

## II SPDE Seminário de Pesquisa e Desenvolvimento

*2º Encontro dos  
Institutos SENAI e do  
Centro de Inovação SESI*



#### Ficha Catalográfica

S471 Seminário de Pesquisa e Desenvolvimento (2. : 2024 : Rio de Janeiro)  
II SPDE Seminário de Pesquisa e Desenvolvimento : 2º encontro  
dos Institutos SENAI e do Centro de Inovação SESI / Firjan SENAI SESI. –  
Rio de Janeiro: [s.n], 2025.  
43 p. : il., color. – (Estudos e Pesquisas) (Anais eletrônicos)

Artigos resumo apresentados no II SPDE realizado em outubro de 2024

Inclui bibliografia

1. Desenvolvimento tecnológico. 2. Inovação tecnológica. 3. Indústria.  
4. Rio de Janeiro. I. Firjan SENAI. II. Firjan SESI. III. Título.

CDD 303.483



## Expediente

**Firjan – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro**

Presidente

**Luiz César Caetano**

1º Vice-Presidente Firjan

**Carlos Erane de Aguiar**

2º Vice-Presidente Firjan

**Henrique Antônio Nora Oliveira Lima Junior**

1º Vice-Presidente CIRJ

**Isadora Landau Remy**

2º Vice-Presidente CIRJ

**Antonio Carlos Vilela**

Diretora de Gestão de Pessoas, Diversidade e Produtividade

**Adriana Torres**

Diretor Executivo SESI SENAI

**Alexandre dos Reis**

Diretora de Compliance e Jurídico

**Gisela Pimenta Gadelha**

Diretora de Finanças e Serviços Corporativos

**Luciana Costa M. de Sá**

Diretor de Competitividade Industrial, Inovação e Comunicação Corporativa

**Maurício Fontenelle**

Diretor de Educação e Cultura

**Vinícius Cardoso**

## CONTEÚDO TÉCNICO

### GERÊNCIA REGIONAL DE PESQUISA E SERVIÇOS TECNOLÓGICOS

Gerente Regional de Pesquisa e Serviços Tecnológicos

**Carla Santos de Souza Giordano**

Equipe Técnica

**Gabriela Maria Amorim Padilha**

**Raquel Coelho Reis**

Apoio

**Andrea da Silva Alcantara**

**Bruna Sally de O. Fernandes**

**Bruno C. Affonso Gonçalves**

**Damian Horacio Jose Gomez**

**Daniel de Salles e Silva**

**Denilson Gonçalves Rabello**

**Felipe Rosa da Silva**

**Marcio Santana da Rocha**

**Paulo Henrique da Silva Rodrigues**

**Paulo Roberto Furio**

**Tatiana de F. M. Dunshee de Abranches**

## PROJETO GRÁFICO

### GERÊNCIA-GERAL DE REPUTAÇÃO E COMUNICAÇÃO

Gerente Geral de Reputação e Comunicação

**Karla de Melo**

Gerente de Comunicação Corporativa e Eventos

**Amanda Zarife**

Gerente de Publicidade e Marca

**Fernanda Marino**

Coordenadora de Criação e Produção Audiovisual

**Danielle Pascoalino**

Coordenador de Gestão da Reputação e Inteligência de Dados

**Eduardo Baesso**

Equipe Técnica

**Ana Paula Bartolomeu**

**Margareth Moreira**

**MAI. 2025**

[www.firjan.com.br](http://www.firjan.com.br)

Av. Graça Aranha, 1  
Centro, Rio de Janeiro

# Sumário

<b>MENSAGEM DA GESTÃO</b> .....	<b>5</b>
<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>6</b>
<b>ARTIGOS-RESUMO: PESQUISAS E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DOS INSTITUTOS SENAI E DO CENTRO DE INOVAÇÃO SESI</b> .....	<b>7</b>
Aplicação de fatores de emissão para quantificação de dióxido de carbono: uma análise comparativa das metodologias globais .....	8
Estudo de viabilidade econômica: substituição do diesel fóssil pelo diesel verde .....	12
Método de análise para identificação das melhores características em emissões acústicas .....	18
Processos subcríticos para extração eficiente de resíduos sucroalcooleiros .....	22
A esquizofrenia e seus impactos sociais na população brasileira .....	26
Projeto SIG@S Maricas .....	29
Rota de maturidade circular do setor têxtil .....	32
Sistema de envelhecimento acelerado customizado .....	36
Sistema de medição de polaridade alternada para materiais isolantes.....	39

## Mensagem da Gestão

Em 2023, demos início ao **SPDE – Seminário de Pesquisa e Desenvolvimento** com o objetivo de destacar a importância da disseminação dos conhecimentos gerados por meio de projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, fortalecendo a colaboração e a inovação. Este primeiro encontro, que reuniu os Institutos SENAI e o Centro de Inovação SESI, representou um marco para nossas iniciativas, e desde o início tínhamos a ambição de torná-lo um evento anual.

No ano de 2024, realizamos a **segunda edição do SPDE**, trazendo avanços significativos em seu formato e reforçando o foco na estratégia de **integração de conhecimentos**. Buscamos alinhar as operações de pesquisa e desenvolvimento com a meta de proporcionar acesso a informações relevantes e fomentar a geração de novas ideias, projetos e competências.

O **II SPDE** contou com a participação ativa dos colaboradores e pesquisadores dos Institutos SENAI e do Centro de Inovação SESI. Por meio de apresentações internas, foram compartilhados os resultados de pesquisas e os serviços desenvolvidos e entregues ao longo de 2024. O evento também promoveu a troca de experiências e ideias entre diferentes áreas e equipes, fortalecendo o espírito de cooperação e aprendizado mútuo.

Um dos destaques do II SPDE foi a abordagem de **conhecimentos transversais**, essenciais para a excelência dos projetos. A **Gerência Jurídica Empresarial** contribuiu significativamente ao trazer como tema central a importância da **confidencialidade** nos projetos de pesquisa e desenvolvimento. Essa discussão ressaltou a relevância de proteger informações sensíveis, garantindo não apenas a segurança dos dados, mas também a competitividade e a sustentabilidade das iniciativas.

Além disso, o seminário reforçou nosso compromisso com a construção de uma **visão integrada**. Ao promover um ambiente propício para o compartilhamento de ideias, ampliamos a visão estratégica e a capacidade de identificar tendências, alavancando a competitividade das indústrias atendidas pelos Institutos SENAI e pelo Centro de Inovação SESI.

Encerramos a edição de 2024 com a certeza de que o SPDE não é apenas um evento, mas uma plataforma de valorização da ciência e da tecnologia, construída coletivamente. Seguimos confiantes de que as próximas edições continuarão a gerar impacto positivo, consolidando ainda mais nosso papel de indutores da inovação industrial no Brasil.

**Carla Giordano**

Gerente Regional de Pesquisa e Serviços Tecnológicos

## Apresentação

O **II Seminário de Pesquisa e Desenvolvimento (SPDE)** foi um encontro dos Institutos SENAI e do Centro de Inovação SESI e ocorreu em outubro, mês em que ocorrem diversas iniciativas no país em consonância com a Semana Nacional de Ciência e Tecnologia e o Dia da Inovação.

O evento foi uma continuidade da iniciativa do NIT para integração do conhecimento da operação da pesquisa e desenvolvimento e disseminação dos resultados dos projetos e pesquisas dos Institutos SENAI e do Centro de Inovação SESI.

Em sua segunda edição, contou com a participação ativa dos Institutos SENAI de Inovação (ISI), dos Institutos SENAI de Tecnologia (IST) e do Centro de Inovação SESI (CIS). O seminário contou com apresentações de 14 artigos-resumo, sendo 5 do ISI Química verde, 4 do IST Química e Meio Ambiente, 2 do ISI Inspeção e Integridade, 1 do ISI Sistemas Virtuais de Produção, 1 do Centro de Inovação SESI em Saúde Ocupacional (CIS-SO) e 1 do IST Solda em parceria com o IST Química e Meio Ambiente e o IST Automação Industrial. Considerando a confidencialidade das pesquisas apresentadas, esse anuário reúne 9 dos 14 artigos-resumos apresentados no seminário.



# ARTIGOS- RESUMO

*Pesquisas e desenvolvimento tecnológico dos Institutos SENAI e do Centro de Inovação SESI*



# Aplicação de fatores de emissão para quantificação de dióxido de carbono: uma análise comparativa das metodologias globais

Bruno Freitas Souza Placido<sup>1</sup>, Matheus Marins Dacri<sup>2</sup>, Larissa e Silva de Albuquerque<sup>3</sup>, Giselle de Souza da Fonseca<sup>4</sup>, Nicole Carolina Araujo de Almeida<sup>5</sup>, Eduardo Jose de Freitas Rodrigues<sup>6</sup>

## Resumo

O efeito estufa, intensificado pelos gases de efeito estufa (GEEs), contribui diretamente para as mudanças climáticas. Dessa forma, adotar medidas de mitigação, como a redução das emissões de GEEs, são essenciais, e para isso é crucial compreender o perfil das emissões e utilizar fatores de emissão (FEs) adequados. Este estudo analisou FEs de CO<sub>2</sub> de diversas metodologias e países, incluindo o IPCC, EPA, DEFRA, ADEME e o Programa Brasileiro GHG Protocol. Os resultados mostram variações significativas nos FEs entre os países devido a diferenças na matriz energética e na composição dos combustíveis. O Brasil, com alta proporção de energia renovável, apresenta FEs mais baixos para eletricidade, enquanto países como China e EUA, com maior dependência de combustíveis fósseis, têm FEs mais altos. Essas variações ressaltam a importância de ajustar as metodologias de contabilidade de emissões para o contexto específico de cada região.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mudanças Climáticas. Fatores de Emissão. Gases do Efeito Estufa.

## Introdução

As mudanças climáticas são causadas por alterações na composição atmosférica global devido a atividades humanas (IPEA, 2016), e para enfrentá-las é essencial implementar medidas que reduzam as emissões de GEEs ou aumentem seus sumidouros (IPCC, 2014). Desse modo, compreender o perfil das emissões é crucial para estabelecer planos eficazes. As emissões industriais, predominantemente compostas por dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) e óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), são avaliadas através de inventários realizados por governos, prática que pode ser adaptada para indústrias e empreendimentos (Olanrewaju & Charles Mbohwa, 2017). Com o objetivo de contabilizar as emissões de GEE, foram criadas ferramentas de cálculo, destacando-se entre elas a desenvolvida pelo GHG Protocol. Este projeto pioneiro é amplamente reconhecido por sua transparência e robustez (GREEN, 2010). No entanto, existem outras ferramentas e referências que utilizam FEs ajustados para refletir melhor as condições regionais e setoriais específicas. As emissões são classificadas em três escopos: o Escopo 1, para emissões diretas de fontes controladas pela entidade; Escopo 2, para emissões indiretas associadas a eletricidade, calor ou vapor comprados; e Escopo 3, para todas as outras emissões indiretas da cadeia de valor (WBCSD e WRI, 2004).

Para o cálculo das emissões das categorias dos escopos, são utilizados os FEs, que consistem em valores representativos que têm o objetivo de relacionar a quantidade de combustível ou energia à emissão de GEE (EPA, 2016), sendo especificamente o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) analisado neste trabalho.

Os tiers do IPCC são níveis de complexidade metodológica, que podem variar em três categorias: Tier 1, 2 e 3, que padronizam os inventários de GEE, permitindo comparações internacionais. O Tier 1 utiliza métodos simplificados, com fatores padrões, o Tier 2 aplica métodos detalhados, com fatores regionais, e o Tier 3 emprega modelagem avançada e medições diretas. A análise dos FEs de diversos países, considerando suas condições específicas, aprimora a contabilização de GEE e facilita a formulação de estratégias de mitigação mais precisas (IPCC, 2006).

1 Analista de Serviços Tecnológicos III, IST Química e Meio Ambiente. bplacido@firjan.com.br.

2 Analista de Serviços Tecnológicos I, IST Química e Meio Ambiente. mdacri@firjan.com.br.

3 Analista de Serviços Tecnológicos I, IST Química e Meio Ambiente. lealbuquerque@firjan.com.br.

4 Estagiária Ensino Superior, IST Química e Meio Ambiente. gfonseca@firjan.com.br.

5 Analista de Serviços Tecnológicos I, IST Química e Meio Ambiente. ncalmeida@firjan.com.br.

6 Analista de Serviços Tecnológicos I, IST Química e Meio Ambiente. ejrodrigues@firjan.com.br.

## Desenvolvimento e resultados

### Metodologia

Para a presente análise, foram examinados os FEs de CO<sub>2</sub> provenientes de diversas bases de dados e metodologias de cálculo locais, regionais, nacionais e internacionais. A avaliação foi conduzida a partir de bases padronizadas para qualquer indústria no mundo para uma abordagem específica desenvolvida pelo país estudado. Dessa forma, a primeira referência analisada foi a do International Panel on Climate Change (IPCC). Além do IPCC, foram analisados os FEs desenvolvidos pela Agência de Proteção Ambiental (EPA, sigla em inglês) dos EUA, pelo DEFRA do Reino Unido, pela Agência de Transição Ecológica (ADEME, sigla em francês) da França, pelo Programa GHG Protocol, e sua versão desenvolvida para a realidade brasileira (Programa Brasileiro GHG protocol).

As bases de dados analisadas servem como referência metodológica para a elaboração de inventários nacionais de GEE tanto para os países de origem quanto para outros países que não possuem um *framework* específico. Neste estudo, foram considerados dados de várias instituições: no Brasil, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e o Ministério do Meio Ambiente (MMA); nos Estados Unidos, a EPA e os Arquivos Nacionais (National Archives); na China, o Ministério de Ecologia e Meio Ambiente, o Centro Nacional de Estratégia sobre Mudança Climática e Cooperação Internacional e o Hub Mundial de Finanças Sustentáveis de Hong Kong; em Singapura, a Agência Nacional do Meio Ambiente (NEA) e a Autoridade do Mercado de Energia (EMA); na França, a ADEME; e na Alemanha, a Agência Federal de Meio Ambiente (UBA).

A análise das referências permitiu avaliar a adequação dos FE para diversas categorias de emissão. No Escopo 1, foram considerados FE para combustão estacionária, incluindo fontes de gás natural, óleo combustível e, para combustão móvel, gasolina, óleo diesel, gás liquefeito de petróleo (GLP) e gás natural veicular (GNV). No Escopo 2, foram avaliados os FE para a compra de energia elétrica e vapor.

### Resultado e discussões

Os FEs variam conforme a composição de combustíveis e métodos regionais de cálculo. No Escopo 1, os valores de FE para óleo combustível são 3,0999 tCO<sub>2</sub>/tCombustível (EUA), 3,1064 tCO<sub>2</sub>/tCombustível (Brasil) e 3,1270 tCO<sub>2</sub>/tCombustível (IPCC), refletindo diferenças nas práticas de refino. Para gás natural, os FEs variam de 0,1810 tCO<sub>2</sub>/MWh (EUA) a 0,2338 tCO<sub>2</sub>/MWh (China), influenciados pela composição do gás. As fontes de combustão móveis apresentam variações significativas: gasolina (2,9811 tCO<sub>2</sub>/tCombustível no Brasil a 3,1475 tCO<sub>2</sub>/tCombustível na Alemanha), óleo diesel (2,21 tCO<sub>2</sub>/tCombustível na França a 3,1863 tCO<sub>2</sub>/tCombustível no IPCC), GLP (2,9846 tCO<sub>2</sub>/tCombustível no IPCC a 3,0783 tCO<sub>2</sub>/tCombustível na Alemanha) e GNV (1,8850 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> no IPCC a 1,999 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> no Brasil), variando conforme a pureza e o blend dos combustíveis.

No que diz respeito ao Escopo 2, os FEs relacionados à compra de energia elétrica são definidos pelas agências ambientais e pelos operadores do sistema elétrico, geralmente abrangendo apenas o CO<sub>2</sub>. Nos EUA, são fornecidos FEs para metano (CH<sub>4</sub>) e N<sub>2</sub>O. Já na Alemanha e na França é apresentado um fator único expresso em dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e), que já inclui as emissões de metano e óxidos nitrosos convertidos para CO<sub>2</sub>e, de acordo com seu respectivo Potencial de Aquecimento Global (GWP).

O FE do Brasil é o mais baixo entre os países analisados, a 0,0385 tCO<sub>2</sub>/MWh, devido à alta participação de fontes renováveis, especialmente energia hidrelétrica. Esse valor reflete a média das emissões do Sistema Interligado Nacional (SIN), e tende a diminuir com o aumento do incentivo de geração de energia renovável no país.

Nos EUA, a EPA disponibiliza FEs que consideram tanto a média nacional quanto fatores específicos para sub-regiões do *grid*. Esses FEs são significativamente mais altos do que os do Brasil, correspondendo a 0,3633 tCO<sub>2</sub>/MWh (EPA, 2021).

A China desenvolveu FEs específicos para cada província, além de fornecer o valor médio para o mix energético nacional (0,5703 tCO<sub>2</sub>/MWh), sendo o ano de 2022 o mais atualizado. Os FEs para energia elétrica na China são os mais altos entre os países avaliados, refletindo uma matriz energética que utiliza 64% de combustíveis fósseis, dos quais mais de 60,8% são derivados do carvão mineral (Low Carbon Power, 2024).

Singapura possui um FE de 0,4168 tCO<sub>2</sub>/MWh, refletindo sua matriz energética dominada por 92% de gás natural (EMA, 2024). O Ministro de Sustentabilidade e Meio Ambiente anunciou uma plataforma da Singapore Business Federation para centralizar fatores de emissão específicos, com lançamento previsto para o final de 2024.

A França possui um sistema estruturado que fornece FEs em tempo real para a geração de energia, com um FE consolidado de 0,0524 tCO<sub>2</sub>/MWh (2022). A ADEME mantém um sistema em nuvem com dados detalhados sobre emissões, incluindo perdas na transmissão e o ciclo de vida *upstream*. Além disso, a França é o único país que utiliza os valores atualizados de GWP dos gases de efeito estufa do 6º Relatório de Avaliação do IPCC.

Para a Alemanha, em 2023 o FE correspondente foi de 0,3880 tCO<sub>2</sub>/MWh, e o mix energético foi composto por 53% de fontes renováveis, além de 17,0% de lignito e 15,1% de gás natural, como combustíveis fósseis.

Para a compra de vapor, DEFRA e EPA fornecem valores padrão baseados em premissas específicas: DEFRA usa a média do mix de combustíveis do Reino Unido, enquanto a EPA considera 100% de gás natural e 80% de eficiência na conversão para calor. É recomendado utilizar o fator de emissão específico do fornecedor de calor quando disponível. Entre os países avaliados, China, França, EUA e Alemanha são os únicos a oferecer um FE padrão para o mix médio na geração de vapor.

## Conclusão

Os FEs de CO<sub>2</sub> variam significativamente entre países, refletindo diferenças nas matrizes energéticas e nas práticas de combustão. O Brasil, com uma matriz predominantemente renovável, apresenta FEs mais baixos do que países que dependem de combustíveis fósseis, como China e EUA. Essas variações destacam a importância de usar FEs ajustados ao contexto regional para uma contabilização precisa das emissões. Adotar metodologias específicas e regionais permite uma avaliação mais precisa do impacto ambiental e o desenvolvimento de estratégias de mitigação mais eficazes. Assim, políticas de contabilização de emissões devem ser adaptadas às condições locais e atualizadas regularmente para avançar na mitigação das mudanças climáticas.

## Referências

Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Adler, A., Baum, I., Brunner, S., Eickemeier, P., Kriemann, B., Savolainen, J., Schlömer, S., von Stechow, C., Zwickel, T., & Minx, J.C. (eds.). **IPCC, 2014: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

EMA | **SES Chapter 2: Energy Transformation**. <https://www.ema.gov.sg/resources/singapore-energy-statistics/chapter2>. Acesso em 22 de agosto de 2024.

GREEN, Jessica F. **"Private Standards in the Climate Regime: The Greenhouse Gas Protocol"**. Business and Politics, vol. 12, no 3, outubro de 2010, p. 1–37. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.2202/1469-3569.1318>.

IPEA. **"Mudanças climáticas e os desafios brasileiros para implementação da nova agenda urbana"**. Brasília: Repositório do Conhecimento do IPEA, 2016.

LowCarbonPower in the media. <https://lowcarbonpower.org/>. Acesso em 22 de agosto de 2024.

OLANREWAJU, Akanni; MBOHWA, Charles. **"Environmental Carbon Footprints, Chapter 1. The Need for Greenhouse Gas Analyses in Industrial Sectors"**. Butterworth-Heinemann: Johannesburg, South Africa, 2017.

US EPA, OAR. **Basic Information of Air Emissions Factors and Quantification**. 2 de setembro de 2016, <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/basic-information-air-emissions-factors-and-quantification>.

US EPA, OAR. **Power Profiler**. 23 de julho de 2021, <https://www.epa.gov/egrid/power-profiler>.

World Business Council for Sustainable Development e World Resources Institute. **The greenhouse gas protocol: a corporate accounting and reporting standard. Rev. ed.** World Business Council for Sustainable Development; World Resources Institute, 2004.

# Estudo de viabilidade econômica: substituição do diesel fóssil pelo diesel verde

João Augusto Muniz Videira<sup>7</sup>, Raquel Coelho Reis<sup>8</sup>, Ronney José Oliveira Santos<sup>9</sup>, Karollyne Gomes de Castro Monsores<sup>10</sup>, Bernard Melo Campos<sup>11</sup>, Nicolis Amaral de Araujo<sup>12</sup>

## Resumo

O diesel verde, derivado de fontes renováveis como óleo de soja, oferece uma alternativa sustentável ao diesel fóssil, especialmente no Brasil. Ao substituir o diesel fóssil pelo verde, é possível valorizar o mercado da soja e criar oportunidades para os produtores, enquanto potencialmente reduz os custos associados aos impactos ambientais. Essa pesquisa consiste em uma avaliação a respeito do uso do diesel verde em parte da cadeia produtiva de soja (plantação/colheita), para o estado do Mato Grosso em 2023, realizando uma comparação entre dois cenários, estabelecidos a partir da substituição do uso do diesel fóssil pelo diesel verde. A partir disso, será desenvolvida uma análise de custo-benefício dessa substituição, por meio da aplicação da valoração econômica ambiental. A finalidade é explicitar, em valores monetários, os benefícios e custos não contabilizados nos fluxos de caixa tradicionais das empresas do setor em questão.

**PALAVRAS-CHAVE:** Soja. Diesel Verde. Valoração Econômica Ambiental.

## Introdução

A produção de soja qualifica-se como umas das mais relevantes no país, sendo parte importante no produto interno bruto (PIB) nacional. O Mato Grosso configura-se como o principal estado de produção no Brasil, sendo um relevante *player* na economia nacional. Isso significa que qualquer tipo de iniciativa que venha a realizar, no que se refere aos modos de produção na agropecuária, assume relevância significativa, com possíveis reverberações sobre a sociedade. Um exemplo de iniciativa pode ocorrer a partir da alteração na matriz de consumo de combustíveis, visando tanto uma redução nos impactos ambientais quanto possíveis ganhos em termos econômico-financeiros. A substituição de combustíveis fósseis por outros renováveis e de menor impacto ambiental constitui-se como uma frente relevante para reduzir o impacto sobre o meio ambiente, ao mesmo tempo que possibilita a obtenção de benefícios financeiros. Uma possibilidade que se apresenta viável para a realização desses objetivos é a utilização de combustíveis como o diesel verde. Também conhecido como HVO (em inglês, *hydrotreated vegetable oil*), um combustível renovável com composição química análoga à do combustível fóssil (*drop in*), além de ser combustível neutro em CO<sub>2</sub><sup>13</sup>. Ao considerar as emissões associadas ao processamento, transporte e distribuição desse combustível, as emissões são cerca de 70% mais baixas que o diesel fóssil (CCBIONERGIA, 2020; MILANEZ, 2022).

Esta pesquisa propõe-se avaliar o uso do diesel verde na cadeia produtiva da soja, especificamente nas etapas de plantio e colheita, no estado do Mato Grosso, durante o ano de 2023. A análise compara dois cenários: um baseado na continuidade do uso do diesel fóssil e outro na substituição parcial por diesel verde. Para tal, será realizada uma análise de custo-benefício utilizando a metodologia de valoração econômica ambiental.

A valoração econômica ambiental compreende um conjunto de métodos destinados a mensurar e atribuir valores

7 Pesquisador Bolsista, Firjan SENAI – IST Q&MA. jamvideira@pesquisador.firjan.com.br.

8 Especialista em Gestão Tecnológica, Firjan SENAI. rcreis@firjan.com.br.

9 Analista Serviços Tecnológicos III, Firjan SENAI – IST Q&MA. rjsantos@firjan.com.br.

10 Analista Serviços Tecnológicos II, Firjan SENAI – IST Q&MA. kgomonsores@firjan.com.br.

11 Estagiário Nível Superior, Firjan SENAI – IST Q&MA. bcampos@firjan.com.br.

12 Pesquisadora QMS II, Firjan SENAI – ISI QV. niaraujo@firjan.com.br.

13 Obtém-se a neutralidade de carbono quando se emite a mesma quantidade de CO<sub>2</sub> na atmosfera que aquela que se retira por diferentes vias, o que deixa um balanço zero. Ou seja, reduzir onde é possível e balancear o restante das emissões por meio da compensação, que pode ser feita pela compra de créditos de carbono ou recuperação de florestas em áreas degradadas.

monetários aos custos e benefícios associados a recursos e empreendimentos ambientais. Essa abordagem visa integrar as dimensões econômica e ambiental, permitindo a internalização de custos sociais e ambientais frequentemente negligenciados nas decisões econômicas tradicionais (PORTUGAL JÚNIOR et al., 2017). Assim, essa metodologia proporciona uma base sólida para a tomada de decisões informadas por agentes públicos e privados, assegurando que os impactos ambientais sejam considerados na avaliação econômica dos projetos.

## Metodologia

Para a valoração econômica ambiental, foi aplicado o método de fluxo de caixa descontado (FCD) com uma projeção de dez anos (2024-2034)<sup>14</sup>. Elaborou-se um FCD para cada um dos cenários propostos, permitindo uma comparação detalhada dos resultados financeiros. Os indicadores utilizados na análise foram: valor presente líquido (VPL), taxa mínima de atratividade (TMA), taxa interna de retorno (TIR), payback simples, índice de lucratividade e viabilidade do projeto. Foi considerada uma TMA distinta: a taxa SELIC, fixada em 10,75% para março de 2024. Com base nesses parâmetros, foram delineados dois cenários principais:

- **Cenário 1 (usual):** Produção com utilização de diesel fóssil nas máquinas e equipamentos na fase de plantio e colheita da soja no estado de Mato Grosso.
- **Cenário 2 (projetado):** Produção com utilização de diesel verde nas máquinas e equipamentos nas mesmas fases da cadeia produtiva. Este cenário foi subdividido em três subcenários, cada um abordando uma externalidade específica, além de um cenário combinando todas as externalidades.

As premissas estabelecidas para o cálculo dos resultados da valoração econômica permitiram a estimativa dos principais parâmetros econômicos presentes nos fluxos de caixa. A seguir, são brevemente descritas as cinco premissas principais utilizadas:

- 1) Estimativa do CAPEX da produção de soja no estado do Mato Grosso.
- 2) Consideração de valores idênticos de CAPEX e consumo de combustíveis em litros para ambos os cenários, garantindo que as diferenças entre os cenários se limitem aos preços dos combustíveis e ao nível de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e poluentes.
- 3) Estimativa do impacto do ozônio troposférico sobre a produção de soja, diferenciando os efeitos entre os cenários. O ganho econômico resultante da substituição pelo diesel verde foi determinado pela diferença no impacto da produção entre os cenários.

## Resultados e discussões

A Tabela 1 apresenta os resultados da análise de FCD para os cenários com uso de diesel fóssil e diesel verde. O Cenário 2 foi dividido em duas situações: a primeira considera apenas o crédito de carbono<sup>15</sup>, enquanto a segunda inclui tanto o crédito de carbono quanto a redução no impacto do ozônio troposférico sobre o crescimento (saúde) das plantas de soja.

**Tabela 1:** Análise FCD utilizando TMA SELIC: 10,75%

Indicadores/ cenários	Cenário 1: Diesel Fóssil	Cenário 2: Diesel Verde – crédito de carbono	Cenário 3: Diesel Verde – crédito carbono e redução do impacto sobre ozônio
VPL	- R\$8.612.157.658	- R\$ 18.149.344.725	R\$ 5.097.369.911
TIR	-	9,41%	11,12%
Payback	Não existe	Não existe	9
Índice de lucratividade	1,30	1,55	1,55
Retorno x atratividade	Não tem	Projeto inviável	Projeto viável

Fonte: Elaboração própria

Com a SELIC como TMA, os VPLs dos Cenários 1 e 2 resultaram em valores negativos, indicando que as despesas superaram as receitas, tornando esses cenários inviáveis. Em contrapartida, o VPL positivo do Cenário 3 sugere viabilidade econômica quando se considera a externalidade da redução do impacto do ozônio. A diferença significativa entre o Cenário 3 e os outros evidencia a importância econômica da substituição de combustíveis, especialmente quando os benefícios ambientais são internalizados.

O Cenário 3, que utiliza diesel verde e considera as duas externalidades (redução de emissões de CO<sub>2</sub> e ozônio), apresentou a maior TIR e o menor tempo de payback, destacando-se como o cenário mais favorável. Este cenário não apenas demonstra viabilidade econômica, mas também oferece vantagens ambientais significativas, reforçando a relevância de estratégias sustentáveis na cadeia produtiva de soja.

## Conclusão

Esta pesquisa visou destacar os potenciais impactos ambientais e econômicos decorrentes da substituição do diesel fóssil pelo diesel verde na cadeia produtiva de soja no estado do Mato Grosso. O uso do diesel fóssil foi adotado como o cenário usual, enquanto o diesel verde foi avaliado como um cenário alternativo, no qual foram considerados dois efeitos principais: a mitigação das emissões de GEE e a redução das emissões de ozônio (O<sub>3</sub>). Através da aplicação de técnicas de valoração econômica combinadas com a análise de FCD, foi possível obter indicadores financeiros que demonstraram a viabilidade econômica de ambos os cenários.

Os resultados permitiram evidenciar as implicações econômicas das mudanças nas condições ambientais, especialmente no que diz respeito à qualidade do ar, avaliadas pelos efeitos mencionados. Embora esses impactos tenham sido expressos em termos monetários, é fundamental que não sejam tomados literalmente. Eles devem ser vistos como indicações da correlação entre as dimensões ambiental e econômica, destacando os potenciais impactos que essas externalidades podem gerar sobre as receitas na produção de soja.

15

O preço do crédito de carbono considerado foi obtido a partir de uma média de três preços (BARRALPARENTE, 2023; CORTES, 2024) que resultou no valor de R\$ 205,51.

## Referências

BACEN. **Taxa Selic. 2024.** Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/taxaselic>. Acesso em: 30 abr. 2024.

BARRALPARENTE. **Análise: o mercado de carbono brasileiro em 2023.** Disponível em: <https://barralparente.com.br/analise-o-mercado-de-carbono-brasileiro-em-2023/>. Acesso em: 5 abr. 2024.

BEZERRA, Ana Beatriz Fonseca; COSTA, Debora Andrade. **Análise da dispersão de ozônio em torno de refinarias: um estudo de caso.** 2012.

BIODIESEL. **HVO custa mais de R\$ 9 por litro.** 2021. Disponível em: <https://www.biodieselbr.com/noticias/biocombustivel/cana/hvo-custa-mais-de-r-9-por-litro-280721>.

CASTELHANO, Francisco Jablinski. **Ozônio troposférico e mudanças climáticas: evidências introdutórias em Curitiba/PR.** *Revista de Geografia-PPGEO-UFJF*, 2018, 8.2: 35-43.

CCBIONERGIA. **HVO – O diesel verde renovável.** 2020. Disponível em: <https://ccbioenergia.ufv.br/hvo-o-diesel-verde-renovavel/>. Acesso em: 8 abr. 2024.

CETESB. **Ozônio troposférico.** Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/solo/biomonitoramento/ozonio-troposferico/>. Acesso em: 12 abr. 2024.

CHBAGRO. **Máquinas e implementos recomendados para o plantio de soja.** Disponível em: <https://blog.chbagro.com.br/maquinas-e-implementos-recomendados-para-o-plantio-de-soja>. Acesso em: 9 abr. 2024.

CORTES, A. **Como funciona o mercado de créditos de carbono na prática?** Disponível em: <https://www.remissaonline.com.br/blog/como-funciona-o-mercado-de-creditos-de-carbono-na-pratica/>. Acesso em: 5 abr. 2024.

CUMMINS. **Comparando as reduções de emissões entre combustíveis alternativos.** 2022. Disponível em: <https://www.cummins.com/pt/news/2022/10/03/comparing-emission-reductions-across-alternative-fuels>.

CUMMINS. **Motor QSK95 Cummins comprovadamente compatível com diesel renovável.** 2022. Cummins Inc. Disponível em: <https://www.cummins.com/pt/news/releases/2022/09/20/cummins-qs95-engine-proven-fully-compatible-renewable-diesel>. Acesso em: 8 abr. 2024.

DONATTI, Rafaela Troian et al. **Comportamento dos preços e custos de armazenagem de soja no município de Sinop–Mato Grosso.** 2016.

DRUMM, Fernanda Caroline, et al. **Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores.** *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 2014, p. 66-78.

EMBRAPA. **Equipamentos - Processamento da soja - Portal Embrapa.** Embrapa.br. Disponível em <https://www.embrapa.br/soja/alimentacao/equipamentos>. Acesso em: 9 abr. 2024.

EPE - Empresa Pública Energética. **Nota técnica: análise de conjuntura dos biocombustíveis – ano 2022.** Agosto de 2023.

FONTES, Amanda Vilaça. **Processo de industrialização da soja no Brasil**. 2019.

FRITZEN, Gabriel. **Análise de viabilidade econômica para implantação de unidade de armazenagem em propriedade rural no Rio Grande do Sul**. 2020.

GASPAR, A. **A importância da qualidade do diesel para o desempenho do motor**. *Combuluz*. 2023. Disponível em: <https://www.combuluz.com.br/a-importancia-da-qualidade-do-diesel-para-o-desempenho-do-motor/>.

GDSOLAR-POWERING. **Veículos elétricos: o que é tão importante quanto a tecnologia?** 2021. Disponível em: <https://www.gdsolar.com.br/pt/insights/veiculos-eletricos-o-que-e-tao-importante-quanto-a-tecnologia/>. Acesso em: 29 abr. 2024.

HIRAKURI, Marcelo Hiroshi et al. **Análise de aspectos econômicos sobre a qualidade de grãos de soja no Brasil**. *Circular técnica*, v. 145, p. 1-22, 2018.

IMEA. **Agronegócio no Brasil e em Mato Grosso**. 2023.

INCRA. **Atlas do mercado de terras**. Novembro de 2023.

MARQUES, J. F.; COMUNE, A. E. **A teoria neoclássica e a valoração ambiental**. In: Romeiro, A. R.; Reydon, B. P.; Leonardi, M. L. A. *Economia do meio ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais*. Campinas: UNICAMP-IE, 1997. p. 21-42.

MATTOS, Elaine Cristina et al. **Estudo da identidade histológica de subprodutos de soja (*Glycine max L.*)**. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, v. 74, n. 2, p. 104-110, 2015.

MILANEZ, Artur Yabe, et al. **Biodiesel e diesel verde no Brasil: panorama recente e perspectivas**. 2022.

MONTOYA, Marco Antonio, et al. **Uma nota sobre consumo energético, emissões, renda e emprego na cadeia de soja no Brasil**. *Revista Brasileira de Economia*, 2019, 73: 345-369.

MOTTA, R. S. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. Rio de Janeiro: IPEA/MMA/PNUD/CNPq, 1998.

NEVES, Thais Juliane; HARDER, Marcia Nalesso Costa. **Diesel verde: a nova era dos biocombustíveis em uma revisão**. *Bioenergia em Revista: Diálogos*, 2021, 11.2.

OLIVEIRA, A.; OLIVEIRA, J.; Ribeiro, J. **Perdas na cadeia de fornecimento de grãos: causas e soluções**. *Sustentabilidade*, 2020, 12: 2342.

PERES, J.; HERMANSON, M. **Com Bolsonaro, preço das terras dobrou em capitais do agronegócio**. *Intercept Brasil*. Disponível em: <https://www.intercept.com.br/2023/02/01/preco-das-terras-do-agronegocio-em-mato-grosso-dobrou-com-bolsonaro/>. Acesso em: 30 abr. 2024.

PORTUGAL Júnior, P. S.; REYDON, B. P.; MAIA, A. G.; PORTUGAL, N. S.; Piurcosky, F. P. **Valoração econômica ambiental da água mineral: uma aplicação do método de imputação residual**. *Revista de Economia Mackenzie*, v. 14, n. 2, p. 55-78, 2017.

REIS, T. (2019, abril 9). **TMA: entenda o que é a taxa mínima de atratividade e como calculá-la.** *Suno*. Disponível em: <https://www.suno.com.br/artigos/taxa-minima-de-atratividade/>.

RODRIGUES, G. S.; MARTINS, R. A. **Efeitos potenciais do ozônio troposférico sobre as plantas cultivadas e o biomonitoramento ambiental.** 2001.

SICFLUX. **Como a poluição do ar pode afetar a produção de alimentos.** 2019. Disponível em: <https://sicflux.com.br/blog/como-a-poluicao-do-ar-pode-afetar-a-producao-de-alimentos/>. Acesso em: 26 abr. 2024.

SILVA, Fabrício Machado et al. **Rotas tecnológicas empregadas no aproveitamento de resíduos da indústria da soja.** *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v. 8, n. 1, p. 326-363, 2019.

SILVA, I. G.; COSTA, M. E. L.; BACARJI, A. G.; SILVA, J. L.; SILVA, S. L. C. **Valoração econômica ambiental: comparação de técnicas em uma unidade de conservação urbana,** Cuiabá, Mato Grosso. *Profiscientia*, n. 12, p.

# Método de análise para identificação das melhores características em emissões acústicas

Lucas Lisboa dos Santos<sup>16</sup>

## Resumo

Este estudo investiga a aplicação da emissão acústica (EA) para detecção e classificação de corrosão de dutos de aço-carbono, um desafio na manutenção das indústrias de petróleo e gás. A eficácia do monitoramento depende da extração de características adequadas do EA. O trabalho propõe um método de análise dessas características para determinar sua adequação no uso de classificadores de aprendizado de máquina. A metodologia inclui a análise exploratória dos dados, pré-processamento do sinal, aplicação de transformadas wavelets e cálculo de características temporais, estatísticas e espectrais. Os dados utilizados foram extraídos do Corrosion AE Dataset for Carbon Steel Pipeline, que classifica diferentes níveis de corrosão com base no tempo de exposição. As transformadas wavelets foram aplicadas para decompor o sinal em diferentes níveis, permitindo a extração de 62 características distintas. A análise de correlação entre as características mostrou variações significativas, indicando a complexidade na classificação da corrosão. Os resultados destacam a importância da escolha das características para o desenvolvimento de sistemas eficazes de monitoramento de saúde estrutural (SHM), contribuindo para a melhoria da manutenção preditiva em ambientes industriais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Manutenção Preditiva. Aprendizado de Máquina. Transformadas Wavelets. Características de Sinais.

18

## Introdução

A corrosão de dutos de aço-carbono resulta em falhas, sendo uma causa significativa de manutenção corretiva nas indústrias de petróleo e gás. O sinal de emissão acústica (EA) é uma técnica confiável para detecção e classificação de corrosão em sistemas modernos de SHM (MAY, 2021). A eficácia desse sistema depende principalmente de características adequadas extraídas do EA. Portanto, muitos métodos de extração de características e classificação foram desenvolvidos para detecção de corrosão e avaliação de sua gravidade. No entanto, a extração de características adequadas do EA e a classificação de diferentes níveis de corrosão com base nessas características ainda são desafios significativos. Este trabalho propõe um método para analisar as características do EA, de modo a visualizar quais delas seriam mais adequadas para uso com classificadores de aprendizado de máquina. O método proposto neste trabalho é executado em quatro etapas: análise exploratória dos dados, pré-processamento do sinal, transformadas wavelets e cálculo das características.

## Metodologia

### Conjunto de dados

O conjunto de dados utilizado neste trabalho é o Corrosion AE Dataset For Carbon Steel Pipeline, que foi desenvolvido e utilizado por MAY et al. (2021). O conjunto de dados é resultado da gravação da emissão acústica em um período de quase 80 horas, e estabelece três regiões: da 1ª até a 17ª hora representa pouca corrosão; da 17ª até a 24ª hora representa corrosão moderada; e a partir da 29ª hora representa alta corrosão.

### Pré-processamento dos dados

Nesta etapa foram utilizados dois processamentos: normalização dos sinais, ficando sempre em  $-1$  e  $1$ , e remoção do viés elétrico dos sinais brutos, processamento feito através da subtração da média, centralizando o sinal em torno de zero.

### Transformadas wavelets

A transformada wavelet é uma técnica matemática usada para decompor um sinal em componentes de diferentes escalas de tempo e frequência. O método de MAY et al. (2021) foi utilizado como base para a aplicação das transformadas wavelets no desenvolvimento deste trabalho. Nesse sentido, cada transformada wavelet gera dois sinais: aproximação e detalhe. O método foi implementado com a finalidade de decompor o sinal até um nível especificado. No contexto deste trabalho, o sinal foi decomposto até o quinto nível, resultando em 62 transformadas wavelets.

### Cálculo das características

Foram extraídas características de três grupos principais de um sinal: 7 temporais, 4 estatísticas e 4 espectrais, resultando em  $7 + 4 + 4 = 15$  características ao todo. É importante ressaltar que o limiar, utilizado no cálculo das características temporais, foi definido como um percentual da máxima amplitude (10%).

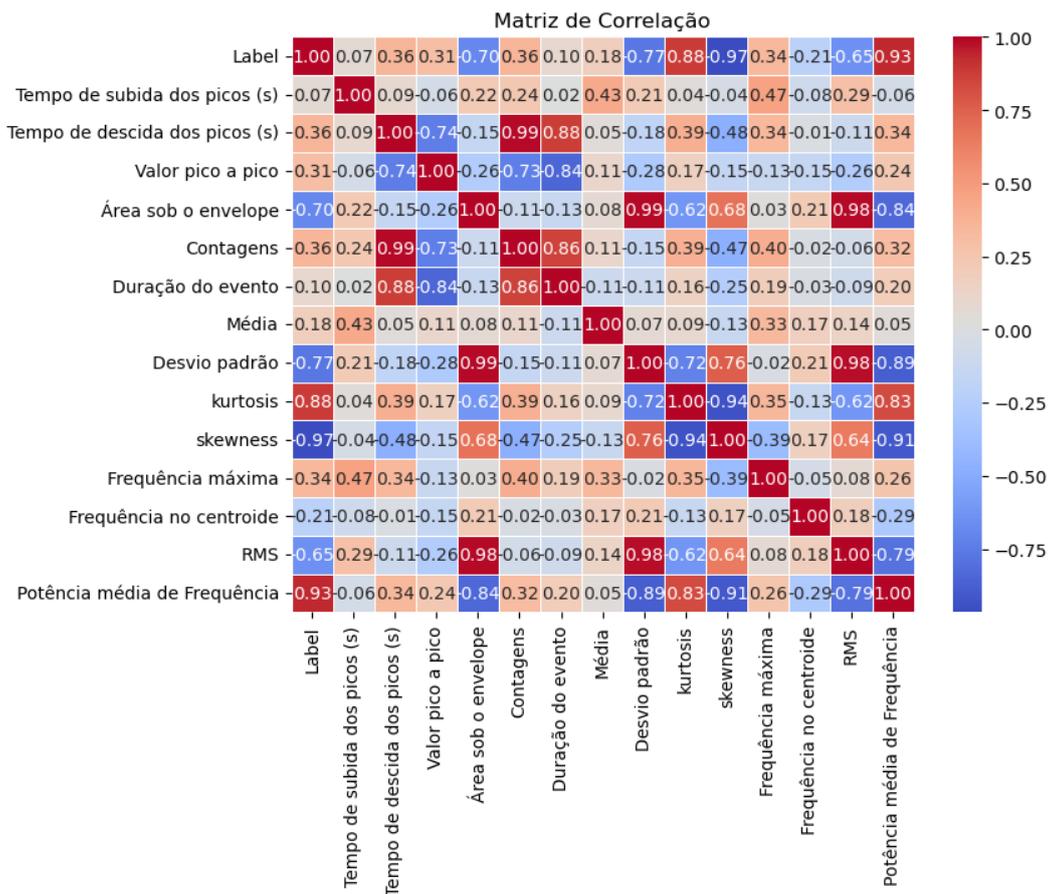
- Características temporais (JACQUES, 2009):
  - Tempo de subida do pico: tempo do limiar até atingir o pico.
  - Tempo de descida do pico: tempo do pico até atingir o limiar.
  - Pico a pico: subtração entre o maior e o menor pico.
  - Duração do sinal: tempo de subida + tempo de descida.
  - Envelope do sinal: área sobre a região do sinal.
  - Contagens: número de vezes que o sinal cruza o limiar.
- Características estatísticas (CHAN, 2021):
  - Média do sinal.
  - Desvio-padrão do sinal.
  - Curtose: medida que descreve a forma da distribuição de dados.
  - Skewness* (assimetria): medida que descreve a distribuição dos dados em torno da média.
- Características espectrais (STOICA, 2005):
  - Máxima frequência: maior valor do PSD (*Power Spectral Density*).
  - Frequência no centroide: representa o centro de massa das frequências de um sinal no domínio da frequência.
  - Root Mean Square Power Spectral Density* (RMS PSD): representa a densidade espectral de potência média de um sinal ao longo das diferentes frequências.
  - Potência média de frequência: representa a quantidade média de energia de um sinal em diferentes bandas de frequência.

## Resultados e discussões

### Análise da correlação das características

O coeficiente de correlação varia de -1 a 1, com o valor absoluto próximo de 1 indicando correção forte e o valor próximo de 0, fraca correlação. O coeficiente negativo indica uma correlação inversa (CHAN, 2021). Na Figura 1 podemos visualizar a matriz de correlação, com nela, e na definição de um limiar, por exemplo 0,7, teríamos nesse caso como características ideais para serem utilizados em algoritmos decisores de aprendizado de máquina: área sob o envelope (-0,7), desvio-padrão (-0,77), curtoses (0,88), *skewness* (-0,97), e potência média de frequência (0,93).

**Figura 1** - Matriz de correlação das características. Fonte: elaboração própria.



## Conclusão

Este estudo abordou a aplicação da EA como técnica para a detecção e classificação de corrosão de dutos de aço-carbono, um problema significativo nas indústrias de petróleo e gás. Ao propor um método que analisa as características do sinal de EA, a pesquisa visou identificar quais delas são mais adequadas para classificadores de aprendizado de máquina. Através de um método, que incluiu a análise exploratória dos dados, pré-processamento, transformadas *wavelets* e cálculo de diversas características, foi possível decompor o sinal em componentes úteis para a avaliação da corrosão. A análise de correlação das características extraídas demonstrou variações que indicam a complexidade do problema e a necessidade de uma seleção criteriosa para melhorar a precisão das predições. Assim, este estudo contribui para o desenvolvimento de abordagens mais eficazes na manutenção preditiva de aspectos de corrosão.

## Referências

CHAN, Stanley H. **Introduction to probability for data science**. Michigan Publishing, 2021.

JACQUES, Ricardo Callegari. **Avaliação de parâmetros de emissão acústica para monitoramento de risers flexíveis**. 2009.

MAY, Zazilah et al. **Acoustic emission corrosion feature extraction and severity prediction using hybrid wavelet packet transform and linear support vector classifier**. Plos One, v. 16, n. 12, p. e0261040, 2021.

MAY, Zazilah et al. **Corrosion AE Dataset for Carbon Steel Pipeline**. Disponível em: <https://github.com/alam0213/CorrosionAEDatasetForCarbonSteelPipeline>. 2021. Acesso em: 11/09/2024.

STOICA, Petre et al. **Spectral analysis of signals**. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2005.

# Processos subcríticos para extração eficiente de resíduos sucroalcooleiros

Giovanni Bressiani Pedroso<sup>17</sup>, Vinnicius Ferraco Brant<sup>18</sup>, Antonio Augusto Fidalgo Neto<sup>19</sup>

## Resumo

A extração eficiente de compostos ativos e/ou com possível valor agregado a partir de biomassas residuais e recalcitrantes é fundamental para tornar viável, financeiramente, a operação de indústrias que têm nessas matérias-primas seu insumo primário ou secundário. Para tanto, a tecnologia de extração em meio aquoso em condições sub e supercríticas tem destaque por seu desempenho de eficiência em conjunto com o viés de sustentabilidade. Aqui, uma demonstração do potencial de uso de processo em condição subcrítica foi desenvolvida com bagaço de cana-de-açúcar visando extração de açúcares residuais. O resultado é promissor diante da demanda da indústria de extração máxima dos açúcares presentes nesse material, apontando que a tecnologia pode ser pensada para essa finalidade no segmento sucroalcooleiro.

**PALAVRAS-CHAVE:** Extração Subcrítica. Bagaço. Cana-de-Açúcar. Inovação.

## Introdução

Dentro do esforço global de acréscimo de sustentabilidade dos processos industriais, em sinergia com os conceitos de biorrefinaria e de química analítica verde, a extração eficiente de compostos ativos e/ou com valor agregado a partir de biomassas residuais e recalcitrantes é fundamental para tornar viável, financeiramente, a operação de indústrias que têm nessas matérias-primas seu insumo primário ou secundário (Uwineza e Waskiewicz, 2024). As tecnologias que hoje mais se aproximam do conceito de processo sustentável estão relacionadas com a eliminação de resíduos, tempos de processo mais curtos e emprego de condições que tragam eficiência com custo moderado (Queiroz *et al.*, 2020). Aqui, a tecnologia de extração em meio aquoso, em condições sub e supercríticas, tem destaque ao operar tanto abaixo como dentro da condição supercrítica (374°C, 227 bar), em que a água atua como solvente capaz de acelerar reações. Ainda que uma otimização criteriosa seja mandatária ao longo de um projeto inovador como esse, a etapa inicial aqui apresentada é a triagem preliminar do potencial da aplicação. Uma demonstração do potencial de uso de processo em condição subcrítica foi desenvolvida com bagaço de cana-de-açúcar.

A extração dos açúcares contidos na cana-de-açúcar é feita majoritariamente por moagem, que consiste em processo extrativo por rolos (nomeados ternos). Esta etapa de moenda é usualmente constituída por quatro a sete ternos em série e deve extrair o caldo, como também produzir bagaço, no final do processo com um grau de umidade que permita sua utilização como combustível nas caldeiras (Rosillo-Calle *et al.*, 2008). Há controle rigoroso da relação caldo e fibra no processo, usa-se embebição ao longo dos ternos e chega-se a uma fração inicial de caldo de alta qualidade (usado na produção de açúcar) enquanto o restante é direcionado para a destilaria que produz etanol. A eficiência de extração de açúcares varia de 94,0 a 98,0%, com umidade em torno de 40 a 50%. A produção de bagaço é feita na escala de toneladas/min nas usinas sucroalcooleiras, sendo que entre 240-300 kg de bagaço é gerado a cada tonelada de cana-de-açúcar moída. Considerando que a produção brasileira foi de cerca de 678 milhões de toneladas na safra de 2023 /2024, segundo a CONAB (2023), tem-se aqui uma das biomassas mais relevantes e com maior demanda de exploração eficiente sob a ótica ambiental e econômica. Aqui, deseja-se gerar resultados de extração com uma biomassa que hoje ainda é subaproveitada diante da presença de teores residuais de açúcares. Assim, esta demonstração de viabilidade aponta para a oportunidade de avaliações em maiores escalas em condições reais de operação.

17 Pesquisador QMS IV, Instituto SENAI de Inovação em Química Verde, gbpedroso@firjan.com.br.

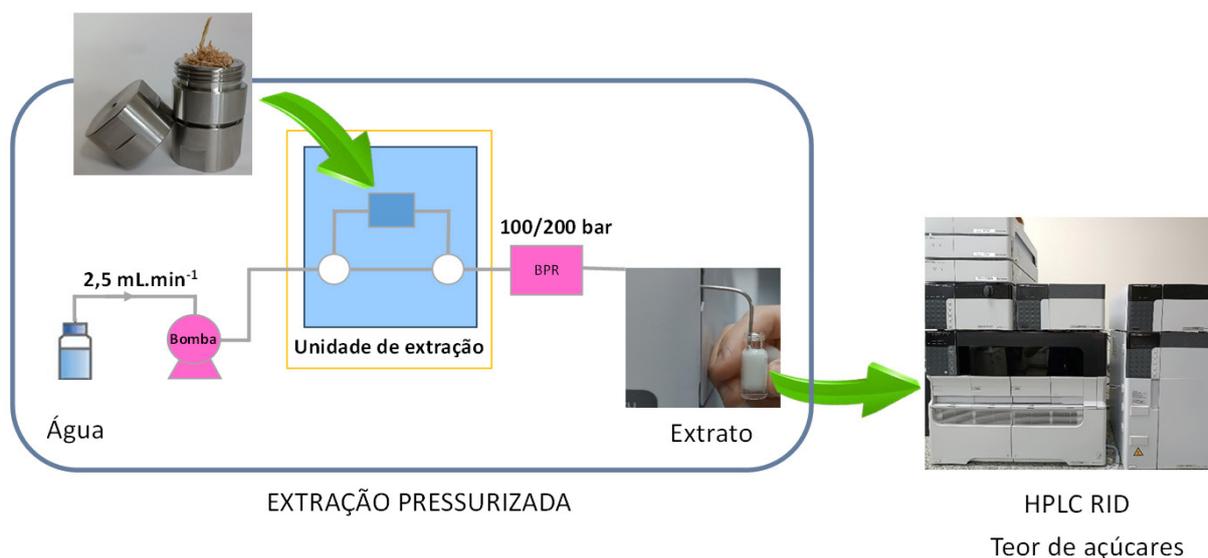
18 Pesquisador QMS IV, Instituto SENAI de Inovação em Química Verde, vbrant@firjan.com.br.

19 Coordenador, Instituto SENAI de Inovação em Química Verde, aaneto@firjan.com.br.

## Desenvolvimento e resultados

A diminuição do teor residual de açúcares no bagaço, com consequente aumento da eficiência de extração, é hoje um dos focos de melhoria do segmento sucroalcooleiro, tanto pelos volumes envolvidos e seu efeito sobre a margem de lucro da operação, como também pelo seu efeito sobre questões como logística de recebimento/processamento do material. A iniciativa deste trabalho consiste em propor o emprego de uma tecnologia já consolidada em segmentos de pesquisa e áreas químicas para que seu viés de sustentabilidade e eficiência se apliquem a esse importante contexto brasileiro. Inicialmente, é mandatório que se faça avaliação preliminar, de forma a entender o potencial da iniciativa, e o Instituto SENAI de Inovação em Química Verde tem expertise e estrutura para esse desenvolvimento. A Figura 1 ilustra a lógica de desenvolvimento e denota que a escala de operação é propositalmente miniaturizada tanto para que os custos e a quantidade de amostras sejam reduzidos, sem renunciar à confiabilidade dos resultados e seu efeito na lógica da indústria.

**Figura 1** - Diagrama geral para a extração do bagaço e posterior análise por HPLC RID.



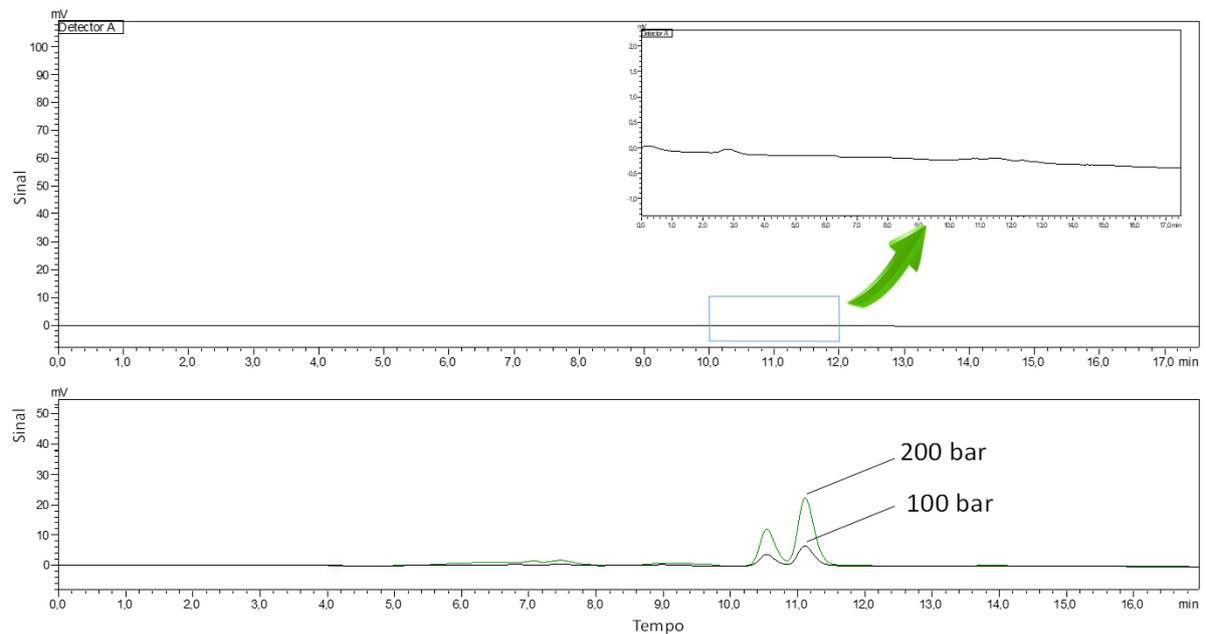
## Metodologia

O processo de extração foi conduzido, em batelada, empregando sistema automatizado de extração por fluido supercrítico. As amostras de bagaço de cana-de-açúcar (1000 mg) foram submetidas às pressões, constantes, de 100 e 200 bar, por tempo de residência de 3 min e vazão de água de 2,5 mL min<sup>-1</sup>, estando o reator a 60°C. Nesse processo, a água utilizada é ultrapura (obtida em sistema Purelab) e as amostras são usuais da indústria sucroalcooleira, típicas do processamento (i.e. moagem) para extração de açúcares. Experimentos foram executados em triplicata, e um experimento controle foi executado nas mesmas condições acima, mas sob pressão ambiente. As análises de açúcares presentes nas amostras foram feitas em sistema de cromatografia a líquido com detecção por índice de refração (HPLC-RID), utilizando estratégia de separação por exclusão iônica comum coluna HiPlex H<sup>+</sup> (300 x 7,8 mm, 8 µm) termostaticada a 80°C. Para a fase móvel, foi utilizada água ultrapura a uma vazão de 0,8 mL.min<sup>-1</sup>. A quantificação dos açúcares foi feita mediante estratégia de calibração externa utilizando padrão de sacarose, cujo sinal foi avaliado na faixa de concentração compreendida entre 0,1 e 5,0 g.L<sup>-1</sup>

## Resultados e Discussões

A aplicação de condições subcríticas de extração, com 100 e 200 bar de pressão em apenas 3 minutos de tempo de residência, gerou extrato analisado por HPLC-RID, conforme cromatogramas da Figura 2. Dentro da realidade do segmento sucroalcooleiro, cerca de 2-6% do total de açúcares presentes na cana-de-açúcar não é extraído pela sequência de ternos de moagem. Esse residual é subaproveitado uma vez que a biomassa segue para queima e geração de vapor, deixando de gerar valor agregado. Aqui, considerando um tempo de residência reduzido, os processos resultaram soluções aquosas contendo açúcares (i.e. sacarose) em concentrações médias de 0,48 e 1,02 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente com os processos a 100 e 200 bar.

**Figura 2** - Cromatograma relativo à análise de açúcares (ambos os sinais), por HPLC RID, da amostra controle (acima) e sob pressão (abaixo).



Tendo sido utilizada massa conhecida de biomassa inicial, e com base na comprovação de que o experimento em condições controle (i.e. sob pressão atmosférica) não gerou açúcares em solução, a recuperação foi de até 4,32 e 9,18%, respectivamente para os processos com 100 e 200 bar. Nesse estado de fluido supercrítico, a água proporciona condições reacionais ideais para solubilizar as moléculas de açúcares que ainda estão entre as fibras já moídas do bagaço, elevando, assim, o percentual final de extração que é possível ser feito na cana-de-açúcar. Ainda que maiores valores possam ser obtidos uma vez que seja feita otimização criteriosa do processo, a utilização de faixa de temperatura de 60 °C que é usual em linhas de caldeira no ambiente industrial, bem como a possibilidade de continuar direcionando o bagaço para a queima e geração de vapor, tornam esse resultado promissor para a indústria.

## Conclusão

As tecnologias que melhor se adequam à realidade e demanda da indústria são aquelas que aliam eficiência e custo, gerando resultados capazes de serem reproduzidos em escala real. Para isso, projetos de pesquisa precisam manter o foco no contexto da indústria desde suas etapas iniciais. Os resultados aqui apresentados denotam o potencial da extração em condições subcríticas e fazem parte do esforço SENAI de suporte para a indústria brasileira.

## Referências

CONAB. **Boletim - Cana-de-açúcar - 4º levantamento - 2023/24** - Tabela de dados - Produção de cana-de-açúcar e subprodutos. Brasília: Conab, 2023.

QUEIROZ, Alex; PEDROSO, Giovanni B.; KURIYAMA, Sergio Nn; FIDALGO-NETO, Antonio A. **Subcritical and supercritical water for chemical recycling of plastic waste**. Current opinion in green and sustainable chemistry, 25, 2020

ROSILLO-CALLE, Frank; BAJAY, Sergio V.; ROTHMAN, Harry. **Uso da Biomassa para Produção de Energia na Indústria Brasileira**. Campinas: editora da Unicamp, 2008.

UWINEZA, Pascaline A.; WASKIEWICZ, Agnieszka. **Recent Advances in Supercritical Fluid Extraction of Natural Bioactive Compounds from Natural Plant Materials**. Molecules, v. 25, n. 17, 2024.

## A esquizofrenia e seus impactos sociais na população brasileira

Isabelle de Sousa Velloso<sup>20</sup>, Caio Cadete<sup>21</sup>, Gabriel Mattos<sup>22</sup>, João Gesto<sup>23</sup>, Nicolis Amaral<sup>24</sup> e Leon Nascimento<sup>25</sup>,  
Antonio Augusto Fidalgo Neto<sup>26</sup>

### Resumo

A esquizofrenia é um transtorno mental grave que afeta cerca de 23 milhões de pessoas globalmente (OPAS/OMS), caracterizada por distorções no pensamento e percepção, como alucinações e delírios. Essas psicoses podem causar dificuldades significativas na vida cotidiana e no trabalho. Nesse contexto, este projeto visa destacar a importância do diagnóstico e da intervenção precoce para mitigar os efeitos da esquizofrenia. Tem como objetivo principal a avaliação dos impactos socioeconômicos associados à esquizofrenia no Brasil. Foi utilizada metodologia orientada a partir da captação de opinião pública e *big data*, tendo como ênfase o estudo observacional, descritivo e transversal dos dados disponibilizados no DataSus e DataPrev, utilizando o CID F20 e subtipos. Complementar à análise dos dados, foram realizados um levantamento bibliográfico e uma pesquisa de opinião sobre esquizofrenia pelo olhar do cuidador e do paciente. Como resultados preliminares, foi observado o impacto da esquizofrenia em diversos aspectos, como a quantidade de dias de trabalho perdidos e o afastamento de pessoas pelo Instituto Nacional do Seguro Social (INSS), além dos impactos sociais vivenciado por cuidadores e pacientes. Dessa forma, espera-se que o projeto estimule novas discussões sobre estratégias voltadas para a qualidade de vida e a integração social de pessoas com esquizofrenia, além de aprofundar a compreensão do transtorno, seus impactos e a implementação de abordagens de saúde eficientes para prevenção, diagnóstico, tratamento e reabilitação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Esquizofrenia. Paciente. Cuidador.

26

### Introdução

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), a esquizofrenia é a terceira causa de perda da qualidade de vida entre os 15 e 44 anos. São cerca de 1,6 milhões de brasileiros que, além do transtorno, sofrem com o estigma. A extensão da incapacidade pode variar desde dificuldades de percepção da realidade e comunicação até limitações significativas nas atividades diárias, como trabalhar e estudar (Organização Pan-Americana da Saúde - OPAS). O diagnóstico precoce e o tratamento imediato são cruciais para reduzir os danos sociais do transtorno. Nesse contexto, o projeto objetiva oferecer entendimento sobre os impactos e custos da esquizofrenia, além de explorar como esses pontos podem ser mitigados por meio de abordagens terapêuticas adequadas, abrangentes e coerentes. O estudo consiste na análise de *big data* de informações assistenciais, sociais, econômicas e epidemiológicas no Brasil, incluindo dados do Sistema Único de Saúde (SUS) e Instituto Nacional do Seguro Social (INSS), além de revisão da literatura e pesquisa de opinião para auxiliar na discussão de resultados. Atualmente, o projeto está na fase final da pesquisa de opinião, realizada em parceria com organizações sociais que se propõem a apoiar pacientes e familiares no manejo do transtorno, a fim de enriquecer a compreensão dessa condição e aprimorar estratégias de saúde para enfrentar essa condição.

20 Pesquisadora Bolsista. ISI Química Verde. isveloso@pesquisador.firjan.com.br.

21 Estagiário de Nível Superior. ISI Química Verde. ccadete@firjan.com.br.

22 Estagiário de Nível Superior. ISI Química Verde. gserra@firjan.com.br.

23 Pesquisador QMS III. Centro de Inovação SESI. jgesto@firjan.com.br.

24 Pesquisador(a) QMS III. ISI Química Verde. niaraujo@firjan.com.br.

25 Pesquisador QMS III. Centro de Inovação SESI. lednascimento@firjan.com.br.

26 Coordenador de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação. ISI Química Verde. aaneto@firjan.com.br.

## Resultados

Em linhas gerais, quanto aos resultados, podemos destacar números relevantes, tais como: 494.062 pacientes foram identificados (base Data SUS), dos quais 257.240, estão amparados pela seguridade social (base DataPrev) e destes, 186.616 estavam desempregados no momento da concessão do benefício. Também é possível mensurar que do total de pacientes, 25.429 são usuários de álcool ou drogas e 2.013 estão em situação de rua. Nesse contexto, avaliamos a relação dos dias de trabalho perdidos, ou seja, os dias não trabalhados devido ao transtorno, ponderando a soma total desses dias contabilizados até dezembro de 2023. A Tabela 1 ilustra esse resultado.

**Tabela 1:** Dias de trabalho Perdido e Valor empregado (até 2023)

Caráter do benefício	Dias de trabalho perdidos (F20 e subtipos)	Valor empregado
Temporário	9.456.523,75	R\$ 5.010.719.936,67
Permanente	1.078.045.576,25	R\$ 649.774.771.165,67
Total	1.087.502.100	R\$ 654.785.49.102,34

Fonte Bases do INSS - DataPrev

Cabe ressaltar que o indivíduo mais antigo nos dados em questão compreendeu o benefício iniciado em **1 de janeiro de 1972**, evidenciando, portanto, uma continuidade de recebimento até a data de corte, em dezembro de 2023, totalizando **13576,25** dias e **51** anos de recebimento do benefício. Em análise complementar, foram realizados levantamentos para avaliar os dias de trabalho perdidos no período de janeiro a dezembro de 2023, possibilitando identificar o valor anual aplicado em benefícios do INSS (Cid F20 e subtipos) como podemos observar na Tabela 2:

**Tabela 2:** Dias de trabalho perdidos e valor empregado (Jan/Dez 2023)

Caráter do benefício	Dias de trabalho perdidos (F20 e subtipos)	Valor empregado
Temporário	78.139.385,50	R\$ 15.118.299,47
Permanente	2.949.561	R\$ 374.496.292,30
Total	81.088.947,5	R\$ 389.614.591,77

Fonte Bases do INSS - DataPrev

Baseado nos dados obtidos, destaca-se que 63% dos beneficiários são Assistenciais/BPC-LOAS (Não Contributivos), enquanto 37% são Benefícios Previdenciários (Contributivos). Mais de 90% dos benefícios ativos para esquizofrenia são de caráter permanente ou prolongado. Além disso, conclui-se que 71% dos portadores de esquizofrenia estão desempregados, conforme declarado no registro do INSS. Em relação aos valores de diárias de trabalho perdidas, que representam os dias de afastamento da força de trabalho, foram somados os benefícios temporários e permanentes e multiplicados pelo valor da diária de Produto interno bruto (PIB) *per capita* (2023). Esse cálculo destina-se a converter os valores em uma métrica econômica comum, permitindo estimar o custo da perda de dias de trabalho em termos

de produtividade. Também foram considerados anos bissextos. A soma total desses valores resultou em R\$ 149.550 BI\* em diárias de trabalho perdidas devido a afastamentos da força de trabalho em benefícios permanentes. Para ajustar os dados e obter uma análise mais precisa e equilibrada, foi subtraída a mediana dos valores totais de benefícios, que é equivalente a R\$ 1.320, considerando o salário-mínimo de 2023. Além disso, foram levantados dados sobre sexo, raça/cor, situação de rua, uso de álcool e drogas, óbitos, internações, atendimentos e diárias hospitalares, tanto a nível nacional quanto por regiões e estados.

## Metodologia

Este estudo adota uma abordagem observacional, descritiva e transversal para analisar dados de sistemas como DataSus e INSS. A abordagem observacional registra dados sem intervenção direta, identificando padrões e características dos beneficiários. A abordagem descritiva examina a distribuição e a permanência dos benefícios para esquizofrenia e a situação de emprego dos portadores. A abordagem transversal analisa dados até dezembro de 2023, oferecendo uma visão atual. A utilização de *big data* identifica padrões nas redes hospitalares e previdenciárias e entende as interações entre serviços de saúde e seguridade social, compreende as seguintes etapas: Coleta de dados, Avaliação estatística, Engajamento social e Construção de Mapas Interativos, com conclusão prevista inicialmente em nove meses. A metodologia inclui revisão bibliográfica em bases como Portal CAPES e SCIELO, OMS/OPAS, além de pesquisa de opinião sobre esquizofrenia, considerando impactos econômicos como perda de produtividade e anos de vida perdidos.

## Discussões e conclusão

Os dados levantados no projeto e os preliminares da pesquisa de opinião esclarecerão o impacto da esquizofrenia sobre os pacientes, os cuidadores e a sociedade. Endossando os resultados obtidos, podemos destacar que um estudo realizado com familiares de pessoas com esquizofrenia apontou que o cuidador sofre sobrecargas físicas e emocionais, ocasionadas pelos desgastes provocados pelo comportamento de seus doentes, por terem que dedicar tempo e assumirem a tarefa de cuidar cotidianamente, uma vez que o transtorno esquizofrênico, além das limitações funcionais desencadeadas na vida da portador do transtorno (GIACON; GALERA, 2013). Contudo, destacamos que essas evidências ajudarão a desenvolver estratégias eficazes para prevenção, diagnóstico precoce, tratamento e reabilitação, visando reduzir a incidência de esquizofrenia e melhorar a qualidade de vida dos pacientes.

## Referências

CARVALHO, C. M. S. SOUSA, D. M. G. PINHO, R. I. A. FERNANDES, M. A. OLIVEIRA, A. D. S. (2018). **Vivências de familiares da pessoa com esquizofrenia**. *SMAD, Revista Eletrônica Saúde Mental Álcool E Drogas (Edição Em Português)*, 13(3), 125-131. <https://doi.org/10.11606/issn.1806-6976.v13i3p125-131>. Acesso em: 14 de agosto de 2024.

OPAS/OMS. **Transtornos Mentais**. Disponível em: Transtornos mentais - OPAS/OMS | Organização Pan-Americana da Saúde (paho.org). Acesso em: 13 de agosto de 2024.

VICTOR, N. OMS. **Dia Nacional da Pessoa com Esquizofrenia: cercada de tabus, doença tem tratamento no SUS**. Sistema oferta assistência integral e adequada possibilitando que a pessoa com o transtorno volte a ter qualidade de vida. 2021. Disponível em: Dia Nacional da Pessoa com Esquizofrenia: cercada de tabus, doença tem tratamento no SUS — Ministério da Saúde (www.gov.br). Acesso em: 20 de agosto de 2024.

## Projeto SIG@S Maricás<sup>27</sup>

Thiago Leal Tavares<sup>28</sup>, Carolina Soares de Carvalho<sup>29</sup>, Guilherme Luiz Garcia Pereira<sup>30</sup>

### Resumo

O Sig@s Maricás é um projeto socioambiental executado pelo Instituto SENAI de Tecnologia Química e Meio Ambiente e viabilizado pelo edital Petrobras Socioambiental. O projeto busca suprir a lacuna existente no conhecimento científico sobre as Ilhas Maricás (RJ) através de três eixos de ações paralelas e integradas. São estes: levantamento da biodiversidade, fauna e flora, marinha e terrestre; levantamento das configurações paleogeológicas com o desenvolvimento de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) colaborativo; ações de educação ambiental, desenvolvimento humano e capacitações para a comunidade local. Até o momento, foram realizadas: três expedições, nas quais foram identificadas 45 espécies terrestres e 129 marinhas; uma campanha de coleta de resíduos; três palestras e uma mesa redonda; uma oficina para os órgãos ambientais do território; quatro exposições da coleção didática; coleta de sete fósseis e um curso presencial ministrado para a comunidade. Os dados gerados sobre as Ilhas Maricás e a articulação com órgãos ambientais serão de extrema importância para subsidiar ações e políticas públicas e deixar um legado socioambiental positivo para o município.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ilhas Maricás. Biodiversidade. Educação Ambiental. Projeto Socioambiental.

### Introdução

A costa do estado do Rio de Janeiro apresenta uma grande biodiversidade marinha, principalmente pelo fato de ser um ambiente de transição entre as ecorregiões Atlântico Sudoeste Tropical e Atlântico Sudoeste Temperado Quente. Todavia, os esforços referentes às pesquisas científicas ainda são insignificantes em muitas regiões, gerando uma grande lacuna no conhecimento sobre os ecossistemas costeiros, como no caso do arquipélago das ilhas Maricás, levando à ineficiência nas ações de conservação. As Ilhas Maricás fazem parte de um complexo de cinco Ilhas a 3 km da costa de Itaipuaçu, no município de Maricá (RJ).

Nesse contexto, o projeto Sig@s Maricás foi idealizado visando suprir a necessidade do conhecimento científico nas Ilhas Maricás. Concebido como um projeto socioambiental, ele se estrutura em três eixos essenciais: levantamento da biodiversidade, abrangendo flora e fauna marinha e terrestre; mapeamento das configurações paleogeológicas; e a implementação de ações de educação ambiental. Esses eixos foram estabelecidos para abordar a complexidade da tarefa e garantir uma abordagem integrada e eficaz.

Este projeto possui como objetivos: avaliar a biodiversidade das Ilhas Maricás; monitorar e quantificar os resíduos das ilhas Maricás; produzir a representação tridimensional do arquipélago; reconstruir o cenário paleoambiental do arquipélago, a partir das mudanças climáticas passadas; produzir mapas temáticos das áreas estudadas; realizar diagnóstico social das comunidades priorizadas; realizar acompanhamento para o desenvolvimento humano da população local, com foco no público prioritário do projeto; promover ações de sensibilização e educação ambiental no município; promover ações de capacitação voltadas para a ciência cidadã e turismo sustentável no município.

---

27 Equipe executora do IST Química e Meio Ambiente (membros e ex-membros): Bruna Farjun; Carolina Soares de Carvalho; Christiano Pinheiro da Silva; Carolina Monteiro dos Santos Assis; Edicarlos Pralon Silva; Estefane Cardinot Reis; Fábio Ferreira Dias; Guilherme Luiz Garcia Pereira; Nelson Antonio Pinho Santos; Raquel de Azeredo Muniz; Thiago Leal Tavares.  
28 Especialista Serviços Tecnológicos, IST Química e Meio Ambiente. ttavares@firjan.com.br.  
29 Analista Serviços Tecnológicos, IST Química e Meio Ambiente. carcarvalho@firjan.com.br.  
30 Pesquisador bolsista, IST Química e Meio Ambiente. glgpereira@pesquisador.firjan.com.br.

## Desenvolvimento e resultados

O projeto Sig@s Maricás iniciou as atividades em dezembro de 2023 e tem previsão de duração de 36 meses. Até o momento, do eixo ambiental, foram realizadas três expedições nas Ilhas Maricás, sendo duas focadas nos objetivos terrestres e uma na qual foram realizadas as metodologias relacionadas ao mergulho científico. As coordenadas referentes ao local de coleta das amostras biológicas ou de lixo e dos pontos de mergulho foram obtidas para a atualização do SIG colaborativo. Além disso, do eixo social, foram realizadas ações com a comunidade local e desenvolvimento de fortes parcerias no território.

## Metodologia

Para o levantamento da biodiversidade terrestre, foram percorridas as trilhas abertas na Ilha Principal e feitos registros fotográficos da fauna e flora e coleta de amostras vegetais. Para as espécies marinhas de peixes, invertebrados e macroalgas foi utilizada a busca ativa por meio do mergulho autônomo (SCUBA). Complementarmente, foram realizados Censos Visuais Subaquáticos (CVS) para peixes segundo Bertoncini et al. (2013) e registrados foto-quadrantes para análise dos bentos, segundo Fortunato et al. (2015). Foram feitos levantamentos bibliográficos para maior conhecimento das características dos recifes fósseis formados pelos tubos de vermetídeos, além dos pontos de ocorrência dos demais estudos para facilitar as buscas durante o trabalho de campo. Após essa etapa, foram feitos levantamentos na ilha maior do arquipélago nas fendas situadas acima do mar atual. Foram coletadas as coordenadas em cada local de coleta de amostras biológicas, ponto de avistamento de organismos ou de mergulho com auxílio de um GPS e com fotografias de drone georreferenciadas. No eixo social, foram realizadas entrevistas com lideranças comunitárias, com o objetivo de contribuir para o diagnóstico socioambiental. Além disso, foram promovidas palestras ambientais, exposições e um curso - este último atendendo a uma demanda dos órgãos ambientais da região, que buscavam informações detalhadas sobre as Ilhas Maricás.

## Resultados e discussões

O levantamento da biodiversidade, realizado até o momento, reportou um total de 174 espécies por meio da análise do registro fotográfico e das amostras coletadas, sendo 129 taxa marinhos e 45 terrestres. Desse total, 55 espécies de peixes, 54 invertebrados bentônicos, 19 macroalgas e uma espécie de tartaruga marinha foram registrados. Entre a fauna e a flora insulares, estão 19 vegetais terrestres, 23 aves, 2 mamíferos e 1 réptil terrestre. Muitas das espécies encontradas também foram registradas em outros ecossistemas com algum grau de degradação ambiental, como o MoNa Cagarras e os costões rochosos da cidade do Rio de Janeiro, que apresentam uma série de impactos ambientais, como a influência do emissário de Ipanema, e maior influência da baía de Guanabara. Entretanto, a ocorrência de espécies de importância econômica, como a Garoupa (*Epinephelus marginatus*), o Badejo-Mira (*Mycteroperca rubra*), ameaçadas de extinção, como: *Lytechinus variegatus*; *Paracentrotus gaimardi*, e espécies endêmicas (*Elacatinus figaro*) trazem luz ao potencial da região como *hot spot* da biodiversidade e a necessidade de preservação desses ecossistemas.

Ao todo, sete vestígios de fósseis foram encontrados. Um banco de conchas acima do atual nível do mar também ocorre na localidade, mas, diferentemente de outras evidências, não apresentam conchas articuladas em posição de vida. Alguns trabalhos na costa do Rio de Janeiro mostram o uso desses indicadores (Dias, 2009; Seguio e Martin 1985), representados aqui pela espécie *Petalococonchus varians*.

Foram realizadas entrevistas com três lideranças de comunidades de pescadores locais. Esse questionário procurou abordar questões específicas da comunidade e do setor pesqueiro nas Ilhas Maricás, proporcionando uma visão mais detalhada de práticas, desafios e necessidades dos pescadores que utilizam essa área de conservação.

Durante a execução do projeto, foram conduzidas três palestras e uma mesa redonda sobre as temáticas relacionadas à biodiversidade marinha e terrestre do arquipélago, impactos antrópicos e sua influência na fauna e na flora, aspectos paleoceanográficos das Ilhas Maricás e uso de recifes de vermetídios como bioindicadores de

níveis pretéritos do mar. Ainda foram apresentados os resultados preliminares do levantamento da biodiversidade e da elaboração do SIG. Além disso, foram realizadas quatro exposições abertas ao público no intuito de promover ações de sensibilização ambiental relacionada aos ecossistemas e organismos marinhos locais, educação ambiental voltadas para o conhecimento, valorização e conservação do ambiente marinho. As amostras expostas contam com 13 espécimes de organismos marinhos coletados durante as saídas com mergulho e fixados em álcool 70. O curso "Cultura Oceânica em Maricá" foi ministrado de forma presencial para a comunidade de Maricá e contou com 23 alunos. O conteúdo do curso foi dividido em três módulos de acordo com os eixos de atuação do projeto: Biologia Marinha, Geotecnologias e Desenvolvimento Humano.

Por fim, é importante destacar que a parceria com instituições locais tem sido essencial tanto para o avanço quanto para a divulgação do projeto. A colaboração com órgãos ambientais da região tem desempenhado um papel crucial, especialmente no fortalecimento e na viabilização das ações do projeto, facilitando o engajamento com a comunidade local.

### Conclusão

O projeto vem conseguindo atrair um público relevante em suas palestras, cursos e exposições. Esse engajamento será importante para construir um legado socioambiental positivo com as comunidades e suas lideranças. Ainda, os dados gerados aqui sobre a biogeodiversidade das Ilhas Maricás serão úteis para subsidiar ações e políticas públicas por parte dos órgãos ambientais. Dessa forma, a parceria com instituições públicas, como a Secretaria de Cidade Sustentável e o Refúgio da Vida Silvestre Maricá (REVIS), estão sendo fundamentais para o desenvolvimento de ações conjuntas e a construção de um futuro sustentável dentro do território.

### Referências

BERTONCINI, Á.; RANGEL, C.; CHAVES, L.; MENDONÇA-NETO, J.; MONTEIRO-NETO, C., 2013. **Peixes recifais do Monumento Natural das Ilhas Cagarras**. In: Moraes, F., Bertoncini, Á. e Aguiar, A. História, pesquisa e biodiversidade do Monumento Natural das Ilhas Cagarras. Museu Nacional (Série Livros; 48), 299 p.

FORTUNATO, Humberto Freitas de Medeiros. **Biodiversidade e dinâmica estrutural de assembleias de esponjas marinhas (Filo Porifera) da Ilha Grande e cercanias**, Rio de Janeiro, Brasil. 2015. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

DIAS Fábio Ferreira. 2009. **Variações do nível relativo do mar na planície costeira de Cabo Frio e Armação dos Búzios**, Rio de Janeiro: Reconstrução paleoambiental holocênica e cenários futuros. Unpublished PhD Thesis, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 163 p.

SUGUIO K e MARTIN L. 1985. **Classificação de costas e evolução geológica das planícies litorâneas quaternárias do sudeste e sul do Brasil**, in: ACIESP (Orgs.), Simpósio de Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira, Anais 1: 1-28.

## Rota de maturidade circular do setor têxtil<sup>31</sup>

João Augusto Muniz Videira<sup>32</sup>, Karollyne Gomes de Castro Monsorees<sup>33</sup>, Bernard Melo Campos<sup>34</sup>,  
Beatriz Barbosa Franco Ramos<sup>35</sup>

### Resumo

Este artigo apresenta o desenvolvimento de uma metodologia para avaliar a maturidade de empresas do setor têxtil e de confecção em relação à adoção de práticas de economia circular (EC). A metodologia proposta é baseada em um modelo de maturidade que permite identificar, classificar e hierarquizar as capacidades organizacionais das empresas, considerando aspectos como qualificação, criação de valor, performance sustentável e campos de atuação em EC. Por meio de um questionário estruturado e de um sistema de pontuação, foi possível posicionar as empresas em níveis específicos de maturidade circular, variando de Inativo a Proativo. Os resultados fornecem uma base para a elaboração de planos de ação personalizados, que visam à melhoria contínua das práticas sustentáveis e ao alinhamento com as metas globais de preservação ambiental. A aplicação dessa metodologia tem o potencial de guiar as empresas na transição para um modelo de negócios mais circular e resiliente, contribuindo para o desenvolvimento sustentável do setor.

**PALAVRAS-CHAVE:** Economia Circular. Escala de Maturidade. Setor Têxtil.

### Introdução

32

Um modelo de maturidade é uma ferramenta estratégica que avalia e orienta as melhores práticas em termos de maturidade organizacional e capacidade de processo, por meio da análise sistemática de processos internos em relação a um tópico específico. Esse modelo descreve práticas eficientes e métodos comprovados para a condução dos negócios (ACERBI, 2021). No contexto da economia circular (EC), tais modelos são projetados para promover a melhoria contínua tanto dos aspectos primários, como operações, quanto dos aspectos secundários, como estratégias, relacionadas à circularidade (TAIVAL, 2020).

Modelos de maturidade estruturam caminhos evolutivos antecipados ou desejados de forma simplificada, assumindo que o desenvolvimento rumo a um desempenho maduro segue um trajeto previsível e favorável. Esse caminho baseia-se na característica de gradação, resultando em níveis hierárquicos e discretos que representam um sistema conceitual ordenado, permitindo a criação de modelos descritivos, prescritivos e comparativos (UHRENHOLT et al., 2022).

Ao aplicar esses modelos, as organizações podem identificar sua posição atual no processo evolutivo, o que é essencial para sustentar uma vantagem competitiva. Essa identificação é um determinante essencial para sustentar uma vantagem competitiva para empresas estabelecidas, que enfrentam o desafio de adotar uma perspectiva de capacidades cumulativas, reconhecendo a relevância contínua de seu sistema de negócios existente na transição para a economia circular (UHRENHOLT et al., 2022). Dado o crescente destaque da EC como solução sustentável, especialmente nos setores têxtil e de confecção, este artigo apresenta uma metodologia para a avaliação de maturidade focada nesses setores. A partir dessa avaliação, serão identificadas e hierarquizadas as principais fragilidades e oportunidades de cada empresa, permitindo a elaboração de planos de ação individualizados que visam à melhoria dos indicadores e à ampliação da adoção da economia circular.

---

31 Agradecimento ao SENAI Departamento Nacional (SENAI DN) pelo fomento financeiro.  
32 Pesquisador Bolsista, Firjan SENAI - IST Q&MA. jamvideira@pesquisador.firjan.com.br.  
33 Analista Serviços Tecnológicos II, Firjan SENAI - IST Q&MA. kgomonsorees@firjan.com.br.  
34 Estagiário Nível Superior, Firjan SENAI - IST Q&MA. bcampos@firjan.com.br.  
35 Analista Serviços Tecnológicos II, Firjan SENAI - IST Q&MA. bbramos@firjan.com.br.

## Metodologia

Para a construção desta escala de maturidade, foi desenvolvido um percurso metodológico avaliatório, pelo qual as respostas dos entrevistados foram analisadas de forma sistemática. Esse percurso permitiu a identificação dos elementos mais relevantes nas respostas, minimizando potenciais vieses interpretativos. O processo de análise das respostas é estruturado, mas flexível, garantindo que as informações sejam classificadas, ordenadas e mensuradas adequadamente, a fim de avaliar a capacidade das empresas em termos de EC e posicioná-las em algum ponto da escala de maturidade circular.

A estrutura do questionário foi alinhada ao percurso avaliativo, com perguntas organizadas em grupos e subgrupos (Figura 1), que orientam tanto o tema da questão quanto a coleta de informações para os indicadores<sup>36</sup> de cada subgrupo. Assim, as respostas são classificadas de acordo com os temas correspondentes, o que facilita a organização e a interpretação dos dados obtidos nas entrevistas. A metodologia adotada combina técnicas de análise estatística e de conteúdo, aplicadas por meio de um questionário estruturado<sup>37</sup>.

**Figura 1** - Fluxograma da estrutura básica da rota de maturidade circular.



## Resultados e discussões

Nesta seção, são apresentados os grupos e suas respectivas definições.

- 1) Qualificação:** Este grupo visa identificar a empresa participante da pesquisa, atribuindo maior importância à organização interna e à classificação dos respondentes nos grupos estabelecidos no arranjo metodológico. Inclui questões sobre as características básicas das empresas.
- 2) Criação de Valor:** Este grupo abrange dois elementos principais: geração e captura de valor. A geração de valor refere-se à transformação do que antes era percebido como desperdício em recursos valiosos, frequentemente associado às "estratégias R" (Repensar, Regenerar, Reduzir, Reutilizar e Recuperar). A captura de valor se refere à capacidade de quantificar os benefícios gerados por essas estratégias, seja pela operacionalização interna ou pela prontidão do mercado. Este grupo aborda iniciativas circulares que resultam em redução de custos ou aumento de receitas, superando os modelos tradicionais de economia linear.
- 3) Performance Sustentável:** Este grupo avalia o desempenho da empresa em termos de ações direcionadas à EC em três dimensões: ambiental, social (pessoas e habilidades) e econômica. Ele reflete o nível de organização e eficiência operacional, considerando tecnologias e processos que economizam recursos e energia, bem como a qualificação da mão de obra.
- 4) Campos de Atuação em EC (tecnologias e operações; produto e materiais; cadeia de produção e parcerias):** Este grupo trata dos procedimentos relacionados aos fluxos de recursos, materiais, produtos e resíduos, além das tecnologias associadas. Os atributos centrais incluem a administração de fluxos de materiais e energia (qualidade e quantidade) que entram e saem da empresa.

36 Os indicadores buscam expressar as atividades da empresa em níveis estratégicos e operacionais e em termos ambientais, sociais e econômicos (px: percentual de redução no consumo energético).

37 As respostas se dividem em qualitativas (fechadas: ordinais e nominais, e abertas) e quantitativas (fechadas e abertas).

Baseados nos grupos e subgrupos definidos, foram estabelecidos indicadores e critérios de avaliação. Esses elementos formam o percurso metodológico avaliatório que define a rota de maturidade das empresas.

Os níveis de maturidade em EC foram classificados em seis categorias: Nível 0 – Inativo; Nível 1 – Reativo; Nível 2 – Ativo; Nível 3 – Estabelecido; Nível 4 – Dirigido; Nível 5 – Proativo (TAIVAL, 2020). Essa classificação, embora detalhada, não é definitiva, pois reconhece que as empresas podem se situar entre níveis ou apresentar diferentes níveis em diferentes aspectos. No entanto, será feito um esforço para enquadrar as empresas nos níveis estabelecidos.

Para determinar a categoria de maturidade de cada empresa, foi elaborado um sistema de pontuação. Para cada resposta do questionário, uma pontuação associada aos critérios e indicadores pertinentes será atribuída. A soma total dos pontos indicará a posição da empresa na escala de maturidade. Embora o sistema não utilize fatores de ponderação relacionados ao porte das empresas, esse aspecto será considerado, sempre que relevante, nas análises. Assim, o sistema de pontuação (Equação 1) busca mitigar subjetividades e estabelecer um critério objetivo para determinar o nível de maturidade de cada empresa.

$$(1) \text{ Total de pontos} = (\text{SN} + \text{TNT} + \text{ERs} + \text{TRL} + \text{Int.percentual} + \text{outros})$$

Em que:

- SN = a empresa realiza ou não determinada ação: 1 ponto se realiza e 0 se não realiza;
- TNT = a empresa possui ou não processo/tecnologia: 1 ponto se tem e 0 se não tem;
- ERs = escala de ações em EC, com respectiva pontuação (redução (5); reúso (4); reparo (3); remanufatura (2); reciclagem (1); descarte);
- TRL = nível de maturidade tecnológica: TRL 1 a 3: 1 ponto, TRL 4 a 6: 2 pontos, TRL 7 a 9: 3 pontos;
- Int.percentual = intervalo de valores percentuais: 0 a 25%: 1 ponto; >25% a 50%: 2 pontos; >50% a 75: 3 pontos; >75% a 100%: 4 pontos.
- Outros<sup>38</sup>

34

## Conclusão

A metodologia proposta oferece um caminho estruturado para avaliar e aprimorar a maturidade das empresas em práticas de economia circular no setor têxtil. Espera-se que os planos de ação resultantes desse processo possam auxiliar as empresas a integrar de maneira eficaz os princípios de sustentabilidade em suas operações, contribuindo para o desenvolvimento de um setor mais circular e alinhado com as diretrizes globais de preservação ambiental.

## Referências

ACERBI, Federica et al. **Developing a qualitative maturity scale for circularity in manufacturing**. In: IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems. Cham: Springer International Publishing, p. 377-385, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 16290/2015: Sistemas espaciais - Definição dos níveis de maturidade da tecnologia (TRL) e de seus critérios de avaliação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

CNI. **Circular economy: opportunities and challenges for the brazilian industry**. 2018.

CNI. **Rota de Maturidade em Economia Circular**. Disponível em: <https://economicircular.cni.com.br/>. Acesso em: 12 jun. 2024.

COSTA, Ana Cristina Rodrigues da; ROCHA, Érico Rial Pinto da. **Panorama da cadeia produtiva têxtil e de confecções e a questão da inovação**. 2009.

---

38 Em determinadas questões, a pontuação funciona conforme a ordem de qualidade das opções de resposta, isto é, quanto melhor a resposta, maior a pontuação.

DEMASO, L. **The Four Levels of Circular Economy Maturity**. 2021. Disponível em: <https://speakingofsustainability.com/185/>. Acesso em: 16 maio. 2024.

ECYCLE, E. **Upcycling: o que é e como aderir à ideia**. 2023. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/upcycling/>. Acesso em: 24 maio. 2024.

GIL, R. **Upcycling e downcycling**. 2023. Diferentes formas de reciclagem. Disponível em: <https://recicla.pt/abc-da-reciclagem/upcycling-e-downcycling-diferentes-formas-de-reciclagem/>. Acesso em: 15 maio. 2024.

IDFACTORY. **How can traceability help the circular fashion?**. 2022. Disponível em: <https://theidfactory.com/blog/how-can-traceability-help-the-circular-fashion/>. Acesso em: 16 maio. 2024.

KELIN, J. **Cotton has a waste problem: This startup says it can solve it**. 2023. Disponível em: <https://www.greenbiz.com/article/cotton-has-waste-problem-startup-says-it-can-solve-it>. Acesso em: 28 maio. 2024.

LADENHEIM, A. **Clothes made of banana peels: How fruit waste can be turned into a sustainable cotton alternative**. 2023. Disponível em: <https://geneticliteracyproject.org/2024/01/23/clothes-made-of-banana-peels-how-fruit-waste-can-be-turned-into-a-sustainable-cotton-alternative/>. Acesso em: 28 maio. 2024.

MACARTHUR, Ellen. **A new textiles economy: redesigning fashion's future**. Ellen MacArthur Foundation, 2017. p. 1-150.

MCDONALD, A.; NICIOLI, T. **O que é "fast fashion" e quais são os seus problemas?** ([s.d.]). CNN Brasil. Recuperado 15 de maio de 2024, de <https://www.cnnbrasil.com.br/lifestyle/o-que-e-fast-fashion-e-quais-sao-os-seus-problemas/>

MONSORES, Karollyne Gomes de Castro; ARAÚJO, Nicolis Amaral de. **Diagnóstico nacional para economia circular cadeia do plástico**. Rio de Janeiro: SENAI-RJ, 2022.

NIINIMÄKI, Kirsi. **Fashion in a circular economy**. Springer International Publishing, 2017.

PROVIN, Ana Paula et al. **Circular economy for fashion industry: Use of waste from the food industry for the production of biotextiles**. Technological Forecasting and Social Change, 2021, 169: 120858.

SAHA, Krishnendu; DEY, Prasanta Kumar; PAPAGIANNAKI, Eleni. **Implementing circular economy in the textile and clothing industry**. In: Supply Chain Sustainability in Small and Medium Sized Enterprises. Routledge, 2022. p. 239-276.

TAIVAL. **Circular Maturity Model**. December 2020.

UHRENHOLT, Jonas Nygaard et al. **Maturity model as a driver for circular economy transformation**. Sustainability, v. 14, n. 12, p. 7483, 2022.

## Sistema de envelhecimento acelerado customizado

Rubens Lucian Correa<sup>39</sup>, Felipe Rebelo Lopes<sup>40</sup>

### Resumo

Dependendo do projeto, faz-se necessária a construção de ferramentas customizadas para cada tipo de aplicação. Em se tratando de envelhecimento acelerado, existem câmaras comerciais que fazem o teste de maneira padronizada, no entanto, fez-se necessário o teste em ambiente em contato com água salgada para simular a exposição em ambiente mais próximo do real e com exposição UV como principais formas de intemperismo. Com isso, foram realizados o projeto mecânico, com o intuito de se obter uma câmara de envelhecimento com o tamanho ideal e preciso para a quantidade de amostras, e o projeto eletrônico, para obtenção de dados do ambiente interno (umidade, temperatura e incidência UV) e para controle da temperatura, mantendo o clima dentro da faixa requerida pelo experimento. A disposição das lâmpadas UV e amostras baseia-se numa adaptação da norma ASTM G151-19.

**PALAVRAS-CHAVE:** Câmara de envelhecimento acelerado. Eletrônica. Envelhecimento UV. Modelagem.

### Introdução

Uma câmara de envelhecimento acelerado é responsável pela criação de um ambiente isolado, onde materiais podem ser envelhecidos de forma acelerada por estarem expostos ao intemperismo controlado. Este trabalho apresenta o projeto mecânico e eletrônico para concepção de uma câmara customizada de acordo com as necessidades do projeto que levaram à sua concepção. Vale ressaltar que não é qualquer tipo de material que pode compor as paredes da câmara, pois deve ser um material não reativo, não corrosivo e que resista ao intemperismo ocorrendo em seu interior. A disposição das amostras e das lâmpadas UV para o ensaio de intemperismo foram adaptadas a partir das normas ASTM G151-19 e ASTM 154-23, obedecendo aos espaçamentos entre as lâmpadas UV e à distância delas até as amostras para manter a incidência de no mínimo 70% (queda de 30% no máximo) do ponto de maior irradiância nas periferias do plano das amostras.

### Desenvolvimento e resultados

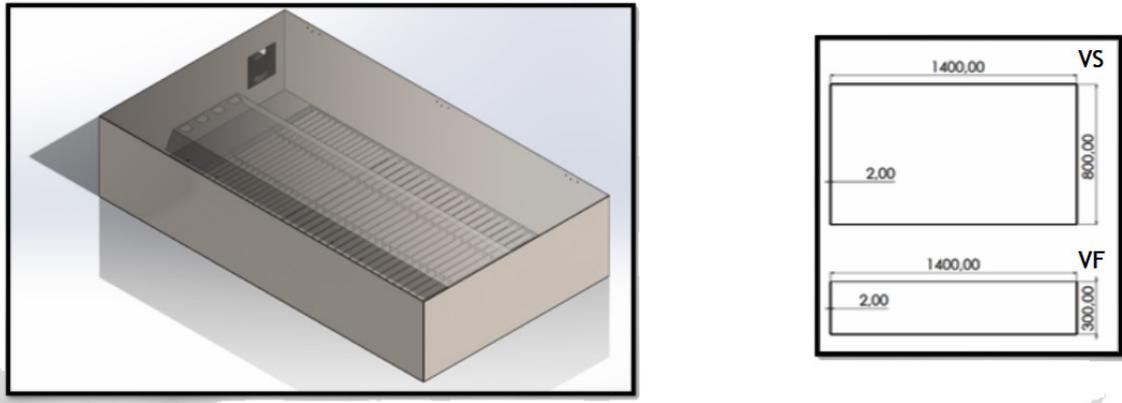
#### Projeto Mecânico

Essa câmara será utilizada para o envelhecimento acelerado de corpos de prova em contato direto com água salgada e expostos à radiação ultravioleta. A câmara foi projetada com porta de acesso para os corpos de prova por cima, com apenas 300 mm de altura. A Figura 1 mostra as dimensões da câmara que foi desenhada para realizar testes em aproximadamente 100 amostras ao mesmo tempo. Ela é composta de placas de aço inoxidável (AISI 316) com abertura pela parte superior para que as amostras sejam manipuladas a cada um instante de tempo pré-estabelecido no projeto.

Ainda na Figura 1, é possível visualizar um cooler responsável pelo controle da temperatura interna do sistema. No centro ficarão as amostras, dispostas dentro de uma bandeja gradeada não corrosiva, revestida com resina resistente à exposição UV, flutuando na água salgada.

39 Pesquisador Bolsista, ISI Inspeção e Integridade, rlc Correa@pesquisador.firjan.com.br.  
40 Pesquisador QMS II, ISI Inspeção e Integridade, frlopes@firjan.com.br.

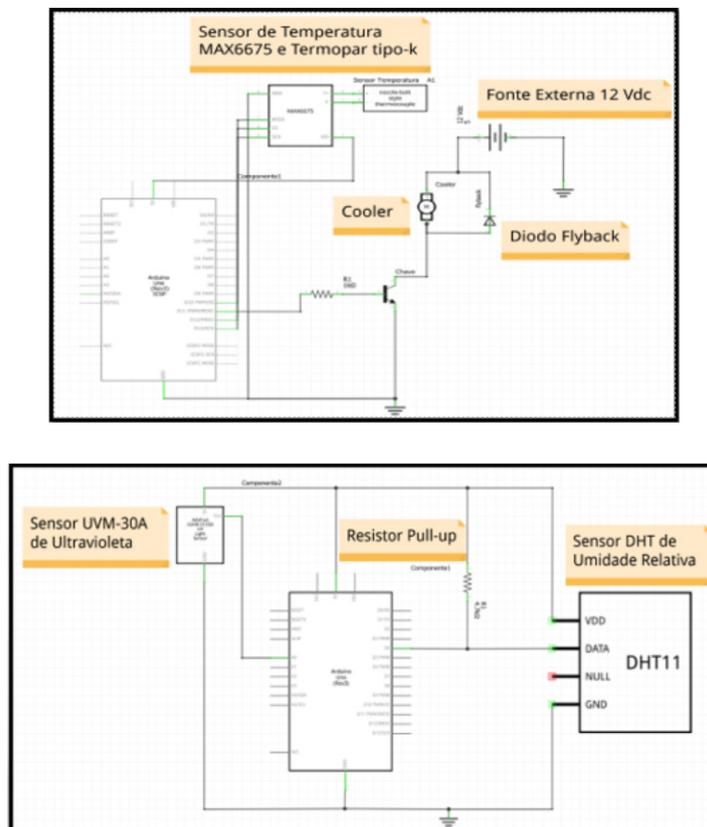
**Figura 1** - Vista isométrica da câmara, dimensões dadas em mm, em que VS = Vista Superior e VF = Vista Frontal.



### Projeto Eletrônico

O projeto eletrônico será responsável pelo controle do ambiente interno e pela coleta de dados durante o funcionamento da Câmara. A Figura 2 mostra os circuitos de controle do cooler, sensor de temperatura, sensor de UV e sensor de umidade. O circuito da esquerda possui sistema de proteção para a central de controle (Arduíno) utilizando um resistor de 1kΩ, e Diodo *Flyback* para proteção do transistor NPN agindo como chave para o cooler. O controle da temperatura é feito a partir dos valores lidos pelo sensor de temperatura MAX6675 com Termopar tipo-k, controlando por PWM a ventoinha, mantendo a temperatura na faixa ideal para o experimento. O circuito da direita serve para coleta de dados da incidência UV sobre as amostras de umidade relativa dentro da câmara.

**Figura 2** - Circuito eletrônico do controle do cooler a partir da temperatura e coleta de dados UV e umidade.



## Resultados e discussões

A maior parte do custo de produção dessa câmara customizada vem dos materiais dentro das normas de operação. Em média, o gasto ficou em torno de R\$ 13.500,00, em que aproximadamente 31% da despesa foi das lâmpadas UV340 obedecendo às normas de comprimento de onda para envelhecimento UV, 47% foram as chapas de aço inox (AISI 316) com 2 mm de espessura, 15% para os eletrônicos e 7% para consumos diversos. Em comparação, uma câmara comercial custa em torno de R\$ 80.000,00. A Tabela 1 faz a comparação das principais funcionalidades entre ambas as câmaras.

**Tabela 1:** Comparação das principais funcionalidades, em que comparam-se tamanhos de amostras 75x150mm como base da câmara comercial

Funcionalidade	Câmara comercial	Câmara customizada
Spray de água (efeito orvalho)	Sim	Não
Controle de temperatura	Sim	Sim
Controle de umidade	Sim	Não
Faixa UV	UVA 340 / UVB 313	UVA 340
Alimentação	380V (padrão industrial)	127V
Espaço para amostras	45 amostras 75x150 mm	23 amostras 75x150 mm

## Conclusão

A avaliação da integridade de polímeros utiliza-se de ensaios de envelhecimento por ultravioleta para entender a degradação desses materiais conforme o tempo de exposição à radiação solar. Neste trabalho foi necessário construir um tipo de câmara para ensaios que, além da radiação solar, também sofra com o contato com a salinidade da água. O esquema foi moldado de acordo com as necessidades e, apesar dos custos dos materiais, ainda possui um custo abaixo de câmaras comerciais. A principal diferença entre ambas se encontra no fato de que a câmara comercial possui spray para efeito orvalho sobre as amostras, algo que não foi necessário durante a concepção do projeto, mas que seria possível adicionar futuramente como uma atualização.

## Referências

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Practice for Exposing Nonmetallic Materials in Accelerated test Devices that Use Laboratory Light Sources**, ASTM G151-19, in *Annual Book of ASTM Standards*, Volume 14.04. DOI:10.1520/G0151-19, 2006

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard Practice for Operating Fluorescent Ultraviolet (UV) Lamp Apparatus for Exposure of Materials**, ASTM G154-23, in *Annual Book of ASTM Standards*, Volume 14.04. DOI:10.1

JÚNIOR, Valmir Nascimento. NOBREGA, Raphael Borges. SOUZA, Ronimack Trajano. ROCHA, Higor Costa. **Concepção de uma câmara de envelhecimento acelerado com uso do Arduino**. Fortaleza: Conex. Ci. E Tecnol., 2021. *Plastics – Methods of exposure to laboratory light sources*. ISO 4892-3:2016. ICS:83.080.01

# Sistema de medição de polaridade alternada para materiais isolantes

Rubens Lucian Correa<sup>41</sup>, Felipe Rebelo Lopes<sup>42</sup>

## Resumo

Diferentes tipos de ruídos, que são comuns em leituras de alta sensibilidade, afetam drasticamente a precisão das medições obtidas, como é o caso da medição de resistência elétrica de materiais isolantes, cujos valores de resistência são muito elevados, onde são aplicadas diversas técnicas para eliminar ao máximo possível esses ruídos nas leituras para conseguir valores mais confiáveis, pois, diferente de materiais menos resistentes, é complicado obter leituras fixas ou constantes a partir de 1 GΩ. Entre os ruídos que atrapalham as leituras, destacam-se interferências eletromagnéticas, acoplamento eletrostático, efeito tribo-elétrico, correntes residuais e *Background Currents*. Instrumentos para medir resistência precisam ser extremamente sensíveis para captar correntes na faixa de pico ou até mesmo femto Ampères, porém tal sensibilidade os deixa também extremamente susceptíveis a vários tipos de ruídos. Para conter esses ruídos, utiliza-se o método de Polaridade Alternada, o qual inverte a polaridade da tensão contínua sendo aplicada em ciclos de 15 em 15 segundos, assim como o uso de uma gaiola de Faraday para redução de tais ruídos para melhorar a qualidade das leituras, utilizando o instrumento Keithley 6517B para as medições de resistência de polímeros.

**PALAVRAS-CHAVE:** KEITHLEY 6517B. RESISTIVIDADE. POLIMEROS. BACKGROUND CURRENT.

## Introdução

Medição de resistência elétrica de materiais isolantes não é fundamentalmente diferente de condutores, a relação entre tensão e corrente não muda em ambos os casos, exceto por um parâmetro adicional, o tempo de eletrificação. Quando uma diferença de potencial é aplicada ao corpo de prova isolante, a corrente sobre este reduz assintoticamente em direção a um valor limite (por volta de 1% da corrente) observada ao final de 1 minuto, sendo este o tempo de eletrificação padronizado. Essa redução da corrente com o tempo é devido à absorção dielétrica e à movimentação de íons móveis para os pontos onde os conectores estão aplicando a tensão potencial ao corpo de prova.

Este tempo pode variar de acordo com material, sendo necessário um estudo mais aprofundado, analisando curvas de Resistência x Tempo e Condutância x Tempo do material para poder aferir o tempo correto de eletrificação mais próximo. O tempo convencional de eletrificação de um corpo isolante foi selecionado como 1 minuto pela norma ASTM D257 para servir como tempo padrão. O tempo para os materiais poliméricos, na literatura, tem sido o da norma de 60 segundos, como foi o caso em Batista et al. (2018).

Outra propriedade dos materiais isolantes são as *Background Currents*. Tensões de corrente contínua elevadas são necessárias para conseguir uma leitura de materiais isolantes, e, quanto maior essa tensão aplicada, mais fácil se torna essa leitura. Porém, aumentam as *Background Currents* gerando ruídos nas medidas. Isso se deve à própria natureza isolante do material. Materiais poliméricos exibem essas correntes devido a efeitos piezoelétricos, propriedades capacitivas devido à eletricidade estática e aos efeitos de polarização, assim como correntes residuais devido a tensões aplicadas anteriormente. Essas correntes conseguem ser iguais ou até maiores do que as correntes geradas pela tensão aplicada, causando leituras negativas e até mesmo leituras mais elevadas que o esperado. O objetivo deste artigo é demonstrar como podem ser reduzidos os ruídos na medição de resistência de materiais isolantes utilizando o método da polaridade alternada.

41 Pesquisador Bolsista, ISI Inspeção e Integridade, rlc Correa@pesquisador.firjan.com.br

42 Pesquisador QMS II, ISI Inspeção e Integridade, frlopes@firjan.com.br

## Desenvolvimento e resultados

### Metodologia

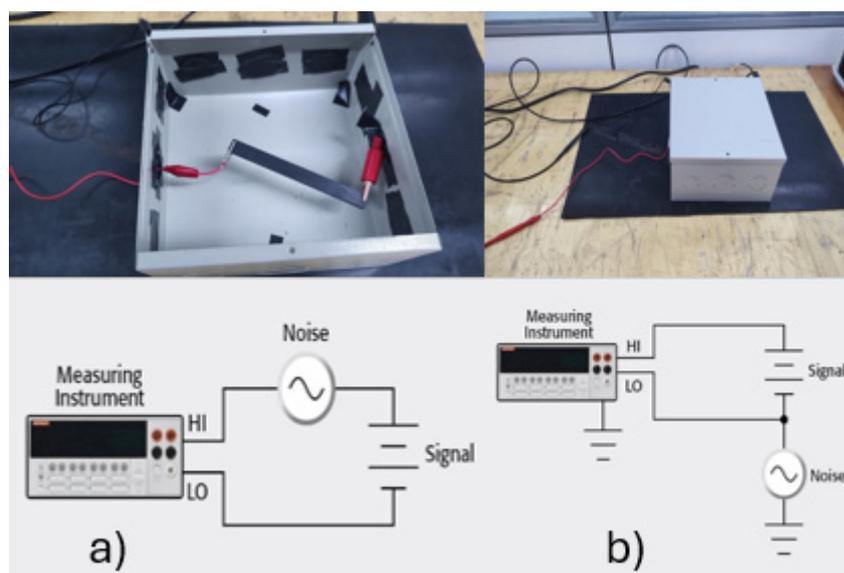
Fontes de corrente contínua são utilizadas para medição da resistência elétrica de materiais cujos valores encontram-se abaixo de 1 Giga ( $10^9$ )  $\Omega$ , calculando o valor da resistência através da queda de tensão medida. Para materiais isolantes com valores acima disso, comumente na faixa de Tera ( $10^{12}$ ) e Peta ( $10^{15}$ ), recomenda-se o uso de uma fonte de tensão e medir a corrente. Segundo a norma ASTM D257, utiliza-se, em média, 500 V para materiais de alta resistência. Além disso, a maioria dos voltímetros não possuem uma impedância alta o bastante para evitar impactar as medidas de resistência do material sob testes, então opta-se por medir corrente ao aplicar tensão contínua. Para medir a resistência (R), aplica-se uma diferença de potencial nos lados opostos da amostra, medindo a corrente resultante que passa pelo corpo de prova, aplicando a lei de Ohm, pois a tensão é conhecida e a corrente é medida. Sabendo as dimensões da amostra (área da secção transversal, A; comprimento L), é possível calcular a resistividade ( $\rho$ ) a partir da Equação 1 e, em seguida, calcular a condutividade ( $\sigma$ ), que é o inverso da resistividade, usando a Equação 2.

$$\rho = R \cdot \frac{A}{L} \text{ (Ohm.m)} \quad \text{Equação 1}$$

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \text{ (S/m)} \quad \text{Equação 2}$$

Para redução de ruído nas medições de resistência de isolantes, utiliza-se do método da Polaridade Alternada. Neste teste, é realizada a mudança de polaridade da tensão contínua para eliminar as chamadas *Background Currents*, reduzindo consideravelmente o ruído nas leituras. As Figuras 1 a) e b) ilustram como o instrumento Keithley 6517B enxerga os ruídos externos, antes de aplicar o método para reduzir ruídos internos do sistema.

**Figura 1** - a) Corpo de Prova de PEAD-Grafeno exposto a interferências externas e diagrama de sistema de medição. b) Corpo de prova dentro do sistema fechado da gaiola de Faraday.

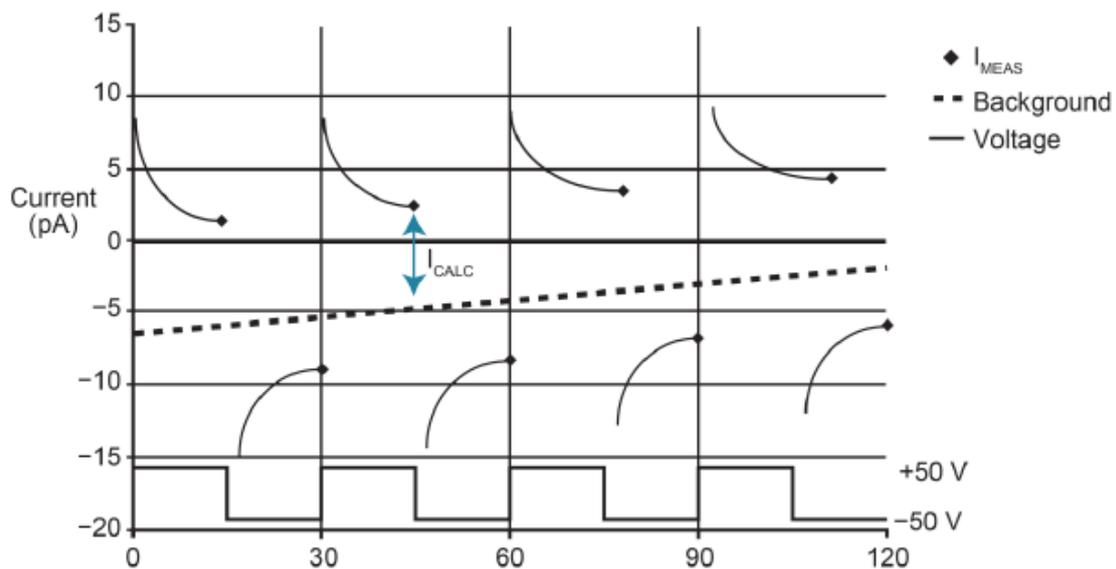


Mesmo assim, o sistema é passível de ruídos internos que tornam essas medidas sem acurácia. Esses ruídos, chamados *Background Currents*, possuem diversas origens, no entanto, todas elas têm em comum a mesma fonte: a natureza do material.

Para eliminar essas correntes, é preciso definir como o teste será executado. Em primeiro lugar, deve ser considerada a quantidade de descarte das medições. A partir do sétimo descarte da medida de resistência, a precisão do método aumenta drasticamente, de acordo com YANG et al. (2011) e *datasheet* do Keithley 6517B. Em segundo lugar, por definição, esse método de variar as polaridades da tensão aplicada funciona em ciclos de inversão, sendo 15 segundos o mínimo recomendado. Logo, a resistência é calculada a partir da primeira lei de Ohm, usando a média ponderada das correntes mais recentes de cada ciclo de polaridade, como mostra a Figura 2.

As amostras utilizadas para este ensaio são de base polimérica e em cada uma possui um aditivo que a torna condutiva, diferenciando-as por porcentagem aditivada.

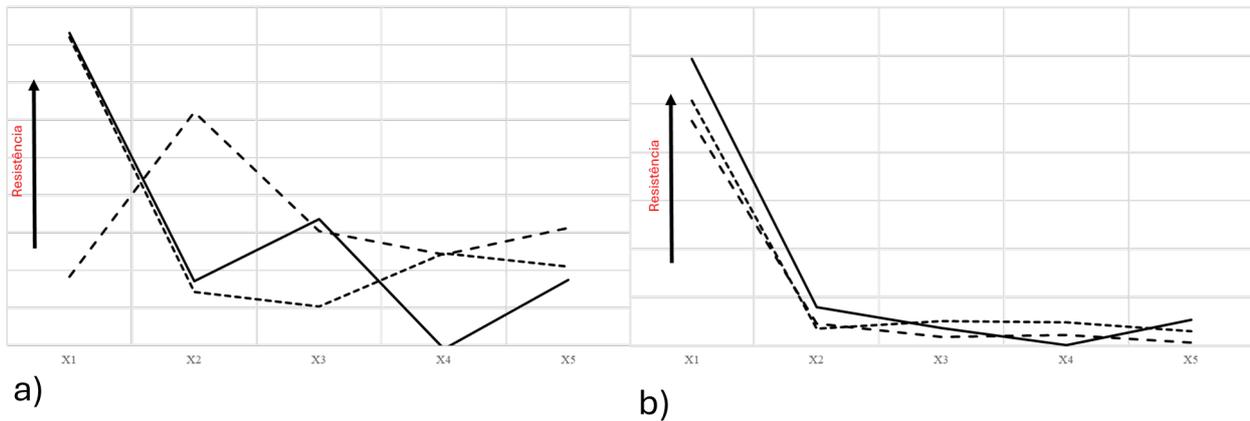
**Figura 2** - Gráfico ilustrativo da evolução da Corrente com o Tempo no método de Polaridade Alternada. Fonte: Manual Keithley 6517B.



## Resultados e discussões

A Figura 3 compara as medições realizadas em triplicata. Quanto mais à direita do gráfico, maior a quantidade de aditivo foi adicionada no material base, e quanto mais alto, maior a resistência elétrica medida. No gráfico da esquerda são medições realizadas com o método direto, enquanto na direita, são as mesmas amostras medidas com uma redução significativa de ruído ao cancelar as *Background Currents* utilizando o método de Polaridade Alternada. Nota-se uma suavidade maior nas curvas em comparação.

**Figura 3** - Comparação entre medidas a) sem *Background Currents* b) com *Background Currents*.



## Conclusão

Portanto, é possível inferir que o método de Polaridade Alternada é eficiente na redução de ruídos produzidos pelo próprio sistema, não sendo suficiente somente isolar o circuito, mas também as amostras. Isso acontece porque há geração de ruído internamente no sistema devido à natureza isolante dos materiais sendo medidos, sendo necessário um escudo para isolar o sistema. Esse é um dos métodos mais implementados para produzir medidas e resultados consistentes, já que, nessa faixa de resistência muito alta, consistência nas medidas é algo difícil de conseguir, diferente de materiais com menor resistência. Esse método consegue produzir resultados replicáveis com pouca variação.

42

## Referências

ASTM, D. 257. **Standard Test Methods for DC Resistance or Conductance of Insulating Materials**. American Society for Testing and Materials, 257-14, 2021.

BATISTA, Natassia & HELAL, Emna & S. Kurusu, Rafael & Moghimian, Nima & David, E. & Demarquette, N. & Hubert, Pascal. (2018). **Mass-produced graphene-HDPE nanocomposites: Thermal, rheological, electrical, and mechanical properties: Mass Produced Graphene - HDPE**. Polymer Engineering & Science. 59. 10.1002/pen.24981.

KEMPE, Michael & Miller, DAVID & Nobles, DYLAN & Sakurai, KEIICHIRO & Tucker, JOHN & Bokria, JAYESH & Shioda, TSUYOSHI & Nanjundiah, Kumar & Yoshihara, Toshio & Birchmier, Jeff & Zubillaga, Oihana & Wohlgemuth, John. (2015). **Development of a resistivity standard for polymeric materials used in photovoltaic modules**. 956302. 10.1117/12.2189662.

Yang, Zhenyu & Wang, Qian. (2011). **A simple approach to measure the surface resistivity of insulating materials**. IECON Proceedings (Industrial Electronics Conference). 10.1109/IECON.2011.6119630.

KEITHLEY INSTRUMENTS&PRODUCTS. **Keithley Electrometer 6517B**. Electrometer/high resistance meter Datasheet.

**Firjan SENAI**  
 **SESI**