de cada mineradora. Segundo Klimkievicz^[2] (2016 apud Almeida, 2001), na gestão de riscos, há identificação, análise e manutenção dos riscos em níveis aceitáveis durante as fases de projeto, construção e operação. A Lei n. 12.334/2010 define a gestão de risco como ações de caráter normativo, bem como a aplicação de medidas para prevenção, controle e mitigação de riscos.

Segundo Silva^[4] (2012), a gestão de riscos deve englobar a análise de risco, a avaliação e o controle de risco, a aceitação e os planos mitigadores de risco, devendo estar presente em todas as etapas do ciclo de vida da estrutura. Silva (2012) também cita Ladeira ^[5] (2007) para a necessidade de a gestão de risco ser tratada como uma ferramenta fundamental nas ações de prevenção, devendo ser rápida na predição e sempre atualizada.

A boa prática em segurança de barragens de rejeito exige que todas as mineradoras gerenciem os riscos associados às barragens de rejeitos em algum grau para poderem atender às normas vigentes. Atualmente, o modelo aplicado na maioria das mineradoras para gestão de risco em suas barragens de rejeito consiste no desenvolvimento integrado das atividades de análise de risco, apreciação de riscos e de controle de risco (Cruz; Rodvalho, 2019^[6]). Entretanto, esse modelo não garante que os processos de gestão de risco realizada pelas empresas detentoras de barragens de rejeitos estejam maduros, fato motivador deste trabalho.

O presente trabalho adaptou as metodologias desenvolvidas por Gaffo e Barros (2012)^[7], Metodologia para Avaliar Grau de Maturidade da Gerência de Riscos, assim como o Manual do TCU^[12], – Tribunal de Contas da União, Gestão de Riscos e Avaliação de Maturidade. As metodologias citadas, que nos serviram de base, estão embasadas na ISO 31000.

A ISO 31000 fornece princípios e diretrizes para gerenciar qualquer tipo de risco em toda ou em parte de qualquer organização. Trata-se de uma norma geral, independentemente de indústria, setor ou área, e não concorre com outras normas sobre gestão de riscos em áreas específicas (ABN , 2009)^[8].

Seus objetivos são servir como guia em matéria de gestão de riscos e harmonizar os processos de gestão de riscos, fornecendo uma abordagem comum, que pode ser aplicada a uma gama de atividades, incluindo estratégias, decisões, operações, processos, funções, projetos, produtos, serviços e ativos (ABNT, 2009)^[8]. Assim, sua lógica é bastante simples e estrutura-se em três partes fundamentais inter-relacionadas: os princípios, a estrutura e o processo de gestão de riscos.

Considerando que toda barragem de rejeito tem riscos associados, estes devem ser gerenciados para que se obtenha uma segurança satisfatória. Mesmo que todos os riscos identificados pelo proprietário da barragem estejam sob controle, manter o monitoramento dos riscos é necessário, pois ainda existem os riscos residuais, que são aqueles remanescentes após a ação dos controles.

Portanto, independentemente de o objetivo ser mitigar os riscos residuais ou inerentes, as estruturas necessitam de uma gestão de riscos contínua, ou seja, um procedimento coordenado, estruturado e sistemático para que os riscos sejam tratados adequadamente, monitorados e controlados. Pois, caso contrário, os riscos poderão se materializar, causando um sinistro com consequências graves. É justamente nesse contexto, de verificação de como está sendo executada a gestão dos riscos associados à barragem, que a metodologia sugerida pode ser aplicada.

Sendo assim, a obtenção de um panorama de quanto as minerações identificam avaliam, manejam e monitoram os riscos fornecerá uma indicação de como está sendo conduzida a gestão de risco referente ao tema pela alta administração da mineradora e dos responsáveis diretos pela sua segurança. O objetivo principal deste trabalho é analisar criticamente o nível de maturidade de riscos.

Vale ressaltar que maturidade de riscos é o grau de adoção e aplicação, por parte da mineradora, de uma abordagem de gestão de riscos, conforme planejada, em toda a organização, a fim de identificar, avaliar e decidir sobre respostas e relatar oportunidade e ameaças que afetam a consecução dos objetivos da organização (Novaes, 2016)^[9], ou seja, como a mineradora está executando a gestão de riscos relacionadas à segurança de barragem. Por fim, será determinada a maturidade da empresa em relação à gestão dos riscos associados à barragem, que é classificada em cinco graus: Inicial, Básico, Intermediário, Aprimorado e Avançado.

MODELOS DE MATURIDADE EM UMA ORGANIZAÇÃO

Novaes (2016) define o conceito de maturidade de uma organização como uma medida para avaliar a capacidade da organização em relação a certa disciplina. Ainda segundo Novaes (2016), a maturidade está relacionada ao processo, de forma genérica, e os Modelos de Maturidade são ferramentas muito úteis para avaliação desses processos. O uso de um modelo de maturidade permite que uma organização tenha seus métodos

e processos avaliados de acordo com as boas práticas de mercado e com um conjunto de parâmetros estabelecidos (Novaes, 2016). A avaliação da organização geralmente ocorre pela aplicação de um questionário no qual um grupo de pessoas, previamente selecionadas, respondem às questões estabelecidas pelo modelo. Um cálculo definirá o nível de maturidade em que o empreendimento se encontra para um determinado processo (Novaes, 2016).

Nesse contexto, o modelo apresentado pelo GAIA Riscos, em Gaffo e Barros (2012)^[7], é baseado em um questionário de avaliação diagnóstica cuja função é identificar, por meio das repostas fornecidas pelos usuários, o grau de maturidade com que o Desenvolvimento de Software de uma organização atende ao framework. Dessa forma, o questionário proposto pelo GAIA Riscos organiza-se em sete grupos, que compreendem questões objetivas sobre cada um dos serviços do processo de Gestão de Riscos da ISO 31000. Os grupos são divididos da seguinte forma: estabelecer contexto, identificar riscos, analisar riscos, avaliar riscos, tratar riscos, monitoramento e controle e comunicação e consulta. As perguntas elaboradas pelo método GAIA tem os devidos pesos e pontuações considerados utilizados para determinar a pontuação de cada item e, assim, se chegar ao nível de maturidade. Os níveis de maturidade estabelecidos pelo método GAIA estão expressos na figura abaixo

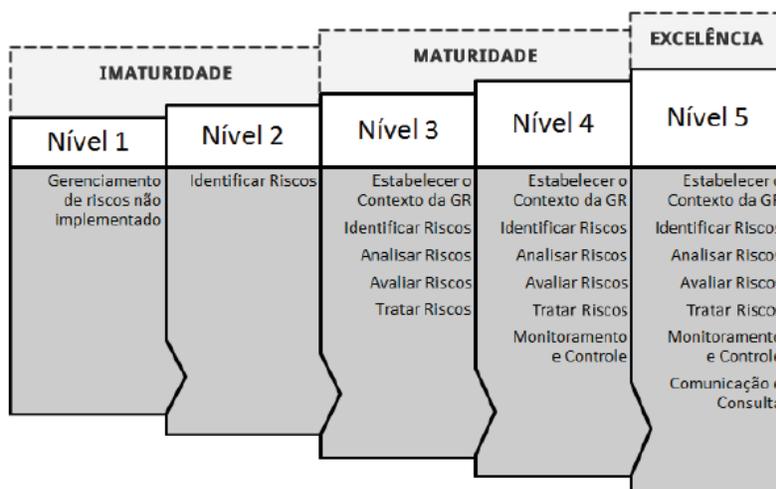


Figura 1 – Framework GAIA Riscos

Outro método observado foi o construído pelo TCU – Tribunal de Contas da União, Modelo de Avaliação da Maturidade Organizacional em Gestão de Riscos, modelo esse que, segundo o TCU, foi baseado nos modelos de gerenciamento de riscos COSO GRC (COSO, 2004^[10], 2014^[11]), ABNT NBR ISO 31000 Gestão de Riscos – Princípios e Diretrizes (ABNT,

2009^[8]) e Orange Book (UK, 2004, 2009), bem como da IN-MP/CGU n. 1/2016. O modelo proposto pelo TCU é composto das quatro dimensões ilustradas na Figura 2 a seguir e sua aplicação apoia-se nos critérios para avaliação da maturidade em gestão de riscos desenvolvida por esse órgão.



Figura 2 – Modelo de avaliação da maturidade em gestão de riscos elaborado pelo TCU (2018)^[13]

O trabalho desenvolvido pelo TCU considera para a determinação do nível de maturidade as capacidades existentes na organização em termos de liderança, políticas e estratégias. Para isso, é necessário avaliar se os princípios, a estrutura (ou os componentes) e os processos colocados em prática para o gerenciamento de riscos por toda a organização estão presentes e funcionando integrados aos processos de gestão, desde o planejamento estratégico até os projetos e processos de todas as áreas, funções e atividades relevantes para o alcance dos objetivos-chave da organização.

Podemos observar que os modelos acima descritos não pertencem ao contexto da mineradora ou de segurança de barragens, entretanto, esses modelos estão apoiados na ISO 31000, que fornece princípios e diretrizes para gerenciar qualquer tipo de risco em toda ou em parte de qualquer organização. Trata-se de uma norma geral, independentemente de indústria, setor ou área, e não concorre com outras normas sobre gestão de riscos em áreas específicas (ABN, 2009)^[8].

Portanto, os objetivos da norma ISO 3100 são servir como guia em matéria de gestão de riscos e harmonizar os processos, fornecendo uma abordagem comum, que pode ser aplicada a uma gama de atividades, incluindo estratégias, decisões, operações, processos, funções, projetos, produtos, serviços e ativos (ABNT, 2009)^[8]. Assim, sua lógica é bastante simples e estrutura-se em três partes fundamentais inter-relacionadas: os princípios, a estrutura e o processo de gestão de risco.

Sendo assim, este trabalho adaptou os modelos de maturidade descritos dentro do

contexto de gestão de riscos no gerenciamento da segurança de barragens de rejeito, uma vez que a norma ISO 31000 pode ser utilizada para qualquer atividade. Nesse contexto, o Instituto de Auditores Internos do Brasil, no seu guia prático “Avaliando a Adequação do Gerenciamento de Risco Usando a ISO 31000”^[11], vem afirmar que modelo de maturidade tem como base a afirmação de que a qualidade do processo de gerenciamento de riscos de uma organização deve melhorar com o tempo. Sistemas imaturos de gerenciamento de riscos trazem muito pouco retorno para o investimento que foi feito e, muitas vezes, operam como uma despesa geral de conformidade ou como uma imposição, mais preocupados com o reporte dos riscos do que com seu tratamento eficaz. Também afirma que ISO 31000 contém uma lista de práticas e “princípios” importantes que devem ser o ponto de partida para qualquer avaliação de maturidade. Esses princípios não resolvem apenas se “o elemento do processo ou sistema existe”, mas também se “é eficaz e relevante para sua organização” e “agrega valor”.

METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DA MATURIDADE NA GESTÃO DE SEGURANÇA DE BARRAGENS DE REJEITO

A metodologia proposta inicia-se com a aplicação de um questionário aos responsáveis pela gestão de segurança da barragem de rejeito da organização em análise. Esse questionário possui sete itens, sendo que cada item possui um número variado de perguntas. Eles representam cada etapa do processo de gestão de riscos da ISO 31000. O referido questionário foi baseado na metodologia GAIA Riscos, Gaffo e Barros (2012)^[7], sendo adaptado para a gestão de segurança de barragens.

O processo de gestão de riscos da ISO 31000 que norteia o questionário é composto pelas seguintes etapas:

1. Comunicação e consulta: Durante todas as etapas ou atividades do processo de gestão de riscos, deve haver uma efetiva comunicação informativa e consultiva entre a organização e as partes interessadas, internas e externas, com o objetivo de estabelecer o contexto apropriadamente e assegurar que as visões e as percepções das partes interessadas, incluindo necessidades, suposições, conceitos e preocupações, sejam identificadas, registradas e levadas em consideração, como também assegurar que os riscos sejam identificados e analisados adequadamente, reunindo áreas diferentes de especialização.

2. Estabelecimento do contexto: Contexto é o ambiente no qual uma organização busca atingir seus objetivos e estes são uma parte importante da definição daquele, pois a gestão de riscos ocorre no contexto dos objetivos da organização. Assim, os objetivos do processo, do projeto ou da atividade que está sendo objeto do processo de gestão de riscos devem ser considerados no contexto dos objetivos da organização como um todo, de modo a assegurar a identificação dos riscos do objeto que sejam significativos para os objetivos da organização

3. Identificação de riscos: Identificação de riscos é o processo de busca, reconhecimento e descrição de riscos, tendo como base o contexto estabelecido e apoiado na comunicação e na consulta com as partes interessadas, internas e externas (ABNT, 2009)^[6]. O objetivo é produzir uma lista abrangente de riscos, incluindo causas, fontes e eventos, que possam ter um impacto na consecução dos objetivos identificados na etapa de estabelecimento do contexto

4. Análise de riscos: A análise de riscos é o processo de compreender a natureza do risco e determinar seu nível, fornecendo a base para a avaliação e para as decisões sobre o tratamento de riscos (ABNT, 2009)^[6].

5. Avaliação de riscos: A finalidade da avaliação de riscos é auxiliar na tomada de decisões com base nos resultados da análise de riscos, sobre quais riscos necessitam de tratamento e a prioridade para a implementação do tratamento. Envolve comparar o nível de risco com os critérios de risco estabelecidos quando o contexto foi considerado, para determinar se o risco e/ou sua magnitude são aceitáveis ou toleráveis ou se algum tratamento é exigido (ABNT, 2009)^[6].

6. Tratamento de riscos: O tratamento de riscos envolve a seleção de uma ou mais opções para modificar o nível do risco (a probabilidade ou o impacto) e a elaboração de planos de tratamento que, uma vez implementados, implicarão a introdução de novos controles ou a modificação dos existentes. Um dos benefícios da gestão de riscos é exatamente o rigor que este proporciona ao processo de identificação e seleção de alternativas de respostas aos riscos (ABNT, 2009^[6]; COSO, 2014^[11]).

7. Monitoramento e controle: O monitoramento e controle são partes integrantes e essenciais da gestão de riscos e uma das etapas mais importantes do processo de gestão de riscos, cuja finalidade é detectar mudanças no contexto externo e interno, incluindo alterações nos critérios de risco e no próprio risco, que podem requerer revisão dos tratamentos atualmente adotados e suas prioridades, e levar à identificação de riscos emergentes

Definidos os itens que servirão de base para o questionário, foram confeccionadas as perguntas para cada item com base no GAIA Riscos, Gaffo e Barros (2012)^[7], sendo que as perguntas foram adaptadas para o caso em estudo. Abaixo temos as perguntas referentes a cada item, sendo que cada item possui determinado peso. Vale salientar que o questionário deverá ser respondido no mínimo pelo gerente de gestão de segurança de barragens da mineradora em análise. Os pesos atribuídos a cada item serão utilizados para calcular a média ponderada do índice global de maturidade do empreendimento em análise, utilizando para o cálculo o índice de maturidade de cada item, como explicado logo a seguir.

Estabelecer contexto (peso 0,4)

O questionário relativo a esse item tem o objetivo de medir o grau com que as atividades do processo de estabelecimento do contexto estão presentes na gestão de riscos da segurança da barragem de rejeito. O contexto inclui elementos como políticas

de gestão de riscos, critérios, métodos, premissas e restrições do GR. Para avaliar o grau com que a gestão de segurança da barragem atende às finalidades dessa atividade, as seguintes questões são propostas:

- 1: A mineradora possui critérios e parâmetros bem-definidos para identificar os riscos presentes na barragem de rejeito?
- 2: A mineradora define claramente os objetivos do Gerenciamento de Risco (GR) da segurança da barragem?
- 3: A mineradora define claramente o escopo do Gerenciamento de Risco da segurança da barragem?
- 4: A mineradora define claramente as responsabilidades do Gerenciamento de Risco da segurança da barragem?
- 5: A mineradora define claramente políticas, normas, regulamentações e guias para o Gerenciamento de risco da segurança da barragem?
- 6: A mineradora define claramente metodologias para avaliar os riscos associados à segurança da barragem?
- 7: A mineradora define claramente níveis de aceitação ou tolerância para os riscos associados à segurança da barragem?
- 8: A mineradora define claramente a metodologia para determinar probabilidade de ocorrência de um risco associado à segurança da barragem?
- 9: A mineradora define claramente as decisões necessárias no caso de um risco se concretizar?
- 10: A mineradora define as premissas e as restrições do processo de Gerenciamento de Risco da segurança da barragem?

Identificar riscos (Peso 0,3)

O questionário relativo a esse item tem o objetivo de medir o grau em que se encontra o processo de identificação dos riscos associados à segurança da barragem. Esse processo inclui atividades para identificar as fontes de riscos, suas causas, probabilidade de ocorrência e áreas de impacto para gerar uma lista de riscos. Para avaliar o grau com que a segurança de barragem atende às finalidades dessa atividade, as seguintes questões são propostas:

- 1: A mineradora busca identificar as fontes causadoras de riscos relacionadas à segurança da barragem?
- 2: A mineradora documenta de maneira clara e completa uma lista com os riscos identificados e suas descrições?
- 3: Tais riscos são identificados em sessões de avaliação multidisciplinares, com público diversos e contemplando todos os pontos de vista necessários?
- 4: Se necessário, a mineradora busca auxílio em outras pessoas com conhecimentos

apropriados sobre segurança de barragens? Tais pessoas são reconhecidamente competentes no tema?

5: A mineradora documenta de maneira clara outras ameaças atreladas a um determinado risco?

6: As informações utilizadas para identificar os riscos sempre estão atualizadas? As estruturas possuem documentação construtiva atualizada (exemplo: *As-Builts* ou *As-Is*)

7: Se necessário, a mineradora utiliza ferramentas e técnicas específicas para identificar os riscos associados à barragem de rejeito?

8: Quando um risco é documentado, as áreas de impacto, suas causas e as consequências possíveis complementam a identificação dos riscos? Baseado na legislação atual, há uma mapa de inundação a jusante da estrutura?

Analisar riscos (peso 0,1)

O questionário relativo a esse item tem o objetivo de medir o grau em que a atividade do processo de análise dos riscos está na gestão de segurança da barragem de rejeito. Esse processo inclui atividades para filtrar os riscos identificados, mantendo apenas os mais relevantes com os critérios e parâmetros. Para avaliar o grau em que a segurança de barragem atende às finalidades dessa atividade, são propostas as seguintes questões:

1: A mineradora busca compreender o risco após sua identificação?

2: Quando um risco é compreendido, causas, impactos, consequências e probabilidade de ocorrência são levados em consideração?

3: Riscos com maior probabilidade de ocorrer ou com maiores impactos à segurança da barragem são analisados de maneira especial?

4: A mineradora documenta de maneira clara e completa a lista dos riscos analisados?

5: Se novos riscos surgirem durante a análise de uma ameaça, eles são incluídos na lista de riscos identificados?

6: A mineradora realiza análises quantitativas, qualitativas ou uma combinação das duas para determinar o impacto de uma ameaça?

7: A análise dos riscos leva em consideração a documentação da barragem?

8: As decisões que impactam as barragens levam em conta as análises de riscos realizadas para aquela estrutura? Há evidências que as decisões tomadas no passado estavam suportadas por avaliações de risco robustas?

Avaliar riscos (Peso 0,2)

O questionário relativo a esse item tem o objetivo de medir o grau em que as atividades do processo de avaliação dos riscos estão presentes na gestão de segurança da barragem. Esse processo inclui atividades para quantificar os riscos e para classificá-los de acordo com sua probabilidade de ocorrência e criticidade. Para avaliar o grau em que a gestão de

segurança da barragem atende às finalidades dessa atividade, as seguintes questões são propostas:

0: A mineradora possui um apetite de risco definido e claro para suas estruturas? Apetite esse que pode ser definido em termos de nível de risco (probabilidade x severidade)? Este apetite de risco é menor do que os requisitos mínimos da lei brasileira?

1: A mineradora utiliza os dados da análise de riscos para determinar se um risco será aceito ou não?

2: A mineradora utiliza os dados da análise de riscos para estabelecer os riscos com maior prioridade?

3: A mineradora compara os dados obtidos durante a análise de riscos com os parâmetros e critérios estabelecidos?

4: A avaliação de severidade contempla potenciais impactos, como fatalidades, impactos ambientais, econômicos, sociais e legais?

Tratar riscos (Peso 0,1)

O questionário relativo a esse item tem o objetivo de medir o grau em que as atividades do processo de tratamento dos riscos estão presentes na gestão de segurança da barragem. Esse processo inclui atividades para implementar e elaborar os planos de tratamento e determinar a aceitação dos riscos residuais. Para avaliar o grau em que a gestão de segurança da barragem atende às finalidades dessa atividade, as seguintes questões são propostas:

1: A mineradora possui algum processo para avaliar as opções de tratamento de um determinado risco?

2: A mineradora avalia os riscos residuais para determinar se eles são toleráveis ou não?

3: Caso um risco residual não seja tolerável, a mineradora possui um processo de tratamento dessa ameaça?

4: A mineradora avalia a efetividade do tratamento realizado?

5: Se houver dados decorrentes da avaliação de efetividade do tratamento, estes são armazenados em um banco de dados histórico?

6: A mineradora define um cronograma para tratamento dos riscos?

7: A mineradora elabora planos de contingência para ser executado caso um risco se concretize?

Monitoramento e controle (Peso 0,2)

O questionário relativo a esse item tem o objetivo de medir o grau em que as atividades do processo de monitoramento e controle estão presentes na gestão de

segurança da barragem. Esse processo inclui atividades para garantir que a gestão de segurança da barragem está relevante e efetiva frente aos planos. Para avaliar o grau em que a gestão de segurança da barragem atende às finalidades dessa atividade, as seguintes questões são propostas:

1: A mineradora possui controle bem mapeados e definidos para mitigação dos riscos identificados

Estes controles são regularmente avaliados quanto à sua efetividade e possíveis problemas são prontamente endereçados?

Caso detectada ineficiência de controles, a avaliação do risco residual é revisada para checar se ainda se encontra no nível tolerável?

A mineradora utiliza os dados do tratamento para avaliar a eficácia e a eficiência do GR?

2: A mineradora se preocupa com mudanças no contexto interno e externo da barragem?

3: A mineradora realiza reavaliações constantes em seus planos do projeto para identificar novos riscos?

4: A mineradora possui métodos para armazenar e recuperar as informações do GR?

5: A mineradora armazena informações sobre custos e esforços necessários para manter o GR?

6: Existem políticas que determinam por quanto tempo a informação deve ser mantida no banco de dados histórico do GR?

7: A mineradora utiliza os dados armazenados para incentivar os *stakeholders* para melhorar continuamente o GR?

8: Os dados de monitoramento são auditados de forma sistemática (interna ou externamente) por equipes técnicas e independentes?

9: Os dados de monitoramento são compartilhados com outros *stakeholders* (fiscalização, comunidades) de forma a dar maior transparência à gestão da estrutura?

Comunicação e Consulta (peso 0,1)

O questionário relativo a esse item tem o objetivo de medir o grau em que as atividades do processo de comunicação e consulta estão presentes na gestão de segurança da barragem. Esse processo inclui atividades para garantir que os interesses e conhecimentos de todos os *stakeholders* sejam entendidos e considerados. Para avaliar o grau em que a gestão de segurança da barragem atende às finalidades dessa atividade, as seguintes questões são propostas:

1: A mineradora comunica e consulta as partes interessadas para estabelecer o

contexto do GR?

2: A mineradora considera e entende os interesses dos *stakeholders*?

3: A mineradora agrega o conhecimento de diferentes áreas para auxiliar no processo de análise dos riscos? Estão presentes profissionais das áreas sociais, relacionamento, meio ambiente, segurança, saúde com conhecimento de contexto das populações a jusante das estruturas?

4: A mineradora elabora um plano que rege a comunicação entre as partes interessadas?

5: A mineradora considera o conhecimento de diferentes áreas para auxiliar na tomada de decisão?

6: A mineradora fornece meios para comunicar os assuntos referentes aos riscos?

7: A mineradora distribui as informações relevantes a todos os membros da equipe, respeitando os dados confidenciais e a integridade do conteúdo

8: As comunidades a jusante da estrutura: Elas conhecem a empresa? Elas sabem da existência das estruturas? Há um plano de visitas guiadas e engajamento destes públicos? Há planos de evacuação e simulados conforme a lei?

Cada pergunta terá cinco alternativas, sendo que cada alternativa terá uma pontuação de no máximo 3 e no mínimo -3, conforme quadro abaixo.

Fator multiplicador das perguntas

A	Sim, bem-definido e é de conhecimentos de todos	3
B	Sim, bem-definido, mas não são divulgado	2
C	Desconhece esta informação	0
D	Faz parcialmente, mas não são conhecidos	-2
E	Não	-3

Quadro 1 – Alternativas de respostas das perguntas

O índice de maturidade de cada item do processo de gestão de riscos é apurado tomando-se o somatório de pontos do conjunto de questões que a compõe e calculando-se a razão entre a pontuação alcançada e a pontuação máxima possível, expressando esse quociente com um número entre 0% e 100%. O índice de maturidade global da gestão de riscos é obtido pela média ponderada dos índices de maturidade dos serviços pelos pesos correspondentes de cada um.

Os índices de maturidade de cada item serão apresentados em gráficos radar (figura 3 e figura 4), pois, assim, é possível ter uma visão clara de onde está satisfatório e onde devem ser concentrados os esforços para melhorias imediatas.

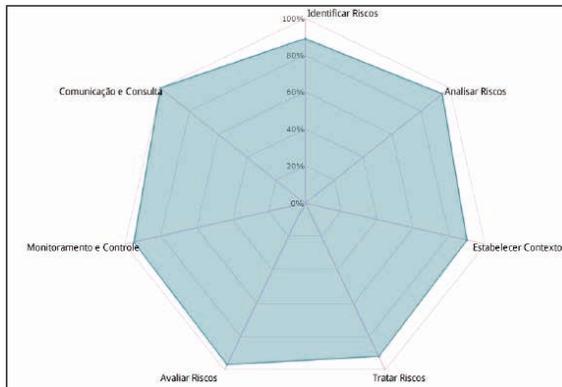


Figura 3 – Exemplo de apresentação dos resultados

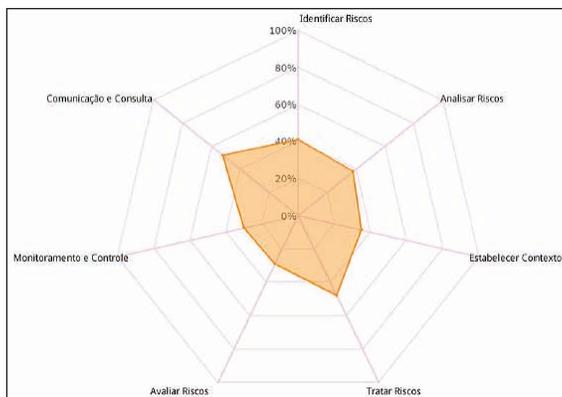


Figura 4 – Exemplo de apresentação dos resultados

Realizados os cálculos de maturidade da gestão de segurança da barragem através da metodologia descrita acima, será classificado o nível de maturidade da gestão de risco referente às barragens de rejeito por meio da figura 5

ÍNDICE DE MATURIDADE APURADO	NÍVEL DE MATURIDADE
De 0% a 20%	Inicial
De 20,1% a 40%	Básico
De 40,1% a 60%	Intermediário
De 60,1% a 80%	Aprimorado
De 80,1% a 100%	Avançado

Figura 5 – Índice de maturidade de gestão de risco, adaptado do TCU

VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA

Para validação da metodologia proposta, foi aplicado em três mineradoras distintas o questionário proposto neste trabalho. Vale ressaltar que todas as mineradoras que participaram desta pesquisa possuem barragens de rejeito incluídas na Política Nacional de Segurança de Barragens.

As mineradoras não serão identificadas por motivo de privacidade. No caso das três mineradoras, quem se propôs a responder ao questionário foram os respectivos responsáveis pelas estruturas. Para apresentarmos os resultados obtidos, as mineradoras serão denominadas como Mineradora A, Mineradora B e Mineradora C.

Apresentação dos resultados

Item analisado	Pontuação máxima	Pontuação atingida	Índice de maturidade
Estabelecer contexto	30	3	10,00%
Identificar risco	21	16	76,19%
Analisar riscos	21	18	85,71%
Avaliar riscos	9	-6	-66,67%
Tratar riscos	21	-9	-42,86%
Monitoramento e controle	21	-4	-19,05%
Comunicação e consulta	21	-9	-42,86%

Tabela 1 – Índice de maturidade da Mineradora A

O índice global alcançado pela Mineradora A foi de **6,94%**.

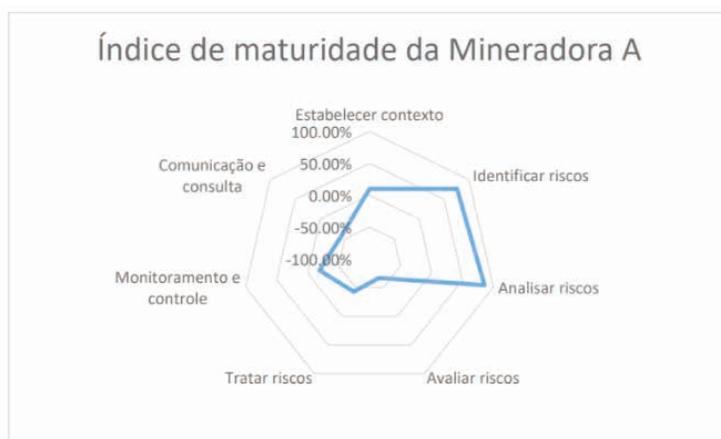


Gráfico 1 – Índice de maturidade da Mineradora A

Item analisado	Pontuação máxima	Pontuação atingida	Índice de maturidade
Estabelecer contexto	30	15	50,00%
Identificar risco	21	16	76,19%
Analisar riscos	21	21	100,00%
Avaliar riscos	9	8	88,89%
Tratar riscos	21	21	100,00%
Monitoramento e controle	21	21	100,00%
Comunicação e consulta	21	21	100,00%

Tabela 2 – Índice de maturidade da Mineradora B

O índice global alcançado pela Mineradora B foi de **79,02%**.

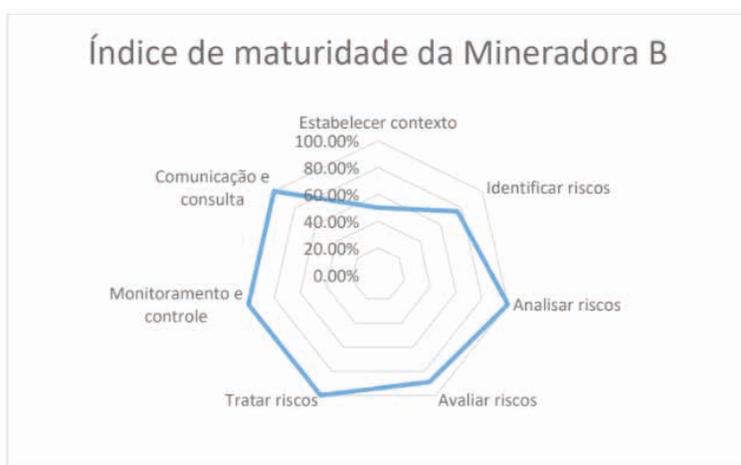


Gráfico 2 – Índice de Maturidade da Mineradora B

Item analisado	Pontuação máxima	Pontuação atingida	Índice de maturidade
Estabelecer contexto	30	30	100,00%
Identificar risco	21	21	100,00%
Analisar riscos	21	21	100,00%
Avaliar riscos	9	9	100,00%
Tratar riscos	21	12	57,14%
Monitoramento e controle	21	15	71,43%
Comunicação e consulta	21	18	85,71%

Tabela 3 – Índice de maturidade da Mineradora C

O índice global alcançado pela Mineradora C foi de **91,84%**.

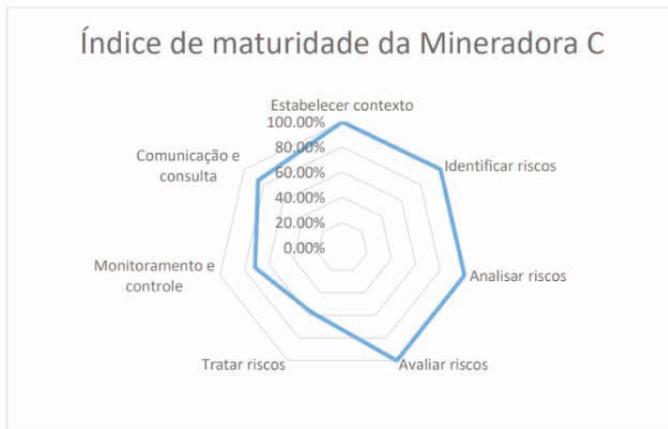


Gráfico 3 – Índice de Maturidade da Mineradora

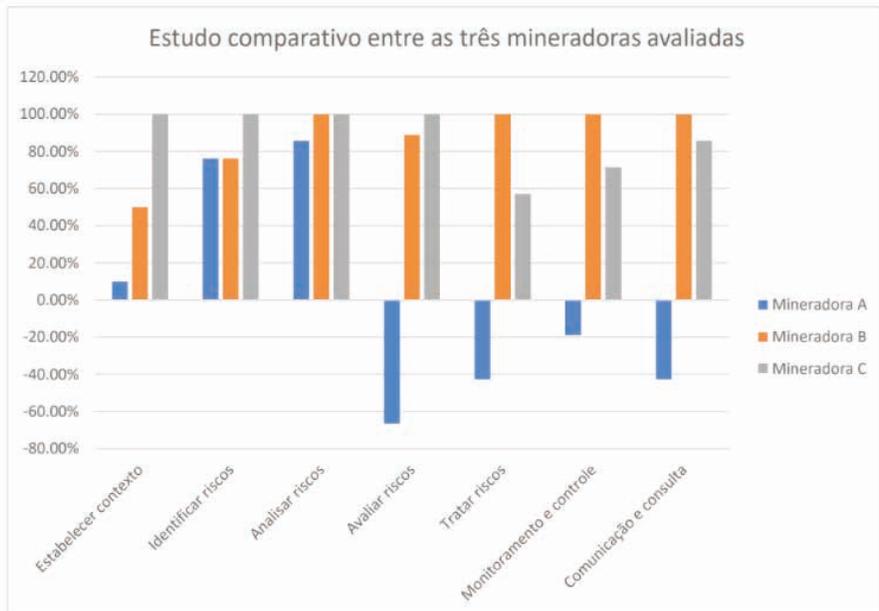


Gráfico 4 – Índice de maturidade comparativ

Os resultados nos mostram que a mineradora C obteve um índice de maturidade maior, 91,84%, sendo que necessita de atenção na fase de tratar os risco e monitoramento e controle. Também observamos que a mineradora A teve alguns índices negativos o que indica que não há controle nos referidos itens ou que não são realizados. Nos gráficos de cada mineradora podemos observar onde há a necessidade de intervenções no processo de gestão de riscos da segurança das barragens.

Com relação a classificação da maturidade neste estudo de caso obtemos a seguinte classificação das mineradoras em estudo

ÍNDICE DE MATURIDADE APURADO	NÍVEL DE MATURIDADE
De 0% a 20%	Inicial
De 20,1% a 40%	Básico
De 40,1% a 60%	Intermediário
De 60,1% a 80%	Aprimorado
De 80,1% a 100%	Avançado

Figura 6 – Índice de maturidade de gestão de risco, adaptado do TCU

- Mineradora A possui índice global de maturidade de 6,94%, portanto, é classificada como Inicial, necessitando de intervenções urgentes para melhorar sua classificação
- Mineradora B, índice global de maturidade 79,02%, portanto classificada como Aprimorado, necessitando de injeções para atingir o nível avançado.
- Mineradora C, índice global de maturidade 91,84%, portanto, classificada como Avançado, entretanto, necessita de atenção no tratamento de risco, como pode ser observado nos gráficos 3 e 4



Gráfico 5 – Diferentes níveis de maturidade e resultado

CONCLUSÃO

Após a apresentação da metodologia no estudo de caso descrito neste trabalho, concluímos que ela é aplicável para verificação da maturidade de riscos na gestão de segurança de barragens de rejeito, pois ela é baseada na ISO 31000, que pode ser utilizada para qualquer tipo de organização. Os resultados mostraram, por meio de gráficos e índices de maturidade calculados, onde cada mineradora deve priorizar suas intervenções para que se alcance uma maturidade avançada na gestão de riscos.

Outro ponto-chave da metodologia que pode e deve ser aprimorado é a aplicação e a revisão do questionário, uma vez que neste trabalho foi feita a aplicação do questionário de maneira informal, o ideal seria um auditor externo aplicá-lo após uma auditoria, resguardando a independência e a impessoalidade na apuração do resultado. Por fim acreditamos que a metodologia é totalmente aplicável sendo mais uma ferramenta para a gestão de riscos nas barragens de rejeito, trançada a um diagnóstico da gestão dos riscos com base na ISO 31000.

REFERÊNCIAS

- [1] Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010. Estabelece a política nacional de segurança de barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Brasil.
- [2] Klimkiewicz, B. E. (2016). *Gestão de Risco Aplicado a Obras de Barragem*. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil.
- [3] ALMEIDA, A. B. Emergência e gestão do risco. In: Curso de Exploração e Segurança de Barragens. Capítulo 7. Lisboa: Instituto Nacional da Água (INAG), 2001
- [4] Silva, E. T. G. (2012). *Barragens Hidrelétricas e Desastres: Uma Avaliação de Metodologias de Gestão de Risco Ambiental*. Dissertação (Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Planejamento e Gestão Ambiental Universidade Católica de Brasília, DF, Brasil.
- [5] LADEIRA, J. E. R. Avaliação de Segurança em Barragem de Terra, Sob o Cenário de Erosão Tubular Regressiva, por Métodos Probabilísticos. O Caso UHE São Simão. 2007. 230 f. dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) Escola de Engenharia. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007
- [6] Cruz, C. O., Rodovalho E. C. *Application of ISO 31000 standard on tailings dam safety* (2019). Revista Escola de Minas.
- [7] Gaffo, F. H., Barros, R. M. (2012) *GAIA Risks: A risk management framework*. In: Proceedings of the 25th International Conference on Computer Applications in Industry and Engineering, v. 1, p. 57-62.
- [8] ABNT. ISO 31.000. *Gestão de Riscos: Princípios e Diretrizes*, 2019.

[9] Novaes, B. F. (2016). *Análise da maturidade em gestão de riscos no MP: proposição e aplicação de um instrumento de avaliação orientado aos processos de TI*. Dissertação (Mestrado Profissional em Computação Aplicada) – Universidade Federal de Brasília, Brasília, DF, Brasil.

[10] COMMITTEE OF SPONSORING ORGANIZATIONS OF THE TREADWAY COMMISSION (COSO). *Enterprise Risk Management - Integrated Framework*, AICPA: New York, 2004.

[11] COMMITTEE OF SPONSORING ORGANIZATIONS OF THE TREADWAY COMMISSION - COSO. (2014) *Welcome to COSO and About us*. Disponível em: . Acesso em: 04 fev. 2014..

[12] TCU. Tribunal de Contas da União. (2018) *Manual de Gestão de Riscos Avaliação da Maturidade*.

[13] Instituto dos Auditores Internos do Brasil. *Avaliando a Adequação do Gerenciamento de Riscos Usando a ISO 31000*, 2018.

ANÁLISE DO NÍVEL DE PARTICIPAÇÃO SOCIAL NO PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE PLANOS MUNICIPAIS DE SANEAMENTO BÁSICO BASEADOS NA LEI N. 11.445/2007: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE CAMAÇARI - BA

Data de aceite: 01/03/2023

Mayara Santana Borges

Departamento de Meio Ambiente/
Secretaria Municipal de Infraestrutura e
Meio Ambiente/Prefeitura Municipal de
Catu

Luiz Roberto Santos Moraes

Universidade Federal da Bahia/Escola
Politécnica/Mestrado em Meio Ambiente,
Águas e Saneamento

RESUMO: A Lei n. 11.445/2007 tem sido a grande referência na elaboração dos planos municipais técnico-participativos de saneamento básico. Ela aponta que o processo de formulação da política e de elaboração do plano municipal de saneamento básico deveria levar em consideração os princípios fundamentais da prestação dos serviços públicos de saneamento básico, dentre os quais encontra-se o controle social. Baseado no Marco Legal Regulatório do Saneamento Básico, o município de Camaçari-BA teve seu Plano ao Plano Municipal de Saneamento Básico concluído em novembro de 2016. Todavia, em diversas situações a participação popular em tomadas de decisão é prejudicada pela falta de meios de

monitorização, assim como a influência da cultura política local, geralmente marcada pelo clientelismo e o fato do processo de descentralização da gestão praticamente caminhar em passos lentos, numa estrutura vertical, que funciona de cima para baixo, ou seja, o Poder Executivo local descentraliza seu processo de tomada de decisão a fim de interpretar as necessidades da população.

PALAVRAS-CHAVE: Plano Municipal de Saneamento Básico, Nível de Participação, Controle Social, Camaçari-BA.

ANALYSIS OF THE LEVEL OF SOCIAL PARTICIPATION IN THE ELABORATION PROCESS OF MUNICIPAL SANITATION PLANS BASED ON LAW NO. 11,445/2007: CASE STUDY IN THE MUNICIPALITY OF CAMAÇARI - BA

ABSTRACT: The Law no. 11,445/2007 has been the great reference in the elaboration of municipal technical-participatory plans for basic sanitation. It points out that the process of formulating the policy and drawing up the municipal basic sanitation plan should take into account the fundamental principles of providing public basic sanitation services, among which is social control. Based on the Basic Sanitation Legal Framework, the

Municipality of Camaçari-BA had its Municipal Basic Sanitation Plan completed in November 2016. However, in several situations popular participation in decision-making is hampered by the lack of monitoring means, as well as the influence of local political culture, usually marked by clientelism and the fact that the process of decentralization of management practically walks in slow steps, in a vertical structure, which works from top to bottom, that is, the local Executive Power decentralizes its decision-making process in order to interpret the needs of the population.

KEYWORDS: Municipal Basic Sanitation Plan, Level of Participation, Social Control, Camaçari-BA.

INTRODUÇÃO

Alguns exemplos de experiências de participação cidadã na América Latina e na Europa Ocidental, como orçamentos participativos, conselhos de políticas públicas, fóruns, conferências, círculos de estudos, entre outros, sendo algumas delas relacionadas ao processo de construção da cidadania e à promoção do protagonismo independente da sociedade, evidenciam o advento de um modelo democrático de gestão. Mas não existe um modelo único ou engessado de participação, pois a mesma se dá por diversos fatores dentre os quais: as experiências históricas; tradição cívica local; cultura política; e as estruturas de desigualdade socioeconômica de cada contexto.

Algumas das questões que envolvem a construção democrática no Brasil, por meio da participação da sociedade civil em espaços institucionais de participação e controle da ação do Estado, estão relacionadas com os contextos históricos e culturais aos quais se insere/inseriu a sociedade. Tal construção, que tem a Constituição Federal de 1988 como ponto de partida, ao mesmo tempo em que democratiza o Estado e expande as condições para o exercício de cidadania, também conjectura conflitos e contradições entre os sujeitos e classes que compõem a sociedade. Além disso, podem favorecer ou prejudicar uma das partes, bem como fragilizar o sistema democrático.

Assim, em 2007 foi promulgada a Lei n. 11.445 (BRASIL, 2007), estabelecendo também que a gestão dos serviços públicos de saneamento básico englobaria quatro funções: o planejamento; a regulação; a prestação dos serviços; e a fiscalização, sendo o controle social transversal a todas elas.

Segundo a referida Lei, a formulação da política pública de saneamento básico é de competência do titular dos serviços –no caso, o município– cabendo a este, entre outras competências, a elaboração do plano de saneamento básico. A este instrumento de planejamento é dada ampla importância no que diz respeito à nova organização e estruturação da gestão dos serviços públicos de saneamento básico. Assim, com o crescimento das capacidades e habilidades dos sujeitos sociais, a participação dos municípios precisa desempenhar um papel fundamental na busca de soluções para os problemas socioambientais e de saúde pública por eles vivenciados.

Desse modo, o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) deveria contemplar os quatro componentes de saneamento básico, quais sejam o abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário, a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas e a limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, em um horizonte de planejamento de vinte anos, compreendendo todo o território municipal, ou seja, suas áreas urbana e rural.

Conhecido com Marco Legal Regulatório do Saneamento Básico, a Lei n. 11.445/2007 (LDNSB) foi recentemente alterada pela Lei n. 14.026/2020¹ (BRASIL, 2020), mas até então tem sido a grande referência na elaboração dos planos municipais técnico-participativos. Ela indicava que o processo de formulação da política e de elaboração do plano municipal de saneamento básico deveria levar em consideração os princípios fundamentais da prestação dos serviços públicos de saneamento básico, dentre os quais encontra-se o controle social.

Baseado no Marco Legal Regulatório do Saneamento Básico, o Município de Camaçari-BA, objeto de estudo desta pesquisa, teve seu Plano Municipal de Saneamento Básico concluído em novembro de 2016 com recursos próprios a partir de um contrato firmado entre a Prefeitura Municipal de Camaçari e a uma empresa privada (via processo licitatório), objetivando a prestação de serviços especializados de consultoria para a Contratação de Empresa de Consultoria de Engenharia para elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico de Camaçari e também do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) (CAMAÇARI, 2014). O contrato assinado em 2014 previa a conclusão do PMSB em dez meses, encerrando em abril de 2015, todavia, por diversas razões, o contrato se estendeu por mais dezenove meses, encerrando-se em novembro de 2016.

Em diversas situações a participação popular em tomadas de decisão é prejudicada pela falta de meios de monitorização, assim como a influência da cultura política local, geralmente marcada pelo clientelismo e o fato do processo de descentralização da gestão praticamente caminhar em passos lentos, numa estrutura vertical, que funciona de cima para baixo, ou seja, o Poder Executivo local descentraliza seu processo de tomada de decisão a fim de interpretar as necessidades da população

Na literatura, esta participação pode ser avaliada qualitativamente e traduzida em níveis, as denominadas escada (ou escala) de participação.

Dentro desse contexto, o presente capítulo tem como objetivo analisar a capacidade de participação e controle da sociedade civil no processo de elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico de Camaçari-BA, norteados pela Lei n. 11.445/2007, a partir da elaboração de uma escada de participação adaptada para o cenário em epígrafe.

¹ A Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020, alterou o marco legal regulatório do saneamento básico. Dentre as alterações realizadas está o estímulo à concessão privada dos prestadores de serviços e a privatização das empresas públicas estaduais de água e esgoto. Entretanto, essa pesquisa, assim como o plano aqui estudado foram norteados pelo Marco Legal Regulatório do Saneamento Básico (LDNSB) instituído em 2007.

METODOLOGIA

A metodologia inicial da pesquisa envolveu revisão bibliográfica dos termos e conceitos associados aos níveis de participação social, bem como uma análise, em caráter exploratório do Termo de Referência que norteou à elaboração do PMSB de Camaçari, no que diz respeito, sobretudo, à participação social, e demais documentos gerados durante a elaboração do Plano, a exemplo de relatórios de atividades e listas de presença.

Grupo focal foi desenvolvido na pesquisa de campo com indivíduos que atuaram na elaboração do Plano Municipais de Saneamento Básico do Município de Camaçari com a finalidade de identificar os pontos potenciais e frágeis das ações que tiveram como principal foco o envolvimento da população durante o processo de elaboração do PMSB.

Os participantes do grupo focal foram convidados a responder e a discutir a matriz de participação baseada na Escada de Arnstein (1969), conforme mostra o Quadro 1.

Nível	Questão a serem respondidas pelos participantes do grupo focal
1. Manipulação	Se o participante considerar que alguém chegava com o material todo pronto apenas para que os representantes da sociedade civil validassem.
2. Terapia	Se o participante considerar que os técnicos de órgãos públicos se utilizavam dos comitês participativos para elaborar o Plano conforme seus interesses, sem assumir possíveis erros cometidos por eles, ao se fazer valer desse mecanismo para diluir a responsabilidade com a sociedade civil.
3. Informação	Se o participante considerar que a gestão informava as pessoas dos comitês sobre seus direitos, responsabilidades e opções. Entretanto, chegava com o material todo pronto apenas para que os membros da sociedade civil validassem o produto.
4. Consulta	Se o participante considerar que os representantes da sociedade civil apresentavam suas contribuições para o Plano, mas no final do processo elas eram ignoradas
5. Pacificação	Se o participante considerar que os representantes da sociedade civil tinham um certo grau de influência nas decisões, podendo participar dos processos de tomada de decisão, entretanto, não existia a obrigação da gestão de levar em conta o que ouviram.
6. Parceria	Se o participante considerar que havia discordância entre representantes da sociedade civil e da gestão, mas encontrava uma maneira de resolver, buscando a melhor solução para o município.
7. Delegação de Poder	Se o participante considerar que a opinião do grupo que representava a sociedade civil prevalecia diante da opinião da gestão e dos prestadores de serviços
Nível X	No caso de o participante sugerir alguma categoria de participação que não estivesse inicialmente inclusa nesta pesquisa.

Quadro 1 – Matriz de participação para aplicação da metodologia do grupo focal

Fonte: adaptado de Arnstein (1969) pelos autores.

Ao final, também foram utilizadas as palavras-chave (**legitimação, contribuição e decisão**) na análise de conteúdo dos dados coletados na realização do grupo focal.

Todo o processo foi gravado para posterior transcrição e análise de conteúdo, tendo o consentimento escrito dos participantes sobre as gravações e utilização dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características do Município de Camaçari-BA

O município de Camaçari, inserido no Território de Identidade Metropolitano de Salvador², tem a quarta maior população do estado da Bahia com 308.208 habitantes, conforme estimativa de 2021 do IBGE (IBGE, 2023), distando cerca de 41km da capital (Figura 1).



Figura 1 – Localização do município de Camaçari-BA

Fonte: Google Maps, 2019.

Reconhecido como Município em 30 de março 1938, Camaçari tem uma área de 785,421km², 42km de faixa costeira e densidade demográfica de 309,65hab./km² (IBGE, 2010). Economicamente, possui o quarto maior PIB per capita do estado da Bahia (R\$ 84.446,59) (IBGE, 2023).

Um dos grandes motivos na formação do PIB do Município se deve às atividades industriais e nos setores de serviços a elas agregados, pois a instalação das indústrias, fez crescer a rede de serviços necessária para o atendimento as demandas geradas. Assim, desde 1978, foram implantadas as operações industriais daquele que ficou conhecido mais tarde como *Polo Industrial de Camaçari*. Este parque industrial escreveu a história do estado da Bahia, uma vez que refletiu a linha desenvolvimentista adota a para o estabelecimento

² Com o objetivo de identificar prioridades temáticas definidas a partir da realidade local, possibilitando o desenvolvimento equilibrado e sustentável entre as regiões, o Governo do Estado da Bahia, por meio de sua Secretaria de Planejamento (SEPLAN), passou a reconhecer a existência de 27 Territórios de Identidade, constituídos a partir da especificidade de cada região. Sua metodologia foi desenvolvida com base no sentimento de pertencimento, onde as comunidades, por meio de suas representações, foram convidadas a opinar. Fonte: BAHIA, Secretaria de Planejamento. Disponível em: <http://www.seplan.ba.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=17>. Acesso em: 25 set. 2019.

e consolidação de uma etapa importante na industrialização baiana, sobretudo, entre as décadas de 60 e 80.

As transformações traçadas por este complexo nos períodos de expansão, destacando a do setor industrial, fez com que uma das principais mudanças estampadas no âmbito local fosse a contribuição para o desenvolvimento da economia regional, seja por meio da oferta de emprego e renda, seja por meio da promoção da contínua modernização das atividades presentes no seu parque industrial.

Atualmente, o Polo apresenta uma expansão e diversificação industrial bastante significativa. Além do Complexo Industrial Ford Nordeste, investimento estimado em US\$ 1,2 bilhão, para produzir 250 mil veículos/ano para os mercados interno e externo, que teve suas atividades produtivas encerradas em 2021, a Bayer, antiga Monsanto, investiu nos últimos anos US\$ 550 milhões para instalar a primeira indústria de matérias-primas para herbicidas da América do Sul (PMSB CAMAÇARI, 2015).

A fim de abrigar os trabalhadores que se mudaram para o Município, devido à instalação do Polo Petroquímico, na década de 70, o Governo do Estado da Bahia implantou diversos programas habitacionais, a exemplo das Glebas A, B, C, D, E e H, destinados a trabalhadores formais na faixa de renda mensal até 3 salários mínimos; o Projeto Habitacional Orientado da Camaçari (PHOC), construção de unidades habitacionais para a população com renda mensal até três salários mínimos, não obrigatoriamente engajados no mercado formal de trabalho; e o conjunto INOCOOP (Instituto de Orientação às Cooperativas Habitacionais), para a camada da população que possuía uma faixa de renda mensal superior à três salários mínimos, se tornando um bairro de classe média no Município.

Com a consolidação de todos estes programas, a Cidade transformou-se num conjunto de habitações populares, mas sem infraestrutura básica e de lazer, marcada pela ausência de esgotamento sanitário, fazendo do Rio Camaçari um esgoto a céu aberto e agravando a degradação ambiental (PMSB CAMAÇARI, 2015, p. 222-223).

PESQUISA DOCUMENTAL

Durante a pesquisa documental, foram observados alguns autores que realizaram pesquisas associadas ao processo efetivo de participação social em processo de tomada de decisão, a partir do escalonamento de níveis, a saber: Sherry Arnstein (1969, 2002; Bordenave (1994); Hart (1992); Bernardes, Scárdua e Campana (2006); Fadul et al. (2017), que seguem sucintamente descritos.

Sherry Arnstein (1969, reimpressão 2002)

Em 1969, Sherry Arnstein, precursora do modelo, a fim de criticar e provocar a participação popular nos projetos do Programa Ação Comunitária dos Estados Unidos, estabeleceu uma escada de níveis de participação da sociedade, apontando como essa

ideia muitas vezes se torna apenas uma falácia que se tornou instrumento de manipulação daqueles que detêm o poder sobre aqueles que a autora denomina de ‘sem nada’. Para Arnstein (2002, p. 1) “a participação é a redistribuição de poder que permite aos cidadãos sem nada, atualmente excluído dos processos políticos e econômicos, a serem ativamente incluídos no futuro”.

Chamada de escada (ou escala) de participação social, por se referir a uma progressão no nível de envolvimento da sociedade nas ações do Estado, este instrumento de avaliação estabelece oito degraus (níveis) importantes para compreensão dessa participação a que se tenciona analisar.

Intencionalmente, Arnstein (2002) caminha pela escada de baixo para cima, sendo o ponto mais baixo considerado como a ‘não-participação’ ou participação manipulada da sociedade, e o ponto mais elevado o nível máximo de participação que o cidadão pode alcançar. A seguir são apresentados os oito degraus estabelecidos pela autora, bem como o cenário o qual se insere cada nível (ARNSTEIN, 2002).

» **Nível 01 – Manipulação**

Este degrau está associado a uma representação da sociedade apenas para cumprir protocolo e desviar o olhar dos reais interesses da gestão pública. Pessoas da sociedade civil são convidadas a participar de um processo democrático, entretanto apenas como observadores, sem nenhum poder de decisão, a exemplo dos comitês e conselhos de caráter consultivo.

Ao analisar os Comitês Consultivos Populares (CCPs) e os subcomitês do Programa de Renovação Urbana, Arnstein (2002) identificou que as reuniões realizadas serviam apenas para que os técnicos do setor público persuadissem seus respectivos membros na aprovação dos planos de urbanização do Programa. Pedindo indulgência pelo trocadilho: eram os conselheiros sendo aconselhados.

Outro relato trazido pela autora eram os fóruns das Agências de Ação Comunitária (AACs), nas quais as reuniões dos conselhos de bairros realizadas durante o processo eram utilizadas apenas para fazer-se acreditar que a população estava envolvida com o Programa.

Este regime de manipulação só é quebrado quando o cidadão passa a questionar e busca entender o funcionamento e a essência de um processo genuinamente participativo.

» **Nível 02 – Terapia**

Esta categoria pressupõe que ‘a falta de poder é sinônimo de distúrbios mentais’, o que torna o degrau de participação, leia-se não-participação, mais cruel entre os demais, pois a população é submetida a uma espécie de terapia pelos técnicos detentores do conhecimento a fim de curar suas patologias, ajustando os valores individuais aos valores da sociedade.

Arnstein apresenta um exemplo ocorrido na Pensilvânia, em 1968, onde um pai foi convidado a fazer terapia após seu filho morrer de pneumonia e desidratação mesmo tendo agido sob orientação médica. Mesmo o pai registrando o ocorrido no conselho da ACC, o hospital não foi de nenhuma forma punido e o pai foi submetido a aulas de como cuidar de criança.

Este degrau deixa em evidência que as demandas advindas da população não são apenas descartadas como são impostas à mesma, o que os 'detentores do conhecimento', muitas vezes representados na pessoa do gestor, entendem como necessário, desrespeitando e estrangulando o espaço de fala do indivíduo em uma sociedade supostamente democrática.

O degrau de manipulação e o degrau de terapia são bastante parecidos e no âmbito do objeto de estudo são níveis que podem até mesmo ser unificados a depender do cenário.

» **Nível 03 – Informação**

Este degrau é um passo importante para a legitimação da participação cidadã, porém ainda é constituído de forma verticalizada, onde o indivíduo apenas recebe a informação, sem espaço de fala ou de negociação. Normalmente este nível é efetivado quando se utiliza instrumentos de comunicação a saber: notícia de imprensa; folder; cartazes; carro de som; ou até mesmo reuniões que tem como objetivo apenas divulgar informações sem estimular os presentes ao questionamento ou à participação.

» **Nível 04 – Consulta**

Este nível já aponta uma possível participação legítima, todavia, ainda é um degrau de participação frágil na medida em que não se sabe até que ponto as observações e demandas da população serão levadas em consideração. Instrumentos como pesquisa de opinião e assembleias de bairro e consultas e audiências públicas são utilizados neste cenário, entretanto os mesmos configuram mecanismos quantitativos, onde a participação popular é avaliada pela quantidade de pessoas que participaram do evento e não o que efetivamente contribuíram.

Metodologias de consulta como pesquisa de opinião e aplicação de questionários, por exemplo, podem imprimir um caráter manipulativo uma vez que o interesse por detrás dessas pesquisas seja de apenas uma mera formalidade. Além disso, deve-se ter cuidado com entrevistas longas e questionamentos extensos que fazem com que o entrevistado se canse ou se aborreça com essas técnicas. Durante o trabalho realizado por Arnstein, foi observado que em certas comunidades, os moradores estavam tão chateados com as pesquisas realizadas a partir do Programa Ação Comunitária que alguns passaram a exigir uma taxa para responder às perguntas, pois consideravam aquilo uma perda de tempo.

» **Nível 05 – Pacificação**

De acordo com a Arnstein é neste degrau que os cidadãos passam a exercer certa

influência; é quando pessoas que não pertencem a elite passam a ocupar espaços de fala em conselhos com a legitimidade de representar suas comunidades, colocando em pauta as necessidades da comunidade. Entretanto, não há neste espaço uma garantia de que tais necessidades serão acolhidas dentro das políticas governamentais, sendo um espaço de descrença da população.

» **Nível 06 – Parceria**

Neste nível há uma redistribuição de poder, pois há uma real negociação entre os tomadores de decisão e os cidadãos. Todavia, para a autora é necessária uma organização da população para que se escolham lideranças responsáveis pela prestação de contas junto à comunidade.

» **Nível 07 – Delegação de Poder**

É quando os cidadãos assumem o poder de deliberar, a exemplo dos conselhos deliberativos, lembrados pela autora, que decidem de acordo com maioria de votos, observando a necessidade da maioria. Um exemplo dado pela autora é quando existem grupos de cidadãos reunidos com técnicos do poder público para formulação de políticas, porém cabendo aos cidadãos a capacidade de vetar as decisões tomadas pelos técnicos.

» **Nível 08 – Controle Social**

Este nível é tido como modelo de cooperação comunitária. Trata-se do nível mais alto da escada e é onde a população dispõe dos recursos sem necessitar de terceiros. Estas corporações seriam capazes de organizar bens e serviços de acordo com as necessidades comunitárias, sendo um espaço onde os sem-nada poderiam lutar por poder.

Bordenave (1994)

Já em 1994, o paraguaio, intelectual na área de comunicação, Juan Díaz Bordenave, em sua obra “O que é participação?” aborda os níveis de participação apresentando alguns pressupostos, a saber: o conceito de democracia, que é um estado de participação e não apenas um processo eleitoral, na qual o poder de decisão é transmitido para os gestores; e as duas bases complementares da participação (participação afetiva e instrumental). O autor considera que em “uma base afetiva participamos porque sentimos o prazer de fazer coisas com outros, e uma base instrumental participamos porque fazer coisas com outros é mais eficaz e eficiente que fazê-las sozinhos” (BORDEVE, 1994, p. 17).

A participação ocorre na sociedade desde o começo da humanidade. É comum as pessoas se aproximarem de seus semelhantes ou afins por meio dos seus princípios, objetivos em comum ou até mesmo pelas diferenças a fim de alcançar o senso comum.

O autor também ressalta que mesmo a ideia de participação estando inserida em um cenário mais democrático, a mesma vem sendo utilizada tanto nos setores progressistas como nos setores tradicionais, haja vista as contribuições positivas que a participação pode oferecer.

A participação aumenta a consciência e fortalece o poder de contestação da população, entretanto a participação oferece vantagens e desvantagens uma vez que esse fenômeno pode ter objetivos democráticos como ser utilizado como um instrumento de manutenção e “controle de muitos por alguns” (BORDENAVE, 1994, p. 12).

Existem várias maneiras de participar, sendo que a obra de Bordenave reconhece seis formas, que são: a participação, inerente às relações do indivíduo com o núcleo familiar, grupos de atividades de subsistências, cultos religiosos ou na defesas contra os inimigos; a participação espontânea, a qual não tem objetivos específicos, e possui uma relação mais afetiva como a formação de grupos de amigos, vizinhança e as chamadas “panelinhas”; a participação imposta, no qual o indivíduo é obrigado a participar a exemplo do processo de votação do sistema eleitoral brasileiro; a participação voluntária; que tem objetivos específicos e a ideia de participar emerge do próprio participante, a exemplo dos sindicatos, cooperativas e partidos políticos; a participação provocada; que necessita de fatores externos para sensibilizar o indivíduo a participar e pode ser facilmente dirigida ou manipulada, a exemplo das reuniões realizadas pelo setor público na promoção de melhoria da qualidade de vida da população, porém com interesses implícitos neste contexto; e a participação concedida, que leva em consideração a influência dos subordinados e dos superiores para legitimação de um processo, a exemplo da participação de lucros concedida por algumas empresas.

No que concerne a escada de participação, Bordenave apresenta a participação que verbera no controle social a partir de graus de participação, conforme apresentados a seguir.

» **Grau 01 – Informação**

Para o autor este nível é compreendido como o ato onde os dirigentes transmitem informações e decisões já tomadas.

» **Graus 02 – Consulta facultativa**

Trata-se de um processo de consulta onde tanto a realização da mesma pelos dirigentes e administradores quanto a participação popular é facultativa. Neste nível os técnicos considerados detentores do conhecimento se escondem atrás de conselhos e outras instâncias participativos para não assumir erros cometidos por eles e diluir a responsabilidade.

» **Grau 03 – Consulta Obrigatória**

Já nesse nível os subordinados devem ser obrigatoriamente consultados pelos seus superiores.

» **Grau 04 – Elaboração/Recomendação**

Neste nível é estabelecido um espaço para que a população possa elaborar e encaminhar aos dirigentes suas propostas, porém estes últimos não têm obrigação de

acatar.

» **Grau 05 – Cogestão**

Este nível possui uma complexidade maior de entendimento e identificação, pois, conforme o autor, é quando os administrados “exercem uma influência direta na eleição de um plano de ação e na tomada de decisões”. Apresenta como exemplo a experiência peruana das comunidades industriais onde as empresas, embora dirigidas pelos seus antigos donos, estabeleceram um colegiado de operários com poder de tomar parte nas decisões da administração (BORDENAVE, 1994, p. 32).

» **Grau 06 – Delegação**

É quando a administração define certos limites para a atuação do povo. E o povo, como delegado, possui completa autoridade sem precisar consultar aos administradores para a tomada de decisão.

» **Grau 07 – Autogestão**

É o grau mais alto de participação dentro desta escala, é onde a população escolhe os meios e não há limites para a ação do povo (BORDENAVE, 1994, p. 32-33).

Hart (1992)

Apesar de ser uma classificação desenvolvida há cinquenta anos, a Escada de participação sugerida por Sherry Arnstein foi, ao longo do tempo, revisitada e aplicada por diversos autores e pesquisas.

Hart (1992) realizou uma pesquisa junto ao Programa Criança Urbana do Centro Internacional de Desenvolvimento Infantil da UNICEF (ICDC) em países como Quênia, Índia, Filipinas e Brasil, considerando o significado e a importância da participação das crianças na abordagem de melhoria dos direitos das mesmas. O diagrama da *Ladder of Participation* (escada de participação cidadã) foi projetado para servir como uma tipologia inicial para pensar sobre a participação de crianças em projetos que as envolvam.

Bernardes, Scárdua e Campana (2006)

Em 2006, a parceria entre o Ministério das Cidades e a Funasa, resultou na elaboração de um documento que antecedeu a instituição da LNDSB: o Guia para a elaboração de planos municipais de saneamento. Este guia tinha como objetivo estimular o debate e o planejamento dos serviços públicos de saneamento por meio de uma política integrada das componentes de saneamento e inserido o cidadão e sociedade, como atores principais na gestão e na formulação de políticas públicas para o saneamento. Ademais estabelecia que a elaboração do Plano Municipal de Saneamento deveria obedecer oito princípios, dentre os quais: a “Promoção do protagonismo social a partir da criação de canais de acesso à informação e à participação que possibilite a conscientização e a auto-gestão da população” (BERNARDES; SCÁRDUA; CAMPANA, 2006, p. 33)

Este Guia apresenta uma preocupação relacionado ao desenvolvimento do Plano

Municipal de Saneamento (PMS) quanto a participação popular no processo de elaboração. Dessa forma, foi proposta uma sistematização crescente de participação que traz a memória da tradicional Escada de Participação de Arnstein (1969). No contexto proposto pelo Guia, os níveis de participação são elencados da seguinte forma:

- Nível 0 - quando não há nenhuma participação na elaboração e no acompanhamento do PMS;
- Nível 1 - quando a comunidade é apenas informada acerca da elaboração do PMS e espera-se a sua anuência;
- Nível 2 - quando a Administração Pública busca apoio capaz de facilitar o processo de aceitação e aprovação do PMS, entretanto apenas para cumprir questões formais e legais;
- Nível 3 - quando a Administração Pública convida a sociedade para modificar o PMS já elaborado, porém com limitações no direito de realizar estas modificações.
- Nível 4 - quando a Administração Pública apresenta à comunidade uma primeira versão do PMS aberta a ser modificada, esperando que o seja em certa medida;
- Nível 5 - neste contexto os gestores apresentam a informação à sociedade e buscam soluções possíveis em conjunto para que as decisões tomadas sejam incorporadas ao Plano;
- Nível 6 - a gestão deixa por conta da sociedade o diagnóstico e as decisões a respeito dos objetivos e metas a serem alcançados no instrumento de planejamento.

Bernandes, Scárdua e Campana (2006) consideram que a participação do cidadão deve envolver toda a comunidade, leia-se sociedade, no processo de tomada de decisão que irá repercutir na infraestrutura de saneamento do município, por isso recomendam trabalhar com os níveis mais elevados de participação (4, 5 ou 6). Entretanto, reconhecem que existem grandes obstáculos a serem vencidos, principalmente por conta do Plano se tratar de um instrumento de planejamento de longo prazo e possuir a necessidade de reavaliação permanente, extrapolando inclusive o período de trabalho de uma gestão (BERNARDES; SCÁRDUA; CAMPANA, 2006).

Fadul et al. (2017)

Recentemente Fadul et al. (2017), tendo como objeto de estudo a gestão dos recursos hídricos no Brasil utilizou-se da escada de Arnstein para avaliar de forma crítica os mecanismos do processo participativo no âmbito dos órgãos colegiados, que criados em formato descentralizado, sem subordinação a qualquer instância (federal ou estaduais), entretanto são altamente dependentes dos Poderes Executivos de ambas as esferas. E concluiu que a participação da sociedade civil no âmbito dos comitês de bacias

estava circunscrita aos primeiros degraus da escada, podendo o envolvimento dos participantes alcançar, no máximo, o degrau da pacificação

A partir da perspectiva exposta, é possível perceber que a participação do indivíduo enquanto cidadão é um aparato essencial no exercício da cidadania e o controle social se faz possível a partir de uma sociedade que participa efetivamente das ações do Estado (Figura 2) e este por sua vez, promove um cenário de disputa de poder - Estado/Sociedade - continuamente.



Figura 2 – Escala de participação social

Fonte: Borges (2020), adaptado de Arnstein (1969).

Apesar de ser uma classificação desenvolvida há 50 (cinquenta) anos a Escada de participação sugerida por Sherry Arnstein foi ao longo do tempo revisitada e aplicada por diversos autores e pesquisas. A sua utilidade depois de meio século de sua criação, a torna uma metodologia clássica e pertinente no desenvolvimento metodológico desta pesquisa.

Na análise temporal da elaboração do PMSB, percebe-se que o Município, percorreu caminho norteado pela LDNSB, partindo da formação dos grupos de trabalho até a constituição da minuta de lei. A Figura 3 apresenta a síntese do processo.



Figura 3 – Síntese do processo de elaboração do PMSB à luz da LDNSB

Fonte: Elaborado pelos autores, 2022.

Na análise documental também foi observado que a elaboração do PMSB de Camaçari partiu de uma licitação de técnica e preço, por meio de recurso próprio da prefeitura. Após a contratação da empresa de consultoria vencedora da licitação, foram constituídos os comitês responsáveis pela elaboração e aprovação de tal instrumento de planejamento.

Diferentemente das práticas brasileiras, na instituição dos membros dos comitês, o Município intitulou os mesmos como Comitê de Coordenação-CC, responsável pela elaboração do Plano, e Comitê Executivo-CE, responsável pela sua validação e aprovação.

A Figura 4 apresenta, em valores absoluto, o percentual dos membros que constituíram os comitês do PMSB de Camaçari.

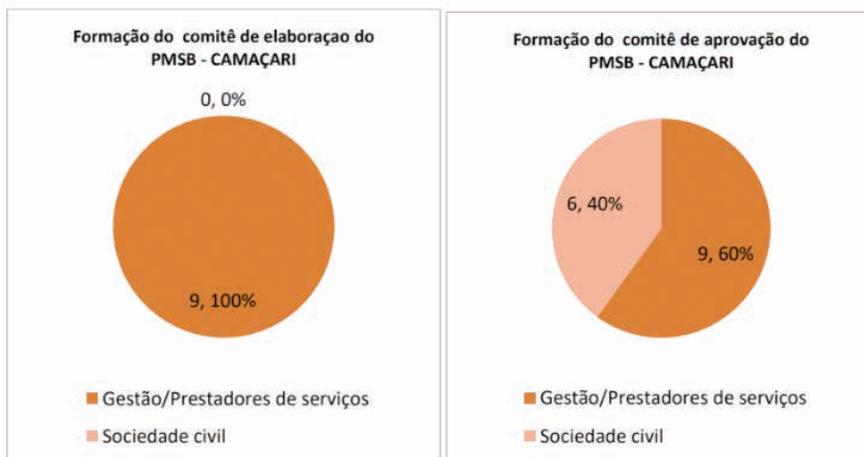


Figura 4 – Composição dos comitês do município de Camaçari-BA

Fonte: PMSB de Camaçari, 2016.

Nota-se que a composição do Comitê de Coordenação responsável pela elaboração do Plano se deu exclusivamente por membros da gestão municipal, mais especificamente por funcionários da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente.

Já o Comitê Executivo responsável pela aprovação do conteúdo do Plano foi composto por representantes da gestão municipal, de prestadores de serviços e de entidades da sociedade civil. Entretanto, não houve paridade na instituição deste comitê, uma vez que a sociedade civil foi representada por apenas 40% dos membros, sendo assim, a maioria dos membros representaram os prestadores de serviços e a gestão (60%).

Outro aspecto importante nesta formulação, como é que os representantes da sociedade civil eram membros de conselhos municipais e do comitê de bacia hidrográfica a qual se insere o Município, o que não necessariamente garante a representatividade dos membros da sociedade civil, nestes órgãos colegiados.

Foram analisados os documentos que atestam a deliberação do Comitê Executivo (ou de Validação) quanto à aprovação dos produtos que constituem o PMSB. Neste caso, foram realizadas reuniões com os membros dos comitês de elaboração e de aprovação, que em alguns casos eram reuniões onde os membros dos comitês de elaboração juntamente com a empresa de consultoria apresentavam o conteúdo do produto e ao final os membros dos comitês deliberavam sua aprovação. Entretanto, foram consideradas todas as reuniões realizadas entre os membros, mesmo que não fossem para aprovação de determinado produto, haja vista o poder deliberativo do Comitê Executivo (ou de Validação) que pode conduzir o caminho de desenvolvimento do instrumento de planejamento em questão neste processo de tomada de decisão, não sendo necessariamente por meio de aprovação de produto.

Não foram identificadas atas peculiares a aprovação dos produtos, mas apenas as listas de presença com a participação dos membros do Comitê Executivo (ou de Validação), conforme Quadro 2.

DATA	EVENTO	PARTICIPANTES
17/03/2015	Apresentação do Diagnóstico de abastecimento de água	07 Empresa Consultora 01 Sociedade civil 12 Gestão Municipal 02 Prestadores de Serviços
25/07/2016	Reunião dos comitês para discussão da minuta de Lei do PMSB e o que mais couber	02 Empresa Consultora 01 Sociedade civil 06 Gestão Municipal 04 Prestadores de Serviços
11/08/2016	Reunião para análise da Minuta da Lei do PMSB	02 Empresa Consultora 00 Sociedade Civil 06 Gestão Municipal 00 Prestadores de Serviços

Quadro 2 – Representação dos membros do Comitê Executivo (ou de Validação) em reuniões de cunho decisivo – Camaçari-BA

Fonte: PMSB Camaçari, 2016.

Dentre os documentos disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Camaçari para essa pesquisa, foram apenas identificadas três reuniões deliberativas comprovadas em listas de presença nos relatórios de atividades desenvolvidos mensalmente pela empresa de consultoria. Porém, durante a análise dos documentos foi percebido que houveram reuniões mensais entre a empresa de consultoria e o Comitê responsável pela elaboração do PMSB.

Para melhor ilustrar os dados, os mesmos são apresentados na Figura 5.

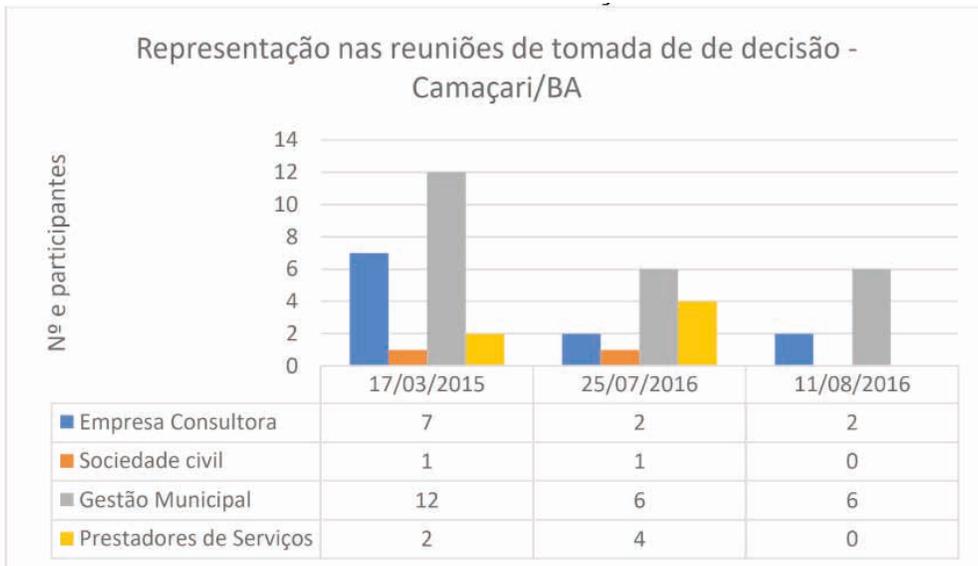


Figura 5 - Representação dos membros do Comitê Executivo (ou de Validação) em reuniões de cunho decisivo – Camaçari-BA

Fonte: PMSB Camaçari, 2016.

Os resultados sugerem que a participação da sociedade civil foi representada por apenas um membro. Suprimindo a participação dos representantes da empresa de consultoria por estes não terem direito a voto, tem-se uma média entre os eventos de 17% de representantes de prestadores de serviços nas reuniões de aprovação, 78% de representantes da gestão municipal e apenas 5% de representação da sociedade civil, mostrando numericamente uma baixa potencialidade de decisão da sociedade civil durante o processo de elaboração do PMSB de Camaçari.

O grupo focal com os membros do Comitê de Elaboração do PMSB de Camaçari foi realizado com seis participantes (aqui denominados P1, P2, P3, P4, P5 e P6) e teve duração de aproximadamente uma hora e vinte e cinco minutos (BORGES, 2020).

A experiência do grupo focal, trouxe à tona alguns problemas no processo participativo referente a aplicabilidade da Escada de Arnstein. Durante a execução do grupo focal os membros responderam sobre suas percepções da participação social no processo de elaboração do Plano de Mobilização Social e em qual grau da escada se encaixaria tal participação, entretanto a fala dos participantes apresentou uma dificuldade de enquadramento dentro do proposto pela escada para esta etapa. Para melhor compreensão dos resultados obtidos nesse processo, foram elencadas algumas falas importantes no grupo focal que auxiliam na análise da participação social no PMSB de Camaçari.

Os participantes do grupo focal só conseguiram discutir com mais propriedade a etapa do diagnóstico, onde são apresentados os problemas do Município com relação

aos serviços públicos de saneamento básico, tanto pela gestão, prestadores de serviços, como pela sociedade civil. Justamente nessa etapa que é possível perceber uma discussão maior dos participantes, a qual a maioria das respostas sobre a percepção da participação popular durante o Diagnóstico do PMSB pode ser enquadrada no nível de “Consulta” ou “Pacificação”, conforme a escada. Porém, houve participantes que preferiram sugerir um outro nível de participação que não se enquadrava a nenhum dos conceitos de níveis definido, marcando assim o “Nível X”

Eu coloquei “outros” e botei que as opiniões da sociedade civil foram incluídas no chamado diagnóstico social. Ponto. Porque nenhuma delas, na minha opinião, se encaixa no que eu vi acontecer.

Na formulação das estratégias de mobilização social, a discussão mostrou não somente o pouco envolvimento da sociedade civil, como também dos representantes da gestão. Uma vez que, conforme informado pelos participantes, o Plano de Mobilização Social foi um documento trazido pela empresa de consultoria pronto, sem qualquer interferência dos membros dos Comitês.

Foi um negócio imposto. Eu nem lembrava dessa reunião do Comitê de Validação. Eu só sei que o que a consultoria impôs, que foi discutido pela gente, foi o que foi aprovado.

As demais etapas da elaboração do PMSB de Camaçari foram pouco discutidas durante o grupo focal. E os participantes asseguraram que o processo eleitoral que ocorreu no período de elaboração do Plano fez com que as etapas seguintes fossem mais corridas e pouco ou nada discutidas até mesmo pela própria gestão. Um dos participantes do grupo focal traz um relato importante sobre o interesse de candidatos políticos se empenharem em utilizar o Plano como instrumento de captação de votos (BORGES, 2020).

Na realização do grupo focal, ratificam-se os entraves e desafios dos processos participativos e do nível de participação dos sujeitos sociais envolvidos. Percebe-se uma inserção de um processo democrático, mas que surge de cima para baixo, fragilizando o próprio conceito de democracia estabelecido a partir da Constituição Federal de 1988 e que se consolida na área de saneamento básico com o Marco Legal Regulatório do Saneamento Básico (LDNSB) de 2007.

Dentre os conceitos de democracia estabelecidos por Nobre (2004), a experiência a partir do grupo focal traduz uma democracia elitista, que na verdade é um arranjo institucional capaz de produzir decisões necessárias à reprodução social e econômica nas condições de uma sociedade, uma vez que em muitas situações, indivíduos considerados capacitados, impuseram suas decisões para garantir o que seria melhor para a população durante o processo de elaboração do PMSB de Camaçari. A exemplo disso, pode ser citada a instituição dos membros responsáveis pela elaboração do Plano, que foi definida por uma única pessoa da gestão municipal.

Entretanto, foi possível perceber ao logo do processo, indicativos, mesmo que

incipientes, de representação da sociedade civil, sendo essa definida por Habermas (1997) pela ausência do Estado e do Mercado. Esse viés democrático se materializava principalmente nas reuniões setoriais realizadas para elaborar o diagnóstico técnico-participativo, onde a voz da população era ouvida no intuito de estabelecer os principais problemas a nível local em relação ao saneamento básico.

Quanto ao nível de participação dos sujeitos sociais, mesmo com a complexidade de se estabelecer uma relação com as escalas de participação já consolidadas, pode-se dizer que: conforme a Escada de Participação de Arnstein (1969) e os discursos dos participantes do grupo focal, em Camaçari essa participação não consegue ir além de uma pseudo-participação, alcançando apenas os níveis de Consulta ou Pacificação, como mostrado na Figura 2.

CONCLUSÃO

Na elaboração do PMSB de Camaçari-BA ainda foi possível perceber o protagonismo da gestão pública e sua influência na participação popular na formulação e implementação de uma política pública, o que é altamente justificável num sistema democrático onde não se nega o Estado. Mas é necessário controlar suas ações e não permitir o contrário e isso se faz por meio de uma participação efetiva onde os interesses coletivos se sobrepõe aos interesses individuais e difusos.

As limitações e potencialidades das ações participativas dependem da capacidade política e cidadania dos munícipes, pois uma sociedade que conhece e reconhece seus direitos e deveres se torna uma sociedade mais ativa e ciente das ações do Estado. Assim, faz-se necessário considerar as vitórias sociais alcançadas durante o processo de elaboração dos planos municipais de saneamento básico desde a instituição do marco legal regulatório do saneamento básico brasileiro.

A realização do grupo focal revelou fragilidades na metodologia aplicada a partir da Escala de Arnstein, mas não comprometeu o objetivo da pesquisa, pois ainda assim foi possível extrair resultados capazes de contribuir com a pesquisa.

A Escada de Participação de Arnstein, que possui 50 anos, ainda é um instrumento norteador para abordar a efetividade de participação social, entretanto, as limitações metodológicas da pesquisa sugerem um melhor aprimoramento da mesma com maior aplicabilidade no processo de elaboração de PMSB.

Vale ressaltar que, com as limitações dessa pesquisa, não se pode garantir o nível de participação dos sujeitos sociais no processo de elaboração do referido plano municipal de saneamento básico. Ademais, partindo desse pressuposto, torna-se necessário recomendar a continuação dessa pesquisa ou que novas pesquisas sejam realizadas.

REFERÊNCIAS

ARNSTEIN, S. R. A ladder of citizen participation. *Journal of the American Planning Association*, v. 35, n. 4, p. 216-224, jul. 1969.

ARNSTEIN, S. R. Uma escada da participação cidadã. *Revista da Associação Brasileira para o Fortalecimento da Participação – PARTICIPE*, Porto Alegre/Santa Cruz do Sul, v. 2, n. 2, p. 4-13, 2002.

BORDENAVE, J.E.D. *O que é Participação*. 8.ed. 3.reimp. São Paulo: Brasiliense, 2008.

BORGES, M. S. *Participação e controle social em planos municipais de saneamento básico tendo como referência a Lei n. 11.445/2007: reflexões sobre algumas práticas*. 2020. 146f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Águas e Saneamento) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2020.

BRASIL. Lei Federal n. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis n. 6.766, de 19 de dezembro de 1979, n. 8.036, de 11 de maio de 1990, n. 8.666, de 21 de junho de 1993, n. 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei n. 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso: 6 dez. 2017.

BRASIL. Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei n. 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei n. 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei n. 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei n. 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei n. 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados Brasília: DOU, 15 de julho de 2020.

CAMAÇARI. Tomada de Preços N.003/2014 – COSEL/OBRAS. Contratação de Empresa de Consultoria de Engenharia para elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico de Camaçari – PMSB e o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PGRI. Disponível em: <http://arquivos.camacari.ba.gov.br/compras/TP003-2014.pdf>. Acesso em: 01 out. 2019.

FADUL, E. et al. A Governança Participativa na Gestão de Recursos Hídricos no Brasil: Uma Análise da Realidade do Estado da Bahia. *Revista do Instituto de Ciências e Economias Administrativas de Contábeis*, v. 21, n. 1, p.79-90, 2017.

HABERMAS, J. *Direito e democracia: entre facticidade e validade*, volume H / Jürgen Habermas; tradução: Flávio Beno Siebeneichler. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1997. 354p.

HART, R. *Children's Participation: From Tokenism To Citizenship*. Florence, Italy: UNICEF / FRAN ANTMANN, 1992.

IBGE 2010. *Sinopse do Censo Demográfico 2010 – Bahia – População residente, total, urbana total e urbana na sede municipal, em números absolutos e relativos, com indicação da área total e densidade demográfica, segundo as Unidades da Federação e os municípios – 2010*. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/censo2010/apps/sinopse/index.php?dados=21&uf=29>. Acesso em: 30 jan. 2023.

IBGE 2023. Cidades e Estados – Camaçari. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/camacari.html>. Acesso em: 30 jan. 2023.

NOBRE, M. Participação e Deliberação na Teoria Democrática: uma introdução. In: COELHO, V.S.P.; NOBRE, M. (org.). Participação e Deliberação: Teoria Democrática e experiências institucionais no Brasil Contemporâneo. São Paulo: Ed. 34, 2004. 368p.

PMSB CAMAÇARI. Plano Municipal de Saneamento Básico e Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Produto 02 - Caracterização Física e Socioeconômica do Município, Volume I. Camaçari: Prefeitura Municipal de Camaçari; Saneando Consultoria e Projetos, 2015, 218p.

MICROALGAS COMO BIOFERTILIZANTE: UMA NOVA ESTRATÉGIA PARA O AVANÇO DA AGRICULTURA MODERNA, BIORREMEDIAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS E MITIGAÇÃO DE CARBONO ATMOSFÉRICO

Data de submissão: 15/02/2023

Data de aceite: 01/03/2023

Laiza Santos Dagnaisser

UFRRJ, Dep. de Engenharia
Seropédica – RJ
<http://lattes.cnpq.br/5441541036677159>

Marcela Granato Barbosa dos Santos

UFRRJ, Dep. de Engenharia
Seropédica – RJ
<http://lattes.cnpq.br/5685584434353197>

Anderson Gomide Costa

UFRRJ, Dep. de Engenharia
Seropédica – RJ
<http://lattes.cnpq.br/6959807888629144>

Daniel Fonseca de Carvalho

UFRRJ, Dep. de Engenharia
Seropédica – RJ
<http://lattes.cnpq.br/4871187664578422>

Henrique Vieira de Mendonça

UFRRJ, Dep. de Engenharia
Seropédica – RJ
<http://lattes.cnpq.br/8897355054570578>

RESUMO: A evolução da agricultura moderna voltada para aplicações de microalgas envolve a produção agrícola, a biorremediação de águas residuárias e a biofixação de CO₂ por meio da estratégia de

bioeconomia. Por esta razão, este capítulo aborda contribuições recentes de microalgas no setor agrícola e pecuário, na produção de biofertilizantes e bioestimulantes a partir de microalgas e uma compilação de pesquisas recentes informando a produtividade em biomassa, biomassa seca e porcentagens de proteínas de biomassa de microalgas. São discutidos o status, tendências, progresso da pesquisa, aplicabilidade e lacunas existentes no uso de microalgas como biorremediadoras de águas residuárias, biofixadoras de carbono e como biofertilizantes na agricultura moderna. Desafios enfrentados pela biotecnologia das microalgas e sua contribuição para a sustentabilidade do planeta também são abordados.

PALAVRAS-CHAVE: Biotecnologia; Agricultura sustentável; Fertilidade do solo; Produtividade das plantas.

ABSTRACT: The evolution of modern agriculture towards microalgae applications involves crop production, wastewater bioremediation, and CO₂ bioremediation through the bioeconomy strategy. For this reason, this chapter will address recent contributions of microalgae in the agricultural and livestock sector, such as

in the production of biofertilizers and biostimulants, and a compilation of recent research reporting biomass productivity, dry biomass, and protein percentages of microalgae biomass. The definition of the best photobioreactor models available for the cultivation of dozens of species, and the optimal cultivation conditions are also presented. The status, trends, research progress, applicability, and existing gaps in the use of microalgae as wastewater bioremediators, carbon biofixer, and as biofertilizers in modern agriculture are discussed. Challenges facing microalgae biotechnology and its contribution to the sustainability of the planet are also addressed.

KEYWORDS: Biotechnology; Sustainable agriculture; Soil fertility; Plant productivity.

MICROALGAS NA AGRICULTURA

A agricultura moderna enfrenta o enorme desafio de aumentar a produção de forma sustentável para atender às demandas da crescente população mundial (Zhang et al., 2021). Nesse contexto, as microalgas são caracterizadas por diversas aplicações possíveis para promover a produtividade agrícola sustentável (Bello et al., 2021). Entretanto, a ausência de um procedimento universal para sua produção, os efeitos desconhecidos de cada espécie e a falta de estudos sobre o tempo ideal e o método de aplicação são obstáculos para sua ampla aplicação na agricultura (Gitau et al., 2022).

As microalgas são microrganismos flexíveis que podem ser produzidos sem o uso de recursos vitais para demandas humanas, como terras agricultáveis e água doce (Fernández et al., 2021). Algumas espécies de microalgas são mixotróficas, por isso podem ser cultivadas usando duas estratégias – autotroficamente ou heterotroficamente (Sol et al., 2008; de Mendonça et al., 2018). Atualmente, as microalgas mais estudadas são do gênero *Scenedesmus* e *Chlorella* (Morillas-España et al., 2022). *Arthrospira platensis* (spirulina), *Chlorella vulgaris* e *Scenedesmus obliquus* são conhecidos como mixotróficas (Zhai et al., 2017; de Souza et al., 2022).

Os sistemas de microalgas podem ser muito promissores para energia, custo e biorremediação de águas residuárias da criação de animais. Esses sistemas geram água limpa e produzem biomassa que podem ser utilizadas como biopesticidas e bioestimulantes que buscam estabelecer uma agricultura mais sustentável em uma abordagem bioeconomia circular (Ferreira et al., 2021). A demanda atual por bioestimulantes vegetais é impulsionada pelo rendimento e qualidade das culturas, bem como pela busca de uma agricultura sustentável moderna para proteger o meio ambiente e aumentar o consumo de produtos químicos agrícolas de origem biológica internacionalmente (Rupawalla et al., 2022).

O cultivo de microalgas inclui a recuperação do fósforo por captação de luxo e assimilação e recuperação de nitrogênio por assimilação em biomassa. Além disso, os produtos (biofertilizante, biocombustível, ração animal) estão ligados à menor dependência de fertilizantes sintéticos, menores emissões de gases de efeito estufa (GEE), segurança energética e fonte sustentável de ração rica em pigmentos e ácidos graxos essenciais

(Nagarajan et al., 2020).

As principais vantagens do processo de cultivo de microalgas são: crescimento rápido (Rawat et al., 2011; Schmitz et al., 2012); potencial para substituir fontes de proteína convencionais (por exemplo, farelo de soja, farelo de arroz, etc.); biomassa em ração animal (bovinos, aves e peixes) (Becker, 2007); não requer terra arável, portanto não concorre por espaço com produção de alimentos, remove o CO₂ do meio ambiente; e, algumas microalgas podem tratar águas residuárias agrícolas com alto potencial poluidor (Mulbry et al, 2008; Gong e Jiang, 2011; Schmitz et al., 2012).

PRODUÇÃO DE PROTEÍNAS MICROALGAS

O método mais convencional para produção de microalgas é o autotrófico (Fernández et al., 2021). O cultivo de microalgas autotróficas, mais especificamente fotoautotrófico utiliza a luz como fonte de energia e carbono inorgânico do ar (Jiang et al., 2011; Franco et al., 2013). Biomassa e oxigênio são as saídas do sistema. Esse tipo de biomassa tem se mostrado útil para diversas aplicações, incluindo a biorremediação de águas residuárias (de Mendonça et al., 2018; Santos et al., 2021; Alvarez et al., 2021; Fernández et al., 2021; Ferreira et al., 2021). Já o mecanismo mixotrófico permite um efeito combinado durante o crescimento das microalgas, melhorando a produtividade da biomassa ao mesmo tempo em que trata as águas residuárias (Bhatnagar et al., 2011; de Mendonça et al., 2018; De Souza et al., 2022). Uma compilação de resultados abrangendo sete estudos sobre as culturas de microalgas com potencial para uso em biorremediação é apresentada na Tabela 1.

Segundo Fernández et al., (2021), o principal fator que afeta a velocidade da produção de microalgas é o fotobiorreator em que a biomassa é produzida, pois precisa ser construído para interceptar ou obter tão alta incidência de luz quanto viável e permitir o uso ideal pelas células. As condições fundamentais de cultura que devem ser gerenciadas corretamente incluem disponibilidade de nutrientes, temperatura, O₂ dissolvido e pH (Brindley et al., 2016; Song et al., 2019; Fernández et al., 2021). O controle do pH é necessário para manter a estabilidade do sistema biológico. Isso geralmente é realizado injetando gases ricos em CO₂, que fornece CO₂ e previne a limitação de carbono no sistema (Posadas et al., 2015; Fernández et al., 2021). Em situações de cultivo otimizadas, agitação e iluminação adequadas também são fatores importantes na produção de biomassa de microalgas, parâmetros de crescimento e biossíntese proteica (Priyadarshani et al., 2014). Com relação ao pH, a regulamentação da alcalinidade é necessária para evitar forte limitação inorgânica de carbono em consórcios de microalgas-bactérias para tratamento de águas residuárias, uma vez que uma condição de baixa alcalinidade resulta em crescimento limitado de microrganismos fotoautotróficos, como microalgas (Casagli et al., 2021; Oviedo et al., 2022).

Estudos recentes demonstraram que a forma, a fonte e a concentração de nitrogênio disponíveis no meio tiveram influência direta no teor proteico da biomassa de microalgas ou cianobactéria (Li et al., 2016; Markou et al., 2016; Shanthi et al., 2021; Ferreira et al., 2021). O perfil nutricional na biomassa é característico de cada espécie, além do meio cultural (Medeiros et al., 2020).

Substrato	Espécies de microalgas	OT (d)	COD (%)	QUE ₅ (%)	NH ₄ ⁺ (%)	P (%)	Referência
Águas residuárias de laticínio crus	<i>Ascochloris</i> sp.	7	95,1	NI	89,5	98,1	Kumar et al. (2019)
Águas residuárias de laticínio suplementadas com meio sintético	<i>C. reinhardtii</i>	10	76	NI	NI	87	Gramegna et al. (2020)
	<i>A. prototecoides</i>		65	NI	NI	77	
Águas residuárias de suinocultura	<i>Synechocystis</i> sp.	19	61,6 _(5,5)	NI	92,4 _(0,1)	90,1 _(0,0)	Ferreira et al. (2021)
	<i>Tetrademus obliquus</i>		73,1 _(3,3)	NI	87,5 _(0,4)	98,1 _(0,0)	
	<i>Prototecoides de chlorella</i>		68,4 _(2,2)	NI	92,0 _(0,0)	98,5 _(0,0)	
	<i>Chlorella vulgaris</i>		79,2 _(3,5)	NI	79,4 _(0,1)	98,6 _(0,3)	
Águas residuárias de gado anaerobicamente digeridas (ACWW)	<i>Arthrospira platensis</i> DHR 20	6	59,6 _(0,1)	NI	98 _(0,0)	92,4 _(0,03)	De Souza et al. (2022)
		7	72,3 _(1,2)	NI	100 _(0,0)	87,6 _(0,2)	
			63,6 _(0,5)	NI	98,6 _(0,02)	87,3 _(0,1)	
			73,6 _(0,01)	NI	100 _(0,0)	91,1 _(0,01)	
Águas residuárias de laticínio sintética tratadas por sistema de lodo ativado	<i>Scenedesmus obliquus</i> ACOI 204/07	7	74 _(1,1)	77 _(3,1)	100 _(0,0)	100 _(0,0)	De Mendonça et al. (2022)
		5	78 _(3,2)	81 _(1,2)	94 _(0,2)	74 _(2,4)	
	<i>Chlorella vulgaris</i>	9	50 _(0,2)	69 _(0,3)	100 _(0,0)	100 _(0,0)	
	<i>Chlorella vulgaris</i>	5	60 _(0,1)	73 ₍₂₎	92 _(0,01)	61 _(2,5)	
Água de processamento de leite (MPWW)	<i>Chlorella vulgaris</i>	28	NI	89,53-92,40	92,94-94,54	75,09-78,78	Verma et al. (2022)
Média		11,6 _(6,8)	71,1 _(11,3)	78,2 _(8,4)	93,4 _(6,4)	88,5 _(10,9)	Presente estudo

BOD₅ – demanda bioquímica de oxigênio; COD – demanda química de oxigênio; NH₄⁺ - amônio; NI – não informado; OT – tempo de operação; P – fósforo solúvel; Valores entre parênteses indicam desvio padrão; Valores que não são seguidos por números subscritos entre parênteses do não tiveram seus desvios padrões identificados nos artigos citados

Tabela 1 Potencial de biorremediação de culturas mixotróficas, heterotróficas e fotoautotróficas microalgas

Os cultivos de microalgas voltados para a produção de proteínas devem evitar a limitação do nitrogênio, uma vez que o meio com limitação de nitrogênio apresenta condições

favoráveis para a conversão da proteína disponível em carboidratos (Sassano et al., 2010; Shanthi et al., 2021). É importante destacar que o teor de proteínas nas células aumenta até uma concentração de nitrogênio particular e após um certo ponto o teor de proteína diminui, provavelmente devido à maior concentração de nitrogênio que diminui sua taxa de assimilação (Markou et al., 2011; Shanthi et al., 2021). A proteína das algas é considerada de boa qualidade para alimentos e ração, considerada superior a alguns materiais vegetais e cereais (trigo, feijão e arroz), porém, de menor qualidade em comparação com proteínas animais (Matos et al., 2017; Medeiros et al., 2020).

Muitos compostos comercialmente úteis são encontrados naturalmente em microalgas, incluindo uma variedade de proteínas, carboidratos, lipídios, vitaminas, minerais, antioxidantes, fibras e biomassa nutricional (Batista et al., 2013; Matos et al., 2017; Fields et al., 2020; Medeiros et al., 2020; Sproles et al., 2021). Por outro lado, os metais pesados também podem ser acumulados por microalgas (Hussain et al., 2021). No entanto, Lorentz et al. (2020) encontraram metais em biomassa de microalgas abaixo dos valores especificados pela norma brasileira CONAM Resolução 375 (Brasil, 2006).

Dados sobre concentração de proteínas, produtividade e biomassa seca de diferentes espécies de microalgas cultivadas em diferentes substratos são apresentados na Tabela 2. O padrão de resultados apresentado pelos artigos científicos sobre a produção de microalgas não está bem definido. Isso é evidenciado pela quantidade de dados não informados em alguns artigos e relatados ou com dados para o cálculo disponível em outros artigos citados nas Tabelas 1 e 2.

Espécies de microalgas	Substrato	Reator	Luz ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Produção volumosa de biomassa ($\text{g L}^{-1} \text{d}^{-1}$)	Biomassa Seca (g L^{-1})	Produtividade proteica ($\text{g L}^{-1} \text{d}^{-1}$)	Produção de proteínas (%)	Referência
<i>Scenedesmus obliquus</i>	Águas residuárias de gado	PBR	58	0,213-0.358	3,22 - 3.7*	0,068-0,150	32-42	Mendonça et al (2018)
<i>Arthrospira platensis</i> DHR 20	Águas residuárias de gado	HPBR	265	0,664 _(0,06)	7,15 _(0,08)	0,299 _(0,02)	≈ 45	De Souza et al (2022)
				0,572 _(0,1)	6,3 _(0,1)	0,244 _(0,01)	≈ 43	
				0,524 _(0,08)	6,5 _(0,1)	0,232 _(0,01)	≈ 44	
				0,610 _(0,18)	6,6 _(0,2)	0,260 _(0,03)	≈ 42	
<i>Synechocystis</i> sp.				0,0237 _(0,0026)	≈ 0,4503	≈ 0,011	47,3 _(2,5)	
<i>Tetrademus obliquus</i>	Águas residuárias de Piggyery	PBR	53	0,0316 _(0,0)	≈ 0,6004	≈ 0,011	34,5 _(2,1)	Ferreira et al (2021)
<i>Protocoides de chlorella</i>				0,0368 _(0,0079)	≈ 0,6992	≈ 0,013	34,4 _(0,8)	
<i>Chlorella vulgaris</i>				0,0224 _(0,0039)	≈ 0,4256	≈ 0,009	38,3 _(0,9)	

Espécies de microalgas	Substrato	Reator	Luz ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Produção volumosa de biomassa ($\text{g L}^{-1} \text{d}^{-1}$)	Biomassa Seca (g L^{-1})	Produtividade proteica ($\text{g L}^{-1} \text{d}^{-1}$)	Produção de proteínas (%)	Referência
<i>Artrospira platensis</i>	Controle (0,0%)	Frasco de Erlenmeyer	32,4	0,094	0,075	NI	60	Shanthy et al (2021)
	Resíduos de peixes (0,1%)			$\approx 0,05$	$\approx 0,044$	NI	26	
	Resíduos de peixe (0,3%)			0,126	0,096	NI	55	
	Resíduos de peixes (0,5%)			0,131	0,1	NI	69	
	Resíduos de peixe (0,7%)			0,113	0,088	NI	70	
	Resíduos de peixes (1,0%)			0,118	0,09	NI	64	
<i>Lagerheimia longiseta</i> (cepa: D133WC)	Meio de Controle	Fracos	83,250	0,03433	0,515 _(0,00104)	NI	44,96 _(0,78)	Medeiros et al (2020)
	Biocosposto horticultural			0,03373	0,506 _(0,00175)	NI	59,15 _(0,94)	
<i>Contortum de monorafidium</i> (cepa: D173WC)	Meio de Controle	Fracos	83,250	0,02529	0,43 _(0,0012)	NI	55,45 _(0,41)	
	Biocosposto horticultural			0,02235	0,38 _(0,0009)	NI	55,76 _(1,72)	
<i>Scenedesmus quadricauda</i> (cepa: D125WC)	Meio de Controle	Fracos	83,250	0,0194	0,291 _(0,00085)	NI	53,58 _(0,03)	
	Biocosposto horticultural			0,01653	0,248 _(0,00136)	NI	49,08 _(0,59)	

HRP: Lagoa de alta taxa; HPBR: Cultivado em Fotobioreatores Horizontais; PBR: Fotobioreator; SBR: Reator de lote de sequenciamento; NI: não informado; \approx : Aproximadamente; *: Produtividade média / Regime de luz contínua; **: 12 h fotoperíodo escuro/claro; Valores entre parênteses indicam desvio padrão; Valores que não são seguidos por números de sobrescritos entre parênteses do não têm seus desvios padrões identificados nos artigos citados

Tabela 2 Concentração de proteínas (%) e produtividade ($\text{g L}^{-1} \text{d}^{-1}$) e biomassa seca (g L^{-1}) em culturas de microalgas

AUMENTO DA PRODUTIVIDADE DAS PLANTAS

Microalgas são microrganismos capazes de transformar substâncias inorgânicas (por exemplo, CO_2 e NO_3^-) em substâncias orgânicas (por exemplo, carboidratos e proteínas) com alta eficiência (de Moraes et al., 2019; Qie et al., 2019). Sua biomassa pode aumentar o crescimento das plantas atuando como um fertilizante orgânico e de liberação lenta para fornecer nutrientes, assimilados do tratamento de águas residuárias, e manter solos e corpos de água livres de contaminação com cargas severas de nutrientes (Coppens et al., 2016; Alvarez et al., 2021; Ferreira et al., 2021).

A biomassa de microalgas tem altos níveis de aminoácidos que fornecem efeitos

benéficos para as plantas (Michalak et al., 2015). Microalgas também contém hormônios vegetais que funcionam como promotores do crescimento vegetal. As auxinas, por exemplo, melhoram substancialmente o desenvolvimento radicular, melhorando assim a capacidade da planta de absorver nutrientes e água do solo e levá-los a maior tolerância a condições adversas de estresse (Stirk et al., 2002). As microalgas também funcionam como um biopesticida, protegendo as plantas contra patógenos como fungos ou bactérias (Fernández et al., 2021).

Estudos científicos já mostraram que polissacarídeos (carboidratos) de microalgas promovem a absorção de nutrientes, o crescimento das plantas e a tolerância ao estresse (El-Naggar et al., 2020; EL Arroussi et al., 2018; Farid et al., 2019; Ferreira et al., 2021). A Tabela 3 apresenta uma compilação de informações de pesquisas recentes que registram os benefícios e efeitos do uso da biomassa microalgas para o cultivo de plantas.

Um experimento identificou que é mais vantajoso para o crescimento do cultivo, incluindo maior número de ramos e flores, quando os tratamentos com biofertilizantes são aplicados 22 dias antes do transplante de mudas em comparação com o grupo sem biofertilizante (controle) e os tratamentos biofertilizantes aplicados no momento do transplante. Isso mostra que a biomassa precisa ser mineralizada para estar prontamente disponível para captação de plantas (Garcia-Gonzalez e Sommerfeld, 2016).

Espécies de microalgas	Planta de cultura	Aplicação	Tipo de estudo	Efeito	Referência
<i>Acutodesmus dimorphus</i>	Tomate roma (<i>S. lycopersicum</i> var. Roma)	Extratos de microalgas Biomassa de algas verdes secas	Laboratório Estufa	Efeitos positivos na germinação de sementes, crescimento das plantas, quantidade de flores e desenvolvimento de frutas	Garcia-Gonzalez e Sommerfeld (2016)
MC1 ¹ : espécies de <i>Chlorella</i> , <i>Scenedesmus</i> , <i>Clorococcum</i> e <i>Chroococcus</i> .	Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) variedade HD2966	Biomassa de microalgas seca	Crescimento da cultura em experimentos com maconha	Efeito significativo sobre o teor de nitrogênio, fósforo e potássio de raízes, brotos e grãos	Renuka et al. (2016)
MC2 ² : espécies de <i>Phormidium</i> , <i>Anabaena</i> , <i>Westiellopsis</i> , <i>Fischerella</i> e <i>Spirogyra</i> .	Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.) variedade HD2967	Biomassa de microalgas seca			
MaB ³				Melhora no peso seco da planta, Aumento N, P em folhas, e açúcares/carotenoides em frutas em comparação com fertilizante Controles	Coppens et al. (2016)
<i>Nannochloropsis oculata</i>	Tomate	Biomassa de microalgas seca	Estufa		

Espécies de microalgas	Planta de cultura	Aplicação	Tipo de estudo	Efeito	Referência
Mix: <i>Scenedesmus</i> sp. e <i>Chlorella vulgaris</i>	<i>Uruchloa brizantha</i> (Marandu)	Biomassa de microalgas	Campo	O tratamento biológico apresentou produtividade vegetal semelhante em relação ao tratamento com fertilizante químico convencional, além de maior teor de matéria seca.	Lorentz et al. (2020)
<i>Synechocystis</i> sp. <i>Tetradescmus obliquus</i> <i>Prototecooides de chlorella</i> <i>Chlorella vulgaris</i>	Pepino (<i>Pepino sativus</i>); Cevada (<i>Hordeum vulgare</i>); Trigo (<i>Triticum aestivum</i>); Soja (<i>Glycine max</i>); Agrião (<i>Nasturium officinale</i>); Tomate (<i>Licopersicon esculentum</i>)	Solução de cultura de microalgas	Laboratório	Maior valor do índice de germinação em relação ao controle (água destilada); O efeito positivo no crescimento das raízes das plantas, com comprimentos superiores ao controle, e o efeito sobre os brotos de plantas não foi significativo	Ferreira et al. (2021)

¹MC1: formulação com microalgae unicelular (espécies de *Chlorella* spp., *Scenedesmus* spp., *Clorococcum* spp., *Chroococcus* spp.);

²MC2: formulação com microalgas filamentosas (espécies de *Phormidium* spp., *Anabaena* spp., *Westielloopsis* spp., *Fischerella* spp., *Spirogyra* spp.);

³MaB: flocos bacterianos e de microalgas

Tabela 3 Plantas cultivadas com microalgas e seus benefícios

Convergindo com esse argumento, Lorentz et al. (2020) observaram maior conteúdo de cinzas de *Uruchloa brizantha* cv. Marandu no tratamento químico de seu experimento e atribuíram esse resultado à probabilidade de os minerais presentes em fertilizantes químicos estarem mais facilmente disponíveis para as plantas em comparação com o tratamento de biomassa de microalgas. Considerando que o biofertilizante de microalgas é um bioproduto orgânico, ele precisa de tempo para mineralizar suas substâncias (por exemplo, proteínas, aminoácidos, carboidratos etc.) e disponibilizá-las para absorção de plantas (por exemplo, NH_4^+ , NO_3^- , P_2O_5 , K_2O). Isso demonstra que o tempo de aplicação de biofertilizantes de microalgas deve ser amplamente estudado para garantir os benefícios desse bioproduto.

O teor mineral de cálcio, ferro, potássio, magnésio, manganês e fósforo no espinafre tratado com algas de água doce, *Chlorella fusca*, foi maior em comparação com o não tratado (Kim et al., 2018). O mesmo estudo concluiu que o rendimento da cebolinha chinesa tratada com a mesma microalga foi 18,3% maior do que o não tratado. Seus resultados indicaram que os fertilizantes de microalgas são bioestimulantes eficientes e econômicos para melhorar o crescimento das plantas e a qualidade da cebolinha chinesa e do espinafre na fazenda orgânica estudada.

Portanto, é possível dizer que o uso de biofertilizantes de microalgas aumentam o crescimento das plantas, a produtividade da cultura e/ou rendimento de trigo, tomate, cebolinha, espinafre, arroz, milho e alface em comparação com a dose recomendada de fertilizantes convencionais (por exemplo, fertilizante combinado de nitrogênio, fósforo e potássio conhecido como NPK) e/ou tratamento de controle (sem fertilizantes) (Renuka et al., 2016; Garcia-Gonzalez e Sommerfeld, 2016; Kim et al., 2018; Wang et al., 2018; Dineshkumar et al., 2019; Puglisi et al., 2020).

BIOFIXAÇÃO DE CO₂

As microalgas convergem com a sustentabilidade da captura de carbono, especialmente através da transformação do CO₂ em O₂, e como o CO₂ e luz solar atmosférica podem ser utilizadas para o crescimento de microalgas, o cultivo da biomassa é considerado sustentável (Fernández et al., 2021). Durante a fotossíntese, as microalgas fixam CO₂ em monossacarídeos ou polissacarídeos, como fonte primária de energia e como materiais estruturais e de armazenamento, respectivamente. Esta capacidade de sequestro de CO₂ é uma nova abordagem para reduzir a quantidade de CO₂ na atmosfera (Hussain et al., 2021).

Entre as várias técnicas de captura de CO₂, a biofixação microalgal por fotossíntese é uma tecnologia promissora devido à eficiência desses microrganismos na transformação desse gás em compostos orgânicos, utilizando-o como nutriente no meio da cultura (De Moraes et al., 2019). Além disso, o processo de captura e armazenamento de carbono (CCS) realizado por microalgas e cianobactérias é considerado uma biocaptura de CO₂ mais eficiente em comparação com outras tecnologias como absorção, adsorção, criogenia e separação por membranas (Fernández et al., 2021).

Embora as microalgas tenham a vantagem de converter CO₂ em biomassa, a eficiência do processo é uma questão crítica em comparação com as tecnologias convencionais. A otimização dos métodos de cultivo de microalgas pode intensificar o desempenho de fixação de CO₂ e reduzir a toxicidade de soluções alcalinas (Song et al., 2019). De acordo com Bose et al. (2022), seria necessário uma alta alcalinidade (pH>10 e alcalinidade entre 1,7 gIC L⁻¹ e 2,1 gIC L⁻¹) para garantir uma boa remoção de CO₂ (acima de 97%). Para melhorar a recuperação do CO₂, é necessária uma seleção de microalgas alcalófilas de crescimento rápido. Até o momento, a melhor espécie de microalgas fixador de CO₂ descrita na literatura atual é *A. platensis* (de Mendonça et al., 2022).

O estabelecimento do cultivo de microalgas em sistemas de águas residuárias pode levar ao decréscimo ou mesmo neutralização a do impacto da biorremediação de águas residuárias no que diz respeito ao consumo de energia e liberação de GEE, como o CO₂, ao meio ambiente (Ácien et al., 2016; Fernández et al., 2021). De Mendonça et al. (2022) realizaram uma análise de balanço de massa para estimar a produção de

biomassa microalgal em uma planta leiteira de médio porte brasileira com produção anual de 328.500.000L de águas residuárias e uma biofixação de 167,54 t^{ano-1} de CO₂. Considerando a produção de biomassa de 2,3 g L⁻¹ e o teor de 56% das proteínas em conta, é possível estimar que a quantidade de biofertilizante produzido pelo tratamento desse esgoto leiteiro com microalgas seria de 423,1 t^{ano-1}. O volume anual de leite produzido no Brasil gera aproximadamente 100,2 bilhões de litros de águas residuárias leiteiras (Rocha et al., 2020; De Mendonça et al., 2022), que poderia atingir a produção de 129.057,6 t^{ano-1} de biofertilizantes.

BIOECONOMIA DE MICROALGAS

Atualmente, a biotecnologia microalgal está ajudando a bioeconomia global, produzindo biomassa de alto valor para aplicações relacionadas ao ser humano, como alimentos, cosméticos e produtos farmacêuticos (Bhalamurugan et al., 2018; Magalhães et al., 2021). No âmbito da bioeconomia circular, as microalgas podem recuperar os nutrientes provenientes de águas residuárias da produção de animais de volta ao solo na produção agrícola, ser fonte de biocombustíveis, gerar mais renda para as instalações produtivas (Ferreira et al., 2018; Ferreira et al., 2021; Alvarez et al., 2021) e avançar a bioeconomia circular na indústria hídrica por meio da valorização de bioprodutos de microalgas (Arashiro et al., 2022).

Agricultores e consumidores estão dispostos a produzir e consumir produtos seguros e orgânicos. No entanto, o mercado de bioestimulantes de microalgas carece de credibilidade e não está bem estabelecido devido à falta de procedimentos operacionais padrões para produzir os produtos biológicos, poucas patentes, dificuldade em reproduzir resultados de laboratório em campo e gargalos no comércio internacional devido a regulamentações mais rigorosas e complexas que variam entre países, entre outras questões (Kapoor et al., 2021). Pesquisas indicam que o uso exclusivo de biofertilizantes de microalgas ainda não é economicamente viável. Pesquisas têm relatado que o custo-benefício é maior com a mistura de biofertilizantes de microalgas com fertilizantes químicos (Silambarasan et al., 2021; Nayak et al., 2019).

PERSPECTIVAS E DESAFIOS FUTUROS

Pesquisas mostram que o uso de biofertilizantes de microalgas são positivos para a produtividade das culturas, o crescimento das plantas e sua produtividade. No entanto, os déficits tecnológicos e de conhecimento existentes restringem sua ampla aplicação e integração nas práticas agrícolas (Alvarez et al., 2021). Um grande desafio para o uso de microalgas na agricultura moderna é a identificação de potenciais combinações de espécies microalgas e espécies com efeitos positivos no crescimento e produtividade das plantas em estudos de campo com diferentes tipos de culturas agrícolas em diferentes

regiões edafoclimáticas. Pesquisas sobre a forma (por exemplo, biomassa fresca ou seca), tempo de aplicação e mineralização da biomassa de microalgas para estar disponível para captação de plantas também são indispensáveis para o avanço do uso de biofertilizantes de microalgas. É igualmente importante esclarecer quais nutrientes e micronutrientes estão presentes na biomassa microalgas e em quais quantidades, para estimar a contribuição desse bioproduto para plantas e solos em áreas agrícolas.

As biorrefinarias serão essenciais para o desenvolvimento de bioprodutos de microalgas sustentáveis e economicamente competitivos no futuro (Russell et al., 2022). Essas construções têm potencial para proporcionar mitigação de impactos ambientais (por exemplo, biofixação de CO₂, biorremediação de águas residuárias); reduzir os gastos com propriedades agrícolas, reduzir a necessidade de tratamentos convencionais de águas residuárias que requerem equipamentos e insumos caros; produzir bioprodutos em escala comercial e ser uma fonte adicional de renda para os produtores rurais.

CONCLUSÕES

O uso da biomassa de microalgas como biofertilizante reduz a poluição ambiental e pode melhorar a bioeconomia do processo de adequação da fertilidade do solo em comparação com os fertilizantes convencionais. As microalgas são agentes promissores a serem utilizados tanto na produção de biofertilizantes quanto na biorremediação de águas residuárias. O potencial de biorremediação dos cultivos mixotróficos, heterotrófico e fotoautotróficos de microalgas é demonstrado nas remoções médias de COD (71,1%), BOD₅ (78,2%), NH₄⁺ (93,4%) e P (88,5%) encontrados conforme dados dos artigos citados. Para ampliar o uso de biofertilizantes de microalgas e explorar plenamente o potencial sustentável das microalgas, é necessário continuar os esforços de pesquisa e o desenvolvimento de parcerias entre a academia-indústria para acelerar o processo.

AGRADECIMENTOS

O estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - financiador de bolsas e financiador: FAPERJ processo nº E-26/210.807/2021.

REFERÊNCIAS

Ácien, F.G., Gómez-Serrano, C., Morales-Amaral, M.M., Fernández-Sevilla, J.M., Molina-Grima, E. (2016). Wastewater treatment using microalgae: how realistic a contribution might it be to significant urban wastewater treatment? Applied Microbiology and Biotechnology, v.100, p. 9013 - 9022, 2016.

- Alvarez, A.L., Weyers, S.L., Goemann, H. M., Peyton, B. M., Gardner, R. D. (2021). Microalgae, soil and plants: A critical review of microalgae as renewable resources for agriculture. *Algal Research*, v. 54, 102200, 2021.
- Arashiro, L.T.; Josa, I.; Ferrer, I.; Van Hulle, S.W.H.; Rousseau, D.P.L.; Garfi, M. (2022). Life cycle assessment of microalgae systems for wastewater treatment and bioproducts recovery: Natural pigments, biofertilizer and biogas, *Science of The Total Environment*, Volume 847, 2022, 157615, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157615>.
- Batista, A.P., Gouveia, L., Bandarra, N.M., Franco, J.M., Raymundo, A. (2013). Comparison of microalgal biomass profiles as novel functional ingredient for food products. *Algal Research*, v. 2, n. 2, 164–173, 2013.
- Becker, E.W. (2007). Micro-algae as a source of protein, *Biotechnology Advances*, 25 (2), 2007, p. 207-210, ISSN 0734-9750, <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2006.11.002>.
- Bello, A.S., Saadaoui, I., Ben-Hamadou, R. (2021). “Beyond the Source of Bioenergy”: Microalgae in Modern Agriculture as a Biostimulant, Biofertilizer, and Anti-Abiotic Stress. *Agronomy*, v. 11, n. 8, 2021.
- Bhalamurugan, G.L., Valerie, O., Mark, L. (2018). Valuable bioproducts obtained from microalgal biomass and their commercial applications: a review. *Environmental Engineering Research*, v.23, n. 3, p. 229-241, 2018.
- Bhatnagar, A., Chinnasamy, S., Singh, M., Das, K.C. (2011). Renewable biomass production by mixotrophic algae in the presence of various carbon sources and wastewaters. *Applied Energy*, v. 88, p. 3425–3431, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.12.064>.
- Bose, A., O’Shea, R., Lin, R., Murphy, J.D. (2022). Optimisation and performance prediction of photosynthetic biogas upgrading using a bubble column, *Chemical Engineering Journal*, Volume 437, Part 1, 2022, 134988, ISSN 1385-8947, <https://doi.org/10.1016/j.cej.2022.134988>.
- Brasil (2006). Ministério do Meio Ambiente (MMA). Resolução N° 375 de 29 de agosto de 2006. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, DF (30 ago. 2006)
- Brindley, C., Jiménez-Ruiz, N., Ación, F.G., Fernández-Sevilla, J.M. (2016). Light regime optimization in photobioreactors using a dynamic photosynthesis model. *Algal Research*, v. 16, p. 399 – 408, 2016.
- Casagli, F., Rossi, S., Steyer, J.P., Bernard, O., Ficara, E. (2021). Balancing microalgae and nitrifiers for wastewater treatment: can inorganic carbon limitation cause an environmental threat? *Environ. Sci. Technol.* 55 (2021) 3940–3955, <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c05264>.
- Coppens, J., Grunert, O., Van Den Hende, S., Vanhoutte, I., Boon, N., Haesaert, G., Gelder, L.D. (2016). The use of microalgae as a high-value organic slow-release fertilizer results in tomatoes with increased carotenoid and sugar levels. *J Appl Phycol* 28, 2367–2377 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0775-2>.
- De Mendonça, H.V., Otenio, M.H., Marchão, L., Lomeu, A., De Souza, D.S., Reis, A. (2022). Biofuel recovery from microalgae biomass grown in dairy wastewater treated with activated sludge: The next step in sustainable production, *Science of The Total Environment*, Volume 824, 2022, 153838, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153838>.

De Mendonça, H.V., Ometto, J.P.H.B., Otenio, M.H., Marques, I.P.R., Reis, A.J.D. (2018). Microalgae-mediated bioremediation and valorization of cattle wastewater previously digested in a hybrid anaerobic reactor using a photobioreactor: comparison between batch and continuous operation. *Science of the Total Environment*, v. 633, p. 1-11, 2018.

De Morais, M.G., De Morais, E.G., Duarte, J.H., Deamici, K.M., Mitchell, B.G., Costa, J.A.B. (2019). Biological CO₂ mitigation by microalgae: technological trends, future prospects and challenges. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, v. 35, a.n. 78, 2019.

De Souza, D.S., Valadão, R.C., De Souza, E.R.P., Barbosa, M.I.M.J., De Mendonça, H.V. (2022). Enhanced *Arthrospira platensis* Biomass Production Combined with Anaerobic Cattle Wastewater Bioremediation. *Bioenerg. Res.* 15, 412–425 (2022). <https://doi.org/10.1007/s12155-021-10258-4>.

Dineshkumar, R., Subramanian, J., Gopalsamy, J., Jayasingam, P., Arumugam, A., Kannadasan, S., Sampathkumar, P. (2019). The Impact of Using Microalgae as Biofertilizer in Maize (*Zea mays* L.). *Waste Biomass Valor* 10, 1101–1110 (2019). <https://doi.org/10.1007/s12649-017-0123-7>.

El-Naggar, N.E.A., Hussein, M.H., Shaaban-Dessuuki, S.A., Dalal, S.R. (2020). Production, extraction and characterization of *Chlorella vulgaris* soluble polysaccharides and their applications in AgNPs biosynthesis and biostimulation of plant growth. *Scientific Reports*, . 10, p. 1–19, 2020.

El Arroussi, H., Benhima, R., Elbaouchi, A., Sijilmassi, B., El Mernissi, N., Aafsar, A., Meftah-Kadmiri, I., Bendaou, N., Smouni, A. (2018). *Dunaliella salina* exopolysaccharides: a promising biostimulant for salt stress tolerance in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Journal of Applied Phycology*, v. 30, p. 2929–2941, 2018.

Farid, R., Mutale-Joan, C., Redouane, B., Mernissi Najib, E., Abderahime, A., Laila, S., Ar-Roussi Hicham, E. (2019). Effect of microalgae polysaccharides on biochemical and metabolomics pathways related to plant defense in *Solanum lycopersicum*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, v. 188, p. 225–240, 2019.

Fernández, F.G.A., Reis, A., Wijffels, R.H., Barbosa, M., Verdelho, V., Llamas, B. (2021). The role of microalgae in the bioeconomy. *New Biotechnology*, v. 61, p. 99-107, 2021.

Ferreira, A., Melkonyan, L., Carapinha, S., Ribeiro, B., Figueiredo, D., Avetisova, G., Gouveia, L. (2021). Biostimulant and pesticide potential of microalgae growing in piggery wastewater. *Environmental Advances*, v. 4, 2021.

Ferreira, A., Marques, P., Ribeiro, B., Assemany, P., De Mendonça, H.V., Barata, A., Oliveira, A.C., Reis, A., Pinheiro, H.M., Gouveia, L. (2018). Combining biotechnology with circular bioeconomy: from poultry, swine, cattle, brewery, dairy and urban wastewaters to biohydrogen. *Environmental Research*, v. 164, p. 32–38, 2018.

Fields, F.J., Lejzerowicz, F., Schroeder D., Ngoi, S.M., Tran, M., Mcdonald, D., Jiang, L., Chang, J.T., Knight, R., Mayfield, S. (2020). Effects of the microalgae *Chlamydomonas* on gastrointestinal health. *Journal of Functional Foods*, v. 65, 2020.

Franco, A. L. C., Lôbo, I. P., Cruz, R. S. Da, Teixeira, C. M. L. L., Almeida Neto, J. A. De, Menezes, R. S. (2013). Biodiesel de microalgas: avanços e desafios. *Química Nova*, 36(3), 437–448, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422013000300015>.

- Garcia-Gonzalez, J., Sommerfeld, M. (2015). Biofertilizer and biostimulant properties of the microalga *Acutodesmus dimorphus*, J. Appl. Phycol. 28 (2015) 1051–1061, <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0625-2>.
- Gitau, M.M., Farkas, A., Ördög, V., Maróti, G. (2022). Evaluation of the biostimulant effects of two Chlorophyta microalgae on tomato (*Solanum lycopersicum*), Journal of Cleaner Production, Volume 364, 2022, 132689, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132689>.
- Gong, Y., Jiang, M. (2011). Biodiesel production with microalgae as feedstock: from strains to biodiesel. Biotechnol Lett 33, 1269–1284 (2011). <https://doi.org/10.1007/s10529-011-0574-z>.
- Gramegna, G., Scortica, A., Scafati, V., Ferella, F., Gurrieri, L., Giovannoni, M., Bassid, R., Sparlac, F., Mattei, B., Benedetti, M. (2020). Exploring the potential of microalgae in the recycling of dairy wastes. Bioresource Technology Reports, 12, 100604, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2020.100604>.
- Hussain, F., Shah, S.Z., Ahmad, H., Abubshait, S.A., Abubshait, H.A., Laref, A., Manikandan, A., Kusuma, H.S., Iqbal, M. (2021). Microalgae an ecofriendly and sustainable wastewater treatment option: Biomass application in biofuel and bio-fertilizer production. A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 137, 2021.
- Jiang, L., Luo, S., Fan, X., Yang, Z., Guo, R. (2011). Biomass and lipid production of marine microalgae using municipal wastewater and high concentration of CO₂. Applied Energy, 88 (10), 2011, p.3336-3341, ISSN 0306-2619, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.03.043>.
- Kapoore, R. V., Wood, E. E., & Llewellyn, C. A. (2021). Algae biostimulants: A critical look at microalgal biostimulants for sustainable agricultural practices. Biotechnology Advances, Volume 49, 2021, 107754, ISSN 0734-9750, <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2021.107754>.
- Kim, M.J., Shim, C.K., Kim, Y.K., Ko, B.G., Park, J.H., Hwang, S.G., Kim, B.H. (2018). Effect of biostimulator *Chlorella fusca* on improving growth and qualities of Chinese chives and spinach in organic farm, Plant Pathol. J. 34 (2018) 567–574, <https://doi.org/10.5423/PPJ.FT.11.2018.0254>.
- Kumar, A. K., Sharma, S., Shah, E., Parikh, B. S., Patel, A., Dixit, G., Gupta, S., Divecha, J. M. (2019). Cultivation of *Ascochlorella* sp. ADW007-enriched microalga in raw dairy wastewater for enhanced biomass and lipid productivity. International Journal of Environmental Science and Technology, 16, 943–954 (2019).
- Li, T., Xu, J., Gao, B., Xiang, W., Li, A., Zhang, C. (2016). Morphology, growth, biochemical composition, and photosynthetic performance of *Chlorella vulgaris* (Trebouxiophyceae) under low and high nitrogen supplies. Algal Research, v. 16, p. 481-491, 2016.
- Lorentz, J.F., Calijuri, M.L., Assemany, P.P., Alves, W.S., Pereira, O.G. (2020). Microalgal biomass as a biofertilizer for pasture cultivation: Plant productivity and chemical composition. Journal of Cleaner Production, v. 276, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124130>.
- Magalhães, I. B., Ferreira, J., De Siqueira Castro, J., Assis, L. R. De, Calijuri, M. L. (2021). Technologies for improving microalgae biomass production coupled to effluent treatment: A life cycle approach. Algal Research, 57, 102346, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102346>.
- Matos, J., Cardoso, C., Bandarra, N.M., Afonso, C. (2017). Microalgae as healthy ingredients for functional food: A review. Food & Function, v. 8, n. 8, 2017.

- Markou, G., Iconomou, D., Muylaert, K. (2016). Applying raw poultry litter leachate for the cultivation of *Arthrospira platensis* and *Chlorella vulgaris*. *Algal Research*, v. 13, p.79-84, 2016.
- Markou, G., Georgakakis, G. (2011). Cultivation of filamentous cyanobacteria (bluegreen algae) in agro industrial wastes and wastewaters: a review. *Applied Energy*, v. 88, n. 10, p. 3389-3401, 2011.
- Medeiros, V.P.B, Pimentel, T.C., Varandas, R.C.R., Santos, S.A., Pedrosa, G.T.S., Sassi, C.F.C., Conceição, M.M., Magnani, M. (2020). Exploiting the use of agro-industrial residues from fruit and vegetables as alternative microalgae culture médium. *Food Research International*, v. 137, 2020.
- Michalak, I., Chojnacka K. (2015). Algae as production systems of bioactive compounds. *Engineering in Life Sciences*, v. 15, p. 160 – 76, 2015.
- Morillas-España, A., Lafarga, T., Sánchez-Zurano, A., Ación-Fernández, F.G., González-López, C. (2022). Microalgae based wastewater treatment coupled to the production of high value agricultural products: Current needs and challenges, *Chemosphere*, Volume 291, Part 3, 2022, 132968, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132968>.
- Mulbry, W., Kondrad, S., Pizarro, C., Kebede-Westhead, E. (2008). Treatment of dairy manure effluent using freshwater algae: Algal productivity and recovery of manure nutrients using pilot-scale algal turf scrubbers, *Bioresource Technology*, 99 (17), 2008, Pages 8137-8142, ISSN 0960-8524, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.03.073>.
- Nagarajan, D., Lee, D.-J., Chen, C.-Y., Chang, J.-S. (2020). Resource recovery from wastewaters using microalgae-based approaches: A circular bioeconomy perspective. *Bioresource Technology*, 122817, 2020.
- Nayak, M., Swain, D. K., & Sen, R. (2019). Strategic valorization of de-oiled microalgal biomass waste as biofertilizer for sustainable and improved agriculture of rice (*Oryza sativa* L.) crop. *Science of The Total Environment*, 682, 475-484.
- Oviedo, J.A, Muñoz, R., Donoso-Bravo, A., Bernard, O., Casagli, F., Jeison, D. (2022). A half-century of research on microalgae-bacteria for wastewater treatment, *Algal Research*, Volume 67, 2022, 102828, ISSN 2211-9264, <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102828>.
- Panagopoulos, A. (2022). Brine management (saline water & wastewater effluents): Sustainable utilization and resource recovery strategy through Minimal and Zero Liquid Discharge (MLD & ZLD) desalination systems, *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, . 176, 2022, 108944, ISSN 0255-2701, <https://doi.org/10.1016/j.cep.2022.108944>.
- Panagopoulos, A. (2021). Beneficiation of saline effluents from seawater desalination plants Fostering the zero liquid discharge (ZLD) approach - A techno-economic evaluation, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 9 (4), 2021, 105338, ISSN 2213-3437, <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105338>.
- Patel A., Matsakas L., Rova U., Christakopoulos P. (2019). A perspective on biotechnological applications of thermophilic microalgae and cyanobacteria. *Bioresource Technology*, v. 278, p. 424–34, 2019.
- Posadas E., Morales M. Del M., Gomez, C., Ación, F.G., Muñoz R. (2015). Influence of pH and C₂ source on the performance of microalgae-based secondary domestic wastewater treatment in outdoors pilot raceways. *Chemical Engineering Journal*, v. 265, p. 239–248, 2015.

Priyadarshani, I., Rath, B., Thajuddin, N. (2014). Influence of aeration and light on biomass production and protein content of four species of marine cyanobacteria. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v. 3, n. 12, p. 173 - 182, 2014.

Puglisi, I., La Bella, E., Rovetto, E.I., Lo Piero, A.R., Baglieri, A. (2020). Biostimulant effect and biochemical response in lettuce seedlings treated with a *Scenedesmus quadricauda* extract, *Plants* 9 (1) (2020) 123, <https://doi.org/10.3390/plants9010123>.

Qie, F., Zhu, J., Rong, J., Zong, B. Biological removal of nitrogen oxides by microalgae, a promising strategy from nitrogen oxides to protein production, *Bioresource Technology*, Volume 292, 2019, 122037, ISSN 0960-8524, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122037>.

Rawat, I., Kumar, R. R., Mutanda, T., Bux, F. (2011). Dual role of microalgae: phycoremediation of domestic wastewater and biomass production for sustainable biofuels production. *Renew. Energy*, v. 88, p. 3411-3424, 2011.

Renuka, N., Prasanna, R., Sood, A., Ahluwalia, A. S., Bansal, R., Babu, S., Singh, R., Shivay, Y. S. & Nain, L. (2016) Exploring the efficacy of wastewater-grown microalgal biomass as a biofertilizer for wheat. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 6608–6620. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5884-6>.

Rocha, D.T., Carvalho, G.R., Resende, J.C. (2020). Cadeia produtiva do leite no Brasil: produção primária. *Embrapa, Circ. Técn.* 123. ISSN 1678-037X. 16p.

Russell, C., Rodriguez, C., Yaseen, M. (2022). High-value biochemical products & applications of freshwater eukaryotic microalgae, *Science of The Total Environment*, Volume 809, 2022, 151111, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151111>.

Rupawalla, Z., Shaw, L., Ross, I.L., Schmidt, S., Hankamer, B., Wolf, J. (2022). Germination screen for microalgae-generated plant growth biostimulants, *Algal Research*, Volume 66, 2022, 102784, ISSN 2211-9264, <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102784>.

Santos, M.G.B, Duarte, R.L., Maciel, A.M., Abreu, M., Reis, A., Mendonça, H.V. (2021). Microalgae Biomass Production for Biofuels in Brazilian Scenario: A Critical Review. *BioEnergy Research*, v.14, p. 23–42, 2021.

Sassano, C.E.N., Gioielli, L.A., Ferreira, L.S., Rodrigues, M.S., Sato, S.C.A., Carvalho, J.C.M. (2010). Evaluation of the composition of continuously-cultivated *Arthrospira (Spirulina) platensis* using ammonium chloride as nitrogen source. *Biomass and Bioenergy*, v. 34, n. 12, p. 1732-1738, 2010.

Schmitz, R., Magro, C., Colla, L. (2012). Aplicações Ambientais de Microalgas. *Revista CIATEC-UPF*, 4(1), 48-60, 2012. <https://doi.org/10.5335/ciatec.v4i1.2393>.

Shanthy, G., Premalatha, M., Anantharaman, N. (2021). Potential utilization of fish waste for the sustainable production of microalgae rich in renewable protein and phycocyanin-*Arthrospira platensis*/ *Spirulina*. *Journal of Cleaner Production*, 294, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126106>.

Silambarasan, S., Logeswari, P., Sivaramakrishnan, R., Incharoensakdi, A., Cornejo, P., Kamaraj, B. & Chi, N. T. L. (2021) Removal of nutrients from domestic wastewater by microalgae coupled to lipid augmentation for biodiesel production and influence of deoiled algal biomass as biofertilizer for *Solanum lycopersicum* cultivation, *Chemosphere*, Volume 268, 129323, ISSN 0045-6535, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129323>.

Song, C., Liu, Q., Qi, Y., Chen, G., Song, Y., Kansha, Y., Kitamura, Y. Absorption-microalgae hybrid CO₂ capture and biotransformation strategy—A review, *International Journal of Greenhouse Gas Control*, Volume 88, 2019, Pages 109-117, ISSN 1750-5836, <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2019.06.002>.

Sproles, A. E., Fields, F. J., Smalley, T. N., Le, C. H., Badary, A., Mayfield, S. . Recent advancements in the genetic engineering of microalgae, *Algal Research*, Volume 53, 2021, 102158, ISSN 2211-9264, <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.102158>.

Stirk, W.A., Ördög, V., Van Staden, J., J"ager, K. (2002). Cytokinin- and auxin-like activity in Cyanophyta and microalgae. *Journal of Applied Phycology*, v. 14, p. 215–221, 2002.

Verma, R., Suthar, S., Chand, N., Mutiyar, P. K. (2022). Phycoremediation of milk processing wastewater and lipid-rich biomass production using *Chlorella vulgaris* under continuous batch system, *Science of The Total Environment*, 833, 2022, 155110, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155110>.

Wang, Y., Li, Y.Q., Lv, K., Cheng, J.J., Chen, X.L., Ge, Y., Yu, X.Y. (2018). Soil microalgae modulate grain arsenic accumulation by reducing dimethylarsinic acid and enhancing nutrient uptake in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Soil* 430, 99–111 (2018). <https://doi.org/10.1007/s11104-018-3719-1>.

Zhang, Y., Xiao, Z., Ager, E., Kong, L., Tan, L. (2021). Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. *Journal of Future Foods*, Volume 1, Issue 1, 2021, Pages 58-66, ISSN 2772-5669, <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.07.001>.

KOMBUCHA: ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E CRESCIMENTO MICROBIOLÓGICO

Data de aceite: 01/03/2023

Vinícius Azrael Sinésio Alexandre da Silva

Graduando de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG/CDSA

Yasmine Valadares de Oliveira

Graduanda de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG/CDSA

Carla de Fátima de Oliveira Barbosa

Graduanda de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG/CDSA

Igor Pereira da Silva

Graduando de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG/CDSA

Graciele Silva Santana

Graduanda de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG/CDSA

Thayres Mirely Aires de Araújo

Graduanda de Engenharia de Biotecnologia e Bioprocessos da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG/CDSA

Jean César Farias de Queiroz

Orientador, Dr., Professor da disciplina Enzimologia e Tecnologia da Fermentação da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG/CDSA

RESUMO: Dentre os métodos mais antigos da preservação de alimentos está a fermentação, um processo químico que ocorre na ausência do gás oxigênio, ou seja, uma via de produção anaeróbica. Contudo, o processo fermentativo que ocorre na produção do Kombucha envolve uma combinação de fermentação alcoólica, láctica e acética. Nesse sentido essa pesquisa busca demonstrar as análises físico-químicas e de crescimento microbiológico, realizado através de um processo de fermentação *in vitro* em laboratório acadêmico. O crescimento microbiológico das células produtoras de ácido acético, foi medida durante o período de 06 à 18 de dezembro de 2022, através da pesagem da

massa seca do *Scoby*, cálculo da densidade e pesagem após o procedimento de secagem do filtro utilizado na filtração do produto formado. Por meio dessa pesquisa, pode-se concluir que o Kombucha se desenvolveu em escala laboratorial, sendo possível realizar análises de crescimento microbiológico e físico-químico. No período de tempo da pesquisa, houve uma variação nos valores de crescimento microbiológico devido a acidificação do meio. No entanto, observou-se que ocorreu uma competição no meio gerando enzimas produtoras de etanol inviabilizando o crescimento de bactérias.

PALAVRAS-CHAVE: Kombucha. Fermentação. *Scoby*.

1 | INTRODUÇÃO

Dentre os métodos mais antigos da preservação de alimentos está a fermentação, um processo químico que ocorre na ausência do gás oxigênio, ou seja, uma via de produção anaeróbica. Contudo, o processo fermentativo que ocorre na produção do Kombucha envolve uma combinação de fermentação alcoólica, láctica e acética, visto que

[...] É tradicionalmente preparado pela fermentação do chá preto açucarado com uma cultura simbiótica de leveduras e bactérias. Acredita-se que esta bebida tenha se originado na China há mais de 2.000 anos, embora haja muitos relatos históricos de que esta bebida foi consumida em países como Rússia, Alemanha e Oriente Médio também. Em muitos países esta bebida é produzida em larga escala para uso comercial, bem como em condições domésticas. Apesar de ser uma bebida fermentada, o sabor do chá Kombucha é considerado satisfatório e não acrimonioso, embora levemente ácido e levemente alcoólico, semelhante ao sabor da cidra de maçã. À medida que a fermentação progride, o sabor do chá de Kombucha muda de um sabor agradavelmente frutado, azedo, levemente e espumante para um sabor suave de vinagre, aumentando assim a aceitabilidade do consumidor do sabor e outros aspectos sensoriais da bebida pelo consumidor [...] (WATAWANA et al, 2015, p. 1, tradução nossa)¹.

Segundo o Ministério da Agricultura e Abastecimento do Brasil (BRASIL, 2019, p.13) o Kombucha é definido como uma “bebida fermentada obtida através da respiração aeróbia e fermentação anaeróbia do mosto obtido pela infusão ou extrato de *Camellia sinensis* e açúcares por cultura simbiótica de bactérias e leveduras microbiologicamente ativas (*SCOBY*)”. Durante o processo de fermentação ocorrem várias mudanças bioquímicas que afetam tanto os compostos nutricionais como as propriedades do produto final, como o tempo de fermentação, o substrato, a temperatura e o pH.

Nesse contexto é possível salientar que, devido as variadas propriedades funcionais,

1 [...] It is traditionally prepared by fermenting sugared black tea with a symbiotic culture of yeast and bacteria. This beverage is thought to have originated in China over 2000 years ago, while there are many historical reports of this beverage being consumed in countries such as Russia, Germany, and the Middle East as well. In many countries this beverage is produced in large-scale for commercial use as well as in domestic conditions. Despite being a fermented beverage, the flavor of Kombucha tea is considered to be satisfactory and nonacrimonious, though mildly acidic and mildly alcoholic, similar in taste to apple cider. As the fermentation progresses, the taste of Kombucha tea changes from a pleasantly fruity, sour, lightly, and sparkling flavor to a mild vinegar-like taste, thus increasing the consumer acceptability of the flavor and other sensory aspects of the beverage [...] (WATAWANA et al, 2015, p. 1).

antioxidantes e antibacterianas, o Kombucha vem se popularizando e ganhando espaço devido a sua multiplicidade de benefícios relacionados à saúde. “Sabe-se que os efeitos benéficos desta bebida são atribuídos à presença de produtos metabólicos liberados no caldo durante a fermentação, embora a maior parte dos benefícios à saúde seja devido ao seu potencial de eliminação de radicais” (WATAWANA et al, 2015, p. 4, tradução nossa)².

Apesar de existirem muitos relatos baseados em experiências sobre o Kombucha, observa-se que nos últimos tempos houve uma crescente produção científica baseada em evidências que demonstram os efeitos terapêuticos desse chá tanto em análises *in vivo* quanto *in vitro*. Nesse sentido essa pesquisa busca demonstrar as análises físico-químicas e de crescimento microbiológico, realizado através de um processo de fermentação *in vitro* em laboratório acadêmico.

2 | METODOLOGIA

A produção do material analisado teve início no Laboratório de Biologia Molecular e Celular em conjunto com o Laboratório de Hidráulica localizados no campos do CDSA, UFCG – PB. Para a preparação do mosto, foram pesados 30g de sacarose e 3g de chá verde a Granel em uma balança de precisão. O chá verde foi submerso em 125 ml de água mineral a uma temperatura de 80°C e deixado infundir por 5 minutos.

Ao término do tempo, a mistura foi filtrada e transferida para um balão Erlenmeyer de 500 ml. Com o material em temperatura ambiente adicionamos 30g de sacarose. O *Scoby* utilizado para o processo fermentativo foi dividido em 24 partes e cada uma delas foi pesada. A fermentação aconteceu em tubos de ensaio de plástico de 15 ml esterilizados, onde foram adicionados 5 ml do chá, 5 ml do líquido de chá start e 1 pedaço do *Scoby*.

Os tubos de ensaio foram dispostos em duas estantes, na qual cada uma continha 12 tubos. As análises foram feitas em duplicata. O pH foi medido utilizando um pHmetro de bancada calibrado com solução tampão pH 7,0. O número de Brix foi determinado utilizando um refratômetro. A densidade foi determinada utilizando microtubos *ependorf* de 1,5 ml, na qual eram pesados, introduzidos 1ml do produto formado, retirada a diferença do peso do *ependorf* e calculada da densidade.

A pesquisa teve duração de 12 dias, iniciando-se no dia 06 e terminando no dia 18 de dezembro de 2022, tendo suas observações diárias sempre nos horários de 16 horas. Todos os dias os materiais para análise tinham seus volumes contabilizados, passavam por um processo de filtragem e os filtros contendo massa seca e o *Scoby* formado eram levados para uma estufa a 60°C durante um período de 24 horas.

2 [...] The beneficial effects of this beverage are known to be attributed to the presence of the metabolic products released into the broth during the fermentation, although most of the health benefits are hypothesized to be due to its radical scavenging potential [...] (WATAWANA et al, 2015, p. 4).

3 | RESULTADO E DISCUSSÕES

Um dos parâmetros fundamentais para a produção de alimentos é a ausência de microrganismos patogênicos. Segundo Hur (2014) e Leonarski (2020) um dos fatores que inibem o crescimento desses microrganismos é o $\text{pH} < 4,2$. O pH do experimento proposto estabeleceu-se em 3,495 como demonstrado na Tabela 01 e na Figura 01, estando dentro dos parâmetros trazidos nas literaturas.

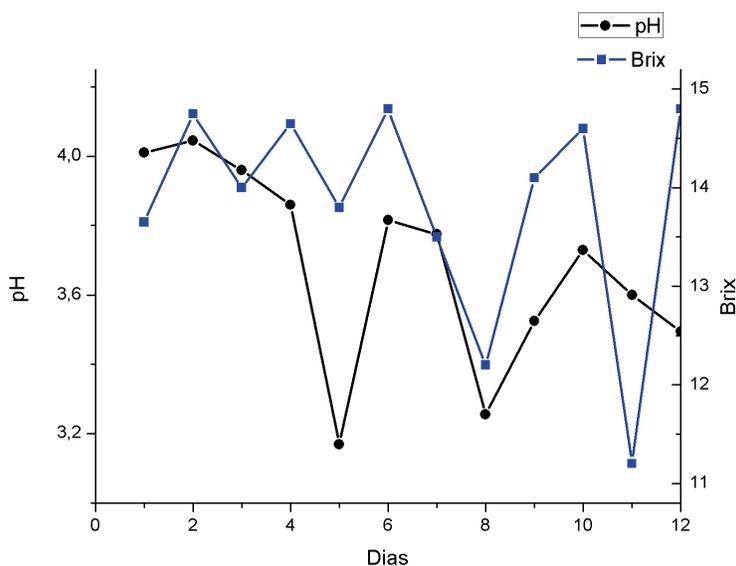


Figura 01 – Variação do ph com consumo da sacarose ao longo de 12 dias

O crescimento microbiológico das células produtoras de ácido acético, foi medida durante o período de 06 à 18 de dezembro de 2022, através da pesagem da massa seca do *Scoby*, cálculo da densidade e pesagem após o procedimento de secagem do filtro utilizado na filtração do produto formado

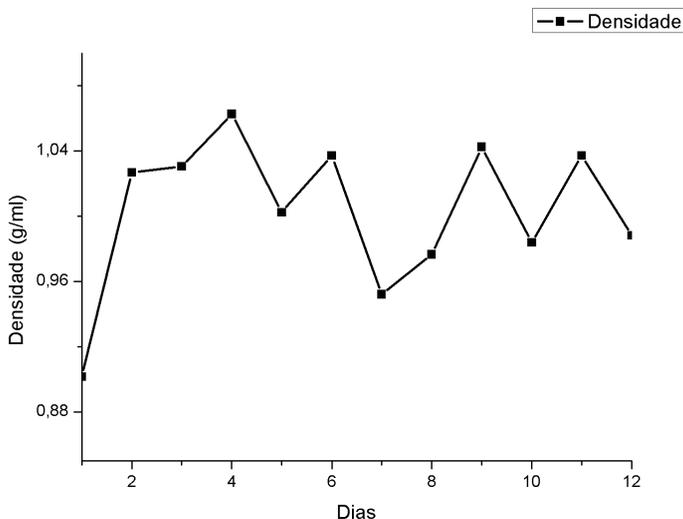


Figura 02 – Variação da densidade durante o período de fermentação da Kombucha

A mediação da densidade demonstra a quantidade de células em gramas para cada ml do produto formado. Podemos observar que ao longo do tempo de fermentação ocorrem flutuações nos valores, entre 0,9015 g/ml e 1,0627 g/ml como de ostrado na Figura 02.

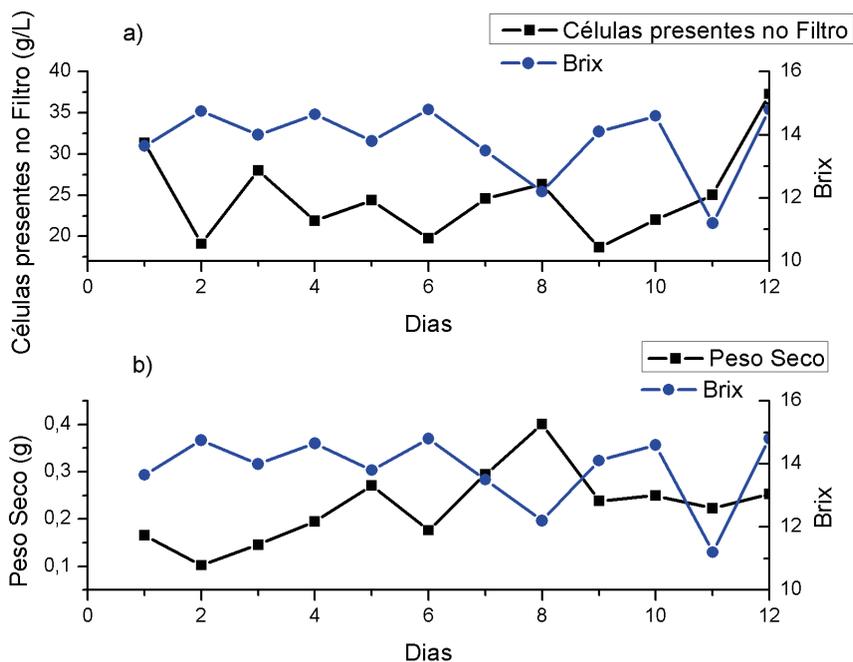


Figura 03 – Comparação do crescimento microbológico do peso seco do *S. cerevisiae* e da massa seca presente no filtr

A Figura 03, demonstra que o processo fermentativo ocorre com êxito. O *Scoby* é um conjunto de diversos microrganismos, na qual dependendo dos fatores do meio, alguns podem se desenvolver de forma mais eficientes que os demais. May (*et al.*, 2019) demonstra que quando adicionamos o chá *start*, o processo de degradação da sacarose acontece de forma cooperativa e competitiva, gerando ácido acético, glutamato, etanol, dióxido de carbono (CO₂) e celulose.

Uma das hipóteses para a variação dos valores apresentados na Figura 03; gráfico a, diz respeito a acidificação do meio, ocorrendo uma competição entre os microrganismos presentes, na qual a medida que é formado ácido acético, glutamato e etanol o pH tende a diminuir e inviabiliza o crescimento de outros microrganismos, facilitando o desenvolvimento da levedura.

A segunda hipótese é que a medida que ocorre uma competição no meio, a sacarose adicionada é quebrada pelas enzimas invertases geradas por leveduras, nas quais gera um biofilme dificultando a respiração celular, acidificando o meio e formando metabólitos antimicrobianos (MAY *et al.*, 2019).

A terceira hipótese corrobora com May (*et al.*, 2019) e Leonarski (2020) a qual afirm que o dimensionamento do meio interfere na formação do produto e em recipientes de pequenas proporções é possível observar que na falta de fontes de carbono as leveduras metabolizam etanol e o utilizam como alimento, inviabilizando o crescimento celular de outros microrganismos.

Uma quarta hipótese para essa variação é que em dez dias os microrganismos ainda estavam se adaptando ao meio e posteriormente entraram em fase logarítmica de crescimento como demonstrado no Figura 03; gráfico a. Nos dias 11 e 12, isso demonstra que talvez a cultura necessite de mais tempo para fermentação.

A Figura 03; gráfico b, demonstra que o crescimento do *Scoby* se iniciou no 3° dia, onde atingiu seu ápice no dia 8 pesando 0,4008g com a diminuição do seu peso e se manteve constante até o dia 12 no qual apresentou o peso de 0,2527g como demonstrado na Tabela 01.

Dias	pH	Brix	Células do Filtro	Densidade	Peso do <i>Scoby</i>
0	4,01	13,65	31,35	0,9015	0,16525
4	3,86	14,65	21,9	1,0627	0,19495
7	3,525	14,1	18,7	0,9521	0,23845
12	3,495	14,8	37,3	0,9883	0,2527

Nota: A tabela acima apresenta valores médios obtidos após análise em duplicata.

Tabela 01 – Resultados do processo fermentativo da Kombucha ao longo de 12 dias

4 | CONCLUSÃO

Por meio dessa pesquisa, pode-se concluir que o Kombucha se desenvolveu em escala laboratorial, sendo possível realizar análises de crescimento microbiológico e físico-químico. No período de tempo da pesquisa, houve uma variação nos valores de crescimento microbiológico devido a acidificação do meio. No entanto, observou-se que ocorreu uma competição no meio gerando enzimas produtoras de etanol inviabilizando o crescimento de bactérias.

De acordo com a literatura, não foi realizado uma análise sensorial sistemática do chá de Kombucha, bem como pesquisas relativas aos benefícios à saúde e aos aspectos relativos a segurança, podendo auxiliar na produção de uma bebida consumível que possa substituir outras bebidas carbonatadas. Estas são áreas relevantes para pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 41, DE 17 DE SETEMBRO DE 2019. Diário Oficial [da] União, Nº 181, quarta-feira, 18 de setembro de 2019

HUR, S.J., LEE, S.Y., KIM, Y.C., CHOI, I., KIM, G.B. **Effect of fermentation on the antioxidant activity in plant-based foods.** *Food Chem.* v. 160, 2014, p. 346–356. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814614005159>>. Acesso em: 16 jan. 2023.

LEONARSKI, Eduardo. **Produção de Bebida Tipo Kombucha e Celulose Bacteriana Utilizando Subproduto da Acerola como Matéria-Prima.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2020, p. 83.

MAY, A.; NARAYANAN, S.; ALCOCK, J.; VARSANI, A.; MALEY, C.; AKTIPIS, A. **Kombucha: a novel model system for cooperation and conflict in a complex multi-species microbial ecosystem.** 2019. Disponível em: **PeerJ 7:e7565 DOI 10.7717/peerj.7565.** Acesso em: 16 jan. 2023.

WATAWANA, Mindani I. *et al.* Health, Wellness, and Safety Aspects of the Consumption of Kombucha". **Journal of Chemistry**, v. 2015. Article ID 591869, p. 1-11.

HENRIQUE AJUZ HOLZMANN - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutor em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

A

Aço Carbono 41, 42, 46, 50

Agricultura sustentável 170, 171

Atividades 1, 3, 4, 10, 11, 15, 16, 17, 18, 20, 26, 60, 62, 64, 67, 92, 101, 106, 107, 111, 131, 132, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 152, 153, 154, 158, 164

B

Baja SAE 51, 52, 54, 60, 61, 62, 63, 64, 66, 67

Barragens de rejeito 130, 131, 135, 142, 143, 147

Biotecnologia 170, 179, 187

C

Conhecimentos 8, 10, 16, 20, 23, 26, 51, 53, 54, 84, 85, 96, 97, 137, 140, 141

Cooperação 1, 3, 56, 86, 87, 157

Corrosão 41

D

Desenvolvimento sustentável 101, 113

E

Educação científica

Engenharia 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 28, 42, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 91, 97, 98, 100, 111, 112, 114, 147, 151, 168, 170, 187, 193, 194

Engenharia de Materiais 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 51

Ensino de Ciências 8, 9, 10

Espírito Santo 84, 85, 86, 87, 88, 89, 93, 98

F

Fermentação 114, 115, 187, 188, 189, 191, 192

Fertilidade 170, 180

Floresta 101

G

Gestão de riscos 84, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 141, 145, 147, 148

I

Inovação 1, 2, 6, 29, 40, 55

Internacionalização 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 93, 94, 95, 96, 97, 98

K

Kombucha 187, 188, 189, 191, 192, 193

L

Lógica Fuzzy 70

M

Mapas cognitivos 68, 69, 70

Mudanças climáticas 101, 114

P

Peneiramento 28, 29, 30, 32, 39, 40

Perda de massa 41, 42, 43, 44, 46

Performance 28, 29, 181, 183, 184

Petróleo 41, 42, 55

Poliuretano 28, 29, 30, 31, 35, 36, 38, 39

Produção científica 84, 87, 95, 18

Produtividade 28, 29, 38, 39, 40, 170, 171, 172, 174, 175, 177, 178, 179

R

Redução de riscos 84, 85, 87, 88, 92, 98, 99

Robótica 19, 20, 21, 22, 23, 26, 61, 68

T

Telas 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 110

ENGENHARIAS:

DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS E PRODUTOS

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENGENHARIAS:

DESENVOLVIMENTO DE PROCESSOS E PRODUTOS

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br