



Tecnologias sustentáveis

André Luís Catto
Fernanda Cristina Wiebusch Sindelar
Rodrigo Spinelli
(Orgs.)

André Luís Catto
Fernanda Cristina Wiebusch Sindelar
Rodrigo Spinelli
(Orgs.)

Tecnologias sustentáveis

1ª edição



EDITORA
UNIVATES

Lajeado, 2023



Universidade do Vale do Taquari - Univates

Reitora: Profa. Ma. Evania Schneider

Vice-Reitora e Pró-Reitora de Ensino: Profa. Dra. Fernanda Storck Pinheiro

Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação: Prof. Dr. Carlos Cândido da Silva Cyrne



EDITORA
UNIVATES

Editora Univates

Coordenação: Prof. Dr. Carlos Cândido da Silva Cyrne

Editoração: Marlon Alceu Cristófoli

Capa: Imagem de rawpixel.com no Freepik

Avelino Talini, 171 – Bairro Universitário – Lajeado – RS, Brasil

Fone: (51) 3714-7024 / Fone: (51) 3714-7000, R.: 5984

editora@univates.br / <http://www.univates.br/editora>

T255

Tecnologias sustentáveis [recurso eletrônico] / André Luís Catto, Fernanda Cristina Wiebusch Sindelar, Rodrigo Spinelli (org.) – Lajeado : Editora Univates, 2023.

Disponível em: www.univates.br/editora-univates/publicacao/395
ISBN 978-65-86648-93-5

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Tecnologia. I. Catto, André Luís. II. Sindelar, Fernanda Cristina Wiebusch. III. Spinelli, Rodrigo. IV. Título.

CDU: 502.131.1

Catálogo na publicação (CIP) – Biblioteca Univates
Bibliotecária Monique Izoton – CRB 10/2638



As opiniões e os conceitos emitidos, bem como a exatidão, adequação e procedência das citações e referências, são de exclusiva responsabilidade dos autores e não refletem necessariamente a visão do Conselho Editorial da Editora Univates e da Univates.

APRESENTAÇÃO

O Programa de Pós-Graduação em Sistemas Ambientais Sustentáveis (PPGSAS - Univates), com o intuito de progredir com a construção de conhecimento capaz de contribuir com a sustentabilidade do planeta, lança seu quinto livro, que busca debater Tecnologias Sustentáveis a partir de uma visão interdisciplinar, disseminando e aplicando conhecimento científico, tecnológico e legal voltados à tecnologia e à gestão sustentáveis, subsidiando uma visão integrada das perspectivas socioambientais e econômicas na produção primária, indústria de transformação, serviços e setores públicos.

O livro “Tecnologias Sustentáveis”, traz a contribuição de 17 capítulos que versam sobre diferentes temas, como tecnologias para a eficiência produtiva, que abrangem o desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias e materiais mais sustentáveis e alinhados com a preservação do meio ambiente; tecnologias sociais, que abrangem estudos sobre problemas da sociedade, sustentabilidade nas indústrias e áreas da saúde, além de trabalhos na área de tutela ambiental, inovação social e educação ambiental; tecnologias baseadas na natureza, que abrangem estudos sobre técnicas de engenharia natural, restauração ambiental e controle biológico, além de outros tópicos alinhados à temática do livro, bem como trabalhos oriundos de dissertações, teses e materiais de disciplinas de pós-graduação.

Além disso, o livro serve de instrumento para transferência de conhecimento científico para a sociedade, apresentando estudos sobre os obstáculos e oportunidades na área de novas tecnologias sustentáveis.

Para isso, o livro está organizado em cinco seções:

- Tecnologias para a eficiência produtiva, com quatro capítulos;
- Tecnologias sociais, com sete capítulos;
- Tecnologias baseadas na natureza, com dois capítulos;
- Tópicos sugestivos, com três capítulos; e
- Materiais de disciplinas da pós-graduação, dissertações e teses, com dois capítulos.

Dentro da primeira seção, tecnologias para a eficiência produtiva, o capítulo “Avaliação das propriedades físicas, térmicas e mecânicas de filmes poliméricos de amido de milho reforçados com nanocristais de celulose” (de Letícia Angeli de Oliveira; Betina Hansen; Cleide Borsoi e André Luis Catto) faz uma avaliação da incorporação de nanocelulose à filmes biodegradáveis de amido de milho visando melhorar suas propriedades mecânicas e de permeabilidade ao vapor de água, para aplicação em embalagens alimentícias. O capítulo “Uniões de tubos manufaturadas por conformação eletromagnética” (de Martin Geier; Evandro Paese; Roberto Petry Homirich; Rodrigo Rossi; Simone Ramires; Mauro Fonseca Rodrigues; Pedro Rosa e Tiago dos Santos) aborda os principais parâmetros de controle na união de tubos por conformação eletromagnética, que é uma tecnologia inovadora e amigável ao meio ambiente que pode substituir com sucesso tecnologias de união convencionais baseadas em parafusos, adesivos estruturais, solda e brasagem. Já o capítulo “Qualidade de desodorantes naturais produzidos com diferentes óleos essenciais” (de Katiane Laís Marques; Thais Müller; Claudete Rempel e Mônica Jachetti Maciel) apresenta os principais aspectos envolvidos na produção de desodorantes com matéria-prima

sintética e com matéria-prima natural, realizando um comparativo entre ambos. O capítulo “Captura de CO₂ em materiais cimentícios produzidos com agregado reciclado de resíduos de construção” (de Pietra Moraes Borges; Eduardo Rigo; Edna Possan e Jairo José de Oliveira Andrade) busca esclarecer conceitos a respeito do tema e demonstrar a influência da substituição do agregado natural por agregado reciclado na fixação de carbono.

Na segunda seção, tecnologias sociais, o capítulo “A tutela ambiental municipal à luz do princípios da precaução e prevenção: estudo de caso da pequena central hidrelétrica Autódromo” (de Francisco Lúcio Salvagni; Claudete Rempel e Luciana Turatti) busca identificar os princípios de prevenção e precaução nas medidas adotadas pelos municípios de Guaporé e Vista Alegre do Prata, no âmbito das competências municipais, no processo de instalação da pequena central hidrelétrica (PCH) Autódromo. O capítulo “A saúde nos ODS 2030 e a sociedade do cansaço: uma re(leitura) em byung han” (de Sidinei Farias e Claudete Rempel) faz uma análise reflexiva do conceito de saúde a partir dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis-ODS 2030, que preconiza assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar em todas as idades. Paralelo a isto, são tecidas discussões norteadas pela obra: Sociedade do Cansaço do filósofo sul-coreano Byung Chul Han. Já o capítulo “Educação ambiental em bacias hidrográficas: análise sistemática nas bases de dados EBSCO, DOAJ e SCIELO” (de Mara Alini Meier e Jane Márcia Mazzarino) avalia artigos sobre educação ambiental relacionados às águas ou em bacias hidrográficas nos continentes americano e europeu, publicados em várias bases de dados, a fim de verificar práticas de educação ambiental voltadas às águas e/ou bacias hidrográficas. O capítulo “Avaliação da sustentabilidade das indústrias do setor de laticínios em âmbito de *Triple Bottom Line*” (de Alexandre André Feil, Érica Walter e Caroline Constantin do Amaral) analisa a sustentabilidade de pequenas e médias indústrias do setor de laticínios mediante um conjunto de indicadores abrangendo os aspectos da triple bottom line no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. No capítulo “Sustentabilidade de Indústrias de Bebidas: Revisão Sistemática da Literatura no Brasil” (de Alexandre André Feil e Caroline Constantin do Amaral) realiza-se uma revisão sistemática da literatura dos indicadores de sustentabilidade utilizados em indústrias de bebidas no Brasil, visando auxiliar as indústrias de bebidas no Brasil a melhorar a avaliação de sua sustentabilidade corporativa. O capítulo “Tasy e a gestão sustentável dos negócios de saúde”(de Luís Felipe Pissaia) faz uma reflexão sobre a potencialidade do software Tasy na sustentabilidade dos negócios da saúde. Por fim, o capítulo “A Universidade com ator-chave na construção do mercado agroecológico: uma análise sob a perspectiva da inovação social” (de Marlon Dalmoro; Fernanda Cristina Wiebusch Sindelar; Daniel Pedro Auler e Carlos Cândido da Silva Cyrne) busca analisar o papel da universidade na construção de espaços alternativos de comercialização de alimentos agroecológicos sob a perspectiva da inovação social, explorando o caso da construção da primeira feira agroecológica da região do Vale do Taquari no estado do Rio Grande do Sul.

Na terceira seção, tecnologias baseadas na natureza, o capítulo “Técnicas de engenharia natural para a estabilidade de taludes fluviais” (de Cleberton Diego Bianchini; Carla Roberta Orlandi; Marcos Vinicius Vizioli Klaus; Augusto Pretto Chemin; Amanda Janner Marques; Mathias Hofstatter e Elisete Maria de Freitas) apresenta técnicas de engenharia natural para uso em margens de rios, suas aplicações e orientações sobre a vegetação a ser utilizada, destacando oito técnicas e quinze espécies vegetais nativas do Rio Grande do Sul com aptidão para uso na estabilização e recuperação de taludes fluviais. Já o capítulo “Controle biológico por ácaros predadores para produção avícola” (de Guilherme Liberato da Silva, Aline Marjana Pavan; Juliana Granich, Wesley Borges Wurlitzer, Noeli Juarez Ferla, Matheus Alexandre Conrad, Maicon Toldi, Liana Johann, Tamara Bianca Horn) aborda o estudo e a utilização de ácaros predadores no controle de organismos nocivos com potencial de uso na avicultura.

Na quarta seção, de tópicos sugestivos, o capítulo “Governança e sustentabilidade: uma visão do ecossistema” Bacia do Rio dos Sinos (RS/Brasil)” (de Julio Cesar Dorneles da Silva; Luís Fernando da Silva Laroque; Marcos Paulo Dhein Griebeler) analisa a governança da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (BHRS), considerando os entraves existentes que impedem ou retardam avanços nos índices de qualidade das águas bem como de disponibilidade hídrica (quantidade de água). Já o capítulo “A revisão sistemática da literatura sobre a obsolescência programada de produtos eletroeletrônicos” (de Suely Marisco Gayer; Haide Maria Hupffer e Dusan Schreiber) aborda uma revisão da literatura científica em relação à obsolescência programada e o descarte de resíduos sólidos eletrônicos no âmbito da sustentabilidade.

Por fim, a quinta seção apresenta trabalhos desenvolvidos junto a disciplinas da pós-graduação, decorrentes de dissertações e teses. O capítulo “Compreensões e incompreensões sobre o termo sustentabilidade” (de Valtuir Soares Filho e Júlia Elisabete Barden) faz uma revisão bibliográfica sobre o tema, apresentando uma evolução do termo sustentabilidade e seus desdobramentos. Já o capítulo “Microagulhamento: da análise com microscopia eletrônica de varredura à geração de resíduos sólidos em saúde” (de Menahen Furini e Simone Stülp) avalia as particularidades no procedimento de microagulhamento realizado na área da saúde com equipamento tipo *roller* e com caneta elétrica quanto às microperfurações, verificando o volume de material gerado após a realização do procedimento com cada um dos equipamentos, com vistas ao posterior descarte desse material e seu impacto ao meio ambiente.

Desta forma, desejamos a todos uma boa leitura.

André Luís Catto

Fernanda Cristina Wiebusch Sindelar

Rodrigo Spinelli

SUMÁRIO

Tecnologias para a Eficiência Produtiva

AValiação DAS PROPRIEDADES FÍSICAS, TÉRMICAS E MECÂNICAS DE FILMES POLIMÉRICOS DE AMIDO DE MILHO REFORÇADOS COM NANOCRIStAIS DE CELULOSE 11

Letícia Angeli de Oliveira
Betina Hansen
Cleide Borsoi
André Luis Catto

UNIÕES DE TUBOS MANUFATURADAS POR CONFORMAÇÃO ELETROMAGNÉTICA.....25

Martin Geier
Evandro Paese
Roberto Petry Homirich
Rodrigo Rossi
Simone Ramires
Mauro Fonseca Rodrigues
Pedro Rosa
Tiago dos Santos

QUALIDADE DE DESODORANTES NATURAIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES ÓLEOS ESSENCIAIS ... 35

Katiane Laís Marques
Thais Müller
Claudete Rempel
Mônica Jachetti Maciel

CAPtURA DE CO₂ EM MATERIAIS CIMENTÍCIOS PRODUZIDOS COM AGREGADO RECICLADO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO.....46

Pietra Moraes Borges
Eduardo Rigo
Edna Possan
Jairo José de Oliveira Andrade

Tecnologias sociais

A TUTELA AMBIENTAL MUNICIPAL À LUZ DOS PRINCÍPIOS DA PRECAUÇÃO E PREVENÇÃO: ESTUDO DE CASO DA PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA AUTÓDROMO..... 59

Francisco Lúcio Salvagni
Claudete Rempel
Luciana Turatti

A SAÚDE NOS ODS 2030 E A SOCIEDADE DO CANSAÇO: UMA (RE) LEITURA EM BYUNG HAN.....73

Sidinei Farias
Claudete Rempel

EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS: ANÁLISE SISTEMÁTICA NAS BASES DE DADOS EBSCO, DOAJ E SCIELO77

Mara Alini Meier
Jane Marcia Mazzarino

Tecnologias aplicadas à gestão

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DAS INDÚSTRIAS DO SETOR DE LATICÍNIOS EM ÂMBITO DE TRIPLE BOTTOM LINE	89
<i>Alexandre André Feil</i>	
<i>Érica Walter</i>	
<i>Caroline Constantin do Amaral</i>	
SUSTENTABILIDADE EM INDUSTRIAS DE BEBIDAS: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA NO BRASIL	100
<i>Alexandre André Feil</i>	
<i>Caroline Constantin do Amaral</i>	
TASYE A GESTÃO SUSTENTÁVEL DOS NEGÓCIOS DE SAÚDE	112
<i>Luís Felipe Pissaia</i>	
A UNIVERSIDADE COMO ATOR-CHAVE NA CONSTRUÇÃO DO MERCADO AGROECOLÓGICO: UMA ANÁLISE SOB A PERSPECTIVA DA INOVAÇÃO SOCIAL	119
<i>Marlon Dalmoro</i>	
<i>Fernanda Cristina Wiebusch Sindelar</i>	
<i>Daniel Pedro Auler</i>	
<i>Carlos Cândido da Silva Cyrne</i>	

Tecnologias baseadas na natureza

TÉCNICAS DE ENGENHARIA NATURAL PARA A ESTABILIDADE DE TALUDES FLUVIAIS.....	132
<i>Cleberton Diego Bianchini</i>	
<i>Carla Roberta Orlandi</i>	
<i>Marcos Vinicius Vizioli Klaus</i>	
<i>Augusto Pretto Chemin</i>	
<i>Amanda Janner Marques</i>	
<i>Mathias Hofstatter</i>	
<i>Elisete Maria de Freitas</i>	
CONTROLE BIOLÓGICO POR ÁCAROS PREDADORES PARA PRODUÇÃO AVÍCOLA	147
<i>Guilherme Liberato da Silva</i>	
<i>Aline Marjana Pavan</i>	
<i>Juliana Granich</i>	
<i>Wesley Borges Wurlitzer</i>	
<i>Noeli Juarez Ferla</i>	
<i>Matheus Alexandre Conrad</i>	
<i>Maicon Toldi</i>	
<i>Liana Johann</i>	
<i>Tamara Bianca Horn</i>	

Tópicos sugestivos

GOVERNANÇA E SUSTENTABILIDADE: UMA VISÃO DO ECOSISTEMA “BACIA DO RIO DOS SINOS” (RS/BRASIL)	159
<i>Julio Cesar Dorneles da Silva</i>	
<i>Luís Fernando da Silva Laroque</i>	
<i>Marcos Paulo Dhein Griebeler</i>	

A REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE A OBSOLESCÊNCIA PROGRAMADA DE PRODUTOS ELETROELETRÔNICOS.....	171
<i>Suely Marisco Gayer</i>	
<i>Haide Maria Hupffer</i>	
<i>Dusan Schreiber</i>	

Materiais de disciplinas da pós-graduação, dissertações e teses

COMPREENSÕES E INCOMPREENSÕES SOBRE O TERMO SUSTENTABILIDADE.....	188
<i>Valtuir Soares Filho</i>	
<i>Júlia Elisabete Barden</i>	
MICROAGULHAMENTO: DA ANÁLISE COM MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA À GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM SAÚDE	200
<i>Menahem Furini</i>	
<i>Simone Stülp</i>	

Tecnologias para a Eficiência Produtiva

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS, TÉRMICAS E MECÂNICAS DE FILMES POLIMÉRICOS DE AMIDO DE MILHO REFORÇADOS COM NANOCRISTAIS DE CELULOSE

Letícia Angeli de Oliveira¹

Betina Hansen²

Cleide Borsoi³

André Luis Catto⁴

Resumo: Filmes biodegradáveis de amido são soluções fáceis e sustentáveis que possibilitam a redução do uso de polímeros derivados do petróleo. A incorporação de nanocelulose a esses filmes visa melhorar suas propriedades mecânicas e de permeabilidade ao vapor de água para uso em embalagens alimentícias. Neste contexto, esse estudo teve por objetivo incorporar diferentes concentrações (2, 5 e 8 % em relação à massa seca de amido) de nanocristais de celulose (CNC) aos filmes de amido, utilizando 40% em relação à massa seca de amido dos plastificantes - glicerol e sorbitol, na proporção 1:1. As amostras desenvolvidas apresentaram redução da absorção de água dos filmes, porém a umidade e solubilidade não apresentaram alterações. Houve também redução de permeabilidade ao vapor de água nas amostras com a incorporação de 2 e 8% de CNC. Os filmes também mostraram maior rugosidade superficial com o aumento do teor de CNC e melhor estabilidade térmica para o filme com 5% de CNC. Com isso, o uso de CNC em filmes biodegradáveis de amido de milho demonstrou potencial para utilização em embalagens de alimentos.

Palavras-chave: Filmes de amido. Nanocristais de celulose. Embalagens de alimentos.

1 Introdução

O plástico é um material amplamente utilizado para embalagens de alimentos, já que é fluido, moldável, selável a quente, fácil de imprimir e pode ser integrado em processos de produção, onde a embalagem é conformada, preenchida e selada em uma mesma linha de produção. A principal desvantagem dos plásticos é sua variável permeabilidade à luz, gases e vapores. Há vários tipos de plásticos usados em embalagens de alimentos, mas os mais comuns são os derivados do petróleo, como as poliolefinas e os poliésteres (MARSH; BUGUSU, 2007). Esses materiais dependem inteiramente desse recurso fóssil não renovável para serem produzidos e, além disso, não são biodegradáveis, o que gera grande quantidade de resíduos sólidos, já que a maioria das embalagens de alimentos é desenvolvida para um único uso, sendo descartada logo em seguida (OTHMAN, 2014; KAN; MILLER, 2022).

A curta vida útil, juntamente com o grande volume de material de embalagens e a baixa reciclabilidade dos plásticos na maioria das regiões do mundo, cria um problema significativo de resíduos

1 Universidade do Vale do Taquari – Univates. Graduanda do curso de Engenharia Química. E-mail: leticia.oliveira2@universo.univates.br

2 Universidade do Vale do Taquari – Univates. Doutora em Engenharia – Ciência e Tecnologia dos Materiais. E-mail: betina.hansen@univates.br

3 Universidade do Vale do Taquari – Univates. Doutora em Engenharia – Ciência e Tecnologia dos Materiais. E-mail: cleide.borsoi@univates.br

4 Universidade do Vale do Taquari – Univates. Doutor em Engenharia – Ciência e Tecnologia dos Materiais. E-mail: andre.catto@univates.br

sólidos (KAN; MILLER, 2022). No Brasil, cerca de 30-40% destes resíduos sólidos são provenientes de embalagens plásticas, sendo destinados a aterros sanitários ou descartados de forma inadequada no meio ambiente (DAS; TIWARI, 2018).

Assim, o interesse de manter ou melhorar a qualidade dos alimentos e, ao mesmo tempo, reduzir o desperdício de embalagens, tem encorajado cada vez mais as pesquisas e a exploração de novos materiais, como os filmes biodegradáveis oriundos de recursos renováveis (FALGUERA *et al.*, 2011). Para substituir os polímeros sintéticos existentes, os polímeros de origem agrícola tem sido os mais estudados pelos pesquisadores, principalmente os polissacarídeos. Dentre os filmes produzidos a partir de polissacarídeos, os obtidos a partir do amido são os mais importantes, já que provém de fonte renovável, é barato e amplamente disponível (SOUZA *et al.*, 2013).

O amido é um polímero semicristalino que contém elevado peso molecular, formado por moléculas de glicose que estão unidas entre si através de ligações glicosídicas e está presente em cereais, raízes, tubérculos, frutas e vegetais. Devido à sua biocompatibilidade, biodegradabilidade, disponibilidade mundial, desempenho e preço, o amido tem sido amplamente utilizado na produção de filmes comestíveis e revestimentos para embalagens de alimentos (ABDILLAH *et al.*, 2013; VIANNA *et al.*, 2021). O amido de milho é considerado a alternativa de bioplástico mais consolidada para a aplicação em embalagens (VIANNA *et al.*, 2021). No Brasil, a extração de amido em escala industrial é realizada exclusivamente com mandioca e milho (VIANNA *et al.*, 2021). O cultivo de milho no Brasil tem destaque mundial, com aumento de produção a cada ano, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019).

Apesar de suas várias vantagens, o amido sozinho como alternativa para materiais de embalagens apresenta algumas limitações, como a sua fragilidade, natureza hidrofílica e alta permeabilidade ao vapor de água (VEIGA-SANTOS *et al.*, 2005; MALI *et al.*, 2010; AREZOO *et al.*, 2020). Plastificantes ou outros aditivos são frequentemente combinados com o amido para superar essas fragilidades. Porém, a incorporação de plastificantes à estrutura de biopolímeros diminui as suas propriedades mecânicas (AREZOO *et al.*, 2020). Desta forma, vários estudos têm sido realizados avaliando a incorporação de diferentes agentes nos filmes de amido, a fim de melhorar tanto as propriedades mecânicas quanto as propriedades de barreira, físico-químicas, térmicas e antimicrobianas. Dentre os diferentes agentes estudados, encontra-se a nanocelulose (WANG; TIAN; ZHANG, 2010; BHARATHI *et al.*, 2020; AHANKARI, 2021).

A nanoestrutura de celulose tem sido aplicada como fase de reforço devido às suas excelentes propriedades quando em contato com a matriz polimérica. Dentre os diversos materiais nanocelulósicos, destacam-se os nanocristais de celulose (CNC), os quais são biocompatíveis, biodegradáveis e auxiliam no aumento da resistência mecânica dos compósitos (CHEN *et al.*, 2023). Desta forma, este trabalho tem como objetivo avaliar as propriedades físicas e térmicas de filmes de amido obtidos com diferentes concentrações de CNC.

2 Metodologia

2.1 Materiais

Neste trabalho foi utilizado amido de milho modificado (AMD 12) obtido industrialmente a partir da hidrólise ácida parcial do milho, sendo proveniente da indústria Adicel Indústria e Comércio

LTDA (Brasil), com teor de umidade máximo de 14% e pH de 4,5 a 6,0. A celulose microcristalina (CMC) utilizada foi da marca Sigma-Aldrich (Brasil), do lote MKCJ3222 e com diâmetro médio de 20 µm. Os plastificantes, glicerol e sorbitol, foram adquiridos da Sigma-Aldrich.

2.2 Obtenção de CNC e dos filmes de amido

Para obtenção de CNC, uma suspensão contendo 4,5% (m/m) de CMC em água deionizada foi moída em um moinho de fricção ultrafina *Supermass Colloider* (MKCA6-2, Masuko Sanguo, Japan), usando 150 passes e uma rotação de 1500 rpm, sendo a suspensão final refrigerada e acondicionada à 4 °C.

A obtenção dos filmes de amido foi realizada através do método de *casting*, sendo a metodologia adaptada de Arezoo *et al.* (2020) e Nordin *et al.* (2020). Realizou-se uma amostra controle somente com amido e plastificantes para fins de comparação. Os filmes de amido foram obtidos utilizando 8,76 g de amido de milho em base seca e 250 mL de água deionizada, permanecendo sob agitação magnética (Scientific VELP) por 10 min, na temperatura de 70 a 80 °C.

Após essa etapa, foram adicionados 1,75 g de glicerol e 1,75 g de sorbitol como agentes plastificantes (40% em massa de amido em base seca), o que corresponde a uma relação de 1:1 entre os plastificantes. A solução permaneceu sob agitação magnética por 5 min a 85 °C. Após, 2, 5 e 8% em massa de CNC, com relação à massa seca de amido, foram adicionadas, permanecendo sob agitação magnética de 88 a 90 °C por mais 5 minutos. Ao final do tempo de aquecimento, com a mistura ainda quente, a solução foi vertida em placas de Petri e secas em secador de bandejas (DeLeo) por 24 h a 35 °C.

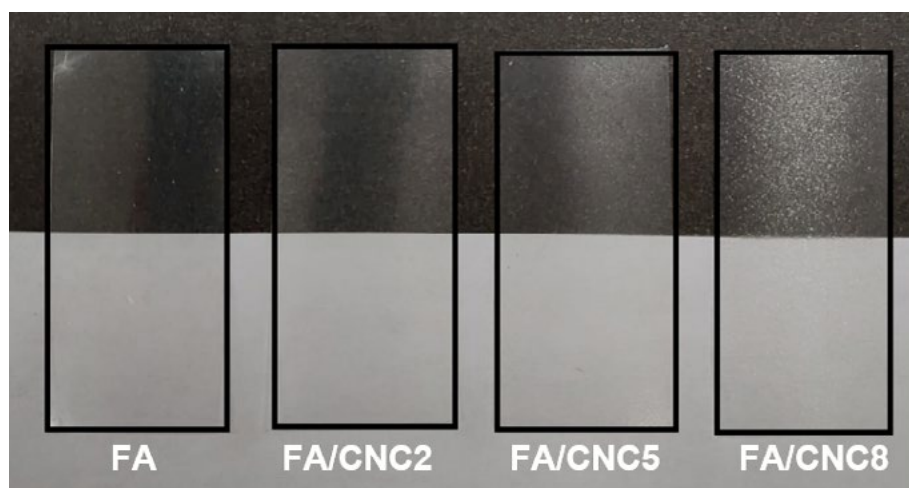
A identificação e composição das amostras é apresentada na Tabela 1 e os filmes reforçados com CNC são mostrados na Figura 1.

Tabela 1. Identificação e composição dos filmes de amido com CNC.

Amostra	Amido (g)	CNC (%)	Glicerol + Sorbitol (%)
FA	8.76	0	40
FA/CNC2	8.76	2	40
FA/CNC5	8.76	5	40
FA/CNC8	8.76	8	40

Onde: FA - Filme de amido, CNC – Nanocristais de celulose.

Figura 1 – Aparência física dos filmes de amido desenvolvidos com diferentes concentrações de CNC



2.2 Caracterização dos filmes de amido

2.2.1 Absorção de água

A absorção de água das amostras foi determinada utilizando metodologia adaptada de Liu *et al.* (2015). Os filmes secos foram cortados em dimensões de 2x2 cm, foi verificada sua massa e então foram submersos em água deionizada por 24 h. Ao final, a água superficial foi seca e a massa das amostras foi verificada novamente. A porcentagem de absorção de água foi calculada conforme a Equação 1.

$$W(\%) = \frac{(W_f - W_i)}{W_i} * 100 \quad (1)$$

Onde: W (%) - Percentual de absorção de água; W_i - massa inicial (g); W_f - massa final (g).

2.2.2 Solubilidade em água

A determinação da solubilidade dos filmes foi realizada a partir da adaptação de Liu *et al.* (2015). Os filmes foram cortados em dimensões de 2x2 cm, em triplicata para cada amostra, sendo secos por 24h em estufa com temperatura de 50 °C. Após, a massa das amostras foi verificada e os filmes foram submersos em béquer contendo 80 mL de água deionizada por 24h com agitação manual branda esporádica. Por fim, foram filtrados e secos em estufa a 60 °C até massa constante. O percentual de solubilidade foi obtido através da Equação 2.

$$W_s(\%) = \frac{(W_i - W_f)}{W_i} * 100 \quad (2)$$

Onde: W_s (%) - Percentual de solubilidade em água; W_i - massa inicial (g); W_f - massa final (g).

2.2.3 Umidade

A umidade dos filmes foi determinada a partir da metodologia adaptada de Amaral *et al.* (2022), na qual os filmes foram cortados em tamanho padrão de 2x1 cm em triplicata para cada concentração empregada. Sua massa foi verificada em balança analítica, e os filmes foram secos em estufa a uma temperatura de 105 °C até massa constante. O cálculo do teor de umidade foi determinado conforme Equação 3.

$$M(\%) = \frac{(W_i - W_f)}{W_i} * 100 \quad (3)$$

Onde: M (%) - Teor de umidade; W_i - massa inicial (g); W_f - massa final (g);

2.2.4 Degradação em meio ácido, alcalino e salino

Este teste foi realizado utilizando soluções de ácido acético 10% (m/v), hidróxido de sódio 10% (m/v) e cloreto de sódio 10% (m/v). A metodologia aplicada para cada solução consistiu na verificação das massas e submersão das amostras dos filmes (com dimensões de 1x1 cm, em triplicata) por um tempo total de 48 h nas diferentes soluções. Após este período, as soluções foram filtradas e as amostras dos filmes foram secas em estufa a 45 °C para obtenção de sua massa final. A porcentagem de perda de massa foi obtida conforme a Equação 4.

$$AD = \frac{(W_i - W_f)}{W_i} * 100 \quad (4)$$

Onde: AD - % de perda de massa; W_i - massa inicial (g); W_f - massa final (g)

2.2.5 Taxa de Permeabilidade ao Vapor de água

Para determinação da taxa de permeabilidade ao vapor de água os filmes foram padronizados em uma circunferência de 10 cm de diâmetro, fixados com parafilme em béquers de 150 mL preenchidos com 10 mL de água deionizada. Foi verificada a massa dos filmes em balança analítica (todo o sistema) e os mesmos foram inseridos em um dessecador com umidade relativa entre 95 e 100%. A massa do sistema foi verificada em 24h. A permeabilidade ao vapor de água foi determinada conforme Equação 5.

$$WVTR = \frac{(W_f - W_i)}{(\Delta t * A)} \quad (5)$$

Onde: WVTR - Permeabilidade ao vapor de água (g/m².h); W_i - massa inicial (g); W_f - massa final (g); Δt - Variação total de tempo (h); A - Área do filme (m²).

2.2.6 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

As caracterizações morfológicas dos filmes de amido foram realizadas em microscópio eletrônico de varredura (MEV) (CARL ZEISS LS-10, Alemanha) a uma tensão de aceleração de 10 kV. A análise foi conduzida em baixo vácuo e sem metalização superficial da amostra, utilizado a abertura VP 100 μ e detector de elétrons retroespalhados (BSD).

2.2.7 Análise Termogravimétrica (TGA)

A análise foi realizada em um analisador termogravimétrico (Shimadzu TGA-50) usando aproximadamente 10 mg de cada amostra. O aquecimento ocorreu a uma taxa de 10 °C/min de 25 a 700 °C, usando atmosfera de N₂ com taxa de 50 mL/min.

2.2.8 Calorimetria diferencial de varredura (DSC)

A análise de DSC foi realizada em um instrumento Perkin Elmer (DSC 4000). Aproximadamente 10 mg de cada amostra foi submetido ao aquecimento a uma taxa de 10 °C/min na faixa de 20 a 200 °C sob uma atmosfera de N₂.

3. Resultados e discussão

3.1 Propriedades físicas e degradação em diferentes soluções

A Tabela 2 apresenta os resultados dos ensaios de absorção de água, solubilidade em água, teor de umidade e efeito ácido e salino.

Tabela 2 – Características físicas e resultados dos ensaios de efeito ácido e alcalino dos filmes de amido desenvolvidos com diferentes concentrações de CNC

Amostra	Absorção de água (%)	Solubilidade em água (%)	Teor de umidade (%)	Efeito ácido (perda de massa) (%)	Efeito salino (ganho de massa) (%)
FA	74,50 ± 1,92	23,00 ± 0,54	11,61 ± 1,18	35,86 ± 3,17	94,89 ± 0,06
FA/CNC2	67,67 ± 1,94	21,83 ± 0,25	10,47 ± 1,03	15,22 ± 2,07	89,06 ± 4,93
FA/CNC5	67,46 ± 0,63	21,69 ± 0,17	11,13 ± 1,44	13,87 ± 5,42	92,48 ± 7,10
FA/CNC8	73,05 ± 2,00	21,78 ± 0,48	10,57 ± 0,55	16,11 ± 0,25	106,37 ± 4,58

Em relação à absorção de água, percebe-se que, ao adicionar os nanocristais de celulose, ocorre uma redução na absorção de água dos filmes, com valores muito semelhantes para as amostras FA/CNC2 e FA/CNC5, e uma redução menor para a amostra FA/CNC8. A menor absorção de água dos filmes está relacionada com a menor afinidade dos CNC com a água, em comparação ao amido puro. Devido à sua composição (amiloze e amilopectina), os filmes de amido são hidrofílicos por natureza. Com a adição de plastificantes, a afinidade dos filmes com a umidade aumenta (PELISSARI *et al.*, 2017).

Além disso, segundo Bangar *et al.* (2022), as fortes ligações de hidrogênio entre os CNC e o amido podem limitar a capacidade da água de se ligar ao amido, o que resulta em menor absorção de água. Este fato justifica a menor solubilidade dos filmes em água conforme adiciona-se os nanocristais de celulose, como foi verificado na Tabela 2. No entanto, a quantidade de CNC adicionada não afeta na solubilidade em água, que fica em torno de 21% para todos os filmes de amido com CNC.

Ao analisar os dados referentes ao teor de umidade, percebe-se que a adição de CNC não afetou esta propriedade, já que todas as amostras apresentaram teor de umidade em torno de 11%. Valores muito

semelhantes de teor de umidade foram encontrados por Shih e Zhao (2021), ao produzirem filmes de amido proveniente de diversas fontes com nanofibras de celulose. Chen *et al.* (2019) também obtiveram teores de umidade muito semelhantes aos aqui obtidos (de 10,9 a 14,5%), ao produzirem filmes de amido com CMC.

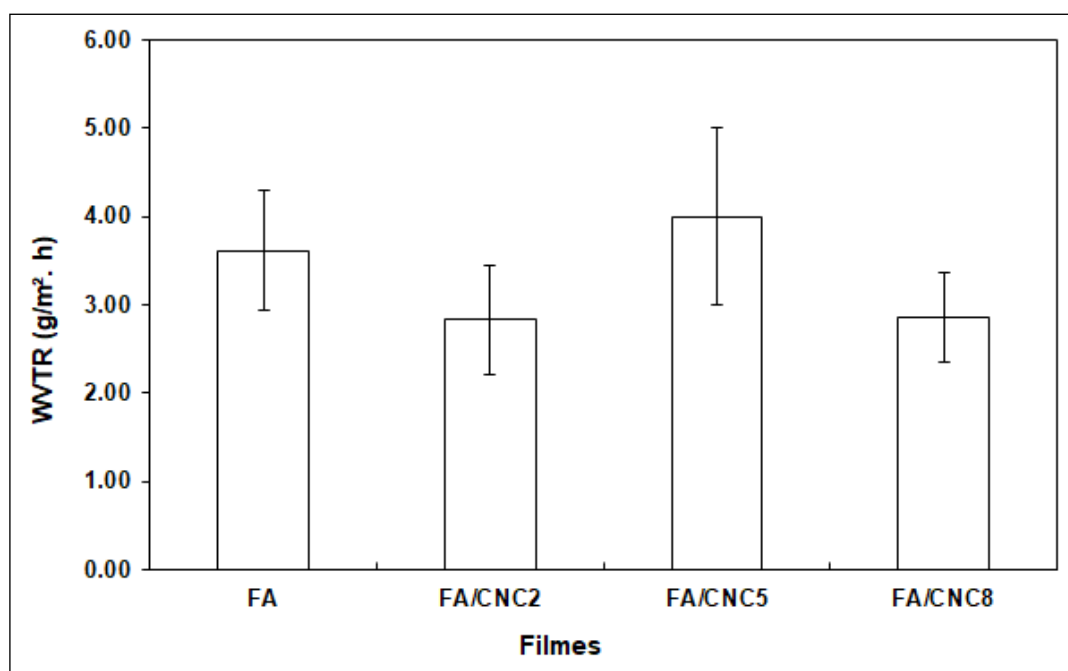
Em relação ao efeito alcalino, observou-se que os filmes de amido com CNC rapidamente se dissolveram, demonstrando que os mesmos não são resistentes a este meio. Resultado semelhante foi observado em estudo de Shanmathy, Mohanta e Thirugnanam (2021), ao produzirem filmes de amido de taro (*Colocasia esculenta*) reforçado com bentonita. Segundo Behera, Mohanta e Thirugnanam (2022), o teste de efeito alcalino, ácido e salino verifica a resistência do filme à ação química do meio, o que é importante para embalagens de alimentos.

Analisando a Tabela 2, percebe-se que, ao imergir os filmes no meio ácido, houve uma perda de massa de aproximadamente 36% para a amostra FA. Ao adicionar os nanocristais de celulose, essa perda reduziu em mais de 50% em relação à amostra contendo somente amido, o que demonstra que a adição de CNC aos filmes de amido melhorou a sua estabilidade no meio ácido. Já o efeito da solução salina nos filmes foi inverso, pois resultou em um ganho de massa em todas as amostras. Este comportamento está relacionado ao inchamento e absorção da solução salina pelos filmes (SHANMATHY; MOHANTA; THIRUGNANAM, 2021).

3.2 Permeabilidade ao vapor de água

Os resultados da taxa de permeabilidade ao vapor de água dos filmes de amido termoplástico plastificados com glicerol/sorbitol e reforçados com CNC são mostrados na Figura 2.

Figura 2 – Taxa de permeabilidade ao vapor de água dos filmes de amido desenvolvidos com diferentes concentrações de CNC



Todos os filmes avaliados apresentaram valores de taxa de permeabilidade entre 2,8 e 4,0 g/m²·h, respectivamente. Entre todas as amostras analisadas, observa-se que a amostra FA/CNC5 apresentou a maior taxa de permeabilidade ao vapor da água (4,0 g/m²·h), enquanto que as amostras FA/CNC2 e FA/CNC8 apresentaram valores semelhantes. Já o filme de amido sem CNC (FA) apresentou taxa de permeabilidade de 3,62 g/m²·h. Uma função importante dos filmes de amido é evitar ou pelo menos minimizar a transferência de umidade na atmosfera circundante (LI *et al.*, 2018). O amido é um biopolímero abundante, mas tem baixa resistência à água. Com isso, a menor permeabilidade ao vapor de água é um atributo desejável aos filmes de amido.

A taxa de transferência de vapor de água através de um filme de amido é baseada na difusão, solubilidade e permeabilidade da água no filme de amido (PHAN THE *et al.*, 2009). A presença dos nanocristais de celulose pode aumentar a tortuosidade nos filmes, levando a processos de difusão de vapor de água mais lentos e, portanto, reduzindo a permeabilidade (SANCHEZ-GARCIA; GIMENEZ; LAGARON, 2008). Este comportamento foi observado nos filmes FA/CNC2 e FA/CNC8 em relação à amostra do filme FA, sem CNC. No entanto, o valor de WVTR aumentou no filme com 5% de CNC. Isso pode estar relacionado à agregação e autocondensação de partículas de CNC em concentrações mais altas, que podem trazer vazios na matriz do compósito. Resultados semelhantes foram encontrados por Reddy e Rhim (2014) e Mandal e Chakrabarty (2015).

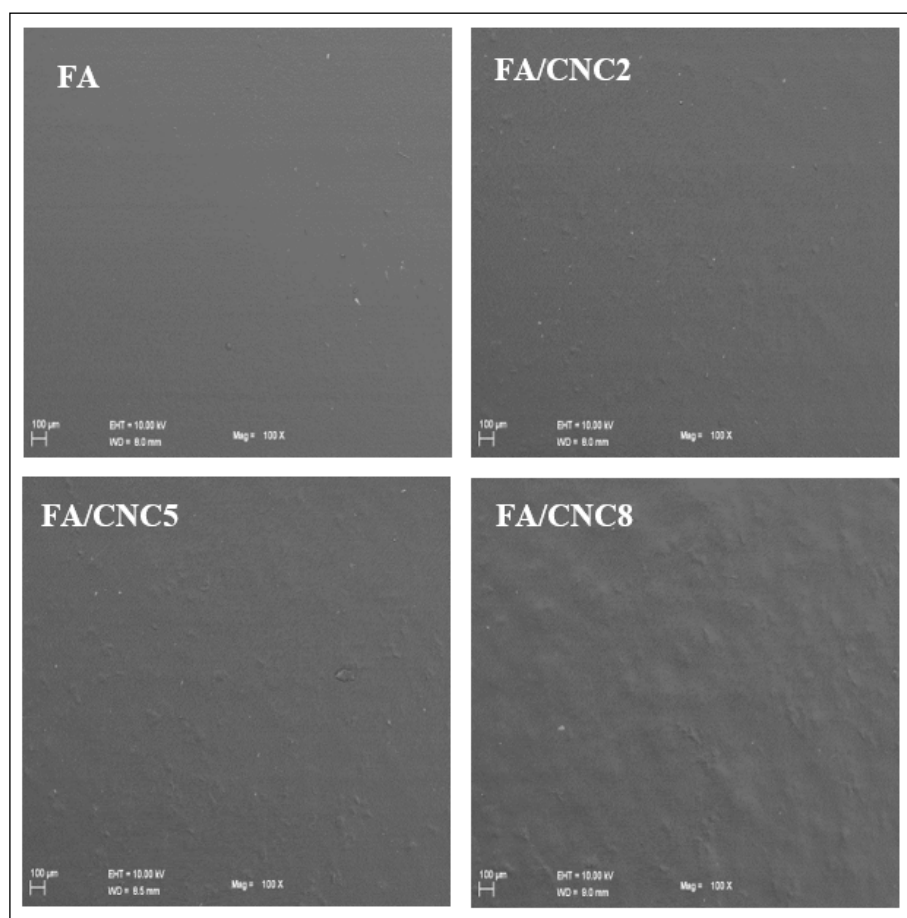
3.3 Análise morfológica

A análise de MEV da superfície dos filmes de amido desenvolvidos com diferentes concentrações de CNC é apresentada na Figura 3. Observa-se a superfície dos filmes sem fissuras ou trincas, sendo homogêneas e contínuas. A presença de CNC pode formar uma forte estrutura de rede através de ligações de hidrogênio intra e intermoleculares, e ligações recíprocas com a matriz de amido e plastificantes, proporcionando com isso a formação de um filme contínuo (ARIFIN *et al.*, 2022).

A amostra FA apresenta a superfície sem a formação de aglomerados e lisa, ou seja, sem a presença de grânulos de amido. De acordo com Rico *et al.* (2016), essa é uma superfície típica de materiais amorfos homogêneos, evidenciando que as condições de processamento foram adequadas, com gelatinização completa. Arifin *et al.* (2022) avaliaram filmes de amido e CNC obtidos com diferentes plastificantes, glicerol e sorbitol. De acordo com os autores, a presença do sorbitol pode formar ligações de hidrogênio mais estáveis com o amido e facilitar interações mais fortes entre a matriz do amido e a superfície do CNC, possibilitando com isso a formação de filmes com superfície mais homogênea e com melhor distribuição das nanocargas.

Com o aumento da incorporação de CNC, aumenta a formação de aspecto rugoso dos filmes. Esse comportamento pode ser ocasionado pela tensão dos nanocristais de celulose, pela redução da força interlamelar da matriz e da nanocarga, e pela falta de dispersão uniforme na superfície da matriz (ALIZADEH-SANI; KHEZERLOU; EHSANI, 2018).

Figura 3 – Micrografia por MEV dos filmes de amido desenvolvidos com diferentes concentrações de CNC



3.4 Análise térmica

A estabilidade térmica dos filmes de amido e CNC foi avaliada pelas curvas de TGA e DTG, conforme apresentado na Figura 4 e Tabela 3. A degradação térmica dos filmes ocorre em três estágios. O primeiro evento ocorre de 70 a 160 °C e está relacionado à evaporação da água das amostras. O segundo evento ocorre de 215 a 400 °C e está relacionado a processos complexos que incluem a desidratação dos anéis de sacarídeos e despolimerização. Estes resultados corroboram com estudo realizado por Bangar *et al.* (2022), ao avaliarem os filmes de amido reforçados com CNC extraídas da videira *Kudzu* (*Pueraria montana*), e Almendárez-Camarillo *et al.* (2020), ao avaliarem a extração de nanocelulose de folhas de abacaxi para incorporação em filmes de amido e quitosana. De acordo com Rico *et al.* (2016), a degradação térmica do glicerol ocorre até 250 °C e do sorbitol na faixa de 270 a 400 °C. O terceiro estágio de degradação ocorre acima de 400 °C e está relacionado à degradação de polissacarídeos do amido e da celulose (ONG *et al.*, 2020; ALMENDÁREZ-CAMARILLO *et al.*, 2020).

Figura 4 – Curvas de TGA e DTG dos filmes de amido desenvolvidos com diferentes concentrações de CNC

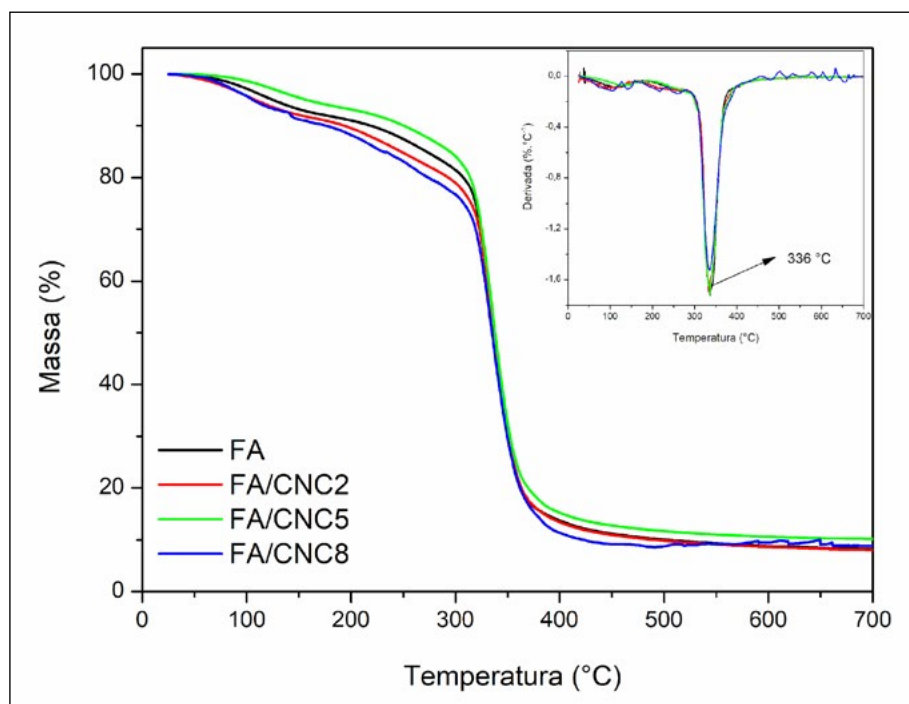


Tabela 3 – Propriedades térmica por TGA e DSC dos filmes de amido desenvolvidos com diferentes concentrações de CNC

Amostra	$T_{5\%}$ (°C) ^a	$T_{20\%}$ (°C) ^b	Resíduo a 700 °C (%)	T_m (°C) ^c
FA	116	306	8,2	107
FA/CNC2	98	293	10,2	96
FA/CNC5	147	312	8,0	103
FA/CNC8	98	270	8,8	91

^a Temperatura de degradação com 5% de perda de massa

^b Temperatura de degradação com 20% de perda de massa

^c Temperatura de fusão

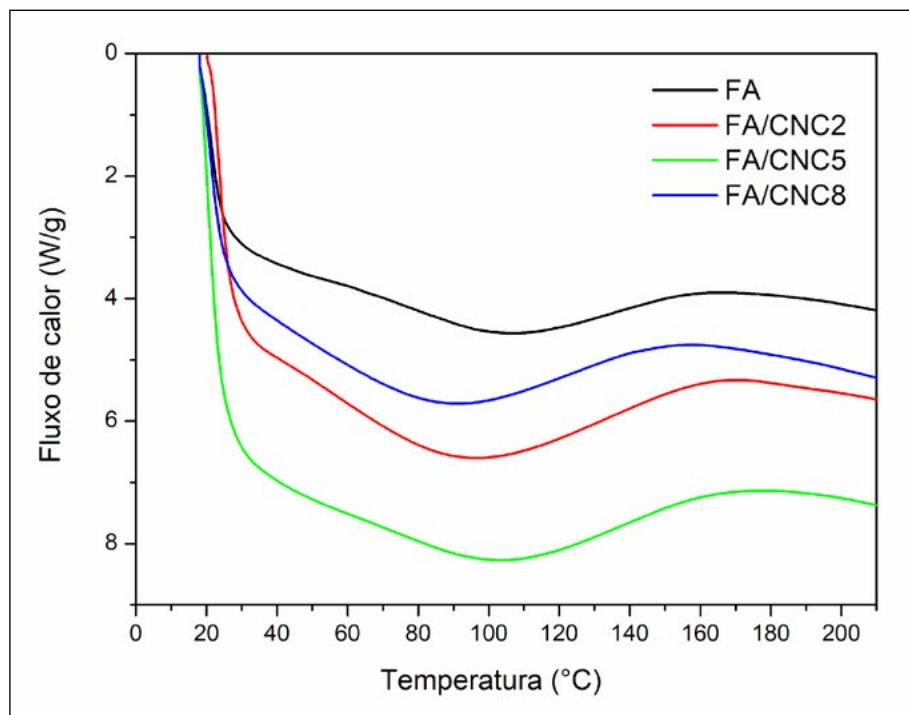
Quando os filmes são aquecidos em temperatura superiores observa-se a melhora na estabilidade térmica para os filmes com incorporação de 5% de CNC ($T_{20\%}$). A temperatura de máxima degradação, obtida por DTG, ocorre em 336 °C para todas as amostras, correspondendo a uma perda de massa de aproximadamente 52%. Esta perda está relacionada à degradação das cadeias dos sacarídeos do amido (BANGAR *et al.*, 2022). Os resíduos carbonáceos dos filmes a 700 °C aumentaram com o reforço de CNC, exceto para a concentração de 5%. Esses resíduos da pirólise estão relacionados aos materiais não voláteis devido à incorporação de mais sólidos com relação à massa seca de amido, ocasionando redução da quantidade de água na amostra.

A Figura 5 apresenta a análise de DSC dos filmes de amido desenvolvidos com diferentes concentrações de CNC. A incorporação da CNC desloca o pico da T_m para temperaturas menores, sendo

menos pronunciado para a amostra com 5% de CNC. Resultado semelhante foi observado por Sedayu, Cran e Bigger (2020) ao adicionarem nanofibras de celulose em carragena para obtenção de filmes.

Observa-se uma ampla faixa de temperatura de fusão exotérmica, com um pico amplo que corresponde à temperatura de fusão (T_m) apresentada na Tabela 3. De acordo com Souza *et al.* (2021), a faixa de temperatura de 50 a 120 °C está atribuída à fusão dos cristais de amido formados durante a retrogradação. Essa ampla faixa de temperatura sugere uma estrutura mais complexa dos filmes e como consequência uma possível maior degradação das amostras com incorporação de CNC.

Figura 5 – DSC dos filmes de amido com diferentes concentrações de CNC



Como consequência da adição de uma nanocarga na estrutura das cadeias do amido, ocorre a redução das forças intermoleculares entre grupos polares das moléculas (BAJPAI *et al.*, 2013), devido à interação entre os grupos hidroxila com as moléculas de amido no filme (LIM *et al.*, 2020). Assim, a incorporação de CNC se comporta como agente nucleante, modificando a orientação das cadeias de amido e aumentando sua regularidade, formando com isso cristais densos de amido (BANGAR *et al.*, 2022). Porém, quando a cristalização acontece formando cristais de polímeros imperfeitos, ocorre a diminuição da temperatura de fusão (BANGAR; WHITESIDE, 2021).

4 Conclusão

Através das análises realizadas pode-se concluir que os filmes de amido melhoraram suas propriedades após a adição da CNC, como a redução da absorção de água. No entanto, a quantidade de CNC adicionada não afetou na solubilidade em água e na umidade dos filmes, que mostraram valores de 21 e 11%, respectivamente, para todas as concentrações de CNC testadas. A presença de CNC levou a um processo de difusão de vapor de água mais lento, reduzindo a permeabilidade nas amostras FA/CNC2 e FA/CNC8. Verificou-se também, pelas análises térmicas, uma melhora na estabilidade térmica para os

filmes com incorporação de 5% de CNC, além de um deslocamento dos picos da T_m para temperaturas menores com o aumento do teor de CNC nas amostras. Assim, a incorporação de CNC pode agir como um agente nucleante, modificando a orientação das cadeias de amido e aumentando sua regularidade. A avaliação morfológica mostrou que com o aumento da incorporação de CNC houve maior rugosidade na superfície dos filmes. Com isso, observou-se que a utilização de nanocristais de celulose proporcionou melhora de algumas propriedades nos filmes de amido testados, demonstrando potencial para utilização como filmes biodegradáveis em embalagens de alimentos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS) pela concessão de apoio financeiro ao projeto de pesquisa (Edital Fapergs 10/2020).

Referências

- ABDILLAHI, H. *et al.* Influence of citric acid on thermoplastic wheat flour/poly (lactic acid) blends II. Barrier properties and water vapor sorption isotherms. **Industrial Crops and Products** v. 50, 2013.
- AHANKARI, S.S. *et al.* Nanocellulose in food packaging: A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 255, p. 117479, 2021.
- ALIZADEH-SANI, M.; KHEZERLOU, A.; EHSANI, A. Fabrication and characterization of the bionanocomposite film based on whey protein biopolymer loaded with TiO_2 nanoparticles, cellulose nanofibers and rosemary essential oil, **Industrial Crops and Products**, v. 124, p. 300-315, 2018.
- ALMENDÁREZ-CAMARILLO, A. *et al.* Nanocellulose Extraction of Pineapple Leaves for Chitosan-starch Nanocomposites. **Journal of Natural Fibers**, p. 1-14, 2020.
- ARIFIN, H. R. *et al.* Improved properties of corn starch-based bio-nanocomposite film with different types of plasticizers reinforced by nanocrystalline cellulose. **International Journal of Food Properties**, v. 25, n. 1, p. 509-521, 2022.
- AREZOO, E. *et al.* The synergistic effects of cinnamon essential oil and nano TiO_2 on antimicrobial and functional properties of sago starch films. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 157, p. 743-751, 2020.
- BAJPAI, S.; CHAND, N.; LODHI, R. Water sorption properties and antimicrobial action of zinc oxide nano particles loaded sago starch film. **Journal of microbiology, Biotechnology and food sciences**, v. 2021, p. 2368-2387, 2021.
- BANGAR, S. P.; WHITESIDE, W. S. Nano-cellulose reinforced starch bio composite films-A review on green composites. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 185, p. 849-860, 2021.
- BANGAR, S. P. *et al.* Starch-based bio-nanocomposites films reinforced with cellulosic nanocrystals extracted from Kudzu (*Pueraria montana*) vine. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 203, p. 350-360, 2022.
- BHARATHI, S.K.V. *et al.* **Recent trends in nanocomposite packaging materials**. In book: Reference Module in Food Science, 2020.

- CHEN, Q.J. *et al.* Effect of cellulose nanocrystals-loaded ginger essential oil emulsions on the physicochemical properties of mung bean starch composite film. **Industrial Crops and Products**, v. 191, p. 116003, 2023.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 01 set. 2022.
- DAS, P., TIWARI, P. Valorization of packaging plastic waste by slow pyrolysis. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 128, p. 69-77, 2018.
- FALGUERA, V. *et al.* Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. **Trends Food Science & Technology**, v. 22, p. 292-303, 2011.
- KAN, M.; MILLER, S. A. Environmental impacts of plastic packaging of food products. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 180, p. 106156, 2022.
- LIM, W. S. *et al.* Heat-sealing property of cassava starch film plasticized with glycerol and sorbitol. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 26, p. 100556, 2020.
- MALI, S.; GROSSMANN, M.V.E.; YAMASHITA, F. Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 1, 2010.
- MANDAL, A., CHAKRABARTY, D. Characterization of nanocellulose reinforced semi-interpenetrating polymer network of poly (vinyl alcohol) & polyacrylamide composite films. **Carbohydrate Polymers**, 134, p. 240-250, 2015.
- MARSH, K.; BUGUSU, B. Food Packaging - Roles, Materials, and Environmental Issues. **Journal of Food Science**, v. 72, n.3, p. 39-55, 2007.
- ONG, H. L. *et al.* Revealing the water resistance, thermal and biodegradation properties of citrus aurantifolia crosslinked tapioca starch/nanocellulose bionanocomposites. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 28, n. 12, p. 3256-3269, 2020.
- OTHMAN, S. H. Bio-nanocomposite Materials for Food Packaging Applications: Types of Biopolymer and Nano-sized Filler. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 2, p. 296-303, 2014.
- REDDY, J. P., RHIM, J.-W. Characterization of bionanocomposite films prepared with agar and paper-mulberry pulp nanocellulose. **Carbohydrate Polymers**, 110, p. 480-488, 2014.
- RICO, M. S. R.-L. *et al.* Processing and characterization of polyols plasticized-starch reinforced with microcrystalline cellulose, **Carbohydrate Polymers**, v. 149, p. 83-93, 2016.
- SANCHEZ-GARCIA, M., GIMENEZ, E., LAGARON, J. Morphology and barrier properties of solvent cast composites of thermoplastic biopolymers and purified cellulose fibers. **Carbohydrate Polymers**, 71, p. 235-244, 2008.
- SHANMATHY, M., MOHANTA, M., THIRUGNANAM, A. Development of biodegradable bioplastic films from Taro starch reinforced with bentonite. **Carbohydrate Polymer Technologies and Applications**, v. 2, p. 100173, 2021.
- SEDAYU, B.B.; CRAN, M. J.; BIGGER, S. W. Reinforcement of refined and semi-refined carrageenan film with nanocellulose. **Polymers**, v. 12, n. 5, p. 1145, 2020.
- SOUZA, A. G. *et al.* Starch-based films enriched with nanocellulose-stabilized Pickering emulsions containing different essential oils for possible applications in food packaging. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 27, p. 100615, 2021.

- SOUZA, A.C. *et al.* Cassava starch composite films incorporated with cinnamon essential oil: Antimicrobial activity, microstructure, mechanical and barrier properties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 54, p. 346-352, 2013.
- VEIGA-SANTOS, P. *et al.* Mechanical properties, hydrophilicity and water activity of starch-gum films: Effect of additives and deacetylated xanthan gum. **Food Hydrocolloids**, v. 19, p. 341-349, 2005.
- VIANNA, T.C. *et al.* Essential oils as additives in active starch-based food packaging films: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 182, p. 1803-1819, 2021.
- WANG, Y.; TIAN, H.; ZHANG, L. Role of starch nanocrystals and cellulose whiskers in synergistic reinforcement of waterborne polyurethane. **Carbohydrate Polymers**, v. 80, p. 665-671, 2010.

UNIÕES DE TUBOS MANUFATURADAS POR CONFORMAÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Martin Geier¹
Evandro Paese²
Roberto Petry Homirich³
Rodrigo Rossi⁴
Simone Ramires⁵
Mauro Fonseca Rodrigues⁶
Pedro Rosa⁷
Tiago dos Santos⁸

Resumo: A união de tubos por conformação eletromagnética é uma tecnologia inovadora e amigável ao meio ambiente que pode substituir com sucesso tecnologias de união convencionais baseadas em parafusos, adesivos estruturais, solda e brasagem. A tecnologia opera à temperatura ambiente, e possibilita a união de materiais dissimilares oferecendo potencial para fomentar novas aplicações na montagem de estruturas leves. Entretanto, como verificado em todas as novas tecnologias, existe a necessidade de compreender os principais parâmetros que influenciam na união por interferência de tubos por conformação eletromagnética, com o objetivo de identificar sua influência na resistência geral das uniões e estabelecer a faixa útil de condições de operação do processo. Assim, este trabalho investiga a união por interferência de tubos de liga de alumínio AA6082-O com mandris de aço AISI 1045 fabricados sob diferentes condições de usinagem em relação ao avanço quanto à influência de parâmetros do processo. Os resultados mostraram que a resistência da união está diretamente relacionada aos parâmetros de processo e condições da superfície do material do mandril.

Palavras-chave: Conformação Eletromagnética. Montagem. Tubos. União por Interferência.

1 Introdução

A união por conformação eletromagnética de perfis tubulares feitos em materiais de alta condutividade elétrica, em especial as ligas de alumínio, é uma alternativa eficaz e atrativa aos processos convencionais de união baseados em parafusos, adesivos estruturais, solda, brasagem e cravamento mecânico em prensas com ferramentas punção/matriz. Como a resistência mecânica e qualidade da união obtida por conformação eletromagnética é similar ou até mesmo superior às das fabricadas por processos convencionais (BARREIRO; SCHULZE; LÖHE, 2008), atualmente tem-se dado ênfase à sua aplicação em estruturas leves para automóveis e aeronaves, havendo potencial para edifícios, estruturas de arquitetura e de máquinas. O uso desta tecnologia possibilita promover o desenvolvimento de produtos inovadores por superar limitações e atender requisitos estéticos, físico-químicos, mecânicos e

1 UNIPAMPA, Engenharia Mecânica, Doutor em Engenharia, Professor. E-mail: martin.geier@unipampa.edu.br

2 UCS, Doutor em Engenharia, Professor. E-mail: e.paese@ucs.br

3 UFRGS – DELET, Doutor em Engenharia, Professor. E-mail: roberto.homirich@ufrgs.br

4 UFRGS – DEMEC, Doutor em Engenharia, Professor. E-mail: rrossi@ufrgs.br

5 UNIPAMPA, Engenharia de Telecomunicação, Doutor em Engenharia, Professor. E-mail: maurorodrigues@unipampa.edu.br

6 UFRGS – DEMEC, Mestre em Engenharia, Professora. E-mail: simone.ramires@ufrgs.br

7 Instituto Superior Técnico – Universidade de Lisboa, Doutor em Engenharia, Professor. E-mail: pedro.rosa@tecnico.ulisboa.pt

8 UFSM – DEM, Doutor em Engenharia, Professor. E-mail: tsantos.dem@smail.ufsm.br

elétricos (RAJAK; KORE, 2017). Além disso, a conformação eletromagnética oferece a vantagem de unir materiais dissimilares à temperatura ambiente e sem a necessidade de lubrificantes e emissão de poluentes, mantendo inalteradas as propriedades dos materiais e integridade superficial dos componentes (WALTER *et al.*, 2015; WEBER *et al.*, 2023).

Apesar dos avanços recentes nessa técnica, o número de publicações na literatura que focam os efeitos de seus parâmetros de processos e sua influência na resistência mecânica e qualidade da união por interferência de tubos ainda são muito limitados (BARREIRO *et al.*, 2006; GEIER *et al.*, 2020; GEIER; GEIER, 2014; HAMMERS *et al.*, 2009; KLEINER *et al.*, 2006; RAJAK; KORE, 2017, 2018; SCHULZE; BARREIRO; LÖHE, 2006; WALTER *et al.*, 2015; WEDDELING *et al.*, 2011, 2015). Acrescenta-se, ainda, que a maioria dos trabalhos publicados são restritos a um par tubo-mandril com ferramenta e máquina de conformação eletromagnética específicas, e na maioria dos casos não fornecem dados técnicos relativos aos modos de falha que são iniciados quando estas uniões são submetidas a carregamentos de tração.

Neste sentido, o presente trabalho apresenta uma análise experimental de uniões por interferência fabricadas por conformação eletromagnética, avaliando tanto a viabilidade como a capacidade da união por conformação eletromagnética de tubos de alumínio AA6082-O com mandris fabricados em aço AISI 1045. Esta avaliação possibilita identificar a influência de parâmetros do processo na resistência mecânica das uniões, objetivando, assim, estabelecer a faixa útil de parâmetros de processo (janela de processo). Para tanto, a investigação considera diferentes parâmetros operacionais como energia de descarga, folga inicial entre tubo e mandril, a condição de rugosidade da superfície na preparação do mandril.

2 União por conformação eletromagnética

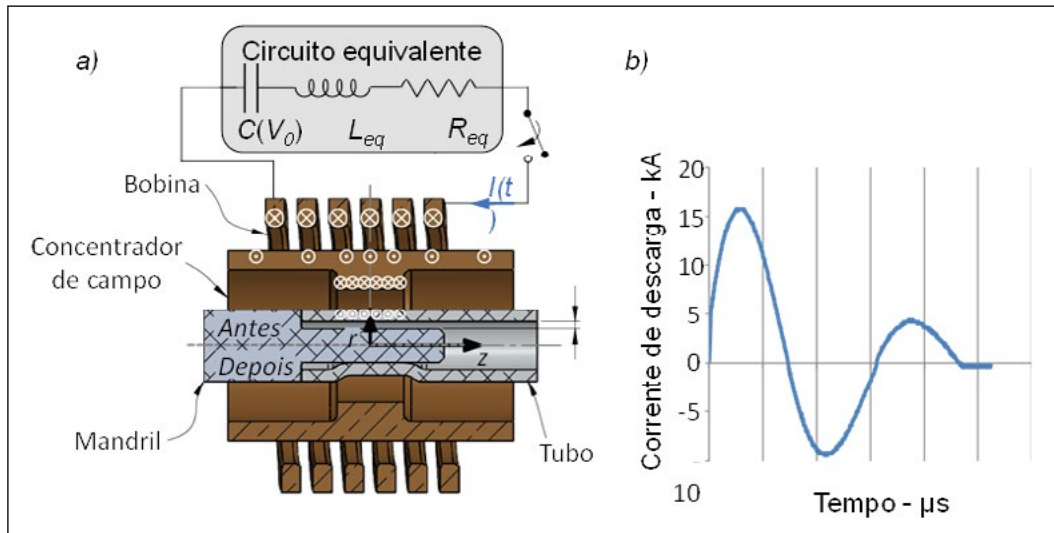
A conformação eletromagnética é um processo de manufatura a alta velocidade que utiliza um campo magnético pulsado para deformar plasticamente materiais com alta condutividade elétrica, como as ligas de alumínio, de cobre e de magnésio. O processo pode desenvolver velocidades de deformação na ordem de 10^4 s^{-1} e pressões que podem atingir 1000 MPa (BEERWALD, 2005; KINSEY; NASSIRI, 2017).

O processo se fundamenta no princípio físico da indução eletromagnética entre uma bobina, geralmente chamada de ferramenta, e uma peça de trabalho. Usualmente, o sistema típico de conformação eletromagnética compreende uma unidade geradora de pulso (máquina), uma bobina intercambiável e a peça de trabalho. Em alguns casos, como para aplicações de união de perfis ocos, um concentrador de campo também é utilizado com o objetivo de alterar a distribuição do campo magnético e intensificar a pressão magnética sobre uma região da peça de trabalho. No caso de processos com condição axissimétrica, o concentrador de campo consiste em um componente apresentando uma ou mais ranhuras axiais, sendo geralmente fabricado de material com altas condutividade elétrica e resistência mecânica (NEUBAUER; STROPPE; WOLF, 1988)

Uma representação esquemática da união de tubos por interferência manufaturada por conformação eletromagnética que mostra a compressão de um tubo contra um mandril é apresentada na Figura 1. Esta representação explora a analogia entre o sistema de conformação eletromagnética e um circuito de transformador, consistindo em um circuito RLC (máquina e bobina) e dois circuitos RL (concentrador de campo e tubo). Sob esta analogia, o processo pode ser tratado como um circuito

oscilante equivalente que inclui um sistema de armazenamento de energia de capacitância C_{eq} , uma resistência R_{eq} e uma indutância L_{eq} que compreendem o barramento de condução de energia (corrente elétrica), a bobina, o concentrador de campo e as propriedades elétricas da peça (tubo).

Figura 1 – Representação esquemática da união por interferência manufactured por conformação eletromagnética: (a) o circuito RLC equivalente e (b) curva típica para corrente de descarga.



Fonte: Dos autores.

O processo de conformação eletromagnética inicia pela carga do banco de capacitores para um nível desejado de energia mediante a aplicação de uma voltagem inicial, V_0 . Em seguida, uma chave de alta tensão é acionada e a energia é subitamente liberada no circuito. Como resultado desta descarga, uma corrente sinusoidal altamente amortecida $I(t)$ flui pela bobina, produzindo um campo magnético transiente que induz correntes em sentido oposto na superfície de condutores próximos (o concentrador de campo, no caso da Figura 1). A corrente induzida fluindo nas proximidades da superfície do concentrador de campo acabam induzindo correntes em sentido oposto ao longo da superfície do tubo, o que resulta na repulsão eletromagnética e a geração de uma força magnética, conforme a lei de Lorentz. Esta força conduz ao que é comumente designado como a pressão magnética p aplicada no tubo (KAMAL, 2005). Se a pressão magnética gerada desenvolver tensões que excedam a tensão limite de escoamento do material do tubo, então ocorrerá deformação plástica.

Em termos gerais, a pressão magnética p é determinada pela diferença densidade de energia do campo magnético entre a ferramenta e a peça. Para o caso de aplicações de compressão de tubos com o uso de um concentrador de campo, a pressão magnética pode ser aproximada de forma analítica, considerando a geometria da bobina e o fator de concentração do concentrador de campo, conforme a Equação 1 (BEERWALD, 2005):

$$p(t) = \frac{1}{2} \mu \left[\left(\frac{n}{l_b} \right) I(t) \right]^2 [c_H]^2 \quad (1)$$

onde μ (H/m) é a permeabilidade magnética, n é o número de voltas da bobina e l_b é o comprimento axial efetivo da bobina (em mm), $I(t)$ é a corrente na bobina (em A), c_H é o fator de concentração

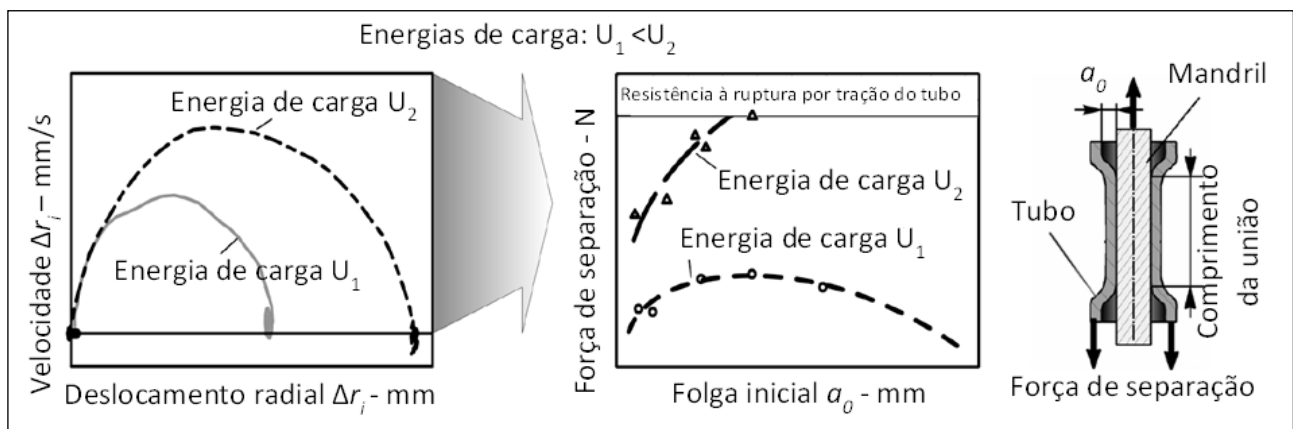
do concentrador de campo, que consiste na razão entre a densidade de fluxo magnético na folga concentrador de campo-tubo e na folga bobina-concentrador de campo. Este fator de concentração pode ser determinado analiticamente ou por análises numéricas pelo método dos elementos finitos ou por medições de densidade de fluxo magnético (BEERWALD, 2005; DIETZ; LIPPMAN; SCHENK, 1967; PAESE *et al.*, 2019).

3 Uniãos por interferência

As uniões por interferência têm seu mecanismo baseado na interferência elasto-plástica do tubo e do mandril a serem unidos. A resistência mecânica da união por interferência produzida por conformação eletromagnética é fortemente dependente na área de contato, no coeficiente de atrito e na tensão de interferência ao longo da interface entre tubo e mandril. Os primeiros dois parâmetros influenciam diretamente a resistência mecânica da união, enquanto o último produz uma influência indireta através das propriedades do material, como a tensão de escoamento, o módulo de elasticidade e a rigidez geométrica dos componentes a serem unidos (KLEINER *et al.*, 2006).

A tensão de interferência na interface de contato depende da velocidade de impacto e da massa do tubo sendo comprimido, os quais são dependentes da energia de carga e da folga inicial a_0 entre o tubo de raio interno r_i e o mandril. Marré *et al.* (2004), consideram que esta folga é crucial no que diz respeito ao desempenho geral da união, e concluíram que sem usar um valor de folga adequado, nenhuma resistência significativa é provável de ser obtida. Como o aumento de energia nos capacitores resulta em uma maior velocidade de constrição do tubo e como a folga inicial representa a distância disponível para o tubo acelerar e desacelerar, é necessário equilibrar a relação entre o pulso de energia e a folga inicial de tal maneira que a velocidade de impacto do tubo atinja o maior valor possível, conforme ilustra a Figura 2. Isso garante a produção de uma união de alta resistência mecânica e com desempenho geralmente superior à do tubo sozinho (BARREIRO *et al.*, 2006).

Figura 2 – Princípio do processo de união por compressão eletromagnética.



Fonte: Adaptado de Barreiro *et al.*, 2006; Hammers *et al.*, 2008.

A resistência das uniões por interferência é determinada por meio de testes de separação. A força de separação depende da tensão da interface, coeficiente de atrito, área de contato e encruamento. Entretanto, é muito difícil estabelecer uma relação matemática entre a resistência da união e as variáveis citadas que estão envolvidas no processo. No caso do atrito, por exemplo, apesar de o coeficiente de atrito

poder ser determinado por meio de testes tribológicos, observações microscópicas mostram que o contato real entre as duas partes unidas por conformação eletromagnética está longe de ser ideal. Na verdade, apenas algumas zonas entram em contato ao longo do comprimento total da união. Adicionalmente, a folga remanescente também não é constante ao longo de sua circunferência (SCHULZE; BARREIRO; LÖHE, 2006).

No caso do encruamento, por exemplo, embora a curva tensão-deformação possa ser facilmente obtida por meio de ensaios de tração, a avaliação da tensão de interface é muito difícil de obter e extremamente dependente das propriedades dos materiais (BARREIRO *et al.*, 2006). Estes problemas mencionados justificam a avaliação da força de separação por meio de ensaios de tração sem recorrer a modelos analíticos ou numéricos.

4 Metodologia

4.1 Fabricação e Avaliação das Uniões

Tubos de alumínio na liga AA6082-O foram unidos à mandris usinados a partir de barras de aço AISI 1045. O módulo de elasticidade da liga de alumínio é igual a 72 GPa e do aço AISI 1045 igual a 205 GPa. Barras de alumínio de diâmetro de 20 mm foram usinadas para obtenção de tubos com diâmetros externo e interno de 15 e 13 mm, respectivamente. Os mandris foram usinados a partir de barras de aço, para utilização de folga radial entre tubo e mandril entre 0.025 e 1,5 mm, isto é, o diâmetro do mandril variou de 10 a até 12.95 mm. Em complemento, durante a avaliação sistemática e gradual de parâmetros, mandris com diferentes níveis de rugosidade foram preparados por torneamento.

Para a fabricação das uniões foi utilizada a máquina SMU1500LC, com capacitância de 60 μF e 1500 J de energia máxima de carga; bobina ferramenta SMU K40-12/30 e um concentrador de campo SMU-F40-16/16, todos da empresa Poynting GmBh. O comprimento nominal das uniões foi condicionado pela geometria do concentrador de campo, estabelecido em 16 mm. O processo de união foi realizado variando a energia de carga entre 700 e 1300 J.

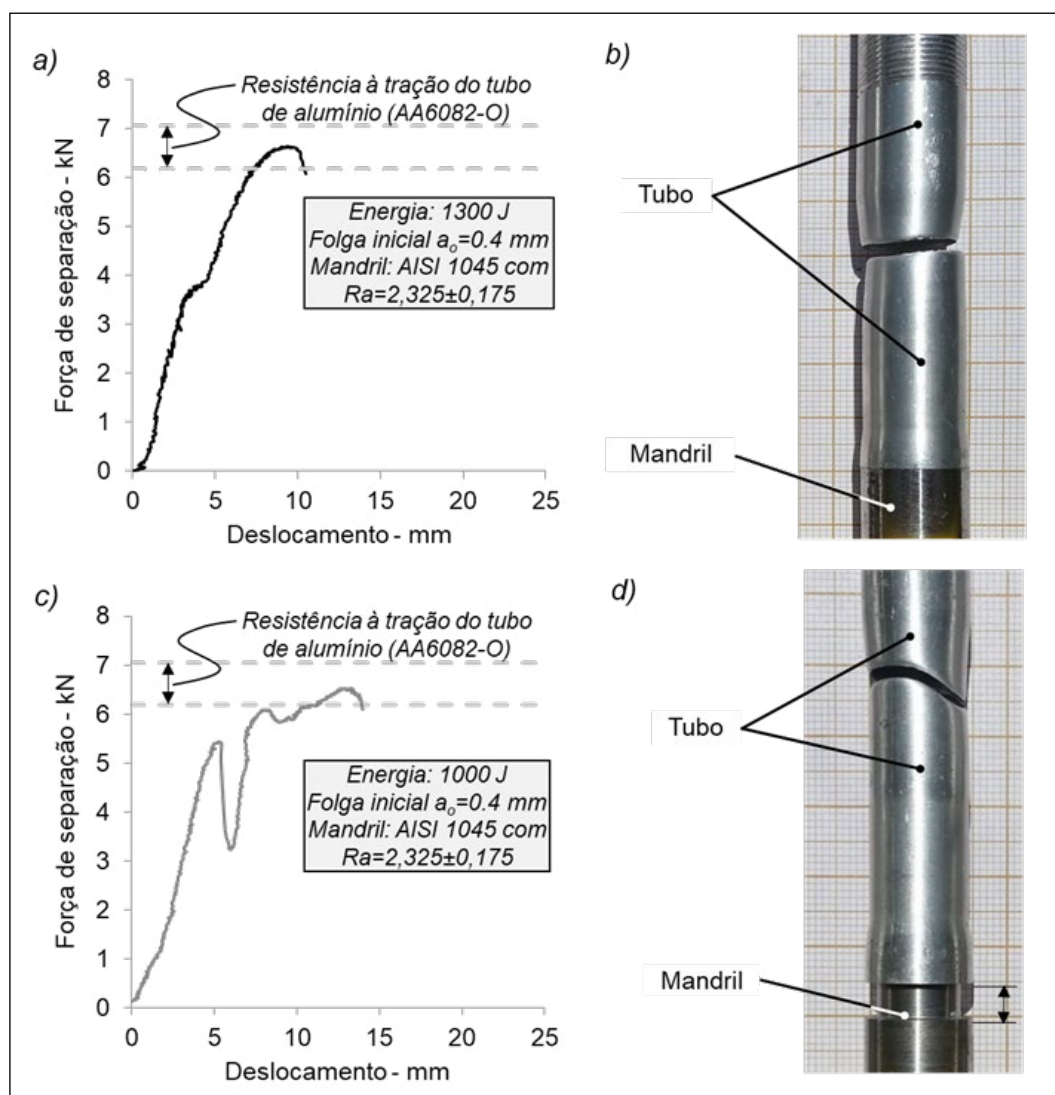
A resistência das uniões por interferência foi avaliada pelo teste de separação, realizado em uma máquina United Digital Speedy Tester LCH-20, a uma velocidade constante de 0,05 mm/s. A força de separação foi comparada contra a força de ruptura do tubo de alumínio AA6082-O, a qual foi utilizada como referência, variando entre 6,1 e 7,05 kN.

5 Resultados e Discussão

5.1 Avaliação da resistência mecânica das uniões

Considerando as uniões fabricadas com energias de 1000 e 1300 J, ambas para uma mesma condição média do parâmetro de rugosidade de mandril e de folga radial inicial entre as partes, é possível verificar a relação entre energia de carga nos capacitores e a decorrente pressão magnética com a pressão de interferência e, consequentemente, a resistência mecânica (força de separação) da união, conforme mostra a Figura 3.

Figura 3 – Curvas características típicas de força de separação *versus* deslocamento em ensaios de tração e o respectivo resultado das amostras. Em (a) e (b) para energia de carga de 1300 e em (c) e (d) para energia de carga de 1000 J.



Fonte: Dos autores.

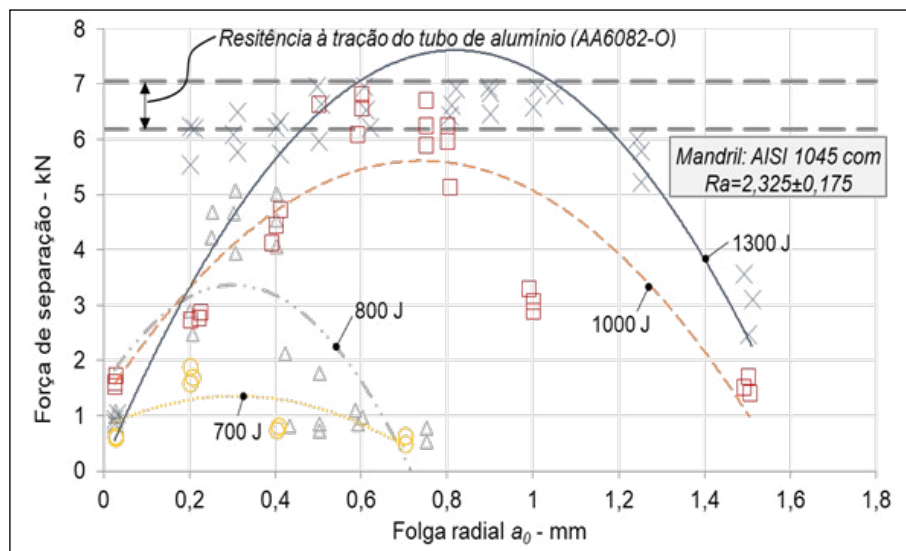
As Figuras 3 (a) e (c) apresentam duas curvas características que foram verificadas durante os ensaios de tração para avaliação da resistência mecânica das uniões. Na Figura 3(a) a força aumenta de forma direta, sofrendo uma pequena variação por um dado instante, para prosseguir com um comportamento linear até a deformação plástica do tubo atingir um nível crítico, o que leva à fratura abrupta do tubo em região próxima a área da união, como mostrado na Figura 3(b).

Já na Figura 3(c), a força aumenta e então decresce subitamente. Após esta variação, o tubo inicia a deslizar do mandril, apresentando um típico efeito de travamento (*seizing effect*), onde as asperezas das superfícies do tubo e mandril se engancham e acabam por dificultar ou impedir o deslizamento relativo entre a peças. Consequentemente, a força de separação aumenta novamente até que o tubo sofra ruptura ou seja arrancado do mandril.

5.2 Avaliação da folga radial inicial e da energia de carga

A Figura 4 apresenta a evolução da força de separação em função da energia de carga e da folga radial para as uniões produzidas. É importante frisar que neste caso, para os mandris em aço AISI 1045, os quais foram torneados com um avanço de 0.2 mm/rev, a superfície resultante gerada tem um valor médio de parâmetro de rugosidade $Ra=2,325 \pm 0,175 \mu\text{m}$.

Figura 4 – Resultados de ensaios de separação para energia de carga de 700, 800, 1000 e 1300 J.



Fonte: Dos autores.

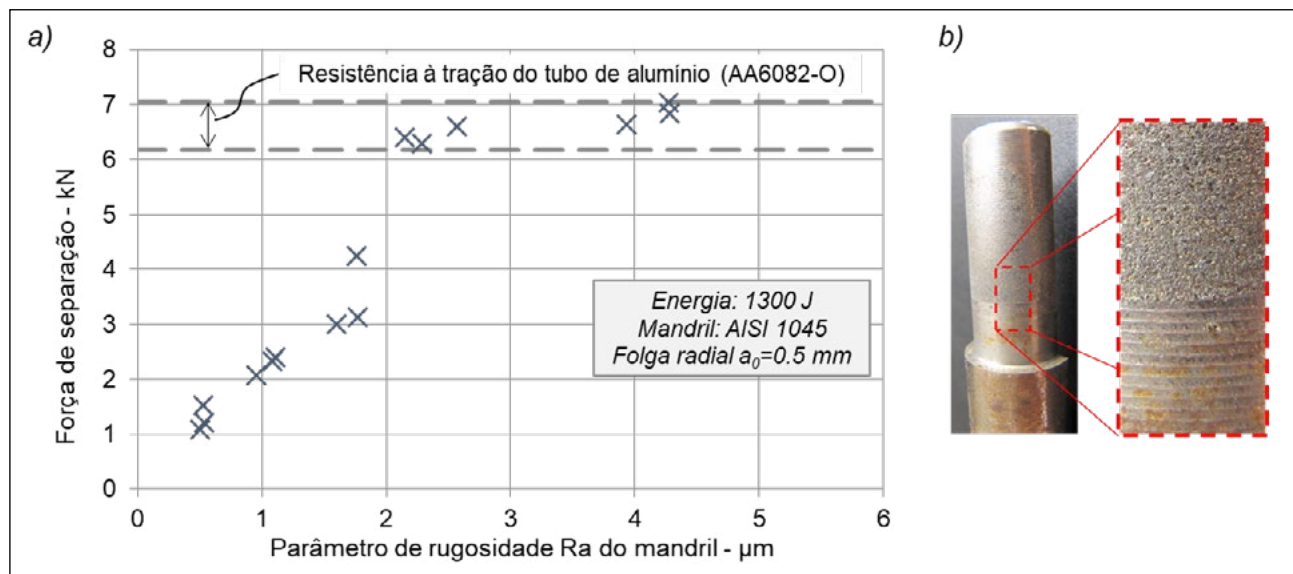
Na Figura 4 a força de separação varia com a folga radial, iniciando de 0,05 mm, onde essa folga é aumentada até que resulte em um valor máximo para a força de separação, o qual em seguida decai. De forma a possibilitar clareza, tendências parabólicas puramente ilustrativas foram adicionadas aos grupos de dados experimentais. A folga inicial representa a distância disponível para a parede do tubo acelerar e desacelerar, assim, o uso de valores que são menores ou maiores do que a folga radial “ótima” resultam na queda da resistência mecânica da união. Outro aspecto observado é que o valor de folga radial “ótima” aumenta com a maior energia de carga. Desta forma, para cada valor de energia, deverá existir somente um valor “ótimo” ou intervalo de valores, conforme mencionado por Barreiro; Schulze; Löhe, (2008). Ao se observar o nível de energia de carga, verifica-se que a força de separação aumenta com o aumento da energia, como relatado em demais trabalhos (GEIER *et al.*, 2013, 2020; RAJAK; KORE, 2017, 2018).

5.3 Rugosidade da Superfície do Mandril

Esta análise foi realizada para verificar a possibilidade de aumento da resistência da união mediante alteração do estado da superfície do mandril, baseado em uma condição de folga radial específica, $a_0=0,5$ mm, a partir dos resultados da Figura 4. O parâmetro de rugosidade da superfície Ra dos mandris foi modificado pela alteração do avanço no processo de usinagem de 0,05 a até 0,3 mm/rev, enquanto a energia de carga foi mantida constante em 1300 J. A influência da rugosidade do mandril na força de separação pode ser vista na Figura 5.

A Figura 5 mostra que o aumento da rugosidade superficial melhora a resistência das uniões, atingindo a máxima resistência mecânica para valores de Ra superiores a 2,1 μm , indicando que a preparação dos mandris quanto à rugosidade da superfície deve merecer atenção para o projeto de uniões por interferência.

Figura 5 – (a) Influência da rugosidade do mandril na força de separação e (b) detalhe apresentando as superfícies do mandril e da interface da união.



Fonte: Dos autores.

6 Considerações Finais

Este trabalho investigou a resistência mecânica de uniões por interferência de tubos de alumínio AA6082-O manufacturados por conformação eletromagnética considerando a influência de parâmetros de processos. Os parâmetros principais foram gradualmente analisados em termos da folga inicial entre tubo e mandril, a energia de carga e as condições de rugosidade da superfície do mandril. Os resultados demonstraram que a resistência da união está fortemente relacionada com os parâmetros do processo mencionados. Além disso, foi observado que a resistência de uma união pode ser aprimorada para um valor específico de folga inicial enquanto a energia de carga é mantida constante, o que pode ser atingido mediante alteração da rugosidade da superfície do mandril. Valores máximos de força de separação superiores à força de ruptura do tubo sozinho foram observados durante os testes de separação, confirmando que a capacidade desta tecnologia para produzir uniões de alta resistência. Presume-se que estas são importantes contribuições que podem estender a aplicação de uniões por interferência por conformação eletromagnética.

Referências

BARREIRO, P. *et al.* **Strength of Tubular Joints Made by Electromagnetic Compression at Quasistatic and Cyclic Loading.** (M. Kleiner, Ed.) Proceedings of the 2th Int. Conf. on High Speed Forming. **Anais...** Institut für Umformtechnik - Technische Universität Dortmund, 2006.

BARREIRO, P.; SCHULZE, V.; LÖHE, D. Influence of Process Parameters on Structure and Mechanical Properties of Joints Produced by Electromagnetic Forming and Friction Stir Welding. **Advanced Materials Research**, v. 43, p. 47-56, 2008.

BEERWALD, C. **Grundlagen der Prozessauslegung und -gestaltung bei der elektromagnetischen Umformung**. Dr. Ing. Dissertation Aachen: Universität Dortmund, 2005.

DIETZ, H.; LIPPMAN, H. J.; SCHENK, H. Theorie des Magneform-Verfahrens: Abgestufter Feldkonzentrator. **Elektronische Zeitschrift**, v. ETZ-A 88, n. 19, p. 475-480, 1967.

GEIER, M. *et al.* Interference-Fit Joining of Aluminium Tubes by Electromagnetic Forming. **Advanced Materials Research**, v. 853, p. 488-493, dez. 2013.

GEIER, M. *et al.* Experimental Analysis of Interference-Fit Joining of Aluminum Tubes by Electromagnetic Forming. **IEEE Transactions on Applied Superconductivity**, v. 30, n. 4, p. 1-6, 2020.

GEIER, M.; GEIER. **Influência dos parâmetros envolvidos no processo de união por interferência de tubos por cravamento eletromagnético**. Doutorado—[s.l.] UFRGS, 2014.

HAMMERS, T. *et al.* **Influence of Mandrel's Surface on the Mechanical Properties of Joints Produced by Electromagnetic Compression**. (M. Kleiner, E. A. Tekkaya, Eds.) Proceedings of the 3th International Conference on High Speed Forming. **Anais...** Dortmund, Germany: 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2003/27085>>

HAMMERS, T. *et al.* Influence of Mandrel's Surface and Material on the Mechanical Properties of Joints Produced by Electromagnetic Compression. **Steel Research International**, v. 80, n. 5, p. 366-375, 2009.

KAMAL, M. **A uniform pressure electromagnetic actuator for forming flat sheets**. [s.l.] OHIO State University, 2005.

KINSEY, B.; NASSIRI, A. Analytical model and experimental investigation of electromagnetic tube compression with axi-symmetric coil and field shaper. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, v. 66, n. 1, p. 273-276, 2017.

KLEINER, M. *et al.* **Investigation of Force-Fit Joints Produced by Electromagnetic Tube Compression**. Annals of the German Academic Society for Production Engineering, WGP. **Anais...** 2006.

MARRÉ, M. *et al.* **Einfluss der Geschwindigkeit beim kraftschlüssigen Fügen rohrförmiger Werkstücke durch elektromagnetische Kompression**. Proceedings of the 11. Paderborner Fügesymposium, Mechanisches Fügen und Kleben. **Anais...** Paderborn: 2004.

NEUBAUER, A.; STROPPE, H.; WOLF, H. **Hochgeschwindigkeitstechnologie der Metallbearbeitung**. Berlin: VEB Verlag Technik, 1988.

PAESE, E. *et al.* Sheet metal electromagnetic forming using a flat spiral coil: Experiments, modeling, and validation. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 263, 2019.

RAJAK, A. K.; KORE, S. D. Experimental investigation of aluminium – copper wire crimping with electromagnetic process : Its advantages over conventional process. **Journal of Manufacturing Processes**, v. 26, p. 57-66, 2017.

RAJAK, A. K.; KORE, S. D. Comparison of different types of coil in Electromagnetic terminal - wire crimping process: Numerical and experimental analysis. **Journal of Manufacturing Processes**, v. 34, n. February, p. 329-338, 2018.

SCHULZE, V.; BARREIRO, P.; LÖHE, D. Investigation of the Influence of Process Parameters on the Structure and the Mechanical Properties of Joints Produced by electromagnetic Compression. **Advanced Materials Research**, v. 10, p. 79-88, 2006.

WALTER, V. *et al.* Joining zone design for electromagnetically crimped connections. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 225, p. 240-261, 2015.

WEBER, F. *et al.* Electromagnetic joining of aluminum and polycarbonate tubes. **Advances in Industrial and Manufacturing Engineering**, v. 6, p. 100109, maio 2023.

WEDDELING, C. *et al.* Influence of groove characteristics on strength of form-fit joints. **Journal of Materials Processing Technology**, v. 211, n. 5, p. 925-935, maio 2011.

WEDDELING, C. *et al.* Analytical methodology for the process design of electromagnetic crimping. **Journal of Materials Processing Tech.**, v. 222, p. 163-180, 2015.

QUALIDADE DE DESODORANTES NATURAIS PRODUZIDOS COM DIFERENTES ÓLEOS ESSENCIAIS

Katiane Laís Marques¹
Thais Müller²
Claudete Rempel³
Mônica Jachetti Maciel⁴

Resumo: Os cosméticos que utilizam matéria-prima natural têm ganhado destaque no mercado consumidor. Pesquisas têm demonstrado que desodorantes e demais cosméticos produzidos com fórmulas tradicionais, que utilizam componentes sintéticos podem representar risco à saúde do consumidor e ao meio ambiente. Fórmulas com matérias-primas naturais demonstraram que cumprem a sua função, inativando as bactérias presentes na axila e fornecendo um aroma agradável ao usuário, além de serem mais saudáveis. O objetivo do presente estudo foi descrever os principais aspectos envolvidos na produção de desodorantes com matéria-prima sintética e com matéria-prima natural, realizando um comparativo entre ambos. As matérias-primas naturais são uma alternativa aos problemas ambientais gerados pelo descarte de desodorantes, além de serem menos nocivos à saúde de quem os utiliza. Os desodorantes naturais produzidos com os óleos essenciais como o de melaleuca (*Melaleuca alternifolia*) e de capim limão (*Cymbopogon citratus*) têm sido descritos como alternativas eficientes, saudáveis e ambientalmente sustentáveis.

Palavras-chave: Caracterização físico-química. Capim limão. Melaleuca.

Introdução

A indústria química integra os lares da maior parte da sociedade de diversas formas, na área alimentícia, de saúde, limpeza, higiene, entre outros. Entre estes, produtos cosméticos e de higiene pessoal possuem grande diversidade e aplicabilidade, tendo como atribuições higienizar, proteger e reparar as diversas partes do corpo humano (BRASIL, 2015). Dentre os produtos que geram, além de asseio, conforto durante o dia, está o desodorante. Este produto tem como propósito evitar o mau odor causado pela decomposição das bactérias e junto a isso fixar um cheiro agradável ao usuário (MARTINES, 2014). Porém, essas vantagens podem estar relacionadas a aspectos desagradáveis. Isso porque fragrâncias, parabenos e conservantes já se mostraram como os principais causadores de dermatites de contato na população brasileira e encontram-se inevitavelmente presentes nos produtos cosméticos tradicionais. Somam-se a esses, substâncias como o agente bactericida triclosan que, além de estarem relacionados a transtornos ambientais, trazem consigo problemas de saúde em longo prazo, sendo suspeitos de promoverem câncer (PARENTE *et al.*, 2015) e por isso, uma parcela da população busca meios mais

1 Engenheira Química – Univates. E-mail: katiane.marques@universo.univates.br

2 Bióloga, Doutora em Ambiente e Desenvolvimento pelo Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento (PPGAD) – Univates. E-mail: mthais@universo.univates.br

3 Coordenadora administrativa e professora do curso de Medicina, professora e pesquisadora dos Programas de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento (PPGAD) e Sistemas Ambientais Sustentáveis (PPGSAS) – Univates. Doutora em Ecologia (UFRGS). E-mail: crempel@univates.br

4 Professora e pesquisadora da área de Ciências da Vida, do Curso de Medicina e do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Ambientais Sustentáveis (PPGSAS) – Univates. Doutora em Ciências Veterinárias (UFRGS). E-mail: monicajm@univates.br

saudáveis e ecologicamente corretos para cuidar da sua higiene, influenciada em grande parte pela mídia e entidades relacionadas às questões ecológicas (ROCHA, 2016).

O Brasil ainda não dispõe de uma legislação específica que regulamente a produção de cosméticos naturais, não existindo assim, uma regra que defina um cosmético natural. O que existe no Brasil são empresas certificadoras, que utilizam diretrizes próprias ou então de outros países que já possuem legislação específica, para analisar e atestar produtos naturais por meio de um selo indicativo (ROMERO *et al.*, 2018).

Além da questão de saúde, existe uma preocupação ambiental em torno do alto consumo de produtos contendo triclosan, um resistente bactericida utilizado nos desodorantes tradicionais, que permanece ativo depois de removido do corpo através do banho, indo parar em rios e lagos pelo sistema de esgoto e sendo comprovadamente tóxico para peixes e alguns tipos de algas, além de retornar ao consumo humano na maioria das vezes sem um tratamento adequado para remoção desse composto (SUZUKI, 2013).

Neste contexto, o objetivo do presente capítulo foi descrever os principais aspectos envolvidos na produção de desodorantes com matéria-prima sintética e natural, realizando um comparativo entre ambos, a fim de demonstrar alternativas mais saudáveis e sustentáveis.

Desenvolvimento

Cosméticos em um panorama geral

O Brasil ocupa o 4º lugar no ranking mundial de maiores mercados consumidores de produtos de higiene pessoal, perfumaria e cosméticos do mundo, ficando atrás somente dos Estados Unidos, China e Japão (ABIHPEC, 2021). A regulamentação do setor cosmético é realizada pela ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), além de ser responsável por reter e autorizar os registros de produtos e de empresas cosméticas. A ANVISA divide os produtos cosméticos em diferentes classes conforme o nível de risco, elencando suas normas de rotulagem, substâncias que são permitidas ou proibidas (MATOS, 2015).

Os produtos de grau de risco um se caracterizam por ter propriedades básicas e gerais que não necessitam de comprovação da eficiência e não requerem informações detalhadas a respeito do seu modo e restrições de uso. Já a classe de grau dois é formada por produtos que possuem indicações específicas, exigindo dessa forma comprovação de segurança e/ou eficácia, além de informações extras quanto ao modo de usar e restrições de uso (BRASIL, 2015).

Cosméticos naturais

No setor cosmético, os produtos sintéticos vêm ganhando espaço frente aos cosméticos naturais e/ou orgânicos por um motivo ainda maior do que o meio ambiente: a saúde. Devido à pele possuir alta capacidade de absorção, o uso de determinados produtos sintéticos pode representar riscos ao organismo, isso porque o nosso corpo não consegue eliminar todos os compostos químicos aplicados sob ele, podendo tornar-se tóxicos ao longo do tempo e frequência de uso (ROCHA, 2016).

Cosméticos naturais são aqueles que não utilizam aditivos sintéticos em sua composição, e também não possuem ingredientes providos de animais vertebrados sacrificados em virtude da obtenção da matéria-prima. Para ser considerado natural, um cosmético deve conter um percentual mínimo de matérias-primas naturais, valor que varia de acordo com o tipo de cosmético (IBD, 2020). São classificadas como naturais as matérias colhidas ou obtidas diretamente da natureza para utilização em cosméticos, podendo ser de origem vegetal, como extratos e óleos, animal, como mel e o leite, ou mineral, como a argila (BARATA, 2003).

Apesar de o Brasil não contar com uma legislação nesse âmbito, o Ecocert e o Instituto Biodinâmico (IBD), duas das maiores certificadoras de produtos orgânicos e naturais no país, elencam exigências e concedem selos a produtos orgânicos ou naturais, usando como base parâmetros internacionais já estabelecidos em regulamentação do seu país de origem. Essas certificações buscam garantir a credibilidade da empresa cosmética em relação ao consumidor.

Diretrizes IBD

O Instituto Biodinâmico é hoje o maior certificador de produtos naturais e orgânicos da América Latina. Sua missão é tornar esse mercado mais transparente, a fim de que consumidores possam estar convictos ao adquirir um produto genuinamente natural através de um selo informativo. Em relação aos produtos cosméticos, o IBD segue fortemente as diretrizes da *The International Natural And Organic Cosmetics Association*, em português “Associação Internacional de Cosméticos Naturais e Orgânicos – NATRUE” para o consentimento do selo (SOUZA; BATISTA; CÉSAR, 2019). Para considerar um produto natural, é necessário abranger um percentual mínimo de substâncias naturais e máximo de derivadas de naturais. Para um desodorante natural, por exemplo, é necessário que sua composição tenha no mínimo 10% de substâncias naturais e no máximo 30% de substâncias derivadas do natural (IBD, 2020).

Matérias-primas

Matérias-primas naturais são substâncias de origem vegetal, mineral ou animal e suas misturas. Para manter a qualidade e classificação de matérias naturais, é permitido empregar em seu manejo apenas processos físicos, como extrações, ajustes de pH e troca iônica com os solventes, agentes de purificação, e sais listados nas normas do IBD que têm como referência a normativa NATRUE (IBD, 2020).

As fragrâncias naturais que correspondem a ISO 9235:2013 são consideradas matérias-primas naturais, como os extratos naturais, óleos essenciais, compostos isolados de óleos essenciais e também os óleos essenciais reconstituídos (ISO, 2013). Fragrâncias sintéticas nomeadas como idênticas aos compostos naturais não podem ser usadas em cosméticos certificados (IBD, 2020).

As matérias-primas derivadas do natural são sempre originadas de fontes naturais, como por exemplo, gorduras, ceras, polissacarídeos e proteínas. Estas devem preferencialmente vir de insumos orgânicos e só podem ser usadas se forem produzidas por reações químicas e processos biotecnológicos de reduzidas etapas de conversão, como a formação de glicerídeos por digestão de gordura, ou de cera após uma reação com pirólise. Além disso, havendo materiais catalisadores estes devem ser completamente removidos depois de finalizada a reação, mantendo apenas traços considerados tecnicamente isentos no produto final (IBD, 2020).

Produtos para o suor

A microbiota das axilas é dividida em microbiota residente e microbiota transitória. A microbiota transitória se adere fracamente à pele e é encontrada junto à gordura e à sujidade, sendo removida em até 90% nas lavagens com água e sabão. Essa microbiota é constituída principalmente pelos gêneros *Escherichia coli*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa* e *Klebsiella sp.* Já a microbiota residente se encontra mais fixada e tem a função de recolonizar a pele quando as de superfície são removidas. Essa reconstrução da população bacteriana acontece em até 8 horas e pode ser eliminada através do uso de antissépticos, presentes nos desodorantes e antitranspirantes. A microbiota residente é formada principalmente pelos gêneros *Staphylococcus*, *Corynebacterium*, *Micrococcus*, *Proteus* e *Propionibacterium*, sendo os dois primeiros responsáveis pelos odores axilares mais comuns (SUZUKI, 2013).

Apesar de a transpiração ser um fenômeno natural e necessário para o bom funcionamento do corpo, essa ocorrência se mostra incômoda à sociedade moderna, abrindo espaço para que a indústria cosmética disponibilize diversas opções de produtos para evitar e/ou mascarar o mau odor provido do suor, seja no formato líquido, com loções, *roll-ons*, *squeeze-sprays* e aerossóis, na forma de cremes, *sticks*, géis ou ainda de forma sólida (BARATA, 2003).

Para que ocorra o mascaramento do odor, podem ser inseridas na formulação substâncias como o bicarbonato de sódio e potássio, seu caráter básico trata de neutralizar os ácidos carboxílicos causadores do mau cheiro. Existem também os compostos adsorvedores de odor, como sulfato duplo de alumínio e potássio, que trabalham retendo os gases odoríferos no interior de suas moléculas (TOLENTINO, 2019).

A eliminação dos microrganismos por sua vez é obtida ao inserir, junto à composição do desodorante, substâncias antissépticas que eliminam bactérias presentes na pele e assim evitam a decomposição do suor. São exemplos dessas substâncias o triclosan, dietileno-triamino-pentacético (DTPA), etanol, fernazol e cloreto de benzalcônio (TOLENTINO, 2019).

Há ainda formulações que buscam uma redução do fluxo transpiratório por meio do uso de substâncias como o cloridrato de alumínio e o alumínio-zircônio complexados com glicina. Esses compostos têm como função formar uma barreira física que bloqueia a passagem do suor. Tais substâncias são encontradas somente na composição dos antitranspirantes, sendo o seu principal diferencial (HERNANDEZ; MERCIER-FRESNEL, 1999).

Desodorantes

Os desodorantes são considerados pela ANVISA cosméticos de grau um, por possuírem propriedades básicas e generalistas (BRASIL, 2015). Esses produtos agem no combate às bactérias presentes na pele, responsáveis pelo mau odor. Para isso, se utilizam de dois artifícios: neutralizam os ácidos de odores desagradáveis resultantes da digestão bacteriana com o uso de sais de caráter básico, e inativam as bactérias presentes na pele através do uso de antissépticos. Além disso, os desodorantes contam com fragrâncias marcadas, servindo para perfumar e também mascarar possíveis odores (MARTINI, 2020).

Dentre os antissépticos mais comuns a serem empregados nos desodorantes estão substâncias como triclosan e o diclorofenol, que apresentam características bactericidas. Limitando o crescimento de bactérias na pele, essas substâncias evitam que o suor seja decomposto pelas bactérias, não produzindo ácidos de mau cheiro.

Antitranspirantes

Os antitranspirantes, também chamados de antiperspirantes, são produtos classificados como grau dois pela ANVISA, devido às suas específicas indicações de uso. Eles têm o objetivo de inibir a transpiração, fazendo a pele permanecer seca e minimizando o desconforto gerado pelo suor. Para que isso ocorra, os antitranspirantes trazem em suas formulações sais de alumínio e alumínio-zircônio, que fecham parcialmente os dutos sudoríparos, reduzindo o fluxo de suor das secreções das glândulas sudoríparas (MORAES, 2015).

Além disso, os antitranspirantes são constituídos por cátions de alumínio (Al^{3+}) que coagulam as proteínas presentes na transpiração e formam uma espécie de película gelatinosa com o suor. Essa película impede a saída do suor para a roupa, sendo esse um fator bastante procurado pelo consumidor ao adquirir um antitranspirante. Os antitranspirantes, igualmente aos desodorantes, também contêm fragrâncias e ativos antissépticos (MATOS, 2015).

Desodorantes tradicionais e seus componentes maléficos

Apesar de conhecerem os riscos, a maioria das indústrias cosméticas continua fazendo uso dessas substâncias devido ao seu baixo custo, facilidade de obtenção e de manipulação (THOMAS, 2008). Dentre as substâncias que compõem certos cosméticos, algumas são suspeitas de serem tóxicas ou cancerígenas. É o caso de componentes como parabenos, formaldeído, petróleo, triclosan, ftalatos, lauril éter sulfato de sódio, alumínio, amianto, chumbo e vários outros (SUBRAMANIAN; FIEDLER, 2017).

Conforme Parente (2015), o câncer é uma patologia crônica que consiste no crescimento de células neoplásicas que tiveram seu código genético alterado de forma desordenada. Há uma perspectiva de que 5 a 10% das ocorrências de câncer são de caráter hereditário, enquanto todo o restante deve-se a danos causados no material genético durante a vida da pessoa, podendo estes ter origem física, química ou biológica.

A principal preocupação nos cosméticos são os chamados componentes xenoestrógenos, substâncias química exógenas, que imitam o hormônio estrogênio, podendo implicar em puberdade precoce e demais distúrbios do sistema reprodutor. No desodorante, essas substâncias estão representadas pelo triclosan, fragrâncias sintéticas, parabenos, entre outras (PARENTE *et al.*, 2015).

O triclosan, conhecido como bisfenol fenil éter clorado sintético, é usado como um agente antimicrobiano em desodorantes, pastas de dente e demais produtos de higiene pessoal, e serve para eliminar as bactérias as quais tem contato. Apesar da sua finalidade positiva, estudos *in vitro* já evidenciaram que o triclosan estimula o crescimento de células de câncer de mama e de ovário, devido a sua atuação nos receptores de estrógenos do tipo α (PARENTE *et al.*, 2015).

São chamadas de desreguladores endócrinos (DE) as substâncias capazes de interferir nas funções do sistema endócrino, corrompendo seu equilíbrio e podendo levar a efeitos adversos à saúde. O triclosan não é classificado como um DE, mas é considerado um DE emergente ou suspeito de simular a função do hormônio estrogênio no corpo, agindo no processo de tumorigênese na mama, próstata e/ou ovário (KIM *et al.*, 2014). Para comprovar tal suspeita, estudos como o de Kim *et al.* (2014) examinaram as expressões transcricionais e translacionais de células cancerosas após exposição a triclosan *in vitro* e concluíram que

este pode estimular o surgimento de câncer de ovário, regulando o ciclo de morte celular programada, chamada de apoptose, por meio de uma via dependente de receptor de estrogênio.

Além disso, a ineficiência no tratamento da água em relação a esse bactericida faz com que o mesmo permaneça e acumule no manancial que suprirá o sistema de abastecimento de água potável de uma população, podendo estar associado ao aumento da resistência a diversos antibióticos (SUZUKI, 2013).

Os parabenos por sua vez são amplamente usados em cosméticos como forma de conservante. Além de apresentarem atividades pró-oxidantes na pele e estarem relacionados a casos de dermatite alérgica de contato, os parabenos, de maneira semelhante ao triclosan, são miméticos do estrogênio, ou seja, podem ser confundidos pelo corpo como um hormônio. Essa situação os torna potenciais gatilhos para o desenvolvimento de câncer de mama, apesar de essa periculosidade ainda não ser aceita pelos órgãos de vigilância (THOMAS, 2008).

Estudos demonstram que os parabenos são responsáveis por desregulações endócrinas que alteram a atividade de hormônios endógenos, a síntese, transporte e metabolismo hormonal (PARENTE *et al.*, 2015). Em relação ao câncer de mama, embora não haja prova de que os parabenos causam câncer, pesquisas detectaram parabenos em tumores de mama humanos, sendo esses de baixa quantidade, mas podendo apresentar riscos quando somados a demais xenoestrógenos (ALLAM, 2016).

O uso de desodorantes com fragrâncias sintéticas está entre os principais fatores nos casos de dermatites de contato alérgicas, isso porque a área das axilas tem sensibilidade aumentada e sofre maior penetração das substâncias, podendo sofrer alergias com concentrações de fragrâncias mais baixas do que outras partes do corpo (SUZUKI, 2013). Além das alergias, as fragrâncias sintéticas trazem consigo um risco ainda maior à saúde humana: apresentam em sua composição químicos de propriedades neurotóxicas, que podem desencadear doenças mielínicas, mutagênicas, carcinogênicas e neuromoduladoras. Apesar de as fragrâncias serem ministradas em concentrações mínimas, sua mutagenicidade faz com que continuem atuando como neuromoduladoras em células do neuroblastoma (tumor extracraniano comum na infância e adolescência) humano, tendo estudos que relacionam seu uso ao aumento no número de casos de autismo registrados desde 1990 (PARENTE *et al.*, 2015).

Desodorante natural e seus componentes

Em vistas dos malefícios que o uso de um desodorante tradicional pode proporcionar à saúde humana, tem-se observado uma busca pelo uso do desodorante natural, um produto que atende às necessidades de higiene e ao mesmo tempo apresenta uma composição que não traz malefícios a longo tempo. Os produtos naturais necessitam de cuidados extras na sua confecção e também preservação, o que pode levar a um custo mais elevado e menor tempo de prateleira, mas esses não são empecilhos para consumidores que buscam preservar a saúde com o seu uso (SEBRAE, 2008).

Os desodorantes naturais podem ser encontrados no formato sólido, líquido, creme ou pasta, contendo compostos naturais de ação bactericida e antisséptica. Da mesma forma que o desodorante tradicional, o objetivo do desodorante natural é limitar o desenvolvimento das bactérias na superfície da pele, evitando assim que elas degradem os derivados proteicos do suor e causem o mau odor (FERRARI *et al.*, 2015).

Cada matéria-prima empregada na concepção do desodorante cumpre uma função no produto final. Tais ingredientes podem ser divididos em dois grupos principais: o grupo funcional e o de desempenho. Os ingredientes de desempenho são aqueles que compõem a função principal do desodorante, ou seja, causam a inativação das bactérias. Os componentes funcionais por sua vez são responsáveis pela conservação, textura e aplicabilidade do desodorante (GERSON, 2012).

No desodorante líquido, a água é o componente de maior concentração. Ela age como veículo, mantendo os demais componentes na solução e auxiliando na aplicação do produto, e como componente de desempenho, recuperando a umidade da pele. Os desodorantes nos formatos sólido, creme ou pasta podem não conter água e assim serem chamados de anidros. Nesse caso os produtos incluem óleos em sua formulação, providos de origem vegetal. A vantagem de não usar água na composição do desodorante natural é que o ambiente fica menos propício para bactérias degradarem o produto e por isso sua validade é relativamente maior (GERSON, 2012).

Componentes da pasta base

O óleo de macadâmia e a manteiga de karité são componentes de função emoliente, que trazem maciez e melhor aplicabilidade do produto à pele. A manteiga entra ainda com uma segunda função ao apresentar propriedades hidratantes devido a presença de ácidos graxos, como ácido oleico (ômega 3), palmítico, linolênico e ácido esteárico, e propriedades antioxidantes devido ao alto teor de vitaminas A e E (SEGMAN; WIESMAN; YARMOLINSKY, 2012).

Como espessantes, a formulação levou a adição de cera de abelha, trazendo uma maior consistência do produto e permitindo a obtenção de uma dureza específica, mas mantendo a elasticidade na aplicação (MARTINS, 2015), e o ácido esteárico, um ácido graxo de cadeia longa que proporciona uma fase oleosa que derrete na temperatura corporal e cristaliza de forma adequada, proporcionando uma película protetora não oleosa. Ainda, sua utilização na formulação confere um aspecto atraente lustroso ao produto (WILKINSON; MOORE, 1990).

O bicarbonato de sódio por sua vez é utilizado em regiões de sudorese com o intuito de neutralizar a geração de ácidos carboxílicos por meio da decomposição das bactérias. Sua ação neutralizadora evita a formação de odores ácidos desagradáveis e é bastante duradoura (LÓPEZ, 2017; MATOS, 2015).

Entrando como um aditivo à formulação, a argila mineral branca traz consigo ação refrescante e alívio de inflamações, comuns após raspagem de pelos da área da axila. A argila branca possui uma propriedade particular e interessante quando aplicada em desodorantes, a de clarear a pele. Tal propriedade é fornecida através da melhoria na circulação e nutrição local (AWOYAMA; VIEIRA; CARVALHO, 2021).

O amido de milho por sua vez é inserido no desodorante como agente de suspensão, sendo que a quantidade empregada fará com que o desodorante adquira consistência e viscosidade específicas de pasta (REBELLO, 2011).

Composto ativo - óleos essenciais

Os óleos essenciais participam da formulação do desodorante com um papel muito importante: o controle do crescimento microbológico (LIMA *et al.*, 2020). O óleo essencial de melaleuca (*Melaleuca*

alternifolia) é rico em mono e sesquiterpenos, se destacando pela comprovada ação antimicrobiana principalmente em bactérias do gênero *Staphylococcus*, que habitam a região da axila (LIMA *et al.*, 2020). O óleo possui cerca de 100 componentes, entre eles o terpinen-4-ol, γ -terpineno e alfa-terpineno que correspondem a cerca de 70% da composição total do óleo, sendo o primeiro o responsável pela maior atividade antimicrobiana (BUENO *et al.* 2021). O terpinen-4-ol apresenta caráter hidrofílico e hidrofóbico, o que permite sua difusão pela água ao redor da membrana citoplasmática e pela própria membrana bacteriana, levando a perda de material intracelular e inibição da respiração, ocorrendo, portanto, a perda da integridade e da função da membrana (BORDINI, 2016).

De forma semelhante, o óleo essencial de capim limão (*Cymbopogon citratus*) também apresenta eficiência contra bactérias através do componente citral, presente em até 85% no óleo. Sua utilização no desodorante tem como ação principal a de extinguir as bactérias presentes na axila (SANTOS *et al.*, 2017).

Além dessa propriedade, os óleos essenciais são formados de moléculas voláteis e odoríferas, que trazem à formulação o aroma desejado da planta e ainda escondem o possível odor corporal do usuário, evitando o uso de fragrâncias sintéticas que trazem riscos de alergia e dermatites de contato ao usuário (FERRARI *et al.*, 2015).

Considerações finais

A utilização de matéria-prima sintética, composta por parabenos, formaldeído, petróleo, triclosan, ftalatos, lauril éter sulfato de sódio, alumínio, amianto e chumbo, conforme descrito no presente capítulo, pode causar danos à saúde do consumidor e também ao meio ambiente. Essas substâncias possuem potencial cancerígeno e produzem xenoestrógeno apresentando um risco em sua utilização. Dessa forma, vem surgindo a necessidade de buscar alternativas na produção de cosméticos em geral, dentre eles, os desodorantes. Uma das alternativas é por meio das matérias-primas naturais, como é o caso dos óleos essenciais. Os óleos essenciais de melaleuca (*Melaleuca alternifolia*) e de capim limão (*Cymbopogon citratus*) vem tornando-se alternativas viáveis na produção mais saudável e sustentável de desodorantes, por terem ação antimicrobiana, além de produzirem o aroma corporal desejado, evitarem riscos de dermatites e alergias e também contaminações químicas ambientais.

Referências

ALLAM, M. F. Breast cancer and deodorants / antiperspirants: A systematic review. **Central European Journal of Public Health**, v. 24, n. 3, p. 245-247, 2016. Disponível em: <http://cejph.szu.cz/pdfs/cjp/2016/03/15.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS - ABIHPEC. **A Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos - Essencial para o Brasil**. São Paulo: 2021. Disponível em: <https://abihpec.org.br/panorama_do_setor_atualizado-1103/>. Acesso em: 17 mar. 2021.

AWOYAMA, S. M.; VIEIRA, D. A. Da S.; CARVALHO, C. De. Usos terapêuticos e cosmeceúticos da argila mineral branca. **Revista científica Funvic**, v. 6, n. 1, p. 53-61, 2021. Disponível em: <https://revistaeletronicafunvic.org/index.php/c14ffd10/article/view/254>. Acesso em 01 jun. 2021.

BARATA, E. A. **A cosmetologia, princípios básicos**. São Paulo: Tecnopress, 2003.

BORDINI, E. A. F. **Avaliação dos fatores de virulência, atividade antimicrobiana e viabilidade celular de bactéria cariogênica na presença do terpinen-4-ol: estudo *in vitro***. Dissertação de mestrado (Faculdade de Odontologia de Araraquara. Universidade Estadual Paulista). Araraquara, SP: 2016. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/138899/bordini_eaf_me_arafa_int.pdf?sequence=5&isAllowed=y. Acesso em: 07 nov. 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. **Farmacopeia Brasileira**. 6ª ed. vol. 1. Brasília: 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/farmacopeia/farmacopeia-brasileira>. Acesso em: 01 jun. 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA. **Guia de controle de qualidade de produtos cosméticos: Uma abordagem sobre os ensaios físicos e químicos**. 2ª ed. Brasília: Anvisa, 2008. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/cosmeticos/manuais-e-guias/guia-de-controle-de-qualidade-de-produtos-cosmeticos.pdf/view>. Acesso em: 30 abr. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução da diretoria colegiada - RDC nº 07, de 10 de fevereiro de 2015**. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2015/rdc0007_10_02_2015.pdf. Acesso em: 22 mai. 2021.

BUENO, C. C.; DYNA, F. A. G. M.; OLIVEIRA, A. G. M.; SILVA, T. A. R.; LEMBI, M. K. S.; MORITZ, C. M. E.; SAKAI, O. A. Perfil da exportação e importação de óleos essenciais no Brasil, entre os anos de 2020 e 2021, e a predominância do óleo essencial de *Melaleuca alternifolia* no Paraná. **Research, Society and Development Journal**. v. 10, n. 13, p. ISSN 2525-3409, Outubro 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/21574/19227>. Acesso em: 07 nov. 2021.

FERRARI, A. G.; VICENTE, L. L.; POLONI, M. A.; BARBISAN, J.; MENIN, S. E. A.; TESCAROLLO, I. L. Proposta de fórmula vegetal para desodorante líquido. **InterfaceEHS - Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 10, n. 2, p. 124-135, 2015. Disponível em: <https://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/vol-10-no2-ano-2015/>. Acesso em: 03 mai. 2021.

GERSON, J. **Fundamentos de Estética**. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2012.

HERNANDEZ, M.; MERCIER-FRESNEL, M. Manual de Cosmetologia. 3ª ed. Rio de Janeiro: Revinter, 1999.

IBD. **Diretrizes ingredientes orgânicos e naturais**: para produtos cosméticos e higiene pessoal e ingredientes certificados como natural, vegano e orgânico. 7ª ed. Botucatu: 2020. Disponível em: <https://www.ibd.com.br/guidelines-legislation/>. Acesso em: 01 mai. 2021.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª ed. São Paulo: Adolfo Lutz, 2008.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 9235:2013**: Aromatic natural raw materials - Vocabulary. Genebra, Suíça, 2013. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/51017.html>. Acesso em: 01 abr. 2021.

KIM, J. Y.; YI, B. R.; GO, R. E.; HWANG, K. A.; NAM, K. H.; CHOI, K. C. Methoxychlor and triclosan stimulates ovarian cancer growth by regulating cell cycle- and apoptosis-related genes via an estrogen receptor-dependent pathway. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 37, n. 3, p. 1264-1274, 2014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1382668914000982?via%3Dihub>. Acesso em: 02 abr. 2021.

LIMA, I. P.; SÁ, L. C. de; MARQUES, R.; BARATELA, R. F.; KAKAZU, T. P.; GIORGETTI, L. Cremes desodorantes e antitranspirantes: excipientes, ensaios de controle de qualidade e tecnologias de produção. **Brazilian Journal of Natural Sciences**. v. 3, n. 3, p. 542, 2020. Disponível em: <https://bjns.com.br/index.php/BJNS/article/view/118>. Acesso em: 13 mai. 2021.

LÓPEZ, J. G. **Las substancias inorgánicas como agentes medicinales**. Monografia (Graduação em Farmácia) – Universidade Complutense - Madrid: 2017. Disponível em: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/51799/>. Acesso em: 04 jun. 2021.

MARTINES, E. **Desodorante e antiperspirante**. Resposta técnica do Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. Instituto de Tecnologia do Paraná: 2014. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/sbrt/desodorante-e-antiperspirante,841edae67d541710VgnVCM1000004c00210aRCRD>. Acesso em: 20 abr. 2021.

MARTINI, M. C. **Deodorants and antiperspirants**. *Annales de Dermatologie et de Venereologie*. v. 147, n. 5, p. 387-395, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0151963820300120>. Acesso em: 23 mar. 2021.

MARTINS, D. B. S. **Desenvolvimento e testes de estabilidade de protetor labial com vitamina E**. Monografia (Graduação em Farmácia) - Universidade de Brasília, Faculdade de Ceilândia. Brasília: 2015. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/10948>. Acesso em: 20 mai. 2021.

MATOS, S. P. DE. **Noções Básicas em Dermatocosmética**. 1. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 2015.

MORAES, C. A. P.; MOREIRA, M. A. L.; MAIA, C. R. DE A. Toxicidade de triclosan em desodorantes. **InterfacEHS - Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 10, n. 2, p. 47-61, 2015. Disponível em: <https://www1.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/vol-10-no2-ano-2015/>. Acesso em: 03 mai. 2021.

OLIVEIRA, M. I.; SCHNEIDER, M.; ROSA, M. B. da; SILVA, C. M. da; MORAES, M. S. A.; SCHNEIDER, R. de C. de S.; KIST, L. T. Extração e caracterização do óleo essencial de melaleuca e desenvolvimento de uma formulação semi-sólida de uso tópico. **Revista Jovens Pesquisadores**, v. 5, n. 1, p. 50-59, 2015. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/jovenspesquisadores/article/view/5806>. Acesso em: 01 jun. 2021.

PARENTE, L. M. L.; CARNEIRO, L. M.; TRESVENZOL, L. M. F.; MAKISHI, G. F. C.; GARDIN, N. E. Câncer de mama e cosméticos. **Arte Médica Ampliada**, v. 35, n. 1, p. 20-23, 2015. Disponível em: <http://abmanacional.com.br/article/cancer-de-mama-e-cosmeticos-breast-cancer-and-cosmetics/>. Acesso em: 04 abr. 2021.

REBELLO, T. **Guia de produtos cosméticos**. 9. ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2011.

ROCHA, J. O. **Hábitos de consumo de cosméticos naturais na cidade de Porto Alegre**. Monografia (Graduação em Administração) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/158389>. Acesso em: 10 abr. 2021.

ROMERO, V.; KHURY, E.; AIELLO, L. M.; FOGLIO, M. A.; LEONARDI, G. R. Differences between organic and natural cosmetics: clarifying literature for prescribers. **Surgical & Cosmetic Dermatology**, v. 10, n. 3, p. 188-193, 2018. Disponível em: <http://www.dx.doi.org/10.5935/scd1984-8773.20181031087>. Acesso em: 25 mar. 2021.

SANTOS, P. H. de A. S.; CUNHA, G. S. P.; OLIVEIRA, S. P.; SILVA, L. M. V.; SOUZA, C. N. de; NOGUEIRA, M. de O.; SILVA, J. M. de A.; PORTO, R. R.; ALMEIDA, A. C. de. Sensibilidade de *Staphylococcus* sp. oxacilina resistentes ao óleo essencial de capim-limão (*Cymbopogon flexuosus* (steud) watts). **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v.8, p. 573-577, 2017. Disponível em: <https://www.acervosaude.com.br/doc/REAS43.pdf>. Acesso em: 27 mai. 2021.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Cosméticos à base de produtos naturais**. Estudos de Mercado Sebrae/ESPM, 2008. Disponível em: [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/F52BEDF31ED68D4A83257553006FC5A3/\\$File/NT0003DCE6.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/F52BEDF31ED68D4A83257553006FC5A3/$File/NT0003DCE6.pdf). Acesso em: 20 mar. 2021.

SEGMAN, O.; WIESMAN, Z.; YARMOLINSKY, L. **Cocoa Butter and Related Compounds**. Urbana, EUA: AOCS Press, 2012. p. 417-441. E-book. ISBN 978-0-9830791-2-5. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780983079125500207>. Acesso em: 03 jun. 2021.

SOUZA, R. P. de; BATISTA, A. P.; CÉSAR, A. da S. As tendências da Certificação de Orgânicos no Brasil. **Estudos Sociedade e Agricultura**. v. 27, n. 1, p. 95-117, 2019. Disponível em: https://revistaesa.com/ojs/index.php/esa/article/view/ESA27-1_as_tendencias_da_certificacao/ESA27-1_as_tendencias_da_certificacao_PDF. Acesso em: 20 abr. 2021.

SUBRAMANIAN, S.; FIEDLER, C. **Guia Completo da Beleza feita em casa**. 1ª ed. São Paulo: Alaúde Editorial, 2017.

SUZUKI, É. Y. **Óleo essencial de *Origanum vulgare* Linnaeus**: uma alternativa contra as principais bactérias causadoras de mau odor. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/1023>. Acesso em: 01 jun. 2021.

THE INTERNATIONAL NATURAL AND ORGANIC COSMETIC ASSOCIATION - NATRUE. NATRUE Label: requirements to be met by natural and organic cosmetics. Bruxelas: 2021. Disponível em: <https://www.natrue.org/our-standard/natrue-criteria-2/>. Acesso em: 20 mar. 2021.

THOMAS, P. **Skin Deep**: The essential guide to what's in the toiletries and cosmetics you use. 1ª ed. Londres: Rodale, 2008.

TOLENTINO, N. M. DE C. **Processos químicos industriais**: matérias-primas, técnicas de produção e métodos de controle de corrosão. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2019.

WILKINSON, J. B.; MOORE, R. J. **Cosmetología de Harry**. Madrid: Dias de Santos, 1990.

CAPTURA DE CO₂ EM MATERIAIS CIMENTÍCIOS PRODUZIDOS COM AGREGADO RECICLADO DE RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO

Pietra Moraes Borges¹

Eduardo Rigo²

Edna Possan³

Jairo José de Oliveira Andrade⁴

Resumo: Ao longo dos últimos anos, o uso de agregados reciclados (AR) de resíduo de construção e demolição se mostrou uma alternativa promissora para o incremento do conceito de economia circular dentro da indústria da construção. O uso de AR contribui para promover uma destinação mais adequada aos resíduos, minimizando o uso de agregados naturais (AN). Além dos impactos gerados pela exploração de agregados, a produção de materiais a base de cimento também acarreta um grande passivo ambiental devido às altas taxas de emissões de CO₂ associadas ao processo de decarbonatação da rocha calcária durante a produção de cimento Portland. A carbonatação, entretanto, se tornou uma tecnologia atrativa para uso, captura e armazenamento de carbono. Diante disso, este capítulo tem como objetivo esclarecer conceitos a respeito do tema e demonstrar a influência da substituição do agregado natural por agregado reciclado na fixação de carbono.

Palavras-chave: Fixação de CO₂, Resíduos Sólidos, Sustentabilidade.

Introdução

Os gases de efeito estufa (GEE) são um dos fatores responsáveis pela possibilidade de existência de vida na Terra. Conhece-se o efeito estufa como um processo natural que garante o aquecimento do planeta e o equilíbrio de diversos sistemas bióticos e abióticos. Porém, com a era industrial, as emissões antropogênicas aceleraram significativamente o processo de aquecimento global, tornando-o preocupante (LALLANILA, 2018). Os GEE de maior evidência são: dióxido de carbono (CO₂), metano, óxido nitroso, clorofluorcarbonetos (CFC), vapor de água e ozônio. O CO₂ torna-se particularmente preocupante quando constatado que é responsável por 76% do processo de aquecimento global tendo uma vida útil na atmosfera de milhares de anos. Registrou-se, desde o período pré-industrial, um aumento de 49% na concentração de CO₂ na atmosfera, passando de 280 ppm para 419,2 ppm em 2022 (NOAA, 2022). Esse aumento exponencial fomenta o processo de mudança climática que pode gerar consequências como: mudança nos padrões de precipitação, maior frequência e períodos mais longos de seca, aumento no nível do mar, derretimento das camadas polares de diversos lugares do mundo, dificuldades na produção de alimentos, mudanças na umidade relativa do ar, extinção de flora e fauna entre outras (KALIYAVARADHAN; LING, 2017).

1 Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais – PUCRS. E-mail: pietra.borges@acad.pucrs.br

2 Doutorando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – UFPR. E-mail: eduardorigo.e@gmail.com

3 Professora Titular do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – UNILA. E-mail: epossan@gmail.com

4 Professor Titular do Programa de Pós-graduação em Engenharia e Tecnologia de Materiais – PUCRS. E-mail: jairo.andrade@pucrs.br

A indústria cimenteira mundial, dentro desse contexto, é responsável por aproximadamente 8% das emissões antropogênicas. Os maiores causadores dessas emissões no processo de fabricação do cimento são a descarbonatação da rocha calcária e o uso de combustíveis fósseis (PACHECO TORGAL *et al.*, 2012). No Brasil, são emitidos em média 832 kg de CO₂ por tonelada de clínquer, material esse que é considerado o principal no desenvolvimento de resistência no cimento Portland (GCCA, 2018). A realidade nacional ainda contou com uma produção de cimento de 42,4 milhões de toneladas em 2019. Aproximadamente 55% do total de cimento produzido é aplicado para produção de argamassas, contabilizando 23,3 milhões de toneladas de cimento para essa funcionalidade (JOHN, 2019). Para países em desenvolvimento econômico, como é o caso brasileiro, a necessidade do uso de materiais cimentícios advém da imprescindível expansão da infraestrutura urbana e industrial.

Buscando mitigação dos impactos ambientais, em 2009 foi publicado o *Roadmap* para indústria do cimento onde constam métodos e metas para redução do impacto ambiental no setor. As principais medidas citadas são: melhoria na eficiência energética, uso de combustíveis alternativos, substituição do clínquer na composição do cimento por materiais menos emissivos e, por fim, as tecnologias de uso, armazenamento e captura de carbono (WBCSD, 2020). No panorama nacional, a mudança dos percentuais de substituição do clínquer por demais materiais, aplicada na NBR 16697 (ABNT, 2018), foi fundamental para a diminuição das emissões por kg de cimento produzido no Brasil. Dentro das tecnologias de captura e armazenamento de carbono disponíveis podem-se citar a carbonatação natural e a cura carbônica dos materiais cimentícios, procedimentos fundamentais para que sejam alcançadas as metas do *Roadmap* da indústria do cimento.

A carbonatação é definida como a reação físico-química, que acontece naturalmente, capaz de absorver dióxido de carbono da atmosfera transformando-o em carbonatos, tal processo gera um material termodinamicamente estável (CaCO₃). Diversos fatores podem afetar a capacidade de um material, mais especificamente de uma argamassa, de capturar CO₂. Fatores como: proporção de cimento no traço da argamassa, tipo de cimento, tipo de agregado, superfície de contato com o ambiente, umidade relativa, concentração de CO₂ e a presença ou não de revestimento, são apenas alguns exemplos (POSSAN; FELIX; THOMAZ, 2016a). O impacto desse método indireto natural na captura e no balanço de emissões não é um consenso dentro da comunidade acadêmica devido a quantidade de variáveis envolvidas no processo e a dificuldade de comparar resultados.

O uso de resíduo de construção e demolição (RCD) na forma de agregado reciclado (AR) a ser usado em substituição ao agregado natural (AN) tem capacidade de aumentar o potencial de captura por se tratar de um material com a presença de compostos carbonatáveis não carbonatados e pela sua elevada área superficial, uma vez feita britagem após a demolição (ANDRADE *et al.*, 2018). Atualmente, a construção civil é responsável por aproximadamente 50% do consumo total de matéria prima mundial. Quando o assunto é extração de agregados, são utilizadas mais de 40 bilhões de toneladas por ano (MEDINA *et al.*, 2018; TAM; SOOMRO; EVANGELISTA, 2018). O Ministério de Minas e Energia do Brasil (BRASIL, 2019) afirma que foram consumidos, em 2017, 294 milhões de toneladas de areia natural, sendo proveniente em grande parte de leitos de rios. O processo de dragagem de leitos afeta diretamente o equilíbrio ambiental do ecossistema (BIANCHINI *et al.*, 2019). Por outro lado, de acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020) foram coletados no Brasil, no ano de 2019, 44,5 milhões de toneladas de RCD. Tal valor reflete apenas o coletado pelos municípios em logradouros e vias públicas. Em 2010, a associação registrou o recolhimento de 33,3 milhões de toneladas. Isso demonstra um crescimento de 33,3% em um período

de 9 anos. Brito (2013) explica que o agregado reciclado pode ser utilizado dentro da própria indústria da construção de diversas maneiras: material de reforço de subleito, base e sub-base de rodovias; bases para concreto magro; material de drenagem e na produção de novos concretos. O descarte irregular do RCD causa passivos ambientais e, além disso, torna-se oneroso economicamente, visto que tem aplicação comercial (KOCHEM, 2016).

Materiais à base de cimento

O cimento Portland pode ser definido como um aglomerante hidráulico resultante da mistura de calcário e argila, calcinada em fornos (ANDRADE; HELENE, 2010) e sua aplicação é massiva no mundo todo. Apenas um dos materiais à base de cimento, o concreto, é o segundo material mais utilizado (MEYER, 2009) e destaca-se pela sua versatilidade. O processo produtivo do cimento Portland é separado, em geral, nas seguintes etapas: britagem das matérias primas, homogeneização, moagem, calcinação, moagem do clínquer, adição de componentes minerais e ensacamento. A calcinação, que ocorre em fornos giratórios, pode ocorrer em temperaturas de até 1450 °C e é a etapa onde ocorre a descarbonatação da rocha calcária, processo de maior emissão de CO₂ (GCCA, 2018) (Equação 1). Além disso, o consumo de combustíveis para atingimento dessa temperatura também contribui para as grandes emissões associadas à essa etapa da produção. Estequiometricamente, 44% do produto da reação é composto por dióxido de carbono inerente ao processo.



Após essa etapa, é realizado o resfriamento do clínquer possibilitando a formação dos compostos cristalinos de alta reatividade. Por fim, sulfato de cálcio é adicionado para que seja controlada a pega do cimento, tornando possível a existência de um tempo entre a mistura e a moldagem de materiais à base de cimento (MEHTA; MONTEIRO, 2014). A exploração das matérias primas para produção acarreta alguns passivos ambientais como desmoronamento e erosões ocorridas na extração de rocha calcária e assoreamento de leitos de rios e lagos para extração de argila (ECYCLE, 2021). No Brasil, desde 2018, são aceitos cimentos com maiores percentuais de produtos que substituem o clínquer (ABNT, 2018). Com isso, é possível diminuir a pegada de carbono associada ao material. De acordo com os dados publicados pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), a indústria do cimento é responsável por aproximadamente 8% das emissões de CO₂ antropogênicas (VAUGHAN; NESLEN, 2015). Esse valor corresponde a 90% das emissões associadas ao setor industrial (XI *et al.*, 2016a). Em 2019, foram produzidos no Brasil 28,9 milhões de toneladas de clínquer (GCCA, 2018). Com isso, foram emitidos em média 24 toneladas de CO₂. Infelizmente, a rocha calcária é a única fonte abundante e suficiente para abastecer a indústria do cimento, ou seja, a emissão intrínseca ao processo de descarbonatação é inevitável caso seja utilizado o cimento Portland.

Agregados reciclados (AR) de resíduo de construção e demolição (RCD)

Em 2002, a resolução nº 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 2002) definiu diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos de construção civil (RCC). Neste documento, os RCC são definidos como

“os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha;”

Para além dos resíduos gerados de forma voluntária em obras e demolições, Cabral (2007) cita que esses resíduos também podem ser gerados a partir de catástrofes naturais ou antropogênicas como incêndios, terremotos, tsunamis, deslizamentos, avalanches e guerras. Entretanto, nem todo resíduo de construção civil tem potencial para ser aplicado na forma de agregado reciclado (AR). Por esse motivo, a normativa caracteriza o AR como sendo o RCC, beneficiado ou não, com potencial técnico para aplicação em obras de edificações, infraestrutura e pavimentação. O resíduo é classificado em 4 grupos apresentados no Quadro 1, apenas o de Classe A pode ser utilizado em materiais à base de cimento (CONAMA, 2002).

Quadro 1. Classes de resíduo de construção e demolição

Classes de Resíduos	Descrições
A	Reutilizáveis ou recicláveis como agregados oriundo de construções, demolições, reformas ou reparos tais como resíduos de concreto, cerâmicas, argamassa, pavimentação e terraplanagem
B	Resíduos recicláveis ou reutilizáveis para outras destinações como plásticos, papéis, metais, vidros, madeiras e gesso
C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias que tornem viável sua reutilização ou reciclagem
D	Resíduos perigosos tais como tintas, solventes, óleos e materiais oriundos de demolições de área radiológicas, instalações industriais ou materiais com a presença de amianto ou qualquer outro produto nocivo à saúde

Fonte: Resolução nº 307 do CONAMA (2002)

A NBR 15116 (ABNT, 2021a) intitulada “Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland – Requisitos e métodos de ensaio” também traz suas próprias definições e indica agregado reciclado como sendo o material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção classe A e o subdivide em categorias: Agregado Reciclado Cimentício (ARCI) é o constituído por materiais cimentícios diversos, podendo ter teores reduzidos de resíduo de cerâmica vermelha; Agregado Reciclado Misto (ARM) é o proveniente de materiais cimentícios misturados com cerâmicos dos mais diversos fins, já o Agregado reciclado de concreto (ARCO) é composto exclusivamente de concreto. A Tabela 1 indica os requisitos estabelecidos para aceitação de material reciclado em obra e já permite o uso desse material para aplicações em concreto simples, armado e protendido. As diretrizes estabelecidas apontam como principal método para mitigação de impacto ambiental a redução na produção de resíduos, seguido de reutilização, reciclagem e, por fim, disposição final. Os ARM, ricos em cerâmicas e argamassas, tendem a ter maior absorção de água e maior porosidade, em ressonância com as características de seus materiais de origem (DA SILVA; ANDRADE, 2017). Enquanto os ARCO tendem a ter melhores características mecânicas e menor variabilidade, principalmente quando a resistência do material de origem é conhecida.

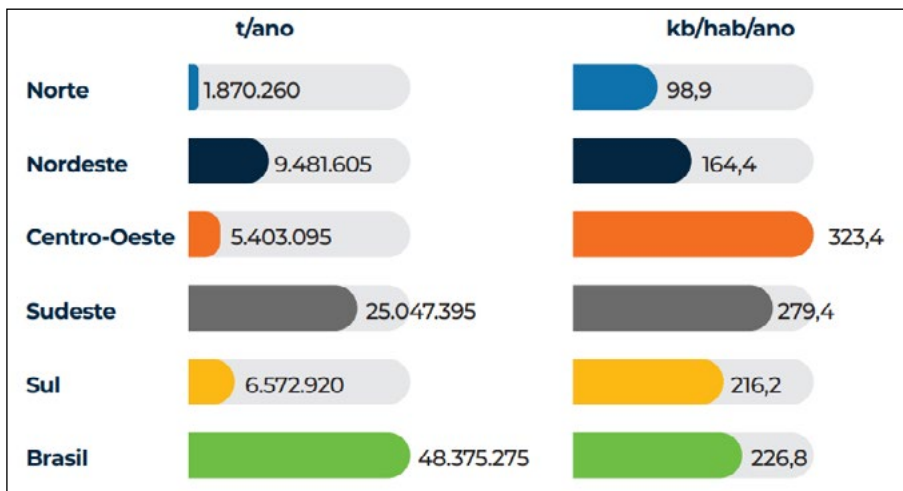
Tabela 1. Requisitos específicos dos AR para aplicação em materiais cimentícios (ABNT, 2021a)

	Ensaio	Limite (%)	Método de ensaio
Materiais indesejáveis	Teor	<1	Anexos A e B
Argila em torrões	Teor	<3	NBR 7218 (ABNT, 2010)
Sulfatos	Teor	<0,1	NBR 9917 (ABNT, 2022)
Cloretos	Teor para concreto simples	<0,2	NBR 9917 (ABNT, 2022)
	Teor para concreto armado	<0,1	
	Teor para concreto protendido	<0,01	
Absorção de água	Classe ARCO	<7	NBR 16917 (ABNT, 2021b)
	Classe ARCI ou ARM	<12	NBR 16916 (ABNT, 2021c)
Finos (<0,075mm)	Teor para concretos protegidos de desgaste superficial	<12	NBR NM 46 (ABNT, 2003)
	Teor para concretos submetidos a desgaste superficial	<10	

No Brasil, a disposição dos RCD é de responsabilidade do gerador, seja ele público ou privado (BRASIL, 2022). Por esse motivo, não existem dados unificados sobre a quantidade de RCD gerada, apenas dados sobre a quantidade coletada pelos municípios em vias e logradouros públicos. A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2021) divulgou em 2022 o alarmante dado que diz que, em 2021, foram coletados mais de 48 milhões de toneladas de RCD, valor que corresponde a um aumento de 2,9% em relação ao ano anterior. Os dados de acordo com as regiões brasileiras estão apresentados na Figura 1.

Ainda de acordo com dados da ABRELPE, em 2021 mais de 12 milhões de toneladas de resíduos foram encaminhados para lixões, destinação está proibida desde 2014 quando encerrou-se o prazo estipulado em 2010, ano em que foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) (MAIELLO; BRITTO; VALLE, 2018). Na PNRS consta que todo resíduo deve ser encaminhado para destinação ambientalmente adequada. A aplicação geral na construção civil pode ser realizada em obras de pavimentação ou em melhorias de subleito. Nesse caso, ocorre a reutilização do material, pois não há processos de beneficiamento. Já para aplicação em materiais à base de cimento é necessária a britagem do resíduo após a separação de seus componentes.

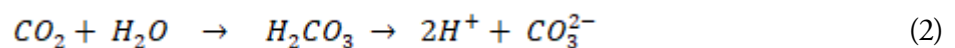
Figura 1. Quantidade de RCD coletada em cada região brasileira



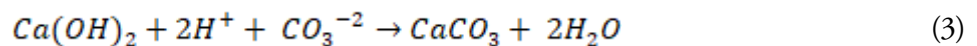
Fonte: Abrelpe, 2021.

Captura de CO₂ em materiais à base de cimento

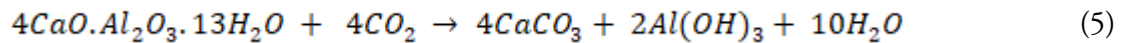
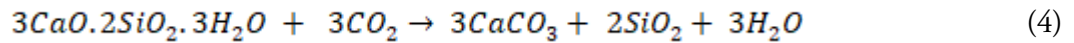
Carbonatação é definida como um processo físico-químico natural que ocorre na matriz de materiais à base de cimento (KALIYAVARADHAN; LING, 2017). A carbonatação ocorre dentro dos poros capilares que estão preenchidos com uma solução alcalina. A solução consiste em cátions de sódio e potássio em equilíbrio com íons hidróxido, a presença de íons de cálcio é percebida em pequenas quantidades (ANDERSSON, ALLARD, BENGTSSON, 1989). Logo, o pH alcalino da solução depende da presença de Na^+ e K^+ em equilíbrio com OH^- . O dióxido de carbono ao entrar em contato com a solução presente dentro dos poros capilares se dissolve formando ácido carbônico (H_2CO_3) que, conseqüentemente, contribui para a diminuição do pH. Essa reação é apresentada na Equação 2.



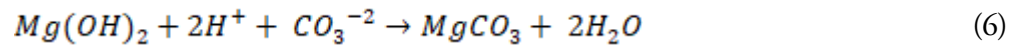
Após essa reação, o hidróxido de cálcio dissolvido na solução reage com o ácido carbônico formado, resultando em carbonato de cálcio quimicamente estável precipitado e com baixíssima solubilidade (Equação 3). A partir desse processo é possível perceber a diminuição considerável da presença de Ca^{+2} .



A ocorrência desse fenômeno acarreta a diminuição do pH do material cimentício (que é aproximadamente 12 em seu estado não-carbonatado). A diminuição do pH em estruturas de concreto, particularmente, é capaz de gerar a despassivação da armadura, cujo resultado é a maior suscetibilidade ao início do processo de corrosão. A reação simplificada que ocorre entre o dióxido de carbono dissolvido em água e os produtos hidratados tais como hidróxidos de magnésio e cálcio, silicatos de cálcio hidratados e aluminatos de cálcio hidratados, resultando em carbonatos de cálcio e magnésio, são apresentadas nas Equações 4 e 5.



No caso de revestimentos argamassados com uso de cal, também é possível a captura de carbono pelos hidróxidos de magnésio presentes na cal (Equação 6). As argamassas, devido às altas áreas de contato e porosidade, são os materiais que costumam apresentar maior captura em $kg.CO_2/m^3$.

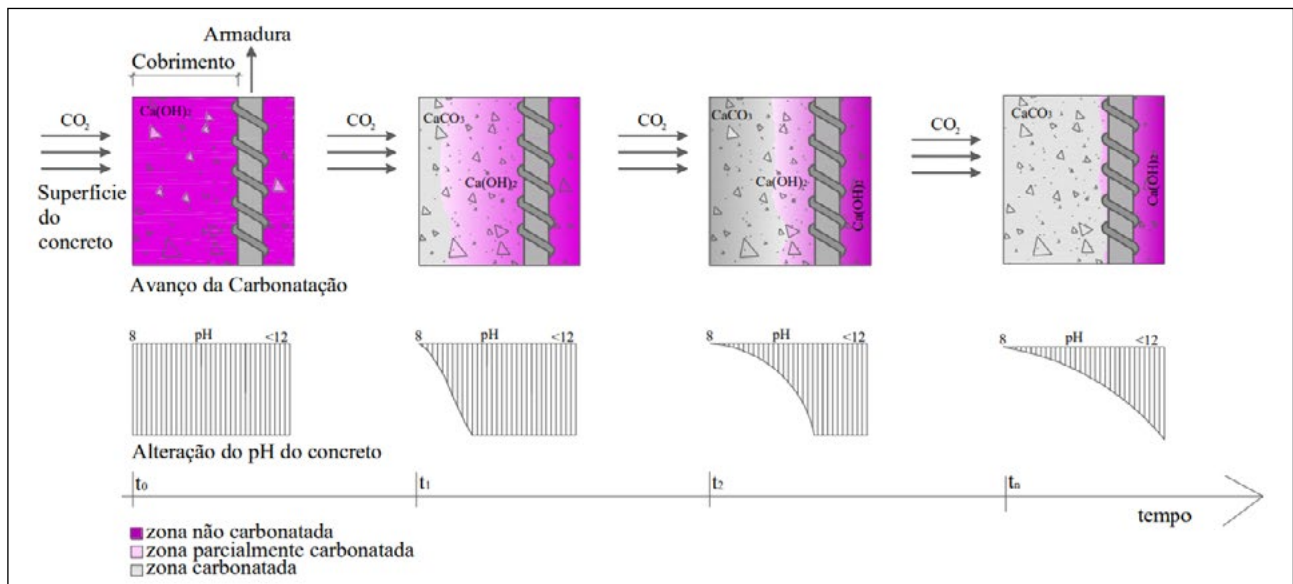


Métodos de quantificação

Para quantificar a captura de carbono em materiais à base de cimento o primeiro passo é a aspersão de um indicador ácido-base, geralmente fenolftaleína, pois a partir do pH será possível identificar, via mudança de coloração, as áreas carbonatada e não-carbonatada (FIGURA 2).

Avaliando a profundidade carbonatada ao longo da variação do tempo pode-se obter a velocidade do avanço da frente de carbonatação. Com delimitação das áreas a partir da mudança de coloração, pode-se retirar amostras conforme proposto por Neves Junior (2014) e utilizar a técnica de termogravimetria para quantificar o CO_2 fixado na matriz.

Figura 2. Avanço da frente de carbonatação



Fonte: Possan; Felix; Thomaz, 2016b.

A técnica baseia-se, de forma simplificada, na diferença entre a quantidade de carbonatos e hidróxidos de cálcio e magnésio presentes antes e depois do processo de carbonatação. Além disso, existem equações empíricas como a BRE (2013) que calcula o potencial máximo de captura de um material a partir de sua composição química. Tal equação ainda está em constante aprimoramento, visto que o conhecimento sobre o tema ainda está sendo desenvolvido.

Aplicações Práticas

A nível internacional o tema já é pesquisado à mais de uma década. Autores como Xi *et al.* (2016b), Xiao *et al.* (2021) e Sanjuan *et al.* (2020) estudaram a aplicação da captura de carbono para materiais cimentícios com e sem o uso de agregados reciclados. Todos os trabalhos apresentam um ponto em comum: consideram a técnica como promissora e eficiente. Pedro (2017) concluiu que até concretos de alta resistência podem ser fabricados a partir do uso de agregados reciclados e que sua aplicação potencializaria a captura de carbono visto que substitui material inerte por material carbonatável.

Nacionalmente, Possan e Felix (2016b) também publicaram uma série de artigos que abordam as principais condicionantes para a ocorrência de captura de CO₂. Os autores concluem que existe, por exemplo, uma relação direta e exponencial entre a superfície de contato do material com o ambiente e a sua capacidade de fixação de carbono, dessa forma, quanto maior a área de contato, melhor. Nesse contexto, o uso em argamassas de revestimento sem a presença de cerâmicas ou tinturas seria a aplicação direta mais favorável à captura de CO₂. Além disso, o CO₂ também pode ser aplicado como gás para beneficiamento e melhorando de agregados reciclados como realizado por Tang *et al.* (2023), que promoveu a carbonatação do agregado antes de sua incorporação no concreto.

Utilizando de todos os conceitos apresentados é possível diminuir significativamente o balanço de emissões de materiais produzidos a base de cimento Portland bem como utilizar de forma mais consciente os resíduos disponíveis. Vinciguerra (2015) examinou os processos realizados na obra do Estádio Maracanã, finalizada em 2014, onde foram aproveitados 100% dos resíduos de concreto na forma de material de reforço de subleito. Mazurana (2021) produziu argamassas com resíduo misto de construção e, em condições naturais – com o CO₂ atmosférico – obteve emissões menores do que as argamassas produzidas exclusivamente com agregados naturais. O mesmo processo também pode ser aplicado para concretos não-armados.

Rigo (2019) produziu concretos com uso de AR de RCD tanto na fração fina quando na fração graúda do agregado e obteve para os concretos com agregado reciclado um balanço de emissões menor quando comparado ao material tradicional. No projeto apresentado, foi utilizada câmara de carbonatação com temperatura, pressão e concentração de CO₂ controlados. A utilização de câmaras acelera o processo, facilitando a aplicação para fins industriais. Regueira e Benitez (2019) aplicaram a cura carbônica em blocos de concreto não-armado para pavimentação e concluíram que, além de absorver CO₂, a cura carbônica contribuía para a melhoria de diversos parâmetros micro e macroestruturais como densidade da matriz cimentícia, visto que os compostos carbonatados tem maior volume que os não-carbonatados.

Borges também utilizou de câmaras de carbonatação para avaliar a captura em argamassas produzidas com diversos teores de AR. Foi possível concluir que até os materiais com 100% de reciclados obtiveram propriedades físico-mecânicas satisfatórias em relação aos níveis exigidos pela NBR 13281 (ABNT, 2005). Assim como os níveis apresentados na NBR 15116 (ABNT, 2021d), boa parte dos autores citados concluíram que níveis próximos de 30% seriam o ideal para que houvesse aumento significativo de absorção de CO₂ sem perda significativa da qualidade físico-mecânica do material com o AR seria aplicado.

Debates sobre o potencial de sequestro das argamassas são bastante difundidos pela literatura, verificando-se que não é possível chegar a um número final, pois existem diversas variáveis que afetam o processo. De acordo com Xuan (2016) é possível reabsorver de 27,05% a 31,23% do que foi emitido na descarbonatação da rocha calcária por meio da carbonatação de materiais cimentícios em condição de

câmara de carbonatação. Já Andrade *et al.* (2018) afirmam que é possível, a partir da carbonatação natural e a longo prazo, armazenar até 60% do dióxido de carbono produzido para fabricação das argamassas. É necessário, ao fazer análises a respeito do balanço de emissões, considerar a vida secundária do material após o processo de demolição e reciclagem. De acordo com Collins *et al.* (2013) caso a vida secundária do material seja ignorada é possível que o valor final do balanço seja superestimado entre 13% e 48%.

Conclusão

Este capítulo se propôs a apresentar os principais conceitos a respeito da captura de CO₂ em materiais à base de cimento, mais especificamente com a presença de agregados reciclados de resíduos de construção. Com estes conceitos é possível estruturar diversas aplicações práticas em concretos estruturais, não estruturais e argamassas de revestimento e assentamento. O uso dessa técnica possibilita a diminuição do balanço geral de emissões dos materiais a base de cimento, visto que o processo produtivo é extremamente poluente quando o assunto é emissões de dióxido de carbono. Além disso, a exploração e potencialização do uso de agregados reciclados provê diferentes destinações para um material anteriormente descartado em aterros sanitários.

Nacional e internacionalmente estudos mostram o potencial de aplicação dessas técnicas tanto separadamente quanto em conjunto. O uso de câmaras de carbonatação acelerada e a substituição de material natural por reciclado têm grande potencial para mitigação dos impactos ambientais associados às atividades da construção civil. Visto que o aumento da infraestrutura urbana e de habitação é de fundamental importância para atingimento das metas para o desenvolvimento sustentável, é necessário que busquemos alternativas que promovam a economia circular e diminuam a pegada de carbono dos materiais e processos utilizados.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13281** - Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Requisitos. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16697** - Cimento Portland – Requisitos. 2018.

ABRELPE. Panorama dos Resíduos no Brasil. 2020. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>.

ANDRADE, C.; SANJUÁN, M. Á. Updating carbon storage capacity of Spanish cements. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 12, p. 1–15, 2018.

ANDRADE, T.; HELENE, P. Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais. **IBRACON**, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NM 46**: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 microns por lavagem. 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 7218**: Agregados - Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15116**: Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland - Requisitos e métodos de ensaios. 2021a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16917**: Agregado graúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. 2021b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 16916**: Agregado miúdo - Determinação da densidade e da absorção de água. 2021c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15116**: Agregados reciclados para uso em argamassas e concretos de cimento Portland - Requisitos e métodos de ensaios. 2021d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9917**: Agregados para concreto - Determinação de sais, cloretos e sulfatos solúveis. 2022.

BIANCHINI, A. *et al.* Sediment management in coastal infrastructures: Techno-economic and environmental impact assessment of alternative technologies to dredging. **Journal of Environmental Management**, v. 248, n. January, p. 109332, 2019.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. SECRETARIA DE GEOLOGIA, M. E T. M. **Boletim do Setor Mineral**. [s.l: s.n.].

BRE. Product Category Rules for Type III environmental product declaration of construction products to EN 15804 : 2012 + A1 : 2013. p. 1-44, 2013.

CABRAL, A. E. B. Modelagem de propriedades mecânicas e de durabilidade de concretos produzidos com agregados reciclados, considerando-se a variabilidade da composição do RCD. **Universidade de São Paulo**, 2007.

COLLINS, F. 2nd generation concrete construction : carbon footprint accounting. v. 20, n. 4, 2013.

CONAMA, C. N. DO M. A. Resolução Nº 307. 2002.

DA SILVA, S. R.; DE OLIVEIRA ANDRADE, J. J. Investigation of mechanical properties and carbonation of concretes with construction and demolition waste and fly ash. **Construction and Building Materials**, v. 153, p. 704-715, 2017.

DE BRITO, J.; SAIKIA, N. Chapter 7: Concrete with Recycled Aggregates in International Codes. Em: **Green Energy and Technology**. [s.l: s.n.]. p. 379-429.

DE OLIVEIRA ANDRADE, J. J. *et al.* Evaluation of mechanical properties and carbonation of mortars produced with construction and demolition waste. **Construction and Building Materials**, v. 161, p. 70-83, 2018.

ECYCLE. **Processo de produção de cimento gera emissões e pode diminuir a biodiversidade**. Disponível em: <<http://www.ecycle.com.br/>>. Acesso em: 16 out. 2021.

GCCA, G. C. AND C. A. **GNR Project**. Disponível em: <<https://gccassociation.org/gnr/>>.

JOHN, V. Estratégias para Mitigação do CO₂ na Cadeia Produtiva do Concreto. 2019.

K. ANDERSSON, B. ALLARD, M. BENGTSSON, B. M. Chemical composition of cement pore solutions. v. 58, n. 58, p. 99-104, 1989.

KALIYAVARADHAN, S. K.; LING, T. C. Potential of CO₂ sequestration through construction and demolition (C&D) waste - An overview. **Journal of CO₂ Utilization**, v. 20, n. May, p. 234-242, 2017.

KOCHEM, K. **Potencialidades de Logística Reversa do Resíduo de Gesso da Indústria da Construção Civil**. Trabalho de Dissertação apresentado como requisito final para obtenção do título de Mestre em Tecnologias Ambientais, do Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais – PPGTAMB – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira., 2016.

LALLANILA, M. **What is the Greenhouse Effect? | Global Warming | Live Science**. Disponível em: <<https://www.livescience.com/37743-greenhouse-effect.html>>. Acesso em: 15 nov. 2021.

MAIELLO, A.; BRITTO, A. L. N. D. P.; VALLE, T. F. Implementação da política nacional de resíduos sólidos. **Revista de Administracao Publica**, v. 52, n. 1, p. 24-51, 2018.

MAZURANA, L. *et al.* Determination of Co₂ capture in rendering mortars produced with recycled construction and demolition waste by thermogravimetry. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 147, n. 2, p. 1071-1080, 2021.

MEDINA, N. F. *et al.* Composites with recycled rubber aggregates: Properties and opportunities in construction. **Construction and Building Materials**, v. 188, p. 884-897, 2018.

MEHTA, P. KUMAR; MONTEIRO, J. M. P. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. **IBRACON**, v. 2 ed. São, 2014.

MEYER, C. The greening of the concrete industry. **Cement and Concrete Composites**, v. 31, n. 8, p. 601-605, set. 2009.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. [s.l: s.n.].

NEVES JUNIOR, A. Captura de CO₂ em materiais cimentícios através de carbonatação acelerada. **Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro**, 2014.

NOAA. **Trend in atmospheric carbon dioxide**. 2021. Disponível em: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>.

PACHECO TORGAL, F. *et al.* An overview on concrete carbonation in the context of eco-efficient construction: Evaluation, use of SCMs and/or RAC. **Construction and Building Materials**, v. 36, p. 141-150, 2012.

PEDRO, D.; DE BRITO, J.; EVANGELISTA, L. Evaluation of high-performance concrete with recycled aggregates: Use of densified silica fume as cement replacement. **Construction and Building Materials**, v. 147, p. 803-814, 2017.

POSSAN, E.; FELIX, E. F.; THOMAZ, W. A. CO₂ uptake by carbonation of concrete during life cycle of building structures. **Journal of Building Pathology and Rehabilitation**, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2016a.

POSSAN, E.; FELIX, E. F.; THOMAZ, W. A. CO₂ uptake by carbonation of concrete during life cycle of building structures. **Journal of Building Pathology and Rehabilitation**, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2016b.

REGUEIRA, L.; BENITTEZ, F. **CAPTURE DE CO₂ EM PEÇAS DE CONCRETO PARA PAVIMENTAÇÃO ATRAVÉS DA CURA POR CARBONATAÇÃO ACELERADA**. [s.l: s.n.].

RIGO, E. Avaliação do potencial de captura de CO₂ de concretos com resíduos de construção e demolição devido à carbonatação. **Programa de pós-graduação em Engenharia Civil**, v. 8, n. 5, p. 55, 2019.

SANJUÁN, M. Á. *et al.* Carbon dioxide uptake by mortars and concretes made with Portuguese cements. **Applied Sciences (Switzerland)**, v. 10, n. 2, 2020.

TAM, V. W. Y.; SOOMRO, M.; EVANGELISTA, A. C. J. A review of recycled aggregate in concrete applications (2000–2017). **Construction and Building Materials**, v. 172, p. 272-292, 2018.

- TANG, B. *et al.* A comparison study of aggregate carbonation and concrete carbonation for the enhancement of recycled aggregate pervious concrete. **Construction and Building Materials**, v. 371, p. 130797, mar. 2023.
- VAUGHAN, A.; NESLEN, A. Global emissions nearly stall after a decade of rapid growth. **The Guardian**, 2015.
- VINCIGUERRA, M. *et al.* Waste management in the reform and adequacy of the Maracanã Stadium for the FIFA Football World Cup 2014. **Key Engineering Materials**, v. 634, n. June, p. 97-112, 2015.
- WBCSD - WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT. Roadmap Tecnológico. 2020.
- XI, F. *et al.* Substantial global carbon uptake by cement carbonation. **Nature Geoscience**, v. 9, n. 12, p. 880-883, 2016a.
- XI, F. *et al.* Substantial global carbon uptake by cement carbonation. **Nature Geoscience**, v. 9, n. 12, p. 880-883, 2016b.
- XIAO, J. *et al.* Carbon emission analyses of concretes made with recycled materials considering CO₂ uptake through carbonation absorption. **Structural Concrete**, v. 22, n. S1, p. E58-E73, 1 jan. 2021.
- XUAN, D.; ZHAN, B.; POON, C. S. Development of a new generation of eco-friendly concrete blocks by accelerated mineral carbonation. **Journal of Cleaner Production**, v. 133, p. 1235-1241, 2016.

Tecnologias sociais

A TUTELA AMBIENTAL MUNICIPAL À LUZ DOS PRINCÍPIOS DA PRECAUÇÃO E PREVENÇÃO: ESTUDO DE CASO DA PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA AUTÓDROMO

Francisco Lúcio Salvagni¹

Claudete Rempel²

Luciana Turatti³

Resumo: A instalação da Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Autódromo no rio Carreiro, bacia Taquari-Antas, entre os municípios de Guaporé e Vista Alegre do Prata, cujo rio é fonte de abastecimento do município de Guaporé, entrou em operação em 17 de novembro de 2011. Esta PCH foi motivo de controvérsia entre o Poder Público e a sociedade, em decorrência de vários aspectos ambientais, sociais e econômicos. O objetivo deste é identificar a atenção aos princípios de prevenção e precaução nas medidas adotadas pelos municípios de Guaporé e Vista Alegre do Prata, no âmbito das competências municipais, no processo de instalação da PCH Autódromo. Para tanto, foram realizadas entrevistas com roteiros semiestruturados aos prefeitos e presidentes da Câmara de Vereadores dos dois municípios, promotor do Ministério Público, diretor de ONGs e representante legal da empresa responsável pela construção. Os resultados demonstraram que a instalação da PCH foi considerada importante para os municípios avaliados, visto a relevância para o desenvolvimento dos mesmos, novas empresas, renda e para o desenvolvimento social. De outro ponto, percebeu-se que há discordâncias entre os impactos ambientais e sociais causados e que possam vir a surgir em decorrência do empreendimento, mesmo assim, não é possível mensurar a predominância relevantemente positiva ou negativa neste aspecto. Percebeu-se também que a população, a classe política, órgãos públicos e não governamentais tiveram participação na decisão, foram informados dos aspectos da instalação da PCH. Ademais, pode-se considerar que os princípios de precaução e prevenção foram atendidos legalmente, entretanto, em função de dúvidas relacionadas aos reais impactos sobre a construção de PCH, dada a contemporaneidade do tema e de danos que fogem ao controle de qualquer estudo empírico, deve-se ter cautela ao definir qualquer conclusão de fato.

Palavras-chave: Princípio da precaução, Princípio da prevenção, Pequena central hidrelétrica.

Introdução

A população mundial aumentou consideravelmente nos últimos 50 anos, mais que duplicou; em 1970 eram 3,7 bilhões de habitantes, enquanto na contemporaneidade são aproximadamente 7,7 bilhões de habitantes (ONU, 2019). Como consequência desse evento, somado aos avanços tecnológicos, surge a necessidade de maior geração de energia para atender a demanda populacional.

O crescimento da população mundial, no entanto, tem sido inversamente proporcional aos investimentos em preservação, manutenção e recuperação ambiental, ou seja, o crescimento da população

1 Bacharel em Direito. Mestre em Ambiente e Desenvolvimento. Docente da Universidade de Caxias do Sul, Campus Guaporé. E-mail: flsalvagni@universo.univates.br

2 Bióloga. Doutora em Ecologia. Docente dos Programas de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento e em Sistemas Ambientais Sustentáveis. E-mail: crempel@univates.br

3 Bacharel em Direito. Doutora em Direito. Docente dos Programas de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento e em Sistemas Ambientais Sustentáveis. E-mail: lucianat@univates.br

e da produção é constante e estável, sendo que por outro lado os recursos ambientais tendem a diminuir significativamente (CUNHA; AUGUSTIN, 2014; FONTANA *et al.*, 2015; HOGAN, 1993).

Em razão das questões envolvendo os impactos ambientais, iniciou-se o investimento em pequenas centrais hidrelétricas (PCH), envolvendo a premissa de que o impacto socioambiental é baixo. Uma prerrogativa que, contudo, vem sendo questionada por alguns estudiosos, visto que há incentivos do governo para a construção destas centrais e em alguns casos existem várias PCHs sendo construídas em espaços geograficamente pequenos, como ocorre com a possibilidade de instalação de três PCHs no Rio Carreiro, localizado no município de Guaporé-RS. Nesse mesmo sentido, também há de se ter presente que não é unânime a compreensão de que as PCHs são responsáveis por danos socioambientais em larga escala (SILVA, 2014).

É em razão do potencial impacto que a Pequena Central Hidrelétrica Autódromo (PCH) pode ocasionar em termos ambientais que, nesta pesquisa, estudou-se essa PCH, localizada entre os municípios de Guaporé e Vista Alegre do Prata, parte integrante do Complexo Carreiro II e situada na bacia Taquari-Antas, nordeste do Estado do Rio Grande do Sul.

A instalação da Pequena Central Hidrelétrica Autódromo, atualmente constituída como pessoa jurídica Energética Autódromo S.A., foi anunciada em meados de 2006, sob a administração do Grupo Bolognesi Engenharia, quando a população da cidade de Guaporé, em parceria com a ONG VIME, realizou manifestação contrária ao empreendimento (CONSELHO MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE DE GUAPORÉ, 2007). O escopo do movimento foi no sentido de impedir que o empreendimento se concretizasse naquele local, porquanto o rio Carreiro além de banhar o município, é responsável pelo abastecimento de água potável para os munícipes.

O município de Guaporé também se manifestou publicamente contrário à instalação da referida PCH, elencando uma série de motivos que, no seu entendimento, viriam a prejudicar os interesses da população, entre eles: a redução do volume de água, a redução de oxigênio na água, possibilidade de alteração no cheiro, gosto e cor da água, possibilidade de contaminação no lençol freático com metais pesados, e outros (PREFEITURA MUNICIPAL DE GUAPORÉ, 2007).

Tal discordância, contudo, se não motivada ou fundamentada em instrumentos de proteção, não é capaz, por si só, de obstar a obra, haja vista os dispositivos constitucionais que autorizam a livre iniciativa e ainda a política energética brasileira que adota como prioridade a geração de energia por meio de hidrelétricas.

Nesse sentido, compreendeu-se como importante avaliar se as ações adotadas pelos municípios implicados no processo, observaram os princípios do Direito Ambiental, em especial, o da prevenção e da precaução, porquanto esses visam, através da força constitucional que são investidos, proteger o ambiente.

Procedimentos metodológicos

Caracterização da Pesquisa

Na presente pesquisa o objeto analisado foi a competência municipal ambiental e sua interpretação a partir dos princípios da prevenção e da precaução, aplicando-os a proposta de implantação da Pequena Central Hidrelétrica Autódromo.

A abordagem adotada foi a qualitativa e como procedimentos técnicos iniciou-se com uma revisão de literatura especializada, estudos ambientais, legislação e, num segundo momento foram aplicadas entrevistas com gestores públicos (prefeitos e presidentes de câmara de vereadores), dirigentes da ONG VIME, Ministério Público e com o responsável técnico da Pequena Central Hidrelétrica, sendo resguardada a identificação dos entrevistados.

Vale lembrar que o enfoque qualitativo é utilizado, sobretudo, para descobrir e refinar as questões de pesquisa, frequentemente baseado em método de coleta de dados sem medição numérica, como as descrições e as observações, e pode ou não provar hipóteses em seu processo de interpretação (SAMPLERI; COLLADO; LUCIO, 2006).

A pesquisa também pode ser compreendida como exploratória pois teve por objetivo proporcionar mais familiaridade com o problema com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses, como também aprimorar ideias ou a descoberta de intuições (GIL, 1999).

Coleta dos dados

A pesquisa documental se demonstrou necessária na medida em que foram analisados vários documentos que fizeram parte da história da PCH Autódromo, como ofícios das prefeituras, atas de audiências públicas, EIA/RIMA, demandas judiciais, entre outros. Conforme assevera Gil (1999), a pesquisa documental se sustenta de materiais que não receberam ainda um tratamento analítico, ou que ainda podem ser reelaborados de acordo com os objetivos da pesquisa.

Ainda, nesse tópico, Gil (1999) classifica tais documentos como de primeira mão e segunda mão: os de primeira mão seriam os que não receberam nenhum tratamento analítico. Estes são os documentos conservados em arquivos de órgãos públicos ou privados, incluindo cartas, fotografias, gravações, memorandos, regulamentos e ofícios, já os de segunda mão são aqueles que já foram analisados como relatórios, tabelas estatísticas, etc.

No que se refere às entrevistas semiestruturadas aplicadas nos dois municípios de intervenção da PCH (Guaporé e Vista Alegre do Prata), estas ocorreram com gestores públicos, ou seja, prefeitos e presidente de câmara de vereadores dos municípios, dirigentes da ONG VIME e o responsável técnico da PCH.

A escolha dos entrevistados foi realizada de maneira intencional, sendo que as entrevistas foram gravadas mediante a anuência do entrevistado formalizada no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE, em duas vias, uma para o entrevistado e outra para o arquivo do pesquisador, agendadas por telefone ante ao prévio esclarecimento e de acordo com a disponibilidade dos entrevistados, sendo que o pesquisador encontrou com os entrevistados no local por estes indicado e após esclarecer toda e qualquer dúvida sobre os objetivos da pesquisa aplicou a entrevista.

Os gestores públicos entrevistados foram os prefeitos e presidentes das câmaras de vereadores dos municípios de Guaporé e Vista Alegre do Prata, nas legislaturas de 2005 a 2008, 2009 a 2012 e 2013 a 2016. De acordo com Gil (1999), pode-se considerar a entrevista semiestruturada como uma entrevista por pautas, pelo fato de ser flexível e apresentar certo grau de estruturação, regida por uma relação de pontos de interesse que o entrevistador vai explorando ao longo do seu curso.

Ademais, essa técnica dispõe de um poder de retroalimentação, isto é, possibilita que seja estimulado o seu desenvolvimento e a abordagem de assuntos e nuances não previstas previamente, admitindo também uma participação efetiva do entrevistado na definição do conteúdo da pesquisa.

Resultados e discussão

Ao analisar os dados levantados na pesquisa foram encontradas quatro categorias principais, as quais contribuem para responder aos objetivos propostos. As categorias são:

- Categoria 1 – A importância da energia renovável: Pequenas Centrais Hidrelétricas
- Categoria 2 – Participação política e comunitária na instalação da usina: atores envolvidos
- Categoria 3 – Impactos socioeconômicos na instalação da PCH Autódromo
- Categoria 4 – Princípios de precaução e prevenção na instalação da PCH Autódromo: meio ambiente

Na sequência detalham-se todas as categorias que emergiram da análise das entrevistas visando responder aos objetivos propostos.

A importância da energia renovável: Pequenas Centrais Hidrelétricas

Na natureza encontram-se elementos fundamentais para a vida humana: água, ar e energia. Destaca-se que 95% da energia elétrica produzida no país tem intensa matriz elétrica de fonte hidráulica, a qual é considerada energia renovável (GOLDEMBERG; LUCON, 2007). A população mundial mais que duplicou nos últimos 50 anos, em 1970 eram 3,7 bilhões de habitantes, atualmente são aproximadamente 7,7 bilhões de habitantes, consequência desse fator e dos avanços tecnológicos é a necessidade de maior geração de energia. Dada a relevância do assunto, apontam-se os relatos dos entrevistados sobre a PCH Autódromo, quando perguntados acerca da importância da geração de energia:

[...] eu acho que é importante, haja visto que nós necessitamos da energia. E uma das maneiras que a gente tem mais prática de fazer isso, é uma energia renovável, que é o caso da PCH (Vereador 1).

Na minha opinião, acho que ela é importante principalmente no quesito de gerar energia. O país hoje sofre muito com a falta de energia em vários locais. Eu sempre, principalmente na época, eu era favorável à instalação da PCH Autódromo para o município de Guaporé e também pra microrregião (Vereador 5).

[...] conforme o crescimento do nosso país, que vem crescendo muito bem, aliás, nos últimos anos. Então é preciso gerarmos mais energia, criarmos usinas ou construirmos usinas para que seja gerada mais energia. Eu acho que esse é o principal ponto (Vereador 6).

[...] aqui da nossa subestação, que vai alimentar, e já está alimentando a subestação de Guaporé (Vereador 8).

[...] acho que o município como um todo, acho que até os outros governantes, nunca ninguém foi contra a instalação da PCH porque sabia dos ganhos que o município podia ter (Prefeito).

Apreende-se a partir das respostas apresentadas pelos entrevistados que eles convergem no sentido de reconhecer a relevância da instalação da PCH no município, considerando as necessidades de geração de energia para a microrregião. Outro ponto que traduz em relevância a instalação de Pequenas Centrais Hidrelétricas é revelado por Correa (2015, texto digital), “nos pequenos municípios a situação mais comum é o estancamento da capacidade de empreender, pois os atuais e futuro pequenos empresários têm hipossuficiência econômica com relação ao governo”. Considerando as respostas, qualquer investimento que traga algum progresso aos pequenos municípios pode ser considerado indispensável, mesmo que traga impactos ambientais e estudos não confirmem a inexistência ou existência da realidade das situações. O Vereador 3 aborda o fato do município ser pequeno e, portanto, se beneficiar de tal situação: “A instalação da PCH Autódromo foi muito importante para Vista Alegre do Prata, bem como da região, por ser Vista Alegre um município pequeno”.

Além disso, apontam-se os relatos que destacam que a instalação da PCH trouxe benefícios, reivindicações (pontes e asfalto) e movimentou a economia: “Para o nosso município, eu acredito que foi de grande importância porque juntamente com essa PCH, nós conseguimos uma grande conquista, que era uma reivindicação de muitos anos” (Vereador 4); “Eu acho que a importância da PCH Autódromo, como todas as outras PCHs instaladas – já tem mais, tem a da linha Emília. O maior benefício é o benefício econômico” (Vereador 8) e “[...] isso nos foi muito favorável e a gente ficou muito feliz com essas obras” (Vereador 3).

Em suma a transcrição do entrevistado Vereador 4, resume todas as expectativas da importância dessas obras nos pequenos municípios envolvidos:

O nosso município aqui achou de grande importância econômica para a região, sabendo-se também, que a energia é muito importante, não só para a nossa região como para todo o país. E a gente sabe que cada dia o consumo é maior, por isso a nossa decisão foi a favor, porque precisamos de investimentos, não adianta se queixarmos amanhã ou depois, se houver algum apagão, se nós somos contra algum investimento federal. Acho que essa foi a ideia quando todo mundo foi a favor aqui no nosso município (Vereador 4).

Deve-se considerar também que ocorreram reuniões no decorrer dos trâmites de instalação da PCH, como percebe-se pela fala do Vereador 8, houve audiências públicas informando os munícipes sobre a construção da usina, e que o poder de convencimento destes momentos pode ter criado uma base favorável à construção da hidrelétrica, ao que se transcreve:

Todas as audiências públicas que eu participei, não houve convencimento para mim ser contra, e essa é a minha base. A base é que havia mais coisas favoráveis para ser construída a usina, do que ser contra a construção de uma grande obra, de uma obra tão importante para Guaporé e região (Vereador 8).

Contribuindo com o relato acima, o Promotor relata as falhas nas informações transmitidas para a população, como se lê:

Eu creio que a população ficou um pouco alheia, o debate ficou um pouco ideologizado e, em geral, o conhecimento da população sobre esses estudos foi bastante precária. Eu creio que também faltou um pouco de informação. Talvez eu tivesse visto os gestores com certo desconhecimento de tudo que estava implicado na instalação da PCH; muito

do que os gestores tinham era apenas uma informação de cunho unilateral fornecida pela empresa e, de outro lado, vamos dizer assim, espremidos também pelo barulho causado pelas entidades ambientais. Creio que faltou aí um aprofundamento, talvez até com a utilização do corpo técnico do município, ou talvez contando com o auxílio de alguma entidade pública para que se pudesse realmente verificar os benefícios e os ônus da implementação dessa PCH (Promotor).

Pelos relatos percebe-se que houve um intuito de informação que, da forma exposta, foi pertinente e contribuiu para a implantação da PCH Autódromo, mas também ao mesmo tempo é possível extrair dos comentários a ideia de que os processos de conhecimento sobre a instalação da usina podem ter tido um viés ideológico em razão de alguns militantes partidários liderarem o movimento, com informações unilateral, apenas da empresa responsável pela instalação, do outro lado relatam apenas barulho, ou seja, os argumentos contrários trazidos pela ONG e contrários a construção não foram o suficiente para que a PCH não fosse construída. No contrapé desta prerrogativa, a Responsável Técnica informou que houve todo um programa de comunicação com a sociedade.

O caminho para o diálogo e o esclarecimento com a população local é a implantação do Programa de Comunicação Social, que foi iniciado antes do início das obras utilizando-se de recursos de mídia como jornal e rádios locais, além do sistema fale conosco, estabelecido como política de comunicação da empresa (Responsável técnica).

Pondera-se que a avaliação sobre os impactos causados pela construção de uma PCH deve ser norteada por dimensões dos reflexos nocivos que pode ou não causar ao meio ambiente, desta premissa, cabe a análise sob os princípios da precaução e da prevenção, conforme Costa Neto (2003). Sob esta ótica, é possível evidenciar que ocorreu uma transmissão de informação contrária e favorável, mas que o aporte favorável poderia ter um embasamento argumentativo aceito pela maioria da sociedade.

Por fim, percebe-se que a maioria dos entrevistados foram favoráveis para a instalação da PCH Autódromo, mesmo sem uma consulta pública quantificável, as informações trazidas, especialmente, pela empresa responsável pela construção foram suficientes para a tomada de decisão dos envolvidos. Por conseguinte, apresentam-se todos os atores que foram descritos como envolvidos na construção da usina, elucidando alguns papéis que se destacaram neste cenário.

Participação política e comunitária na instalação da usina: atores envolvidos

No âmbito da participação e debate/consideração de opiniões pode-se observar que houve um constructo favorável e contraditório, porém, a maioria das pessoas envolvidas foram favoráveis à construção da PCH Autódromo. Como percebe-se nos relatos, alguns entrevistados mencionam que havia um consenso de pessoas favoráveis que poderia ser maior que os contrários: “Não só eu, como todo o povo vistalegrense foi favorável a essa instalação. E a gente tinha uma grande expectativa” (Vereador 3), “Muito embora, muito questionada por entidades e por pessoas, mas eu vejo que a grande maioria aprova essa construção das PCHs” (VEREADOR 5), “Foi favorável. A minha posição foi totalmente favorável pelo favorecimento que trouxe ao município. [...] em Vista Alegre do Prata eu não tenho conhecimento de pessoas que fossem contra essa usina” (VEREADOR 7) e “Eu conversei com muita gente na cidade, e a maioria, mais de 70%, era favorável à construção. Outra: foi feito audiências públicas e a gente discutiu várias vezes” (VEREADOR 8).

Aqui constata-se que houve movimentação da construção da opinião pública, da população sobre a construção da usina, mesmo que não por voto, em alguns casos de forma informativa por meio de reuniões, conversas informais, porém ocorreram também audiências públicas com discussões dos pontos favoráveis e contrários, conforme relato do Vereador 6:

[...] foi feita uma audiência pública, mas não foi bem esclarecido à população. [...] foi feita até uma audiência pública e tal, mas nada foi bem explicado. E os vereadores não tiveram nem acesso onde foi construída, não foram convidados pela empresa que construiu.

Pelas falas do Vereador 2, “Teve audiência pública – não só aquele movimento na praça, mas também na Casa da Cultura, onde convidamos nas empresas, nas escolas, pra que os jovens, as pessoas viessem participar da audiência pública”, o Vereador ainda completa que: “Nós fizemos uma audiência pública. Nós chamamos a comunidade pra conscientizar ela através dos colégios, pra tentar mostrar e mobilizar a comunidade contra”. Diante das opiniões relatadas, pode-se entender a decisão dos vereadores na aprovação da implantação da PCH:

Eu só quero deixar bem claro que a gente discutiu muito. A gente fez uma discussão longa. Na época eram nove vereadores, cada um com sua opinião, então eu falo pela Câmara de Vereadores da época que a maioria dos vereadores, nós aprovamos a implantação as PCHs, independente dos outros poderes constituídos do município (Vereador 5).

Pelas inferências dos entrevistados é possível constatar que a participação dos vereadores foi ativa, com discussões em plenários, votações, conversas com populares, busca de informações com empresas e entidades, ao que, no final com todas as informações levantadas, a maioria foi favorável para a implantação da PCH Autódromo.

Reichardt e Santos (2019) enfatizam que pela Constituição é garantido o direito ao meio ambiente equilibrado para todas as gerações, de hoje e de amanhã. Neste íterim, importa considerar que no âmbito de uma construção que pode afetar o meio ambiente, o interesse das pessoas no que envolve o meramente econômico não deve prevalecer de forma contundente sobre o todo, opinião social e ambiental (NUSDEO, 2008). Neste contexto, o Promotor revelou a participação da figura do prefeito também como contrário à construção:

Nós tivemos uma grande audiência pública em Guaporé, com a participação dos municípios que serão beneficiados com a implementação dessas PCHs. [...] O próprio prefeito de Guaporé emitiu um documento, na época, em que se postava contrário à implantação da PCH Autódromo (Promotor).

Além disso, uma entidade sem fins lucrativos também defendeu opinião contrária a construção, como pode ser percebido na fala do entrevistado Vereador 2:

[...] já tinha um movimento contrário à instalação da usina através da ONG VIME, e eu me associei a ela, juntamente com os demais vereadores, com o presidente da Câmara, a gente deu respaldo, ajudei a produzir alguns materiais. [...] então eu reforcei todo aquele movimento contrário, fizemos audiência pública, fomos pra praça. Infelizmente nada disso produziu efeito, porque a gente sabe que quando vem uma concessão do governo

federal, lá de cima, é muito difícil de reverter essa decisão. E nós tínhamos aí, nós contávamos inclusive com o auxílio do Ministério Público, engajado nessa luta. Embora com o Comitê da Bacia Taquari-Antas, a entidade... Mas muito fraco, ainda. Acho que essa entidade foi muito fraca na defesa, no auxílio para a defesa da não implantação desse... Tanto que eu me revoltei e nunca fiz parte dessa comissão, já fui convidado, outros vereadores fazem parte. Não faço porque acho que é uma entidade, ao meu ver, que não tem dado respaldo pra nós pra defesa da não implantação dessas usinas aqui no rio Carreiro, em Guaporé.

[...]

Ela [ONG VIME] ficou restrita apenas a vir aqui um domingo à tarde, e nós, além de encontrarmos uma entidade fragilizada, não encontramos respaldo na comunidade. A comunidade de Guaporé, com 23 mil habitantes, o que nós conseguimos através da imprensa – rádio, jornais e mobilização, nós conseguimos mobilizar apenas umas 200 pessoas na praça num domingo à tarde. Eu acho que foi mais por curiosidade do que pela convicção de que estavam aí contra a usina e pela defesa do meio ambiente. Infelizmente é assim que se porta a comunidade.

[...] e com essa mobilização, se nós conseguíssemos botar uma grande quantidade de pessoas na praça, isso iria pelo menos alertar as autoridades e os meios de comunicação mais fortes, mais potentes no Estado, como a imprensa televisionada, para esse protesto. Não conseguimos surtir efeito, e esse movimento se fragilizou demais.

E ainda outro relato acerca da participação da ONG VIME:

A ONG VIME teve uma atuação bem destacada nessa questão da implementação da PCH do Carreiro; fez bastante propaganda, fez bastante divulgação das suas posições. Me parece que o discurso foi um pouco ideologizado, contra por princípio, sem uma análise mais criteriosa, mais prudente (Promotor).

Além disso, a ONG foi responsável por alguns estudos, como transcreve-se, “Pelos estudos que a ONG, com [...] colegas e pessoal de escolas, levantaram em cima dos EIAs/RIMAs e do impacto que a gente imaginava que iria causar e que parece estar causando, ela só traz desvantagens, porque vantagem nenhuma” (ONG).

Pelas entrevistas, percebeu-se que houve a participação de ONG's e do Ministério Público por meio de processos e reuniões, na busca de uma mobilização contrária a construção da PCH Autódromo. Estes anseios contrários geraram envolvimento de parte da população, considerada pelos entrevistados como minoria, que buscou mobilizar a imprensa também. No relato do promotor é possível entender toda a participação do Ministério Público em um acompanhamento de todos os processos e procedimentos realizados pela executora Toniolo Busnello:

O Ministério Público ajuizou um inquérito civil para acompanhar o desenvolvimento da implementação das obras de instalação da PCH. Houve bastante troca de informações também entre o Ministério Público Estadual e o Ministério Público Federal em relação ao acompanhamento dessa obra de instalação. O Ministério Público Federal também instaurou um procedimento autônomo que até, no final, acabou virando uma ação. Nós trocamos subsídios. No âmbito estadual, eu requisitei pra minha divisão de assessoramento técnico um estudo dos planos apresentados pela empresa pra obtenção da licença; foi feito esse estudo pela nossa divisão de assessoramento técnico. Foram

constatados equívocos e lacunas nos planos apresentados pela empresa; isso foi levado ao conhecimento da FEPAM para que fossem feitas as correções pertinentes. Posteriormente, o Ministério Público estadual ajuizou uma ação civil pública com o objetivo de zelar pela qualidade da água. Essa ação também foi baseada com um estudo feito pela universidade de Caxias do Sul; ação essa que, no final, o juiz de Guaporé acabou declinando da competência, face à conexão existente com uma ação ajuizada pelo MP Federal de Bento Gonçalves, que tinha um espectro mais amplo. Então foi reconhecida a conexão, e os autos foram remetidos ao Ministério Público Federal, que naquela ação pretendia até um estudo sistêmico da bacia Taquari-Antas para ver ali a necessidade de implementação de três PCHs.

Pela resposta, percebe-se que o Ministério Público Estadual e Federal atuaram na busca de esclarecimentos maiores e buscando assegurar que a instalação da PCH Autódromo era necessária ou não. Além disso, a entrevista revelou a atuação do Ministério Público em relação a situação dos trabalhadores:

[...] a [...] mão-de-obra da empresa, muitos vinham do Nordeste, pessoas arregimentavam esses trabalhadores, traziam para a nossa região e muitos não conseguiam obter esse contrato de trabalho e acabavam perambulando pelas nossas cidades, não só de Guaporé, como Vista Alegre do Prata. Isso até motivou uma comunicação do Ministério Público estadual para o empreendedor em relação a essa situação dos trabalhadores. Também foi acionada a Delegacia Regional do Trabalho (Promotor).

Pelas entrevistas percebe-se que muito mais que pensar o contexto ambiental, a promotoria envolveu-se com casos trabalhistas, decorrentes de migrações populacionais na busca por emprego, que por sua vez, envolvem os impactos socioeconômicos que será aprofundado no próximo subcapítulo.

Aliás, entidades públicas de economia mista também atuaram na construção da opinião pública majoritária, como a participação da Corsan em reuniões junto à Câmara de Vereadores, conforme relatado pelo entrevistado Vereador 5:

[...] condicionando a que nós tínhamos problemas de impacto e de água diferente, mas as maiores empresas que estiveram aqui na Câmara de Vereadores e os contatos que a gente teve com a Corsan, hoje realmente comprovam que o nosso pensamento era um pensamento positivo com a instalação das PCHs.

Outra entidade privada que esteve presente em reuniões foi a empresa executora da obra Toniolo Busnello, mencionada pelo entrevistado Vereador 4: “juntamente com a empresa que executou a obra, que foi a Toniolo Busnello”. Neste mesmo sentido, a Responsável Técnica enfatizou sobre a empresa executora:

O entendimento da empresa, considerando a fase em que se encontra o empreendimento, e passado o processo de instalação do mesmo, é que a população precisa ser esclarecida sempre e constantemente quanto aos reais impactos e ações ocorrentes na implantação de empreendimentos desse porte.

A audiência pública é um instrumento legal e necessário, mas normalmente trata-se de um primeiro contato legal entre a empresa.

[...] divulgação de informativos periódicos, principalmente no rádio, por ser este o meio de comunicação identificado como o de maior audiência. Esses informativos não só

trataram de esclarecer à população como seria a implantação do empreendimento, como também responderam aos questionamentos diretos dos ouvintes.

Além destes esclarecimentos, a população vem recebendo ao longo do tempo informações que mostram os aspectos positivos quanto a implantação da PCH Autódromo.

A empresa Toniolo Busnelo seguiu diversas ações para explicar sobre a implantação da PCH, no que tange ao papel dela como construtora, promovendo audiências públicas, informativos, comunicação por rádio, disponibilização de telefones, visando entender os anseios e dúvidas da população.

Ocorreu também a participação da classe política, eles se dizem atores envolvidos na aprovação desta obra, como revela-se nas falas:

[...] o próprio governo do estado, [...] resolveu também contribuir com a própria empresa e fazer com que esse acesso fosse realizado pra gente. Acho que foi uma decisão mais governamental (Vereador 4)

[...] muitas reuniões na Câmara de Vereadores; muitos contatos na cidade e no interior, conversando com as pessoas. Logicamente, algumas pessoas não eram favoráveis (Vereador 5).

Ainda, teve a participação da Universidade de Caxias do Sul, a qual coordenou um estudo demonstrando os impactos ambientais do complexo de barragens do Rio Carreiro de Guaporé/RS. As informações envolvem ampla abordagem e discussão dos fatos em um relatório analisando aspectos técnicos e científicos qualitativos e quantitativos, os impactos ambientais e recomendações visando redução de riscos e correções de problemáticas (UCS, 2009). Contribuindo com as informações da participação da UCS, um entrevistado acrescenta que foram solicitados estudos inclusive do Instituto do Patrimônio Histórico Nacional diante das constatações de sítios arqueológicos pela universidade:

Também tivemos uma abordagem, um enfoque na parte arqueológica: cobramos informações do Instituto do Patrimônio Histórico Nacional a respeito de sítios arqueológicos existentes aqui na nossa região, que poderiam estar sendo afetados pelas obras da PCH. Também havia um estudo da Universidade de Santa Cruz em relação a sítios arqueológicos. Enfrentamos essa questão, cobramos informações também do Instituto Histórico Nacional para que fosse respeitada a questão do patrimônio arqueológico (Promotor).

De posse do estudo da Universidade de Caxias do Sul, a promotoria também realizou um estudo técnico e cobrou informações da Corsan, na busca de esclarecimentos que visassem os interesses da população:

Além do da universidade, a gente teve um estudo técnico da nossa divisão de assessoramento técnico. Foram feitos até dois estudos pela nossa divisão de assessoramento técnico. Também cobramos informações técnicas da Corsan em relação à qualidade da água. Inclusive o Ministério Público promoveu uma audiência pública com a Corsan; chamou a Corsan a Guaporé para que pudessem prestar esclarecimentos para a comunidade local (Promotor).

Pelos dados informados pelo entrevistado acima, a participação do Ministério Público abarcou a frente ambiental e de interesse da população, além de esclarecimentos de cunho histórico e cultural. Como papel fundamental neste cenário o Ministério Público atuou de maneira ampla e envolvendo diversas instituições e institutos para garantir que a população não tivesse prejuízos ambientais, culturais e sociais.

No que se refere à participação comunitária, os entrevistados revelaram que:

Eu acho que o prefeito se manifestou contrário visto a pressão que nós tivemos no dia da audiência na Casa da Cultura, quando várias centenas de pessoas, uma pequena multidão, estiveram na praça. Tinha um telão e com alto-falante transmitindo para o lado de fora e a gente notou uma posição contrária do prefeito naquele momento, mas ficou só nisso. Não teve mais nenhum tipo de reação, a não ser aquela declaração, acho que pressionado pela população que estava presente e aguardava uma posição dele, pelo menos contrária, mas só momentânea.

[...]

Infelizmente, a comunidade, sabendo do que se tratava, sim, ela não é participativa. Eu não sei se falta consciência, Sabe. Conhecimento é uma coisa, consciência é outra: a pessoa toma conhecimento, mas eu delego às autoridades, aos vereadores, eles que vão brigar por mim. E nós precisamos do apoio da comunidade, pelo menos com a presença, pra mostrar que a comunidade está do nosso lado. Não é uma coisa do vereador isoladamente, mas sim que a comunidade estivesse do nosso lado. Infelizmente, isso não ocorreu (Vereador 2).

Eu sei que em Vista Alegre do Prata algumas pessoas participaram da manifestação em Guaporé, mas uma manifestação – só um debate. E Vista Alegre foi a favor e Guaporé tinha uma rejeição maior, mas que depois acabou dando certo com a empresa (Vereador 7).

Houve uma grande audiência realizada na Casa da Cultura de Guaporé, inclusive parte da população ficou do lado de fora, porque não havia mais lugares na Casa de Cultura. Em geral, em Guaporé, uma determinada camada da população, vamos dizer assim, arregimentada pelos ambientalistas, acabou se manifestando contra a implantação das PCHs. [...] Diferentemente, Vista Alegre do Prata contou com a adesão praticamente total da população, que via ali uma chance de ascensão econômica bastante grande. Eu diria que, em geral, a reação da população de Guaporé foi desfavorável, [...] (Promotor).

Pelos relatos, percebeu-se que ocorreu uma participação popular, mas que esse não teve continuidade e nem força suficiente para impedir a construção da PCH Autódromo, além disso, as informações envolvidas nestes processos geralmente são termos técnicos e nem sempre são compreendidos pela sociedade em geral, os cidadãos das duas cidades, por exemplo.

Porém, evidencia-se pelas entrevistas que pode não ter acontecido uma atuação efetiva de um importante órgão de fiscalização, a FEPAM, como se transcreve:

Eu creio que falta [...] um estudo integrado das bacias do Taquari-Antas pra ver a necessidade de implementação de três PCHs no rio Carreio. Isso faltou, é importante esse estudo sistêmico. Há um estudo bastante antigo da FEPAM, então ela precisa ser modernizado. Muitas vezes o governo federal autoriza a instalação desses empreendimentos sem ser muito criterioso, então é necessário verificar a efetiva

necessidade de implementação. Creio que a FEPAM poderia fazer também um trabalho mais qualificado, não só analisando papéis, documentos, mas também fazendo suas inspeções em loco, até para verificar se aquilo que o empreendedor colocou no papel é realmente o que está acontecendo, se aquelas informações são realmente corretas. Então falta aí estrutura pra FEPAM, pra que não vire um mero órgão homologador de planos para licenciamento ambiental.

[...]

O temor, justamente das entidades ambientais, e havia uma certa desconfiança em relação à FEPAM por parte dos movimentos ambientais, de que esses planos não pudessem estar sendo corretamente analisados e que, com isso, o meio ambiente pudesse ser sacrificado (Promotor).

Em resumo, a construção da PCH Autódromo mobilizou a população, a classe política (Vereadores e Prefeitos), órgãos não governamentais (ONG VIME) e governamentais (Ministério Público, FEPAM), além disso, envolveu entidades como Corsan e a executora da obra Toniolo Busnello. Outrossim, houve uma tentativa de mobilização da imprensa sem grande efetividade. Por fim, houve o envolvimento também de uma instituição universitária, a UCS.

Partindo da percepção dos entrevistados sobre a participação dos mais diversos atores na aprovação da construção da PCH Autódromo, considerando que esta impacta na vida da comunidade em diversos aspectos, os próximos subcapítulos apresentam os impactos econômicos, sociais e, por fim, ambientais da instalação da PCH no Rio Carreiro.

É importante também girar que a realização das audiências públicas também se revela um instrumento para observar os princípios da prevenção e da precaução, na medida que tais princípios buscam alertar e antever possíveis danos e riscos ao meio ambiente.

Todavia, não é possível assegurar que a participação política comunitária obteve o entendimento e dimensão de tal regramento jurídico e os efetivos impactos do empreendimento, de modo que a participação simples, por si só, não se efetiva na proteção ambiental.

Considerações finais

Por meio do estudo buscou-se entender os princípios da prevenção e da precaução na instalação da PCH Autódromo, pondera-se que diversos procedimentos e processos foram adotados pela empresa, ministério público, atores políticos (prefeitos e vereadores) e ONG. No que atine às medidas ambientais a empresa revelou a adoção e aferimento de diversos relatórios e estudos enviados para a análise dos órgãos competentes, como a FEPAM. Ao mesmo tempo, os relatos revelaram que o envio destes relatórios não efetiva uma fiscalização *in loco*, os processos são muito mais burocráticos e podem ter algum viés implícito por interesses financeiros.

Os entrevistados revelaram que ocorreu participação da comunidade com cidadãos a favor e contra a construção, ambas as situações foram consideradas e percebeu-se que discussões e protestos não foram efetivos ao ponto de impedir a construção.

Os atores políticos (prefeitos e vereadores) das cidades de Guaporé e Vista Alegre do Prata tiveram uma participação ativa, como assembleias nas Câmaras, conversas com pessoas das cidades, com a empresa responsável pela construção, com ONG e Ministério Público. É sabido que o prefeito de Guaporé, à

época da construção, redigiu documento contrário à construção, porém não ocorreu uma concretização de fatos relevantemente impeditivos.

Nos relatos percebeu-se que constitucionalmente os documentos comprovaram que a construção não traz relevantes impactos negativos ou danosos ao meio ambiente. A publicação do relatório da UCS levantou dúvidas sobre a observância dos princípios de precaução e prevenção, mas não surtiu efeitos que resultassem em impedimento.

Outrossim, o Ministério Público também foi acionado em causa, buscando garantir que os direitos ambientais fossem sustentados ou não. Percebeu-se que houve questionamentos sobre o papel da ONG, da FEPAM e instituição que buscam a preservação e a fiscalização ambiental.

As entrevistas revelaram diversos problemas de cunho social no processo e logo após a instalação da PCH. Ainda, foi possível entender que há interesses financeiros bem específicos no uso do meio ambiente em causa humana. Os avanços tecnológicos e as necessidades humanas provocam a exploração dos recursos naturais.

Pelo volume de instituições, órgãos e documentos necessários para a autorização da implantação da PCH Autódromo, pode-se dizer que os princípios da prevenção e da precaução foram atendidos, porém, a percepção de alguns entrevistados fomenta a ideia de danos ambientais. Pondera-se que qualquer construção causará impactos ambientais, mas é evidente que PCHs exploram menos impactos.

Partindo do problema exposto, pode-se inferir que o município se envolveu no processo decisório da construção da PCH, já que o município emitiu documento contrário, houve a participação ativa de vereadores, os cidadãos foram envolvidos em reuniões e protestos, além disso, órgãos e entidades (Ministério Público, ONGs, Universidade) também se engajaram na causa, ou seja, a competência municipal foi atendida. Outrossim, destaca-se que os princípios da prevenção e precaução podem ser analisados sobre o contexto do atendimento das diversas e diferentes normas e regras detalhadas em relatórios técnicos, mesmo assim, com relação aos impactos, os entrevistados revelaram aspectos positivos e negativos, porém não houve impeditivo que realmente impossibilitasse a construção da PCH.

Aponta-se que este estudo tem limitações, o trabalho não analisou a perspectiva e fatos da construção das outras PCHs no Rio Carreiro, apenas da PCH Autódromo, mesmo que os entrevistados possam ter comentado a existência delas. Então, o contexto geral do Rio Carreiro, no conjunto de todas as construções, não foi considerado. Aponta-se que não se considerou o viés dos outros princípios que norteiam a causa ambiental, restringindo o estudo aos de precaução e de prevenção. Restringe-se às entrevistas à prefeitos e presidentes de Câmara de Vereadores, promotor e responsável técnico, não se realizou qualquer entrevista com cidadãos das duas cidades circunvizinhas específicas, Guaporé e Vista Alegre do Prata.

As limitações também se apresentam nas entrevistas, notadamente atores políticos (prefeitos e vereadores), que evitaram a entrevista por diversos argumentos, especialmente porque não queriam entrar em polêmica.

Sugere-se que novos estudos considerem entrevistar munícipes, pesquisas quantitativas sobre o assunto e comparar com a instalação de outras PCHs. Podendo trazer um contexto amplificado sobre os problemas que podem atingir o meio ambiente nesta situação. Além disso, a análise dos outros princípios também pode ser pertinente e trazer resultados a serem considerados.

Referências

- CONSELHO Municipal de Meio Ambiente de Guaporé. Ofício n. 05-2007 de 10/10/2007 do presidente do Conselho Municipal do Meio Ambiente, Anacleto Vitor Bedin ao Promotor de Justiça de Guaporé, Sr. Cláudio Leiria.
- CORREA, Marcelo. Desenvolvendo a economia em pequenos municípios por meio de empreendedorismo. **Administradores.com**, nov. 2015. Disponível em: <<https://administradores.com.br/artigos/desenvolvendo-a-economia-em-pequenos-municipios-por-meio-de-empreendedorismo>>. Acesso em: 01 abr. 2020.
- COSTA NETO, Nicolau Dino de Castro e. **Proteção Jurídica do Meio Ambiente**. Belo Horizonte: Del Rey, 2003.
- CUNHA, Belinda Pereira; AUGUSTIN, Sérgio (Orgs.). **Sustentabilidade ambiental: estudos jurídicos e sociais**. Caxias do Sul: Educs, 2014.
- FONTANA, Raphael L. M. *et al.* Teorias demográficas e o crescimento populacional no mundo. **Ciências Humanas e Sociais Unit**, v. 2, n. 3, p. 113-124, 2015.
- GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas em Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 1999.
- GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energia e meio ambiente no Brasil. **Revista Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21. N. 59, 2007. p. 07-20. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v21n59/a02v2159.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2019.
- GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estud. av.**, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007.
- HOGAN, Daniel Joseph. Crescimento populacional e desenvolvimento sustentável. **Lua Nova**, n. 31, p. 57-78, 1993.
- IBGE - **INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/guapore/panorama>> Acesso em: 19 abr. 2019.
- MINAYO, Maria Cecília de Souza. Pesquisa Social: teoria, método e criatividade. In: DESLANDES, Suely Ferreira; GOMES, Romeu; MINAYO, Maria Cecília de Souza (Orgs.). **O desafio da pesquisa social**. 27. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2008. p. 9-30.
- NUSDEO, Fábio. **Curso de economia: introdução ao direito econômico**. 5. ed., rev. e atual. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2008.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **População mundial**. 2019. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/search?key=popula%C3%A7%C3%A3o+mundial>>. Acesso em: 10 jul. 2020.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE GUAPORÉ. Ofício n. 144-2007 de 27/03/2007 do prefeito Antônio Carlos Spiller à direção da Empresa Hidrotérmica S.A., Sr. Ricardo Pagosso.
- SAMPIERI, Roberto Hernandez; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, Pilar Baptista. **Metodologia de Pesquisa**. 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.
- SILVA, Rafaelly Y. **Possíveis impactos socioambientais causados pelas construções de pequenas centrais hidrelétricas (PCH's) no estado de Mato Grosso**. 2014. 13f. Artigo (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal de Mato, 2014.
- SOUZA FILHO, Carlos Frederico Marés. O dano ambiental e sua reparação. **Revista de Direito da Associação dos Procuradores do Estado do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, v. 1, p. 49-61, 1999.

A SAÚDE NOS ODS 2030 E A SOCIEDADE DO CANSAÇO: UMA (RE) LEITURA EM BYUNG HAN

Sidinei Farias¹
Claudete Rempel²

Resumo: Este capítulo alude a uma análise reflexiva do conceito de saúde a partir dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis-ODS 2030, mais precisamente a meta 3, que preconiza assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar em todas as idades. Paralelo a isto, são tecidas discussões norteadas pela obra: Sociedade do Cansaço do filósofo sul-coreano Byung Chul Han. Han menciona que a sociedade atual é condicionada pelo cansaço, pois o indivíduo na busca desenfreada pela qualidade de vida e felicidade se auto explora. Há uma busca pelo sucesso, metas e desempenho que o ambiente de trabalho exige e provoca adoecimentos. Assim sendo, os ODS 2030 tornam-se relevantes para garantir direitos humanos, discutir o mundo do trabalho atual e impulsionar uma descolonização da subjetividade humana, promotora da saúde mental e ambiental.

Palavras-chave: Desenvolvimento sustentável, saúde e ambiente

Introdução

Este capítulo provém do recorte de um ensaio teórico do Componente Curricular Natureza do Conhecimento, com reflexões alusivas ao pensamento do filósofo sul-coreano *Byung Chul Han*, autor indicado no Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento-PPGAD, vinculado aos objetivos de Desenvolvimento Sustentável/2030-ODS que a Organização das Nações Unidas-ONU proclama. Tal discussão assume relevância porque a instituição que oferece este PPGAD vincula-se a uma rede de universidades com pesquisas e projetos para consecução de alguns desses ODS-2030. Diante disso, este escrito focar-se-á no objetivo 03 dos ODS de promover o bem estar e busca por uma saúde integral e integradora (NAÇÕES UNIDAS BRASIL, 2022), a partir de uma leitura filosófica de Han integrada ao ambiente biopsicossocial.

Os objetivos de desenvolvimento sustentáveis 2030

Ao mencionar-se vida saudável e bem-estar, ambos os conceitos aludem a uma concepção de saúde ampliada. Almeida Filho (2011), argumenta o conceito de saúde como algo integrado e integrador, a partir da raiz etimológica latina de *salus*, isto é, algo total e inteiro. Para o mesmo autor não se pode falar de uma saúde no singular, mas de várias “saúdes” plurais, devido às diversas perspectivas conceituais e metodológicas, a depender dos níveis de complexidade e dos planos de emergência considerados. Assim também, complementa-se o que a Organização Mundial de Saúde (OMS) define como “um estado de completo bem-estar físico, mental e social, e não apenas como a ausência de doença ou enfermidade”, embora o termo, completo seja questionável e defendido como inatingível ao considerar várias nuances de cada pessoa (SEGRE; FERRAZ, 1997). Em tais nuances, não se pode deixar de acolher uma visão

1 Pedagogo, psicólogo e mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento (PPGAD), da Universidade do Vale do Taquari – Univates – Lajeado/RS. E-mail: fariasmodificabilidade@gmail.com

2 Professora e Pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento (PPGAD) e do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Ambientais Sustentáveis (PPGSAS), da Universidade do Vale do Taquari – Univates – Lajeado/RS. E-mail: crempel@univates.br

ecológica sistêmica que enfatiza a interdependência fundamental de todos os fenômenos e o fato de que, enquanto pessoas e sociedades, todos estão inseridos nos processos cíclicos da natureza (CAPRA, 1999).

Para fortalecer estes processos e potencializar as diferentes saúdes dos seres vivos, 193 países membros da Organização das Nações Unidas (ONU) assumiram a agenda denominada “Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”. Nela constam 17 objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), também conhecidos como Objetivos Globais.

O termo sustentabilidade que é citado provém do latim, *sustentare*, isto é, sustentar e apoiar, conservar e cuidar. Tal terminologia começou a ser germinada a partir da Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente que ocorreu em Estocolmo/Suécia no ano de 1972. Contudo, surgiu somente em 1987, a partir do Relatório Brundtland, que apresentava um diagnóstico dos problemas ambientais na ONU e elencando a necessidade de vincular desenvolvimento econômico e social à questão ambiental para a sobrevivência do Planeta Terra (DIAS, 2010).

A partir disso, a mesma organização conceitua sustentabilidade como o “atendimento das necessidades das gerações atuais, sem comprometer a possibilidade de satisfação das necessidades das gerações futuras”. Vários ODS/2030 dialogam com esta pesquisa de acordo com as cinco esferas adotadas pela ONU dos cinco “P’s”³ que representam esferas de importância crítica para o planeta e humanidade: as pessoas, o planeta, a prosperidade, a paz e as parcerias (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015, online). A meta 3 dos ODS preconiza “assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todas e todos, em todas as idades. As submetas citam a redução da mortalidade por diferentes causas, dentre elas, na submeta 3.3, de doenças transmitidas pela água e também na submeta 3.9 de “até 2030, reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos, contaminação e poluição do ar e água do solo” (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015, online) a fim de potencializar a vida e a garantia de direitos humanos.

A meta 8 aborda a necessidade de “[...] promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos e todas”. Incentivando este propósito, a submeta 8.8 estabelece “[...] promover os direitos trabalhistas e promover ambientes de trabalho seguros e protegidos para todos os trabalhadores, eis a relevância considerar o contexto atual da saúde existencial e o comportamento do ser humano pelo contexto de uma sociedade do cansaço”.

A sociedade do cansaço

O filósofo sul-coreano Byung Chul Han discute, mais precisamente no seu livro, “Sociedade do cansaço”, de que “[a] positividade do poder é mais eficiente que a negatividade do dever” (HAN, 2017, p. 25). Esta frase resume a discussão de suas principais ideias no que concerne à transição contemporânea de suposta liberdade em comparação às anteriores, isto é, “sociedades disciplinares”. Para o autor, o mundo atual deixou de ser uma sociedade do “você deve”. Esta, até então, era permeada pela regra, moralidade, relações de verticalização em que a moral e a ideologia protestante preconizavam. Além disso, alusivo à esta preconização, o filósofo menciona o pensamento freudiano em que o sujeito, nas suas angústias e atrelado ao sentimento de culpa, era dominado pelo inconsciente, mais precisamente o superego, uma das três instâncias do aparelho psíquico e de sinônimo da vigilância frente ao Id.

3 Cinco áreas de importância crucial para a humanidade e o planeta: Pessoas, Planeta, Prosperidade, Paz e Parcerias.

Paralelo a discussão do “você deve”, Han elenca uma inversão de comportamento na atualidade em que surge o “você pode”. Por isso, viram moda os adjetivos comportamentais do capitalismo re(inventado) do desempenho, performance, produtividade, pausa, sucesso e conquista. Os mesmos balizam o cansaço da positividade buscada e distanciam-se ao que está o propondo a meta 8 dos ODS 2030 que alerta para a necessidade de vida digna. Se antes o homem era dominado por um sistema capitalista, sob a ótica marxista, hoje o ser humano se explora na autoescravidão e alienação de si em busca da autorrealização imerso a liturgia do consumismo. A sociedade distancia-se da rigidez, do seguimento de um código de conduta permeado pela normalidade e declínio religioso. A mesma parte para uma outra instância de maneira extrema. Há uma busca frenética pelo desejo e o sucesso, garantia e segurança. E também, um recorrer ao instantâneo, ao paliativo, imediato e compensador. Logo, uma releitura recrutada das indagações do filósofo sul-coreano permitem constatar que a pessoa continua numa postura colonizada e não se emancipa.

O suposto sucesso adoecedor

A situação de esgotamento que a sociedade contemporânea vivencia é sinalizada por uma positividade que, em si, não é “positiva” no sentido literal da palavra. Tal adjetivo da otimização potencializa uma crise existencial, falta de sentido e insaciedade por algo que não se preenche, embora as promessas midiáticas e consumistas apontem possibilidades. Infelizmente percebe-se esta situação até mesmo dentro da própria ciência e profissionalização. Atualmente há um enaltecimento do positivo, da autorrealização e misto impulsionador das terapias breves atrelado ao *coaching* que alguns profissionais associam. Ademais, um avanço de supostas autoridades científicas neste viés neoliberal da positividade vem fragilizando as áreas consagradas da ciências, com promessas infundadas e não científicas. Frente a esta discussão, percebe-se, portanto, que a transição do contexto de disciplinamento da sociedade para uma liberdade afetou diversas dimensões do mundo atual ainda se mantém distante de um bem estar que os ODS 2030 preconizam.

A discussão da sociedade disciplinar para o suposto sucesso nas sociedades contemporâneas, segundo Han, sinaliza-se também pelo neoliberalismo, resenhado por Corbanezi (2008) ao discutir, por exemplo, um processo psicoterapêutico em que o sujeito, contra o tempo e na ilusão liberal, não almeja investigar a origem do conflito porque a investigação demanda uma temporalidade técnica que é lenta e laboriosa. Roudinesco (2000), psicanalista francesa e ícone nos estudos de Freud, também converge com o pensamento de Han e assemelha-se ao que Corbanezi resenha de Han, ao indagar a medicalização como uma proposta de socorro ilusório e anestésico. A situação de impaciência e desacordo na realização de uma “escavação arqueológica” mais processual, duradoura e dolorosa do sofrimento psíquico é escanteada pelo sujeito.

O cansaço atual, convergente a ânsia de felicidade, esgotamento e síndrome de *burnout* permite indagar: Quanto você paga por aquilo que você ganha consonante a “positividade”? A pergunta impulsiona repensar as propostas de “possível” lazer e de entretenimento. Ambas, na maioria das vezes não alimentam a importância do ócio criativo e do aprender a não “fazer nada”, frente a uma sociedade que obriga capitalizar o tempo a cada instante sinalizado por motivação, investimento em si, resultados, competências e habilidades na escola e universidade para o mundo, ter em detrimento de ser e o ser empresário de si. Não produzir ou não se capitalizar resulta no cansaço incontável que desencadeia a vergonha, frustração e inferioridade por não conseguir o que se quer, embora “tudo posso”, uníssono ao terrível sentimento de não ser aceito socialmente e cobijado.

Byung-Chul Han permite refletir a queixa da falta de privacidade, antes clausurada pelo disciplinamento, todavia, sinalizada atualmente por uma contradição frente à exacerbação da amostra de perfil em redes sociais e uma nudez absoluta que conduz a frustração da insatisfação narcísica. A consequência disso é o colapso psíquico da possibilidade descartável da autorrealização e, ousa-se dizer, patológica, porque conduz o sujeito à autodestruição.

Considerações finais

A paradoxalidade da “liberdade” em uma sociedade pós-disciplinar de antes coercitiva, resulta num sujeito exausto de lutar consigo e iludido nas flexibilizações dos mais variados âmbitos (organizacional, relacional, espiritual, político, ecológico). O pensamento de Han não reforça um pessimismo da existencialidade, sobretudo para os profissionais que estudam seu pensamento porque os destitui a provocar o antropoceno a (re)pensar. Enfim, Han evidencia a possibilidade da pessoa ressignificar-se e reinventar-se mediado por sua importante leitura que discute os paradoxos da sociedade que em tempos de embrionária inteligência artificial autônoma, extremismo mundial de direita, ecocídio, *fake news*, *uberização* e de pós-verdade busca, cansável e incansavelmente, a(s) “felicidade”(s) por veredas...

Tais reflexões e questionamentos permitem clarear horizontes e novas leituras mais concretas, a fim de efetuar o terceiro objetivo de desenvolvimento sustentável, isto é, cultivar uma vida saudável e a promoção do bem-estar e saúde mental para a pessoa humana em todas as idades. Tal objetivo contribui para que o ser humano minimize seus processos autodestrutivos com olhar crítico à problemática ambiental de que é responsável enquanto sujeito que adoce a si e ao meio ambiente. Ademais, garantir direitos humanos, discutir o mundo do trabalho atual e impulsionar uma descolonização da subjetividade humana promotora da saúde mental e ambiente.

Referências

ARENDT, H. **A condição humana**. 5. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1991.

ALVES, J. A crise do capital no século XXI: choque ambiental e choque marxista. Salvador. **Revista Dialética**, v. 6, n. 7, 2015.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. Trad. Newton Roberval Eichenberg. São Paulo: Cultrix, 1999.

CORBANEZI, E. **Sociedade do Cansaço de Byung-Chul Han**. Resenha. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ts/v30n3/1809-4554-ts-30-03-0335.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2020.

HAN, B. C. **Sociedade do cansaço**. Tradução de Enio Paulo Giachini. 2 ed. Petrópolis: Vozes, 2017.

MASLOW, Abraham H. **Motivation and personality**. Nova York: Harper e Row, 1954.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. Disponível em <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/3>> Acesso em 06 de março de 2022.

ROUDINESCO, E. **Por que a psicanálise?** Rio de Janeiro: Zahar, 2000.

EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS: ANÁLISE SISTEMÁTICA NAS BASES DE DADOS EBSCO, DOAJ E SCIELO

Mara Alini Meier¹
Jane Marcia Mazzarino²

Resumo: O estudo identificou artigos sobre educação ambiental relacionados às águas ou em bacias hidrográficas nos continentes americano e europeu, publicados nas bases de dados da EBSCO, DOAJ e SCIELO. Por meio do método da revisão sistemática se usou como busca as palavras água, recurso hídrico, bacia hidrográfica e educação ambiental (em português e inglês). O recorte temporal da pesquisa compreende o período de 1992 a 2016. As práticas de EA são consideradas nesse estudo como todas as atividades práticas ou construções metodológicas que sejam concernentes a EA. Como resultados obteve-se 2.412 artigos, dos quais 147 ou 6% tratavam da educação ambiental. Dentre estes 51 (35%) tratavam de práticas voltadas às águas e/ou bacias hidrográficas, sendo que 69% aconteceram em escolas. Concluiu-se que poucas publicações centram-se em práticas de educação ambiental voltadas às águas e/ou bacia hidrográfica, sendo que a maioria refere-se a instituições oficiais de ensino, envolvendo esporadicamente a sociedade.

Palavras-chave: Recursos hídricos. Europa. América. Sensibilização.

Introdução

A crise ambiental contemporânea tem como especificidade a atuação destrutiva antrópica sobre a natureza em escala global: a ação de uma única espécie impacta o planeta como um todo (SOFFIATI, 2002). A sociedade toma os recursos naturais dentro de uma racionalidade:

[...] antropocêntrica, instrumentalizadora e utilitarista da natureza [...]. Esta concepção tanto é o resultado complexo do capitalismo em ascensão como também é responsável pela revolução tecnológica eclodida no final do século XVIII na Inglaterra. Em cinco séculos de era planetária, ambas – a concepção e as relações materiais por ela engendradas – impregnaram inteiramente as sociedades distribuídas pelo mundo, com maior ou menor sucesso segundo as resistências encontradas. Por derivar, também, de forma complexa, de atitudes culturais e políticas e de práticas sociais e econômicas, a crise ambiental do presente revela seu aspecto horizontal e, conseqüentemente, global (SOFFIATI, 2002, p. 51).

Diante dos diversos problemas ambientais ao longo do século XX, a humanidade se deu conta que a ação humana sobre a natureza tornou-se cada vez mais danosa aos seres vivos com isso assiste-se à ampliação do debate nos meios científicos, políticos e comunitários a fim de frear as ameaças que assolam os diversos grupos sociais (BERNARDES; FERREIRA, 2005).

1 Universidade do Vale do Taquari - Univates. Doutora em Geografia (UFRGS). Pós-Doutorado em Ambiente e Desenvolvimento na Universidade do Vale do Taquari. E-mail: mara.alini@gmail.com

2 Universidade do Vale do Taquari - Univates. Doutora em Ciências da Comunicação (Unisinos). Professora permanente do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento (PPGAD) da Universidade do Vale do Taquari. E-mail: janemazzarino@univates.br

No entanto, existe um abismo entre a informação sobre a problemática ambiental e a mudança de atitudes da sociedade frente a este tipo de desafio, o que define a ‘conjuntura da crise ambiental’ (SOFFIATI, 2002). Uma das principais alternativas que despontam na atualidade é a formação da sociedade por meio da Educação Ambiental (EA), que pode apresentar diversas denominações: alfabetização ecológica, educação para o desenvolvimento sustentável, educação para a sustentabilidade, ecopedagogia e educação no processo de gestão ambiental (DIAS; MARQUES; DIAS, 2016).

Em comum, as diferentes denominações convergem na ideia de que a Educação Ambiental deve estar voltada ao desenvolvimento de características individuais, assim como à atuação coletiva dos grupos sociais, que levem a uma nova interpretação sobre as questões ambientais e a intervenção humana sobre os diferentes espaços.

Uma proposta bastante legitimada interpreta a educação ambiental como uma ação de cunho educativo e social voltada para a estruturação e composição de um rol de ‘valores, conceitos, habilidades e atitudes’. Esta vertente prevê a intervenção dos sujeitos individuais, assim como, coletivos (LOUREIRO, 2002). No entanto, outras correntes ressaltam aspectos diversos: lúdicos, experienciais, femininos, etc. (SAUVÉ, 2005).

Para Lima (2002, p. 133), é preciso “desenvolver a consciência essencial de que a questão ambiental se origina e se expressa no conflito entre interesses privados e públicos pelo acesso e pela apropriação dos recursos naturais”. Para o autor, deve-se viabilizar a politização da EA, mediante a promoção da qualidade de vida, e a articulação dos princípios de cidadania, justiça social e sustentabilidade ambiental.

Neste contexto, indaga-se o que vem sendo desenvolvido no âmbito da EA que promova o seu aprimoramento. Destarte, o intuito da presente pesquisa é identificar quantos e quais são os estudos que discorrem sobre as práticas de Educação Ambiental focadas na água e/ou bacia hidrográfica nos contextos americano e europeu presentes nas bases de dados da EBSCO, DOAJ e SCIELO.

O recorte temporal da pesquisa compreende o período de 1992 a 2016. Em 1992 ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, considerado um importante momento para a EA, que assim, tem sua abrangência alargada. Conforme Gadotti:

[...] o encontro entre a pedagogia da práxis e a educação ambiental deu-se na *Rio-92* com as primeiras reflexões sobre a *ecopedagogia*. A ecopedagogia não quer oferecer apenas uma nova visão da realidade. Ela pretende reeducar o olhar. Reeducar o olhar significa desenvolver a atitude de perceber e não ficar indiferente diante das agressões ao meio ambiente, criar hábitos alimentares novos, evitar o desperdício, a poluição sonora, visual, a poluição da água e do ar etc. e intervir no sentido de reeducar o habitante do planeta (GADOTTI, 2005, p. 3)

Esse novo modo de interpretar a EA também incentivou e influenciou as políticas públicas no Brasil nessa área. Nesse sentido:

Em 1992, com a Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92) é que, através da criação do Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global, são lançadas mais efetivamente propostas de ação que possibilitam o tratamento do caráter crítico e transformador da educação ambiental, focando não só no individual mais também no coletivo, englobando aspectos sociais,

econômicos e políticos. Contudo, somente em 1999, através da lei nº 9795, foi instituída no Brasil a Política Nacional de Educação Ambiental, que traz como princípios básicos um enfoque humanista, holístico, demográfico e participativo; onde as concepções pedagógicas devem ter a perspectiva da inter, multi e transdisciplinaridade, vinculando a ética, a educação, o trabalho e as práticas sociais (CUNHA; LATINI, 2014, p. 324).

Diante do protagonismo que os países da América Latina e Caribe tiveram na formulação de suas Agendas nacionais e locais com ênfase na EA, após a Rio/92 (GAMA; CARVALHO; CARVALHO JÚNIOR, 2012, s/n); e da atuação dos países europeus no debate ambiental em diversos eventos internacionais (BERNARDES; FERREIRA, 2005); definiu-se a América e a Europa como a área espacial de abrangência da presente pesquisa. O recorte temporal finda em 2016 porque a coleta de dados iniciou em 2017.

Procedimentos metodológicos

A revisão sistemática da literatura é considerada “um tipo de investigação focada em questão bem definida, que visa identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidências relevantes disponíveis” (GALVÃO; PEREIRA, 2014, p. 183). Para o desenvolvimento da pesquisa utilizou-se as primeiras etapas da revisão sistemática: estabelecer o objetivo da pesquisa; definir as fontes para a busca de estudos; escolher os estudos pertinentes. As demais etapas (obtenção dos dados, avaliação metodológica, resumo e avaliação das informações) refere-se a resultados publicados em outro artigo que, por questão de espaço, não foram incluídos neste (CASTRO, 2001; GALVÃO; PEREIRA, 2014).

A busca por artigos científicos ocorreu nas bases de dados da EBSCO, DOAJ e SCIELO. A DOAJ e a EBSCO são periódicos de abrangência internacional, enquanto que a SCIELO possui abrangência nacional. A EBSCO Information Services (EBSCO) é uma empresa privada com sede nos Estados Unidos da América que disponibiliza acesso a um acervo de abrangência internacional, com mais de 3.948.060 artigos científicos revisados por especialistas, o que garante a qualidade dos textos. Ela abrange diversas áreas da ciência: engenharia, tecnologia, matemática, artes e humanidades, ciências sociais, direito, negócios e saúde (EBSCO, 2017).

A Directory of Open Access Journals (DOAJ) foi criada em 2003 na Universidade de Lund, na Suécia, e é uma base de dados que permite o acesso a revistas com artigos revisados por pares, o que confere um acervo de alta qualidade. A DOAJ atualmente é composta por 11.750 revistas de 123 países, totalizando um conjunto de mais de 2.906.337 *artigos* em diversas áreas, como ciência, tecnologia, medicina, ciências sociais e humanidades (DOAJ, 2017).

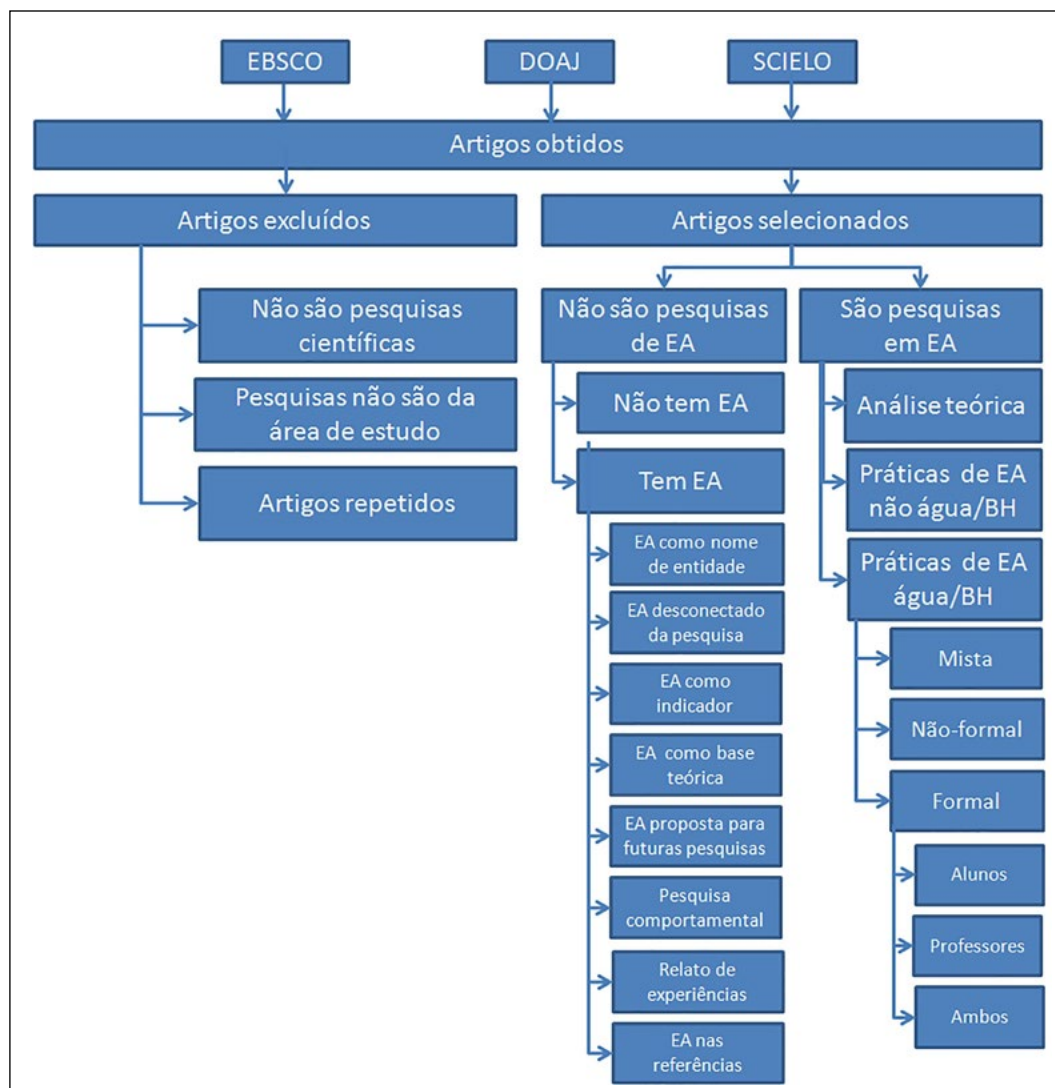
A Scientific Electronic Library Online (SCIELO) é uma base de dados que agrega diversos periódicos brasileiros. Ela é sustentada por uma parceria entre Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Centro Latino-Americano e do Caribe de Informação em Ciências da Saúde (BIREME) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ). São diversas as áreas do conhecimento abrangidas, como: ciências agrícolas, ciências sociais aplicadas, ciências biológicas, engenharia, ciências exatas e da terra, ciências da saúde, ciências humanas, linguística, letras e artes e multidisciplinar. São quase 300.000 artigos científicos disponíveis (SCIELO, 2017).

A busca por artigos nestas três bases de dados aconteceu entre os meses de fevereiro e março de 2017. Nas buscas realizadas delimitou-se: artigos científicos entre os anos de 1992 e 2016 e com os

termos aparecendo em qualquer local do texto. Os termos utilizados na pesquisa estiveram em português e inglês e fez-se o uso do operador booleano *and*. Os termos estiveram combinados da seguinte forma: a) Português: Educação Ambiental *and* recurso hídrico; Educação Ambiental *and* recurso hídrico *and* bacia hidrográfica; Educação Ambiental *and* bacia hidrográfica; Educação Ambiental *and* água; Educação Ambiental *and* recurso hídrico *and* bacia hidrográfica *and* água; b) Inglês: environmental education and water resources; environmental education and water resources and hydrographic basin/watershed/river basin; environmental education and hydrographic basin/watershed/river basin; environmental education and water; environmental education and water resources and Water and hydrographic basin/watershed/river basin. Utilizou-se os três termos que definem bacia hidrográfica em inglês: hydrographic basin, watershed e river basin.

Com a coleta dos artigos finalizada procedeu-se a sua avaliação. Iniciou-se pela leitura do título e resumo dos artigos, quando permaneciam dúvidas sobre os dados buscava-se o artigo completo. Diante disso, procedeu-se a classificação dos artigos, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1: Etapas de análise dos artigos obtidos nas bases de dados da EBSCO, DOAJ e SCIELO



Fonte: Da pesquisa (2017)

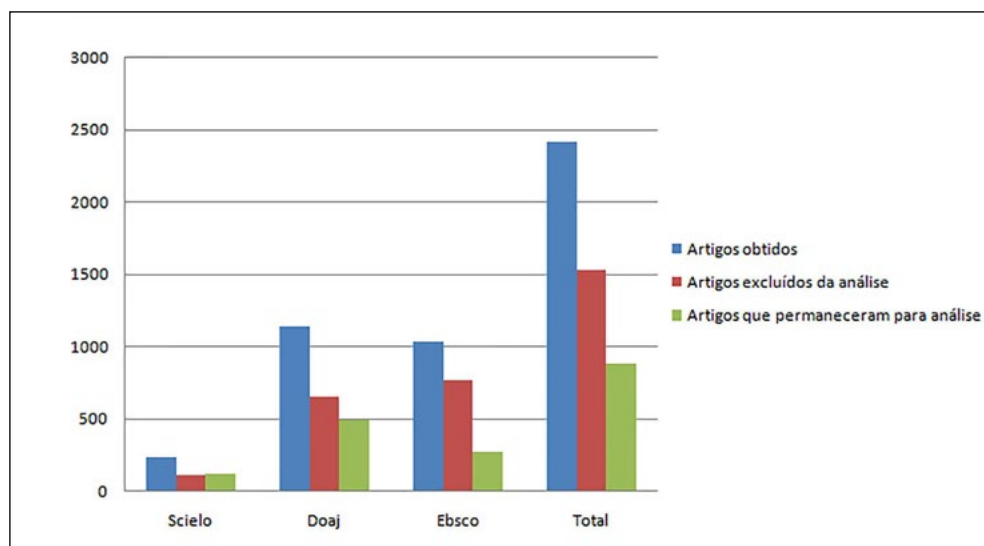
Descartaram-se os artigos identificados como: não sendo resultado de pesquisas científicas; não pertencendo ao espaço geográfico de análise; artigos repetidos; artigos que não tratavam de pesquisas na área da EA; e artigos que tratavam de pesquisas na área da EA voltadas as análises teóricas e práticas que não envolviam as águas e/ou bacia hidrográfica. Ao final, os artigos que interessam à pesquisa e ao seu aprofundamento posterior, são os estudos caracterizados como práticas de EA voltadas as águas e/ou bacia hidrográfica no contexto americano e europeu.

As práticas de EA são consideradas nesse estudo como todas as atividades práticas ou construções metodológicas que sejam concernentes a EA. Os objetivos dessas práticas podem ser diversos, estando voltados a capacitação, construção de conhecimento local, conscientização, sensibilização, avaliação crítica da realidade socioambiental, difusão de conhecimentos à sociedade referentes a temática ambiental, entre outros. Como exemplos de atividades têm-se as atividades teóricas e práticas de EA destinadas aos alunos, crianças, jovens ou membros da sociedade; formação de professores; formação de grupos sociais voltados a discussão ambiental local; etc.

Resultados

As buscas por artigos nas bases de dados deram origem ao montante de 2.412 artigos. A quantidade mais expressiva adveio da DOAJ com 1.141 (47%), na sequência a EBSCO com 1.034 (43%) e, com a menor quantidade de artigos, a SCIELO com 237 (10%) artigos (FIGURA 2). A diferença expressiva de artigos da DOAJ e EBSCO em relação a SCIELO se deve ao fato de que as duas primeiras são bases de dados de abrangência internacional com um acervo expressivo e a última possui abrangência nacional composta por um acervo modesto.

Figura 2: Artigos obtidos e excluídos na busca das bases de dados da SCIELO, DOAJ e EBSCO.



Fonte: Dos autores (2017)

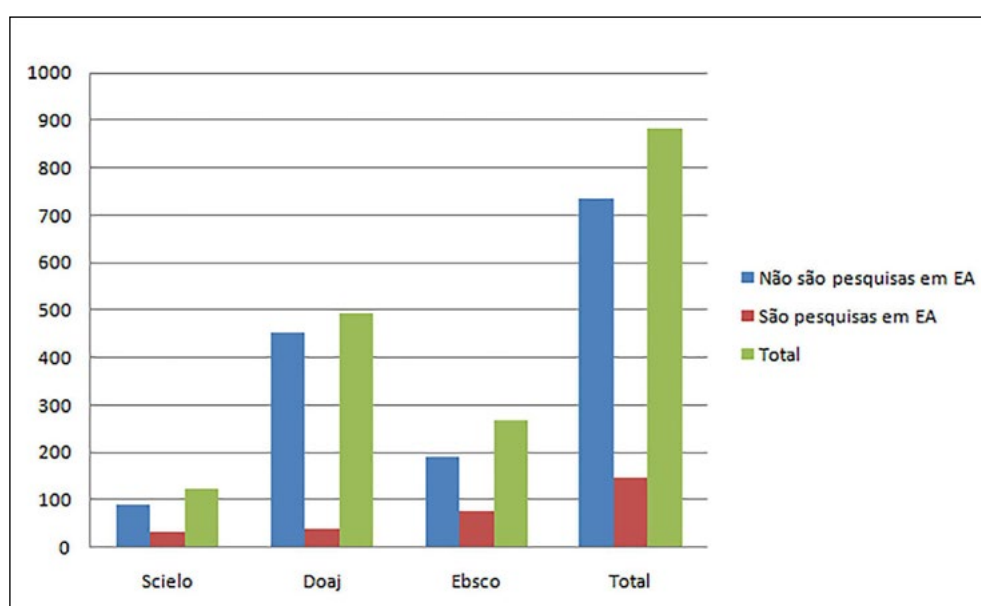
Dentre os artigos obtidos 1.530 (63%) foram retirados da análise, pois estavam repetidos, não pertenciam ao espaço de análise (América e Europa) ou não eram artigos de pesquisas científicas, como editoriais ou catálogos. A base com o maior número de artigos excluídos foi a EBSCO com 767 (50%), em seguida a DOAJ com 649 (42%) e a SCIELO com 114 (8%) artigos (FIGURA 2).

Após essa seleção permaneceram 882 artigos, o que corresponde a 37% dos obtidos inicialmente. Esses documentos podem ser considerados como artigos científicos que pertencem a área de estudo.

Os artigos descartados devido a sua repetição se deram dentro de cada base (entre as buscas de português e inglês e com as diferentes combinações de palavras) e entre as bases. Iniciou-se pela avaliação da SCIELO, retirando-se os artigos repetidos dentro da sua base e os textos que não eram artigos científicos (114 ou 8% do total). Em seguida, verificou-se a DOAJ descartando-se os artigos repetidos dentro da sua base e em relação à SCIELO e os artigos que não eram científicos (396 ou 26% dos artigos). E na EBSCO desprezou-se os artigos que apresentaram repetições dentro de sua base e em relação a DOAJ e a SCIELO e os artigos não científicos (401 ou 26%). A DOAJ e a EBSCO apresentaram artigos fora da área de estudo, advindos da África, Ásia e Oceania, respectivamente 253 (16%) e 366 (24%) artigos. A presença de artigos fora da área de estudo se justifica pela falta de opção nas bases de dados da EBSCO e DOAJ de definir o país de origem e/ou de aplicação da pesquisa. A SCIELO não apresentou artigos fora da área de estudo, pois a base permite selecionar as coleções por país de interesse.

Na sequência analisaram-se os 882 (37%) artigos classificados como aptos a serem avaliados, classificando-os em: artigos que não tratam de EA com 735 (83%) e os que tratam de EA com 147 (17%) artigos (FIGURA 3). Os artigos que tratam de EA correspondem a 6% dos artigos obtidos inicialmente, isto é, uma pequena quantidade de artigos interessou efetivamente a pesquisa. Para diminuir a obtenção de artigos que não são relevantes, seria interessante que as plataformas de base de dados apresentassem maior número de opções na delimitação da busca de artigos, como país ou continente de origem da publicação, dos autores ou aplicação da pesquisa. Além disso, percebeu-se desnecessário o uso de tantas combinações de termos de pesquisa, pois em algumas buscas todos os artigos já haviam sido apresentados nas seleções anteriores. E, ainda, a definição dos termos de busca em qualquer local do texto foi um dos fatores que elevou a quantidade de artigos obtidos. A busca poderia ter ocorrido apenas no resumo o que diminuiria esta quantidade, evitando o desperdício de tempo na avaliação de artigos irrelevantes para a pesquisa.

Figura 3: Artigos e sua relação com a temática da Educação Ambiental



Fonte: Dos autores (2017)

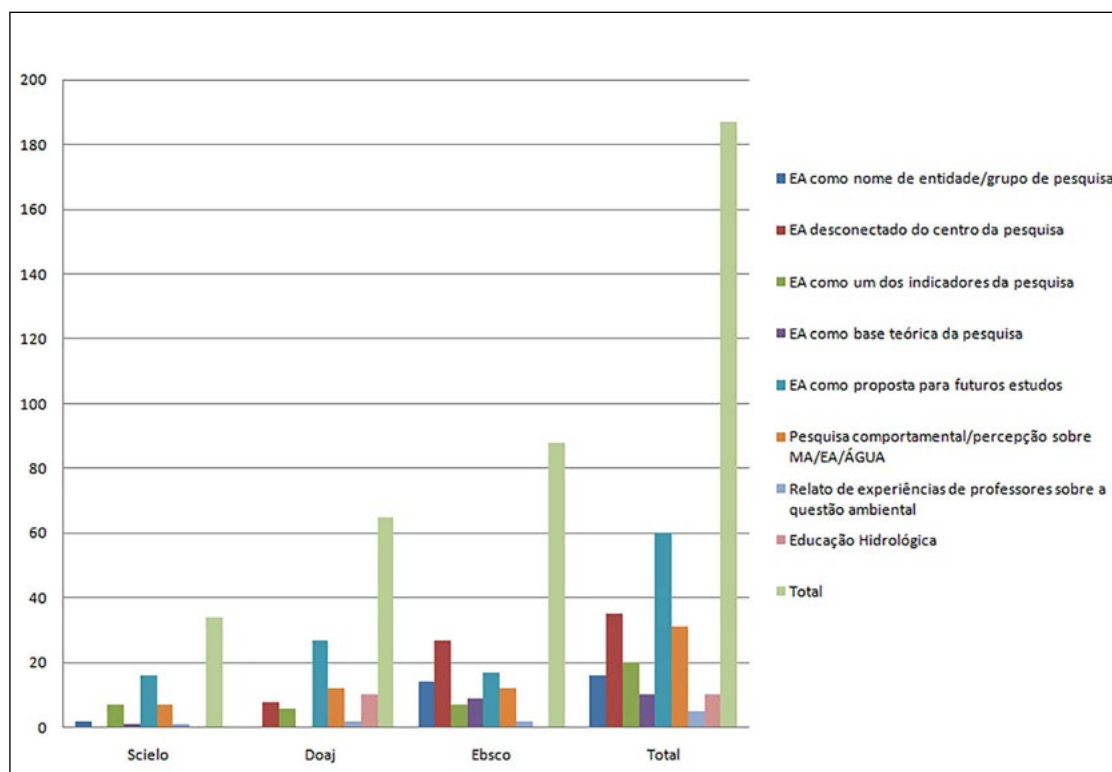
A DOAJ apresentou a maior quantidade de artigos que não tratavam de EA com 452 artigos, o que equivale a 61% da coleta nessa base de dados. A EBSCO foi a que mais apresentou artigos voltados à EA com 75 resultados, o que corresponde 51% dos artigos provenientes dessa base de dados.

Os artigos que não eram da área da EA e que não apresentavam o termo EA somaram 548 (75%) e os que apresentaram o termo EA totalizaram 187 (25%). A DOAJ obteve a maior parte dos artigos que não apresentavam o termo EA com 387 (70%). Já a SCIELO foi a que apresentou a menor quantidade desses artigos com 57 (10%). Aqueles que não eram da área de EA, mas apresentaram o termo EA obtiveram na SCIELO 34 (18%) frequências, na DOAJ 65 (35%) e na EBSCO 88 (47%) (FIGURA 4).

Observa-se que a maior parte dos artigos que não eram da área da EA não continham no texto o termo EA, mas sim as duas palavras “educação” e “ambiental”. Assim, verifica-se que a EA não foi remetida nas buscas das bases de dados como um termo específico, mas sim como duas palavras que deveriam aparecer no texto, o que levou a obtenção desses artigos.

Os artigos que possuíam o termo EA, porém não eram pesquisas em EA, em sua maioria, apresentavam a EA como uma proposta para desdobramento da pesquisa em futuros estudos, o que se visualizou em 60 (32%) artigos; o termo EA estava desconectado do centro da pesquisa em 35 (19%) artigos; e haviam pesquisas de cunho comportamental e de percepção sobre o meio ambiente, água e EA com 31 (17%). O termo EA também foi apresentado de outras formas, porém com menor frequência. A SCIELO e a DOAJ tiveram a maior parte de seus artigos, respectivamente 16 (47%) e 27 (41%), se reportando à EA como um desdobramento futuro da pesquisa. A EBSCO somou 17 (19%) artigos com a EA como futuro desdobramento, porém seu maior percentual somou 27 (31%) com o termo EA desvinculado do centro da pesquisa.

Figura 4: Artigos que apresentam o termo EA, mas não são pesquisas na área de EA

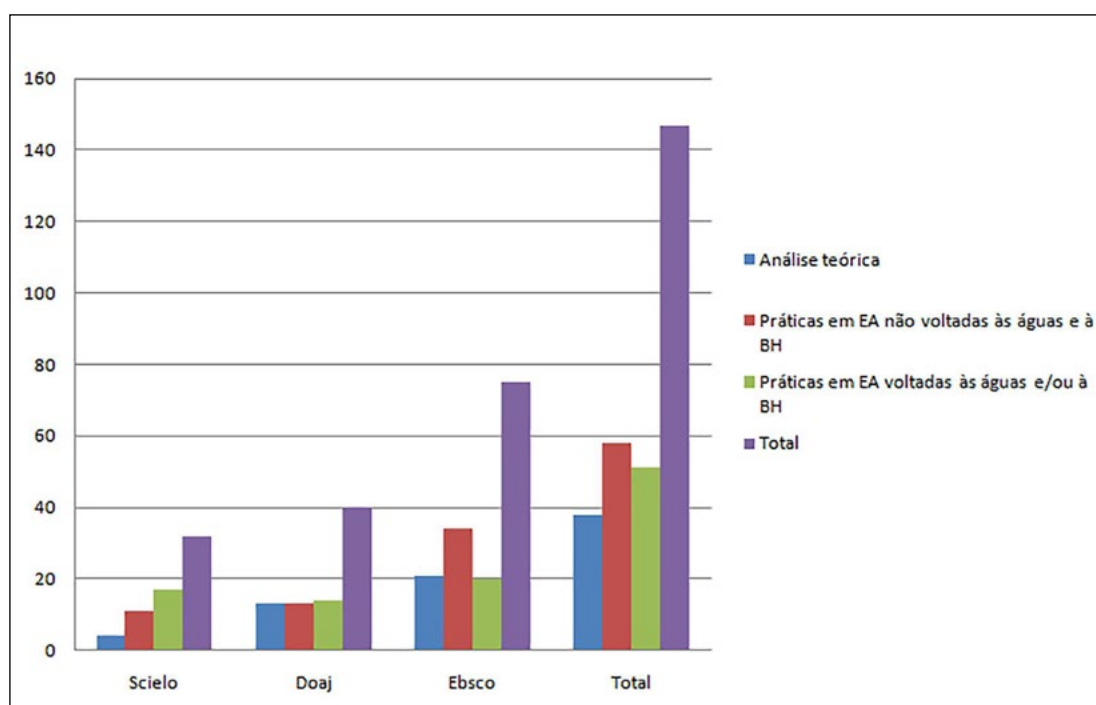


Fonte: Dos autores (2017)

Nesse sentido, percebe-se que o termo EA é utilizado nos artigos em diferentes situações fora desse campo de conhecimento. Além disso, a EA é tida como um desdobramento das pesquisas em diversas áreas, o que demonstra um campo fértil para o seu desenvolvimento, assim como a sua relevância para a complementação das diversas pesquisas.

Como pertencentes as áreas da EA obtiveram-se 147 artigos, o que corresponde a 17% do total avaliado. Esses apresentaram pesquisas teóricas referentes a EA em 38 (26%) dos casos. Os artigos que reportaram as práticas de EA foram divididas em práticas não voltadas às águas e/ou BH e em práticas voltadas às águas e/ou BH, respectivamente com 58 (39%) e 51 (35%) artigos (FIGURA 5).

Figura 5: Artigos que tratam de pesquisas em Educação Ambiental



Fonte: Dos autores (2017)

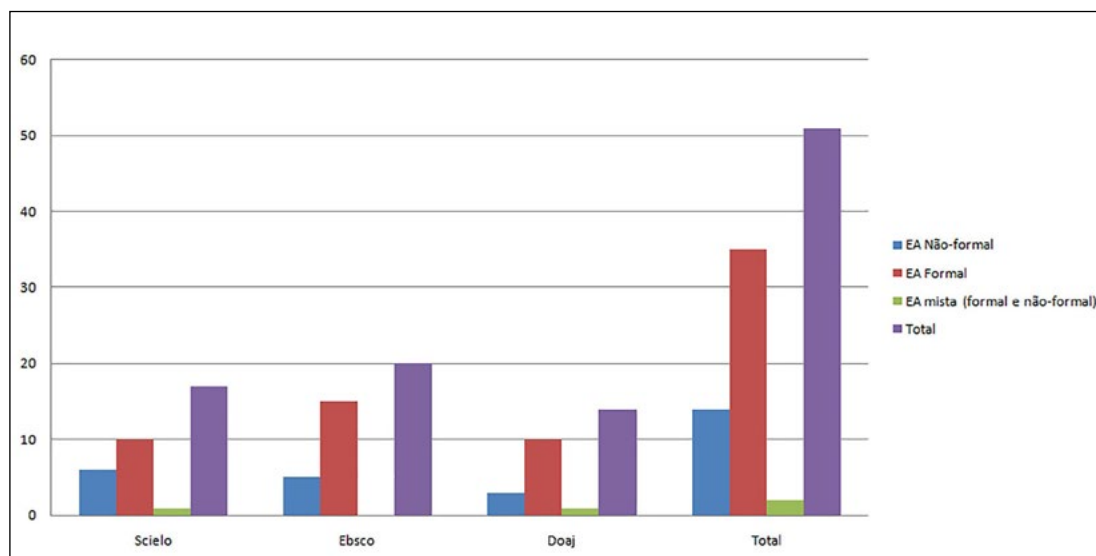
A EBSCO apresentou o maior percentual de artigos pertencentes ao campo da EA entre as bases com 75 (51%) aparições, assim como as pesquisas voltadas à análise teórica em EA com 21 (55%) e às práticas de EA que não estão e que se encontram voltadas às águas e/ou BH, respectivamente 34 (59%) e 20 (39%) artigos.

Os artigos que difundiram pesquisas voltadas às águas e/ou a BH somaram 51 artigos, que corresponde a 6% do total dos artigos considerados aptos a serem avaliados. Considerando-se a abrangência das três bases de dados percebe-se que essa quantidade de publicações é limitada. Isso leva a crer que a EA voltada às águas e/ou BH é um ramo pouco explorado em estudos científicos e que pode ser desenvolvido e ampliado.

A EBSCO obteve o maior percentual de artigos que tratam da EA voltada as águas e/ou BH com 20 (39%) artigos; a SCIELO apresentou 17 (33%) e a DOAJ 14 (28%). A diferença de quantidade em cada uma das bases não foi expressiva, o que permite apontar a importância das três bases de dados para os estudos no ramo da EA voltada as águas e/ou BH.

Dentre as práticas de EA voltadas às águas e/ou BH obteve-se 35 (69%) artigos que tratavam de EA formal, 14 (27%) tratavam de EA não formal e 2 (4%) apresentavam EA mista (FIGURA 6).

Figura 6: Educação Ambiental voltada às águas e/ou BH



Fonte: Dos autores (2017)

Percebeu-se que a maior parte das práticas de EA voltadas às águas e/ou BH são formais. O que demonstra que a EA relativa à temática em questão ainda concentra-se nas instituições de ensino, havendo poucas propostas desenvolvidas em âmbito comunitário ou mesmo envolvendo atividades formais e não-formais. Diante disso, parece potente instigar a efetivação da EA em espaços sociais amplos, em que se possa colocar a sociedade como um todo, e não apenas alunos e professores, em contato com a EA a fim de repensar e reestruturar as relações sociedade-natureza para que sejam sustentáveis.

Considerações finais

O presente estudo, embasado na revisão sistemática em bases de dados de abrangência internacional e nacional que contemplam vasta coleção bibliográfica, identificou que pouco vem sendo desenvolvido na área de EA voltadas às águas e/ou BH. Essas práticas englobam em sua maioria atividades formais de EA, o que abarca apenas uma parcela da sociedade (jovens em idade escolar e profissionais da educação).

Diante das poucas propostas encontradas, vislumbra-se a necessidade de criar atividades que possam explorar a temática das águas e/ou BH, não apenas no espaço formal, mas também não-formal. Soma-se a isso, a perspectiva de não atingir apenas um ou outro público, mas de estruturar práticas que possam articular as diversas parcelas da população em uma mesma atividade, construindo saberes com base em olhares múltiplos. Além disso, Loureiro (2002) frisa que essa articulação é necessária, pois não é suficiente que cada cidadão atue de forma isolada. As ações educativas precisam relacionar-se ao movimento comunitário, levando a alterações na concepção da questão ambiental.

Os resultados da presente pesquisa apresentaram semelhanças com a que se avaliou em artigos publicados na Plataforma de Periódicos da CAPES (MEIER; MAZZARINO, s/d). As semelhanças referem-se à obtenção de vasta quantidade de artigos nas bases de dados, descartando-se a maioria por

não apresentarem relação com a Educação Ambiental em bacias hidrográficas. Também concluiu-se que o desenvolvimento da revisão sistemática necessita ser mais específica em seu desenvolvimento. Outro aspecto evidenciado foi a presença do vocábulo EA em diferentes situações nos artigos avaliados da Plataforma de Periódicos da CAPES e a indicação da EA como continuidade das pesquisas em diversas áreas de conhecimento. Tem-se ainda, a baixa quantidade de artigos que está vinculada a área de EA e as práticas de EA direcionadas para a proteção das águas e/ou bacia hidrográfica. Quando aconteceram, estas práticas envolveram diversos públicos, em atividades formais, não formais e mistas. De modo geral, as pesquisas apresentaram diferenças como a predominância de atividades formais nos artigos provenientes das bases de dados da EBSCO, DOAJ e SCIELO e de atividades não-formais nas práticas provenientes do Periódico da CAPES.

Com a necessidade cada vez maior de se pensar em estratégias que possam estabelecer um convívio sustentável entre os seres humanos e o ambiente, frear a degradação das águas e realizar uma gestão eficaz das bacias hidrográficas é preciso estabelecer propostas eficazes e inovadoras na área de EA. Isso porque a EA tem um papel estratégico na formação de cidadãos capazes de realizar a gestão das bacias hidrográficas de forma integrada, a fim de permitir a qualidade de vida e a preservação das águas.

Diante desse contexto, novas pesquisas devem contemplar o aprimoramento da EA voltada às águas e/ou BH, criando e recriando de forma inovadora atividades que possam explorar a temática de forma complexa e integrada. Além disso, é necessário envolver criativamente a vasta trama de perspectivas que compõe a sociedade e direcioná-las para um viés sustentável.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela concessão de bolsa do Programa Nacional de Pós-doutorado (PNPD/CAPES) à primeira autora.

Referências

BERNARDES, Júlia Adão; FERREIRA, Francisco Pontes de Miranda. Sociedade e Natureza. In: CUNHA, Sandra Baptista da; GUERRA, Antonio José Teixeira (Orgs.). **A questão ambiental: diferentes abordagens**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

CASTRO, Aldemar Araújo. Revisão sistemática com ou sem metanálise. In: GOLDENBERG, Saul; GUIMARÃES, Carlos Alberto; CASTRO, Aldemar Araújo. **Elaboração e Apresentação da Comunidade Científica**. Metodologia, 2001. Disponível em: <http://www.usinadepesquisa.com/metodologia/>. Acesso em: 09 dez. 2016.

CUNHA, Alexandre da Silva; LATINI, Rose Mary. Pesquisa participante como abordagem metodológica no ensino aprendizado de matemática e Educação Ambiental. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 19, n. 2, p. 323-341, 2014.

DIAS, Leonice Seolin; MARQUES, Maurício Dias; DIAS, Lucas Seolin. Educação, Educação Ambiental, Percepção Ambiental e Educomunicação. In: DIAS, Leonice Seolin; LEAL, Antonio Cesar; CARPI JUNIOR, Salvador. (Orgs.). **Educação Ambiental: conceitos, metodologias e práticas**. Tupã: Anap, 2016. p. 12-44.

DOAJ. **Directory of Open Access Journals**. Disponível em: <https://doaj.org/>. Acesso em: 20 nov. 2017.

EBSCO. **EBSCO Information Services**. Disponível em: <https://www.ebsco.com/>. Acesso em: 20 nov. 2017.

GADOTTI, Moacir. Pedagogia da Práxis. In: MINISTÉRIO do Meio Ambiente. **Desvendando Princípios da Perspectiva Crítica da Educação Ambiental**. Brasília: MMA, 2005. p. 1-5. Disponível em: <https://docplayer.com.br/52813522-Pedagogia-da-praxis-moacir-gadotti.html>. Acesso em: 13 out. 2017.

GALVAO, Taís Freire; PEREIRA, Mauricio Gomes. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 183-184, 2014. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742014000100018&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 21 set. 2020.

GAMA, Sonial Vidal Gomes da; CARVALHO, Daniele Teixeira; CARVALHO JUNIOR, Ronaldo Pimenta de. Geografia, planejamento ambiental e educação ambiental: Entre os parâmetros legais e as práticas reais. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 23, p. 524-551, 2012. Disponível em: <https://www.epublicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/4817>. Acesso em: 21 set. 2020.

LIMA, Gustavo Ferreira da Costa. Crise ambiental, educação e cidadania: os desafios da sustentabilidade emancipatória. In: LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo; LAYRARGUES, Philippe Pomier; CASTRO, Ronaldo Souza de. (Orgs). **Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania**. São Paulo: Cortez, 2002.

LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo. Educação ambiental e movimentos sociais na construção da cidadania ecológica e planetária. In: LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo; LAYRARGUES, Philippe Pomier; CASTRO, Ronaldo Souza de. (Orgs). **Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania**. São Paulo: Cortez, 2002.

MEIER, Mara Aline; MAZZARINO, Jane Márcia. **Análise sistemática sobre a Educação Ambiental voltada à proteção das águas e/ou bacia hidrográfica**: uma pesquisa no Portal de Periódicos da CAPES. Não publicado.

SAUVÉ, Lucie. Uma cartografia das correntes de educação ambiental. In: SATO, Michèle; CARVALHO, Isabel Cristina Moura. (Orgs.). **Educação Ambiental: pesquisa e desafios**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

SCIELO. **Scientific Electronic Library Online**. Disponível em: <https://www.scielo.org/>. Acesso em: 20 nov. 2017.

SOFFIATI, Arthur. Fundamentos filosóficos e históricos para o exercício da ecocidadania e da ecoeducação. In: LOUREIRO, Carlos Frederico Bernardo; LAYRARGUES, Philippe Pomier; CASTRO, Ronaldo Souza de (Orgs). **Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania**. São Paulo: Cortez, 2002.

Tecnologias aplicadas à gestão

AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DAS INDÚSTRIAS DO SETOR DE LATICÍNIOS EM ÂMBITO DE *TRIPLE BOTTOM LINE*¹

Alexandre André Feil²

Érica Walter³

Caroline Constantin do Amaral⁴

Resumo: A indústria do setor de laticínios possui uma elevada importância econômica (empregos e renda) e social (saúde e alimentação) na sociedade, porém o seu processos de industrialização também gera significativos impactos ambientais. Neste sentido, este estudo objetiva analisar a sustentabilidade de pequenas e médias indústrias do setor de laticínios mediante um conjunto de indicadores abrangendo os aspectos da *triple bottom line* no Rio Grande do Sul, Brasil. A metodologia teve como alicerce a abordagem quali-quantitativa e o procedimento técnico ocorreu por meio da pesquisa documental e *survey* (questionário). Os principais resultados revelam a seleção de um conjunto de 28 indicadores de sustentabilidade distribuídos em ambientais (13), sociais (9) e econômicos (6), específico para avaliação da sustentabilidade de pequenas e médias indústrias do setor de laticínios. As 32 indústrias do setor de laticínios, analisadas pelo conjunto de 28 indicadores apresentam melhor desempenho, respectivamente, nas dimensões econômica, ambiental e social. Conclui-se que este conjunto de indicadores contribui para o gerenciamento dos indicadores para melhorar aqueles com menor desempenho sustentável. Além disso, motiva as indústrias de laticínios a buscarem maior sustentabilidade e gerar insumos informacionais para divulgar no seu site institucional.

Palavras-chave: Conjunto de indicadores. Nível de consenso. Sustentabilidade em indústrias.

1 Introdução

O consumo de leite *in natura* e seus produtos industrializados (queijo, requeijão, iogurte e sorvetes) são alimentos basilares à saúde humana em nível global. O leite fornece propriedades nutricionais únicas, por exemplo, proteínas, vitaminas, minerais, carboidratos, gorduras, entre outros (YILDIRIM; GENÇ, 2017). O produto leite é uma *commodity* agrícola que se caracteriza pelo preço acessível, gera elevado número de empregos em nível mundial, contribui com diversos benefícios nutricionais, econômicos e sociais a humanidade, porém sua produção e consumo também apresentam impactos ambientais expressivos de várias naturezas (ÜÇTUĞ, 2019).

O processo de produção do leite e de seus derivados pode ser considerado entre os mais poluidores (FEIL *et al.*, 2020; OLIVEIRA *et al.*, 2021), pois as indústrias de laticínios estão entre as maiores geradoras de águas residuais, embalagens e de consumo de energia no processamento de alimentos (CHAND, 2020). A indústria do setor de laticínios deve se preocupar e contribuir de forma sustentável e eficiente

1 Este estudo faz parte do projeto de pesquisa “Estruturação e análise de índice de sustentabilidade em (agro)indústrias de laticínios” financiado pela CHAMADA UNIVERSAL–MCTIC/CNPq 2018, aprovado sob processo: 428860/2018-4.

2 Doutor em Qualidade ambiental pela Universidade Feevale. Docente do programa de mestrado (PPGSAS) e dos cursos de graduação (presencial e EAD) da Universidade do Vale do Taquari – Univates. Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: afeil@univates.br

3 Bolsista de Iniciação Científica pelo CnPQ e Graduanda em Enfermagem na Universidade do Vale do Taquari – Univates, Lajeado, Rio Grande do Sul. E-mail: erica.walter@univates.br

4 Bolsista de Iniciação Científica pela Univates e Graduanda em Medicina na Universidade do Vale do Taquari – Univates, Lajeado, Rio Grande do Sul. E-mail: caroline.amaral1@univates.br

no processo da conversão do leite em ingredientes e produtos lácteos, por meio de práticas e estratégias sustentáveis, por exemplo, indicadores de sustentabilidade (AUGUSTIN *et al.*, 2013).

Conjunto de indicadores específicos na avaliação da sustentabilidade das indústrias do setor de laticínios, em âmbito *triple bottom line* (ambiental, social e econômica), é considerado frágil, escasso e incipiente (FEIL *et al.*, 2020; CHAND, 2020). Além disso, este conjunto de indicadores deve ser definido observando as características específicas do porte (pequeno, médio ou grande) da organização. A inobservância do porte organizacional na definição do conjunto de indicadores fragiliza a avaliação da sustentabilidade (BUYS *et al.*, 2014).

As pequenas e médias indústrias, no Brasil, caracterizam-se em função da restrição de recursos financeiros, flexibilidade, baixa inovações tecnológicas, limitação em pessoal qualificado/treinamento, sem adoção de controles e monitoramentos, estratégia intuitiva, conhecimento limitado, tomada de decisão de curto prazo, interações informais, entre outros (ARENHARDT, 2018). Mitchell *et al.* (2011) salientam que as pequenas e médias empresas desconhecem o seu impacto ambiental, a importância da sustentabilidade, os benefícios da autorregulação e as ferramentas de gestão ambiental. Os impactos ambientais causados pelas pequenas e médias empresas, se tornam imperceptíveis sob uma análise individual, mas na análise conjunta destas empresas o impacto é significativo e relevante (QUINTERO-ANGEL *et al.*, 2018).

O estabelecimento e estruturação de um conjunto de indicadores de sustentabilidade para as pequenas e médias indústrias de laticínio, deve considerar as características específicas da atividade, a coleta de informações e o esforço empregado na avaliação deve ser o mínimo possível, o conjunto de indicadores deve ser reduzido e sua forma de mensuração deve ser rápida e fácil (AZAPAGIC, 2004; BORGA *et al.*, 2009).

Neste contexto, esta pesquisa objetiva analisar a sustentabilidade de pequenas e médias indústrias do setor de laticínios, por meio de um conjunto de indicadores abrangendo os aspectos da *Triple Bottom Line* no Rio Grande do Sul, Brasil. Este estudo contribui com a literatura e a prática das indústrias do setor de laticínios pela definição de um conjunto de indicadores específico para avaliação da sustentabilidade de pequenas e médias indústrias de laticínios. A indústria do setor de laticínios foi escolhida com base em sua importância econômica e social e pela carência de uma visão sustentável, em especial, pelos elevados e significativos impactos ambientais gerados pelas suas atividades organizacionais.

2 Metodologia

A metodologia empregada neste estudo vincula-se a abordagem qualiquantitativa e descritiva com apoio do procedimento técnico da pesquisa *survey* (questionários), documental e estudo de caso múltiplo. Esta seção está estruturada em três subseções, a saber, breve descrição da indústria do setor de laticínios, identificação e seleção de um conjunto específico de indicadores de sustentabilidade, e a coleta das informações dos indicados e análise da sustentabilidade nas indústrias do setor de laticínios.

2.1 Breve descrição da indústria do setor de laticínios

A América do Sul é responsável pela produção de 82 milhões de toneladas de leite, que representa 9% da produção mundial, em especial, pela Argentina, Brasil, Chile e Uruguai (OECD/FAO, 2020).

O Brasil produziu 25,5 milhões de toneladas de leite, em 2020, que corresponde, em nível mundial e América do Sul, respectivamente, 2,8% e 31,1% (SIDRA.IBGE, 2021). O consumo de leite em nível de Brasil foi de 166 litros *per capita*, em 2017, e o tipo de produto lácteo com maior consumo é o leite UHT (24,8%), queijos (24,8%), leite em pó (9,18%), iogurte (7,5%), entre outros (EMBRAPA, 2019).

A produção e consumo de leite e de seus produtos lácteos derivados refletem um impacto negativo em relação ao meio ambiente, pois o processo de industrialização do leite gera resíduos (GONÇALVES *et al.*, 2017; CARVALHO *et al.*, 2013): a) Líquidos: leite e derivados, açúcares, essências, condimentos, produtos químicos relativos a higienização, lubrificantes, águas residuais, soro de leite, gorduras, entre outros; b) Sólidos: pedaços de frutas, papéis, plásticos, embalagens, papel toalha e higiênico, papelão, resíduos da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) (areia, gordura, lodo biológico), cinzas de caldeiras, latas, vidros, entre outros; e c) Emissões atmosféricas: ruídos, vibrações, vapores, materiais particulados, óxidos de enxofre (SO₂ e SO₃), óxidos de nitrogênio (NO e NO₂) e monóxido de carbono (CO). Estes autores ainda salientam que a diversificação e quantificação de resíduos das indústrias de laticínios podem ser gerados independente do porte da organização e tamanho da planta industrial.

A elevada diversidade de produtos lácteos produzidos gera uma variedade de resíduos em qualidade e quantidade que podem causar sérios problemas de poluição ambiental (KASMI, 2018). Este autor ainda enfatiza que a eliminação de águas residuais dos produtos lácteos sem ou parcial tratamento, continua sendo uma problemática nestas indústrias que exige uma solução econômica e simples.

Este estudo abrange as indústrias do setor de laticínios do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, ou seja, contendo um total de 242 indústrias (SINDILAT, 2021). O predomínio destas indústrias do setor de laticínios é de pequeno e médio porte, ou seja, com até 499 empregados, segundo classificação da DIEESE (2017). Sendo assim, a pesquisa conduzida nestas indústrias do setor de laticínios se justifica em função de sua inserção nos municípios com representatividade de 99,4% no Rio Grande do Sul, que produzem 4,27 bilhões de litros por ano e, além disso, representa 12,26% da produção nacional e é terceiro maior Estado produtor de leite do país (SINDILAT, 2021).

Nesta pesquisa se considera indústrias do setor de laticínios no âmbito dos processos administrativos, comerciais, produtivos e, além disso, os vínculos com fornecedores, clientes, funcionários, produtos, meio ambiente, sociedade, entre outros. Portanto, abrange a organização de forma holística considerando os aspectos da *Triple Bottom Line* (ambiental, econômico e social). A avaliação da sustentabilidade realiza-se em âmbito de organização com foco na gestão e tomadas de decisões que possam contribuir com a qualidade da sustentabilidade.

2.3 Identificação e seleção de conjunto de indicadores de sustentabilidade

A identificação de um conjunto de indicadores principais (abordagem *top-down*) ocorreu mediante a pesquisa documental no relatório *Global Reporting Initiative* (pode ser consultada em GRI G4, 2013) que resultou em 74 indicadores, distribuídos em 25 ambientais, 33 sociais e 16 econômicos. A seleção de um conjunto de indicadores válido e consensual, a partir destes 74 indicadores, ocorreu com base na abordagem *bottom-up* por meio de uma pesquisa *survey* com a utilização de um questionário com escala tipo *Likert* de 5 pontos (Dispensável = 1, Não Prioritário = 2, Desejável = 3, Importante = 4, Muito importante = 5) aplicado aos gestores, funcionários, pesquisadores e demais profissionais vinculados as indústrias do setor de laticínios no Brasil.

A aplicação do questionário ocorreu por conveniência e não probabilística na qual foram obtidas 238 respostas, no período de janeiro a abril de 2021, em âmbito de Brasil, pela plataforma do *googleforms*. A análise da concordância dos respondentes com base nível de consenso ocorreu pelo cálculo sugerido por Tastle e Wierman (2007):

$$Cns(X) = 1 + \sum_{i=1}^n p_i \log_2 \left(1 - \frac{|X_i - \mu_x|}{d_x} \right) \quad (1)$$

Onde μ_x é a média de X_i e d_x é a largura de X_i , $d_x = X_{\max} - X_{\min}$.

O nível de consenso aceitável se concentra entre 51 e 80% (DORIA *et al.*, 2009). Sendo assim, neste estudo foi considerado a taxa de corte do conjunto de indicadores com consenso $\geq 70\%$, justificado por apresentar um número de indicadores e um âmbito de avaliação consistente quanto a sustentabilidade nas dimensões da *Triple Bottom Line*, conforme sugerido por Giannarou e Zervas (2014).

2.4 Coleta das informações dos indicados e análise das indústrias do setor de laticínios

O questionário foi elaborado a partir da seleção do conjunto de indicadores pela taxa de corte do nível de consenso que resultou em 28 indicadores (QUADRO 1), no qual, para cada indicador foram definidas as alternativas com características qualitativas de mensuração, o que facilitou a coleta das informações nas indústrias no período de pandemia Covid-19, pois as visitas presenciais se tornam inviáveis. Neste sentido, elaborou-se um questionário⁵ que pudesse ser respondido pelas indústrias do setor de laticínios com base em alternativas qualitativas e que satisfizessem as informações necessárias dos indicadores de sustentabilidade.

O contato com estas pequenas e médias indústrias do setor de laticínios do Rio Grande do Sul, Brasil, foi realizado mediante o envio de *e-mail* e contato telefônico, para verificar junto aos gestores a disponibilidade para o preenchimento do questionário relacionado ao conjunto de indicadores de sustentabilidade. Os contatos foram realizados com 176 indústrias de laticínios, sendo que, destas apenas 32 confirmaram a participação na pesquisa, que ocorreu no período de maio a setembro de 2021. A amostra das indústrias do setor de laticínios é não probabilística, pois apenas 18,4% do total das indústrias do Rio Grande do Sul, Brasil, participaram da pesquisa.

As indústrias do setor de laticínios que participaram desta pesquisa não autorizaram a divulgação do nome empresarial ou informações que caracterizassem sua identificação em função do sigilo da informação. Os gestores das pequenas e médias indústrias de laticínios despenderam, em média, três horas para o preenchimento das informações solicitadas pelo questionário, pois as informações compreendem áreas/departamentos dispersas em âmbito das dimensões da *Triple Bottom Line* (ambientais, sociais e econômicas).

⁵ O questionário pode ser solicitado por e-mail para o autor principal deste capítulo.

3 Resultados e discussão

3.1 Conjunto de indicadores específico às pequenas e médias indústrias de laticínios

A análise do perfil dos 238 respondentes do questionário, na seleção de um conjunto de indicadores, revela que o nível de escolaridade (desde a graduação completa até o doutorado) compreende 97,5%, os respondentes abrangem 48 áreas do conhecimento (administração, contabilidade, educação, engenharia química, engenharia de alimentos, gestão ambiental e de qualidade, geografia, antropologia, enfermagem, engenharia civil e arquitetura, matemática e estatística, entre outros) e na atuação profissional como docente/pesquisador (47,1%) e como gestor/administrativo (52,9%). Este perfil demonstra uma abrangência interdisciplinar e multidisciplinar com amplo espectro de áreas de conhecimento, experiências e o número elevado de *experts* que é essencial para elevar os múltiplos pontos de vista, e a consistência de um conjunto de indicadores, corroborado por Giannarou e Zervas (2014).

A análise das respostas dos *experts* sobre os 74 indicadores, ocorreu considerando-se a taxa de corte do nível de consenso $Cns(X) \geq 0,70$ conforme sugestão de Giannarou e Zervas (2014), que resultou em um conjunto de 28 indicadores de sustentabilidade abrangendo as dimensões da *Triple Bottom Line* da sustentabilidade distribuídos em 13 ambientais, 9 sociais e 6 econômicos (QUADRO 1).

Quadro 1 – Seleção de conjunto de indicadores de sustentabilidade para indústria de laticínios

	Escala Likert 5 pontos					Cns (X)
	1	2	3	4	5	
Dimensão Econômica						
E1 - Gastos operacionais	2	2	14	57	163	0,75
E2 - Salários Compatíveis	0	3	23	86	126	0,74
E3 - Receitas de vendas	2	4	16	73	143	0,73
E4 - Inovações Tecnológicas	0	10	33	101	94	0,72
E5 - Desenvolvimento regional	0	5	34	80	119	0,72
E6 - Empregos indiretos	2	4	35	89	108	0,71
Dimensão Ambiental						
A1 - Água reciclada e reutilizada	0	2	8	40	188	0,83
A2 - Destinação dos Resíduos	1	2	9	49	177	0,80
A3 - Insumos reciclados	1	2	10	67	158	0,77
A4 - Habitat protegido e restaurado	1	4	15	63	155	0,75
A5 - Gestão ambiental	1	1	20	73	143	0,75
A6 - Fornecedores e questões ambientais	1	5	19	69	144	0,73
A7 - Produtos e Embalagens	0	7	24	52	155	0,72
A8 - Queixas e reclamações ambientais	7	6	25	76	124	0,72
A9 - Materiais (não) renováveis	5	9	25	83	116	0,71
A10 - Energia (não) renováveis	4	5	19	60	151	0,71
A11 - Recursos Hídricos	3	8	23	75	129	0,71
A12 - Multas e sanções ambientais	11	2	23	61	141	0,71
A13 - Localização geográfica	2	9	25	90	112	0,7

Dimensão Social	Escala Likert 5 pontos					Cns (X)
	1	2	3	4	5	
S1 - Selos e rotulagens	1	1	8	44	184	0,82
S2 - Treinamento de empregados	0	2	9	52	175	0,81
S3 - Combate à Corrupção	0	3	21	47	167	0,76
S4 - Satisfação dos clientes	1	3	12	70	152	0,76
S5 - Divulgação de impactos	2	2	20	74	140	0,73
S6 - Desempenho dos empregados	0	4	31	69	134	0,72
S7 - Fornecedores e práticas trabalhistas	0	7	32	87	112	0,72
S8 - Programas de engajamento social	1	2	30	70	135	0,72
S9 - Benefícios a empregados	3	5	34	84	112	0,71

Fonte: Adaptado de Feil *et al.* (2023).

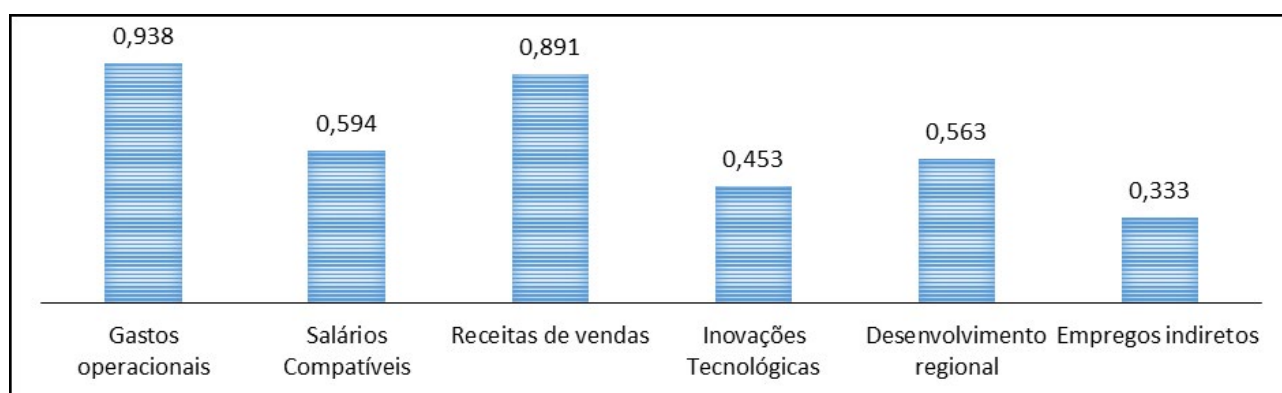
A dimensão ambiental apresentou o maior número de indicadores, sendo que esta característica também pode ser vista em outros estudos (JOUNG *et al.*, 2013; FEIL *et al.*, 2017) que propuseram um conjunto de indicadores em atividades industriais específicas. O número de 28 indicadores pode ser considerado adequado, pois concentra-se entre 20 e 50 indicadores de sustentabilidade, conforme sugerido por Sangwan *et al.* (2019).

Os indicadores ambientais, sociais e econômicos abrangem questões adequadas e aderentes àquilo que é prioritário e essencial na avaliação da sustentabilidade organizacional, em especial, nas pequenas e médias indústrias do setor de laticínios, corroborado por Joung *et al.* (2013) e Sangwan *et al.* (2019).

3.2 Avaliação da sustentabilidade das pequenas e médias indústrias de laticínios

Os indicadores econômicos com melhor desempenho sustentável relacionam-se aos gastos operacionais, receitas com vendas e salários compatíveis, porém com menor desempenho em relação ao desenvolvimento regional, inovações tecnológicas e os empregos indiretos (GRÁFICO 1).

Gráfico 1 – Indicadores econômicos de sustentabilidade



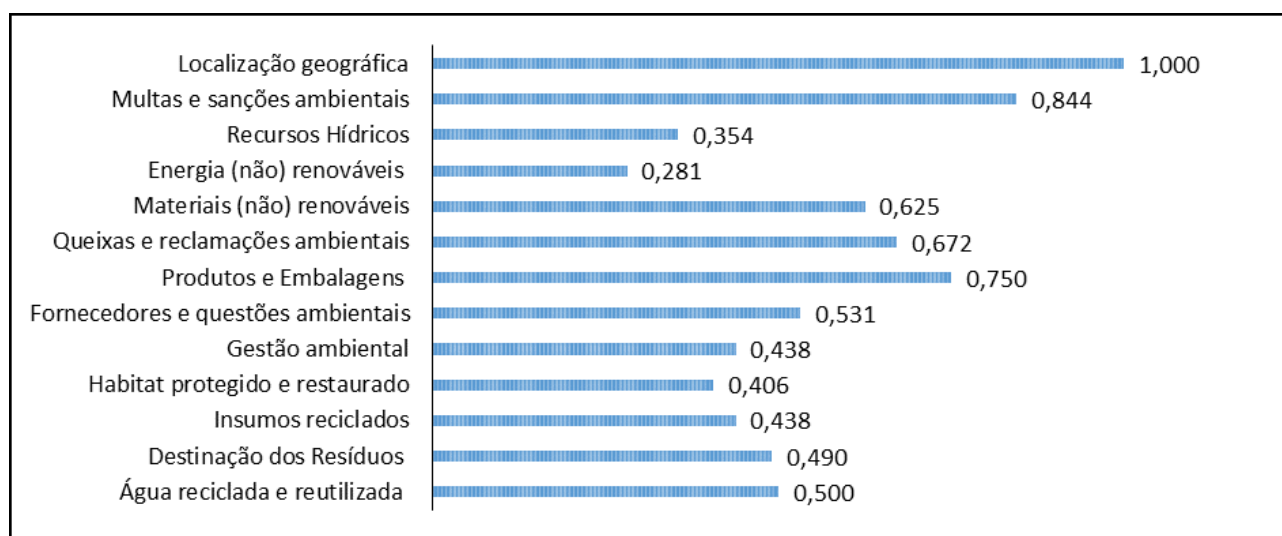
Fonte: Elaborado pelos autores.

Legenda: Os índices dos gráficos são as médias das respostas obtidas pelas 32 indústrias de laticínios compreendidos entre 0,000 a 1,000.

O controle dos gastos operacionais e das receitas de vendas são aderentes à gestão econômica sustentável em organizações industriais, conforme sugestão de Joung *et al.* (2013). Entretanto, as indústrias de laticínios necessitam melhorar o desempenho dos indicadores relacionados aos empregos indiretos e inovações tecnológicas que também são importantes quesitos do desenvolvimento econômico sustentável, segundo orientações de Joung *et al.* (2013).

Os indicadores ambientais com melhor desempenho relacionam-se a localização geográfica, multas e sanções ambientais, e produtos e embalagens, porém aqueles com menor desempenho vinculam-se ao *habitat* protegido e restaurado, recursos hídricos e a energia (não) renováveis (GRÁFICO 2).

Gráfico 2 – Indicadores ambientais de sustentabilidade



Fonte: Elaborado pelos autores.

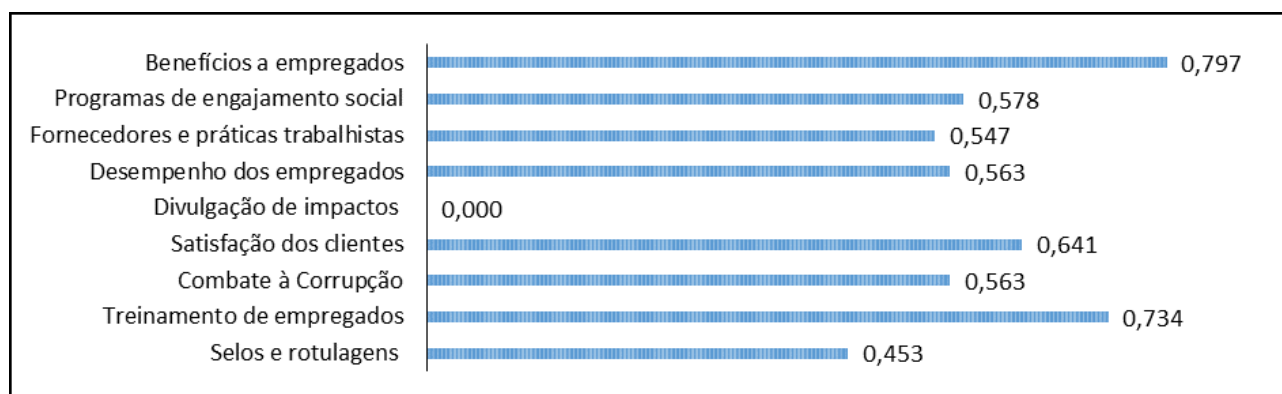
Legenda: Os índices dos gráficos são as médias das respostas obtidas pelas 32 indústrias de laticínios compreendidos entre 0,000 a 1,000.

Os indicadores relacionados com a eficiência dos recursos naturais, por exemplo, os recursos hídricos, energia (não) renováveis, água reciclada e reutilizada, que segundo Sangwan *et al.* (2019) são basilares na avaliação da sustentabilidade, porém nas indústrias de laticínios não apresentaram resultados satisfatórios. Além disso, López *et al.* (2017) destacam que nas indústrias deste setor as questões relacionadas aos resíduos líquidos, em especial, a água, são as mais relevantes na avaliação da sustentabilidade.

Os indicadores sociais com melhor desempenho relacionam-se a benefícios a empregados, treinamento de empregados e satisfação dos clientes, entretanto, com menor desempenho aqueles relacionados aos fornecedores e práticas ambientais, selos e rotulagens e divulgação de impactos (GRÁFICO 3).

Os indicadores relacionados ao bem-estar social (treinamentos, desempenho, benefícios) clientes (selos e rotulagens, satisfação), comunidade (programas de engajamento social, divulgação de impactos), relacionam-se a questões prioritárias na avaliação da sustentabilidade social nas organizações, segundo sugestão de Joung *et al.* (2013). Sendo assim, percebe-se que os indicadores referentes aos selos, rotulagens e divulgações são considerados prioritárias e não apresentaram desempenhos satisfatórios nas indústrias de laticínios avaliadas.

Gráfico 3 – Indicadores sociais de sustentabilidade



Fonte: Elaborado pelos autores.

Legenda: Os índices dos gráficos são as médias das respostas obtidas pelas 32 indústrias de laticínios compreendidos entre 0,000 a 1,000.

O melhor desempenho da sustentabilidade por dimensão, em média, corresponde ao econômico ($\mu= 0,628$), seguido do ambiental ($\mu= 0,564$) e do social ($\mu= 0,542$). As pequenas e médias empresas indústrias de laticínios em função de apresentarem características de escassez e reduzida situação dos recursos financeiros (ARENHARDT, 2018), demonstraram gestão e controle em relação a sua situação econômica e financeira. A continuidade das atividades operacionais de qualquer organização depende da viabilidade ou sustentabilidade econômica. Em suma, percebe-se que os indicadores das dimensões *triple bottom line*, possuem potencial para identificação de pontos com baixo e elevado desempenho sustentável na organização para auxiliar na gestão adequada da sua sustentabilidade, o que também é defendido por Rahdari e Rostamy (2015).

As indústrias de laticínios, mediante a utilização do conjunto de indicadores, podem realizar a avaliação da sustentabilidade anualmente, e estes resultados, referentes ao desempenho dos indicadores, podem ser utilizados para definir o planejamento estratégico (ações de melhoria de indicadores com menor desempenho) e, estas ações, podem ser computadas no orçamento empresarial (reserva de recursos financeiros e/ou horas). Além disso, os resultados do desempenho da sustentabilidade também podem ser divulgados nos sites institucionais, relatórios de sustentabilidade, jornais de circulação interna (funcionários e gestores) e externa (clientes, fornecedores e entre outros), com base em gráficos de fácil interpretação e entendimento. Estas ações com base nos resultados dos indicadores de sustentabilidade também foram sugeridas por Bork *et al.* (2016).

4 Considerações Finais

A avaliação da sustentabilidade na indústria de laticínios mediante a utilização de um conjunto de indicadores específico torna-se essencial para estruturar estratégias em direção à sustentabilidade. Sendo assim, este estudo objetivou a análise da sustentabilidade de pequenas e médias empresas indústrias do setor de laticínios com base em um conjunto de indicadores abrangendo os aspectos da *triple bottom line* no Rio Grande do Sul, Brasil.

Os principais resultados revelam a definição de um conjunto de 28 indicadores de sustentabilidade, tendo como base uma visão holística e distribuídos em ambientais (13), sociais (9) e econômicos (6),

específico para avaliação da sustentabilidade de pequenas e médias indústrias do setor de laticínios. As 32 indústrias do setor de laticínios, analisadas neste estudo, apresentam melhor desempenho nas dimensões econômica e as dimensões mais crítica relaciona-se a ambiental e social. Na dimensão ambiental os indicadores mais críticos relacionam-se a energia (não)renovável, recursos hídricos, *habitat* protegido e restaurado; já na dimensão social há um desempenho frágil em relação a divulgação dos impactos, selos e rotulagens, fornecedores e práticas trabalhistas.

A avaliação e análise da sustentabilidade de pequenas e médias indústrias de laticínios mediante a seleção de um conjunto de indicadores específicos apresentou resultados satisfatórios em relação as questões favoráveis e não favoráveis quanto a sustentabilidade. Neste sentido, o conjunto de indicadores contendo 28 questões pode ser considerado consistente e confiável para avaliação das pequenas e médias indústrias de laticínios.

O conjunto de 28 indicadores não pode ser utilizado nas indústrias em geral, pois limita-se as pequenas e médias indústrias do setor de laticínios. Neste sentido, a aplicação deste conjunto de 28 indicadores em outro porte empresarial ou atividade pode apresentar uma avaliação do desempenho da sustentabilidade com fragilidades, pois cada porte e setor possui características específicas que podem afetar o número e o tipo de indicador de sustentabilidade.

Referências

- ARENHARDT, Daniel Luis. **Modelo de práticas organizacionais adotadas por pequenas e médias empresas inovadoras do Brasil**. 2018. 289f. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria. 2018.
- AUGUSTIN, Mary Ann *et al.* Towards a more sustainable dairy industry: Integration across the farm–factory interface and the dairy factory of the future. **International Dairy Journal**, v. 31, n. 1, p. 2-11, 2013.
- AZAPAGIC, Adisa. Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. **Journal of cleaner production**, v. 12, n. 6, p. 639-662, 2004.
- BORGA, Francesca *et al.* Sustainability report in small enterprises: case studies in Italian furniture companies. **Business Strategy and the Environment**, v. 18, n. 3, p. 162-176, 2009.
- BORK, Carlos Alberto *et al.* Methodological tools for assessing the sustainability index (SI) of industrial production processes. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 87, n. 5, p. 1313-1325, 2016.
- BUYS, Laurie *et al.* Creating a Sustainability Scorecard as a predictive tool for measuring the complex social, economic and environmental impacts of industries, a case study: Assessing the viability and sustainability of the dairy industry. **Journal of environmental management**, v. 133, p. 184-192, 2014.
- CARVALHO, Fátima; PRAZERES, Ana R.; RIVAS, Javier. Cheese whey wastewater: Characterization and treatment. **Science of the total environment**, v. 445, p. 385-396, 2013.
- CHAND, Annisa. Sustainability indicators in the dairy industry. **Nature Food**, v. 1, n. 7, p. 397-397, 2020.
- DIEESE. 2017. **Anuário Sebrae**. 2017. Disponível em: <https://www.dieese.org.br/anuario/2017/anuarioDosTrabalhadoresPequenosNegocios.pdf>. Acesso em 17 agosto 2022.
- DORIA, M.F., BOYD, E., TOMPKINS, E. L., & ADGER, W. N. Using expert elicitation to define successful adaptation to climate change. **Environmental Science & Policy**, v. 12, n. 7, p. 810-819, 2009.

EMBRAPA. **Anuário Leite 2019**. 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/198698/1/Anuario-LEITE-2019.pdf>. Acesso em 15 set. 2022.

FEIL, A. A.; SCHREIBER, D.; HAETINGER, C.; HABERKAMP, Â. M.; KIST, J. I.; REMPEL, C.; MAEHLER, A. E.; GOMES, M. C.; SILVA, G. R. Sustainability in the dairy industry: a systematic literature review. **Environmental science and pollution research**, v. 27, n. 27, p. 33527-33542, 2020.

FEIL, Alexandre André; QUEVEDO, Daniela Muller; SCHREIBER, Dusan. An analysis of the sustainability index of micro-and small-sized furniture industries. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 19, n. 7, p. 1883-1896, 2017.

FEIL, A. A.; AMARAL, C. C.; WALTER, E.; BAGATINI, C. A.; SCHREIBER, D.; MAEHLER, A. E. Set of sustainability indicators for the dairy industry. **Environmental Science and Pollution Research**, p. 1-15, 2023. DOI: 10.1007/s11356-023-26023-3

GIANNAROU, Lefkothea; ZERVAS, Efthimios. Using Delphi technique to build consensus in practice. **International Journal of Business Science & Applied Management (IJBSAM)**, v. 9, n. 2, p. 65-82, 2014.

GONÇALVES, Narjara Prates; MADERI, Talita Ruas; SANTOS, Pitágoras Fonseca. Avaliação das práticas ambientais em indústrias de laticínios—estudo de caso. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 13, n. 2, 2017.

GRI G4. **Global reporting initiative G4 Manual de implementação**. 2013. Disponível em: <https://sinapse.gife.org.br/download/global-reporting-initiative-g4-manual-de-implementacao>. Acesso em 14 setembro 2022.

JOUNG, Che B. *et al.* Categorization of indicators for sustainable manufacturing. **Ecological indicators**, v. 24, p. 148-157, 2013.

KASMI, Mariam. Biological processes as promoting way for both treatment and valorization of dairy industry effluents. **Waste and biomass valorization**, v. 9, n. 2, p. 195-209, 2018.

LÓPEZ, ER Torres *et al.* Integrated environmental permit through Best Available Techniques: Evaluation of the dairy industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 162, p. 512-528, 2017.

MITCHELL, Sinead; O'DOWD, Paul; DIMACHE, Aurora. The issue of waste in European manufacturing SMEs. In: **In the proceedings of the 13th international waste management and landfill symposium, S. Margherita di Pula (Cagliari)**. 2011.

OECD/FAO. Per capita consumption of processed and fresh dairy products in milk solids. In **OECD-FAO Agricultural Outlook 2020-2029**, OECD Publishing. 2020.

OLIVEIRA, Mariana *et al.* Circular economy in the agro-industry: Integrated environmental assessment of dairy products. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 148, p. 111314, 2021.

QUINTERO-ANGEL, Mauricio *et al.* Opportunities and Challenges for Sustainable Business Strategic Planning in Small and Medium Enterprises (SMEs). In: **Green Production Strategies for Sustainability**, p. 153-167, 2018.

RAHDARI, Amir Hossein; ROSTAMY, Ali Asghar Anvary. Designing a general set of sustainability indicators at the corporate level. **Journal of Cleaner Production**, v. 108, p. 757-771, 2015.

SANGWAN, Kuldip Singh; BHAKAR, Vikrant; DIGALWAR, Abhijeet K. A sustainability assessment framework for cement industry—a case study. **Benchmarking: An International Journal**, v. 26, n. 2, p. 470-497, 2019.

SIDRA.IBGE. **Pesquisa Trimestral do Leite**. 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/leite/brasil>. Acesso em 15 de outubro de 2022.

SINDILAT. **O Setor lácteo gaúcho**. 2021. Disponível em: <http://www.sindilat.com.br/site/2021/07/01/o-setor-lacteo-gaucha-junho-2021/>. Acesso em 8 set. 2022.

TASTLE, William J.; WIERMAN, Mark J. Consensus and dissent: A measure of ordinal dispersion. **International Journal of Approximate Reasoning**, v. 45, n. 3, p. 531-545, 2007.

ÜÇTUĞ, Fehmi Görkem. The environmental life cycle assessment of dairy products. **Food Engineering Reviews**, v. 11, n. 2, p. 104-121, 2019.

YILDIRIM, Nurdan; GENÇ, Seda. Energy and exergy analysis of a milk powder production system. **Energy Conversion and Management**, n. 149, p. 698-705, 2017.

SUSTENTABILIDADE EM INDUSTRIAS DE BEBIDAS: REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA NO BRASIL¹

Alexandre André Feil²

Caroline Constantin do Amaral³

Resumo: Esta pesquisa visa realizar uma revisão sistemática da literatura dos indicadores de sustentabilidade utilizados em indústrias de bebidas no Brasil. A metodologia relaciona-se a abordagem quantitativa e descritiva e o procedimento técnico vincula-se a revisão sistemática da literatura. A revisão sistemática da literatura foi conduzida pelo protocolo *Scientific Procedures and Rationales for Systematic Literature Reviews* (SPAR-4-SLR) sugerido por Paul *et al.* (2021). As palavras chave utilizadas relacionam-se a “indústria de bebidas”, “indicadores”, “sustentabilidade”, na base de periódicos do *Google Scholar*, *SciELO* e *Capes*, onde foram selecionados um total de 42 publicações científicas. Os principais resultados revelam que estas 42 publicações ocorreram no período de 2005 a 2022 e, por meio de uma compilação, foram identificados um conjunto de 178 indicadores de sustentabilidade sem repetições distribuídos nas dimensões ambiental (85), social (48) e econômica (45). Os estudos concentraram-se, em sua maioria, na avaliação da sustentabilidade das dimensões ambiental e econômico, sendo assim, apenas 7 apresentaram a abordagem integrada da *triple bottom line*. Considera-se que este conjunto de indicadores de sustentabilidade pode auxiliar as indústrias de bebidas, no Brasil, para a melhoria da avaliação de sua sustentabilidade corporativa.

Palavras-chave: Indicadores de sustentabilidade. *Triple Bottom Line*. Avaliação.

1 Introdução

A indústria do setor de bebidas gera inúmeros benefícios a sociedade sob a perspectiva social e econômica, mas também pode apresentar impactos negativos em âmbito ambiental e a saúde humana. A indústria de bebidas industrializa produtos prontos para o consumo que podem ser classificadas em duas categorias principais (KUMAR; KHAN, 2021): a) bebidas não alcoólicas (refrigerantes, xaropes, sucos de frutas, água, entre outros); e b) bebida alcóolica (destilados, vinho, cerveja, entre outros).

Na perspectiva econômica, as bebidas relacionadas a cerveja e refrigerantes são responsáveis por mais de 75% do total de vendas da indústria de bebidas no Brasil (FIEMA, 2021) e conseguem atingir um amplo mercado geográfico em função das suas características que compreendem distintos níveis tecnológicos, classes produtivas, diversos portes industriais, entre outros (BRAGA *et al.*, 2022). Além disso, gera benefícios a dezenas de milhares de empregos e renda, contribui com o Produto Interno Bruto (PIB), impostos federais, estaduais e municipais, entre outros (VIANA, 2022; BRAGA *et al.*, 2022).

No âmbito social existem benefícios e malefícios gerados pela indústria de bebidas, por exemplo, os benefícios relacionam-se a geração de renda, postos de trabalho e acesso aos seus produtos em todos

1 Este estudo faz parte do projeto de pesquisa “Avaliação da sustentabilidade em indústrias do setor de bebidas gaseificadas não alcoólicas por meio de um conjunto específico de indicadores” aprovado pela Fundação de Amparo à pesquisa do Estado do RS pelo edital FAPERGS 07/2021 e pelo Termo de Outorga n. 21/2551-0002188-8.

2 Doutor em Qualidade ambiental pela Universidade Feevale. Docente do programa de mestrado (PPSAS) e dos cursos de graduação (presencial e EAD) da Universidade do Vale do Taquari – Univates. Rio Grande do Sul, Brasil. E-mail: afeil@univates.br

3 Bolsista de Iniciação Científica e Graduanda em Medicina na Universidade do Vale do Taquari – Univates, Lajeado, Rio Grande do Sul. E-mail: caroline.amaral1@univates.br

as regiões do Brasil (IBGE, 2020b); porém os malefícios vinculam-se aos seus ingredientes (águas com impurezas, adoçantes, álcool, conservantes, dióxido de carbono, entre outras) que podem prejudicar a saúde humana (ABU-REIDAH, 2021). Além disso, as elevadas quantidades de açúcares nas bebidas também podem ocasionar obesidade, diabetes tipo II, cáries dentárias, doenças vasculares, entre outras (BROWNBILL, BRAUNACK-MAYER, MILLER, 2020).

A indústria de bebidas, em âmbito ambiental, pode gerar significativos impactos ao meio ambiente em função da contaminação do solo, águas e ar mediante seu processo produtivo (BUI *et al.*, 2022; BENYATHIAR *et al.*, 2022). Além disso, há um elevado consumo de água, energia elétrica e de geração de resíduos no seu processo produtivo, administrativo e comercial (ARROQUE *et al.*, 2016). Neste sentido, percebe-se que a indústria de bebidas (alcoólicas e não alcoólicas) necessita preocupar-se com a sustentabilidade, pois seus benefícios sustentáveis (econômicos e sociais) podem ser ampliados e seus malefícios ambientais minimizados com ações estratégicas mediante o uso de indicadores de sustentabilidade.

A sustentabilidade torna-se essencial nas indústrias de bebidas e um importante desafio na condução de suas atividades e processos (RODRIGUEZ-SANCHEZ; SELLERS-RUBIO, 2020). Portanto, a sustentabilidade compreende, nesta pesquisa, a preocupação com a qualidade do sistema e avalia as suas propriedades e características sustentáveis em âmbito *triple bottom line*, ou seja, abrangendo mutuamente a dimensão ambiental, social e econômica (FEIL; SCHREIBER, 2017). Sendo assim, apesar da popularidade do termo sustentabilidade, o setor das indústrias e os consumidores vinculam-no apenas aos aspectos ambientais do processo produtivo, negligenciando outros aspectos relacionados ao social e econômico e, além disso, a indústria como um todo e não apenas o processo produtivo (RODRIGUEZ-SANCHEZ; SELLERS-RUBIO, 2020).

Neste contexto, esta pesquisa objetiva realizar uma revisão sistemática da literatura em relação aos indicadores de sustentabilidade utilizados nas indústrias de bebidas em âmbito de Brasil. A revisão sistemática da literatura fornece uma ampla fotografia das publicações científicas relacionadas a sustentabilidade em indústrias de bebidas (alcoólicas e não alcoólicas) contribuindo na economia de tempo aos gestores, pesquisadores e estudantes na leitura e estudo individual das publicações. Esta leitura individual pode tornar-se dolorosa e cansativa para o público interessado e que correm o risco de serem influenciados por um ou poucos estudos que talvez não sejam representativos sobre o assunto em tela (BOIRAL *et al.*, 2018; PAUL *et al.*, 2021).

Os resultados desta pesquisa podem auxiliar os gestores, pesquisadores, estudantes e a comunidade em geral, devido a rigorosa metodologia científica aplicada, a entenderem a avanço das indústrias de bebidas em termos de sustentabilidade e as lacunas que merecem maior atenção no futuro.

2 Metodologia

2.1 Breve caracterização da Indústria do setor de bebidas no Brasil

A indústria de bebidas Brasileira foi responsável pela geração, em 2020, de 120.105 empregos formais, com um salário médio de R\$ 3.176,68, possui um total de 3.045 estabelecimentos (microempresas = 1.859, pequena = 807, média = 261 e grande = 118), participação no PIB de 1,65% (em 2019), participou nas exportações em 2021 com US\$ 223,95 milhões, arrecadou em tributos federais um total

de R\$ 9.239,84 milhões, responsável pelo consumo de R\$ 1.744,22 milhões em compra de energia elétrica e consumo de combustíveis, gasto com folha de pagamento no valor de R\$ 11.674,94 milhões, entre outros (CNI, 2022).

A indústria de bebidas no Brasil, em 2020, produziu um total de 47,3 bilhões de litros de bebidas (cerveja, refrigerante, água, vinho, aguardentes, sucos e demais), o que gerou um total de R\$ 80,9 bilhões de receitas líquidas (TABELA 1).

Tabela 1 – Produção e receita líquida das principais bebidas no Brasil, em 2020.

	Produção (mil litros)	Receita Líquida (mil R\$)
Cervejas e chope, inclusive sem álcool	17.691.434	30.247.835
Águas envasadas	7.757.287	2.391.039
Refrigerantes e outras bebidas não alcoólicas	16.289.818	29.170.747
Vinho	664.442	3.043.890
Aguardentes e outras destiladas	1.197.878	3.186.108
Sucos de frutas, hortaliças e legumes	3.694.663	12.867.198

Fonte: Adaptado de IBGE (2020a).

As bebidas com maior produção na indústria de bebidas, em 2020, relacionam-se a cerveja/chope e aos refrigerantes com uma representatividade de 71,8% em relação as demais bebidas da Tabela 1 (IBGE, 2020a). Sendo assim, nesta pesquisa foca-se na indústria do setor de bebidas relacionado a refrigerantes e de cerveja, as quais são as mais proeminentes neste setor e, apesar da relevância econômica, apresentam impactos sociais e ambientais significativos.

Os impactos negativos da indústria de bebidas em âmbito da dimensão ambiental vinculam-se ao consumo excessivo de água que representa 90% do produto final (ARROQUE *et al.*, 2016), além disso, tem-se a geração de efluentes líquidos (lavagem de vasilhames, instalações e equipamentos) com presença de pH alcalino e elevada carga orgânica (açúcar de xaropes e estratos vegetais) (YAMACHITA *et al.*, 2012), significativo consumo de energia (elétrica, óleo combustível, GLP/Propano e óleo diesel), geração de resíduos sólidos (envase, acondicionamento, embalagens, plásticos, papéis, papelão, madeira, garrafas de *Polyethylene Terephthalate* (PET), vidros, sucatas e latas de alumínio), (ARROQUE *et al.*, 2016), entre outros.

As garrafas de vidro e PET são embalagens utilizadas na indústria de bebidas devido às suas características de leveza, baixo custo, durabilidade, impermeabilidade à água e a gases, resistência à pressão, reciclagem infinita e fácil esterilização do vidro (BOUTROS; SABA; MANNEH, 2021). Entretanto, o aumento de produção e consumo de plástico gera problemas graves ao meio ambiente, pois apenas 20% dos resíduos plásticos são reciclados em nível global (RITCHIE, 2018). A fabricação de garrafas de vidro requer quantidades significativas de calor (gerado, normalmente, com base na utilização intensiva de combustível fóssil), de água e de produtos químicos para o processo de lavagem, entre outros (BOUTROS; SABA; MANNEH, 2021).

Na perspectiva social, a indústria de bebidas (alcoólicas e não alcoólicas) apresenta aspectos positivos quanto a geração de renda e postos de empregos, acesso aos produtos em nível nacional aos produtos, entre outros (IBGE, 2020b). Entretanto, seu consumo pode causar malefícios a saúde humana,

em especial, das bebidas gaseificadas não alcoólicas em função de sua composição básica dos ingredientes, por exemplo, água com impurezas (químicas, biológicas e físicas), adoçantes (nutritivos e não nutritivos), acidulantes, conservantes, dióxido de carbono, sabores, corantes, entre outros (ABU-REIDAH, 2021). As bebidas gaseificadas não alcoólicas, em especial, os refrigerantes, apresentam um baixo ou nenhum valor nutricional (KUMAR; KHAN, 2021) e, além disso, podem conter elevadas quantidade de açúcares que prejudicam a saúde humana em termos de obesidade, diabetes tipo II, cáries dentárias, doenças vasculares, entre outras (BROWNBILL; BRAUNACK-MAYER; MILLER, 2020).

2.2 Técnicas de pesquisa e coleta de dados

A tipificação desta pesquisa compreende a abordagem quantitativa, descritiva e o procedimento técnico relaciona-se a revisão sistemática da literatura. A revisão sistemática da literatura consiste na pesquisa de revisões de materiais científicos já publicados em determinada área do conhecimento e sua condução abrange o processo de montagem (identificação e coleta da literatura), organização (tabulação e purificação) e avaliação (análise e discussão) das publicações (PAUL *et al.*, 2021).

A revisão sistemática da literatura, nesta pesquisa, foi conduzida com base no protocolo *Scientific Procedures and Rationales for Systematic Literature Reviews* (SPAR-4-SLR) de Paul *et al.* (2021), neste sentido, apresenta-se a estrutura e as definições deste protocolo SPAR-4-SLR na sequência. A escolha deste protocolo SPAR-4-SLR de Paul *et al.* (2021) se deve em função de garantir um planejamento cuidadoso, consistência na implementação e transparência que permite a replicação da pesquisa.

O protocolo SPAR-4-SLR sugere as etapas de (1) Montagem, (2) Organização e (3) Avaliação. Na etapa da montagem definiu-se que a área do conhecimento se concentra na sustentabilidade em indústrias de bebidas e a questão da pesquisa compreende: Quais os indicadores de sustentabilidade que estão sendo utilizados nas avaliações de indústrias de bebidas em âmbito de *triple bottom line* no Brasil? Além disso, os materiais publicados devem atender aos critérios de inclusão: a) avaliação de pares (artigos científicos, resumos, trabalhos de conclusão, dissertações, teses, entres outros); b) unidade de análise vinculada a indústria de bebidas; e c) conter indicadores de sustentabilidade (ambientais, sociais ou econômicos). Os mecanismos de busca compreendem o *Google Scholar*, *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e no portal da Capes (Catálogo de Teses e Dissertações) no período temporal é desde o início das publicações até julho de 2022, e as palavras-chave relacionam-se a “sustentabilidade”, “indicadores” e “indústria de bebidas”.

As palavras-chave foram inseridas nas bases de dados dos periódicos do *Google Scholar* que retornou com 801, na Base Capes (catálogo de teses e dissertações) retornou 79 e na SciELO com 14 materiais publicados. Estas publicações foram submetidas aos critérios estabelecidos de inclusão de (a) até (c) com base na análise de origem do material, leitura do título e do resumo, que ao final foram selecionadas 35 publicações. As referências destas publicações também foram lidas e analisadas por meio da técnica de *snowballing* que promove o resgate de referências que não constavam na pesquisa inicial de materiais (JALALI; WOHLIN, 2012). Na aplicação da técnica *snowballing* foram identificadas 7 publicações, sendo assim, ao total foram selecionadas 42 publicações científicas. Essas publicações foram coletadas, tabuladas e analisadas de agosto a janeiro de 2023.

2.3 Tabulação e análise dos resultados

Na etapa da organização (2), segundo protocolo SPAR-4-SLR de Paul *et al.* (2021), são definidas as informações que serão coletadas das 42 publicações selecionadas na etapa (1), com base na seguinte estrutura: a) ano da publicação; b) área geográfica da localização da unidade de estudo; c) tipo de bebida produzida; g) tipo de estudo; h) dimensão da *triple bottom line*; i) principal assunto/tema; j) indicadores ambientais; k) indicadores sociais; l) indicadores econômicos; m) quais capes do quadriênio 2013-2016; e n) número de citações. A coleta destas informações ocorreu com base na técnica de múltiplos revisores para aumentar a qualidade, validade e confiabilidade, conforme orientações de Gast *et al.* (2017), pois os autores desta pesquisa realizaram a coleta de forma independente com auxílio de planilhas eletrônicas e, após a coleta, as informações foram comparadas e unificadas.

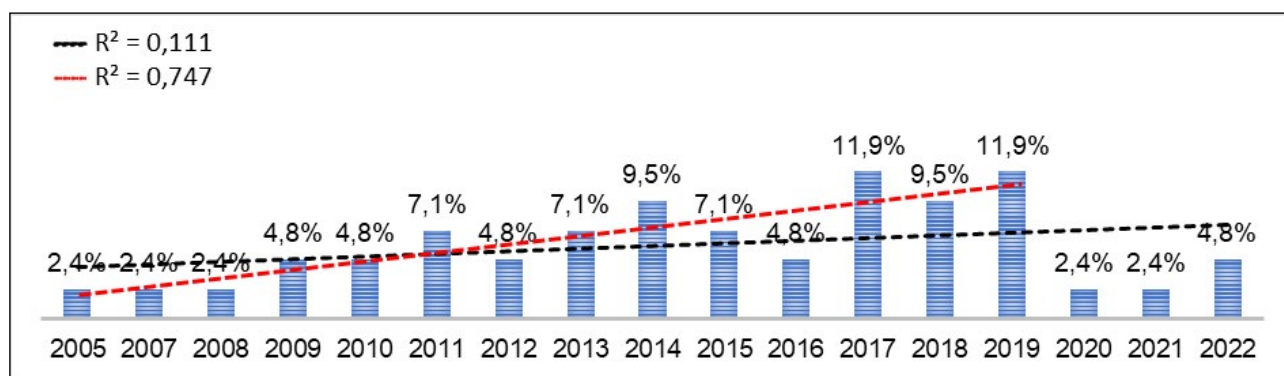
Na etapa 3 (avaliação) do protocolo SPAR-4-SLR foi realizada a análise com auxílio da regressão linear (R^2), cálculos de porcentagens, gráficos ilustrativos e a apuração da frequência. A regressão linear foi utilizada para análise da tendência do período temporal dos 42 estudos obtidos pela revisão sistemática da literatura. A apuração da frequência foi utilizada para analisar o número de vezes que cada indicador foi utilizado nas diferentes publicações (42) selecionados pela revisão sistemática. A análise da regressão linear, geração de gráficos, frequência e porcentagens foram apurados com auxílio do *Software Microsoft Office Excel*.

3 Resultados e Análises

3.1 Análise do perfil das publicações

As publicações científicas selecionadas e analisadas neste estudo concentram-se no período de 2005 até 2022 e possuem um total de 42 estudos (GRÁFICO 1).

Gráfico 1 – Período temporal das publicações



Fonte: Elaborado pelos autores.

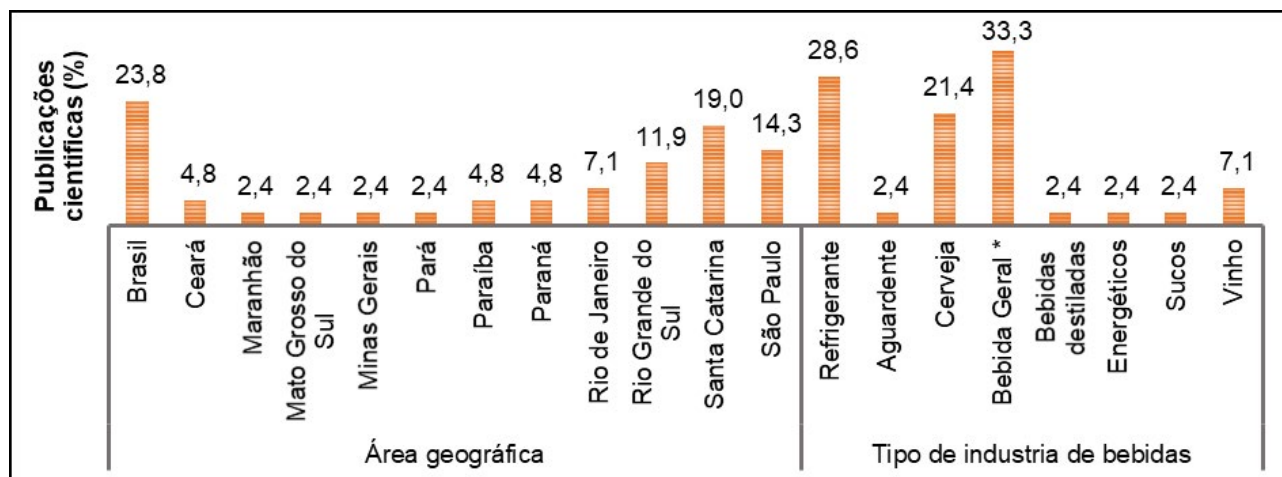
Legendas: 2022: Janeiro até outubro de 2022.

O número de publicações sobre indicadores de sustentabilidade em indústria de bebidas apresenta um leve crescimento médio com base na regressão linear ($R^2=0,111$). Além disso, também se percebe que até 2019 houve um crescimento consistente do número de publicações ($R^2=0,747$) e nos anos de 2020 a 2022 ocorreu uma redução destas publicações. Este comportamento de ruptura das publicações em

2019 pode ser explicado em função da pandemia Covid-19 que dificultou a realização de pesquisas nas indústrias de bebidas.

A localização da área geográfica das indústrias de bebidas nas 42 publicações científicas apresentou maior concentração em Santa Catarina, São Paulo, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro (GRÁFICO 2).

Gráfico 2 – Área geográfica e o tipo de produto produzido nas indústrias de bebidas



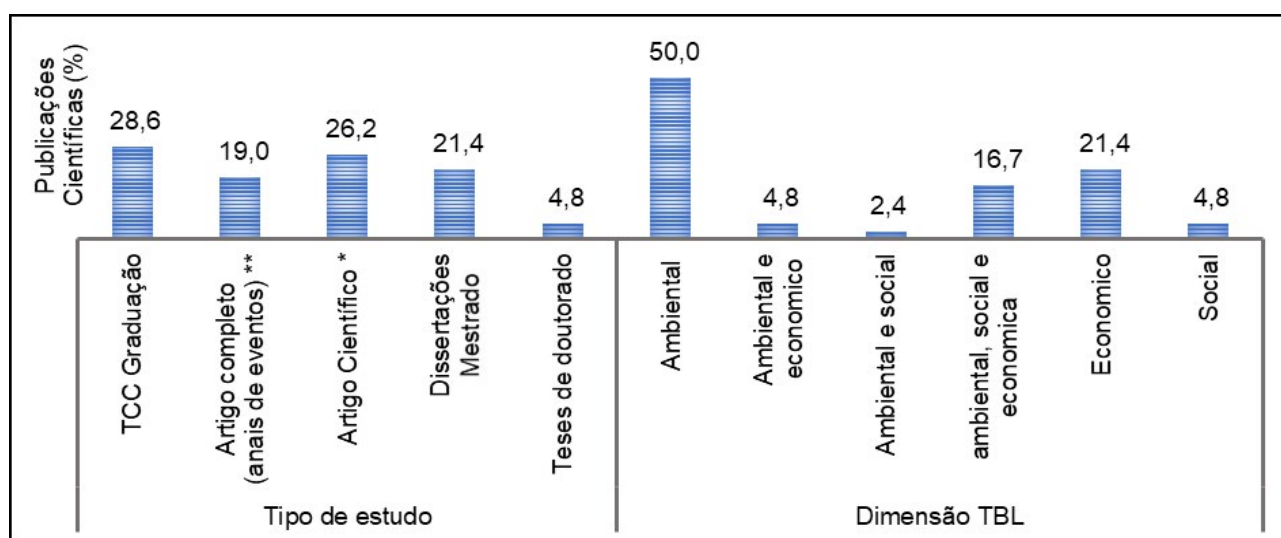
Fonte: Elaborado pelos autores.

Legenda: (*) Refrigerante, Cerveja e chope, Água, Suco e néctar, Chá, Outros (energético e água de coco).

O tipo de bebida produzido pelas indústrias concentra-se no refrigerante (28,6%) e na cerveja/chope (21,4%), conforme Gráfico 2. A localização geográfica dos maiores produtores de cerveja e chope, refrigerantes e de sucos está sediada em São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, corroborando com as informações do IBGE (2020a).

O tipo de estudo das 42 publicações científicas relaciona-se em sua maioria a monografias de graduação (28,6%), artigos científicos (26,2%) e dissertações de mestrado (21,4%) (GRÁFICO 3). As publicações por meio de artigos (26,2%) concentram-se em revistas científicas com Qualis Capes B1 (27,3%) e B4 (36,4%), apenas 45,4% dos artigos científicos foram citados em outras publicações. Os tipos de estudos, a qualificação das revistas e o número de citações revelam que a temática relacionada a sustentabilidade em indústrias de bebidas no Brasil ainda não atingiu uma relevância e importância na pesquisa científica.

Gráfico 3 – Tipo de estudo, dimensão TBL e indicadores de sustentabilidade

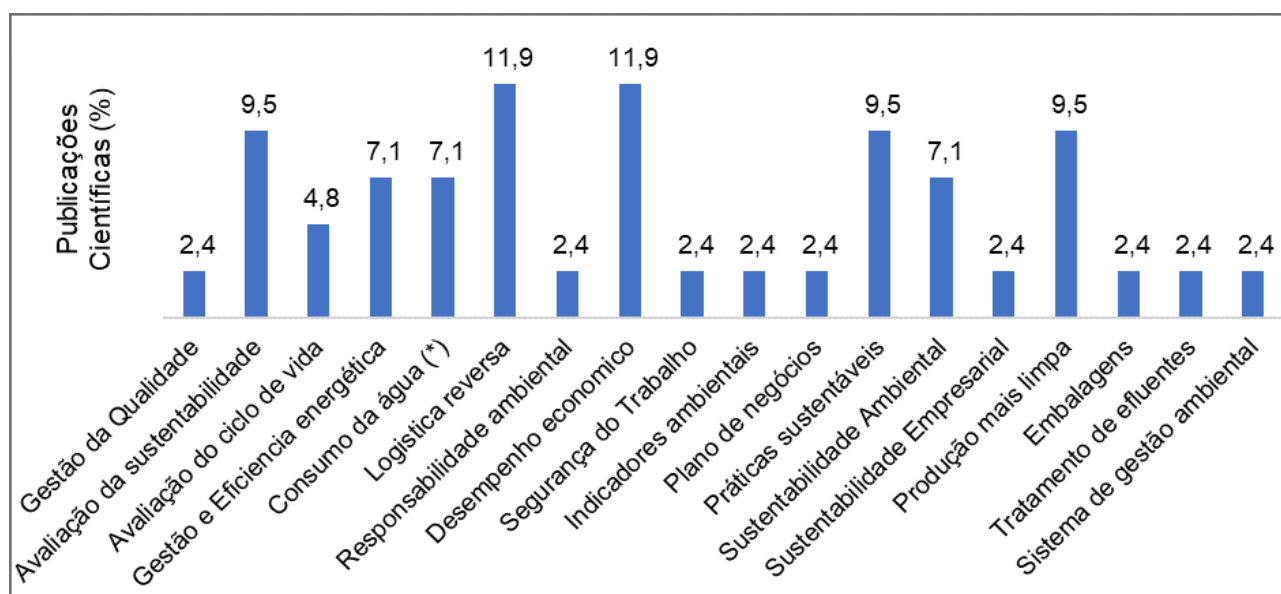


Fonte: Elaborado pelos autores.

As abordagens quanto a *triple bottom line* das 42 publicações concentra-se na dimensão ambiental (50,0%), econômica (21,4%) e, apenas 16,7% abordam de forma integrada as dimensões ambiental, social e econômica (GRÁFICO 4). Portanto, estes indicadores de sustentabilidade utilizados nas publicações não tiveram a finalidade de mensurar a sustentabilidade das indústrias, mas para avaliar questões pontuais, por exemplo, a logística reversa, viabilidade econômica e financeira, questões ambientais e sociais.

As principais temáticas abordadas nas publicações foram agrupadas em 20 questões e concentram-se na logística reversa (11,9%), no desempenho econômico (11,9%), nas práticas sustentáveis (9,5%), a produção mais limpa (9,5%), a avaliação da sustentabilidade (9,5%), entre outros (FIGURA 5).

Gráfico 5 – Principais assuntos das publicações



Fonte: Elaborado pelos autores.

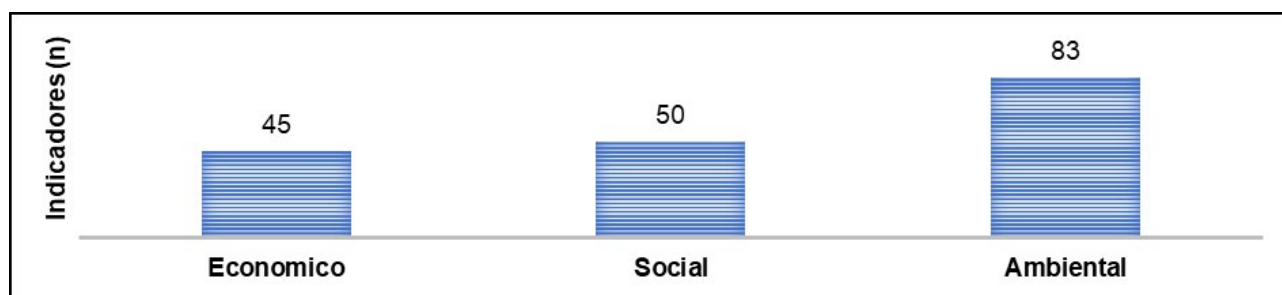
Legenda: (*) Conservação, redução, gestão

Os assuntos abordados pelas publicações são essenciais no âmbito da sustentabilidade em indústria de bebidas, pois no conjunto dos estudos abordam questões sensíveis vinculadas ao meio ambiente (embalagens, resíduos e efluentes, consumo de água, eficiência energética, entre outros), sociais (gestão da qualidade, segurança do trabalho, ciclo de vida, responsabilidade socioambiental, entre outros) e econômicos (desempenho econômico e plano de negócios). Estes assuntos também são considerados essenciais e prioritários no âmbito da sustentabilidade em indústrias em geral por Joung *et al.* (2013) e Sangwan *et al.* (2019).

3.2 Análise dos indicadores de sustentabilidade das publicações

A compilação dos indicadores de sustentabilidade das 42 publicações científicas resultou num total de 178 indicadores e estes foram classificados em relação aos aspectos ambiental (85), social (48) e econômica (45), conforme Gráfico 6 e Apêndice A. A quantidade de indicadores ambientais se destaca em relação aos sociais e econômicos, o que está coerente com as afirmações de Low e Gleeson (2003) quando afirmam que o aspecto ambiental deve ser a principal prioridade, pois o meio ambiente é essencial na continuidade da humanidade no futuro.

Gráfico 6 – Indicadores de sustentabilidade dos 45 estudos



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os indicadores com maior frequência na dimensão ambiental relacionam-se ao consumo de água e energia elétrica, geração de resíduos (líquidos, gasosos, sólidos), sistema de gestão ambiental, tecnologias limpas, reuso de água e resíduos sólidos (QUADRO 1 e a lista completa está no APÊNDICE A). Estes indicadores ambientais são considerados consistentes com aqueles sugeridos para as indústrias em geral, conforme defendido por Sangwan *et al.* (2019).

Quadro 1 – Indicadores de sustentabilidade dos 45 estudos com maior frequência

Ambientais	Sociais	Econômicos
Consumo de água (18)	Saúde e Segurança (7)	Eficiência produtiva (6)
Energia Elétrica (30)	Auxílio à educação (3)	Receita total (5)
Geração de Resíduos (12)	Participação nos lucros (3)	Margem Líquida (5)
Sistema de gestão ambiental (6)	Recebimento do produto (3) I	Valor Presente Líquido (5)
Geração Efluentes líquidos (6)	Atendimento ao Cliente (3)	Payback (5)
Tratamento Efluente líquido (6)	Qualidade do produto (3)	Taxa Interna de Retorno (5)
Tecnologias limpas (6) II	Motivos dos retornos (3)	Gastos com despesas (5) III

Ambientais	Sociais	Econômicos
Reuso de água (6)	Substituição do Produtos (2)	Tecnologias limpas (4) IV
Reuso de resíduos sólidos (6)	Reclamações (2)	Custos retorno produtos (4)
Consumo energético (tipo) (4)	Pedidos de produtos (2)	Participação de mercado (3)

Legenda: I Prazo e qualidade no recebimento do produto; II Desenvolvimento de tecnologias limpas; III Saúde e segurança, benefícios, combustível e outros; IV Investimentos em tecnologias limpas.

Os indicadores sociais com maior frequência utilizados nas indústrias de bebidas estão relacionados a saúde e segurança dos funcionários, auxílio a educação, participação nos lucros, recebimento do produto e atendimento ao cliente, qualidade do produto, motivos do retorno dos produtos pelos clientes, reclamações de clientes, e pedidos de produtos pelos clientes (QUADRO 1 e lista completa está no APÊNDICE A). Estes indicadores sociais podem ser considerados consistentes e adequados na avaliação da sustentabilidade em indústria de bebidas, pois corroboram com os indicadores sociais sugeridos para indústria em geral por Joung *et al.* (2013) e Saratum (2016). Saratum (2016) enfatiza que os indicadores de sustentabilidade relacionados com os funcionários são importantes, em função do seu envolvimento com a melhoria na capacidade da organização em termos de inovação, eficácia, competitividade e sustentabilidade.

Os indicadores econômicos de sustentabilidade utilizados nas indústrias de bebidas com maior frequência relacionam-se a eficiência produtiva, receita e margem líquida, análise do valor presente líquido, *payback*, taxa interna de retorno, gastos com despesas, investimentos em tecnologias limpas, custos com o retorno ou devolução de produtos e participação de mercado (QUADRO 1 e lista completa está no APÊNDICE A). Estes indicadores econômicos utilizados na indústria de bebidas são coerentes em relação aqueles utilizados nas indústrias em geral, conforme defendido por Joung *et al.* (2013) e Sangwan *et al.* (2019).

4 Considerações finais

A sustentabilidade nas indústrias de bebidas torna-se essencial para redução dos impactos negativos em âmbito ambiental e social e, ao mesmo tempo, melhorar ainda mais os impactos positivos relacionados ao econômico e social. Neste sentido, este estudo objetivou a realização de uma revisão sistemática da literatura dos indicadores de sustentabilidade utilizados nas indústrias de bebidas em âmbito de Brasil.

Os principais resultados revelam que foram selecionadas 42 publicações científicas que abordam a temática de indicadores de sustentabilidade em indústrias de bebidas, compreendidos no período de 2005 a 2022. Estes estudos concentram-se em unidades de análises dos Estados de Santa Catarina, São Paulo, Rio Grande do Sul e Rio de Janeiro, o tipo de bebida dos estudos com maior representatividade é o refrigerante e a cerveja, o tipo de estudo na sua maioria é de monografia de graduação, artigo científico e dissertações de mestrado. Os artigos científicos possuem em sua maioria Qualis Capes B4 e B1 e a grande maioria destes artigos não teve nenhuma citação.

As publicações científicas apresentam temas relacionados, em sua maioria, a dimensão ambiental e econômica da *triple bottom line*, e as temáticas com maior relevância relacionam-se a logística reversa, práticas sustentáveis, produção mais limpa, desempenho econômico, entre outros. A compilação dos indicadores de sustentabilidade resultou num total de 178, distribuídos em ambiental (85), social (48)

e econômica (45). As 45 publicações científicas não realizam a avaliação da sustentabilidade de forma integrada e holística abrangendo mutuamente as três dimensões da *triple bottom line*.

Este estudo contribui para a literatura e para a prática industrial no setor de bebidas com uma compilação dos indicadores ambientais, sociais e econômicos utilizados em nível de Brasil. Estes indicadores de sustentabilidade limitam-se as indústrias de bebidas em âmbito nacional e, além disso, apenas representam os indicadores publicados em materiais científicos.

Referências

ABU-REIDAH, Ibrahim M. Carbonated Beverages. In: GALANAKIS, Charis M. (Ed.). **Trends in non-alcoholic beverages**, p. 1-36, 2020.

ARROQUE, Cristina; HOPPE, Letícia; ALVIM, Augusto Mussi; VITT, Fabiane. **Análise dos indicadores ambientais na indústria de bebidas do GRUPO VONPAR S.A. sob a ótica da NBR ISO 14001**. 2016. Disponível em: https://www.pucrs.br/face/wp-content/uploads/sites/6/2016/03/27_CRISTINA-SORIANO-SILVA-ARROQUE.pdf Acesso em: 15 ago. 2021.

BENYATHIAR, P.; KUMAR, P.; CARPENTER, G.; BRACE, J.; MISHRA, D. K. Polyethylene Terephthalate (PET) Bottle-to-Bottle Recycling for the Beverage Industry: A Review. **Polymers**, n. 14, v. 12, p. 2366, 2022.

BOIRAL, O.; GUILLAUMIE, L.; HERAS-SAZARBITORIA, I.; TAYO TENE, C. V. Adoption and outcomes of ISO 14001: A systematic review. **Int J Manag Rev** n. 20, v. 2, p. 411-432, 2018.

BOUTROS, Marleine; SABA, Sabine; MANNEH, Rima. Life cycle assessment of two packaging materials for carbonated beverages (polyethylene terephthalate vs. glass): Case study for the lebanese context and importance of the end-of-life scenarios. **Journal of Cleaner Production**, v. 314, p. 128289, 2021.

BUI, T. D.; AMINAH, H.; WANG, C. H.; TSENG, M. L.; IRANMANESH, M.; LIM, M. K. Developing a Food and Beverage Corporate Sustainability Performance Structure in Indonesia: Enhancing the Leadership Role and Tenet Value from an Ethical Perspective. **Sustainability**, n. 14, v. 6, p. 3658, 2022.

BRAGA, A. L. C.; SANTOS, C. M.; SANTOS, J. M.; OLIVEIRA, M. B.; MADUREIRA, M. T. Perspectives on the potential of the State of Rio de Janeiro in the beverage production sector and its connection with the field of chemical engineering. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e28511931810, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i9.31810.

BROWNBILL, A. L.; BRAUNACK-MAYER, A. J.; MILLER, C. L. What makes a beverage healthy? A qualitative study of young adults' conceptualisation of sugar-containing beverage healthfulness. **Appetite**, n. 150, p. 104675, 2020.

CNI. **Perfil setorial da Indústria**. 2022. Disponível em: <https://perfilsetorialdaindustria.portaldaindustria.com.br/categorias/11-bebidas/>. Acesso em: 29 ago. 2022.

FEIL, A. A.; SCHREIBER, D. Sustainability and sustainable development: unraveling overlays and scope of their meanings. **Cadernos Ebape.br**, n. 15, p. 667-681, 2017.

FIEMA. **Indústria de bebidas**: Estudo setorial. 2021. Disponível em: [FIEMAhttps://www.fiema.org.br/uploads/revista/11774/hQxNWIsiil4ZbxcArNjfls6n739FqII6.pdf](https://www.fiema.org.br/uploads/revista/11774/hQxNWIsiil4ZbxcArNjfls6n739FqII6.pdf). Acesso em: 25 ago. 2022.

GAST, Johanna; GUNDOLF, Katherine; CESINGER, Beate. Doing business in a green way: A systematic review of the ecological sustainability entrepreneurship literature and future research directions. **Journal of cleaner production**, v. 147, p. 44-56, 2017. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.01.065

IBGE. **PIA Empresa**: 309 mil empresas industriais ocupavam 7,7 milhões de pessoas e tiveram receita líquida de R\$ 3,4 trilhões em 2018. 2020b. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/27995-pia-empresa-309-mil-empresas-industriais-ocupavam-7-7-milhoes-de-pessoas-e-tiveram-receita-liquida-de-r-3-4-trilhoes-em-2018>. Acesso em: 26 ago. 2022.

IBGE. **PIA-Produto** - Pesquisa Industrial Anual. 2020a. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9044-pesquisa-industrial-anual-produto.html?=&t=downloads>. Acesso em: 26 ago. 2022.

JALALI, Samireh; WOHLIN, Claes. Systematic literature studies: database searches vs. backward snowballing. In: ACM-IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EMPIRICAL SOFTWARE ENGINEERING AND MEASUREMENT, September 19 - 20, Sweden. 2012. **Anais [...]**. Sweden, 2012, p. 29-38.

JOUNG, Che B. *et al.* Categorization of indicators for sustainable manufacturing. **Ecological indicators**, v. 24, p. 148-157, 2013. DOI: 10.1016/j.ecolind.2012.05.030

KUMAR, Sumit; CHAND, Khan. **Market Trend in Beverage Industry**. 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/351707747_Market_Trend_in_Beverage_Industry. Acesso em: 26 ago. 2022.

LOW, B.; GLEESON, B. **Making Urban Transportation Sustainable**. Basingstoke. Palgrave/Macmillan, Hampshire, UK, 2003.

PAUL, Justin *et al.* Scientific procedures and rationales for systematic literature reviews (SPAR-4-SLR). **International Journal of Consumer Studies**, v. 45, n. 4, p. O1-O16, 2021. DOI: 10.1111/ijcs.12695

RITCHIE, H. **FAQs on plastics, Our World in Data, 2018**. Disponível em: <https://ourworldindata.org/faq-on-plastics>. Acesso em 25 out. 2022.

RODRIGUEZ-SANCHEZ, C.; SELLERS-RUBIO, R. Sustainability in the beverage industry: A research agenda from the demand side. **Sustainability**, v. 13, n. 1, p. 186, 2020. DOI: 10.3390/su13010186

SANGWAN, Kuldip S.; BHAKAR, Vikrant; DIGALWAR, Abhijeet K. A sustainability assessment framework for cement industry—a case study. **Benchmarking: An International Journal**, v. 26, n. 2, p. 470-497, 2019.

VIANA, Fernando L. E. Indústria de bebidas alcoólicas. **Caderno Setorial ETENE**, v. 7, n. 216, p. 1-11, 2022.

YAMACHITA, Leticia R.; LANTE, Luana R.; GONÇALEZ, Thais C.; SABÓIA, Jéssica L.; CORREIA, Angela F. K. Levantamento dos resíduos gerados pela indústria de bebidas gaseificadas. In: 10º SIMPOSIO DE ENSINO DE GRADUAÇÃO, Piracicaba, São Paulo, 2012. **Anais [...]**. Piracicaba, São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.unimep.br/phpg/mostracademica/anais/10mostra/4/75.pdf> Acesso em: 10 ago. 2021.

Apêndice A – Lista de indicadores de sustentabilidade

Ambientais	Sociais	Econômicos
Consumo de água (18)	Segurança no trabalho (4)	Eficiência produtiva (6)
Energia Elétrica (30)	Auxílio à educação (3)	Receita total (5)
Geração de Resíduos (12)	Política distribuição/Participação nos lucros (3)	Margem Líquida (5)
Sistema de gestão ambiental (6)	Prazo/qualidade no recebimento do produto (3)	Valor Presente Líquido (VPL) (5)
Geração de Efluentes líquidos (6)	Atendimento ao Cliente (3)	Payback (5)
Tratamento do Efluente líquido (6)	Qualidade do produto (3)	Taxa Interna de Retorno (TIR) (5)
Tecnologias limpas (6)	Motivos dos retornos (3)	Gastos com despesas (5)
Reuso de água (6)	Substituição dos Produtos (2)	Investimentos em tecnologias limpas (4)
Reuso de resíduos sólidos (6)	Reclamações (2)	Custos de substituição/retorno produtos (4)
Consumo energético por tipo (4)	Pedidos de produtos e serviços (2)	Participação de mercado (3)
Emissão de CO ₂ (4)	Capacitação de funcionários (2)	Auditoria (3)
Multas e indenizações ambientais (4)	Saúde no trabalho (1)	Selos de qualidade (3)
Embalagens (4)	Desenvolvimento de Fornecedores (1)	Retorno Sobre Patrimônio Líquido (3)
Gestão ambiental (4)	Fornecedores locais certificados (1)	Retorno Sobre Ativo (2)
Captação de água (3)	Educação do Consumo consciente (1)	Margem Operacional (2)
Consumo de produtos químicos (3)	Estratégias de comunicação (1)	Margem Bruta (2)
Redução no transporte (3)	Satisfação dos clientes (1)	Grau de envidamento (2)
Controle de poluição (3)	Desenvolvimento da comunidade local (1)	Lucratividade (2)
Receita resíduos sólidos/subproduto (3)	Apoio a comunidades locais (1)	Perfil da dívida (2)
Passivos ambientais (3)	Preservação dos valores culturais (1)	Gastos com Custos (fixos e variáveis) (2)
Logística reversa (3)	Incentivo as atividades culturais (1)	Taxa mínima de atratividade (1)
Consumo de recursos naturais (3)	Mudanças culturais (1)	Investimento ambiental (1)
Contabilidade ambiental (3)	Programas sociais (1)	Investimento cultural (1)
Gastos com pessoal (3)	Alimentação (1)	Investimentos éticos (1)
Lucro bruto (3)	Emprego e gestão de fim de carreira (1)	Proposta de Valor (1)
Receitas ambientais (3)	Estímulo a uma vida saudável (1)	Modelos de Negócios (1)
Custo de produção (3)	Geração de trabalho e renda (1)	Governança da Organização (1)
Fornecedores ambientais (3)	Idosos e com necessidades especiais (1)	Valor da marca (1)
Divulgação ambiental (3)	Stress de trabalho (1)	Pesquisa e desenvolvimento (1)
Custo ambiental-reparos ambientais (3)	Política de contratação de pessoal local (1)	Sistemas de Gestão de Fornecedores (1)
Ciclo de vida (3)	Políticas de contratação de mulheres (1)	Receita Líquida (1)
Educação ambiental (3)	Previdência privada (1)	Retornos sobre vendas (1)
Plano prevenção (acidentes) (3)	Acidentes com e sem Afastamento (1)	Rentabilidade (1)
Reclamações ambientais (3)	Acidentes fatais (1)	EBITDA (1)
Redução consumo água (2)	Impacto do Uso dos Produtos ou Serviços (1)	Liquidez geral (1)
Reciclagem de resíduos sólidos (2)	Incentivo de venda e serviços locais (1)	Liquidez corrente (1)
Coleta seletiva de resíduos sólidos (2)	Produtos Disponíveis (1)	Quantidade de produto (1)
Adução verde (compostagem) (2)	Percepção da Logístico na Entrega (1)	Gastos com Proteção ambiental (1)
Eficiência e redução energética (2)	Reclamações por atraso/danificados (1)	Estratégias para a Sustentabilidade (1)
Redução de energia elétrica (2)	Segurança do produto (1)	Comunicação com Resp. Social (1)
Consumo de CO ₂ (2)	Ética organizacional (1)	Relatórios de Sustentabilidade (1)
Logística Reversa (2)	Relacionamento com stakeholders (1)	Iniciativas de Sustentabilidade (1)
Logística e Distribuição (2)	Interação social (1)	Gestão da Sustentabilidade (1)
Certificação ambiental (2)	Contratos legais (1)	Impactos e Gestão de Riscos (1)
Local/utilização de áreas próximas (2)	Auditoria internas (1)	Sistema de Gestão Integrado (1)
Controle de produtos produzidos (2)	Ações corretivas e ações preventivas (1)	
Potencial de aquecimento global (1)	Conduta de padrão internacional (1)	
Produção mais limpa (1)	Investigações de incidentes (1)	
Uso sustentável da biodiversidade (1)	Atende questões legais (1)	Restauração de habitats naturais (1)
Perdas de água (1)	Licença de funcionamento e operação (1)	Economia de recursos (1)
Reciclagem da água (1)	Desempenho ambiental (1)	Ecoeficiência (1)
Qualidade da água (1)	Eficiência contábil (1)	Impactos ambientais (1)
Perda de CO ₂ (1)	Potencial de formação de subprodutos (1)	Redução de resíduos (1)
Pegada de CO ₂ (1)	Desenvolvimento produtos verdes (1)	Geração de resíduos Tóxicos (1)
Redução Gases efeito estufa (1)	Reutilização de garrafas (1)	Energia incorporada (1)
Utilização do Nitrogênio (1)	Índice de Reciclagem (1)	Energia renovável e não renovável (1)
Qualidade do ar (1)	Potencial de acidificação (1)	Ecodesign (1)
Gerenciamento dos recursos naturais (1)	Qualidade do solo (1)	
Adaptação às mudanças climáticas (1)	Treinamento (1)	
Governança de mudança climáticas (1)	Acidentes ambientais (1)	

TASYE A GESTÃO SUSTENTÁVEL DOS NEGÓCIOS DE SAÚDE

Luís Felipe Pissaia¹

Resumo: O objetivo deste capítulo é compartilhar uma reflexão sobre a potencialidade do *software Tasy* na sustentabilidade dos negócios da saúde. A metodologia utilizada é a reflexão teórica sobre o tema, fazendo uso de fontes bibliográficas disponíveis em diversos meios eletrônicos e físicos e que de alguma forma elucidem o objetivo aqui proposto. O *Tasy* é um *software* de gestão em saúde disponibilizado pela Philips com a premissa de conectar os diferentes pontos estratégicos do negócio. Dentre as expectativas na utilização do *software*, está o contínuo de atendimento, entendido com processo de saúde e doença pelo qual o paciente passa nas diferentes fases do ciclo vital. O *Tasy* colabora também para o fortalecimento e interconexão dos processos clínicos e não clínicos do serviço de saúde, interligando os protocolos terapêuticos, com escalas de trabalho, prontuário do paciente, gestão de custos de materiais e medicamentos, além da construção do plano de cuidados. Compreende-se que a conectividade promovida pelo *Tasy* é favorecida pela informática e instrumentalizada pelo diálogo com os processos existentes no serviço de saúde e as práticas desenvolvidas por suas equipes.

Palavras-chave: *Software*. Sistemas em Saúde. Serviço de Saúde. Gestão da Informação.

Introdução

A área da saúde é uma das áreas mais impactadas pela Revolução Tecnológica, visto que para Castro *et al.* (2022) o setor busca em na melhoria das suas práticas a garantia de um serviço de qualidade para a população. Com a premissa de qualificação, a tecnologia torna-se uma grande aliada na reestruturação de serviços da saúde, tendo como plano de fundo a inovação frente às práticas antiquadas e insustentáveis dos negócios (VENTURA *et al.*, 2022).

Em um modelo de inovação para a área da saúde, podem ser implementadas tecnologias duras, necessárias para atualização nos procedimentos médicos, por exemplo, mas também, as leves que articulam as relações interpessoais na equipe multiprofissional (SILVA *et al.*, 2022). Conforme Ventura *et al.* (2022) é possível viabilizar diferentes meios de inovação nas instituições de saúde, contudo, uma das principais preocupações é a sustentabilidade dos negócios, pois a implementação de tecnologias onera o extrato de serviços filantrópicos, principalmente.

Neste sentido, a inovação segue um rumo na busca por qualificar a estrutura de gerenciamento das instituições de saúde, que segundo Pissaia *et al.* (2021) garantem o apoio necessário no controle de custos e na correta utilização de recursos escassos e custosos para a continuidade da assistência. Assim, surge uma ferramenta com a premissa de gerenciar a saúde integralmente, o *Tasy*, *software* comercializado pela Philips (PISSAIA *et al.*, 2021).

O *Tasy* utiliza da *internet* como meio para unir a tecnologia da informática no armazenamento, controle e análise das informações que constituem o serviço de saúde (KASSIM *et al.* 2021). O *software* integra e padroniza protocolos e documentos que compõem o cotidiano das equipes, para Silva *et al.* (2021) espera-se encontrar nesse modelo a eficiência operacional, dando suporte para as estruturas de

¹ Enfermeiro. Doutor em Ensino. Universidade do Vale do Taquari – Univates. Lajeado – Rio Grande do Sul – Brasil.
E-mail: lpissaia@universo.univates.br

trabalho, mas também na qualificação das entregas ao paciente, garantindo um modelo de cuidado baseado nas premissas de segurança do paciente.

A tecnologia permite o enfrentamento de problemas simples dos serviços de saúde, como a segurança nas informações do paciente, em seu prontuário, fato que para Rigo *et al.* (2017) e Santos e Carvalho (2014) é fundamental na atualidade, sendo a instituição a guardiã destes documentos ou arquivos. Para Pissaia *et al.* (2021) a inovação proporcionada pelo *Tasy* possibilita a construção de boas práticas e modelos de trabalho eficientes, qualificando e dinamizando os serviços oferecidos para a população.

Além destes pontos, Pissaia *et al.* (2021) e Almeida e Elliot (2017) reforçam o argumento de que o *Tasy* interliga os diferentes processos do serviço de saúde, possibilitando para a gestão identificar melhorias na utilização dos recursos financeiros. Assim, este capítulo possui o objetivo de compartilhar uma reflexão sobre a potencialidade do *software Tasy* na sustentabilidade dos negócios da saúde. A metodologia utilizada é a reflexão teórica sobre o tema, fazendo uso de fontes bibliográficas disponíveis em diversos meios eletrônicos e físicos e que de alguma forma elucidem o objetivo aqui proposto.

Após esta seção de introdução ao tema do capítulo, apresentam-se duas seções fundamentais para a reflexão, sendo a primeira “*Tasy* o e plano de cuidados vital, um modelo de negócio” e a segunda “*Tasy* e a interconexão de processos no negócio”. Por fim, é direcionado ao leitor, as considerações finais da reflexão e as referências utilizadas para a mesma.

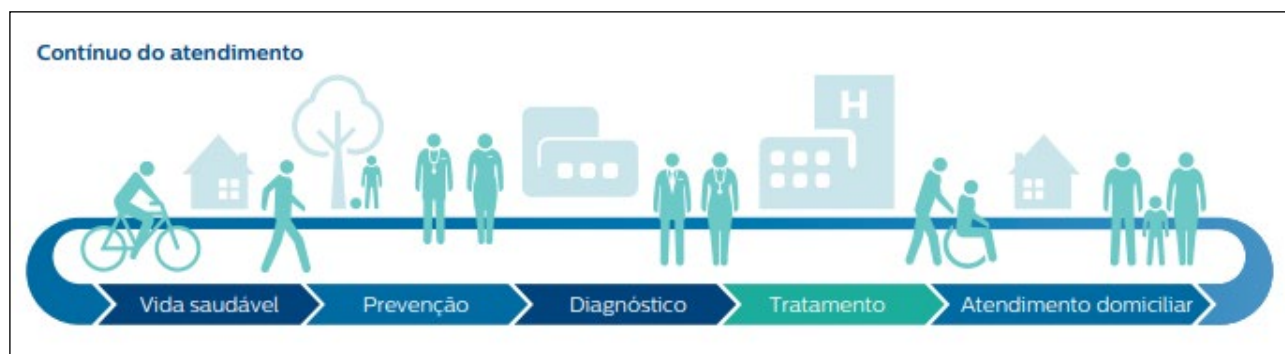
***Tasy* o e plano de cuidados vital, um modelo de negócio**

O contexto social da contemporaneidade é incerto e caracteriza-se pela insegurança econômica e permeada por crises, as quais impactam diretamente os serviços de saúde, seja por falta de investimento ou pela utilização incorreta de seus recursos. Neste sentido, um *software* de gestão em saúde organiza e colabora para a correta gestão do serviço, indagando sobre os custos e as necessidades do mesmo (BRANDOLFI *et al.*, 2017).

Sob este limiar, o *Tasy* nasce no Brasil há pelo menos 20 anos, desenvolvido por uma equipe de especialistas que vivenciaram a necessidade de articular o uso de informações para a gestão dos serviços de saúde. Do Hospital Santa Catarina, Blumenau, primeira instituição a utilizar o *Tasy*, para mais de 990 instituições públicas e privadas nacional e internacionalmente, que o sistema colabora (PHILIPS, 2023).

Um dos grandes diferenciais do *Tasy* é a sua preocupação na entrega realizada para o paciente, por este motivo o sistema é capaz de assegurar o domínio em todas as etapas do atendimento e acompanhamento do cliente, de forma que o *software* liga os pontos do serviço de saúde e com isso segue o indivíduo durante a jornada (SOUZA *et al.*, 2018). Conforme é observado na Figura 1, a seguir, o contínuo de atendimento é o viés de trabalho do *Tasy*.

Figura 1. Contínuo do atendimento realizado pelo Tasy.



Fonte: Philips, 2023.

O contínuo de atendimento é também a segurança de acompanhamento do paciente durante todas as suas etapas do ciclo vital, que conforme Pissaia, Costa e Oliveira (2022) assegura a comunicação entre as épocas e o diálogo constante com as equipes multiprofissionais que atuam no cuidado. Desta forma, para Silva, Gonçalves e Santos (2017) e Costa Linch *et al.* (2017) é possível mapear a história de saúde e doença do paciente, de forma eficaz e resolutiva, sem perder informações ou pontos frágeis para o correto plano de cuidados. Segundo Castro *et al.* (2022) a segurança de que absolutamente todas as informações permaneçam salvas no arquivo vital do paciente, ou no seu prontuário, é a certeza de que independente da equipe de saúde ou do estágio vital, ele receberá o cuidado adequado.

Neste sentido, o contínuo de atendimento também pode ser compreendido com um modelo de negócio para a assistência resolutiva do paciente, à medida que as informações possibilitam a predição de problemas de saúde e seus gastos, bem como, o *Tasy* direciona e coloca na equipe a necessidade de gerenciar o caso. Segundo Pereira *et al.* (2015) e Pissaia *et al.* (2021) o acompanhamento do paciente proporcionado pelo *Tasy* garantem não somente a qualidade de vida do indivíduo, mas também a sustentabilidade do negócio, uma que vez o correto gerenciamento do caso distribui os recursos de maneira uniforme e sem desperdícios, garantindo que a receita e as despesas sejam saudáveis.

A sustentabilidade dos negócios da saúde gira em torno da gestão eficaz de seus recursos, independente da fonte de financiamento, público ou privado, a necessidade de controlar as despesas é equivalente. O *Tasy* não só colabora, mas possui em seu modelo de conexão a possibilidade de conectar as redes e os processos de trabalho, articulando as necessidades do paciente com as possibilidades de articulação e ações terapêuticas, tanto preventivas, quanto curativas.

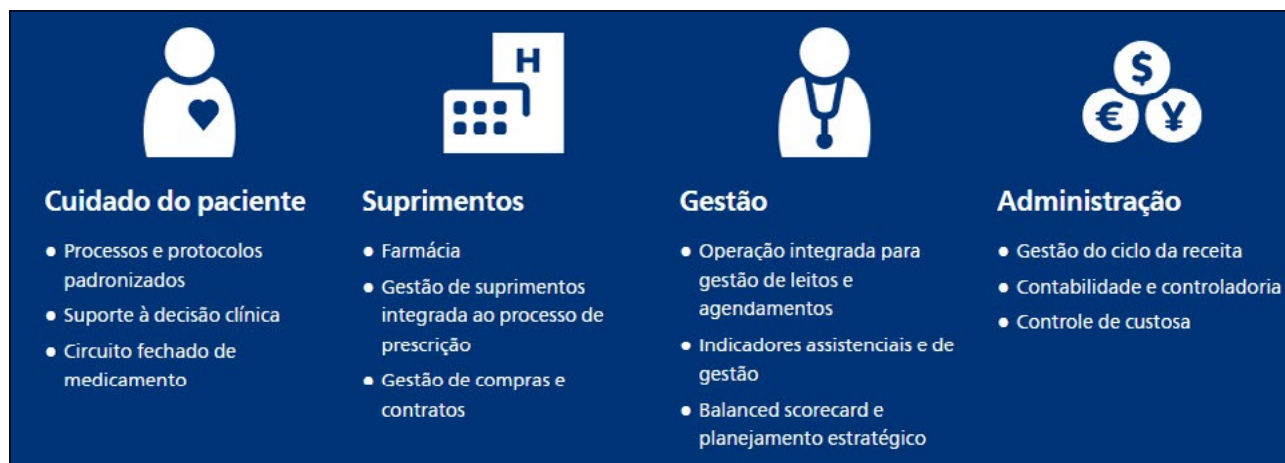
***Tasy* e a interconexão de processos no negócio**

A conectividade é uma das características dos processos de trabalho rentáveis e efetivos na contemporaneidade, fato que colabora com a necessidade de utilizar sistemas que interliguem as diferentes etapas do cuidado do paciente. Dessa forma, para a Philips (2023), o *Tasy* se destaca pela abrangência dos processos aos quais é possível gerenciar, fugindo do modelo tradicional de *software* voltado para a guarda de informações, ou seja, prontuário, o sistema realiza a administração do paciente em seus diferentes ciclos, necessidades clínicas e na articulação de relatórios fidedignos sobre os custos assistenciais.

Assim, os recursos oferecidos pelo *software* vão além do contínuo de atendimento vital do paciente, mas também incorpora em uma única plataforma, as informações clínicas e operacionais do serviço de saúde (PISSAIA *et al.*, 2021). Segundo Ferreira *et al.* (2021) e Wolf *et al.* (2022), a implantação do *Tasy* nos serviços de saúde é facilitado pela flexibilidade com que o processo ocorre, seguindo o limiar dos processos já existentes e articulando as necessidades da organização com as equipes operacionais e gestores.

Neste sentido, o *Tasy* atua frente a quatro principais pilares, sendo eles o cuidado do paciente, suprimentos, gestão e administração, conforme pode ser observado a seguir na Figura 2.

Figura 2. Pilares de atuação do *Tasy*.

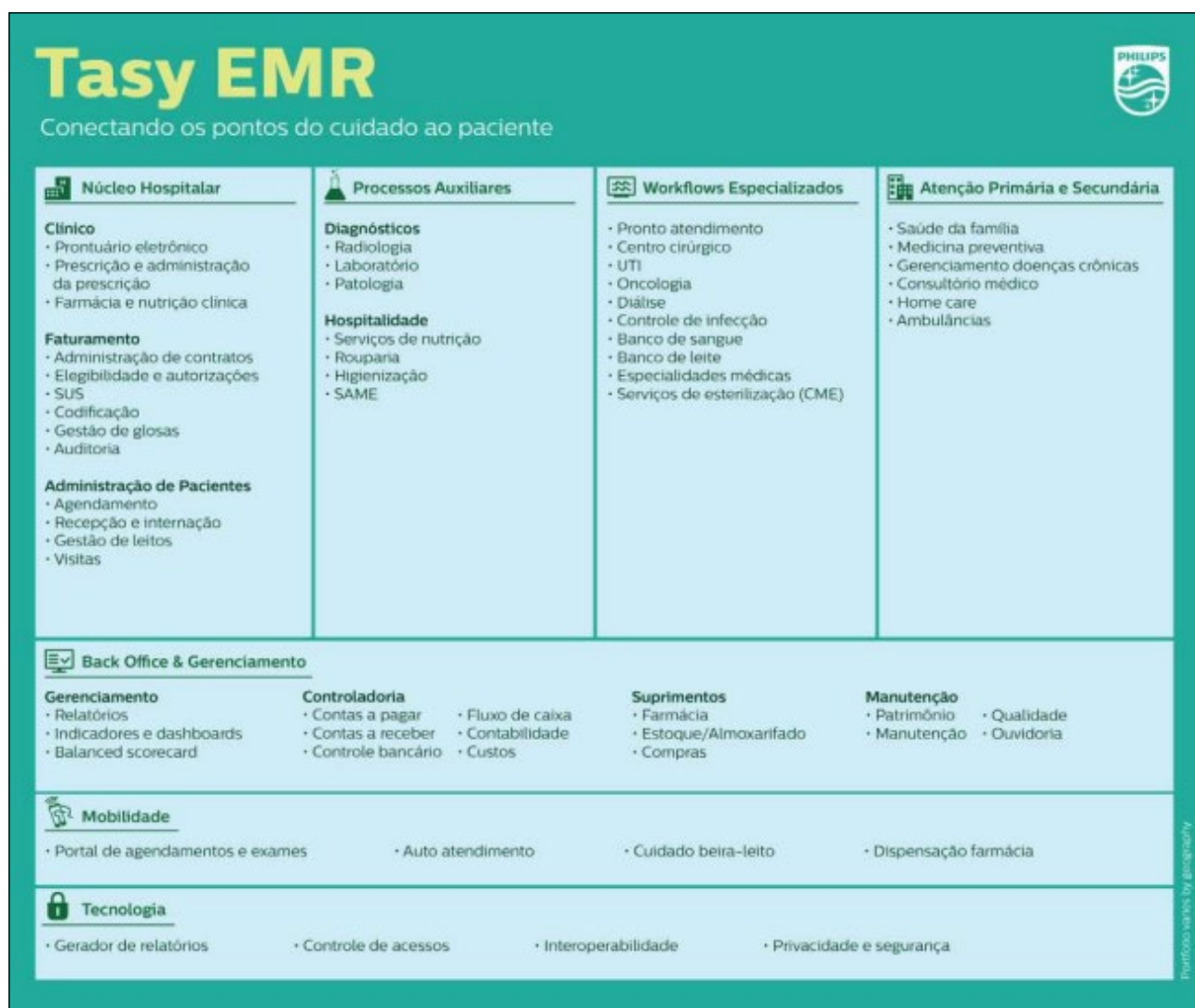


Fonte: Philips, 2023.

Para a Philips (2023), o *Tasy* aborda e estrutura-se com base nas questões clínicas e não clínicas, com foco em um único espaço para articulação da gestão do serviço de saúde. Conforme Boscato, Godoy e Heineck (2021), o *software* apresenta-se como um mapa, um grande esquema que traduz a instituição de saúde e com base neste o gerenciamento torna-se eficaz, intuitivo e cada vez mais próximo com as necessidades do paciente e a segurança do mesmo em receber os serviços.

A seguir, a Figura 3 demonstra os pontos ao qual o *Tasy* colabora para a conexão.

Figura 3. *Tasy* e a conexão com o serviço de saúde.



Fonte: Philips, 2023.

Para Pissaia *et al.* (2021), a principal vertente de atuação do *Tasy* é o cuidado com o paciente, a preocupação em entregar o melhor cuidado com base nas suas necessidades, mas além disto, conforme é verificado nas Figuras 2 e 3, vários são os campos de atuação. Conforme a Philips (2023), o *software* apresenta-se como um prontuário, o qual inclui além de informações geradas pelo paciente, também aquelas documentadas pelo próprio serviço de saúde. Além disso, os diferentes níveis de complexidade são abordados, como a urgência e emergência, cuidados intensivos, oncologia e internações variadas.

Ainda, segundo Nunes, Assis e Lopes (2016) e Costa Linch *et al.* (2019), os processos de trabalho também são abrigados pelo *Tasy*, como protocolos de controle de infecção, segurança do paciente e ainda a segurança do trabalhador. Além destes, toda a “árvore” do *software* é construída com base nas necessidades do serviço, de forma que os protocolos de atendimento e condução terapêutica podem ser adaptados e seguidos de forma padronizada junto com a equipe multiprofissional. O sistema também articula as escalas de trabalho dos profissionais da saúde e o agendamento dos atendimentos realizados pelos mesmos, de forma que a automatização da análise de dados possibilita o gerenciamento eficaz do uso de tempo, dimensionamento das equipes, além de uso dos materiais.

Desta forma, é possível compreender a potencialidade do *Tasy* frente a articulação dos processos assistenciais e de trabalho do serviço de saúde, de forma que a gestão seja integral e coerente com a necessidade do paciente. É possível identificar as diferentes frentes de gerenciamento que o *software* possibilita as clínicas relacionadas com os protocolos terapêuticos e as não clínicas que indicam, por exemplo, escalas de trabalho, agendamento de consultas e ainda assim os custos relacionados com a assistência.

Considerações finais

Apresentar ao leitor as reflexões sobre as potencialidades do *software Tasy* é um desafio, tendo-se em vista as inúmeras esferas de usabilidade e modelagem que o mesmo abarca na gestão do serviço de saúde. Considera-se que atualmente a falta de estudos sobre o *software* limite as discussões, pois o *Tasy* é utilizado como base de dados epidemiológicos na maioria dos estudos, dificultando assim as demais construções em que o sistema pode ser utilizado.

Mesmo assim, a reflexão identifica algumas potencialidades do *software Tasy* para os serviços de saúde, sendo possível identificar melhorias na assistência à população e na gestão. No modelo de usabilidade do *Tasy*, identifica-se que o *software* conecta os diferentes pontos do serviço de saúde, desde aqueles clínicos, quanto aqueles não clínicos, devido a assertividade das ações realizadas por meio da sua estrutura.

No que diz respeito à gestão, o *Tasy* possibilita a determinação e o acompanhamento de indicadores relativos aos pacientes acompanhados pela equipe multiprofissional, com ênfase na disponibilização de informações coletadas para a correta constituição do plano de cuidados. Ainda sobre a gestão do serviço de saúde, considera-se que o *Tasy* oferece a equipe uma ferramenta de apoio a tomada de decisão quanto ao plano de cuidados do paciente, tendo-se como base os diagnósticos e demais protocolos que determinam as práticas terapêuticas.

Dessa forma, este capítulo lança ao meio científico diversas potencialidades na utilização do *Tasy*, sobretudo na gestão sustentável dos serviços de saúde, cujo modelo organizacional permite uma visão integrada e holística sobre o paciente. Considera-se que partindo desta reflexão será possível realizar pesquisas futuras ampliando os cenários e investigando *in loco* as potencialidades do *Tasy*.

Referências

ALMEIDA, Maria Aparecida Pena; ELLIOT, Ligia Gomes. Avaliação da satisfação de usuários com o uso de uma ferramenta de *business intelligence* na gestão hospitalar. **Revista Meta: Avaliação**, v. 9, n. 25, p. 171-200, 2017.

BOSCATO, Sara Cardoso; GODOY, Márcia Regina; HEINECK, Isabela. Análise de custo minimização de dois esquemas quimioterápicos utilizados no tratamento do câncer colorretal em um hospital de ressarcimento público no Brasil. **Revista brasileira de farmácia hospitalar e serviços de saúde**. São Paulo. Vol. 12, n. 2 (2021), 0544, 7 p., 2021.

BRANDOLFI, Joice Abreu *et al.* Relato de experiência em estágio curricular não obrigatório de inverno em fisioterapia no Hospital São José de Criciúma. **Revista de Extensão**, v. 2, n. 2, p. 71-75, 2017.

CASTRO, Priscila Silva *et al.* **Pesquisa e Inovação em Ciências da Saúde**. Bookerfield Editora, 2022.

- COSTA LINCH, Graciele Fernanda *et al.* Ações coordenadas para implantação e consolidação da Sistematização da Assistência de Enfermagem. **Enfermagem em Foco**, v. 10, n. 7, 2019.
- FERREIRA, Fabiana Sari *et al.* O papel do farmacêutico na prevenção de erros de medicação. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. e18310313280-e18310313280, 2021.
- KASSIM, Maria Julia Navarro *et al.* Consulta de enfermagem a pacientes com fissuras labiopalatais. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, v. 13, n. 4, p. e6992-e6992, 2021.
- NUNES, Elisângela Santos; ASSIS, Sonia Francisca Monken; LOPES, Evandro Luiz. Fatores críticos de sucesso nas implantações de *software* de gestão integrada em entidades de saúde. **International Journal of Health Management Review**, v. 2, n. 2, p. 1-20, 2016.
- PEREIRA, Aline Garcia *et al.* Soluções no serviço de radiologia no âmbito da gestão: uma revisão da literatura. **Radiologia Brasileira**, v. 48, p. 298-304, 2015.
- PHILIPS. **Conectando os pontos do cuidado ao paciente**. 2023. [texto da internet]. Disponível em: https://www.philips.com.br/c-dam/b2bhc/br/resource-catalog/landing/tasy_category/folder-tasy-prestador-br.pdf. Acesso em: 07 fev. 2023.
- PISSAIA, Luís Felipe *et al.* *Tasy* e o ensino em saúde. **Revista Sustinere**, v. 9, n. 2, p. 629-640, 2021.
- PISSAIA, Luís Felipe; COSTA, Arlete Eli Kunz; OLIVEIRA, Eniz Conceição. *Tasy* e Ausubel: construindo conexões entre o *software* e a aprendizagem significativa. **Revista Signos**, v. 43, n. 1, 2022.
- RIGO, Denise Fátima Hoffmann *et al.* Caracterização sociodemográfica e clínica de estrangeiros/imigrantes adultos internados em um hospital. **Rev. enferm. UFPE on line**, p. 4854-4865, 2017.
- SANTOS, Perseu Schuindt; CARVALHO, Gilberto Paiva. Prontuários eletrônicos em odontologia e obediência às normas do CFO. **Revista Odontológica do Brasil Central**, v. 23, n. 66, 2014.
- SILVA, Francielli Leticia Klaus *et al.* Percepção de enfermeiros e o impacto da visita pré-operatória de enfermagem na redução da ansiedade em utentes no perioperatório. **Revista Eletrônica Acervo Científico**, v. 29, p. e7850-e7850, 2021.
- SILVA, Simone Brum; GONÇALVES, Nathalia Santos; SANTOS, Daniela Copetti. Implantação de um modelo de descentralização de auditoria de contas hospitalares em um hospital de grande porte na região sul do Brasil. **Revista de Administração em Saúde**, v. 17, n. 69, 2017.
- SILVA, Talita Ingrid Magalhães *et al.* Teoria da difusão da inovação e sua aplicabilidade em pesquisas em saúde e enfermagem. **Texto & Contexto-Enfermagem**, v. 31, 2022.
- SOUZA, Eduardo Neves da Cruz *et al.* Processo de auditoria de contas em um hospital público: mapeamento das glosas técnicas em cirurgias ortopédicas. **Revista de Administração em Saúde**, v. 18, n. 73, 2018.
- VENTURA, Filipa *et al.* A prática centrada na pessoa: da idiosincrasia do cuidar à inovação em saúde. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 38, 2022.
- WOLF, Jonas Michel *et al.* Incidência e fatores de risco associados à falha na ventilação não invasiva em pacientes pediátricos. **Clinical and Biomedical Research**, v. 42, n. 1, 2022.

A UNIVERSIDADE COMO ATOR-CHAVE NA CONSTRUÇÃO DO MERCADO AGROECOLÓGICO: UMA ANÁLISE SOB A PERSPECTIVA DA INOVAÇÃO SOCIAL

Marlon Dalmoro¹
Fernanda Cristina Wiebusch Sindelar²
Daniel Pedro Auler³
Carlos Cândido da Silva Cyrne⁴

Resumo: Tomando esforços coletivos interessados na promoção da agroecologia como um modelo de produção e consumo de alimentos mais sustentável, este capítulo busca analisar o papel da universidade na construção de espaços alternativos de comercialização de alimentos agroecológicos sob a perspectiva da inovação social. A luz de conceitos de co-inovação e inovação social como processos capazes de moldar socialmente os arranjos de mercados, explora-se o caso da construção da primeira feira agroecológica da região do Vale do Taquari no estado do Rio Grande do Sul. Descreve-se como a feira foi concebida e passou a ocorrer dentro do campus da universidade a partir da formação de uma rede colaborativa, da concessão por parte da universidade de uma estrutura sócio-material para viabilizar a feira e as externalidades desta ação. A partir disto, reflete-se acerca da capacidade e limitações de atores não interessados nas trocas econômicas que ocorriam na feira, como a universidade, na construção desta como um arranjo de mercado.

Palavras-chave: Feira agroecológica, conexão entre atores, construção de mercados alternativos, inovação social, Univates, Vale do Taquari.

1 Introdução

Os mercados são arranjos sociais dinâmicos compostos por dimensões institucionais, sociológicas, históricas, culturais e sociais nos quais ocorrem trocas comerciais (SLATER; NARVER, 2013; ABRAMOVAY, 2004). Neste sentido, os mercados envolvem múltiplos atores sociais, além de compradores e vendedores, o que os constitui como sistemas dinâmicos onde múltiplos atores interagem a partir de objetivos comuns (ABRAMOVAY, 2004; DALMORO; SCARIOT, 2017). Estes múltiplos atores são responsáveis tanto pela formação quanto pela manutenção dos mercados. Observando-se desta perspectiva, os mercados estão em constante formação uma vez que os diferentes atores, ao buscarem imprimir suas agendas nos mercados, modelam e remodelam os arranjos sociotécnicos que formam o mercado (CALLON, 1998; HARRISON; KJELLBERG, 2016).

No caso dos mercados agroecológicos, além dos atores diretamente interessados em atuar no mercado para realizar trocas econômicas (como exemplo, os produtores rurais desejando vender sua produção e os consumidores desejando adquirir alimentos), observa-se a presença de outros atores que

1 Doutor em Administração. Professor do Programa de Pós-graduação em Sistemas Ambientais Sustentáveis da Universidade do Vale do Taquari – Univates. E-mail: marlon.dalmoro@univates.br.

2 Doutora em Ciências. Professora do Programa de Pós-graduação em Sistemas Ambientais Sustentáveis da Universidade do Vale do Taquari – Univates. E-mail: fernanda@univates.br.

3 Doutor em Administração. Professor da Universidade do Vale do Taquari – Univates. E-mail: danielauler@univates.br.

4 Doutor em Ciências. Professor do Programa de Pós-graduação em Sistemas Ambientais Sustentáveis da Universidade do Vale do Taquari – Univates. E-mail: cyrne@univates.br.

não recebem recompensa direta com a troca econômica em si, mas com o fortalecimento de laços sociais por meio do estabelecimento de redes – horizontais, solidárias, vinculadas com uma economia moral e não material. Esta particularidade está em parte atrelada ao fato de que mercados alternativos – como os agroecológicos – carecem de uma estrutura sociotécnica (CALLON, 1998) e que a construção desta estrutura requer um leque maior de agentes (DALMORO; SCARIOT, 2017), como, por exemplo, universidades, movimentos sociais e organizações não governamentais (STÉPHANE; GUILLAUME, 2018).

A questão central na atuação destes diferentes atores passa justamente pela colaboração destes na construção da estrutura sociotécnica do mercado capaz de entregar valor para a sociedade. Assim, para entender o papel dos diferentes atores, adota-se a lente da co-inovação, ou seja, como os atores de forma conjunta e colaborativa co-criam processos e estruturas (BITZER; BIJMAN, 2015; CHESBROUGH; VANHAVERBEKE; WEST, 2014) capazes de oferecer algum benefício, neste caso, social. Em especial, partindo de um entendimento dos mercados agroecológicos como espaços de inovação social (HOWALDT *et al.*, 2016), questiona-se de que forma as práticas dos atores que não estão interessados nas trocas econômicas do mercado agroecológico, como por exemplo as universidades, auxiliam na construção de estruturas sociotécnicas capazes não só de viabilizar trocas econômicas, mas também responder demandas sociais, como a necessidade de alimentos mais saudáveis e sustentáveis, por exemplo. Nesta linha, o presente estudo tem como objetivo analisar o papel da universidade na construção de espaços alternativos de comercialização de alimentos agroecológicos sob a perspectiva de inovação social.

2 Referencial Teórico

No contexto contemporâneo, é inconcebível analisar as inovações sem olhar para fora da organização e perceber a conjuntura e os parceiros-chave que possam contribuir de alguma maneira para aquilo que se deseja desenvolver de solução (LEE *et al.*, 2010). É neste ponto que surge o paradigma da inovação aberta, no qual as organizações trocam recursos e capacidades sob diferentes fluxos quando do desenvolvimento de inovações (CHESBROUGH; BOGERS, 2014; CRICELLI; GRECO; GRIMALDI, 2016). Nesse sentido, quatro tipos de processos de fluxos podem ocorrer: (i) *outside-in* no qual uma organização extrai recursos e capacidades do exterior e os explora internamente no desenvolvimento da inovação; (ii) *inside-out*, quando uma organização produz a inovação internamente e a explora no mercado; (iii) bidirecional casado, quando duas ou mais organizações trabalham em processos *inside-out* e *outside-in*, desenvolvendo inovações internamente ou em uma terceira organização formada por elas e a exploram externamente; e (iv) bidirecional interativo, onde da mesma forma, duas ou mais organizações trabalham em processos *inside-out* e *outside-in* entre si, mas a inovação se dá externamente a ambas (GASSMANN e ENKEL, 2004; PILLER e WEST, 2014). Este último fluxo é o mais colaborativo, integrativo, interativo e com maior possibilidade de ganhos para os múltiplos atores envolvidos na cocriação do valor almejado com a inovação, fato que o coloca em destaque nesta discussão (CHESBROUGH; BOGERS, 2014; PILLER; WEST, 2014; CRICELLI *et al.*, 2016). Tal tipo de processo abre espaço para um dos principais conceitos aqui explorados, a co-inovação.

Coinovação, neste trabalho, é definida como um processo de inovação aberta, interativa e conjunta de cocriação de valor realizado por múltiplos atores (LEE *et al.*, 2010; CHESBROUGH; BOGERS, 2014; PILLER; WEST, 2014; BITZER; BIJMAN, 2015). Em outras palavras, co-inovação nada mais é do que o processo de criação conjunta de soluções, no qual os mais diversos atores, ligados à cadeia de valor do objeto ou serviço a ser criado, participam ativamente do desenvolvimento da criação de forma interativa

e aberta. Tal conceito fundamenta-se na multiplicidade de atores envolvidos no processo (BONNEY *et al.*, 2007; BITZER; BIJMAN, 2015); na postura de inovação aberta adotada por eles (CHESBROUGH, 2003; CHESBROUGH; VANHAVERBEKE; WEST, 2014); no olhar da cocriação de valor superando o ponto de vista de criação de produtos, processos ou serviços (LUSCH; VARGO, 2011; RAMASWAMY; OZCAN, 2014); na participação conjunta desses atores no processo (VON HIPPEL, 2010; PILLER; WEST, 2014); e, sobretudo na interação dos múltiplos atores durante o processo inovativo, cada qual com suas devidas contribuições (BOSSINK, 2002; BONNEY *et al.*, 2007; LEE *et al.*, 2010; DAWSON *et al.*, 2014).

Importante que a co inovação é basicamente um processo de desenvolvimento de um novo produto/processo/serviço, em que um grupo de atores realiza atividades interagindo entre si para cocriar valor a partir da novidade ou do próprio método (LEE *et al.*, 2010; PILLER; WEST, 2014; PLÉ; CÁCERES, 2010). Dessa forma, somente através dessas interações é que os atores envolvidos no processo alcançam seus objetivos, tornando a interatividade na cocriação de valor uma das peças fundamentais do processo de co inovação (PILLER; WEST, 2014; RAMASWAMY; OZCAN, 2014).

Sendo assim, esse processo nada mais é do que uma abordagem interativa e participativa de fomento à inovação, que transpassa setores envolvendo os mais diversos *stakeholders* (ALBICETTE *et al.*, 2017). A inovação, neste caso, seria um resultado emergente não diretamente dos atores ligados ao processo, de seus recursos e de suas capacidades isoladamente, mas da interação existente entre eles (COUTTS; BOTHA; TURNER, 2014; BOTHA *et al.*, 2014). Isso ocorre porque o desenvolvimento de inovação é, sob este ponto de vista, um processo coevolucionário, em que os diversos públicos/atores envolvidos têm em mãos uma determinada situação-problema, e trabalham para saná-la a partir de uma nova configuração de tecnologias, políticas, práticas ou mesmo mudanças mercadológicas (BOTHA *et al.*, 2014).

Tal processo ultrapassa a linha da transdisciplinaridade para se tornar pesquisa experimental participativa, em que os atores da inovação acabam por oferecer suporte a mudanças em políticas públicas, setores, territórios e até mesmo cadeias de valor (BOTHA *et al.*, 2014; DOGLIOTTI *et al.*, 2014; KLERKX *et al.*, 2017). É neste ponto que o resultado da co inovação ganha força para esta pesquisa aplicada, uma vez que dos processos de co inovação podem e muito comumente surgem inovações sociais, ou seja, soluções para questões conectadas às sociedades onde emergem (MURRAY; CAULIER-GRICE; MULGAN, 2010). Neste sentido, a inovação social é vista como uma nova combinação e/ou uma nova configuração de práticas sociais em uma determinada área de ação ou contexto social específico, provocada por atores ou constelações de atores de maneira intencionalmente direcionada e com o objetivo de melhor satisfazer ou responder a necessidades e problemas da sociedade onde surgem, do que seria possível com base em práticas previamente estabelecidas (HOWALDT; SCHWARZ, 2010; HOWALDT *et al.*, 2014; HOWALDT *et al.*, 2016).

Este ponto é, também, base conceitual deste trabalho, uma vez que o foco determinante da inovação é dinâmico e realizado em conjunto entre um grupo de atores e, acaba por alterar a lógica dominante em uma determinada comunidade (BEPÀ, 2011; CHESBROUGH; MININ, 2014; MORELLI *et al.*, 2017). O foco é no coletivo e como esse coletivo se transforma, evolui, passa a uma nova situação, anteriormente talvez sequer vislumbrada. Importante que aqui está presente o resultado de um processo de co inovação bem-sucedido uma vez que a interação entre os múltiplos atores antes discutidos se faz presente e gera realmente algo que estava nos objetivos dos agentes e até mesmo vai além, na medida em que nenhum deles tenha propriedade sobre a criação, mas de alguma forma, obtenha ganhos a partir do

processo ou dos resultados dele provenientes (VOORBERG; BEKKERS; TUMMERS, 2015; OEIJ *et al.*, 2019). É o coletivo que ganha maior proporção e importância, ainda que sem o esquecimento do individual. É o caso, por exemplo, dos mercados alternativos que carregam outros princípios além da troca econômica, como aquele denominado aqui de mercado agroecológico.

Estes mercados são socialmente construídos, ou seja, os vínculos sociais concretos, localizados, permitem o estabelecimento de laços construídos a partir das necessidades, interesses, recompensas e sanções de diferentes atores e capazes de manter relações mais ou menos estáveis (STEINER, 2006). Estas relações envolvem um conjunto de fatores sociais e não somente pecuniários, uma vez que os diferentes atores estão envoltos em seus valores e interesses (SMELSER; SWEDBERG, 2005).

A participação das universidades na construção destes espaços, tanto nas suas práticas quanto na significação dos valores e interesses, confere uma centralidade na rede. Esse entendimento tem se confirmado em diferentes estudos que reconhecem o papel das universidades na articulação de organizações não-governamentais e na legitimação da agroecologia no Brasil, inclusive orientando a construção de políticas públicas nos anos 2000 (PIMBERT, 2015; PIGFORD; HICKEY; KLERKX, 2018).

Contudo, para exercer um papel transformativo, as universidades precisam ir além do fluxo linear no qual cientistas transferem conhecimento para os produtores agroecologistas ou na orientação de políticas públicas, é preciso admitir a possibilidade de um ambiente simbiótico, no qual acadêmicos e outros públicos da universidade atuem de forma colaborativa com outros atores sociais externos à universidade em práticas que configurem inovações sociais. Na seção quatro, estes conceitos de inovação social e co-inovação orientam a análise do papel da universidade na organização coletiva e em rede de diferentes atores de forma que constituem um sistema de trocas de alimentos agroecológicos.

3 Método

Na construção do plano metodológico do estudo, adota-se uma perspectiva interpretativista no que tange a criação e realização da Feira de Produtores Agroecologistas da Univates. Esta feira teve início em outubro de 2017 no campus da Universidade do Vale do Taquari - Univates e se consistiu no primeiro espaço de comercialização de alimentos exclusivamente agroecológicos na região do Vale do Taquari/RS. Procurando entender as nuances desse contexto, a coleta de dados envolveu observação participante e entrevistas com diferentes grupos de atores envolvidos na realização da feira. Especificamente, a observação participante durante as reuniões de criação da feira, no local da feira e durante uma roda de conversa envolvendo a comunidade local na qual foi debatida a relação entre universidade e agroecologia. Ao longo da observação participante foi possível interagir com produtores rurais, representantes de entidades (governamentais e não-governamentais) de apoio à produção de base agroecológica, como por exemplo a ONG Ecobé e a EMATER/ASCAR, professores e funcionários da Universidade e consumidores em geral.

De forma associada, foi realizado um conjunto de entrevistas em profundidade com atores-chaves na construção e operacionalização da feira. Contando com o auxílio de um roteiro pré-estabelecido, foram entrevistados dois representantes da EMATER envolvidos na construção da feira, um representante da comunidade local na Comissão Gestora – este representante também é membro de uma ONG que possui ações de estímulo à agroecologia – e cinco produtores rurais participantes da feira. As entrevistas foram gravadas e posteriormente transcritas para análise dos dados. Os dados foram tratados por meio de

técnica de análise de categorias, seguindo as orientações de Lofland e Lofland (1995) e dando origem a um conjunto de três categorias de análise, utilizadas na organização do capítulo de análises dos resultados.

4 Análise dos Resultados

4.1 Formação de uma rede colaborativa

Ao descrever o histórico da construção da feira de produtores agroecologistas da Univates, os entrevistados revelam uma articulação coletiva, envolvendo diferentes atores regionais que entendiam haver a necessidade de construção de um espaço de comercialização para a produção agroecológica. Esse espaço permitiria ampliar as relações entre produtores rurais agroecologistas e consumidores interessados em acessar esse tipo de alimento, como descreve um entrevistado representante da EMATER na comissão organizadora da feira:

A AAVT [Articulação de Agroecologia do Vale do Taquari] vinha buscando espaços de comercialização, visto que o propósito da AAVT é atuar na constituição de ações mais significativas na região. Então numa dessas reuniões da AAVT, lá em Encantado, a Univates estava representada pela Cátia. A gente sabe que a produção fica represada se não constituir mercado. Então naquela reunião tinha as OCS e a ideia de que tínhamos que construir algo de uma janela de materialidade para viabilizar a feira passou a ser essa materialidade, permitindo agregar um conjunto de atores que estava voltados para a produção, mas que estava represada. Sem espaço de comercialização as coisas não acontecem. E disputar o mercado convencional não era fácil (Representante da EMATER).

Assim, as reuniões da Articulação Agroecológica do Vale do Taquari – AAVT, que já consistiam num fórum de discussão da agroecologia, passam a ser o local de articulação de atores interessados nesta construção de espaços de comercialização. Como o representante de uma ONG que atua na área de agroecologia descreve, a criação de uma feira agroecológica era discutida dentro da ONG como uma forma de incentivar a agroecologia, mas essa discussão não saía de dentro da própria entidade:

Havia um embate entre aqueles que entendiam que primeiro deveria se consolidar a produção orgânica na região para depois abrir espaços de comercialização e outros que entendiam que com a criação da feira haveria um incentivo para mais pessoas passarem a produzir. Na região basicamente não havia produção orgânica, com somente dois grupos em Arroio do Meio certificados. Não havia feiras exclusivamente orgânicas, somente feiras de produtores, mas meio sem controle, com muitos produtos da Ceasa e nenhum tipo de certificação. Quando essa discussão da ONG foi levada para a AAVT é que a ideia foi adiante (Representante da ECOBÉ).

As reuniões permitiram a integração dos atores numa atuação colaborativa. Neste contexto, a técnica extensionista da EMATER entrevistada reporta que, em uma dessas reuniões, teve a presença de produtores rurais de São Domingos do Sul que já possuíam larga experiência com feiras agroecológicas em Passo Fundo, outros dois municípios pertencentes ao estado do Rio Grande do Sul. Estes produtores encorajaram a criação da feira e se disponibilizaram a participar tanto da sua concepção quanto a trazer produtos para a feira. Observa-se assim que a atuação colaborativa trouxe diferentes expertises e

capacidades para a construção da feira como um espaço de inovação na comercialização de alimentos agroecológicos.

4.2 A Universidade como fonte para construção de uma estrutura sociomaterial

As falas dos entrevistados revelam que o passo seguinte à constituição de uma rede colaborativa engajada na constituição da inovação social (feira), foi a viabilização da feira como um espaço de comercialização. Primeiramente, nas reuniões de organização da feira, buscou-se construir um regimento capaz de garantir o caráter agroecológico da feira, bem como superar os desafios burocráticos. Isso permitiu garantir um caráter institucional, muito em virtude da legitimidade que a Universidade conferia ao grupo. Segundo o representante da Emater, *“a universidade emprestou credibilidade, ajudou a legitimar a feira”*. Ele complementa ainda que o envolvimento da universidade foi importante para minimizar os conflitos com os produtores que participam das feiras convencionais da cidade e outros atravessadores que controlam a distribuição de hortifruti na região. Um dos produtores entrevistados também destaca a importância da universidade na legitimação dos próprios produtores: *“a universidade ajuda a acreditar o produto, pois muitas pessoas não acreditam que aquilo é agroecológico”*. Esse entendimento é reforçado por um representante da comunidade, mencionando que:

Outro fato é que Univates ajuda a dar visibilidade para a feira. Isso é a principal coisa. Mostra que não é um grupo de aventureiros, mas professores, a universidade falando em agroecologia. Isso ajuda a divulgar a agroecologia como uma alternativa de alimentação mais sustentável. Vejo que a Universidade tem que ajudar a buscar outras formas de alimentação, com menos agrotóxicos, menos danosa para o meio ambiente (representante da comunidade).

Um segundo aspecto diz respeito ao conhecimento técnico que circula na Universidade e pode ser transferido para os atores, configurando, em última análise, o caráter de co-inovação anteriormente exposto. Como um entrevistado coloca: *“A universidade primeiro de tudo tem pessoas para ajudar os produtores com conhecimento, seja sobre técnicas de manejo, de produção até questões mais ligadas a identificação delas como agroecologistas”* (representante da ONG).

Um terceiro aspecto refere-se à necessidade de construção de uma estrutura material e um espaço para abarcar a feira. Nesta linha, o representante da EMATER coloca que a universidade foi importante não só no fornecimento de materiais para a criação da primeira feira, mas na inspiração para criação de outras estruturas similares:

O papel da universidade primeiro foi a acolhida dessa demanda histórica de ter um espaço de comercialização. Segundo constituir uma janela para este tipo de produto, um canal para dar vazão à produção agroecológica. A feira teve a ação de catalisar o surgimento de outras ações. Mesmo que ela não seja a maior feira em termos de consumidores, ela provocou a abertura de novos espaços, mexeu com outros grupos da região para agilizar a documentação e se adequar o quanto antes para poder vir participar das feiras. Mexeu com toda a agroecologia da região (representante da EMATER).

Os produtores feirantes também mencionam essa construção de um espaço de comercialização dentro da Universidade: *“Quando nos convidaram para fazer parte de uma reunião de projeção da feira eu*

cheguei em casa com o pé atrás. Será que uma universidade vai conseguir dar um espaço para nós? Hoje fico grato em ter um espaço dentro de uma universidade. Reforçando a parceria entre o agricultor e o consumidor” (Feirante).

Do ponto de vista material, a estrutura se utiliza de um local coberto existente na universidade e de mesas móveis, que são instaladas por uma equipe de suporte da instituição toda semana. Esta equipe também é responsável por reservar o local e vagas de estacionamento próximo ocupadas pelos feirantes. A responsabilidade organizacional nesta articulação de espaço evidencia a contribuição para o processo de desenvolvimento da inovação social que aqui é discutida no ponto em que foi essencial no desenvolvimento da feira agroecológica. Importante que na estrutura administrativa da instituição, a feira está ligada à Diretoria de Inovação e Sustentabilidade. Este amparo administrativo foi importante para que a feira tivesse um responsável por dar vazão a todos os procedimentos administrativos internos, não só formais, como o arquivamento dos documentos da feira e alvarás, mas operacionais, como solicitações internas de reservas de vagas, liberação de estacionamento para feirantes ou mesmo de comunicação como o mercado, como a criação de uma página no Facebook, por exemplo.

Do ponto de vista da estrutura mercadológica, os feirantes reforçam que alguns professores auxiliaram na divulgação da feira, mas que o avanço colaborativo e na busca por mecanismos inovadores de promoção não foram suficientes. Para eles, os alunos não têm conhecimento sobre o que é alimento orgânico e agroecologia, complementando que: *“se cada um viesse comprar uma coisinha iria faltar produto”* (feirante). A crítica dos feirantes acerca da falta de divulgação é explicada por outro entrevistado ao mencionar que ao mesmo tempo em que a instituição puxa para si o protagonismo na organização da feira, ela assume os riscos inerentes, como por exemplo, a geração de uma expectativa de envolvimento superior àquela que ela pretende ter. O protagonismo de um ator na construção de uma estrutura sociomaterial pode minar o desejo de outros atores atuantes no cenário da agroecologia em colaborarem na construção coletiva desta estrutura.

4.3 A externalidade da ação na construção de um projeto agroecológico

Por sua vez, a construção de um espaço de comercialização e da sua estrutura sociomaterial inerente serviu como marco na construção de um projeto agroecológico na região, visto a sua capacidade de fornecer aos produtores um espaço de comercialização e visibilidade. Como mencionado pelo representante da EMATER:

Isso foi o empurrão que o município precisava. Depois disso abriram outras portas. Deu visibilidade, mostrou que é possível e encorajou a prefeitura a abrir outro ponto. Hoje tem outra feira que é um espaço a mais, em outro dia da semana, para somar. Se não existisse a feira da Univates, não teria a outra feira. Outra coisa que vem crescendo é o surgimento de outros grupos de produtores e aumenta o potencial de ter mais feira, pois tem que ter produto (representante da EMATER).

Seguindo a fala dos entrevistados, a construção de uma estrutura sociomaterial para comercialização de produtos de base agroecológica na universidade serviu de inspiração para outros atores sociais atuarem na organização de novas feiras. Além disso, a aproximação dos produtores com uma universidade localizada em um bairro nobre serviu como uma forma de empoderamento. Um dos produtores participantes

comenta que teve na feira da Univates sua primeira experiência com o público, pois nunca tinha feito feira antes e com isso está se lapidando, aprendendo a lidar com o público.

O fato de a feira agregar produtores de pequenos municípios da região também confere a eles novas oportunidades de mercados na maior cidade da região. Além disso, trata-se de um espaço que não conflita diretamente com os feirantes convencionais já estabelecidos na cidade. Consequentemente, um dos produtores entrevistados coloca que: *“dois impactos são fundamentais, um para alimentar melhor o povo e outro é não sermos expulsos da nossa terrinha para ter que viver nas periferias das cidades. Se essas feiras não tivessem surgido, nós teríamos que ter ido”* (produtor).

Assim, ao analisar a articulação de diferentes atores, a construção de uma estrutura sociomaterial e as externalidades disso, observa-se a atuação não interessada na troca econômica por parte da universidade ajudou a dar legitimidade para o novo espaço de comercialização que, além do acesso a alimentos agroecológicos para a população, também tem um caráter social capaz de oferecer uma alternativa de produção para produtores rurais e o fomento da ideia de que uma agricultura mais sustentável é possível. Com isso, a externalidade da inovação social reportada não reside na capacidade de dar vazão quantitativamente à produção agroecológica ou ao sucesso econômico do empreendimento, mas em agregar novos papéis para atores que não estão diretamente relacionados com o mercado de alimentos. A partir da incorporação desses novos papéis e por meio da colaboração com produtores e consumidores, permitiram dar forma a um projeto de inovação social, cocriada com diferentes atores, mas que contou com a universidade como o grande ator propulsor dos esforços de concretização da feira.

5 Considerações Finais

Ao findar este capítulo, retoma-se inicialmente o objetivo de compreender o papel da universidade na construção de espaços alternativos de comercialização de alimentos agroecológicos sob a perspectiva de inovação social. Para isso, primeiramente é importante reconhecer o mercado como uma construção social e, portanto, um espaço no qual diferentes atores podem agir em prol de objetivos econômicos, como aqueles de comercialização de alimentos, de consumo, como acesso a alimentos agroecológicos, mas também de objetivos sociais. No caso analisado, o caráter social está eminentemente ligado à participação de atores que não estão interessados nos ganhos econômicos ou no acesso ao consumo, mas sim na promoção de modos de vida mais sustentáveis. Mesmo que produtores e consumidores compartilham desse ideal, são atores como ONGs, EMATER e universidade que garantem a legitimidade do interesse social no processo de constituição da feira.

O caráter de inovação social é conduzido a esteira de um processo coletivo e colaborativo de inovação, ou seja, de co-inovação. A rede de atores engajados em torno de um interesse comum - promoção da agroecologia – permite conectar os diferentes atores em torno de conexões sociais, para além daquelas conexões mercadológicas predominantes numa relação de mercado. A universidade funciona como um aglutinador dessas conexões ao ceder espaços, infraestrutura material e legitimidade institucional para mediar os diferentes grupos a favor da instalação da feira.

O espaço criado dentro da universidade também se tornou um local simbólico de pertencimento por parte de produtores, consumidores e outros atores engajados no desenvolvimento da agroecologia. As trocas econômicas que permeiam esse espaço são somente um dos componentes da vida social. Assim, mesmo a feira tendo um caráter de trocas comerciais, a ação da universidade não deve ser lida somente

a partir de uma mentalidade mercantil. A construção de locais alternativos de comercialização tem nas trocas econômicas a razão inicial, mas não o seu objetivo final. Além disso, a universidade contribuiu no fornecimento de conhecimento compartilhado por meios dos docentes, alunos e das suas próprias práticas - como exemplo por meio dos projetos de pesquisa e ações de extensão. Por outro lado, pode-se concluir que a universidade falhou numa outra linha de atuação, envolvendo a busca pela conscientização da comunidade acadêmica e do seu entorno acerca da agroecologia e seus benefícios. O apelo institucional e científico da universidade não ecoou o suficiente ao ponto de reverberar num plano mercadológico e do próprio comportamento de consumo da população local.

Assim, a construção social de espaços alternativos de comercialização de alimentos, em especial aqueles que possuem um apelo ligado à sustentabilidade, pode contar com o auxílio de atores sociais não interessados na troca econômica, particularmente, nos moldes do caso relatado neste capítulo, a universidade. A atuação da universidade não está restrita ao seu caráter científico, mas também ao seu protagonismo na aglutinação e orientação da rede de atores. Contudo, esse protagonismo pode ofuscar o fato de que a inovação social orientada para a construção de mercados alternativos é um processo coletivo que não pertence a nenhum ator específico, ou seja, a construção da feira não pertence a universidade ou a outro ator social, mas que precisa de todos os atores envolvidos. O papel central da universidade acabou ofuscando ou mesmo desencorajando o envolvimento de outros atores relevantes, como os próprios consumidores e o poder público.

Estas constatações permitem compreender que o papel da universidade não diminui a importância da articulação em rede na construção de sistemas agroalimentares alternativos, restando ainda alguns desafios a serem superados, principalmente no que diz respeito a uma maior visibilidade e conscientização da comunidade acadêmica da importância de projetos de inovação social capazes de envolver múltiplos atores não só para a geração de ganhos econômicos, mas para a construção de novos saberes, de novos aprendizados e, principalmente, para uma vida mais saudável.

Referências

- ABRAMOVAY, R. Entre Deus e o diabo: mercados e interação humana nas ciências sociais. **Tempo social**, v. 16, n. 2, p. 35-64, 2004. ISSN: 1809-4554.
- ALBICETTE, M. M. *et al.* Co-innovation in family-farming livestock systems in Rocha, Uruguay: A 3-year learning process. **Outlook on Agriculture**, v. 46, n. 2, p. 92-98, 2017. ISSN 0030-7270.
- BEPA, B. O. E. P. A. **Empowering people, driving change**: Social innovation in the European Union. Bureau of European Policy Advisers (BEPA). Luxembourg. 2011.
- BITZER, V.; BIJMAN, J. From innovation to co-innovation? An exploration of African agrifood chains. **British Food Journal**, v. 117, n. 8, p. 2182-2199, 2015. ISSN 0007-070X.
- BONNEY, L.; CLARK, R. COLLINS, R.; FEARNE, A. From serendipity to sustainable competitive advantage: insights from Houston's Farm and their journey of co-innovation. **Supply Chain Management**, v. 12, n. 6, p. 395-399, 2007. ISSN 1359-8546.
- BOSSINK, B. A. G. The development of co-innovation strategies: stages and interaction patterns in interfirm innovation. **R & D Management**, v. 32, n. 4, p. 311-320, 2002. ISSN 0033-6807.

BOTHA, N.; KLERKX, L.; SMALL, B.; TURNER, J. A. Lessons on transdisciplinary research in a co-innovation programme in the New Zealand agricultural sector. **Outlook on Agriculture**, v. 43, n. 3, p. 219-223, 2014. ISSN 0030-7270.

CALLON, M. **The laws of the markets**. Londres: Blackwell Publishers, 1998.

CHESBROUGH, H.; BOGERS, M. Explicating open innovation: clarifying an emerging paradigm for understanding innovation. In: CHESBROUGH, H.; VANHAVERBEKE, W.; WEST, J. (Ed.). **New Frontiers in Open Innovation**. New York, NY, USA: Oxford University Press, 2014. cap. 1, p.3-28. ISBN 9780199682461.

CHESBROUGH, H.; BOGERS, M. Explicating open innovation: clarifying an emerging paradigm for understanding innovation. In: CHESBROUGH, H.; VANHAVERBEKE, W.; WEST, J. (Ed.). **New Frontiers in Open Innovation**. New York, NY, USA: Oxford University Press, 2014. cap. 1, p.3-28. ISBN 9780199682461.

CHESBROUGH, H.; MININ, A. D. Open Social Innovation. In: CHESBROUGH, H.; VANHAVERBEKE, W.; WEST, J. (Ed.). **New Frontiers in Open Innovation**. New York, NY, USA: Oxford University Press, 2014. cap. 9, p.170-188. ISBN 9780199682461.

CHESBROUGH, H.; VANHAVERBEKE, W.; WEST, J. **New Frontiers in Open Innovation**. New York, NY, USA: Oxford University Press, 2014. ISBN 9780199682461.

CHESBROUGH, H. The era of open innovation. **MIT Sloan Management Review**, v. 44, n. 3, p. 35-41, 2003. ISSN 1532-9194.

COUTTS, J.; BOTHA, N.; TURNER, J. A. **Evaluating a co-innovation policy initiative in New Zealand**. European International Farming Systems Association Symposium. Vienna: IFSA Europe: 110-119 p. 2014.

CRICELLI, L.; GRECO, M.; GRIMALDI, M. Assessing the open innovation trends by means of the Eurostat Community Innovation survey. **International Journal of Innovation Management**, v. 20, n. 3, p. 30, 2016. ISSN 1363-9196.

DALMORO, M.; SCARIOT, T. O Papel dos Agentes Mediadores na Construção e Manutenção do Mercado de Produtos Orgânicos. In: **Anais Encontro da Anpad 2017**. Rio de Janeiro: Anpad, 2017.

DAWSON, B. K.; YOUNG, L.; TU, C.; CHONGYI, F. Co-innovation in networks of resources - A case study in the Chinese exhibition industry. **Industrial Marketing Management**, v. 43, n. 3, p. 496-503, 2014. ISSN 0019-8501.

DOGLIOTTI, S. *et al.* Co-innovation of family farm systems: A systems approach to sustainable agriculture. **Agricultural Systems**, v. 126, p. 76-86, 2014. ISSN 0308-521X.

GASSMANN, O.; ENKEL, E. **Towards a Theory of Open Innovation**: Three Core Process Archetypes. R&D Management Conference (Radma). Lisbon: RADMA 2004.

HARRISON, D.; KJELLBERG, H. How users shape markets. **Marketing Theory**, v. 16, n. 4, p. 445-468, 2016. ISSN 1470-5931.

HOWALDT, J.; BUTZIN, A.; DOMANSKI, D.; KALETKA, C. **Theoretical approaches to social innovation**: a critical literature review. Dortmund: Sozialforschungsstelle (sfs), TU Dortmund University, 2014. Disponível em: < http://www.si-drive.eu/wp-content/uploads/2017/12/D1_1-Critical-Literature-Review_final.pdf >.

HOWALDT, J.; SCHRÖDER, A.; KALETKA, C.; REHFELD, D.; TERSTRIEP, J. **Comparative Analysis (Mapping 1) - Mapping the World of Social Innovation**: A Global Comparative Analysis Across Sectors and World Regions. Sozialforschungsstelle Dortmund (sfs) - Technische Universität Dortmund (TUDO). Dortmund, p.170. 2016. (D1.4)

HOWALDT, J.; SCHWARZ, M. **Social Innovation: Concepts, Research Fields and International Trends**. IMA/ZLW, 2010. ISBN 9783935989190.

KLERKX, L. *et al.* Replication and translation of co-innovation: The influence of institutional context in large international participatory research projects. **Land Use Policy**, v. 61, p. 276-292, 2017. ISSN 0264-8377.

LEE, S. M.; OLSON, D. L.; TRIMI, S. The Impact of Convergence on Organizational Innovation. **Organizational Dynamics**, v. 39, n. 3, p. 218-225, 2010. ISSN 0090-2616.

LOFLAND, J.; LOFLAND, L. **Analyzing social settings**. Belmont, CA: Wadsworth, 1995.

LUSCH, R. F.; VARGO, S. L. Service-dominant logic: a necessary step. European **Journal of Marketing**, v. 45, n. 7-8, p. 1298-1309, 2011. ISSN 0309-0566.

MORELLI, N.; AGUILAR, M.; CONCILIO, G.; GÖTZEN, A.; MULDER, I.; PEDERSEN, J.; TORNTTOFT, L. K. Framing Design to support Social Innovation: The Open4Citizens Project. **The Design Journal**, v. 20, n. 1, p. S3171 - S3184, 2017. ISSN 1460-6925.

MURRAY, R.; CAULIER-GRICE, J.; MULGAN, G. **The Open Book of Social Innovation: Ways to Design, Develop and Grow Social Innovations**. London, UK: The Young Foundation, 2010.

OEIJ, P. R. A.; TORRE, W. V. D.; VAAS, F.; DHONDT, S. Understanding social innovation as an innovation process: Applying the innovation journey model. **Journal of Business Research**, v. 101, p. 243-254, 2019. ISSN 0148-2963.

PIGFORD, A-A. E.; HICKEY, G. M.; KLERKX, L. Beyond agricultural innovation systems? Exploring an agricultural innovation ecosystems approach for niche design and development in sustainability transitions. **Agricultural Systems**, v. 164, p. 116-121, 2018.

PILLER, F.; WEST, J. Firms, Users, and Innovation: An Interactive Model of Coupled Open Innovation. In: CHESBROUGH, H.; VANHAVERBEKE, W.; WEST, J. (Ed.). **New Frontiers in Open Innovation**. New York, NY, USA: Oxford University Press, 2014. cap. 2, p.29-49. ISBN 9780199682461.

PIMBERT, M. Agroecology as an Alternative Vision to Conventional Development and Climate-smart Agriculture. **Development**, v. 58, n. 2, p. 286-298, 2015. ISSN 1461-7072.

PLÉ, L.; CÁCERES, R. C. Not always co-creation: introducing interactional co-destruction of value in service-dominant logic. **Journal of Services Marketing**, v. 24, n. 6, p. 430-437, 2010. ISSN 0887-6045.

RAMASWAMY, V.; OZCAN, K. **The co-creation paradigm**. Stanford, CA, USA: Stanford University Press, 2014.

SLATER, D.; TONKISS, F. **Market society: Markets and modern social theory**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2013.

SMELSER, N.J.; SWEDBERG, R. **The handbook of economic sociology**. New Jersey: Princeton university press, 2005.

STEINER, P. **A sociologia econômica**. São Paulo: Atlas, 2006.

STÉPHANE, B.; GUILLAUME, O. Institutionalizing Agroecology in France: Social Circulation Changes the Meaning of an Idea. **Sustainability**. v. 10, n. 5, p. 1, 2018.

VON HIPPEL, E. Open User Innovation. In: HALL, B. H. e ROSENBERG, N. (Ed.). **Handbook of the Economics of Innovation**. Orxford, UK: North-Holland Publications, 2010. cap. 9, p.411-427. ISBN 2210-8807.

VOORBERG, W. H.; BEKKERS, V.; TUMMERS, L. G. A Systematic Review of Co-Creation and Co-Production: Embarking on the social innovation journey. **Public Management Review**, v. 17, n. 9, p. 1333-1357, 2015. ISSN 1471-9037.

Tecnologias baseadas na natureza

TÉCNICAS DE ENGENHARIA NATURAL PARA A ESTABILIDADE DE TALUDES FLUVIAIS

Cleberton Diego Bianchini¹
Carla Roberta Orlandi²
Marcos Vinicius Vizioli Klaus³
Augusto Pretto Chemin⁴
Amanda Janner Marques⁵
Mathias Hofstatter⁶
Elisete Maria de Freitas⁷

Resumo: A ocupação irregular de áreas suscetíveis a movimentos de massa, principalmente em encostas e margens de rios, ocasiona prejuízos ambientais, sociais e econômicos, estando entre os problemas ambientais mais frequentes. A Engenharia Natural (EN) se apresenta como uma alternativa ambientalmente adequada para a estabilização desses ambientes quando degradados. Para tanto, utiliza um conjunto de técnicas que mesclam material vegetal vivo com material inerte de diferentes origens. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi apresentar técnicas de EM para uso em margens de rios, suas aplicações e orientações sobre a vegetação a ser utilizada. Foram apresentadas e descritas oito técnicas de EN e 15 espécies vegetais nativas do Rio Grande do Sul com aptidão para uso na estabilização e recuperação de taludes fluviais. Apesar de algumas limitações, a EN constitui uma solução viável, segura e ambientalmente mais adequada para diversas condições de degradação de margens de recursos hídricos.

Palavras-chave: Bioengenharia de solos. Taludes fluviais. Recuperação de área degradada. Restauração ecológica. Biotécnicas.

1 Introdução

A ocupação e uso irregular do solo, acompanhado da remoção da vegetação nativa, da reconfiguração dos terrenos sem rigor técnico e da utilização de práticas inadequadas na agricultura tem gerado inúmeros problemas ambientais, sociais e econômicos (SUTILI *et al.*, 2018). Dentre os problemas ambientais gerados estão os processos erosivos e assoreamento de recursos hídricos, movimentos de grandes massas de solo, inundações e enchentes, contaminação dos solos e das águas por disposição incorreta de resíduos, perda da biodiversidade, entre outros. Todos estes problemas colocam em risco vidas humanas e consomem grandes montantes de recursos financeiros. (PARFITT, 2002; MOTA, 2003; ARAÚJO, 2014).

1 DuoTeB Engenharia e Meio Ambiente Ltda, Engenheiro Ambiental; Especialista em Engenharia Geotécnica. E-mail: clebertonbianchini@duoteb.com

2 Universidade do Vale do Taquari – Univates; Bióloga, Mestranda em Sistemas Ambientais Sustentáveis. E-mail: carla.orlandi@universo.univates.br

3 Universidade do Vale do Taquari – Univates; Biólogo, Mestrando em Sistemas Ambientais Sustentáveis. E-mail: apchemin@universo.univates.br

4 Universidade do Vale do Taquari – Univates; Biólogo. E-mail: marcos.klaus@universo.univates.br

5 Universidade do Vale do Taquari – Univates; Graduanda em Fisioterapia. E-mail: amanda.marques@universo.univates.br

6 Universidade do Vale do Taquari – Univates; Graduando em Ciências Biológicas. E-mail: mathias.hofstatter@universo.univates.br

7 Universidade do Vale do Taquari – Univates; Bióloga, Doutora em Botânica. E-mail: elicafuf@univates.br

Os movimentos de massa estão entre as consequências mais frequentes da ação antrópica. Por outro lado, a segurança envolvendo movimentos de massa em taludes é análise recorrente nas ações de engenharia. Portanto, conhecer os fatores que interferem e/ou contribuem para a estabilidade ou instabilidade de taludes é de substancial importância para ocupação dos espaços. Neste sentido, a Engenharia Natural (EN) se apresenta como uma alternativa ambientalmente mais adequada para contribuir na estabilidade de taludes de diferentes ambientes. A EN constitui um conjunto de técnicas e métodos que mesclam material vivo com material inerte. Os elementos vivos ou biológicos são compostos principalmente por plantas, enquanto os elementos inertes compõem-se de rochas, madeira, concreto, ligas metálicas e polímeros (PINTO, 2009; DURLO; SUTILI, 2005).

Conforme Venti *et al.* (2003), as técnicas de EN baseiam-se essencialmente em características de algumas espécies de plantas, especialmente pela capacidade de propagação vegetativa e desenvolvimento de um considerável sistema radicular. Assim, desempenham diversas funções nos taludes, como ancoragem, aumento da resistência ao cisalhamento dos solos e a atenuação da força das gotas de chuva diretamente sobre o solo. Assim, o objetivo deste capítulo foi descrever algumas técnicas de EN, sua utilização na estabilidade de taludes e a recomendação de espécies de plantas a serem utilizadas. Para a aplicação de técnicas de EN de forma eficiente na estabilização de taludes é importante selecionar cuidadosamente as espécies vegetais a serem utilizadas em cada local considerando suas características específicas.

2 Engenharia natural (EN)

Envolve o uso de técnicas, sistemas e materiais naturais (ou o mais próximo possível do natural), constituindo uma corrente técnica científica interdisciplinar que utiliza material vegetal como material de construção, recorrendo às suas características biotécnicas e fazendo uso dos seus elementos constituintes em combinações com outros materiais (geralmente inertes) (PINTO, 2009; DURLO; SUTILI, 2005; VENTI *et al.*, 2003; FERNANDES; AMARAL, 1998; ROCHA, 2007). Também conhecida como bioengenharia de solos, é uma expressão portuguesa equivalente à inglesa *soil bioengineering*, utilizada há muito tempo em diferentes regiões do planeta. Possui diversos campos de atuação, porém, está voltada com maior ênfase para o controle e estabilização de erosões em taludes. Para tanto, ela necessita de abordagem multidisciplinar, pois envolve diferentes áreas do conhecimento como a geologia, geotecnia, hidrologia, engenharia civil, arquitetura, paisagismo, biologia e/ou engenharia florestal (HOLANDA *et al.*, 2021).

Taludes, também conhecidos como encostas ou por barrancos, são superfícies inclinadas de maciços terrosos, rochosos ou mistos (rocha + solo), originados de processos geológicos e geomorfológicos diversos, ou antrópicos, originados pelo corte ou de aterros (AUGUSTO FILHO; VIRGILI, 1998; GERSCOVICH, 2016). A estabilidade de taludes naturais é influenciada, principalmente, pelas características geológicas, geométricas e pelo ambiente fisiográfico. As características geológicas estão relacionadas com os tipos de solo e composição das rochas, enquanto as características geométricas do talude podem ser plano, convexo ou côncavo. Já as características fisiográficas estão relacionadas à cobertura vegetal sobre o talude, o clima da região, o sistema de drenagem, entre outros (GERSCOVICH, 2016; TABALIPA; FIORI, 2008).

A utilização da EN, em suas várias técnicas, oferece vantagens funcionais como a redução e o controle das erosões; aumento da estabilidade dos taludes; favorecimento da infiltração uma vez que gera aumento da vegetação; e melhoria do fluxo da água e o aumento da rugosidade das margens quando

instaladas em margem de corpos hídricos. Também apresenta vantagens quanto às funções ecológicas, como a diminuição e proteção contra ruídos; sombreamento e controle de organismos infestantes; melhoria no balanço e regulação da temperatura do ar, solo e água; favorecimento para criação de condições ecológicas de base, aumentando a biodiversidade; melhoria das qualidades físico-químicas do solo e da água onde são instalados (FERNANDES; FREITAS, 2011). Ainda, percebe-se a melhoria da harmonia paisagística, maior bem-estar da população, geração de empregos e especialização da mão de obra, além de outros benefícios sociais induzidos. Vale ressaltar também que a EN apresenta custo inicial levemente superior a engenharia convencional, mas isso é facilmente compensado com custos de construção, gestão, manutenção, monitoramento e substituição ou reabilitação inferiores ao longo do tempo (VENTI *et al.*, 2003; FERNANDES; FREITAS, 2011).

2.1 Técnicas de Engenharia Natural

A EN faz uso de diversas formas de revegetação, modelos de construção e tipos de material inerte para uso na recuperação de áreas degradadas, sejam em margem de recursos hídricos ou não. Podem ser empregadas na estabilização e consolidação zonas atingidas por deslizamentos das camadas superficiais do solo, correção e estabilização de margens de cursos hídricos, estabilidade e enquadramento paisagístico em rodovias e/ou ferrovias, ou ainda, consolidação de áreas costeiras de restinga (MARTINHO, 2005; GOLDSMITH, 2013; FERNANDES; FREITAS, 2011).

As técnicas de EN dividem-se em (1) técnicas de Revestimento, que vão gerar imediata ou rápida cobertura superficial do solo, tais como a semeadura, hidrossemeadura, biomanta e geotêxteis; (2) técnicas de Estabilização, empregadas na camada subsuperficial do solo, visando pequenas alterações para potencializar o processo de recuperação, tais como entrançado vivo, esteira viva, enrocamento vivo e faixa de vegetação; e (3) técnicas de Consolidação para a proteção de movimentos de massa profundos, entre 0,4 a 2,2m, tais como parede vegetada, gabião vivo e terra armada. Estas técnicas podem ser usadas separadamente ou consorciadas para cessar os processos erosivos e potencializar a recuperação da área degradada (FERNANDES; FREITAS, 2011).

O processo de escolha das técnicas de EN mais adequadas para cada situação deve ser precedida de um diagnóstico detalhado do local a receber a intervenção, através de estudos geológicos, hidrológicos, hidráulicos, hidrodinâmicos, topográficos, florísticos, entre outros. Após esta etapa, segue a fase de planejamento com elaboração do projeto, escolha das técnicas mais adequadas a serem empregadas e a elaboração de um cronograma físico e financeiro. Então, define-se o período a ser executada a obra, devendo realizar o preparo das máquinas e de todo o material. Após a execução, entra a fase de monitoramento. Neste momento podem ser necessários ajustes pontuais para garantir a estabilização e potencializar o desenvolvimento das plantas (MAFFRA, 2014).

As técnicas descritas a seguir estão baseadas em bibliografias especializadas no tema (FERNANDES; FREITAS, 2011; SAULI, CORNELINI, PRETI, 2005; VENTI *et al.*, 2003; DURLO; SUTILI, 2005; GOLDSMITH; GRAY; MCCULLAH, 2013; ALLEN; LECEH, 1997; COUTO, 2010), em normas técnicas (ABNT: NBR 11.682) e nos conhecimentos e experiências dos autores.

2.1.1 Semeadura direta

A semeadura consiste na dispersão (FIGURA 1) de uma mistura de sementes de diferentes espécies e hábitos (herbáceas, arbustivas, arbóreas e trepadeiras), desde pioneiras até as tardias (FIGURA 2). A escolha das espécies deve ser baseada na diversidade das espécies encontradas nas proximidades da área a ser recuperada e pertencer à mesma formação vegetal na qual a área encontra-se inserida, considerando também as características do local. Além disso, é importante inserir sementes de espécies que garantam a rápida cobertura e adubação do solo, visto que possuem ciclo curto e contribuam na incorporação de nutrientes no solo. A semeadura pode ser realizada em qualquer tipo de terreno, de forma manual ou com auxílio de maquinário.

Figura 1: Dispersão de sementes em área degradada, aplicada para recobrimento imediato do solo



Fonte: Paulo Sérgio da Rosa.

Figura 2: Mix de sementes utilizadas em semeadura.



Fonte: Patrícia Roberta Renz.

2.1.2 Aplicação de biomanta ou manta vegetal

As biomantas são produzidas por diferentes tipos de materiais biodegradáveis, principalmente de origem vegetal, como fibra de coco costurada com uma rede fina de polipropileno de alta resistência (FIGURA 3). Sua fixação no talude deve ser cuidadosa, garantindo a sobreposição de pequenas faixas nas emendas, utilizando materiais metálicos ou estacas de madeira. Proporciona a cobertura imediata da camada superficial do solo, evitando a ação direta dos agentes erosivos. Adicionalmente, diminuem a perda de umidade do solo, o que favorece a germinação das sementes. Quando associada com sementes ou com mudas e hastes vivas, é mais eficiente na formação da cobertura vegetal (COUTO *et al.*, 2010).

Figura 3: Exemplo de aplicação de biomanta em crista de talude reconfigurado, aplicada em talude seco dentro da APP no município de Porto Alegre, RS



Fonte: Cleberton Diego Bianchini.

2.1.3 Entrançado vivo

Como o nome sugere, trata-se de um emaranhado de hastes vivas de alguma planta, fixadas no solo através de estacas de madeira (FIGURA 4). O entrançado vivo busca a proteção imediata do solo, ou da margem de um rio ou córrego. Age diretamente na retenção de solo quando instalado em encostas, evitando erosões. Também atua na proteção da base do talude evitando a ação direta da água. As hastes, com 2 e 3 metros de comprimento, devem ser fixadas de forma intercalada nas estacas de madeira. Estas, devem ter diâmetro entre 8 e 15 cm, altura de no mínimo um metro com enterramento de pelo menos 70 cm. Para contenção de erosões em margens de rios e córregos, usa-se somente uma linha para que a vegetação se desenvolva e proteja o talude. A técnica pode ser aplicada em encostas secas (FIGURA 5) para diminuir a velocidade do fluxo de água e conter erosões e promoverá a estabilização do talude conforme acontecer o desenvolvimento das plantas. Neste caso, pode-se utilizar duas fileiras intercaladas com espaçamento de um metro entre as fileiras. As plantas a serem utilizadas para as hastes devem ser de acordo com as características do local a ser recuperado.

O entrançado deve ficar parcialmente enterrado para ocorrer a propagação da espécie utilizada. Ainda, vale mencionar que a implementação do entrançado vivo deve ser realizada no período de repouso vegetativo da espécie vegetal utilizada. Em alguns casos, quando o maior problema são as erosões, pode-se

utilizar estacas mortas para garantir proteção ao terreno. No caso apresentado na Figura 5, foram utilizadas partes mortas de bambu no entrançado para redução da velocidade da água, controle das erosões e evitar o transporte da serrapilheira.

2.1.4 Esteira Viva

A esteira viva (FIGURAS 6 e 7) consiste na cobertura do talude remodelado da margem com hastes de plantas vivas. A esteira viva deve ser instalada em locais em que a força da água gera impacto frontal, conferindo ótima proteção. Devem ser usadas hastes longas, de 2,5 a 3,5 metros, de espécies que se propagam por estaquia. A base das hastes deverá estar em contato com o terreno úmido e, dependendo da espécie, poderá ficar diretamente na água. Vale salientar que a implantação desta técnica deverá ocorrer no período de repouso vegetativo da espécie utilizada. Deverá ocorrer reforço da ancoragem da base com rochas ou troncos de árvores. As hastes devem ser fixadas ao solo com uma corda/aramé em estacas de madeiras vivas ou mortas. Por fim, deve-se cobrir a esteira com uma fina camada de solo fértil.

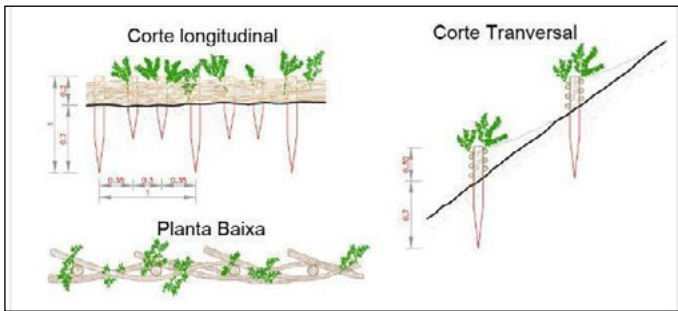
A utilização desta técnica proporciona o recobrimento imediato do talude, o desenvolvimento da vegetação em pouquíssimo tempo evita processos erosivos. Além disso, com o desenvolvimento da vegetação da esteira, aumenta a rugosidade da margem e diminui drasticamente o impacto da água sobre o solo. No entanto, esta técnica requer grande quantidade de material vegetal e mão de obra. Ainda, este tipo de intervenção não é indicado para taludes que não sejam fluviais em função da necessidade de umidade para propagação das estacas. No caso apresentado na Figura 7, utilizou-se hastes de diversas espécies arbóreas para proteção do talude mesclada com hastes de *Phyllanthus sellowianus* (Klotzsch) Müll.Arg. (sarandi). Também podem ser utilizadas estacas de *Ludwigia* spp., cujas espécies devem ser selecionadas conforme altura e ocorrência local.

2.1.5 Grade viva

A grade viva (FIGURA 8) consiste na fixação de troncos de madeira dispostos vertical e horizontalmente, em paralelo ou perpendicular à inclinação do talude, constituindo uma estrutura de consolidação e suporte das camadas superficiais do talude, influenciando em até 40 cm de profundidade do talude. Porém, é mais indicada para encostas secas. Parte dos troncos que formam a grade são fincados no solo para dar sustentação aos troncos que ficam sobre o solo. Desta maneira, forma-se uma grade de madeira fixa no solo para evitar processos erosivos superficiais. Os espaços entre os troncos são preenchidos com solo fértil e estacas vivas ou mudas de diferentes espécies nativas.

Pode ser instalada em locais com inclinação de até 60° e por altura máxima de 20 m e, quanto maior a altura da grade viva, menor deve ser o espaço entre os troncos de madeira. Outra característica é que as plantas podem ser inseridas em momento posterior à instalação da grade. No caso apresentado na Figura 9, inicialmente foi realizada a reconfiguração do talude, seguida da montagem da grade e posteriormente foram inseridas as plantas.

Figura 4: Croqui esquemático do entrançado vivo



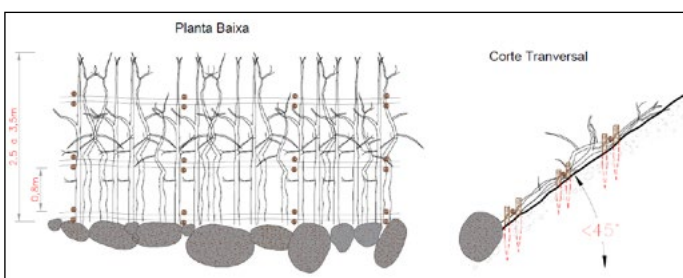
Fonte: Cleberton Diego Bianchini.

Figura 5: Entrançado com bambu aplicado para diminuir a velocidade do fluxo da água e contenção de processos erosivos, aplicada em talude seco



Fonte: Cleberton Diego Bianchini.

Figura 6: Croqui esquemático de uma esteira viva. Os pontos indicam os locais para fixação do arame.



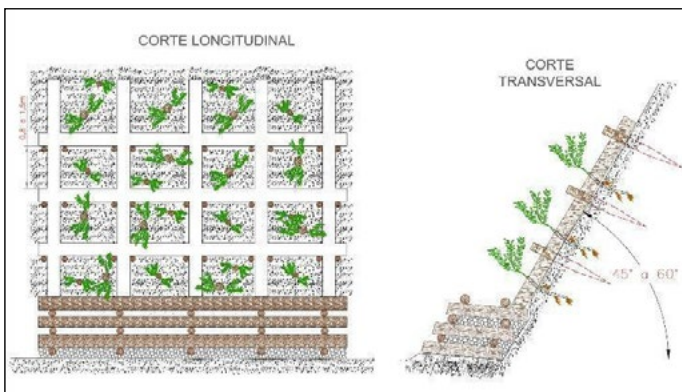
Fonte: Cleberton Diego Bianchini.

Figura 7: Esteira viva sendo montada para proteção do talude fluvial em local sem correnteza



Fonte: Cleberton Diego Bianchini.

Figura 8: Croqui esquemático da grade viva (base e trançado)



Fonte: Cleberton Diego Bianchini.

Figura 9: Grade viva montada em encosta seca, aguardando o plantio nos espaços, aplicada em talude seco no município de Arroio do Meio, RS



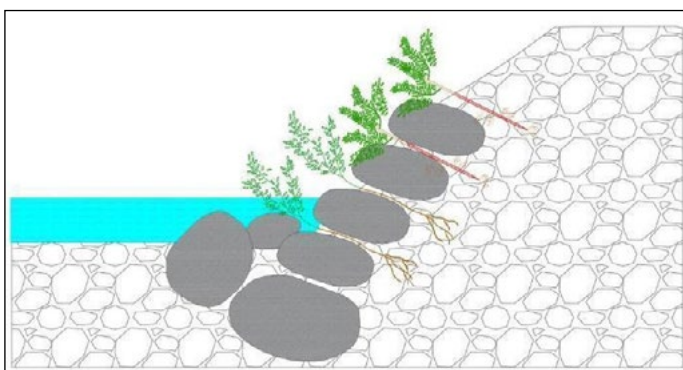
Fonte: Cleberton Diego Bianchini.

2.1.6 Enrocamento vivo

O enrocamento vivo consiste na deposição de rochas no talude e estacas vivas nos espaços entre elas (FIGURAS 10 e 11). As plantas irão se desenvolver e suas raízes contribuirão para a estabilização e fixação das rochas. É indicado principalmente para rios e córregos com alta velocidade do fluxo da água. A intervenção com esta técnica ocasiona aumento da rugosidade das margens e, conseqüentemente, maior proteção contra processos erosivos. Além disso, com o desenvolvimento das plantas, melhora a estética do local.

O tamanho das rochas deverá ser precisamente calculado para evitar a sua remoção pelo fluxo de água em períodos com grandes volumes de chuvas. Ainda, para evitar que a força do fluxo acarrete novos processos erosivos é necessário que a base do enrocamento seja profunda e com soleiras transversais no leito do curso hídrico. A determinação adequada dos blocos de rocha, profundidade da base, fluxo da água e espécie de planta a ser utilizada contribuirão para o sucesso da intervenção e da durabilidade e resistência às flutuações do nível da água do curso hídrico. Caso seja mal executada, poderá gerar efeitos negativos na estrutura hidráulica do curso hídrico ou no habitat fluvial. No caso apresentado na Figura 11, utilizou-se denso estaqueamento de hastes de *P. sellowianus* entre os blocos de rochas cuidadosamente dispostos após a reconfiguração do talude fluvial.

Figura 10: Croqui esquemático do enrocamento vivo



Fonte: Cleberton Diego Bianchini.

Figura 11: Enrocamento vivo aplicado na proteção de talude fluvial com estacas de *Phyllanthus sellowianus* em margem de rio



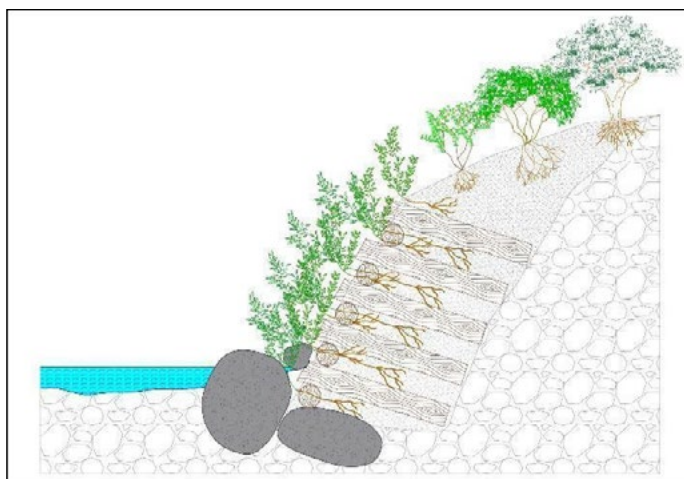
Fonte: Cleberton Diego Bianchini.

2.1.7 Parede vegetada simples e dupla

Também conhecida como parede *krainer* ou muro de suporte vivo, é construída com madeiras dispostas perpendicularmente (FIGURAS 12 e 13). Possui capacidade para suportar pequenas movimentações (ou ajustes) do terreno, sendo indicada para taludes com movimentos de massa de até 2 m de profundidade, evitando que ocorram alterações estruturais que possam comprometer sua função.

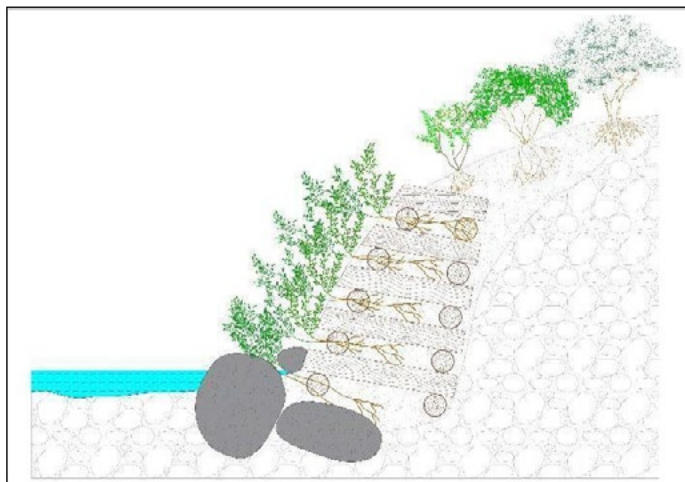
A construção da estrutura fica em formato de caixa retangular. No caso de construções em margem de recursos hídricos, a base deve ser iniciada com rochas até a altura média das águas. Utiliza-se troncos de madeira com diâmetro de 30 a 40 cm, colocando-os alternadamente. O preenchimento dos espaços poderá ser feito com matacões de rocha e estacas vivas para aumentar a resistência. Além disso, é recomendada a amarração dos troncos para reforçar a sustentação da parede. A construção da armação deve respeitar inclinação entre 10 e 15° para o talude, para evitar problemas de tombamento. A parede vegetada pode ser construída com somente uma peça na longitudinal (sendo parede vegetada simples) (FIGURA 12) ou com duas paredes na longitudinal (parede vegetada dupla) (FIGURA 13).

Figura 12: Croqui esquemático da parede vegetada simples (uma fileira de madeira, indicada pelos círculos)



Fonte: Cleberton Diego Bianchini.

Figura 13: Croqui esquemático da parede vegetada dupla (duas fileiras de madeiras, indicadas pelos círculos)



Fonte: Cleberton Diego Bianchini.

2.2 Uso da vegetação na EN

Goldsmith *et al.*, (2013) salientam que a vegetação é, provavelmente, o método mais natural, simples, autossustentável, eficiente e de menor custo para proteger encostas e margens de rios e arroios contra as forças erosivas da água. Para os mesmos autores, a presença de vegetação em taludes altera a energia da chuva sobre o solo, reduz a velocidade da água na superfície, melhora o controle de umidade, atua na regulação das variações de temperatura, contribui para a fixação de nutrientes no solo e aumenta a aeração do solo. Em sistemas florestais, o processo natural de sucessão ecológica inicia a cobertura com herbáceas e gramíneas, seguida por arbustos, e por fim, espécies arbóreas. Esse processo geralmente é lento. No entanto, através do conhecimento adquirido ao longo dos séculos sobre as plantas, é possível utilizar ao máximo o potencial de suas diversas propriedades para potencializar o processo de restauração ecológica e reagir às mudanças ambientais (GANDOLFI, 2011).

A EN utiliza plantas vivas ou mortas, valendo-se de suas características e propriedades para promover a proteção e estabilização de taludes. Ou seja, a vegetação é peça fundamental para atingir a eficácia da recuperação e primordial para a longevidade da proteção do local da intervenção. Estas plantas são combinadas ou não com material inerte, complementar e não substitutiva à outras técnicas de engenharia tradicional, melhorando os métodos convencionais (FERNANDES; FREITAS, 2011; SUTILI *et al.*, 2018).

A escolha adequada das espécies garante a eficácia, segurança e durabilidade da intervenção e deve priorizar a vegetação autóctone, visto que estas são adaptadas às condições existentes no local (SUTILI *et al.*, 2018). Para tanto, fatores como, hábito e grupo sucessional da espécie, forma de propagação, disponibilidade de mudas e sementes, rapidez no crescimento, tamanho em altura, forma do desenvolvimento das raízes, adaptabilidade ao local, características da obra, dentre outros devem ser considerados. Vale ressaltar que a seleção deve considerar um conjunto diverso de espécies, favorecendo a biodiversidade local (FERNANDES; FREITAS, 2011).

Considerando o hábito das espécies, o uso de herbáceas promove a proteção superficial do solo, podendo ser mesclado espécies de ciclo anual, com crescimento rápido e outras de crescimento mais lento para garantir a proteção a longo prazo. No mix das sementes, também deve-se considerar espécies que promovam a fixação de diferentes nutrientes no solo, como é o caso de Fabaceae com o nitrogênio. Tomando como exemplo o consórcio de gramíneas e leguminosas, esse mix promove a rápida cobertura do solo, construindo um sistema radicular que auxilia na produção de matéria orgânica, amplia a fixação de nutrientes no solo e promove a rápida cobertura do solo. Ainda, o mix também reduz o impacto das gotas de chuva, diminuindo a probabilidade de ocorrência de processos erosivos e carreamento de solo, retendo umidade e favorecendo o desenvolvimento do próximo ciclo de vegetação (FERNANDES; FREITAS, 2011)

Por outro lado, o emprego de plantas arbustivas com raízes mais profundas promove a estabilidade do solo, prevenindo movimentos de massa pouco profundos. A seleção de espécies arbustivas deve considerar o tipo de cobertura que a espécie promove, bem como as características das raízes e parte superior. Por exemplo, em áreas que a vegetação ficará submersa por determinados períodos ou que receberá ação do fluxo da água, deverão ser utilizadas espécies que possuem resistência e resiliência a estes fatores. Não é recomendado utilizar espécies arbóreas de porte elevado na EN, visto que estas apresentam peso maior, podendo danificar as estruturas. Ainda, o sobrepeso poderá ter efeito contrário à estabilidade que se busca (FERNANDES; FREITAS, 2011)

Realizando a escolha adequada das espécies vegetais combinadas com as técnicas de EN, o resultado será a criação de sistemas vivos que se desenvolvem de maneira autônoma, formando sistemas de alto rendimento num curto espaço de tempo. Neste sentido, na tabela 1 são apresentadas algumas espécies que podem ser utilizadas nas técnicas de EN ou para recobrimento de taludes, principalmente fluviais.

Tabela 1: Lista de espécies vegetais que podem ser utilizadas em técnicas de engenharia natural (EM) e de recobrimento de taludes fluviais

Família e Nome científico	Nome Popular	Forma de utilização	Observações
Amaranthaceae <i>Alternanthera tenella</i> Colla <i>Gomphrena elegans</i> Mart.	Apaga-fogo	Estacas, sementes e mudas	Herbáceas com raízes densas, comuns em margens de rios com boa capacidade de cobertura do solo. Podem ser inseridas ao longo de todo o talude.
Anacardiaceae <i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	Aroeira-mansa	Estacas, sementes e mudas	Arbórea pioneira com raízes densas e profundas. Tem capacidade de adaptação em vários tipos de solo e tolera encharcamentos curtos. Pode ser inserida em taludes secos, pouco inclinados e mais distante da margem.
Combretaceae <i>Terminalia australis</i> Cambess.	Sarandi-amarelo	Sementes e mudas	Arbórea de raízes densas e profundas, comum em margens de rios e resistente à submersão. É indicada apenas para taludes fluviais, podendo ser inserida na linha da água. Suporta correntezas fortes, fazendo a contenção de barrancos
Euphorbiaceae <i>Gymnanthes schottiana</i> Müll. Arg.	Sarandi-negro	Sementes e mudas	Com raízes profundas e resistentes, germina entre os cascalhos na margem de rios e arroios, contribuindo para a proteção destas. O plantio pode ocorrer ao longo da linha da água próximo desta. É resistente a períodos de submersão.
Fabaceae <i>Calliandra brevipes</i> Benth.	Topete-de-cardeal	Sementes e mudas	Arbusto com raízes densas, indicada para taludes secos ou fluviais, não sendo indicada abaixo da linha da água.
Fabaceae <i>Sesbania virgata</i> (Cav.) Poir.	Sesbania	Sementes e mudas	Arbusto pioneiro de raiz pivotante e pouco profundo, indicado para as porções superiores dos taludes, embora tolere inundações.
Fabaceae <i>Muelleria campestris</i> (Mart. ex Benth.) M.J. Silva & A.M.G. Azevedo	Rabo-de-bugio	Sementes e mudas	Arbórea de raízes densas e profundas, comum nas proximidades das margens, podendo ser inserida em taludes secos ou fluviais, próximos da linha da água, mas não abaixo dela.

Família e Nome científico	Nome Popular	Forma de utilização	Observações
Fabaceae <i>Mimosa bimucronata</i> (DC.) Kuntze	Maricá	Sementes e mudas	Arvoreta de raízes densas e profundas, indicada para taludes secos e fluviais, acima da linha da água.
Myrtaceae <i>Eugenia uniflora</i> L.	Pitangueira	Sementes e mudas	Arbórea com raízes densas e profundas, indicada para taludes pluviais, porém mais distante da linha da água.
Onagraceae <i>Ludwigia peruviana</i> (L.) H. Hara <i>Ludwigia decurrens</i> Walter	Cruz-de-malta	Sementes, mudas e estacas	Arbusto com raízes densas e adventícias indicado para taludes pluviais nas porções mais próximas da linha da água.
Phyllanthaceae <i>Phyllanthus sellowianus</i> (Klotzsch) Müll. Arg.	Sarandi	Estacas, mudas e sementes	Arbusto com raízes densas, profundas e resistentes indicado somente para uso em taludes fluviais, próximo da linha média da água. Seus galhos possuem alta flexibilidade e suportam períodos de submersão.
Salicaceae <i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Salseiro	Estacas e mudas	Arbórea de grande porte, com raízes densas, profundas e resistentes, pode ser inserida em taludes secos ou fluviais. Sua utilização não é indicada na metade superior do talude, devido ao porte.
Sapotaceae <i>Pouteria salicifolia</i> (Spreng.) Radlk.	Sarandi-mata-olho	Sementes e mudas	Arbórea, com raízes densas e profundas, indicada para taludes fluviais, pois suporta inundações e correntezas fortes, fazendo a contenção de barrancos.

Fonte: As observações são baseadas em Coelho e Pereira (2006); Portocarrero (2006); Sousa e Sutili (2013); Dewes et al. (2018), Durlo e Sutili (2005) e na experiência dos autores do capítulo em atividades de restauração ecológica com aplicação de técnicas de EN.

3 Considerações finais

As técnicas de EN são caracterizadas por causar baixo impacto ambiental e baseiam-se essencialmente em características biotécnicas de algumas espécies de plantas. Inúmeros trabalhos demonstram que a EN é solução viável, segura e ambientalmente mais adequada para diversos problemas e podem ser aplicadas para as mais variadas formações vegetais, tipos de solo, clima, geologia e instabilidade de taludes. A vegetação é parte fundamental a ser definida, sendo priorizado o uso de espécies locais e nativas que estão habituadas às condições gerais do ambiente. A utilização combinada de mais de uma técnica de EN também é comum, pois viabiliza a estabilidade e proteção com maior rapidez e segurança. No entanto, apresenta algumas limitações principalmente quanto à profundidade da instabilidade no talude.

Referências

ALLEN, Hollis H.; LECEH, James R. **Bioengineering for streambank erosion control**. US Army Corps of Engineer, Environmental Impact Research Program 1997. Disponível em: https://www.gabionbaskets.co.za/wp-content/uploads/2022/10/Bioengineering_for_Streambank_Erosion_Control_report1.pdf. Acesso em: 10 mar. 2023.

ARAÚJO, Patrícia S.R.; COSTA, Mouzinho C.; BARROS, Vale D.; GARRITO, A. C. Urbanização e a ocorrência de desastres naturais no médio curso na bacia hidrográfica do Paciência - MA. **Revista Geonorte**, Edição Especial 4, v.10, n.1, p. 502-506, 2014. (ISSN 2237-1419)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT: NBR 11.682** – “Estabilidade de encostas”. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

AUGUSTO FILHO, O. & VIRGILI, J.C. Estabilidade de taludes. *In*: OLIVEIRA, A.M.S. & BRITO, S.N.A. (Eds.). **Geologia de Engenharia**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE), pp. 243-269, 1998.

COELHO, Arnaldo T.; PEREIRA, Aloísio R. Efeitos da vegetação na estabilidade de taludes e encostas. **Boletim Técnico**, v.1, p.1-20, 2006.

COUTO, L.; GONÇALVES, W.; COELHO, A. T. *et al.* **Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil**. Centro Brasileiro para Conservação da Natureza e Desenvolvimento Sustentável, CBCN: Viçosa, 2010.

DEWES, Junior *et al.* Proteção físico-mecânica da base de uma encosta na margem do rio Uruguai com enrocamento vivo. **Enciclopédia biosfera**, v. 15, n. 27, 2018.

DURLO, Miguel A; SUTILI, Fabrício J. **Bioengenharia: manejo biotécnico de cursos de água**. Santa Maria, RS. 3ª Edição revisada, 2014. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/848/2020/12/Bioengenharia_-_livro_Durlo_e_Sutili.pdf. Acesso em: 08 mar. 2023.

FERNANDES, João P. A.; FREITAS, Aldo R. **Introdução à Engenharia Natural**. Lisboa, 2011. Disponível em: <https://www.epal.pt/EPAL/docs/default-source/epal/biodiversidade/publica%C3%A7%C3%B5es/introdu%C3%A7%C3%A3o-a-engenharia-natural.pdf?sfvrsn=10>. Acesso em: 08 mar. 2023.

FERNANDES, N. F.; AMARAL, C. P. Movimentos de Massa: uma Abordagem Geológico- Geomorfológica. *In*: GUERRA, Antônio J. T. e CUNHA, Sandra B. (Org.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 123-194, 1998.

GANDOLFI, Sergius. **Sucessão ecológica**. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4118073/mod_resource/content/1/2017%20Texto%20SUCESS%C3%83O%20LCB%201402.pdf. Acesso em: 10 mar. 2023.

GERSCOVICH, Denise M. S. **Estabilidade de Taludes**. 2ª edição. Oficina de textos, 2016.

GOLDSMITH, Wendi; GRAY, Donald; MCCULLAH, John. **Bioengineering case studies: Sustainable stream bank and slope stabilization**. Springer Science & Business Media, 2013.

HOLANDA, Franciso S. R.; DE ARAÚJO FILHO, Renisson N.; PEDROTTI, Alceu; WILCOX, Bradford P.; MARINO, Regina H.; SANTOS, Luiz D. V. Soil bioengineering in northeastern Brazil: An Overview. **Ambiente & Água**, Taubaté, v.16, n.4, e2650, 2021.

MAFFRA, Charles R. B. **Metodologia para projetos de engenharia natural em obras de infraestrutura**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2014.

MARTINHO, Pedro R. M. **Contribuição para o estudo de técnicas de engenharia biofísica: grade de vegetação e grade de vegetação Vesúvio** (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade de Évora, 2005.

MOTA, Suetônio. **Urbanização e Meio Ambiente**, 3 ed. Rio de Janeiro, ABES, 2003.

PARFITT, Claire M. **Impacto urbano em áreas de interesse e proteção ambiental: produção do espaço em zonas de preservação ambiental da cidade de Pelotas na lei 2565/80**. 2002. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional. Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, RS.

PINTO, Gabriela M. **Bioengenharia de solos na estabilidade de taludes: comparação com uma solução tradicional**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso (Departamento de Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS.

PORTOCARRERO, Hugo; ANDRADE, Aluísio G. de; CAMPOS, Tácio M. P. de; FERNANDES, Nelson F. **Aspectos hidrológicos e mecânicos da vegetação na estabilidade de taludes e encostas naturais**. Rio de Janeiro. Embrapa Solos, 2006. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/86973/1/Doc-88-2006-Aspectos-hidrologicos.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2023.

ROCHA, Vasco. **As Plantas e a Engenharia Natural ao Serviço da Restauração Ecológica e da Conservação da Natureza**. Portal Naturlink, 2007. Disponível em: naturlink.com

SAULI, Giuliani; CORNELINI, Pablo; PRETI, Federico. **Manuale di Ingegneria Naturalistica**, v. 3. Sistemazione dei versanti. Regione Lazio, Roma. 2005. Disponível em: http://www2.unibas.it/manfreda/HydroLab/Courses_files/IGN_MAN_Manuale_studio_versanti_volume_III.pdf. Acesso em: 05 mar. 2023.

SOUSA, Rita S.; SUTILI, Fabrício. J. Aspectos técnicos das plantas utilizadas em Engenharia Natural. **Revista Ciência & Ambiente**, v. 46, p. 31-71, 2013. Disponível em: <https://cienciaeambiente.com.br/shared-files/1790/?031-071.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2023.

SUTILI, Fabrício J.; DORNELES, Rafael S.; VARGAS, Cristiane O.; KETTENHUBER, Paula L. W. evaluation of vegetative propagation of species employed in earthwork stabilization with soil bioengineering techniques. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 1-12, 2018.

TABALIPA, Ney L.; FIORI, Alberto P. Influência da vegetação na estabilidade de taludes na bacia do Rio Ligeiro (PR). **Geociências**, São Paulo, v.27, n.3, p. 387-399, 2008.

VENTI, Donatella *et al.* **Manuale técnico di Ingegneria naturalística dela Provincia di terni**. Applicabilità delle tecniche, limiti e soluzioni. Associazione Italiana per la Ingegneria Naturalistica. 2003. Disponível em: <https://www.cai.it/wp-content/uploads/2022/02/Manuale-Di-Ingegneria-Naturalistica.pdf>. Acesso em: 06 mar. 2023.

CONTROLE BIOLÓGICO POR ÁCAROS PREDADORES PARA PRODUÇÃO AVÍCOLA

Guilherme Liberato da Silva¹
Aline Marjana Pavan²
Juliana Granich³
Wesley Borges Wurlitzer⁴
Noeli Juarez Ferla⁵
Matheus Alexandre Conrad⁶
Maicon Toldi⁷
Liana Johann⁸
Tamara Bianca Horn⁹

Resumo: A partir do crescente interesse dos consumidores em busca de produtos livres de pesticidas, assim como os problemas relacionados à resistência das pragas aos pesticidas, empresas privadas desenvolvem produção comercial em massa de agentes de controle biológico permitindo o uso prático pelos produtores. Após anos de estudos, diversos ácaros são comercializados com potencial de uso na avicultura e outros ainda com estudos em andamento, como *Androlaelaps casalis* (Berlese), *Blattisocius dentriticus* (Berlese), *Blattisocius keegani* Fox, *Cheyletus eruditus* (Schrank), *Cheyletus malaccensis* Oudemans, *Gaeolaelaps aculeifer* (Canestrini) e *Typhlodromus transvaalensis* Nesbitt. A utilização de ácaros predadores no controle de organismos nocivos vem obtendo sucesso ao longo dos anos sendo visíveis os esforços para intensificar e difundir seu uso. Com um complexo de espécies que permanecem vivas por períodos relativamente longos, os programas de manejo e manutenção são beneficiados quando relacionados às ações contra surtos de pragas, pois tais aspectos bioecológicos proporcionam maior sobrevivência dos predadores liberados em campo. Logo, os custos para o produtor são reduzidos, facilitando a adoção desta técnica.

Palavras-chave: Avicultura. Manejo. Mesostigmata. Praga.

Introdução

O controle biológico consiste em um fenômeno natural, onde os inimigos naturais passam a controlar organismos nocivos, regulando as populações das pragas. Caracterizado por um mecanismo de diminuição de densidade, seus efeitos são considerados naturais de equilíbrio para a natureza (DEBACH; ROSEN, 1991).

-
- 1 Doutor em Microbiologia Agrícola e do Ambiente (UFRGS), professor e pesquisador da área de Ciências Médicas, do Curso de Medicina e do Programa de Pós-Graduação em Ciências Médicas (PPGCM) - Univates. E-mail: gibaliberato@univates.br
 - 2 Bióloga, Mestra em Sistemas Ambientais Sustentáveis (Univates). E-mail: apavan@universo.univates.br
 - 3 Bióloga, Mestra em Ambiente e Desenvolvimento (Univates). E-mail: granich@universo.univates.br
 - 4 Biólogo (Univates). E-mail: wesley.wurlitzer@universo.univates.br
 - 5 Doutor em Ciências (USP), professor e pesquisador dos Programas de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento (PPGAD) e Biotecnologia (PPGBiotec) - Univates. E-mail: njferla@univates.br
 - 6 Biólogo (Univates). E-mail: matheus.conrad@universo.univates.br
 - 7 Biólogo, Doutor em Ambiente e Desenvolvimento (Univates). E-mail: maicont@universo.univates.br
 - 8 Doutora em Zoologia (PUCRS), professora e pesquisador da área de Ciências da Vida, e do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Ambientais Sustentáveis (PPGSAS) e Biotecnologia (PPGBiotec) - Univates. E-mail: liana@univates.br
 - 9 Bióloga, Doutora em Ambiente e Desenvolvimento (Univates). E-mail: tamarahorn83@hotmail.com

Geralmente o controle biológico é aplicado para a supressão da praga quando atingem níveis de dano econômico, o controle biológico pode ser utilizado também através de liberações inoculativas como forma de prevenção ao surgimento de pragas para determinada cultura (PARRA, 2014). Estes modelos de controle são incentivados por empresas que comercializam os inimigos naturais, evitando assim, os altos custos com pesticidas. Tais estratégias permitem ao produtor um custo 16% menor do que se estivesse utilizando pesticidas (MONTEIRO *et al.*, 2006).

A partir do crescente interesse dos consumidores em busca de produtos livres de pesticidas, assim como os problemas relacionados à resistência das pragas aos pesticidas, empresas privadas desenvolvem produção comercial em massa de agentes de controle biológico permitindo o uso prático pelos produtores. Dentre os produtos mais comercializados no mundo estão os ácaros predadores, especialmente espécies pertencentes à Ordem Mesostigmata, com amplo enfoque no controle de ácaros e insetos na área agrícola (VAN LENTEREN, 2012).

A utilização de ácaros predadores no controle biológico aplicado depende de pesquisas científicas e de cunho tecnológico. O primeiro passo a ser executado numa pesquisa de Controle biológico é abordar requisitos biológicos de espécies prospectivas para tal finalidade. Geralmente os estudos iniciam em condições laboratoriais controladas, levando em conta dados biológicos como parâmetros da tabela de vida. Após as espécies serem selecionadas e apresentarem resultados promissores em condições de laboratório, o segundo passo consiste em avaliar o desenvolvimento em condição de semi-campo ou campo, antes que uma decisão final sobre seu possível uso prático possa ser alcançada.

Após anos de estudos, diversos ácaros são comercializados com potencial de uso na avicultura e outros ainda vêm sendo estudados, como *Androlaelaps casalis* (Berlese), *Blattisocius dentriticus* (Berlese), *Blattisocius keegani* Fox, *Cheyletus eruditus* (Schrank), *Cheyletus malaccensis* Oudemans, *Gaeolaelaps aculeifer* (Canestrini), *Typhlodromus transvaalensis* Nesbitt.

***Androlaelaps casalis* (Berlese)**

Com alta capacidade de predação tanto de insetos como de ácaros, estudos realizados nos anos 70 mostram que este gênero predou ovos e larvas de primeiro instar de *Diabrotica longicornis* (Say) e *Diabrotica virgifera* Le Conte (Coleoptera: Chrysomelidae), importantes pragas do milho nos EUA (LESNA *et al.*, 2009).

De grande importância, a espécie *A. casalis*, quando em condições de laboratório apresenta-se como potencial predador do ácaro hematófago *Dermanyssus gallinae* (De Geer) (Dermanyssidae) (LESNA *et al.*, 2009). Embora o gênero tenha sido reportado como ectoparasitos de mamíferos e aves, experimentos realizados por Lesna *et al.* (2009) afirmam não haver evidência concreta para o hábito alimentar hematófago.

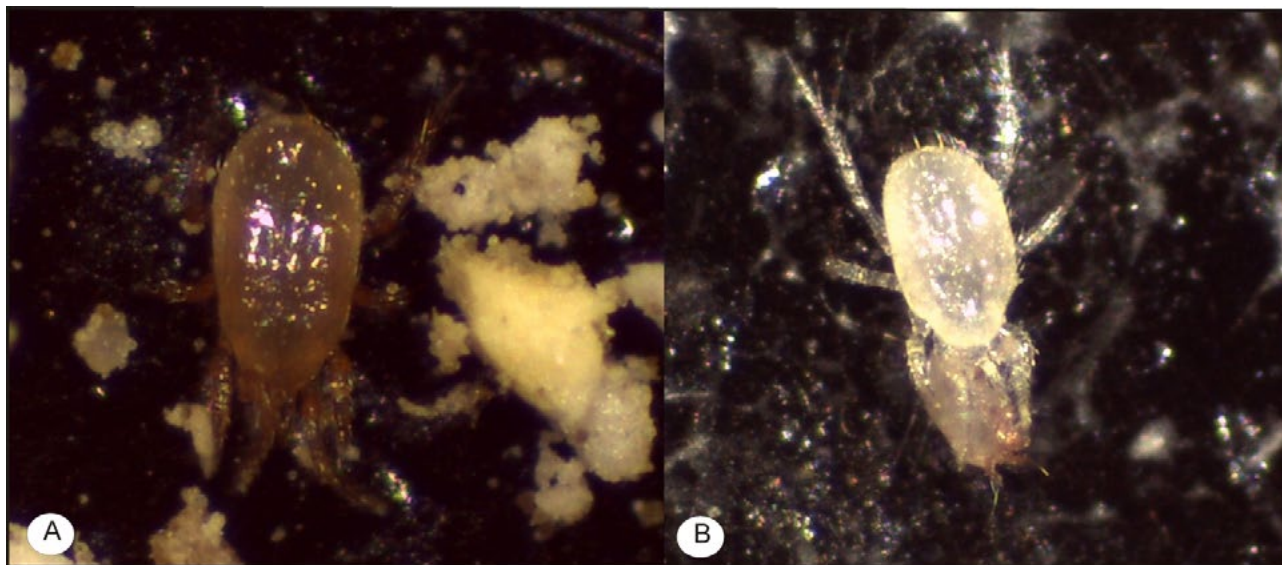
Nesse sentido, ressalta-se um grande potencial como agente de controle de *D. gallinae* e *Tyrophagus putrescentiae* (Schrank) (LESNA *et al.*, 2009). *Androlaelaps casalis* reduziu consideravelmente o nível populacional de presas em experimentos realizados em pequena escala. Devido aos prodigiosos resultados obtidos até o momento, mais estudos relacionados à aplicação deste predador em campo torna-se uma estratégia de controle plausível, especialmente para uso em países onde *A. casalis* não está disponível (LESNA *et al.*, 2012). SILVA *et al.* (2013) e HORN *et al.* (2018) reportaram a presença desta espécie em ninhos de galinhas poedeiras no sul do Brasil.

Blattisocius keegan

O complexo de espécies pertencentes ao gênero *Blattisocius* estão frequentemente associados a armazéns, granjas e indústrias de ração para animais, demonstrando ampla dieta alimentar variando entre insetos e ácaros. Espécies deste grupo são geralmente diferenciadas pela forma dos dígitos fixos e móveis além da extensão do peritrema (HUGHES, 1976).

Comumente relata-se a espécie *Blattisocius keegani* (Fox), cujo dígito fixo é mais curto do que o móvel, desenvolvendo-se e reproduzindo sobre *Amyelois transitella* (Walker) e *Anagasta kuehniella* (THOMAS *et al.*, 2011; ESTECA *et al.*, 2014). Com hábito alimentar diversificado, dentre eles, coleópteros e lepidópteros, assim como ovos de *Diaprepes abbreviatus* (L.) (BEAVERS *et al.*, 1972), *Cryptolestes turcicus* (Grouvelle), *Cryptolestes ferrugineus*, *Lasioderma serricorne* (Fabricius), *Oryzaephilus surinamensis* (Linnaeus), *Tribolium castaneum*, *Tribolium confusum* e *Trogoderma parabile* Beal, *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann) (BARKER, 1967; HUGHES, 1976; ESTECA *et al.*, 2014). Além disso, apresenta forte aptidão na predação de ácaros Astigmata, sendo verificado forte potencial sobre *Glycyphagus domesticus* (De Geer), *Aleuroglyphus ovatus* (Troupeau), *Dermatophagoides farinae* Hughes e *T. putrescentiae* (HUGHES, 1976; REZK, 2000; TAHA *et al.*, 2007). Diferente de *B. keegani*, *Blattisocius dentriticus* (Berlese) (FIGURA 1) possui dígitos quelicerai de comprimentos semelhantes.

Figura 1 – A: Fêmea adulta de *Blattisocius dentriticus*; B: Deutoninfa de *B. dentriticus* alimentando-se de *Megninia ginglymura*.



Fonte: Silva *et al.*, 2016.

Diversos estudos demonstraram altas performances quando predando *T. putrescentiae* (PAN, 1985; RIVARD, 1960, 1962a,b; SILVA *et al.*, 2016) e de *Megninia ginglymura* (Mégnin), importante ectoparasito sobre penas em aviários de galinhas poedeiras (SILVA *et al.*, 2016). Além disso, *B. dentriticus* preda ninfas, adultos e (possivelmente) ovos do inseto *Liposcelis entomophila* (Enderlein) (MASHAYA, 2002). Foi observado por Faleiro *et al.* (2015) uma associação de *B. dentriticus* com altos picos populacionais de *D. gallinae* e *M. ginglymura*, onde foi frequentemente amostrado em armadilhas para captura de ectoparasitos hematófagos (HORN *et al.*, 2018).

***Cheyletus* spp.**

Os predadores mais promissores atualmente da subordem Prostigmata pertencem ao gênero *Cheyletus*, frequentemente associados a ácaros e insetos pestíferos em produtos armazenados, sendo considerados fortes agentes de controle biológico dessas pragas. Sua ocorrência natural em conluio com múltiplos artrópodes sugere-se que estes predadores apresentem uma ampla gama de presas (CEBOLLA *et al.*, 2009; ATHANASSIOU *et al.*, 2011).

A espécie mais comum deste gênero no norte da Europa é o *Cheyletus eruditus* (Schrank), considerado o primeiro ácaro a ser utilizado para o controle biológico nos estágios de pós-colheita dos produtos agrícolas, como grãos, cereais e amiláceos (ZDARKOVA, 1998). Embora tenha ocorrido em galpões avícolas (Brady 1970), é frequentemente encontrado em produtos armazenados como forte agente de controle biológico de ácaros (ZDARKOVA, 1998).

Cheyletus eruditus destaca-se pela sua capacidade em tolerar baixas temperaturas, revelando seu potencial como agente de controle biológico em áreas menos quentes (ZDARKOVA; PULPAN, 1973). É observada uma associação com outros ácaros predadores, tais como ácaros do gênero *Blattisocius* (ATHANASSIOU *et al.*, 2003; HUBERT *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2013; FALEIRO *et al.*, 2015; HORN *et al.*, 2018). Maurer (1993) verificou que *C. eruditus* está associado a *D. gallinae* em aviários na Suíça, demonstrando registros de predação sobre as larvas do hematófago. Maurer e Hertzberg (2001) realizaram ensaios iniciais com este predador em aviários, no entanto, os resultados não foram satisfatórios.

Liberações em massas de *C. eruditus*, bem como de *Androlaelaps casalis* em galinheiros não levaram a um controle biológico confiável de *D. gallinae* (MAURER; HERTZBERG, 2001; CARILLO *et al.*, 2015). Portanto, uma estratégia foi desenvolvida com base no uso combinado desses dois ácaros predadores em sistemas aviários, assim sendo, *C. eruditus* foi liberado após a limpeza das galinhas poedeiras entre dois ciclos de produção, uma semana antes das novas galinhas serem introduzidas, espalhando o ácaro juntamente com um transportador nos galinheiros. Como o transportador é muito atraente para o frango e o *C. eruditus* tende a permanecer no transportador por algum tempo, a maioria dos ácaros predadores é comida pelas galinhas rapidamente após a disseminação, se a liberação for realizada quando o frango já estiver presente.

Considerando os aspectos adaptativos de habitats, *C. eruditus* co-ocorre parcialmente em produtos armazenados nos aviários com *Cheyletus malaccensis* (Oudemans) (HUBERT *et al.*, 2006), ambas espécies foram reportadas ocupando armadilhas destinadas para amostragem de hematófagos em granjas avícolas, demonstrando esta co-ocorrência (HORN *et al.*, 2018).

Dominante em instalações de armazenamento nas regiões tropicais e, provavelmente em regiões temperadas (ATHANASSIOU *et al.*, 2011), conforme levantamentos acarinos no Brasil, *C. malaccensis* foi o ácaro predador com maior frequência em granjas avícolas (SILVA *et al.*, 2013; HORN *et al.*, 2018), apresentando alta capacidade de atacar uma variedade de artrópodes (YOUSEF *et al.*, 1982; SENGONCA *et al.*, 2004; KUCEROVA, 2004), incluindo outros ácaros (HUGHES, 1976; PEKAR; HUBERT, 2008; CEBOLLA *et al.*, 2009), ovos de traças de Pyralidae (exemplos: *Ephestia cautella* Walker, *Corcyra cephalonica* (Stainton) (NANGIA *et al.*, 1994), *Ephestia kuehniella* Zeller (ATHANASSIOU; PALYVOS, 2006), e ovos de besouros, *Tribolium confusum* Jacquelin Du Val (RIZK *et al.*, 1979) e *Tribolium castaneum* (Herbst) (CEBOLLA *et al.*, 2009).

Machos desta espécie são haplóides e fêmeas diplóides (REGEV, 1974). Estas espécies se reproduzem por partenogênese arrenótoca, i.e., fêmeas virgens produzindo machos e fêmeas fertilizadas produzindo progênie de ambos os sexos (SUMMERS; WITT, 1973; PALYVOS; EMMANOUEL, 2011; TOLDI *et al.*, 2017). Fêmeas fertilizadas depositam significativamente mais ovos que as fêmeas virgens durante sua vida útil. Além disso, esta espécie possui comportamento de proteção sobre sua prole, sendo os ovos frequentemente colocados em cachos protegidos.

A temperatura é um dos principais fatores ambientais que regulam o desenvolvimento, reprodução e sobrevivência da espécie, completando seu ciclo em temperaturas que oscilam entre 17,5 e 35°C. Portanto, pode ser utilizado no controle de ácaros pertencentes ao grupo Astigmata que ocorrem dentro dessa faixa de temperatura (PALYVOS & EMMANOUEL, 2009, 2011; GRANICH *et al.*, 2016). Toldi *et al.* (2017) avaliaram o ciclo de vida de *C. malaccensis* em três temperaturas (20, 25 e 30°C) e, quando alimentado com *D. gallinae*, demonstrou que a temperatura mais adequada para o desenvolvimento, fertilidade e sobrevivência foi aos 25°C. GRANICH *et al.* (2016) verificaram que, quando alimentado com *M. glynglymura*, os parâmetros demográficos de desenvolvimento foram melhores quando comparado com *T. putrescentiae*.

Uma relação de associação entre *C. malaccensis* e *D. gallinae* em aviários no sul do Brasil foi observada por Faleiro *et al.* (2015) e Toldi *et al.* (2017). Logo, sugere-se o *C. malaccensis* como o agente de controle biológico mais adequado para ecossistemas de armazenamento e sistemas avícolas em áreas tropicais (PALYVOS & EMMANOUEL, 2009; GRANICH *et al.*, 2016; TOLDI *et al.*, 2017).

***Gaeolaelaps* Evans and Till**

Considerados predadores agressivos de uma grande variedade de artrópodes e nematoides, o gênero está distribuído principalmente na Europa e na América do Norte (WALTER; OLIVER, 1989; HECKMANN *et al.*, 2007), sendo relatada a sua presença sobre ninhos de galinhas poedeiras de sistema de criação livre no Sul do Brasil (FALEIRO *et al.*, 2015).

Alguns exemplos de presas para esta espécie são: *Acheta domesticus* L. (Gryllidae), *Musca domestica* (Linnaeus), *Drosophila melanogaster* Morgan (Drosophilidae), *Culex* sp., *Tribolium* sp. (LOBBES; SCHOTTEN, 1980; SARDAR; MURPHY, 1987; MURPHY; SARDAR, 1991), larvas de segundo instar, pré-pupas e pupas de *Frankliniella occidentalis* (BERNDT *et al.*, 2004b). Além destes, estão inclusos em sua dieta inúmeras espécies de Astigmata, muitas de importância econômica, i.e., *R. echinopus* (RAGUSA; ZEDAN, 1988); *Acarus siro* L., *Schwiebea talpa* Oudemans, *T. putrescentiae* (SARDAR; MURPHY, 1987), *Caloglyphus* cf. *michaeli* Oudemans (HECKMANN *et al.*, 2007), *G. domesticus* (De Geer) (BARKER, 1968), *Tyrophagus similis* Volgin (KASUGA *et al.*, 2006).

A grande maioria dos estudos para este gênero é voltada para a espécie *Gaeolaelaps aculeifer*. No caso de ausência de presa foi relatado o comportamento canibal de *G. aculeifer* (RUF 1991; BERNDT *et al.*, 2003) e as fases imaturas na ausência de comida sobrevivem por cerca de 20 dias a 23–25°C (IGNATOWICZ, 1974). Em temperaturas relativamente baixas (0°C, 4°C ou 8°C) os ovos não se desenvolveram e as fêmeas não ovipositam (KEVAN; SHARMA, 1964).

Typhlodromus (Anthoseius) transvaalensis Nesbitt

A família Phytoseiidae possui inúmeros representantes no quadro de produtos biológicos, no entanto para os sistemas aviários uma espécie ainda não comercializável se faz presente nos levantamentos no Brasil (SILVA *et al.*, 2013; HORN *et al.*, 2018). Encontrado em abundância nas armadilhas para captura de hematófagos, discute-se o seu verdadeiro potencial em controle de algumas pragas avícolas. De acordo com Mcmurtry *et al.* (2013), *T. (A.) transvaalensis* é classificado como tipo III, um generalista que alimenta-se de ácaros, insetos e pólen. Pouco se sabe sobre seu desenvolvimento em diversas condições de dietas, temperaturas e eficiência predatória (KISHIMOTO, 2015), já sabe que este predador possui alto potencial de predação quando alimentado com *Polyphagotarsonemus latus* (Acari: Tarsonemidae) (CAÑARTE *et al.*, 2017).

Varredura nas empresas brasileiras e mundiais de agentes de controle biológico

Das 230 espécies de inimigos naturais disponíveis em todo o mundo, 219 (95%) são artrópodes e destes, 13% são ácaros, constituindo 30 produtos (VAN LENTEREN, 2012; PARRA, 2014). A maioria dos ácaros predadores comercializados na Europa pertem às famílias dos Phytoseiidae, seguido de Laelapidae, além destas, sendo uma espécie de Macrochelidae e outra Cheyletidae. Phytoseiidae de importância agrícola possuem maior valor comercial quando comparados aos predadores provenientes do solo, principalmente por desempenharem papel inferior. As quatro espécies atualmente no mercado são, *G. aculeifer*, *Gaeolaelaps gillespiei* Beaulieu, *Stratiolaelaps scimitus* (Womersley) (Laelapidae), *Macrocheles robustulus* (Berlese) (Macrochelidae).

O ácaro *D. gallinae* ainda é controlado basicamente com o uso de pesticidas, no entanto, desde 2010 *A. casalis* é comercializado por empresas holandesas privadas para realizar o controle desse parasito (CARILLO *et al.*, 2015). *Cheyletus eruditus* também é comercializado com a finalidade de controlar *D. gallinae* e pragas de produtos armazenados (Tabela 1). *C. eruditus* provavelmente representam menos de 2% do mercado de inimigos naturais (KNAPP *et al.*, 2018).

Tabela 1 – Espécies atualmente comercializadas para ácaros praga na avicultura.

Espécie	Empresa	País/Região	Praga-alvo
<i>A. casalis</i>	Koppert	Países Baixos	<i>Dermanyssus gallinae</i>
<i>G. aculeifer</i>	Koppert/ Biological Services	Europa/África/América do Norte/ Ásia/ Austrália e Nova Zelândia	<i>Rhizoglyphus</i> spp., <i>Steneotarsonemus laticeps</i> ; Thrips
<i>C. eruditus</i>	Taurus	Europa	<i>D. gallinae</i> ; Pragas de produtos armazenados.

Fonte: Adaptado de Carillo *et al.*, 2015, Van Lenteren, 2012.

No Brasil, não existem empresas privadas que produzam comercialmente os predadores citados neste capítulo, tampouco inimigos naturais que possam realizar o controle de ácaros ectoparasitos na avicultura, como por exemplo, *D. gallinae*, *O. bursa*, *O. sylviarum* e *M. ginglymura*. Embora a área agrícola possua inúmeros inimigos naturais bem estabelecidos e reconhecidos nacionalmente, existem aproximadamente 61 biofábricas licenciadas para comercialização de inimigos naturais até o presente momento.

Conclusão

A utilização de ácaros predadores no controle de organismos nocivos vem obtendo sucesso ao longo dos anos sendo visíveis os esforços para intensificar e difundir seu uso.

Com um complexo de espécies que permanecem vivas por períodos relativamente longos, os programas de manejo e manutenção são beneficiados quando relacionados às ações contra surtos de pragas, pois tais aspectos bioecológicos proporcionam maior sobrevivência dos predadores liberados em campo. Logo, os custos para o produtor são reduzidos, facilitando a adoção desta técnica. Muito da comercialização destas espécies ocorre na Europa e América do Norte, já para áreas tropicais ainda é relativamente pequena seu uso.

A busca por novos predadores é contínua nos diversos centros de pesquisa, pois, a tentativa de se encontrar soluções cada vez mais eficientes para suprir as demandas de cada região. Para isso, devem-se intensificar estudos com novas espécies e prosseguir com estudos avançados com espécies já “consolidadas” no mercado, permitindo assim, maior variedade de propostas de manejo. Por isso, os inventários faunísticos têm um papel extremamente importante no fornecimento de informações e *screening* dos locais onde sofrem problemas ano após ano com pragas.

Na avicultura a situação não é diferente, carecendo de uma ampla variedade de espécies a serem utilizadas em programas de controle biológico, pois a cada ano surgem novas pragas, bem como a resistência aos agroquímicos por parte delas. A busca por soluções é constante na indústria avícola que é atingida por ectoparasitos como *D. gallinae*, *M. ginglymura*, *O. bursa* (Berlese) e *O. sylviarum*. Para as últimas duas espécies ainda não se conhece inimigos naturais em solo brasileiro.

O controle de *D. gallinae* tem recebido cada vez mais atenção nos últimos anos, onde na Europa, os trabalhos realizados utilizando *A. casalis* e *C. eruditus* demonstram ser eficientes em sistemas aviários. Enquanto isso, no Brasil se avança na compreensão e na seleção de espécies promissoras. No entanto, necessita-se de estudos mais avançados, pois, um controle satisfatório de pragas só será realmente possível com a combinação de medidas de manejo.

Referências

ATHANASSIOU, C.G.; PLYVOS, N.E.; Laboratory evaluation of two diatomaceous earth formulations against *Blattisocius keegani* Fox (Mesostigmata, Ascidae) and *Cheyletus malaccensis* Oudemans (Prostigmata: Cheyletidae). **Biological Control**, v. 38, p. 350-355, 2006.

ATHANASSIOU, C.G.; KAVALLIERATOS, N.G.; PLYVOS, N.E.; BUCHELOS, C.T. Three-dimensional distribution and sampling indices of insects and mites in horizontally-stored wheat. **Applied Entomology and Zoology**, v. 38, p. 413-426, 2003.

ATHANASSIOU, C.G.; KAVALLIERATOS, N.G.; SCJARRETTA, A.; PLYVOS, N.; TREMATERRA, P. Spatial associations of insects and mites in stored wheat. **Journal of Economic Entomology**, v. 104, p. 1752-1764, 2011.

BARKER, P.S. The response of a predator, *Hypoaspis aculeifer* (Canestrini) (Acarina: Laelapidae), to two species of prey. **Canadian Journal of Zoology**, v. 47 p. 343-345, 1968.

BEAVERS, J.B.; DENMARK, H.A.; SEHIME, A.G. Predation by *Blattisocius keegani* on egg masses of *Diaprepes abbreviatus* in the laboratory. **Journal of Economic Entomology**, v. 65, p. 1483-1484, 1972.

- BERNDT, O.; MEYHÖFER, R.; POEHLING, H-M. Propensity towards cannibalism among *Hypoaspis aculeifer* and *Hypoaspis miles*, two soil-dwelling predatory mite species. **Experimental and Applied Acarology**, v. 31, p. 1-14, 2003.
- BERNDT, O.; POEHLING, H.M.; MEYHÖFER, R. Predation capacity of two predatory laelapid mites on soil-dwelling thrips stages. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 112, p. 107-115, 2004.
- BRADY J. 1970. The mites of poultry litter. **Journal of Applied Ecology**, v. 7, p. 331-348.
- CAÑARTE, E.; SARMENTO, R.A; VENZON, M.; PEDRO-NETO, M.; FERREIRA, JUNIOR, D.F.; SANTOS, F.A.; PALLINI, A. Suitability and nutritional requirements of the predatory mite *Typhlodromus transvaalensis*, a potential biological control agent of physic nut pest mites. **Biological Control**, v. 115, p. 165-172, 2017.
- CARRILLO, D.; DE MORAES, G.J.; PEÑA, J.E. **Prospects for Biological Control of Plant Feeding Mites and Other Harmful Organisms**. Springer. 328 pp. 2015.
- CEBOLLA, R.; PEKAR, S.; HUBERT, J. Prey range of the predatory mite *Cheyletus malaccensis* (Acari: Cheyletidae) and its efficacy in the control of seven stored-product pests. **Biological Control**, v. 50, p. 1-6. 2009.
- DEBACH, P.; ROSEN, D. **Biological control by natural enemies**. University Press, Cambridge. 440p. 1991.
- ESTECA, F. DE C.N.; PÉREZ-MADRUGA, Y.; BRITTO, E.P.J.; DE MORAES, G.J. Does the ability of *Blattisocius* species to prey on mites and insects vary according to the relative length of the cheliceral digits? **Acarologia**, v. 54, p. 359-365, 2014.
- FALEIRO, D.C.; TOLDI, M.; SILVA, G.L.; FERLA, N.J. The ectoparasites *Dermanyssus gallinae* and *Megninia ginglymura*: bioecology and natural enemies in commercial egg-laying hens. **Systematic and Applied Acarology** v. 20, p. 861-874, 2015.
- GRANICH, J.; HORN, T.B.; KORBES, J.H.; TOLDI, M.; SILVA, G.L.; FERLA, N.J. Development of *Cheyletus malaccensis* (Acari: Cheyletidae) feeding on mite species found in commercial poultry systems: *Megninia ginglymura* (Acari: Analgidae) and *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae). **Systematic and Applied Acarology**, v. 21, p. 1604-1613, 2016.
- HECKMANN, L-H.; RUF, A.; NIENSTEDT, K.M.; KROGH, P.H. Reproductive performance of the generalist predator *Hypoaspis aculeifer* (Acari: Gamasida) when foraging on different invertebrate prey. **Applied Soil Ecology**, v. 36, p. 130-135, 2007.
- HORN, T.B.; GRANICH, J.; KORBES, J.H.; SILVA, G.L.; FERLA, N.J. Mite fauna (Acari) associated to poultry industry in different managements of laying hen in Southern Brazil: key to species. **Acarologia**, v. 58, p. 140-158, 2018.
- HUBERT, J.; MUNZBERGOVA, Z.; KUCEROVA, Z.; STEJSKAL, V. Comparison of communities of stored product mites in grain mass and grain residues in the Czech Republic. **Experimental and Applied Acarology**, v. 39, p. 149-158, 2006.
- HUGHES, A.M. **The mites of stored food and houses**. London, Her Majesty's Stationery Office, pp. 400, 1976.
- IGNATOWICZ, S. Observations on the biology and development of *Hypoaspis aculeifer* Canestrini, 1885 (Acarina: Gamasides). **Zoologica Poloniae**, v. 24, p. 41-59, 1974.

- KASUGA, S.; KANNO, H.; AMANO, H. Development, oviposition, and predation of *Hypoaspis aculeifer* (Acari: Laelapidae) feeding on *Tyrophagus similis* (Acari: Acaridae). **Journal of the Acarological Society of Japan**, v. 15, p. 139, 2006.
- KEVAN, D.K.M.; SHARMA, G.D. Observations on the biology of *Hypoaspis aculeifer* (Canestrini, 1884), apparently new to North America (Acarina: Mesostigmata: Laelapidae). **Acarologia**, v. 6, p. 647-658, 1964.
- KISHIMOTO H. Development and Oviposition of Eight Native Phytoseiid Species (Acari: Phytoseiidae) Reared on Eggs of the Mediterranean Flour Moth, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of the Acarological Society of Japan**, v. 24, p. 71-76, 2015.
- KNAPP, M.; VAN HOUTEN, Y.; VAN BAAL, E.; GROOT, T. Use of predatory mites in commercial biocontrol: current status and future prospects. **Acarologia**, v. 58, p. 72-82, 2018.
- LESNA, I.; SABELIS, M.W.; VAN NIEKERK, T.G.C.M.; KOMDEUR, J. Laboratory tests for controlling poultry red mites (*Dermanyssus gallinae*) with predatory mites in small 'laying hen' cages. **Experimental and Applied Acarology**, v. 58, p. 371-383, 2012.
- LESNA, I.; WOLFS, P.; FARAJI, F.; ROY, L.; KOMDEUR, J.; SABELIS, M.W. Candidate predators for biological control of the poultry red mite *Dermanyssus gallinae*. **Experimental and Applied Acarology**, v. 48, p. 63-80, 2009.
- LOBBES, P.; SCHOTTEN, C. Capacities of increase of the soil mite *Hypoaspis aculeifer* Canestrini (Mesostigmata: Laelapidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 90, p. 9-22, 1980.
- MASHAYA, N. Predation on the booklouse *Liposcelis entomophila* (Enderlein) by *Blattisocius dentriticus* (Berlese) and their susceptibility to deltamethrin and fenitrothion. **Insect Science and its Application**, v. 22, p. 75-79, 2002.
- MAURER, V. **The dynamics of *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae) populations interacting with laying hens and the predatory mite *Cheyletus eruditus* (Acari: Cheyletidae)**. Ph. D. Thesis. Swiss Federal Institute of Technology, Zürich. Diss. ETH No. 10330, p. 104, 1993.
- MAURER, V.; HERTZBERG, H. Ökologische legehennhaltung. Was tun gegen die kleinen Vampire? **DGS Magazin**, v. 40, p. 49-52, 2001.
- MCMURTRY, J.A.; MORAES, G.J. DE.; SOURASSOU, N.F. Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. **Systematic and Applied Acarology**, v. 18, p. 297-320, 2013.
- MONTEIRO, L.B.; SOUZA, A.; PASTORI, P.L. Comparação econômica entre controle biológico e químico para o manejo de ácaro-vermelho em macieira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, p. 514-517, 2006.
- MURPH, P.W.; SARDAR, M.A. **Resource allocation and utilization contrasts in *Hypoaspis aculeifer* (Can.) and *Alliphis halleri* (G. & R. Can.) (Mesostigmata) with emphasis on food source**. In: Schuster R, Murphy PW (eds) *The Acari. Reproduction, development and life-history strategies*. Chapman & Hall Publications, New York, pp. 301-311, 1991.
- PALYVOS, N.E.; EMMANOUEL, N.G. Temperature-dependent development of the predatory mite *Cheyletus malaccensis* (Acari: Cheyletidae). **Experimental and Applied Acarology**, v. 47, p. 147-158, 2009.
- PALYVOS, N.E.; EMMANOUEL, N.G. Reproduction, survival, and life table parameters of the predatory mite *Cheyletus malaccensis* (Acari: Cheyletidae) at various constant temperatures. **Experimental and Applied Acarology**, v. 54, p. 139-150, 2011.

- PAN, J.W. Discovery of *Blattisocius dentriticus* and *Blattisocius keegani* in salted meet in stored houses. **Entomol Knowledge**, p. 263-264, 1985.
- PARRA, J.R.P. Biological Control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, v. 71, p. 420-429, 2014.
- PEKAR, S.; HUBERT, J. Assessing biological control of *Acarus siro* by *Cheyletus malaccensis* under laboratory conditions: effect of temperatures and prey density. **Journal of Stored Products Research**, v. 44, p. 335-340, 2008.
- RAGUSA, S.; ZEDAN, M.A.; SCIACCHITANO, M.A. The effects of food from plant and animal sources on the development and egg production of the predacious mite *Hypoaspis aculeifer* (Canestrini) (Parasitiformes: Dermanyssidae). **Redia**, v. 69, p. 481-488, 1986.
- REGEV, S. Cytological and radioassay evidence of haploid parthenogenesis in *Cheyletus malaccensis* (Acarina: Cheyletidae). **Genetica**, v. 45, p. 125-132, 1974.
- REZK, H.A. Mites associated with stored dried-dates in Egypt and the role of *Blattisocius keegani* Fox as biological control agent. **Alexandria Journal of Agricultural Sciences**, v. 45, p. 179-191, 2000.
- RIVARD, I. A technique for individual rearing of the predacious mite *Melichares dentriticus* (Berlese) (Acarina: Aceosejidae) with notes on its life history and behaviour. **Canadian Entomologist**, v. 92, p. 834-839, 1960.
- RIVARD, I. Influence of humidity on the predaceous mite *Melichares dentriticus* (Berlese) (Acarina: Aceosejidae). **Canadian Journal of Zoology**, v. 40, p. 761-766, 1962a.
- RIVARD, I. Some effects of prey density on survival, speed of development, and fecundity of the predaceous mite *Melichares dentriticus* (Berl.) (Acarina: Aceosejidae). **Canadian Journal of Zoology**, v. 40, p. 1233-1236, 1962b.
- RIZK, G.N.; BADRY, E.; HAFEZ, S.M. The effectiveness of predacious and parasitic mites in controlling *Tribolium confusum* Duv. **Mesopotamia Journal of Agriculture**, v. 14, p. 167-182, 1979.
- RUF, A. **Do females eat males?** Laboratory studies on the population development of *Hypoaspis aculeifer* (Acari: Parasitiformes). In: Dusbábek F, Bukva V (eds) Modern acarology, vol 2. Academia, Prague and SPB Academic Publishing bv, The Hague, pp 487-492, 1991.
- SARDAR, M.A.; MURPHY, P.W. Feeding tests of grassland soil-inhabiting gamasine predators. **Acarologia**, v. 28, p. 117-121, 1987.
- SENGONCA, C.; ZEGULA, T.; BLAESER, P. The suitability of twelve different predatory mite species for the biological control of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae). **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 111, p. 388-399, 2004.
- SILVA, G.L.; FERLA, N.J.; TOLDI, M.; FALEIRO, D.C. Mite fauna (Acari) associated to commercial laying hens and bird nests in Vale do Taquari, Rio Grande do Sul, Brazil. **Biotemas**, v. 26, p. 253-262, 2013.
- SILVA, G.L.; RADAELLI, T.F.S.; ESSWEIN, I.Z.; FERLA, N.J.; DA SILVA, O.S. 2016. Comparison of biological development of *Blattisocius dentriticus* (Blattisociidae) fed on *Tyrophagus putrescentiae* (Acaridae) and *Megninia ginglymura* (Analgidae). **International Journal of Acarology**, v. 42, p. 405-411, 2016.
- SUMMERS, F.M.; WITT, R.L. Oviposition and mating tendencies of *Cheyletus malaccensis* (Acarina: Cheyletidae). **Florida Entomologist**, v. 56, p. 277-285, 1973.

TAHA, H.A.; METWALLY, A.M.; ATWA, W.; EL-SANADY, M. Biological and prediction studies on the two acarine predators *Lasioseius sewai* Nasr & Abou-Awad and *Blattisocius keegani* Fox fed on the grain mite *Tyrophagus putrescentiae* (Acari: Acaridae). **Egyptian Journal of Agricultural Research**, v. 85, p. 1659-1668, 2007.

THOMAS, H.Q.; ZALOM, F.G.; NICOLA, N.L. Laboratory studies of *Blattisocius keegani* (Fox) (Acari: Ascidae) reared on eggs of navel orangeworm: potential for biological control. **Bulletin of Entomological Research**, v. 101, p. 499-504, 2011.

TOLDI, M.; FALEIRO, D.C.; DA SILVA, G.L.; FERLA, N.J. Life cycle of the predatory mite *Cheyletus malaccensis* (Acari: Cheyletidae) fed on Poultry Red Mite *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae). **Systematic and Applied Acarology**, v. 22, p. 1422-1430, 2017.

VAN LENTEREN, J.C. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. **BioControl**, v. 57, p. 1-20, 2012.

WALTER, D.; OLIVER, J. JR. *Geolaelaps oreithyiae*, n. sp. (Acari: Laelapidae), a thelytokous predator of arthropods and nematodes, and a discussion of clonal reproduction in the Mesostigmata. **Acarologia**, v. 4, p. 293-303, 1989.

YOUSEF, A.A., ZAHER, M.A., KANDIL, M.M. Effect of prey and temperature on the development and biology of *Cheyletus malaccensis* Oudemans (Acari: Cheyletidae). **Journal of Applied Entomology**, v. 93, p. 39-42, 1982.

ZDARKOVA, E. Biological control of storage mites by *Cheyletus eruditus*. **Integrated Pest Management Reviews**, v. 3, p. 111-116, 1998.

ZDARKOVA E.; PULPAN J. Low temperature storage of the predatory mite *Cheyletus eruditus* (Schrank) for future use in biological control. **Journal of Stored Products Research**, v. 9, p. 217-220, 1973.

ZRIKI, G.; BLATRIX, R.; BICOUT, D.J.; GIMENEZ, O.; SOULIÉ, A.S.; DADU, L.; DEGUELDRE, D.; CHIRON, G.; SLEECKX, N.; ROY, L. Population-level impact of native arthropod predators on the poultry red mite *Dermanyssus gallinae*. *Journal of Experimental Zoology. Part A. Ecological and Integrative Physiology*, v. 335, p. 552-563, 2021.

Tópicos sugestivos

GOVERNANÇA E SUSTENTABILIDADE: UMA VISÃO DO ECOSISTEMA “BACIA DO RIO DOS SINOS” (RS/BRASIL)

Julio Cesar Dorneles da Silva¹
Luís Fernando da Silva Laroque²
Marcos Paulo Dhein Griebeler³

Resumo: Este artigo integra pesquisa de doutorado, inserido em um macroprojeto de pesquisa com abordagem interdisciplinar de estudo de bacias hidrográficas (BHs) no Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento (PPGAD/Univates). Objetiva analisar a governança da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (BHRS), considerando os entraves existentes que impedem ou retardam avanços nos índices de qualidade das águas bem como de disponibilidade hídrica (quantidade de água). A metodologia aplicada se baseia em estudo de caso, valendo-se da análise de conteúdo de fontes documentais: plano de bacia, planos de saneamento, estudos técnicos dentre outros pertinentes à temática disponíveis nas revisões bibliográficas e em organizações de bacia. Aborda-se a centralidade da temática da governança das águas da bacia, considerando o conceito de gestão integrada de bacias hidrográficas (GIBH), que articula de forma sistêmica a adoção de tecnologias voltadas à sustentabilidade dos ecossistemas no território de bacias. Como considerações finais, pondera-se que a BHRS carece da implantação plena do sistema de gestão dos recursos hídricos no Estado (RS/Brasil), o que poderia ampliar o uso de tecnologias sustentáveis e melhorar os índices de qualidade da água.

Palavras-chave: Governança de bacias. Ecossistema. Qualidade da água. Tecnologias sustentáveis. Agência de Bacia.

Introdução

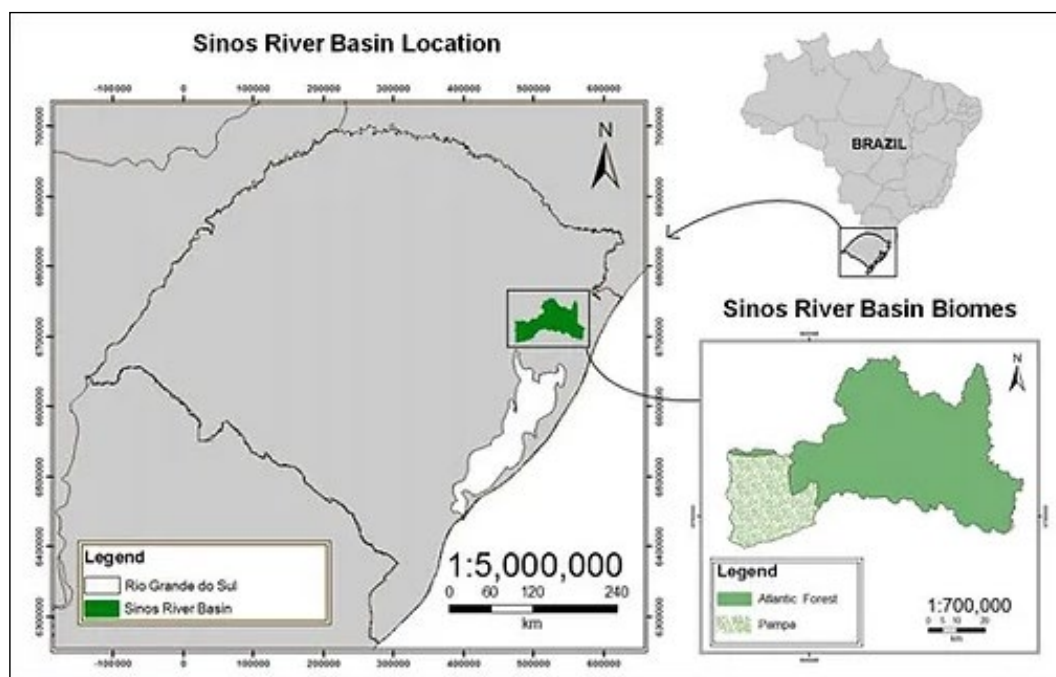
O estado da arte dos estudos de bacias hidrográficas (BHs) está marcado pelo predomínio de pesquisas do campo da hidrologia, com estudos sobre disponibilidade hídrica e qualidade da água, sem abordar, contudo, como se dá efetivamente a governança de BHs. Os estudos interdisciplinares, abarcando contribuições das ciências sociais aplicadas e das ciências humanas são mais recentes (LAPPE; LAROQUE, 2018; LAPPE, 2020; LUZ; MAZZARINO; TURATTI *in*: REMPEL; TURATTI; DALMORO, 2021). Estão na ordem do dia das pesquisas questões pertinentes não somente para a compreensão dos sistemas ambientais, mas acerca de como se dão as interações entre a sociedade e os mais diversos sistemas naturais existentes no ecossistema *Bacia Hidrográfica* (SCHIAVETTI; CAMARGO, 2002).

-
- 1 Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento – PPGAD da Univates (RS/Brasil). Bolsista Prosuc-Capes. Mestre em Desenvolvimento Regional pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional da Faccat (RS/Brasil). Especialista em Administração Pública pela UFRGS. Graduado em História pela Unisinos. E-mail: juliordorneles@hotmail.com - julio.silva5@universo.univates.br
 - 2 Doutor em História pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos/RS/Brasil). Mestre e Graduado em História pela Unisinos. Professor no Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento e no Curso de Graduação em História na Universidade do Vale do Taquari (Univates/RS/Brasil). E-mail: lflaroque@univates.br
 - 3 Doutor e Mestre em Desenvolvimento Regional pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional da Unisc (RS/Brasil). Graduado em Administração de Empresas – Serviços e Especialista em Pedagogia Empresarial pela Universidade La Salle (RS/Brasil). Professor dos Cursos de Graduação na Área de Negócios e no Mestrado em Desenvolvimento Regional da Faccat (RS/Brasil). E-mail: marcosdhein@faccat.br

As BHs são territórios marcados por sistemas naturais, nos quais, mediante a ação humana sobre seus territórios, se sobre impuseram estruturas sociais, econômicas e culturais que transformaram esses territórios naturais em *espaços*, no sentido de territórios culturalmente modificados (MARSH, 1864; SANTOS, 2006; SILVA, 2020). Nessa perspectiva, o presente artigo aborda o tema da governança da água no contexto de um ecossistema, com o foco em uma bacia hidrográfica específica – a Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos – BHRS (RS/Brasil), considerando necessária uma abordagem interdisciplinar (HOOPER, 2005; LEFF, 2001, SILVA *et al.*, 2020).

A BHRS se situa a nordeste do Estado (FIGURA 1), entre as coordenadas geográficas de 29°20' a 30°10' de latitude Sul e 50°15' a 51°20' de longitude Oeste. No que se refere a suas características geofísicas, a Bacia do Sinos compreende as províncias geomorfológicas do Planalto Meridional e Depressão Central do território rio-grandense, apresentando uma área de 3.746,68 km². Os principais corpos de água são os rios Rolante, da Ilha, Paranhana e o Sinos, sendo os três primeiros afluentes do Sinos. A BHRS integra a Região Hidrográfica da Bacia do Guaíba. Apresentando-se com uma área de 3.694 km² e população estimada de 1.447.678 habitantes no ano de 2020. Sendo que 95% desta população vive em áreas urbanas. A bacia abrange total ou parcialmente a área de 30 municípios (SEMA, 2023).

Figura 1: Localização da BHRS e seus biomas (Mata Atlântica e Pampa)



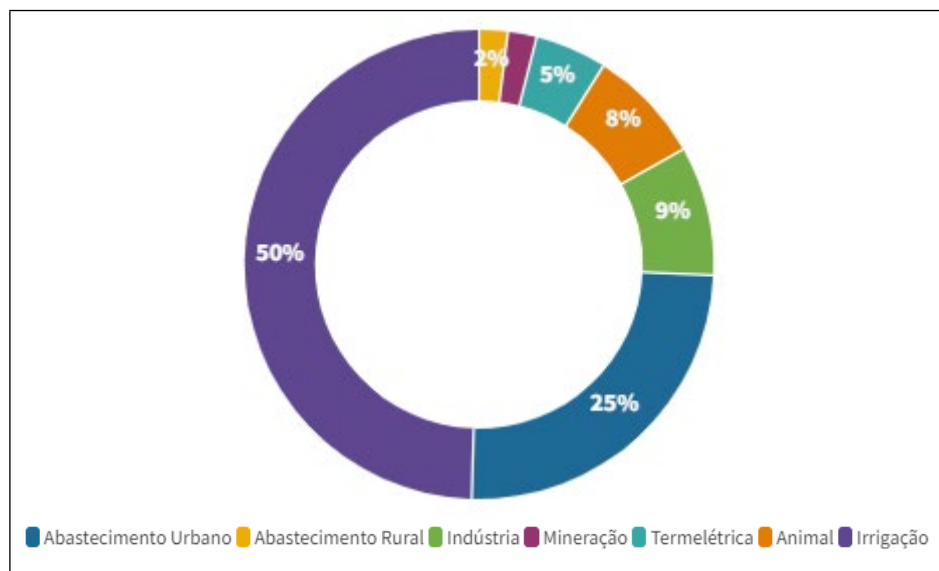
Fonte: Moser *et al.* (2018, texto digital).

Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas (GIBH): usos e abusos das águas

Essa seção aborda os usos da água como um desafio à Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas (GIBH), tendo em vista que os usos para sustentar a agricultura, o abastecimento humano e a indústria, têm levado ao limite da segurança hídrica e ao próprio comprometimento dos sistemas vivos existentes no território de BHs, como ocorre no caso. Sabe-se que junto à disponibilidade, ou seja, da *quantidade* de água disponível, está a questão da *qualidade* dessa água. Tema igualmente relevante dada a degradação

das águas superficiais e subterrâneas no Brasil, seja pela contaminação por esgotos domésticos, seja por efluentes industriais e por resíduos sólidos de todos os tipos, especialmente nas regiões metropolitanas. Em termos percentuais, os principais usos da água no Brasil são: a irrigação, com 50%; seguida do abastecimento humano com 27% (25% urbano e 2% rural); do uso animal com 8%; do uso industrial com 9%; mineração com 2%; e das usinas termelétricas, que com a crise energética, passaram a pesar nessa conta com 5% de participação (GRÁFICO 1).

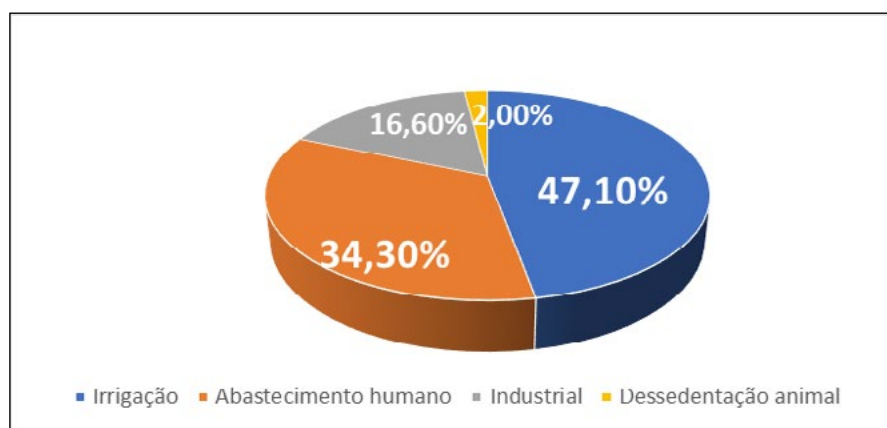
Gráfico 1: Principais usos da água no Brasil



Fonte: ANA (2021).

O cenário de maior uso para a agricultura (47,10%) se repete na BHRS, com especial peso para a cultura irrigada do arroz (rizicultura). Registre-se que os estudos técnicos, inclusive dos dados que constavam na versão preliminar do Plano Sinos (PRÓ-SINOS, 2014) apresentavam um percentual ainda maior de consumo de água da agricultura, na ordem de 57,7%. Essa redução da participação do setor no consumo de água está referida na versão final do Plano de Bacia do Sinos (COMITESINOS; PROFILL, 2017), e teria ocorrido em razão de investimentos pelo setor arroseiro em tecnologias voltadas ao uso racional da água na irrigação e melhoria da produtividade. A substituição de áreas de arroz por outras culturas mais rentáveis e que necessitam menores volumes de água também teria contribuído para essa diminuição. Com essa redução na agricultura cresceram as participações dos outros setores, em especial do abastecimento humano que subiu de 29,4 para 34,3%, e da indústria, de 10,9% para 16,6% (GRÁFICO 2). Outro dado revelador, no que diz respeito à demanda hídrica é que em termos espaciais, 76% ocorre na porção baixa da Bacia e 18% na alta. Justamente no compartimento que apresenta a maior concentração demográfica e industrial, e onde está também presente a rizicultura, no Baixo Sinos (COMITESINOS; PROFILL, 2017).

Gráfico 2: Usos da água na Bacia do Sinos



Fonte: Comitesinos; Profill (2017, p. 37). [Gráfico elaborado pelos autores].

Esses usos em termos de quantidade e qualidade da água no Brasil devem, minimamente, ser assegurados às gerações futuras, a fim de se garantir desenvolvimento nacional e regional sustentáveis, isso se houver a mais adequada gestão dos recursos hídricos disponíveis atualmente. Pois a sustentabilidade dos usos da água e a segurança hídrica dependem da gestão dos recursos hídricos. No Brasil, a gestão das águas está assegurada na Constituição Federal, em seu artigo 225 (BRASIL, 1988), e em legislação específica, a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, a Lei federal 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997).

Uma BH, conceitualmente, é uma unidade *biogeofisiográfica*. Neste sentido, é pertinente “[...] o uso do conceito de BH como análogo ao de *Ecosystema*”, no que se refere às pesquisas como à própria governança de bacias (SCHIAVETTI; CAMARGO, 2002, p. 17). Essa, ao longo do século XX passou a ser uma abordagem sistemática acerca da dinâmica das bacias hidrográficas. Conhecida como Gestão Integrada de Bacia Hidrográfica (GIBH), em inglês: *Integrated River Basin Management* – IRBM (HOOPER, 2005; TUCCI, 2010). A GIBH tem um longo histórico de desenvolvimento não somente nas chamadas civilizações clássicas, mas, precisamente, encontra contribuições em povos originários (indígenas). É o que se visualiza ao se constatar o manejo dos escassos recursos hídricos disponíveis para os povos da Mesoamérica ou da América Andina pré conquista (GIES, 2021).

Recentemente, no atual Peru, a escassez hídrica levou as autoridades a apelarem às formas ancestrais de manejo da água. O conhecimento ancestral está presente entre os camponeses, membros de um coletivo agrícola. Eles usam canais de água chamados *amunas*, que em *Quechua* significa “reter”, os quais funcionam para conduzir o fluxo dos córregos das montanhas, formados pelo derretimento das geleiras. Esses canais igualmente, na estação chuvosa, servem para direcionar as águas para bacias de infiltração naturais. Essa estratégia foi desenvolvida pelos *Huari* ou *Wari* (OCHATOMA; CABRERA; KURIN, 2018), ainda é praticada em Lima (Peru) e em alguns outros vilarejos andinos. Note-se que, nesse caso, a administração recorreu a uma tecnologia sustentável de manejo dos ecossistemas naturais utilizados pelos indígenas para enfrentar o desafio da sustentabilidade no uso dos recursos hídricos.

A necessidade de tratar do tema da GIBH (QUADRO 1) está relacionada com a dificuldade de efetivação da gestão dos recursos hídricos, ou seja, da gestão da captação, tratamento, distribuição e uso múltiplo desse recurso natural, o que está agravado pelo crescimento populacional e pelas mudanças

climáticas. Destaca-se que a BH como unidade territorial ganhou forma a partir da Declaração de Dublin, de janeiro de 1992. Os princípios negociados na reunião preparatória para a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente naquele mesmo ano (Rio-92), determinaram que a gestão dos recursos hídricos deveria ser baseada na gestão territorial (por região) por bacias hidrográficas.

Quadro 1 - Principais desafios da GIBH

DESAFIOS DA GESTÃO INTEGRADA	
(A)	integrar os três componentes de distribuição e disponibilidade de águas: atmosférico, superficial e subterrâneo;
(B)	identificar e quantificar a demanda e estabelecer critérios para usos múltiplos e outorgas;
(C)	determinar e quantificar a disponibilidade;
(D)	determinar os principais indicadores da bacia: indicadores de qualidade da água dos rios, riachos, represas, lagos e lagoas; biodiversidade terrestre e aquática; taxa de contaminação de rios, lagos e represas; cargas de poluentes; cargas pontuais e difusas; usos do solo; áreas de preservação;
(E)	promover o sistema de informações sobre recursos hídricos; - enquadramento dos corpos de águas em classes de usos predominantes;
(F)	cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
(G)	gestão municipal integrada.

Fonte: Elaborado por Silva (2020).

Segundo autores de referência na temática (TUCCI, 2010; TUNDISI, 2013), a bacia hidrográfica como unidade de gestão deve considerar três níveis para a gestão integrada de gerenciamento de recursos hídricos: o nível organizacional, o nível constitucional e o nível operacional, conforme Quadro 2:

Quadro 2 - Os três níveis da GIBH

NÍVEIS DA GESTÃO INTEGRADA	
(A)	O nível organizacional coordena e reduz conflitos entre os usos competitivos e os diferentes interesses; este é o comitê de bacia hidrográfica e a agência de bacia;
(B)	O nível constitucional agrega as gestões referentes à legislação, ao enquadramento dos corpos de água, ao planejamento territorial em face do uso dos recursos hídricos;
(C)	O nível operacional tem foco na variedade de sistemas existentes: proteção de mananciais; hidroeletricidade; tratamento de esgotos; suprimento e abastecimento de água para os municípios, irrigação, gerenciamento ambiental, atividades estas sob responsabilidade pública ou privada

Fonte: Elaborado por Silva (2020).

Deve-se considerar que, na governança ideal, o banco de dados e o sistema de informações, a disseminação da informação, a interação entre os setores acadêmicos, público e privado, nos comitês de bacia hidrográfica (CBHs), são o futuro do processo de gestão. A governança ideal, portanto, repousa sob a égide de uma sociedade de bacia hidrográfica com interesses comuns e inclui planejamento, gestão e execução em um mesmo contexto sistêmico, funcional e operacional.

Governança e tecnologias sustentáveis

Nesta seção aborda-se a importância da inovação na governança da água e da adoção de tecnologias sustentáveis como diretrizes estreitamente vinculadas à GIBH. Nesse sentido, faz-se aqui referências a

implementação desse conjunto ou de parte dele já tem sido desenvolvida em experiências e projetos em andamento em diferentes estados e diversas bacias hidrográficas pelo país, como são os casos, dentre outros, por exemplo da bacia do Sinos, no RS, e das bacias PCJ, em SP e MG. Os avanços conceituais na legislação e na organização institucional que promoveram uma nova perspectiva na governança da água, no final do século XX e no início do XXI, possibilitaram uma maior inserção da descentralização na gestão e na visão preditiva, ecossistêmica e integrada em BHs. Essa abordagem considera a correlação entre os usos múltiplos e os ciclos atmosféricos, superficiais e subterrâneos e a incorporação de tecnologias sustentáveis voltadas, por exemplo, ao reúso da água e ao tratamento mais eficiente dos esgotos domésticos e dos efluentes de origem industrial, bem como da proteção de nascentes, da biodiversidade e das áreas de conservação e proteção ambiental (GLEICK, 2018; HOOPER, 2005; MUKHERJI *et al.*, 2009; SILVA, 2020; TUNDISI, 2013).

Tundisi (2013) entende que existem cinco princípios que devem ser consolidados em um Programa de GIBH, quais sejam: 1. *Instituições*: desenvolvendo organizações objetivas que integrem pesquisa, desenvolvimento tecnológico e gerenciamento; 2. *Participação*: estendendo o ciclo do envolvimento da sociedade com a implantação de mecanismos regionais; 3. *Tecnologia*: possibilidades e limitações. Intervenções técnicas que podem consolidar o desenvolvimento e os sistemas de informação e proteção da bacia hidrográfica são fundamentais para um avanço na gestão. Banco de dados, sistemas de informação, monitoramento e fundamentação científica para os CBHs e os tomadores de decisão são relevantes instrumentos para a gestão integrada; 4. *Informação*: aprofundando as fontes de conhecimento e a visão. É necessário um contínuo processo de avaliação, diagnóstico, prognóstico realizado através de estudo científico e pesquisa; a disseminação dos resultados da pesquisa aceleram as respostas sociais; 5. *Financiamento*: a alocação de fundos deve considerar recursos para pesquisa, monitoramento, informação e gestão de forma a obter as melhores políticas públicas de longo prazo para o gerenciamento integrado das bacias hidrográficas e dos recursos hídricos. Acrescenta-se à abordagem de Tundisi (2013) outros três princípios que entendemos indissociáveis da GIBH: o da *governança participativa e territorializada*, o da *administração eficaz*, e o de que *os rios, e as BHs por consequência, são sujeitos de direitos* (FONSECA, 2018; HOOPER, 2005; NASH, 1989, 2014; STONE, 1972).

A GIRH demandou o surgimento de uma outra forma institucional voltada à governança do saneamento e dos recursos hídricos: os consórcios públicos intermunicipais ou interfederativos. Em alguns casos, os consórcios passaram inclusive a ter um certo nível de sobreposição ou de atuação coordenada com os CBHs. Como exemplos têm-se o Consórcio PCJ (que abrange municípios do Estado de São Paulo e Minas Gerais) e o Pró-Sinos (RS). No início dos anos 1980 tanto a região do PCJ (Sistema Cantareira) quanto a região do Sinos apresentavam um cenário de extrema degradação, com mau cheiro e acentuada ocorrência mortandades de peixes. Sendo que na bacia do Sinos era comum observar os dejetos dos curtumes, dentre outros efluentes orgânicos e químicos de origem industrial. O presente estudo tem nas bacias PCJ e Sinos referências tanto para aspectos que expressam significativos avanços no que se refere à gestão das águas e aplicação de tecnologias inovadoras e sustentáveis no tratamento de efluentes industriais, em aplicações no tratamento de esgotos domésticos e no próprio reúso de águas. O que fica evidenciado quanto se têm no horizonte o contraste entre o cenário atual, em 2023, e o que vigorava nos anos 1980 em ambas as regiões. Igualmente, a análise permite identificar os entraves ou bloqueios que permanecem e impedem uma recuperação ambiental dessas bacias para um padrão de sustentabilidade e segurança hídrica desejável para as regiões que abarcam.

Na década de 1970, implantou-se em São Paulo o Sistema Cantareira para reserva (armazenamento) de água e geração de energia elétrica. Esse foi tido então como o principal responsável pelo baixo nível de água dos cursos hídricos a jusante, e que, por isso mesmo, não possibilitavam a diluição das cargas poluentes. Na região de Piracicaba originou-se forte resistência e reação política diante dessa situação de degradação ambiental. Desse núcleo em Piracicaba surgiu a formação inicial de um consórcio intermunicipal para enfrentamento das questões relativas ao saneamento ambiental da região das bacias PCJ – o Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Consórcio PCJ, 2004, 2010). Fundado em 13 de outubro de 1989, como uma organização dos municípios, para não somente tratar da questão do saneamento, mas para que os municípios tivessem força institucional para se relacionar no tema com os Estados de SP e MG, e com o Governo Federal (tendo em vista que as bacias PCJ são estaduais e federais).

É importante frisar que em sua constituição original o Consórcio PCJ atuava em trabalhos de preservação e recuperação dos rios das bacias PCJ (CONSÓRCIO PCJ, 2004, 2010). Estruturado a mais tempo, o Consórcio PCJ foi se desenvolvendo e ampliando suas ações, que culminaram em aportar às bacias que ele comporta a estruturação da cobrança pela captação de água e a implantação da Agência de Águas (Agência das Bacias PCJ), em 2006. Com isso, as Bacias PCJ passaram a ter um Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos – SGIRH – (ANA, 2009) com todos os mecanismos de governança da água previstos nas legislações estaduais (SP e MG) e federal. O que, no caso do Estado do Rio Grande do Sul (RS) até o presente não ocorreu.

Embora o RS tenha sido o estado pioneiro no Brasil no que diz respeito ao enfrentamento da gestão de águas, tanto no que diz respeito à disponibilidade (quantidade de água) de água como dos graves impactos causados por diferentes fontes de poluição (qualidade da água). Pois foi no RS que nasceu a legislação que inspirou a legislação federal de recursos hídricos, bem como aqui foi criado o primeiro Comitê de Bacias – o Comitesinos, em 17/03/1988. Na sequência veio a consagração no artigo 171 da Constituição Estadual (03/10/1989), prevendo o SGIRH, regulamentado pela Lei nº 10.350, de 30/12/1994, que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos e o SGIRH. Entretanto, passados 28 anos do sancionamento desta lei, o sistema estadual de recursos hídricos ainda não foi implantado na plenitude exigida pela legislação, especialmente no que se refere à criação de Agência de Bacia Hidrográfica e da cobrança pelo uso da água.

Essa estagnação no processo de institucionalização e de aplicação prática da política e do SGIRH pode explicar boa parte da correspondente estagnação dos índices de tratamento de esgotos e da presença de trechos significativos da BHRS com água Classe 4 (a pior possível e mesmo extrapolando essa classificação). Tendo em vista que a instituição de uma Agência de Bacias dá condições executivas aos CBHs, podendo, por exemplo fiscalizar e exigir o cumprimento de metas das companhias de saneamento. Outro aspecto fundamental é que a cobrança pelo uso da água dos mananciais possibilita a expansão (financiando) tanto do tratamento dos efluentes como da proteção de nascentes, banhados e matas ciliares, o que, em linguagem simples “produz água”.

A realidade do estresse hídrico

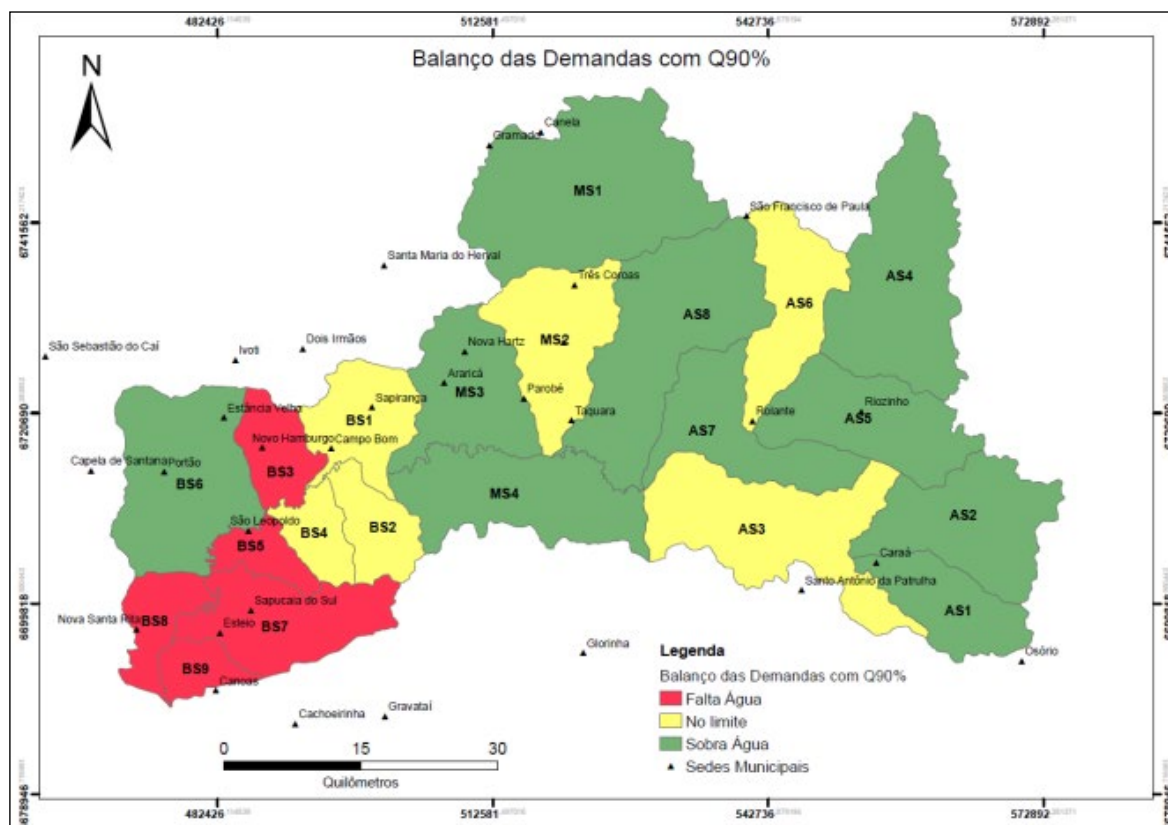
Nesta seção busca-se enfatizar a estreita relação entre a disponibilidade (dada a grande demanda dos setores agrícola, industrial e de abastecimento humano) e qualidade da água na BHRS. Estas

absolutamente impactadas (mais fortemente no período do verão, mas não somente) no Baixo Sinos, onde o adensamento humano, a presença da indústria é muito superior às regiões do Médio e Alto Sinos.

Segundo o relatório técnico das bacias PCJ elaborado pelo Consórcio Profill-Rhama em 2020, há 76 municípios, destes, 71 estão no Estado de São Paulo. A população total nas bacias é de aproximadamente 5,8 milhões de habitantes e taxa de urbanização é de 96%. A agropecuária extensiva e a indústria são as atividades econômicas predominantes. Sendo que os índices de saneamento são muito positivos visto que “[...] 94% da população total têm abastecimento de água, 90% têm coleta de esgoto e 83% do esgoto coletado são tratados.” Contudo, dada a elevada demanda de consumo, as bacias PCJ “[...] Sempre [...] se encontram em uma situação de estresse hídrico [...]” (BRANCHI, 2022, texto digital, grifos nossos), o que acaba por afetar não somente as condições de abastecimento regular de água como a própria qualidade, por maiores que sejam os índices de tratamento.

Esse cenário de estresse hídrico também se apresenta na BHRS, com agravantes: os índices de tratamento de esgotos são muito baixos e a bacia é tributária da transposição de águas de outra bacia, a do Rio Caí. Aliás, esse é um dado pouco estudado. A BHRS recebe águas da bacia do Rio Caí, através do Sistema Salto-Bugres-Canastra de geração de energia elétrica. Essa transposição em termos de volume de água, responde por 25 a 35% de água “adicionada” no Rio dos Sinos a partir da foz do Rio Paranhana. Estima-se que qualquer interrupção nessa transposição de águas pode levar ao colapso nos períodos de estiagens (verão) os sistemas de captação de água a jusante. E, portanto, comprometer o abastecimento para uso humano justamente no Baixo Sinos, onde já há (FIGURA 2), mesmo com a transposição, um déficit hídrico (COMITESINOS; PROFILL, 2017).

Figura 2: Disponibilidade hídrica na BHRS



Fonte: Comitês Sinos; Profill (2017, p. 44).

É importante observar-se que em relação à disponibilidade hídrica consta literalmente no Plano de Bacia do Sinos, como segue: “*Na pior situação (Q95%), a disponibilidade, na Bacia como um todo, é da ordem de nove vezes superior ao consumo global.* Nessa situação, no entanto, em quatro Unidades de Estudo, verificam-se situações nas quais as disponibilidades são inferiores a duas vezes aos consumos (COMITESINOS; PROFILL, 2017, p. 42, grifos nossos).

Mas veja-se, dizer que a disponibilidade de água na BHRS, em seu conjunto, é 9 vezes superior ao consumo pouco ou quase nada diz de segurança hídrica. Agora, o fato de que as 4 unidades de estudo que correspondem exatamente às áreas urbanas mais densamente ocupadas diz muito. É preciso observar (FIGURA 2) e dar a devida importância ao fato de que existem outras 6 áreas que já estão no limite para atingirem déficit hídrico. Além disso, o próprio Plano de Bacia do Sinos ao mapear o *estresse hídrico* na bacia, valendo-se de metodologia específica, identifica no Baixo Sinos índices (de estresse) que variam de *Médio, Alto e Muito Alto* (COMITESINOS; PROFILL, 2017, p. 99).

No caso da BHRS, o Consórcio de Saneamento Básico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos – Pró-Sinos, fundado em 16/08/2007 – surgiu como uma mobilização dos municípios da bacia, liderados pelos prefeitos à época – em reação à repercussão de uma gigantesca mortandade de peixes (mais de 90 toneladas) ocorrida na foz do Arroio Portão junto ao Rio dos Sinos, em 07/10/2006. Além de drenar os esgotos de origem doméstica dos municípios de Portão e Estância Velha, o arroio Portão é o canal de cerca de 40 curtumes localizados nessas duas cidades. Embora a mortandade tenha sido resultante de um crime ambiental cometido por uma empresa (localizada no Município de Portão) de tratamento de resíduos de origem industrial, houve uma versão corrente de que o Rio dos Sinos agonizava em razão do despejo de grandes volumes de esgoto de origem doméstica e não industrial. Segundo a versão das organizações representativas da indústria, especialmente dos curtumes, esse setor já havia feito sua parte. E, de fato, sabe-se que houve um avanço muito expressivo em diversos setores da indústria presente na BHRS, que ao longo dos anos 1990 e da virada de século XX para o XXI, investiram em tecnologias para implantar (onde sequer havia) e melhorar o tratamento de efluentes industriais.

Passados dezesseis anos completos dessa grande mortandade de peixes no Rio dos Sinos, o que também passou foi o impulso inicial com a criação do Pró-Sinos e, paralelamente, do PAC Saneamento do Governo Federal, que levou a uma pequena melhoria nos índices de saneamento na BHRS. Houve a descontinuidade do programa, o que associado a não existência de outra fonte de financiamento, fez com que a região voltasse a estagnação do saneamento. Para se ter uma dimensão dessa calamidade, estima-se que em seu conjunto, o tratamento efetivo de esgotos (avançado, em estações de tratamento) esteja hoje em torno de 5% da carga que é lançada na BHRS (BASSAN; SILVA, 2019). Dessa forma, identifica-se uma certa estagnação da BHRS em termos institucionais (SGIRH incompleto há 28 anos) e no tratamento de esgotos de origem doméstica, agravada essa situação pelo aumento expressivo na demanda por água pelo crescimento populacional adicionado aos consumos agrícola e industrial.

Considerações finais

Neste artigo, buscou-se abordar a centralidade da temática da governança das águas de BH a partir do caso da BHRS e dos estudos acerca da GIBH. Pode-se ver a relevância e urgência não somente de estudos voltados ao tema, mas igualmente de que sejam aplicadas na gestão dos recursos hídricos as boas práticas reconhecidas, algumas desde os povos originários, e de tecnologias destes advindas ou

mais recentemente incorporadas que podem contribuir para a recuperação ambiental e conservação do ecossistema “bacia hidrográfica”.

Viu-se também que está claro o descompasso da gestão de recursos hídricos no RS em relação a suas próprias origens, a legislação nacional e estadual vigente e não cumprida em sua íntegra. O que está evidenciado não somente pelo longo período para que se efetivasse um Plano de Bacia para a BHRS, mas, sobretudo, por ainda não ter sido implantada a Agência de Bacias e a cobrança pelo uso da água no Estado do Rio Grande do Sul. Considerou-se a necessária abordagem sistêmica da GIBH e a adoção de tecnologias voltadas à sustentabilidade dos ecossistemas, como instrumentos importantes para que se revertam os quadros de comprometimento da qualidade da água e de sua disponibilidade, especialmente no Baixo Sinos.

Referências

ANA, Agência Nacional de Águas. **A implementação da cobrança pelo uso de recursos hídricos e Agência de água das bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. 1ª ed. [português/inglês]. Brasília: ANA, SAG, 2009.

ANA, Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Relatório – Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2021**. Brasília: ANA, 2021. Disponível em: <<https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/ usos-da-agua>> Acesso em: 04 jan.2023.

BASSAN, D.; SILVA, J. C.D.da. Indicadores de saneamento básico na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental - RG&AS**. Florianópolis, v. 8, n. 4, p. 351-367, out/dez. 2019.

BRANCHI, B. A. Sustentabilidade de Bacias Hidrográficas e Índices Compostos: Aplicação e Desafio. Artigos. **Sociedade & natureza**, nº 34, 2022. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/sn/a/ SPCt6MVnjCcZHNHTJRFg5xb/>> Acesso em: 04 jan.2023.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 05 out. 1988. Seção 1, p. 1.

_____. Lei Federal nº 9.433, 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 09 jan.1997. Seção 1, p. 470. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/19433.htm>. Acesso em: 10 fev. 2014.

COMITESINOS; PROFILL. **Plano de bacia**. Relatório final. Síntese. Fase C. Porto Alegre: Profill, 2017. Disponível em: <<http://www.comitesinos.com.br/arquivos/1--plano-de-bacia---relatorio-final-sintese---fase-c-2017-07-03-1499111381.pdf>>. Acesso em: 05 set.2020.

CONSÓRCIO PCJ. **Gestão compartilhada do sistema Cantareira**. Americana: Consórcio PCJ, 2004.

_____. **20 anos de lutas pelas nossas águas**. Americana: Consórcio PCJ, 2010.

FONSECA, Claudia. **Corte suprema ordena protección inmediata de la Amazonía Colombiana**. Bogotá: Corte Suprema de Justicia, 2018. Disponível em: <https://cortesuprema.gov.co/corte/index.php/2018/04/05/corte-suprema-ordena-proteccion-inmediata-de-la-amazonia-colombiana/>. Acessado em: 05 set.2022.

GIES, Erica. Antiga técnica indígena para uso de água Peru a enfrentar seca. **BBC Future**, 21 junho.2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/vert-fut-57443837> Acessado em; 02 jan.2022.

GLEICK, Peter H. *et al.* **The World's Water: The Report on Freshwater Resources**. Volume 9. Oakland, California : The Pacific Institute for Studies in Development, Environment, and Security, 2018. Disponível em: <https://www.worldwater.org/a876kjsdfb765/World%20Water%20Volume%209.pdf> Acessado em 25 jul.2022.

HOOPER, B.P. **Integrated River Basin Governance: Learning from International Experiences**. London/Seattle: IWA Publishing, Alliance House, 2005.

LAPPE, Emelí. **Os rios compõem histórias: os saberes e as percepções de sociedade tradicional e sociedade nacional em espaços da bacia hidrográfica Taquari-Antas**. 2020. Monografia (Doutorado) – Curso de Ambiente e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, 08 dez. 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10737/2978>. Acesso em: 18 set. 2022.

LAPPE, E.; LAROQUE, L. F. da S. Terra indígena Foxá “aqui no cedro”: passado e presente Kaingang na sociedade do Vale do Taquari-RS-BR. **GEOUSP Espaço e Tempo** (Online), [S. l.], v. 22, n. 1, p. 025-042, 2018. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2018.125928. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/125928>. Acesso em: 18 set. 2022.

LEFF, Enrique. **Epistemologia ambiental**. 2ª.ed. São Paulo: Cortez, 2001.

LUZ, J. P.; MAZZARINO, J. M.; TURATTI, L. Uma perspectiva tridimensional para a compreensão da governança no âmbito dos comitês de bacias hidrográficas. In: REMPEL, C.; TURATTI, L.; DALMORO, M. (org.). **Desafios da sustentabilidade**. Lajeado : Ed. Univates, 2021. p. 39-61. Disponível em: < https://www.univates.br/editora-univates/media/publicacoes/350/pdf_350.pdf> Acesso em: 04 jan.2022.

MARSH, G. P. **Man and Nature; or Physical Geography as modified by human action**, London: Sampson Low, Son and Marston, 1864. Disponível em: https://www.environmentandsociety.org/sites/default/files/key_docs/bub_gb_ilrpl03-s3qc.pdf Acessado em 05 set.2022.

MOSER, C. F. *et al.* Reptile diversity of Sinos River Basin. **Biota Neotropica**. 18(3): e20180530. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2018-0530>

MUKHERJI *et al.* (Eds). **Groundwater Governance in the Indo-Gangetic and Yellow River Basins Realities and Challenges**. Leiden : CRC Press/Balkema, 2009.

NASH, Roderick. **The rights of nature**. (History of American thought and culture). Wisconsin : The University of Wisconsin Press, 1989.

PRÓ-SINOS, Consórcio Público de Saneamento Básico da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. **Plano de Bacia**. [Plano com todos os relatórios]. São Leopoldo: Pró-Sinos, 2014. Disponível em: <<http://www.prosinos.rs.gov.br/planos-e-acoes/plano-de-bacia>>. Acesso em: 10 mai. 2018.

SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 4. ed. São Paulo: Ed. da USP, 2006.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F.M. (ed.). **Conceitos de bacias hidrográficas : teorias e aplicações**. Ilhéus, Ba : Editus, 2002.

SEMA. **Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos**. Disponível em: < <https://sema.rs.gov.br/g020-bh-sinos>>. Acesso em: 04 jan. 2023.

SILVA, J. C.D. da. **Bacias hidrográficas como unidade de gestão para a governança territorial: o caso das bacias dos rios Sinos e Cai/RS**. São Leopoldo, Oikos, 2020.

SILVA, L. E. da; *et al.* The construction of interdisciplinary research: challenges and perspectives. **Redes**. St. Cruz Sul, Online, v.25, Ed. Especial 2, p.2477 - 2493, 2020. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/journal/5520/552068861023/html/>> Acesso em: 20 dez.2020.

STONE, Christopher D. Should Trees have Standing?— Toward Legal Rights for Natural Objects. Southern California. **Law Review** 45, 1972, 450-501. Disponível em: <https://iseethics.files.wordpress.com/2013/02/stone-christopher-d-should-trees-have-standing.pdf> Acessado em 04.jan.2022.

TUCCI, C.E.M. Urbanização e recursos hídricos. *In*: BICUDO, Carlos E. de M.; TUNDISI, José Galizia; SCHEUENTSUL, Marcos C. Barnsley (Org.). **Águas do Brasil**: análises estratégicas. São Paulo: Academia Brasileira de Ciências; Instituto Botânica, 2010. p. 113-128.

TUNDISI, J.G. **Governança da água**. Revista UFMG, Belo Horizonte, v. 20, n. 2, p. 222-235, jul./dez. 2013.

A REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE A OBSOLESCÊNCIA PROGRAMADA DE PRODUTOS ELETROELETRÔNICOS

Suely Marisco Gayer¹

Haide Maria Hupffer²

Dusan Schreiber³

Resumo: A crescente competição entre os agentes econômicos contribuiu para o surgimento do fenômeno da obsolescência programada, como forma de acelerar o processo de consumo de bens duráveis, reduzindo o período temporal para a sua substituição e assegurando a continuidade de geração de receitas operacionais para as organizações. O estudo objetiva revisar na literatura científica a relação entre a obsolescência programada e o descarte de resíduos sólidos eletrônicos, com a sustentabilidade. Trata-se de uma revisão sistemática da literatura nas bases de dados EBSCO no período de 2011 a 2020, utilizando os descritores e palavras-chave “Electronic Solid Waste” + “Scheduled obsolescence” + “Sustainability”. Foram encontradas 10 incidências com os termos pesquisados na língua inglesa, sendo que um total de 07 (sete) artigos abordam a temática. Os resultados mostram que a obsolescência programada no setor eletrônico é uma prática reiterada que se dá por pequenas atualizações tecnológicas e alterações no *design*, o que induz a troca frequente e o descarte de produtos, resultando no aumento significativo de resíduos sólidos eletrônicos com danos à saúde humana e ao meio ambiente. Observa-se uma lacuna na questão específica da obsolescência programada em relação aos resíduos sólidos eletrônicos.

Palavras-chave: Obsolescência Planejada. Sustentabilidade. Resíduos Sólidos Eletrônicos. Sustentabilidade. Redução da vida útil.

1 Introdução

O conceito de obsolescência planejada ou programada surgiu na Grande Depressão entre os anos de 1929 e 1930 e está vinculado à ideia de que se um produto não se desgastar e se desatualizar rapidamente seria uma tragédia para a economia e para os negócios (JOAQUIM; VIEIRA, 2020). Assim, programar o tempo de vida útil de produtos passa a ser uma nova estratégia de negócios e uma forma de fomentar a recuperação econômica, no início do século XX. Ao modificar o sistema de produção, o passo seguinte seria despertar no consumidor o desejo de adquirir os novos produtos e realizar trocas frequentes, surgindo assim a sociedade de consumo.

A prática da obsolescência programada suscita a percepção de que a produção busca preencher um espaço criado por ela mesma, isto é, o que satisfaz as necessidades dos consumidores é algo criado pela própria produção. Com isso, um consumidor passa a estimular o outro ao adquirir um bem, e, segundo

1 Doutora em Qualidade Ambiental pela Universidade FEEVALE. Professora de Pós-Graduação no Centro Universitário Ritter dos Reis – UniRITTER. Advogada. E-mail: suelylo@hotmail.com

2 Pós-Doutora e Doutora em Direito pela UNISINOS. Docente e Pesquisadora no Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental e no curso de Direito da Universidade Feevale. Líder do Grupo de Pesquisa CNPq/Feevale Direito e Desenvolvimento. E-mail: haide@feevale.br

3 Doutor em Administração pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Professor e pesquisador no Programa em Qualidade Ambiental, Mestrado em Administração e Mestrado em Indústria Criativa da Universidade Feevale. E-mail: dusan@feevale.br

Galbraith (1987), o desejo de alcançar um padrão de vida melhor, inclusive melhor que o vizinho ao lado, é o que realmente mantém essa cadeia de consumo tão acesa, o que pode chegar ao consumo mais elevado do que as reais necessidades (GALBRAITH, 1987).

Autores, como Sánchez-León (2015), alertam que o hiperconsumo gerado principalmente pela obsolescência programada pode ser considerado o principal causador da crise ecológica pelos impactos gerados ao meio ambiente; questionam os governos e sugerem alterações nas leis para perseguir e penalizar a obsolescência programada; mostram que o ser humano sabe os riscos e perigos que gera ao meio ambiente, mas segue os negligenciando (SANCHEZ-LEON, 2015).

Essa mentalidade voltada essencialmente para o consumo, que vem sendo fortemente incutida há anos, é que precisa ser repensada e modificada, antes que seja tarde demais para reverter os danos ao meio ambiente. Bens e serviços que atualmente são produzidos em massa, antes eram artigos de luxo de minorias, e o que era padrão de conforto desejado agora faz com que os cidadãos médios vivam como somente aos ricos era possível anteriormente (HOBSBAWN, 2000). Para que essa transformação ocorresse, foi necessário que mecanismos de estímulo aos consumidores fossem utilizados, mediante estratégias que gerassem um novo sistema de necessidades e desejo de consumir para além do que era considerado imprescindível para o consumo e a sobrevivência (SEVERIANO, 2007).

Consumir é a maneira mais rápida e eficaz de ter, e, numa sociedade de abundância produtiva, esses dois verbos (ser e ter) viram sinônimos absolutos. Mas consumir guarda em si um efeito colateral inevitável: se, em um primeiro momento, o ato de consumir gera um estado de alegria ou de euforia momentânea, libertando parte da ansiedade, com o tempo, “vicia-se” nessa sensação de prazer e se passa a comprar mais e mais, na tentativa ilusória de criar um estado permanente de satisfação (SILVA, 2014).

A opção econômica pela obsolescência programada impacta negativamente o meio ambiente, visto que passa a exigir recursos naturais em todo o ciclo de vida do produto, ocasionando uma sobrecarga nos ecossistemas e tornando-se uma prática insustentável. Produtos eletroeletrônicos são substituídos com mais frequência, principalmente, face à demanda criada por empresas ao embutirem pequenas atualizações tecnológicas para forçar o consumidor a trocar rapidamente o produto ou por mudanças promovidas no *design* para alavancar vendas na sociedade de consumo.

Além do exposto, a obsolescência programada amplia significativamente a geração de resíduos, como o caso de resíduos de produtos elétricos e eletrônicos nominados de *e-waste*, que liberam no meio ambiente inúmeros materiais tóxicos (cobre, ouro, prata, níquel, cádmio, zinco, chumbo, cromo, mercúrio, retardante de chamas etc.) e causam danos ao meio ambiente e à saúde humana (GERBASE, 2012, p. 1486). Como exemplo, cita-se um notebook que utiliza para sua fabricação inúmeros insumos da natureza que são sintetizados e alterados durante o processo de produção e quando descartados convertem-se em resíduos altamente tóxicos para o ser humano e os ecossistemas.

Este estudo tem como ponto central responder à seguinte problematização: Como a obsolescência programada de produtos eletroeletrônicos e seus resíduos são apresentados na literatura científica? Assim, o objetivo do estudo é realizar uma revisão sistemática da literatura na base de dados do Portal Capes, EBSCO *Discovery Services*, no período de 2011 a 2020, para identificar o estado da arte da literatura sobre obsolescência programada, sustentabilidade e resíduos sólidos eletroeletrônicos. A pesquisa é justificada pela pouca literatura científica brasileira acerca da relação entre obsolescência programada e o descarte de resíduos sólidos eletrônicos, com a sustentabilidade, corroborando a necessidade de identificar oportunidades para a pesquisa nesse tema.

2 Metodologia

A revisão sistemática explora uma questão específica e possibilita fornecer evidências sólidas e confiáveis, bem como identificar lacunas a serem preenchidas (DRESCH; LACERDA; ANTUNES, 2015). É utilizada para mapear estudos primários sobre um determinado tema, avaliar criticamente a literatura e consolidar os resultados de estudos relevantes (SEURING; GOLD, 2012).

A revisão sistemática é uma forma de pesquisa que utiliza a literatura sobre determinado tema como fonte de dados. Esse tipo de investigação permite um resumo das evidências relacionadas a uma estratégia de intervenção específica, mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada. As revisões sistemáticas são úteis para integrar as informações de um conjunto de estudos realizados separadamente sobre determinada terapêutica/intervenção, que podem apresentar resultados conflitantes e/ou coincidentes, bem como identificar temas que necessitam de evidência, auxiliando na orientação para investigações futuras (SAMPAIO, 2007).

Para o levantamento dos artigos na literatura, realizou-se uma busca no Portal CAPES na base de dados da EBSCO Discovery Service (EDS), que é uma ferramenta disponibilizada para usuários do Portal. Utilizou-se como descritores as palavras-chave e suas combinações na língua portuguesa “Resíduos Sólidos Eletrônicos”; “Obsolescência Programada”, “Sustentabilidade” e em língua inglesa “*Scheduled Obsolescence*”, “*Electronic Solid Waste*” “*Sustainability*” para realizar a busca dos artigos científicos e o sinal operante “+”: “*Electronic Solid Waste*” + “*Scheduled Obsolescence*”; “*Electronic Solid Waste*” + “*Scheduled Obsolescence*” + “*Sustainability*”. Os termos foram selecionados por estarem relacionados à questão central do estudo.

Primeiramente, a pesquisa na base de dados EBSCO, no período compreendido entre 2011 a 2020, envolveu a temática do resíduo sólido eletrônico, tendo sido encontradas em língua portuguesa 1.382 ocorrências, em seguida, obsolescência programada, com 744 incidências com o termo, e, por fim, e antes de realizar a pesquisa dos termos em conjunto, a sustentabilidade, que evidenciou 109.803 trabalhos envolvendo o tema. A pesquisa foi realizada com os termos separadamente e em conjunto, chegando ao final com a expressão na língua portuguesa: obsolescência programada e resíduo sólido eletrônico e sustentabilidade com 28 textos científicos.

Portanto, no processo de revisão bibliográfica com as expressões em conjunto (obsolescência programada e resíduo sólido eletrônico e sustentabilidade) foram encontrados 28 textos científicos para compor o Portfólio Bibliográfico (PB), sendo identificados os autores, periódicos, tipo de publicação científica e palavras-chave de maior destaque e o número de citações na Base de Dados da EBSCO.

Na sequência, realizou-se a pesquisa com as expressões na língua inglesa “*eletronic solid waste*”, com 57.729 publicações científicas, “*scheduled obsolescence*”, com 2.057 ocorrências, e “*sustainability*” com 656.485 incidências. Prosseguindo realizou-se a pesquisa em conjunto com as expressões “*Electronic Solid Waste*” + “*Scheduled obsolescence*” + “*Sustainability*”, o que resultou em 10 ocorrências. O Quadro 1 retrata a pesquisa realizada na base de dados EBSCO no período de 2011 a 2020. Na análise dos trabalhos publicados constatou-se:

Quadro 1 - Revisão sistemática da literatura na EBSCO com as palavras-chave Resíduo Sólido Eletrônico, Obsolescência Programada, Sustentabilidade no período 2011-2020

TERMOS PESQUISADOS	INCIDÊNCIAS
Resíduo Sólido Eletrônico	1.382
Obsolescência Programada	744
Sustentabilidade	109.803
Resíduo Sólido Eletrônico + Obsolescência Programada	32
Resíduo Sólido Eletrônico + Obsolescência Programada + Sustentabilidade	28
<i>Electronic Solid Waste</i>	57.729
<i>Scheduled Obsolescence</i>	2.057
<i>Sustainability</i>	656.485
<i>Electronic Solid Waste + Scheduled Obsolescence</i>	35
<i>Electronic Solid Waste + Scheduled Obsolescence+ Sustainability</i>	10

Fonte: elaborado pelos autores a partir do Portal de Periódicos da Capes, base de dados EBSCO.

Os dez artigos selecionados com as expressões conjuntas *Electronic Solid Waste + Scheduled Obsolescence + Sustainability* foram lidos na íntegra e suas principais informações como o nome do(s) autor(es), título da publicação; nome da revista que publicou o artigo e a síntese das principais conclusões do estudo foram sintetizadas no Quadro 2. Das 10 (dez) incidências apontadas com o uso dos termos procurados, 5 (cinco) relacionam-se com o tema da pesquisa e 2 (duas) podem ser associadas à pesquisa pelas contribuições gerais ao tema.

Quadro 2 - Estudos sobre obsolescência programada e geração de resíduos sólidos eletrônicos publicados entre 2001 e 2020 na base de dados EBSCO

Autor(es) Ano	Título do artigo	Revista	Resumo das principais constatações
VICTOR, Dennis; PERIATHAMBY, Agamuthu 2013	<i>Policy trends of e-waste management in Asia</i>	<i>Journal of Material Cycles and Waste Management</i>	O artigo examina as tendências políticas para a gestão de resíduos eletrônicos (<i>e-waste</i>) na Ásia. A obsolescência programada no setor eletrônico resultou na ampliação da geração de resíduo eletrônico. Vários países da Ásia estão desenvolvendo instrumentos e políticas públicas para a gestão de <i>e-waste</i> . O artigo conclui que os principais obstáculos para a gestão de <i>e-waste</i> na Ásia são: i) dependência excessiva da legislação para impulsionar a gestão de <i>e-waste</i> ; ii) adoção simplista de políticas de países desenvolvidos sem observar as questões locais. Para uma gestão eficiente de <i>e-waste</i> é necessária uma agenda nacional de desenvolvimento, com a inclusão da economia verde e da avaliação ambiental estratégica.
OHERTY, Jacob; BROWN, Kate 2019	<i>Labor Laid Waste: An Introduction to the Special Issue on Waste Work</i>	<i>Cambridge University Press</i>	A gestão de <i>e-waste</i> em países desenvolvidos e em desenvolvimento é um grande desafio gerando graves problemas ambientais. Percentual considerável do resíduo eletrônico gerado nos países desenvolvidos é exportado para países em desenvolvimento, onde são reciclados ou descartados sem preocupação com a poluição causada. Para minimizar o problema do <i>e-waste</i> , países estão criando leis para coibir a exportação ilegal e a reciclagem não licenciada de resíduo eletrônico. Essas legislações invocam o conceito de responsabilidade estendida do produtor com base no ciclo de vida dos produtos. Como é improvável que essa tendência se reverta no curto prazo, a solução seria reduzir drasticamente a geração de resíduos.

Autor(es) Ano	Título do artigo	Revista	Resumo das principais constatações
AMBROZI, Jade Siqueira Mendes <i>et al.</i> 2020	<i>Factors influencing the return of batteries and post-consumer batteries through reverse logistics: application of a conceptual model</i>	Revista GEPROS	No ano de 2016, cerca de 44 milhões de toneladas de <i>e-waste</i> foram gerados. Uma forma de minimizar o problema é a obrigação da adoção da Logística Reversa. Os autores utilizaram um modelo conceitual baseado na literatura, considerando: aspectos inerentes à vida útil dos produtos; cumprimento efetivo dos padrões ambientais; questões comportamentais do consumidor; e gestão do sistema de logística reversa. Desta forma, esta pesquisa trouxe como contribuição novos fatores que influenciam no retorno de baterias e no pós-consumo.
DINI, Rachale 2019	<i>“What We Excrete Comes back to Consume Us”: Waste and Reclamation in Don DeLillo’s Underworld</i>	<i>Interdisciplinary Studies in Literature and Environment</i>	A autora analisa o romance <i>Submundo</i> (1997), do romancista americano Don DeLillo, e faz uma relação com o descarte de produtos tóxicos. No romance, um dos protagonistas é especialista em armazenamento de resíduo tóxico. Assim, a história americana é contada a partir dos materiais enterrados nos aterros sanitários, resgatando o significado ontológico dos resíduos. Trabalha com fenômenos tão díspares - e aparentemente desconectados - como a vida cotidiana dos catadores de resíduo e necrófagos; as mudanças climáticas; a ideologia capitalista da obsolescência programada. O romance de DeLillo antecipa muitos desses esforços, mostrando como “tudo está conectado no ciclo de vida do produto, com ênfase a destinação final dos resíduos”. No texto, os resíduos estão imbricados em redes ou emaranhados de atores humanos e não humanos. É um produto da atividade humana, mas também gera “histórias” e emissões tóxicas.
AMAYA, Jorge; LELAH, Alan; ZWOLINSKI, Peggy 2014	<i>Design for intensified use in product-service systems using life-cycle analysis</i>	<i>Journal of engineering design</i>	O artigo apresenta uma abordagem para auxiliar na avaliação ambiental do <i>Product-Service Systems</i> (PSS) utilizando a análise do ciclo de vida (LCA) do produto. Compara as consequências ambientais de diferentes alternativas de <i>design</i> de PSS e as compara às de um caso hipotético de venda de produtos clássicos substituindo o PSS. Destaca requisitos característicos do PSS. Em seguida, um modelo de ciclo de vida PSS é proposto para executar LCA durante o processo do projeto. A intenção é auxiliar <i>designers</i> a calcular e comparar os impactos ambientais em vários cenários de ofertas alternativas de PSS, para facilitar a tomada de decisão durante a fase de projeto.
Desenvolvido pela UNCTAD com supervisão geral de Paul Akiwumi; Rolf Traeger (líder da equipe), Colaboradores: Binesware Bolaky, Agnès Collardeau-Angley, Pierre Encontre, Iacopo Monterosa, Tuba Busra Özsoy, Madasamyraja Rajalingam, Matfobhi Riba, Giovanni Valensisi e Stefanie West (a equipe desenvolvidos e programas especiais. UNCTAD	<i>The Least Developed Countries Report 2018</i>	UNCTAD	O Relatório foi desenvolvido pela <i>UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT</i> (UNCTAD) com destaque para o empreendedorismo transformador estrutural. Para atingir as metas da Agenda 2030, deve-se entender que o desenvolvimento sustentável exige uma reconfiguração radical dos padrões de produção e consumo, bem como mudanças na relação entre sociedade e o ambiente natural. O conceito de desenvolvimento está estruturado em torno de três dimensões de sustentabilidade: econômica, social e ambiental. A abordagem deve ser integrada e para fortalecer as capacidades produtivas contemplando três processos: acumulação de capital, progresso tecnológico e mudança estrutural. A dimensão comportamental define um empreendedor como um agente de mudança por meio da inovação. A importância do relatório para o tema da pesquisa está na indicação de políticas e responsabilidades no ciclo de vida do produto e ao indicar que o empreendedorismo pode ser estimulado pelas empresas grandes para o desenvolvimento de empreendedores pequenos nas diferentes etapas do ciclo de vida do produto até a sua destinação final, e que possibilitam um crescimento dinâmico e ambientalmente sustentável.
VENTURF, Anne P. M.; PURNELL, Phil; TREGENT, Mike; FERGUSON, John; HOMES, Alan 2018	<i>Co-Producing a Vision and Approach for the Transition towards a Circular Economy: Perspectives from Government Partners</i>	<i>Sustainability</i>	A economia do Reino Unido é dependente de produtos considerados não sustentáveis e que esgotam recursos finitos, produzindo emissões e resíduos que causam mudanças climáticas e degradação ambiental, impactando no bem-estar. O artigo apresenta uma perspectiva positiva para mudar a economia e a sociedade do Reino Unido por meio de práticas de gestão de resíduos e recursos que maximizam os valores dos materiais, circulando-os na economia pelo maior tempo possível. O artigo, ao comparar os resultados com os planos do governo em quatro nações do Reino Unido, mostra grandes diferenças na realização de uma economia circular. O artigo conclui com recomendações para capitalizar oportunidades de crescimento, inovação e infraestrutura resiliente, contribuindo para empregos de qualidade e bem-estar em todo o Reino Unido.

Fonte: elaborado pelos autores.

Além da síntese da produção científica acima registrada, na sequência serão analisados os textos científicos com as expressões conjuntas na língua portuguesa e na língua inglesa. A intenção em separar as duas análises se dá em função de observar como pesquisadores brasileiros se posicionam em suas pesquisas sobre a obsolescência programada e a geração de resíduos sólidos eletrônicos e como pesquisadores de outros países se posicionam sobre o tema.

Dessa forma, serão analisados detalhadamente, especificamente sobre o tema, 3 (três) textos científicos publicados em língua portuguesa e três artigos publicados em língua inglesa que tratam de resíduos sólidos eletrônicos, obsolescência programada e sustentabilidade e que foram publicados em periódicos revisados por pares.

3 A obsolescência programada na literatura brasileira

Na literatura brasileira, o primeiro artigo escolhido para análise, denominado “A Obsolescência Programada e Meio Ambiente: a geração de resíduos de equipamentos eletrônicos”, de autoria de Valéria Rossini e Samyra Haydeê Dal Farra Naspollini. O artigo foi publicado na Revista de Direito e Sustentabilidade no ano de 2017. Em seguida, o trabalho denominado “Marcados para Morrer”, que também será analisado aqui, de autoria de Nanda Barreto, foi publicado no ano de 2011, na Revista do Centro de Estudos em Sustentabilidade da EAESP. O terceiro texto para análise é o capítulo 3 da obra “A gestão de resíduos eletroeletrônicos no Brasil”, que foi organizada por Lúcia Helena Xavier e Tereza Cristina Carvalho, publicada no ano de 2014, e que conta com 4 capítulos que abordam a temática desta revisão da literatura. A escolha para análise é do Capítulo 3: *Design* e Sustentabilidade na Cadeia de REEE, de autoria de Lúcia Helena Xavier.

O primeiro artigo científico analisado, intitulado “Obsolescência Programada e Meio Ambiente: a geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos”, autoria de Valéria Rossini e Samyra Haidê Naspollini (2017), traz a estreita relação do aumento da geração de resíduo, leia-se resíduo eletrônico, com a mudança nos padrões de consumo. O método escolhido foi o dedutivo e utilização de documentação indireta. O artigo aborda temáticas já tratadas no presente estudo, como a questão ambiental e sua forte relação com os diversos tipos de obsolescência programada. Nesse sentido,

o tema deste artigo é a obsolescência programada analisada do ponto de vista da geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REE), também chamados de resíduo eletrônico, lixo tecnológico ou e-lixo. Foi abordada a efetividade da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, diante da problemática do aumento da geração de e-lixo provocado pelos atuais padrões de produção e consumo, que são incompatíveis com o desenvolvimento sustentável (ROSSINI; NASPOLLINI, 2017, p. 52).

Os autores apontam que foi em 1924 que se teve notícia do primeiro caso de obsolescência programada. A lâmpada elétrica foi a grande determinante desse comportamento, sendo que um grupo de fabricantes dos Estados Unidos e Europa estabeleceu que a vida útil deveria ser reduzida de 3.000 para 1.000 horas (ROSSINI; NASPOLLINI, 2017, p. 54).

Os autores mencionam neste trabalho, ainda, a modificação sofrida na sociedade de consumo, citando Zygmunt Bauman, quando este classifica a sociedade atual em “ilíquida”, instável e imediata, em que as pessoas deixaram o consumo de lado para viver o consumismo, conforme já mencionado

nesta pesquisa. Bauman menciona o hiperconsumir, como um estilo de vida ou ideal a ser alcançado (ROSSINI; NASPOLLINI, 2017, p. 54-57). Rossini, 2017). Já quanto às consequências ambientais, o referido trabalho trata a questão como uma despreocupação inicial com o meio ambiente, apenas com o desenvolvimento econômico e tecnológico. A ideia de sustentabilidade surgiu a partir das primeiras constatações de problemas ambientais, pois observou-se que a estratégia do desperdício

é baseada na alta rotatividade de produção, provocada por um aumento no ritmo da demanda: consome-se cada vez mais e cada vez mais rápido. A atual mentalidade de consumo (“comprar, descartar e comprar novamente”) e modelo de produção (baseado na obsolescência programada, “criado para ir para o lixo”) é incompatível com as metas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU13, revelando que, conseqüentemente, são insustentáveis, pois na produção colaboram para o aumento da emissão de gases de efeito estufa, que provocam mudanças climáticas, bem como com o aumento da geração de resíduos sólidos pós-consumo (ROSSINI; NASPOLLINI, 2017, p. 60).

O artigo também traz uma ideia de solução para a prática da obsolescência programada, propondo soluções mais imediatas, sendo que em um primeiro momento o ideal seria a tentativa de reparo do produto no índice mais alto possível, mas que, por óbvio, não teria o lucro esperado e não giraria a máquina do desenvolvimento econômico. Para os autores, o modelo ideal seria que um produto somente fosse descartado após esgotadas todas as possibilidades de reparo, o que não ocorre porque novos produtos são lançados a todo momento, substituindo modelos antigos. Essa conduta é estimulada pela propaganda, que instiga a ideia do novo, na troca de produtos ainda com vida útil plena. Um exemplo claro é o caso dos celulares (ROSSINI; NASPOLLINI, 2017, p.61)

Já no que tange à Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), o artigo traz uma abordagem ampla, inclusive mencionando o mecanismo da logística reversa, bem como os princípios ambientais constitucionais, que serviram de base à criação da lei, que levou mais de 20 anos para ser implementada. A referida lei baseia-se na responsabilidade de forma compartilhada, quando se faz referência ao ciclo de vida do produto, da forma que, tornando toda a cadeia responsável, poderia se buscar uma maior efetividade no cuidado com o meio ambiente (ROSSINI; NASPOLLINI, 2017).

Ao fim, como resultado de pesquisa, o trabalho afirma que a obsolescência programada, criada supostamente para resolver a crise econômica pré-revolução industrial, acabou criando um ciclo de desperdícios, que impacta consideravelmente o meio ambiente global, visto que:

a rápida evolução dos produtos eletroeletrônicos acelerou o descarte desses produtos em tempo cada vez menor, gerando como consequência um crescimento acentuado dos resíduos de equipamentos eletroeletrônicos, o que passou a ser uma preocupação mundial. Este modelo de produção, que incentiva o descarte, e a mentalidade de consumo, que não se preocupa com consequências, mas apenas com a felicidade momentânea da nova aquisição, são incompatíveis com as metas dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da ONU, que buscam padrões de consumo e produção responsáveis. Fala, finalmente, acerca de uma educação ambiental, voltada a uma efetiva aplicação da PNRS, aplicada à responsabilidade pelo ciclo de vida do produto, e acredita na solução através de um consumo responsável (ROSSINI; NASPOLLINI, 2017, p. 67).

O segundo artigo, “Marcados para Morrer”, escrito por Nanda Barreto (2011), além da consequente abordagem acerca da obsolescência programada, intitula nossa sociedade como descartável. Traz, de início, a conhecida Teoria da Lâmpada, que ocasionou questionamentos no que se refere ao tempo de vida útil atribuída ao produto, e o porquê não é efetivamente exercido esse tempo de duração.

O comportamento do quartel demonstrou práticas industriais não muito transparentes, baseando-se no comportamento da obsolescência programada, em que o comportamento é justamente a fabricação de produtos programados para funcionar por um curto período de tempo, devendo ser substituídos por outros mais modernos, com o intuito de impulsionar o consumo constante, como lógica do capitalismo (BARRETO,2011).

De um lado, o apelo pelo desenvolvimento econômico, que justificaria a implementação da prática da obsolescência programada, baseado na velha ideia de que os recursos naturais seriam inesgotáveis, e posterior e contrariamente, a preocupação ambiental e suas consequências.

Este trabalho, em especial, aborda a questão do consumidor lesado quando vê seu produto se tornar obsoleto. Traz exemplo de um aparelho celular de marca conhecida e sempre lembrado pelos consumidores e ressalta que a coordenadora do Instituto de Defesa do Consumidor (Idec), Lisa Gunn, crê que as normas de proteção ao consumidor salvaguardam os direitos individualmente, no entanto não se pode minimizar os danos ambientais que são infligidos pelo consumo excessivo e que as empresas deveriam efetivamente arcar com a responsabilidade pela degradação ambiental de seus produtos (BARRETO,2011). Percebe-se que:

o mercado incorporou o discurso da sustentabilidade a seu favor, mas pouco ou nada está sendo feito na prática. Os fabricantes precisam arcar com as consequências ambientais dos seus produtos e esse custo precisa ser maior do que o lucro que eles têm com a obsolescência programada (BARRETO,2011).

Em seguida, faz menção à reciclagem e reuso dos produtos, como prática pró meio ambiente, principalmente em relação aos resíduos eletrônicos, que contêm em sua composição metais pesados, fortemente causadores de poluição ambiental. Por fim, o artigo cita grupo chamado Metareciclagem, que tem por objetivo o reuso de equipamentos descartados, na montagem de produtos de última geração, isso porque a tecnologia, como nos é imposta, ainda é tida como uma caixa-preta, ausente de informações para que se possa destinar a outro uso ou mesmo reciclar (BARRETO,2011).

O último artigo da literatura em português em análise, “*Design e Sustentabilidade na Cadeia de REE*”, de autoria de Lúcia Helena Xavier, traz uma correlação entre a inovação e praticidade cada vez mais apresentada pelos produtos eletrônicos colocados no mercado, e o conceito de sustentabilidade. Chegando a afirmar que critérios ambientais são levados em consideração no projeto dos produtos, o que denomina de *design* para a sustentabilidade (XAVIER, 2014).

Fala que, com o uso do *design* para a produção de eletroeletrônicos, passou-se a priorizar muito mais o uso de materiais alternativos, em detrimento dos mais perigosos, ou que exigem maior gasto energético em sua produção. Seria uma medida na redução dos efeitos da obsolescência, uma vez que

o padrão de consumo e descarte de equipamentos eletroeletrônicos varia entre os países e observa-se uma significativa diferença entre o tempo de vida útil de equipamentos eletroeletrônicos (EEE) entre os países desenvolvidos e os países em desenvolvimento. Em

virtude, principalmente, da obsolescência tecnológica em países desenvolvidos, mesmo mantendo sua funcionalidade, os EEE têm o final de sua vida decretado em função da sua substituição por equipamentos mais novos e com maior potencial tecnológico (XAVIER, 2014, p. 58).

Este artigo, em verdade, trata mais da questão da produção de eletroeletrônicos que do descarte e da questão ambiental que é gerada com tal produção de resíduo. Fala mais em *design*, como o próprio título diz, mas traz a incidência dos termos trabalhados na pesquisa, nesse viés, comenta que por outro lado, “um produto pode atingir o final de sua vida útil em uma determinada fase do consumo”, contudo faz um alerta que “por ainda apresentar funcionalidades, pode ter sua vida útil estendida ao passar por manutenção e ser reincorporado por outras unidades nas quais seu consumo seja continuado” (XAVIER, 2014, p. 60).

Quanto ao gerenciamento de resíduos sólidos, a autora menciona que o Brasil tem se empenhado em estabelecer políticas públicas voltadas à sustentabilidade, como a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que, até antes mencionado por outro artigo, prioriza a logística reversa e atende à vida útil dos produtos. Também faz menção ao consumo exagerado e à conseqüente geração de resíduos eletroeletrônicos prejudiciais ao meio ambiente, bem como à atuação dos catadores no sentido de otimizar a logística reversa, e que tal ação fomenta cada vez mais a indústria da reciclagem (XAVIER, 2014).

Este artigo, muito mais que apresentar conceitos referentes aos temas, busca apontar soluções, mencionando a reciclagem como importante – econômica e ambientalmente – na recuperação de recursos utilizáveis. O que Xavier (2014) traz de mais relevante no estudo realizado é a ideia de uma proposta de retorno econômico, quando se faz a aplicação da logística reversa em produtos eletroeletrônicos, afirma que isso ocorreria quando a cadeia se torna mais eficiente e com menores chances de risco.

4 A literatura internacional sobre a obsolescência programada e a geração de resíduos sólidos urbanos

Na pesquisa na base de dados da EBSCO foram encontradas 10 incidências com os termos pesquisados na língua inglesa, sendo que um total de 07 (sete) artigos abordam a temática. Dentre os artigos resultantes da pesquisa, foram escolhidos 03 (três) para a análise, por possuírem maior compatibilidade com o tema aqui trabalhado. Portanto, os artigos escolhidos são os que mais possuem relação direta com o tema da pesquisa, e, por isso, é pertinente suas explicações.

O primeiro artigo, *Policy trends of strategic environmental assessment in Asia* de Victor e Periathamby (2013) aborda a política de gerenciamento dos resíduos sólidos no continente asiático. Trata da questão da obsolescência acelerada de produtos eletrônicos e da geração de mais resíduos eletrônicos, que acabam sendo descartados em países em desenvolvimento, como a Ásia, que agora se preocupa com políticas de gerenciamento do chamado *e-waste*.

Segundo estudos da União Européia, o descarte de resíduos sólidos eletrônicos é o que mais vem crescendo no mundo, em comparação a outros tipos de resíduos, estima-se que a produção vai de 20 a 50 milhões de toneladas todos os anos. Por isso, faz-se tão necessária a abordagem política no sentido de um planejamento de descarte mais sustentável. O artigo menciona a dificuldade de contabilizar o exato número de resíduos eletrônicos produzidos no mundo porque há uma forte tendência ao armazenamento

desses produtos em casa, sendo que as pessoas acabam não dando o descarte correto (VICTOR; PERIATHAMBY, 2013)

O estudo menciona a Convenção da Basileia – o acordo global mais abrangente sobre resíduos perigosos que já foi desenvolvido. O referido pacto, celebrado em 2002, busca, através da mudança no comportamento do consumidor, uma melhor gestão de resíduos, incentivando renovação, reutilização, recuperação de material e meios de reciclagem, voltados ao apoio político e institucional de uma gestão correta no setor ambiental (VICTOR; PERIATHAMBY, 2013)

Aborda, ainda, a gestão do resíduo eletrônico na China e no Japão. Sendo que, a China, uma das economias em maior crescimento no mundo, adotou medidas para amenizar a questão do descarte, com medidas impostas pelo Governo, como a proibição de importação do resíduo eletrônico de materiais perigosos desde 2000, dentre outras medidas. Já o Japão, instituiu duas leis no sentido do gerenciamento de resíduos eletrônicos, em que obrigam os consumidores a pagar pelo transporte e reciclagem dos produtos por eles descartados, e os fornecedores, por sua vez, são impelidos a estabelecer instalações adequadas para a reciclagem, bem como obrigados a atingir determinadas taxas de reciclagem, específicas para cada produto (VICTOR; PERIATHAMBY, 2013)

O artigo também trata das questões de descarte e reciclagem em países como a Índia e Bangladesh, afirmando que o maior problema da Índia é a importação de produtos eletrônicos de outros países e o descarte informal/doméstico dos resíduos de tais produtos. Também esclarece que o resíduo eletrônico ainda não possui regulamentação no país, porém, o Ministério do Meio Ambiente estabeleceu regras para o gerenciamento e manuseio, responsabilizando produtores pela coleta e manuseio dos resíduos de acordo com o conceito de responsabilidade do produtor. Em Bangladesh, também não há lei que regulamente especificamente acerca do descarte de resíduos eletrônicos, embora a reutilização de produtos eletrônicos seja uma prática comum no país (VICTOR; PERIATHAMBY, 2013).

Além disso, menciona que o gerenciamento do *e-waste* em países como Paquistão, Tailândia, Vietnã e Malásia. Traz tendências de desenvolvimento desses resíduos eletrônicos e conclui que é perceptível a existência de evolução ativa e abundante de medidas e legislação acerca do tema, na Ásia. Países como a Malásia, Vietnã e Paquistão estão desenvolvendo políticas de EPR (responsabilidade estendida do produtor). O mecanismo é visto globalmente como uma das formas mais eficazes de se lidar com o descarte de produtos eletrônicos (VICTOR; PERIATHAMBY, 2013),

[...] ao contrário do mundo desenvolvido, a implementação do EPR nos países em desenvolvimento é um grande desafio para os formuladores de políticas devido ao envolvimento ativo do setor informal. Isso pode indicar que os países da Ásia podem estar tentando acelerar a regulamentação do lixo eletrônico em seus países, adotando legislação de lixo eletrônico com base nas tendências legislativas internacionais de lixo eletrônico, especialmente no quadro legislativo de lixo eletrônico da União Europeia (VICTOR; PERIATHAMBY, 2013, p. 411)

Outra importante menção do estudo acerca do descarte do *e-waste* é a questão da informalidade, em que a reciclagem faz parte de uma parcela importante de pessoas que usam o resíduo eletrônico como fonte de renda. O que quer dizer que o resíduo possui um papel importante na economia de determinados países da Ásia, como na China, por exemplo. Demais questões importante trazidas nesse estudo dizem respeito ao inventário daquilo que é descartado como material considerado resíduo eletrônico e que o

desenvolvimento de infraestrutura e tecnologia de resíduos parece ainda ser muito limitado (VICTOR; PERIATHAMBY, 2013), pois

muitos países da Ásia estão usando “práticas de reciclagem de quintal” (BRP) para lidar com as altas quantidades de lixo eletrônico importado de países industrializados, bem como da produção doméstica. A queima aberta de lixo eletrônico é amplamente usada para recuperar metais como aço, alumínio e cobre de fios, capacitores e outros componentes do lixo eletrônico. O setor de reciclagem informal é muito ativo em vários países asiáticos, onde técnicas prejudiciais de desoldagem de placas de circuito para recuperar metais valiosos são muito comuns. O despejo a céu aberto de frações não valiosas também é comum e tem causado impactos ambientais e de saúde significativos (VICTOR; PERIATHAMBY, 2013, p. 411)

Até aqui o estudo concluiu que há uma forte tendência de desenvolvimento de políticas relacionadas ao resíduo eletrônico, no entanto, tal gestão só terá efetividade se implementada de acordo com condições e desafios socioeconômicos locais. Há diversos desafios, dentre eles a questão da reciclagem, que ocorre tanto pelo meio formal quanto pelo informal, gerando uma competição do setor. Em países como a China, o índice de coleta dos coletores informais atinge altos índices, mas a questão de extração de materiais valiosos só se mostra eficaz quando realizada por coletores formais, sendo que práticas adotadas por coletores informais podem resultar em maiores danos ambientais (VICTOR; PERIATHAMBY, 2013).

Como implicações políticas das tendências de desenvolvimento de resíduo eletrônico em países da Ásia, o artigo conclui que devem ser adotadas com cautela, levando em consideração as condições socioeconômicas locais e a eficácia potencial para lidar com as questões da informalidade. Seria necessário o registro do resíduo proveniente do setor informal, bem como o estabelecimento de bancos de dados nacionais acerca da coleta de resíduo (VICTOR; PERIATHAMBY, 2013, p. 415),

no entanto, ao contrário da abordagem convencional, que propõe a adoção de políticas e desenvolvimento legislativo de países desenvolvidos como uma abordagem imediata ou faseada, este artigo sugere que o desenvolvimento de políticas de lixo eletrônico pode exigir uma abordagem mais personalizada, em vez de abordar o lixo eletrônico isoladamente, deve ser tratado como parte da agenda de desenvolvimento nacional (VICTOR; PERIATHAMBY, 2013, p. 411).

O estudo concluiu que a política de gerenciamento do *e-waste* na Ásia indica que ocorre de forma positiva, especialmente para o gerenciamento do resíduo de forma sustentável, no entanto, a dependência excessiva de uma legislação pertinente pode impulsionar tal gestão. Por fim, o artigo sugere que a abordagem para o desenvolvimento de políticas sobre o tema precisa ser mais personalizada, uma vez que o tema é complexo, e a utilização da política em países desenvolvidos pode ser personalizada aos países em desenvolvimento, bem mais complexos e fortemente ligados ao setor informal. Por fim, afirma que as políticas existentes se mostram promissoras a longo prazo, desde que interligadas ao desenvolvimento sustentável (VICTOR; PERIATHAMBY, 2013).

O segundo artigo examinado, *Design for intensified use in product-service systems using life-cycle analysis* de Amaya, Lelah, e Zwolinski (2014) trabalha a questão do sistema de produtos e serviços, chamados PSS, em que atribui à pressão do mercado e a demanda contínua por novas tecnologias como

causas da crescente prática da obsolescência programada. Afirma que o PSS é um conjunto comercializável de produtos e serviços com capacidade de atender conjuntamente as necessidades do usuário. Tal conceito foca fortemente em atender às necessidades do cliente e, como consequência disso, maior atenção é dada a fase de uso do produto, bem como incluindo a manutenção e outras ações. Pode, ainda, o fabricante, mesmo mantendo as propriedades do produto, reutilizar, refabricar ou aumentar a vida útil do produto para obter maior lucro (AMAYA; LELAH; ZWOLINSKI, 2014).

Porém, embora as estratégias de PSS tenham demonstrado suas vantagens financeiras, ainda é necessário comprovar sua viabilidade ambiental para serem consideradas soluções sustentáveis. Para adotar um ponto de vista ambiental, é necessário avaliar o ciclo de vida do PSS para garantir que os impactos ambientais (EIs) não aumentem (por causa, por exemplo, de processos de manutenção ou uso inadequado por parte dos clientes). Na verdade, tais estratégias podem gerar EIs potencialmente não desprezíveis se forem implementadas incorretamente ou gerar melhorias ambientais apreciáveis quando implementadas de maneira adequada. Para ter certeza de seus efeitos, as estratégias de PSS devem ser descritas com precisão e modelos específicos devem ser desenvolvidos para avaliar seu desempenho ambiental (AMAYA; LELAH.; ZWOLINSKI, 2014, p. 281).

O trabalho tem por objetivo fornecer uma metodologia geral em relação ao PSS, bem como indicadores acerca do ciclo de vida útil dos produtos, esse último importante para projetistas que buscam quantificar os benefícios ambientais advindos dessa estratégia. É bem verdade que um produto introduzido no mercado pela estratégia do PSS busca destacar sua qualidade de sustentabilidade, diferente dos requisitos de um produto introduzido pelo meio clássico. Os primeiros devem ser mais robustos e possuir uma capacidade de vida útil estendida. “Na verdade, os produtos na fase de fim de uso que serão reutilizados um número desconhecido de vezes, devem ser sólidos o suficiente para passar pelo processo de recuperação e entrar em uma nova fase de uso” (AMAYA; LELAH; ZWOLINSKI, 2014, p. 282).

A estratégia do PSS, trabalhada no artigo em análise, visa aumentar o número de fases possíveis e diminuir o esforço necessário para que o sistema funcione, ou seja, os produtos devem possuir facilidades contratuais entre clientes e fornecedores, em que é fornecida uma manutenção preventiva, envolvendo serviços de consultoria e assessoria. Além disso, muitos produtos que utilizam essa estratégia podem usar da customização para atender necessidades específicas do cliente (AMAYA; LELAH; ZWOLINSKI, 2014).

Considerando questões ambientais, o método ainda oferece a oportunidade de se intensificar o uso do produto, em forma de compartilhamento, sempre observado o comportamento do usuário no ganho de eficiência do produto, uma vez que,

durante o processo de compartilhamento de recursos, o PSS deve conservar o mesmo nível de serviços de manutenção que as ofertas clássicas com consumo de recursos equivalente, a fim de confirmar EIs mais baixos. Caso contrário, torna-se necessário comparar os impactos evitados com a intensificação do uso com os induzidos pela instalação das novas soluções de manutenção (em termos de serviços e produtos) (AMAYA; LELAH; ZWOLINSKI, 2014, p. 283).

Tais ofertas são consideradas ambientalmente positivas, mesmo que ainda seja difícil mensurar a relevância e benefícios ambientais da estratégia do produto e serviço. A conduta, que visa uma melhor

disponibilidade e compartilhamento de produtos não precisa ser unicamente mais rentável, e sim ambientalmente mais eficiente. É justamente o objetivo do artigo aqui analisado, voltar os olhos ao meio ambiente e avaliar o ciclo de vida do produto, que quando intensificado, precisa continuar sendo eficiente, considerando o tempo em que o produto se mantém capaz de exercer sua funcionalidade necessária, ou seja, o tempo que o produto permanece na sua fase de uso (AMAYA; LELAH; ZWOLINSKI, 2014). Nesse sentido,

obviamente, existe uma relação entre a vida útil técnica e o tempo de prestação do serviço. Se a vida útil técnica for superior ao tempo de prestação do serviço, os produtos têm capacidade para garantir a oferta do PSS no mercado durante a prestação prevista do serviço. Caso contrário, se o tempo de prestação do serviço for superior ao tempo de vida técnico, os produtos usados no PSS não serão capazes (suficientemente robustos) de suportar a oferta durante o tempo de mercado do PSS. Para manter a mesma qualidade de serviço, novos produtos capazes de atender às demandas devem substituir os produtos desgastados, pelo tempo necessário para cobrir o tempo de prestação do serviço (AMAYA; LELAH; ZWOLINSKI, 2014, p. 287).

O estudo aborda ainda a questão do *design* – e *ecodesign* – para que possa ser efetivamente exercida a prática do PSS, pois, durante o processo de *design*, várias opções de ciclo de vida são trabalhadas, e a melhor escolha deve ser aquela que menos danos trará ao meio ambiente. Para tanto, utiliza o estudo de caso de um modelo de aluguel de bicicletas, na cidade de Lyon e apresenta diversos cenários de utilização do sistema. (AMAYA; LELAH; ZWOLINSKI, 2014, p. 287).

O artigo discute um estudo de caso hipotético, para avaliar o *design* empregado no caso do aluguel das bicicletas, e conclui que questões de *design* devem ser avaliadas caso a caso, preferencialmente em tempo real. Ainda, questões ambientais podem ser estendidas às avaliações de questões econômica. Assim, é preciso identificar os atores envolvidos na técnica do PSS, para que o serviço possa avançar corretamente, integrando e atribuindo a função de cada um dos parceiros do sistema (AMAYA; LELAH; ZWOLINSKI, 2014).

Finalmente, conclui a pesquisa que a estratégia PSS é excelente ferramenta na busca da sustentabilidade, mas para isso precisa de uma atenção redobrada e cuidadosa de todas as etapas do sistema e o estudo percebeu que é preciso atenção especial aos parâmetros do projeto, que busca melhorar a fase de uso de um determinado produto por meio de uso intensificado ou manutenção aprimorada. Então quando a estratégia aqui estudada for aplicada de forma correta, é possível alcançar uma redução drástica dos impactos ambientais ocorridos em cada uso do produto (AMAYA; LELAH; ZWOLINSKI, 2014).

O terceiro artigo analisado tem como título “O que excretamos volta para nos consumir? Resíduos e recuperação no submundo de Don Delli” de Dini trabalha o assunto nas obras do mencionado autor, considerando que, no romance intitulado de “Submundo”, as questões do desperdício são mais trabalhadas. No romance, o autor relata que se pensava em resíduo já há mais de 20 anos, o que justificaria a escrita da obra, e sugere significados para ele, como ter valor cultural, evidenciar algo além da humilhação, e os aterros sanitários servem para contar a história americana (DINI, 2019, p. 165).

O referido artigo aborda trechos do romance e faz contrapontos, tal como a expressão “lixo é a história secreta”, em que o autor menciona que os romances de DeLillo remetem a recuperar o significado

de desperdício. A obra relata a questão dos resíduos de resíduo nuclear, na cidade de Nova York, e constata que os resíduos funcionam tanto como uma espécie de pano de fundo temático, como elemento do enredo (DINI, 2019, p. 168).

O estudo demonstra ainda que a obra “Submundo” consegue demonstrar também como é fácil a reutilização dos resíduos, podendo até mesmo ser incorporada em um empreendimento comercial, e que os consumidores conseguem ver o presente como passado – em que os produtos que ainda estão à venda já são vistos como resíduo. “Para DeLillo, essa percepção do presente como passado está atrelada à natureza do consumismo do final do século XX, em que os consumidores estão cientes da futura obsolescência de suas compras” (DINI, 2019, p. 169). DeLillo chega a mencionar que os pecados do consumo podem ser percebidos em uma usina de reciclagem, e

os aspectos nacionais e transnacionais das representações de desperdício de DeLillo, seu questionamento da cultura do capitalismo tardio durante e após a Guerra Fria e a percepção de como a identidade nacional e o mito são construídos só podem ser verdadeiramente compreendidos quando examinados em conjunto com a representação de Staten de DeLillo Island’s Fresh Kills, a presença subjacente Submundo’ s muitas narrativas diferentes, e que podem ser vistas refletidas na própria estrutura em camadas do romance (DINI, 2019, p. 173).

O autor do estudo relata personagens do romance e traz um contraponto entre o resíduo produzido, chegando a reportar ao cheiro daquilo que se joga fora, e a desconexão do mundo material, e ainda critica veemente a obsolescência programada e a cultura do consumo. Ao final, conclui que a obra quando critica a cultura do consumismo, atribuindo aos personagens questões como desperdício, deixa claro até mesmo o que as próprias palavras trazem de ambíguo no uso dos termos, e infere ainda que todos os objetos podem vir a ser resíduos, sugerindo afinidades entre a maneira como se dá significados às coisas e a forma como se usa na linguagem (DINI, 2019).

5 Considerações finais

A prática da obsolescência programada no setor eletrônico tem resultado no aumento significativo de resíduos sólidos. Chama a atenção na revisão da literatura a denúncia de que países desenvolvidos “exportam” para países mais pobres um alto volume de resíduos eletrônicos, sem demonstrarem qualquer preocupação com a poluição causada em países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento e os danos à saúde humana, tanto de quem manipula os resíduos eletrônico ou das comunidades próximas quando o *e-waste* não é descartado corretamente. Essa prática tem gerado reações internacionais de indignação, sendo exigidas normativas urgentes para coibir a exportação de resíduos eletrônicos.

Para uma gestão eficiente de *e-waste* e diminuir a obsolescência programada é necessária uma agenda internacional de desenvolvimento sustentável e consumo sustentável, com a conscientização do consumidor, adoção da logística reversa por todas as empresas em nível global, ampliação do prazo da vida útil do produto com possibilidade de reparo, obrigatoriedade de disponibilização de peças de reposição durante um período maior, fomento à economia verde e da avaliação ambiental estratégica.

Apesar do grande avanço conceitual em relação ao tema, a revisão da literatura aponta que ainda há muito a se pesquisar, quando se considera a carência de evidências empíricas que indiquem a busca pela sustentabilidade; quando se trata da prática da obsolescência programada e o conseqüente descarte

de resíduos sólidos eletrônicos decorrente, bem como, quando se trata da busca realizada com base na associação das palavras de sustentabilidade, obsolescência programada e descarte de resíduos sólidos.

Por fim, indica-se que para além das normas de comando e controle, são necessárias medidas restritivas às empresas em aspectos fiscais/econômicos e financeiros para aquelas que deliberadamente desenvolvem práticas de redução artificial de produtos, bem como exigência de parâmetros que assegurem que o produtor deverá indicar no rótulo de seus produtos a qualidade dos mesmos e a duração de vida esperada, a indicação de possibilidade de reparo e de disponibilidade de peças de reposição e gestão dos resíduos.

Referências

AMAYA, J.; LELAH, A.; ZWOLINSKI, P. Design for intensified use in product–service systems using life-cycle analysis. **Journal of Engineering Design**, v. 25, n. 7, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/09544828.2014.974523>.

AMBROZI, Jade Siqueira Mendes *et al.* **Factors influencing the return of batteries and post-consumer batteries through reverse logistics: application of a conceptual model.** Revista GEPROS, v. 15, n. 3, 2020. DOI: <https://doi.org/10.15675/gepros.v15i3.2643>.

BARRETO, Nanda. Marcados para morrer. **Centro de Estudos em Sustentabilidade da EAESP**, n. 56, set. 2011.

BRASIL. Presidência da República. **Lei n. 8.078, de 11 de setembro de 1990.** Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8078.htm>. Acesso em: 05 jan. 2023.

DINI, Rachele. O que excretamos volta para nos consumir: Resíduos e recuperação no *submundo de Don DeLillo*, **ISLE: Estudos Interdisciplinares em Literatura e Meio Ambiente**, v. 26, n. 1, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1093/isle/isz004>.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES, J. A. V., Jr. **Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia.** Porto Alegre: Bookman, 2015.

GALBRAITH, Jonh Kenneth. **A Sociedade Afluente.** Tradução de Carlos Afonso Malferrari. São Paulo: Pioneira, 1987.

GERBASE, Annelise Engel; OLIVEIRA, Camila Reis de. Reciclagem do lixo de informática: uma oportunidade para a química. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 35, n. 7, p. 1486-1492, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000700035>.

HOBSBAWM, Eric. **Era dos Extremos: o breve século XX (1914-1991).** São Paulo: Cia das Letras, 2000.

JOAQUIM, Juliana Mattos dos Santos; VIEIRA, Patrícia Ribeiro Serra. A obsolescência programada no contexto das relações de consumo. **Caderno de Direitos e Políticas Públicas**, a. 2, v. 1, n. 1, jan./jun., 2020. Disponível em: <<http://seer.unirio.br/index.php/cdpp/article/view/10181/8634>>. Acesso em: 04 jan. 2023.

OHERTY, Jacob; BROWN, Kate. **Labor Laid Waste: An Introduction to the Special Issue on Waste Work.** London: Cambridge University Press, 2019. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/international-labor-and-working-class-history/article/abs/labor-laid-waste-an-introduction-to-the-special-issue-on-waste-work/E95C89BADFA6EBB4C878AB2745A96210>>. Acesso em: 05 jan. 2023.

ROSSINI, Valéria; NASPOLINI, Samyra Haydêe Dal Farra. Obsolescência Programada e Meio Ambiente: A geração de resíduos eletroeletrônicos. **Revista de Direito e Sustentabilidade**. v. 3, n. 1, jan./jun. 2017. Disponível em: <<http://indexlaw.org/index.php/revistards/article/view/2044>>. Acesso em: 05 jan. 2023.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. **Rev. bras. fisioter.** São Carlos, v. 11, n. 1, jan./feb. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-35552007000100013>. Acesso em: 05 jan. 2023.

SÁNCHEZ-LEÓN, Ignacio. **La moral inmoral**: cuestión de ética española. Bloomington: Palibrio, 2015.

SEURING; S., GOLD, S. Conducting content-analysis based literature reviews in supply chain management, **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 17, n. 5, p. 544-555, 2012. Disponível em: <<https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/13598541211258609?journalCode=scm>>. Acesso em: 05 jan. 2023.

SEVERIANO, Maria de Fátima V. **Narcisismo e Publicidade**: uma análise psicossocial dos ideais de consumo na contemporaneidade. 2. ed. São Paulo: Annablume, 2007.

SILVA, Ana Beatriz B. **Mentes consumistas**: do consumismo à compulsão por compras. 1. ed. São Paulo: Globo, 2014.

XAVIER, Lúcia Helena. Design e Sustentabilidade na Cadeia de REEE. In: XAVIER, L. H.; CARVALHO, T. C. (Org.). **Gestão de Resíduos Eletroeletrônicos**: uma abordagem prática para a sustentabilidade. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT (UNCTAD). **The Least Developed Countries Report 2018**. 2018. [E-book]. Disponível em: <https://unctad.org/system/files/official-document/ldcr2018overview_en.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2023.

VENTURE, Anne P. M. *et al.* Co-Producing a Vision and Approach for the Transition towards a Circular Economy: Perspectives from Government Partners. **Sustainability**, v. 10, n. 1401, 2018. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/10/5/1401/htm>>. Acesso em: 05 jan. 2023.

VICTOR, Dennis; PERIATHAMBY, Agamuthu. Policy trends of strategic environmental assessment in Asia. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 15, n. 4, out. 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1462901114000628>>. Acesso em: 05 jan. 2023.

Materiais de disciplinas da pós-graduação, dissertações e teses

COMPREENSÕES E INCOMPREENSÕES SOBRE O TERMO SUSTENTABILIDADE

Valtuir Soares Filho¹
Júlia Elisabete Barden²

Resumo: Sustentabilidade é um termo que procura integrar a harmonia entre o ser humano, a natureza e as atividades econômicas e objetiva expressar o desejo de que um processo, ou sistema, seja sustentado e harmônico, utilizando-se dos recursos da atualidade sem esgotar os do amanhã. Portanto, cada vez mais no cenário individual e organizacional o termo se faz presente tendo em vista a necessidade de evidenciar a busca por um equilíbrio das relações e dos processos com o ambiente, de maneira a valorizar o meio ambiente, as pessoas e tudo que dele depende. Trata-se de um conceito em construção, para além do clássico tripé da sustentabilidade (ambiental, econômico e social), visto que a sociedade evolui em sua forma de se relacionar com o seu meio. Sendo assim, por meio de uma revisão bibliográfica não exaustiva sobre o tema, este capítulo tem como objetivo apresentar a evolução do termo sustentabilidade e seus desdobramentos.

Palavras-chave: Desenvolvimento Sustentável. Dimensões da Sustentabilidade. *Triple Bottom Line*.

Introdução

As expressões “Desenvolvimento Sustentável” e “Sustentabilidade” guardam certa similitude e, muitas vezes, são utilizados como sinônimos, contudo são termos distintos e seus sentidos comungam com vias ao equilíbrio entre atividade humana e preservação de recursos naturais esgotáveis. Não sendo sinônimos apresentam algumas características comuns, pelo fato de se estarem inclinados sobre os problemas ambientais e os resultados das relações entre economia e sociedade.

“Desenvolvimento sustentável” foi primeiramente divulgado por Robert Allen, no artigo “*How to Save the World*” (Como Salvar o Mundo), quando sumariza o livro “*The World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Development*” (Estratégia Mundial para a Conservação) (PRESCOTT; SCOTT, 1980).

Em 1973, o Secretário-Geral de Estocolmo-72, Maurice Strong, utilizou, pela primeira vez, a palavra “ecodesenvolvimento” para definir uma proposta de desenvolvimento ecologicamente orientado, capaz de impulsionar os trabalhos do então recém-criado *United Nations Environment Programme* – UNEP. Sachs (2018) define ecodesenvolvimento como o desenvolvimento socialmente desejável, economicamente viável e ecologicamente prudente.

Para Sartori e Siloto (2013), desenvolvimento sustentável é o caminho para se alcançar a sustentabilidade. Esse consenso coaduna com Grosfoguel (2009; 2016), que o denomina como um pensamento de colonialidade global. Em seu entendimento, há uma construção eurocêntrica do que vem a ser sustentável, remetendo-se ao pensamento de colonialidade que só pode, decerto, difundir

1 Doutor em Ciências: Ambiente e Desenvolvimento/Univates – Professor Adjunto da Universidade Federal do Tocantins.
E-mail: valtuir@uft.edu.br

2 Doutora em Economia/UFRGS – Professora do Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento/Univates.
E-mail: jbarden@univates.br

uma concepção do que é sustentável, ou não, a partir da premissa de que exista compatibilidade entre desenvolvimento e sustentabilidade.

Sustentabilidade é um termo complexo, o qual parte de um sistema de valores, com foco ao longo do tempo. Portanto, não é possível um consenso homogêneo. Contudo, apesar da variação de entendimento sobre ele, existe certo grau de harmonia sobre o termo sustentabilidade, em relação às necessidades de se reduzir a poluição ambiental, eliminar os desperdícios e diminuir o índice de pobreza (ROMEIRO, 2012).

De acordo Feil e Schreiber (2019), o conceito de sustentabilidade, provavelmente, se originou nos séculos XVII e XVIII, quando o declínio das florestas na Europa levou à ideia de que a produção sustentada dos recursos florestais poderia ser alcançada por intermédio da conservação e do reflorestamento. Entretanto, ela pode ser mais antiga ainda. Para Warde (2018), a invenção do termo - como o autor prefere chamar, poderia ter ocorrido entre os anos de 1500 e 1870, em virtude de intempéries climáticas que diminuíram a produção de alimentos e, conseqüentemente, o aumento da fome, na Inglaterra e parte da Europa. Com isso, muito antes das pessoas se preocuparem com a capacidade da terra de proporcionar seus benefícios em longo prazo, aos governantes europeus foram apresentados à condição de garantir que os produtos da terra chegassem àqueles que deles necessitam.

Diante disso, por décadas, o termo sustentabilidade evoluiu e deixou de ser um discurso contra a extinção dos recursos planetários para se fazer presente na vida em sociedade local e global. Entretanto, apesar de sua evolução, o conceito não está pronto e acabado. A polissemia da aceção de sustentabilidade conduz a saberes e dimensões no mesmo sentido polissêmico. O tripé originário da sustentabilidade pautado no ambiental, social e econômico seguiu dessa evolução e a ele foram agregadas novas dimensões para tentar traduzir a multiplicidade da ideia do que é sustentável em uma sociedade líquida e diversificada. Sendo assim, o objetivo é apresentar a evolução do termo sustentabilidade e seus desdobramentos.

Sustentabilidade, conceito e concepções

Historicamente, o conceito de sustentabilidade tem suas raízes nas obras do escritor inglês John Evelyn, em 1664, e do estadista francês Jean Baptist Colbert, em 1669, os quais tinham em suas publicações chamadas para o restabelecimento e conservação das florestas que mesmo estando o foco na Europa. Ambos os livros incluíam a ideia de que a geração atual é responsável pelas gerações futuras.

Em 1713, Hanns Carl Von Carlowit publicou o livro “*Sylvicultura Oeconomica*” introduziu, pela primeira vez, o termo sustentável em seu sentido moderno: em alemão, “*nachhaltende Nutzung*”, referindo-se ao uso sustentável ou uso sustentado dos recursos florestais (FEIL; SCHREIBER, 2019; ESTOQUE, 2020).

Nos últimos três séculos, trabalhos influentes contribuíram com a ampliação do conceito de sustentabilidade, tal como ocorreu no Século XXI. Dentre estes, destacam-se *An Essay on the Principle of Population*, em 1798, de Thomas Robert Malthus, *Man and Nature*, em 1864, de George Perkins Marsh, *The Limits of the Earth*, por Fairfield Osborn em 1953, *The Silent Spring*, em 1962, por Rachel Carson, dentre outros (FEIL; SCHREIBER, 2019; ESTOQUE, 2020).

As pesquisas, bem como seus respectivos autores, foram ilustradas nesse texto em virtude das revisões do conceito de sustentabilidade e sua origem comumente citada. Em suas teorias, os referidos

autores abordaram, inicialmente, problemas relacionados ao consumo de bens naturais e sua escassez como o da madeira, com propostas de proteção e restauração dos recursos naturais relacionados a ela. Além disso, problematiza também a maneira com que sua escassez se converteria em uma crise econômica, sugerindo alternativas de eficiência no consumo e reaproveitamento de energia em habitações e indústrias, substituição da madeira pelo fóssil e o reflorestamento.

As décadas de 1960 e 1970 foram marcadas por crises ambientais. O contingente de pessoas atingidas por calamidades naturais dobrou a cada ano no percurso de tempo mencionado. Em razão dessas crises ambientais, a dimensão social da economia se viu exposta, a partir desse cenário de crise ambiental, se foi incentivando iniciativas globais para a criação de organismos internacionais para discutirem os efeitos da crise e, conseqüentemente, os debates e a busca de soluções para os problemas (JUNQUEIRA *et al.*, 2012).

A obra “Primavera Silenciosa”, de Rachel Carson, lançada em 1960, se tornou um marco na construção do conceito de sustentabilidade, por expressar a inquietude de cientistas e estudiosos sobre a relação e interação entre as questões ambientais e a ação empresarial. No relatório Brundtland em 1988, o desenvolvimento sustentável é definido como a capacidade do sistema em atender às necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender suas necessidades. A definição remete à ideia de que, no processo de atender às necessidades, o ônus não deve ser transferido para outras pessoas, no caso de uma geração para gerações que ainda estão por vir.

É uma definição que ultrapassa a fronteira das organizações legando à humanidade a busca por uma sustentabilidade em nível integral. Já na década de 1990, a definição de sustentabilidade se vincula à ideia da melhoria da qualidade da vida humana, ao respeitar a capacidade do ecossistema. Nessa readaptação conceitual, a ONU afirma que é possível instaurar outro modelo desenvolvimentista, que alie qualidade de vida e proteção ambiental.

A partir de 2002, passa a ser adequado utilizar a expressão “Sustentabilidade” pela consolidação das perspectivas ecológica, social, espacial, econômica; destacando que a importância se dá através do equilíbrio destas dimensões. A contribuição mais recente, em 2015, para o avanço da sustentabilidade foi a Agenda 2030, a qual apresenta os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Este documento enumera dezessete objetivos sobre diferentes aspectos da vida humana e o ambiente em seu entorno, para serem alcançados até 2030, como forma de buscar a sustentabilidade do planeta. De acordo com essa agenda, os ODS serão monitorados por metas e acompanhados por indicadores, estabelecidos com ampla participação social.

O Quadro 1, a seguir, apresenta uma linha do tempo, de modo a destacar os principais eventos nacionais e internacionais que contribuíram para as discussões em torno do termo sustentabilidade. Há uma evolução em torno da temática e um envolvimento de vários segmentos da sociedade organizada no intuito de promover o debate e construir estratégias para a promoção da sustentabilidade local, regional e global.

Quadro 1- Iniciativas em prol da sustentabilidade a partir da década de 60

<p>1957- Roger Revelle estuda o aumento da emissão de CO₂ com pouco impacto na pesquisa.</p>	<p>1962- livro Primavera Silenciosa, de Raquel Carson, lançamento do movimento ambientalista.</p>	<p>1968- Cria-se o clube de Roma por um grupo internacional que debate entre outros assuntos o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável.</p>	<p>1968- Conferência da Unesco sobre o uso da biosfera ou conferência da biosfera de Paris, tem como objetivo central tratar da conservação e do uso sustentável da biosfera.</p>	<p>1971 - Criação do programa MAB- Programa Homem Biosfera, surge da conferência biosfera para promover conhecimento, a prática e os valores humanos para implementar boas relações entre as populações e o meio ambiente em todo planeta</p>	<p>1972 - Clube de Roma apresenta o livro O limite do Crescimento, que modelou as consequências do crescimento rápido da população mundial considerando os recursos naturais limitados.</p>
<p>1972- Conferência das Nações Unidas sobre meio ambiente e desenvolvimento em Estocolmo, Suécia, foi a primeira grande reunião de chefes de estado organizada pela ONU para tratar das questões relacionadas à degradação do meio ambiente.</p>	<p>1980 - Estratégia Mundial para Conservação a União Internacional para Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (UDCN) publicou a estratégia de conservação Mundial que determinou um precursor do conceito de desenvolvimento sustentável</p>	<p>1983- A Comissão Mundial para o Desenvolvimento e Meio Ambiente (CMMAD) é criada em resposta a uma decisão da 38ª assembleia geral da ONU, comissão essa presidida pela primeira-ministra da Noruega <i>Gro Harlem Brundtland</i>.</p>	<p>1987- Publicado em Londres Relatório da CMMAD denominado Nosso Futuro Comum, também conhecido como relatório de <i>Brundtland</i>. Neste documento o desenvolvimento sustentável é concebido como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades.</p>	<p>1988- Painel Internacional para Alterações Climáticas foi criado pela Organização Meteorológica Mundial pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente sua função foi sintetizar e divulgar informações científicas sobre mudanças climáticas.</p>	<p>1991- Segunda estratégia Mundial para conservação da terra cuidando da terra documento do UCN, PNUMA, WWF. Mais abrangente que o formulado anteriormente baseado no informe debutante preconiza o reforço dos níveis políticos e sociais para construção de uma sociedade mais sustentável.</p>
<p>1992 - Eco-92 conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente e o desenvolvimento também conhecida como Eco-92 Cúpula, da terra e Rio-92, com o objetivo de debater os problemas ambientais mundiais.</p>	<p>1994 - O conceito do Tripé da Sustentabilidade foi criado pelo britânico John Elkington, sociólogo e consultor que designou que a sustentabilidade deve ser entendida e tratada por meio de três pilares básicos: o ambiental, o social e o econômico. Portanto, as empresas, especialmente, devem buscar fundamentar sua atuação de forma a trabalhar esses três conceitos de forma harmoniosa em busca do real desenvolvimento sustentável.</p>	<p>1997- Rio + 5 congresso realizado em Nova Iorque foco na implementação da Agenda 21 e criação do protocolo de Kyoto</p>	<p>1998 - Lançamento do IDH, o primeiro relatório de Índice de Desenvolvimento Humano- IDH pela ONU, com o objetivo de analisar e medir como as pessoas vivem através de três fatores básicos: longevidade, saúde e renda. Até então, o principal parâmetro de desenvolvimento era o Produto Interno Bruto (PIB), uma ótica puramente econômica que não levava em consideração valores sociais e políticos. Mas, em 1998, o Brasil foi um dos primeiros países a adaptar o IDH para o âmbito municipal, o que garante um índice mais refinado</p>	<p>2000 - Primeiro Fórum Mundial de âmbito ministerial em Malmö - Suécia criada a Declaração de Malmö, que examina as novas questões ambientais para o século 21 e adota compromissos no sentido de contribuir mais efetivamente para o desenvolvimento sustentável</p>	<p>2000- Lançamento dos Objetivos do Milênio - ODM. Com a declaração, as Nações Unidas comprometeram a uma nova parceria global para reduzir a pobreza extrema em uma série de oito objetivos com um prazo para o seu alcance até 2015.</p>
<p>2002- Rio + 10 Cúpula Mundial Sobre o Desenvolvimento Sustentável em Johannesburg, conduziu a avaliação das metas estabelecidas na Conferência Rio-92 e reforça aos Estados para o compromisso com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.</p>	<p>2005- Protocolo de Kyoto, criado em 1997 entrou em vigor obrigando países desenvolvidos a reduzir os gases que provocam o efeito estufa, além do estabelecimento do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo- MDL para os países em desenvolvimento.</p>	<p>2007- Relatório do painel das mudanças climáticas, relatório apontando as consequências do aquecimento global até 2100, caso nada seja feito.</p>	<p>2010- ISO 26000 <i>International Organization for Standardization</i>, divulga norma para Responsabilidade Social. Impacta nas organizações contribuindo para o engajamento em projetos sociais e visando o desenvolvimento sustentável.</p>	<p>2012- Rio + 20 realizado no Rio de Janeiro a conferência da ONU sobre o desenvolvimento sustentável com o objetivo de avaliação da política ambiental com a produção de documentos intitulado o Futuro que Queremos.</p>	<p>2015- XXI Conferência do Clima- COP 21 em Paris surge um novo acordo com o objetivo central de fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima e de reforçar a capacidade dos países para lidar com impactos decorrentes dessas mudanças.</p>
					<p>2015- Agenda 2030, a qual apresenta os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)</p>

Fonte: Adaptado de Dias (2011); Junqueira (2012), Estoque (2020)

Os problemas ambientais, pelos quais passa a sociedade, são de sua própria autoria. Trata-se de uma consequência direta da maneira como a humanidade se comportou nos últimos 300 anos, desde a Revolução Industrial. Ao longo do tempo, o tema sustentabilidade foi, aos poucos, incorporado à agenda mundial de discussões, à medida que a sociedade foi se deparando com o agravamento da crise ambiental, seja de desastres ambientais naturais ou provocados pelo homem. O meio ambiente natural tem padecido perante os impactos das ações capitalistas.

A revolução industrial trouxe consigo uma demanda muito grande de recursos naturais, caracterizada pela exploração do solo e da mão-de-obra, com a geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos muito além da capacidade de resiliência do meio natural. A degradação e o uso irracional das reservas naturais, que se intensificaram no século XX, agravaram a crise ambiental.

Aliado à crise no meio ambiente, tem-se as mazelas sofridas pelas populações mundiais, junto à globalização e à facilidade de trânsito entre nações multiplica-se a disseminação de vírus, doenças, pestes, sem contar a fome que se alastra, inclusive pelos grandes centros urbanos. Para Leff (2003; 2018), a crise ecológica dos anos 2000, pela primeira vez, não é uma mudança natural. Trata-se de uma transformação da natureza induzida pela concepção metafísica, filosófica, ética, científica e tecnológica do mundo.

Na corrente das crises mundiais, os anos 2020 foram marcados pelo evento da Covid-19, o qual impôs mudanças globalizadas das relações em sociedade. Alguns cenários prováveis de mudanças começam a emergir, não somente durante a pandemia, mas também se percebe que serão notáveis no período pós-pandemia, como a necessidade do planejamento para se alcançar um mundo mais sustentável e menos individualista. Neste contexto, a pandemia tem o mesmo poder simbólico da Primeira Guerra Mundial, a qual foi vista como um marco que acabou com o século XIX, gerando mudanças drásticas, em pouco tempo, e levando o mundo a um novo período. Com o isolamento social imposto pela pandemia, crescem as discussões/reflexões, em quase todos os países do mundo, sobre hábitos, costumes, forma de viver, e, por conseguinte a relação da sociedade com a sustentabilidade (MACHADO; RICHTER, 2020)

Contudo, Feil e Schreiber (2019) evidenciam que nem tudo está posto e acabado no que se refere ao termo sustentabilidade. Na concepção de muitos pesquisadores mundiais, o termo é definido como incipiente, amorfo, confuso, dentre outros significados como no Quadro 2 a seguir:

Quadro 2- Incompreensões do termo sustentabilidade

Definições do termo sustentabilidade	Autor/ano
Vago	LÉLÉ, 1991; MEBRATU, 1998; PAEHLKE, 2005; ADAMS, 2006; MOLDAN <i>et al.</i> , 2012; MORRIS, 2012
Amorfo, com múltiplos significados	LÉLÉ, 1991; MEBRATU, 1998; WRIGHT, 2002; PAEHLKE, 2005; CIEGIS <i>et al.</i> , 2009; MORI; CHRISTODOULOU, 2012; SLIMANE, 2012
Inútil	COSTANZA; PATTEN, 1995; CIEGIS <i>et al.</i> , 2009
Insuficiente para conduzir as transições na adaptação das relações humanas com a biosfera para o futuro	ADAMS, 2006
Abrangente, congregando uma ampla gama de ideias	LÉLÉ, 1991
Pouco explicado	SARTORI <i>et al.</i> , 2014
Incompreendido	EKINS <i>et al.</i> , 2003
Acessório de moda	HASNA, 2010
Senso comum	MOLDAN <i>et al.</i> , 2012
Confuso e controverso	YOLLES; FINK, 2014

Fonte: Adaptado de Feil e Schreiber (2019).

O termo sustentabilidade é lastreado em conceitos fundamentalmente diferentes, cada um com reivindicações válidas, em que a busca por uma única definição parece inútil. A existência de múltiplos significados é tolerável se cada analista descreve claramente o que ele entende por sustentabilidade.

Dois anos após o Relatório de Brundtland, Costa *et al.* (2019) declaram que já existiam cerca de 140 definições para o termo e que, vinte anos após a estimativa, seriam cerca de 300 definições de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável. O Quadro 3 apresenta uma sequência de autores e seus respectivos conceitos sobre sustentabilidade.

Quadro 3- Definições do conceito de Sustentabilidade

Autor/ano	Definição de sustentabilidade
RELATÓRIO BRUNDTLAND, 1988	É a capacidade de conseguir prover as necessidades das gerações presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras em garantir suas próprias necessidades
DOVERS, S.R.; HANDMER, J.W, 1992	É a capacidade de um sistema humano, natural ou misto para resistir ou se adaptar à mudança endógena ou exógena por tempo indeterminado.
ELKINGTON, 1999	Deve ser entendida como um modelo de gestão de negócios que visa ao retorno (lucro) para os acionistas, envolvendo o desenvolvimento econômico, a promoção social e a proteção dos recursos naturais do planeta: "Os negócios precisam ser gerenciados não apenas do ponto de vista financeiro, mas também considerando aspectos sociais e ambientais.
SACHS, 2002	É conceito dinâmico, que leva em conta as necessidades crescentes das populações, num contexto internacional em constante expansão a partir de oito dimensões principais: social, cultural, ecológica, ambiental, territorial, econômica, política nacional e política internacional.
LEFF, 2003	É uma maneira de repensar a produção e o processo econômico, de abrir fluxo do tempo a partir da reconfiguração das identidades, rompendo o cerco do mundo e o fechamento da história impostos pela globalização econômica
BOSELNANN, 2008	Como os ideais de justiça e direitos humanos, a sustentabilidade pode ser vista como um ideal para a civilização, tanto a nível nacional como internacional. Quando aceito como um princípio jurídico reconhecido, sustentabilidade informa todo o sistema jurídico, e não apenas as leis ambientais ou não apenas a nível nacional.
MUNCK; BORIM-DE-SOUZA, 2009	É configurada como um argumento incontestável, pelo fato de não depender de seu objetivo final, que pode ser atingido por um equilíbrio na utilização e consumo de recursos naturais.
BOFF, 2012	É toda ação destinada a manter as condições energéticas, informacionais e físico-químicas que sustentam todos os seres, especialmente a Terra viva, a comunidade de vida e a vida humana, visando a sua continuidade e ainda a atender as necessidades da geração presente e das futuras de tal forma que o capital natural seja mantido e enriquecido em sua capacidade de regeneração, reprodução, e coevolução.
LOZANO, 2012	É a busca pelo equilíbrio entre a qualidade de vida dos seres humanos e os limites do planeta, e se ajusta ao crescimento econômico, com base na justiça social e no uso eficiente dos recursos naturais
HAWKEN; LOVINS; LOVINS, 2013	É entendida como um equilíbrio a ser atingido por meio de práticas que estejam em consonância com o desenvolvimento sustentável que visam um patamar estável no qual crescimento econômico e impactos ambientais sejam gerenciáveis sem o crescimento dos efeitos negativos causados pelo exercício das atividades das organizações.
SARTORI; LATRÔNICO; CAMPOS, 2014	É o objetivo final, de longo prazo, para se chegar ao Desenvolvimento Sustentável.
YOLLES; FINK, 2014	É aquilo que é sustentável e origina-se da viabilidade e capacidade adaptativa dos sistemas e envolve limites nas capacidades dos recursos naturais para absorver o impacto causado pelo homem, e também no contexto do âmbito do desenvolvimento
MICHAELIS, 2016	É a característica ou condição de Sustentável. Sustentar é criar e oferecer condições para que uma atividade tenha continuidade, garantir recursos materiais para a sobrevivência de uma nação, de uma sociedade
MAYERLE, 2018	É vista como a capacidade de percepção de resiliência entre os seres humanos e o meio ambiente, de forma a se determinar simultaneamente, quais são as condições favoráveis à manutenção, adaptação de uma vida (humana e não humana) equilibrada, através de uma matriz que engloba aspectos biológicos, físicos, químicos, políticos, culturais, econômicos, tecnológicos, dentre outros.

Fonte: Adaptado de Costa, *et al.* (2019)

O conceito de sustentabilidade apresenta um teor polissêmico significativo, podendo ser pensado mais como um conceito em disputa do que uma categoria descritiva e estável no campo de interlocução ambiental, social e econômica. As diferentes contribuições conceituais coadunam com a ideia de que a sustentabilidade é um conceito ainda em construção (ALVES; MELO e SIGNORELLI, 2020). Sua legitimação é uma idealidade, algo a ser constantemente buscado e construído em prol de uma nova sociedade que, segundo Matias (2014), seria, dessa forma, o quarto grande ideal da modernidade – ao lado da liberdade, igualdade e fraternidade – surgido no fim do século XX.

Para Veiga (2019), a noção de sustentabilidade pode ser entendida como um dos mais generosos ideais da humanidade, desde o advento do socialismo. Ainda para o autor, um provável futuro não capitalista deixa de ser identificado com a utopia socialista e, assim, o desenvolvimento sustentável se anuncia como uma utopia que tomará o lugar do socialismo.

Entretanto, a banalização do referido conceito, ao ser adotado ao longo dos anos, não representou uma evolução e mudanças dos fatores que contribuem para a insustentabilidade. Pelo contrário. Os determinantes pelo progresso continuam sendo os conceitos preconizados pela economia clássica, como o desenvolvimento econômico medido pelo produto bruto, interno (PIB) ou nacional (PNB) e traçado por filosofias morais.

Na década de 1970, o adjetivo sustentável era um termo técnico utilizado por comunidades científicas para dizer que um ecossistema não perderia a sua resiliência, ou seja, a sua capacidade de se reinventar. Já na década de 1980, a sustentabilidade passou a qualificar o desenvolvimento.

Contudo, mesmo com a chancela da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente da ONU, essa noção era colocada sob suspeita, tanto por aqueles que defendiam um mercado neoliberal, quanto por seus oponentes. A resistência ao termo estava no temor de que os temas ambientais poderiam oferecer limitações às suas prioridades sociais. O termo sustentabilidade era rejeitado tanto pela direita, quanto pela esquerda. Com o passar das décadas, o termo foi ganhando adeptos até chegar a sua banalização. No início do século XXI, este passou a servir a gregos e troianos, quando querem exprimir vagas ambições de continuidade, durabilidade ou perenidade. Essas concepções estão sempre se remetendo ao futuro (VEIGA, 2019).

Leff (2003, 2018), ao projetar que o discurso da sustentabilidade tenha sido alvo de apropriação por várias esferas sociais, utiliza-o como instrumento para amenizar os conflitos impostos em torno do uso e apropriação da natureza. Sendo assim, o discurso sobre a sustentabilidade não é homogêneo, nem está livre do conflito de interesses.

O autor afirma ainda que, o uso racional do meio ambiente pode ser repensado. Esse entendimento perpassa por uma mudança cultural. Para ele, é necessário desconstruir o conceito de ambiente como sendo uma categoria biológica. Rossini (2014) explica que o desenvolvimento capitalista acirra a degradação, a poluição e o esgotamento de bens ambientais e, quando da retração das atividades econômicas, as questões ambientais são desprezadas por implicarem custos adicionais.

Dessa maneira, é emergente que seja construída uma nova significação em que o ambiente seja também uma categoria sociológica, atrelada a uma racionalidade social, embasada em valores, comportamentos, saberes e novos potenciais produtivos. Sua proposta base é a construção de um novo paradigma, embasado em uma consciência coletiva de mudança de atitudes e ações efetivas que alterem o panorama atual (SCHORR *et al.*, 2015).

O saber ambiental se faz assim, solidário de uma política do ser, da diversidade e da diferença. Tal política se fia no direito de ser diferente e de sua autonomia, no direito a um ser próprio, que reconhece seu passado e projeta seu futuro; que restabelece seu território e reapropria sua natureza; que recupera o saber e estabelece-se em novas identidades e territórios de vida (LEFF, 2003; 2018).

O uso racional do meio ambiente está parametrizado pela relação com o “outro”. Dessa forma, a ideia de sustentabilidade está baseada na interrelação e no aprendizado constante e contínuo. A garantia de uma sociedade sustentável pode ser propiciada, inclusive a partir da formação de sujeitos que o compreendam numa visão sistêmica, integrada e multidisciplinar, motivando-os a fazer escolhas fundadas na ideia de que o espaço é coletivo (LEFF, 2003; 2018).

Ainda citando Leff (2018), a sustentabilidade encontra na educação uma oportunidade de ser concretizada, uma vez que os espaços formais, informais e não formais são, em algum nível, educadores. Posto isto, a sociedade tem passado por um momento de transição em todos os âmbitos, inclusive na educação, o qual o papel da interdisciplinaridade, da participação, da colaboração e da cocriação encontra adeptos em diferentes espaços formadores e de tomadas de decisão.

Sendo assim, os problemas ambientais são, fundamentalmente, problemas do conhecimento. Toda e qualquer política ambiental deve passar por uma política do conhecimento e também para a educação. Aprender a complexidade ambiental não constitui um problema de aprendizagens do meio, mas sim de compreensão do conhecimento sobre o meio (LEFF, 2003; 2018).

Segundo Veiga (2019), as mais diversas áreas do conhecimento têm incorporado a noção de sustentabilidade, mas as raízes do debate estão fincadas na ecologia e na economia. Isso porque não é possível conceber ecologia e economia de maneira indissociável. Na aplicação do conceito de sustentabilidade, não há como sua apropriação em outros contextos, além do cenário ambiental, pois seu sentido metafórico já se consolidou. Dele derivam a ideia de comportamento de uma organização, família ou mesmo de um indivíduo que segue o código ético de responsabilidade socioambiental, ou seja, que esse código foi observado na produção e comercialização de alguma mercadoria ou serviço, mas nada garante que tais comportamentos, ou processos, sejam de fato sustentáveis, e sim que esta foi a maneira escolhida para comunicar que está sendo feito algum esforço nessa direção (VEIGA, 2019).

Essa ideia vai ao encontro do que Veiga (2019) preconiza. O autor refere-se à ecologia em razão do princípio da resiliência, ou seja, a capacidade que um sistema tem em se adequar mesmo que sofra distúrbios, dificuldades e impactos. Todavia conseguirá manter suas funções e estruturas, que porventura irão adaptar-se e quiçá tirar proveito para a manutenção do mesmo. Baseia-se na economia pelo apreço que ela tem aos três tipos de capital, o propriamente dito, o natural-ecológico e o humano-social.

Ao enquadrar o meio ambiente como capital natural pode-se dizer que o limite de extração de recursos não renováveis é definido como a taxa na qual são criados substitutos renováveis. Isso implica dizer que o limite real não é o estoque não renovável, mas a criação de substitutos renováveis, que é uma questão tecnológica. De acordo com a lei de Moore, a observação de que os computadores dobram de potência a cada dois anos; essa lei foi o mantra que embalou ao longo dos anos o desenvolvimento que se vive no cotidiano, de que cada vez mais a sociedade lança mão de recursos limitados, para atender as suas necessidades ilimitadas (LEVY; ELLY, 2006).

Em uma conjuntura social, na qual as questões relacionadas à proteção e à conservação do ambiente têm um papel fundamental, a inovação tecnológica também pode ser utilizada como motor

de novas alternativas de produção para reduzir os impactos nocivos do desenvolvimento industrial na sociedade e na natureza.

Contudo, energias renováveis, agroecologia e muitas das ideias propostas pelas academias de pesquisa como melhor alternativa para a sustentabilidade somente serão convertida em algo aceitável e concreto na sociedade sustentável na medida em que a abordagem neoliberal do capitalismo diminua seu ritmo e surjam abordagens mais colaborativas e humanas da economia, que não sejam destrutivas e divisivas.

Os sistemas extrativos, de consumo e de produção poderiam ser projetados para apoiar uma economia baseada na regeneração, não no crescimento quantitativo. A tecnologia deve ser projetada para suportar e manter fluxos de matéria, por exemplo, minimizando, reutilizando ou tratando adequadamente os resíduos e, assim, retardando o acúmulo de resíduos, não maximizando a extração (DUTRA; SILVA; CUBAS, 2019).

Tais modelos estão baseados na redução do consumo de matéria-prima, desperdício e poluição. No entanto, os modelos econômicos circulares não abordam explicitamente níveis sustentáveis de impactos e necessitam levar em consideração a justiça social, a distribuição e as desigualdades (HAJER, *et al.*, 2015).

Os processos de tecnologias sociais e ambientais voltados à sustentabilidade passam pelo aprendizado permanente sobre meio ambiente, a fim de promover mudanças de comportamento, seja em nível das organizações ou da sociedade como um todo. O efeito positivo esperado pela implementação de processos de sustentabilidade, seja no processo produtivo, compra e uso racional de matérias-primas ecológicas ou cumprimento de integral da legislação trabalhista em práticas que respeitem os direitos e deveres dos trabalhadores dependem do aumento do aprendizado e da mudança de cultura das pessoas.

Ainda em conformidade com Leff (2018), no que tange à sustentabilidade como utopia ou inovação, nada ocorrerá se a sociedade não se convencer de que teremos um futuro comum a todos e que ele depende das ações, práticas e do planejamento do hoje em função do amanhã, como evidenciou o Relatório de *Brundtland*. Além disso, há que se referendar o papel de organizações que investem em práticas sustentáveis; que dentre outras iniciativas busca inovar seus processos produtivos pondo em prática ideias inovadoras, superando a noção de organizações tipicamente predatórias do século XX que os foram, muitas vezes, por terem essa ou aquela fonte de energia não renovável.

Foi por meio da melhoria nos processos gerenciais e de produção, do uso de novas tecnologias, da adoção de reciclagem de resíduos, do uso da logística reversa, do desenvolvimento de produtos que consomem menos matérias-primas, que se pode investir na geração de uma produção mais eficiente e limpa, com vistas à preservação dos recursos naturais, competitividade para as organizações e benefícios para toda a sociedade.

Considerações finais

A partir da revisão apresentada percebe-se que a discussão acerca da compreensão sobre a sustentabilidade evoluiu nos últimos 30 anos e, conseqüentemente, ocorreram variações quanto ao seu entendimento. Por conseguinte, tornam-se perceptíveis os avanços em prol da sustentabilidade, mesmo que pontuais e/ou por vezes embrionárias. A construção desses movimentos torna possível concretizar a ideia utópica de organizações e de uma sociedade sustentável.

Ao abordar a sustentabilidade além do clássico tripé, reforça-se o caráter multidimensional e complexo da temática, além de verificar que suas dimensões, sejam quais forem, estão fortemente inter-relacionadas. Na sociedade, as dimensões social, cultural e psicológica são responsáveis pela mudança de comportamento dos indivíduos. Estas, por sua vez, são influenciadas pela dimensão política, caracterizada principalmente pela dinâmica de poder e pela dimensão econômica, tendo em vista o paradigma de consumo e trabalho imposto pela sociedade capitalista, os quais afetam a dimensão espacial. Nesse contexto, a necessidade de uma articulação de diversos saberes para a compreensão global do que é a sustentabilidade reafirma a consideração de sua complexidade, uma vez que esta não pode ser tomada como algo disciplinar ou dotado de passividade de análise pela ótica de apenas um campo da ciência.

Ao refletir sobre o conceito de sustentabilidade, estimula-se de forma contínua o pensar sobre o desenvolvimento balizado na mitigação dos impactos das sociedades no ambiente, onde a sua qualidade depende em muito das atividades do homem. Fica evidente que o termo sustentabilidade e seu constante repensar torna-se base para a preocupação com a existência futura de recursos naturais e a continuidade da vida.

Referências

ALVES, Elton Luís; MELO, Tainá Ribas; SIGNORELLI, Marcos Claudio. A POLISSEMIA DO DESENVOLVIMENTO: DIÁLOGOS COM A SUSTENTABILIDADE. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, p. 39-54, 2020. Disponível em: http://portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/8685 Acesso em: 11 fev. 2023.

COSTA, Luana. Folquin., NEUMANN, Susana Elisabeth, DORION, Eric Charles Henri, OLEA, Pelayo Munhoz, SEVERO Eliana Andréa Sustentabilidade e Desenvolvimento Sustentável no contexto das Ciências Sociais: do Século XVIII ao Século XXI. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade** (ISSN 2318-3233), 9(2), 6-19. Disponível em: <https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/rms/article/view/1674> Acesso em: 9 fev. 2023.

SARTORI, André Giovanini de Oliveira; SILOTO, Ricardo da Silva. Análise da compatibilidade de indicadores de desenvolvimento humano e sustentável do sistema das Nações Unidas com o BellagioSTAMP. **Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)**, n. 30, p. 99-110, 2013. Disponível em: https://www.rbciamb.com.br/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/273. Acesso em: 5 mar. 2023.

DIAS, Reinaldo. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. São Paulo: Atlas, 2011.

DUTRA, Ana Regina Aguiar; SILVA, Evellyn Sperber; CUBAS, Anelise Leal Vieira. Innovation ecosystems and measures aimed at environmental sustainability: Cidade Pedra Branca case study. **Interações (Campo Grande)**, v. 0, p. 155-170, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/inter/v20n1/1518-7012-inter-20-01-0155.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

JUNQUEIRA, Adriano Martins. **Monitoramento espaço-temporal da vazão de rio por meio de técnica de sensoriamento remoto e implementação de uma plataforma de alerta para disponibilidade de água no Rio Araguaia (TO)**, Brasil. 2022. 113.f. Tese (Engenharia Mecânica – FEG) Universidade Estadual Paulista- São Paulo, São Paulo. 2022.

FEIL, Alexandre André; SCHREIBER, Dusan. **Sustentabilidade Desvendando a complexidade Teórica e Prática**. Curitiba: Brasil Publishing, 2019.

GROSFOGUEL, Ramón. A estrutura do conhecimento nas universidades ocidentalizadas: racismo/sexismo epistêmico e os quatro genocídios/epistemicídios do longo século XVI. **Sociedade e Estado**, v. 31, p. 25-49, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/se/a/xpNFtGdzw4F3dpF6yZVVGgt/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 4 fev. 2023.

GROSFOGUEL, Ramón. Para descolonizar os estudos de economia política e os estudos pós-coloniais: transmodernidade, pensamento de fronteira e colonialidade global. **Revista crítica de ciências sociais**, n. 80, p. 115-147, 2009. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/periferia/article/view/3428>. Acesso em: 4 fev. 2023

HAJER, Maarten, NILSSON, Mans, RAWORTH, Kate, BAKKER, Petter, BERKHOUT, Frans, BOER, Yan e Kok, Marcel. Beyond cockpit-ism: Four insights to enhance the transformative potential of the sustainable development goals. **Sustainability**, 7(2), 1651-1660.. Beyond cockpit-ism: Four insights to enhance the transformative potential of the sustainable development goals. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/7/2/1651>. Acesso em: 20 fev. 2023.

JUNQUEIRA, Luciano Prates; PINHEIRO, Fabiana Pereira; MAIOR, João C. Souto. Sustentabilidade: a Produção Científica Brasileira entre os anos de 2000 e 2009. *Revista Científica Hermes*, v. 6, 2012.

LEFF, Enrique. **A complexidade ambiental**. São Paulo: Cortez, 2003.

_____. As universidades e a formação ambiental na América Latina. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 47, 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/download/62454/36717>. Acesso em: 14 jan 2023.

LEVY, Yare.; ELLIS, Timothy. J. A systems approach to conduct an effective literature review in support of information systems research. (2006). **CEC Faculty Articles**. 41. Disponível em: https://nsuworks.nova.edu/gscis_facarticles/41 Acesso em: 25 fev. 2023.

MACHADO, Andreia de Bem; RICHTER, Marc Francois. SUSTENTABILIDADE EM TEMPOS DE PANDEMIA (COVID-19):(Covid-19). RECIMA21-**Revista Científica Multidisciplinar**-ISSN 2675-6218, v. 1, n. 2, p. 264-279, 2020.

MATIAS, Eduardo Felipe P. A humanidade contra as cordas: a luta da sociedade global pela sustentabilidade. **Editora Paz e Terra**, 2014. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=IZceBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=,+segundo+Matias+\(2014\),+-seria,+dessa+forma,+o+quarto+grande+ideal+da+modernidade+%E2%80%93+ao+lado+da+liberdade,+igualdade+e+fraternidade+%E2%80%93+surgido+no+fim+do+s%C3%A9culo+XX.+&ots=Ru3tScYfUH&sig=CW2b-CUsJhJlf_FXFaUbRfoaSmg8](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=IZceBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=,+segundo+Matias+(2014),+-seria,+dessa+forma,+o+quarto+grande+ideal+da+modernidade+%E2%80%93+ao+lado+da+liberdade,+igualdade+e+fraternidade+%E2%80%93+surgido+no+fim+do+s%C3%A9culo+XX.+&ots=Ru3tScYfUH&sig=CW2b-CUsJhJlf_FXFaUbRfoaSmg8). Acesso em: 11 fev 2023.

PRESCOTT-ALLEN, Robert; SCOTT, Peter. **How to save the world: strategy for world conservation**. 1980. Disponível em: <https://policycommons.net/artifacts/1374394/how-to-save-the-world/1988637/>. Acesso em: 6 mar 2023.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica. **Estudos avançados**, v. 26, p. 65-92, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/F9XDcdCSWRS9Xr7SpknNJPv/?lang=pt>. Acesso em: 4 mar. 2023.

ROSSINI, Rosa Ester. Interligações do Rural-Urbano e Desenvolvimento Sustentável. 2. ed. **Editora UFPE**: Recife, 2014. *E-book*. Disponível em: <https://editora.ufpe.br/books/catalog/download/393/404/1191?inline=1> Acesso em: 4 mar 2023.

SACHS, Ignacy. Environmental quality management and development planning: some suggestions for action. In: **Development and environment**. De Gruyter Mouton, 2018. p. 123-140. Disponível em: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/9783111640563-007/html>. Acesso em: 5 mar. 2023.

SCHORR, Janaína Soares; ROGERIO, Marcele Scapin; CENCI, Daniel Rubens. Crise ambiental e desenvolvimento sustentável: postulados de Enrique Leff. XVII **Seminário Internacional de Educação do Mercosul**. Universidade de Cruz Alta. Rio Grande do Sul, 2015.

VEIGA, José Eli. **Sustentabilidade: a legitimação de um novo valor**. Senac, 2019.

WARDE, Paul. The Invention of sustainability: Nature and destiny, c. 1500–1870. **Cambridge University Press**, 2018.

MICROAGULHAMENTO: DA ANÁLISE COM MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA À GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM SAÚDE

Menahen Furini¹
Simone Stülp²

Resumo: O microagulhamento é uma técnica realizada através de um dispositivo que possui número variável de agulhas de diferentes comprimentos com a finalidade de formar microcanais na pele. A técnica pode ser realizada por *roller* ou por caneta elétrica, ambos equipamentos cravejados com agulhas que fazem parte da estrutura do equipamento, resultando na necessidade do correto descarte desse material, classificado como perfurocortante. O objetivo deste estudo foi analisar as particularidades no procedimento de microagulhamento realizado com equipamento *roller* e com a caneta elétrica quanto às microperfurações e, também, verificar o volume de material gerado após a realização do procedimento com cada um dos equipamentos, com vistas ao posterior descarte desse material e o impacto ao meio ambiente. Verificou-se que, nas condições utilizadas neste estudo, a caneta elétrica promove maior número de perfurações e uma área microperfurada maior em comparação com as perfurações criadas com o *roller*. Quanto à quantificação da massa gerada para posterior descarte de cada equipamento verificou-se que a caneta elétrica gera menos material a ser descartado, seja plástico ou alumínio, sendo caracterizado como menos impactante ao meio ambiente.

Palavras-chave: Descarte. *Roller*. Caneta elétrica. Perfuração.

Introdução

Homens e mulheres, ao longo do tempo, podem apresentar alterações que implicam na estética da pele, fazendo com que estes busquem tratamento para resolução ou melhora da queixa. Um dos recursos terapêuticos que pode ser utilizado é o microagulhamento, técnica realizada através de um dispositivo que possui número variável de agulhas de diferentes comprimentos com a finalidade de criar pequenos traumas na pele e formar microcanais (BORGES; SCORZA, 2016; TASSINARY; SINIGAGLIA; SINIGAGLIA, 2019).

O microagulhamento atua por duas ações: o aumento da permeação de ativos na pele e a estimulação de colágeno através do processo inflamatório e a técnica pode ser realizada por um *roller* ou por caneta elétrica, ambos equipamentos cravejados com agulhas. O procedimento requer o uso de agulhas, que fazem parte da estrutura do equipamento, resultando na necessidade do correto descarte desse material pois é classificado como perfurocortante (BORGES; SCORZA, 2016; NEGRÃO, 2017; 2015).

A partir da expansão da área estética e da realização de procedimentos como o microagulhamento, alguns questionamentos surgem: existem diferenças na microperfuração realizada pelo *roller* em

1 Graduada em Estética e Cosmética e Mestra em Sistemas Ambientais Sustentáveis. Docente da Universidade do Vale do Taquari - Univates. E-mail: menahen.furini@univates.br

2 Graduada em Química Industrial, Mestra e Doutora em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais. Docente da Universidade do Vale do Taquari - Univates. Secretária de Inovação, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul - SICT/RS. E-mail: stulp@univates.br

comparação com a caneta elétrica? E ainda, em relação à geração de resíduos, qual das técnicas produz mais quantidade de material a ser, posteriormente ao uso, descartado?

Pressupõem-se que as microperfurações com o *roller* e com a caneta elétrica sejam diferentes pois o número de agulhas, independente da marca ou fabricante, no *roller* é maior em comparação com a caneta elétrica. Ainda, percebe-se diferença na largura no diâmetro das agulhas e no espaço entre elas quando comparam-se os equipamentos e nas aplicações visualiza-se que mesmo utilizando o mesmo comprimento de agulhas, ao aplicar pressão média de 6 Newtons com a caneta o tecido fica mais lesionado quando comparado ao *roller*, levando a entender que existem diferenças entre os equipamentos. Acerca da geração de resíduos, a caneta elétrica a princípio desencadeia o descarte de menor volume de material, uma vez que somente sua ponta deve ser descartada, enquanto o *roller* é um dispositivo não desmontável e deve ser descartado na sua integralidade (TASSINARY; SINIGAGLIA; SINIGAGLIA, 2019).

Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi analisar as particularidades no procedimento de microagulhamento realizado com equipamento *roller* e com a caneta elétrica quanto às microperfurações e, também, verificar o volume de material gerado após a realização do procedimento com cada um dos equipamentos, com vistas ao posterior descarte desse material e o impacto ao meio ambiente. Essa pesquisa é embasada na escassez de estudos comparativos entre equipamentos de microagulhamento, além da falta de pesquisas sem conflito de interesses que possibilitem análises fundamentadas em testes com menor probabilidade de erros.

A escolha deste tema prende-se à necessidade de maiores evidências que esclareçam se existem diferenças nos equipamentos de microagulhamento e espera-se que os dados encontrados auxiliem os profissionais que realizam esse procedimento a escolher qual equipamento utilizar e porquê. Ademais, com a atual preocupação com questões ambientais relacionadas aos descarte de resíduos sólidos de saúde (RSS) e melhor uso dos recursos disponíveis, faz-se necessário avaliar e os resíduos gerados a partir do microagulhamento para levantar possibilidades que sejam mais sustentáveis e menos impactantes ao meio e à natureza.

Metodologia

Utilizou-se uma abordagem quali-quantitativa, com procedimento técnico a partir da realização de experimentos. A pesquisa iniciou com o estudo bibliográfico em bases como Pubmed, Science e Scielo entre setembro de 2020 a outubro de 2021, além de pesquisas em livros físicos na Biblioteca da Universidade do Vale do Taquari - Univates. Os experimentos clínicos ocorreram de março a setembro de 2021.

Para os testes para avaliação e comparação das microperfurações com *roller* e com caneta elétrica realizou-se técnicas *in vitro* em pele suína, em triplicatas, com auxílio de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e para a quantificação do material, plástico e metálico a ser descartado tanto após a utilização do *roller* quanto do cartucho da caneta elétrica, utilizou-se a balança de precisão.

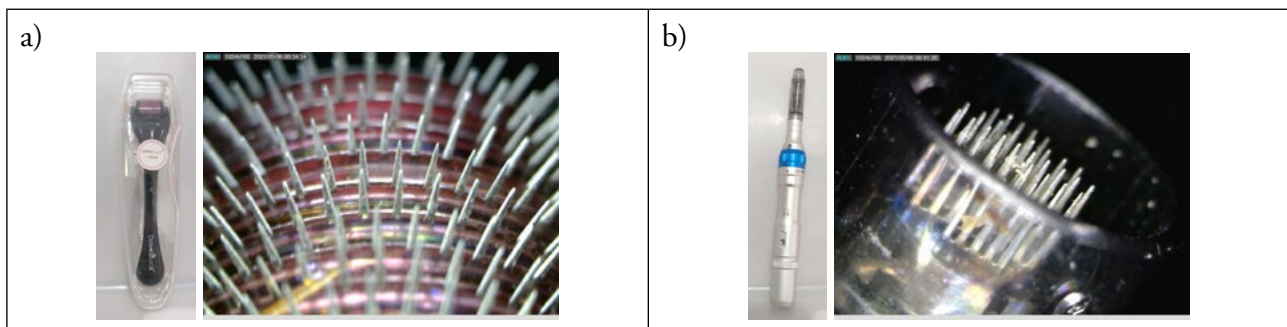
A pele suína utilizada nos testes foi submetida a prévia higienização, conforme metodologia adaptada de Zuo, Yu e Lu (2016), em que foi utilizada água deionizada, desinfecção com álcool 70°, remoção do excesso de pelos somente com tesoura, para preservar a integridade do estrato córneo, e por fim realizou-se seccionamento em recortes de 2 x 5cm².

Métodos e procedimentos

Microagulhamento

Para o procedimento de microagulhamento foi utilizado *roller* com 540 agulhas de aço inoxidável e caneta elétrica com 36 agulhas de titânio, conforme informações dos respectivos fabricantes, sendo a quantidade de agulhas as máximas dentre as opções para cada equipamento. Na Figura 1 demonstra-se o modelo e formato de cada equipamento utilizado:

Figura 1 - Modelos utilizados no microagulhamento das amostras - *Roller* (a) e caneta elétrica (b); Formato das agulhas do *roller* (c) e das agulhas do cartucho da caneta elétrica (d)



Fonte: Da autora (2021).

Neste modelo experimental foi utilizado um *roller* e um cartucho para caneta elétrica, com agulhas em comprimento de 1,5 mm, e parâmetro de aplicação conforme indicado por Singh e Yadav (2016), Nair e Arora (2014) e Tassinari, Sinigaglia e Sinigaglia (2018): 10 passadas em asterisco com pressão de 6 N/m², aferida com auxílio do dinamômetro. Na caneta elétrica foi selecionada, ainda, a velocidade mais baixa do equipamento. O mesmo protocolo de aplicação foi realizado tanto na amostra *roller* quanto na caneta, ou seja, 10 passadas em cada direção totalizando 40 passadas em asterisco. As amostras foram divididas em amostra *roller*, amostra caneta e amostra controle. A partir dos testes realizados nas amostras em triplicatas foi realizada coleta e análise das informações através de dados qualitativos e quantitativos.

Microscopia Eletrônica de Varredura na avaliação das perfurações

Após a preparação das peles, as amostras foram submetidas ao procedimento de microagulhamento e imediatamente seguiram à preparação necessária para os testes no equipamento de microscopia eletrônica de varredura (MEV), conforme metodologia adaptada de Zuo, Yu e Lu (2016). Essa preparação consiste em fixação das amostras com 1,2 ml de glutaraldeído 25%, em copos de becker, em imersão por 7 dias, seguida de lavagens a cada 30 minutos das amostras com 0,2 ml de tampão fosfato e água destilada (1:1) e por fim a desidratação por imersão em acetona, sendo 10 minutos em acetona 30%, 50%, 70% e 90%, 20 minutos em acetona 90%, 10 minutos em acetona 100% e a última imersão foi de 20 minutos em acetona 100%, conforme a Figura 2 (b).

Após a desidratação, as amostras seguiram para o dessecador à vácuo, no qual permaneceram por 24 h e então foram acondicionadas no equipamento *Q150R ES* (Quorum) para o procedimento de

metalização. Nesse processo, as triplicatas receberam um revestimento fino de ouro, como ilustrado na Figura 2, e seguiram para o microscópio *EVO-LS 10 Zeiss*®, para a realização das micrografias.

Figura 2 - Amostra de pele após a limpeza e antes do microagulhamento, Amostra de pele suína em imersão em acetona para a desidratação (b) e Amostra de pele suína após a metalização (c)



Fonte: Da autora (2021).

A análise por MEV gerou imagens acerca das microperfurações que foram analisadas com auxílio do programa *ImageJ*, resultando em dados como a média das áreas de perfuração, dos resultados e o desvio padrão, além das imagens coletadas com a microscopia digital.

Pesagem dos materiais posteriormente destinados ao descarte

Realizou-se análise e pesagem dos materiais oriundos do *roller* e da caneta elétrica, em sua totalidade e também de cada parte constituinte de forma separada, a fim de mensurar de forma fidedigna a quantidade de material de cada equipamento.

É importante explicar que tanto o *roller* quanto o cartucho da caneta não são peças desmontáveis, mas para as pesagens realizadas nesta pesquisa essas partes foram desmontadas para melhor análise e quantificação dos materiais. Ainda, foi avaliado o peso da caixa de acrílico em que o *roller* vem acondicionado, visando que esse material também seja descartado após o uso do equipamento.

Resultados e discussão

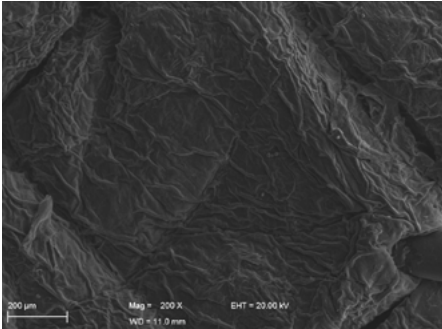
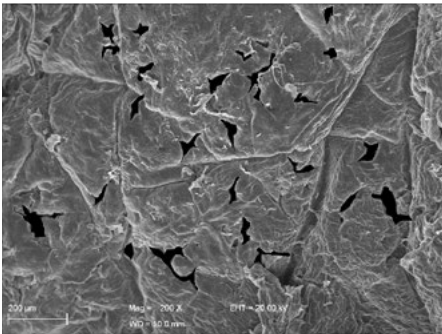
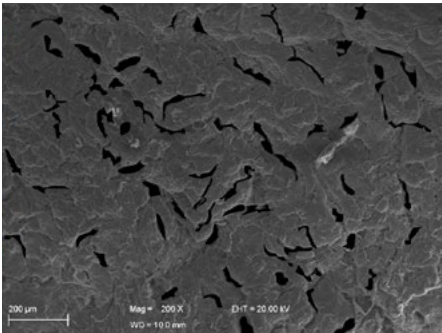
Análise das microperfurações usando MEV

Foram utilizadas amostras controle, *roller* e caneta em triplicata com aumento de 200x para identificação das perfurações e ao analisar as imagens é possível visualizar que as perfurações são diferentes, conforme observa-se na Figura 3.

As microperfurações com *roller* se apresentam mais delimitadas e individualizadas, enquanto que as com a caneta elétrica são mais interligadas e menos delimitadas. Sendo assim, as perfurações criadas com a aplicação do microagulhamento, tanto com *roller* quanto com caneta, apresentam diferenças. Mas foi preciso analisar melhor se essas diferenças eram significativas e para isso quantificou-se a área total de

perfuração, com contagem de todas as perfurações visíveis, e o programa *ImageJ* foi utilizado para calcular o total da área, o percentual e o tamanho médio.

Figura 3: Identificação das perfurações na amostra controle (a), amostra *roller* (b) e amostra caneta elétrica (c) com 200x de aumento

<p>a) Controle</p> 	<p>Número de perfurações Área mm Perímetro mm Diâmetro mm</p> <p>0 0 0 0</p>
<p>b) <i>Roller</i></p> 	<p>Número de perfurações Área mm Perímetro mm Diâmetro mm</p> <p>41 0,045 0,175 0,063</p>
<p>c) Caneta</p> 	<p>Número de perfurações Área mm Perímetro mm Diâmetro mm</p> <p>87 0,090 0,193 0,074</p>

Fonte: A autora (2021).

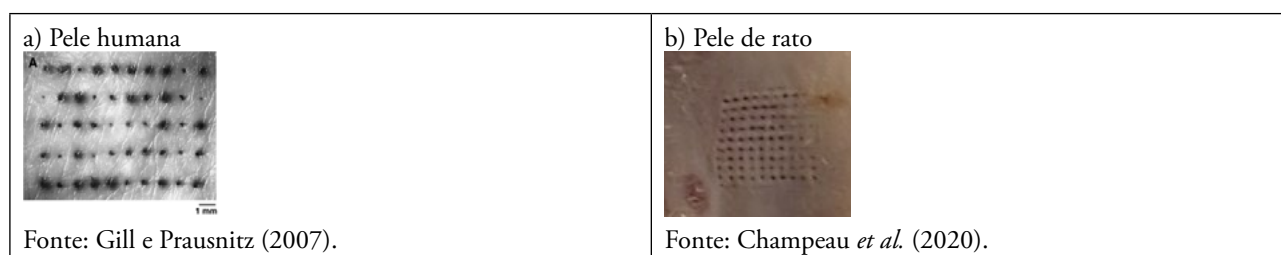
Ao visualizar as micrografias obtidas por MEV e as análises realizadas no *ImageJ*, a amostra *roller* (b) apresenta menor número de perfurações, área média menor, perímetro médio menor, assim como menor diâmetro. Na amostra caneta (c) as perfurações estão em maior número e tem área de perfuração média maior, com perfurações sem um padrão triangular, além do perímetro e diâmetro médio serem maiores do que na amostra *roller*, mesmo que a caneta elétrica utilizada tenha menor número de agulhas (36) em comparação com o *roller* utilizado (540). As agulhas do *roller* são de aço inoxidável e as da ponteira da caneta elétrica são de titânio. Conforme Negrão (2015) os equipamentos de aço inoxidável apresentam agulhas de menor diâmetro produzindo uma perfuração mais delicada, enquanto que os de

titânio são mais espessos e mais resistentes, fazendo com que a diferença na mensuração da área esteja relacionada a diferença de diâmetro das agulhas no *roller* e na ponteira da caneta.

Ao comparar as amostras, tem-se o resultado de que a amostra que recebeu o microagulhamento com caneta teve 46 perfurações a mais e área média com acréscimo de 0,045 mm em comparação com a amostra que recebeu microagulhamento com *roller*, mesmo que conforme supracitado, a caneta elétrica utilizada tenha menor número de agulhas em comparação com o *roller*. A distância identificada entre as agulhas do *roller* é de 1,5 mm e 1,0 mm entre uma e outra, enquanto as agulhas da caneta apresentam distância média de 1,0 mm e 0,5 mm, o que pode justificar as diferenças nas características das perfurações criadas e na área, uma vez que as geradas com a caneta elétrica se apresentam mais unidas, enquanto as do *roller* são mais espaçadas e com maior diâmetro. A caneta elétrica também tem o diferencial de realizar o movimento de vaivém eletronicamente, o que permite aumentar ou diminuir a velocidade de movimento das agulhas.

Em estudos que analisaram as perfurações através do uso de *patches*, identificam-se furos bem delimitados e com distâncias muito precisas. Na Figura 4 visualiza-se imagens de estudos que avaliaram microperfurações com adesivos de microagulhas:

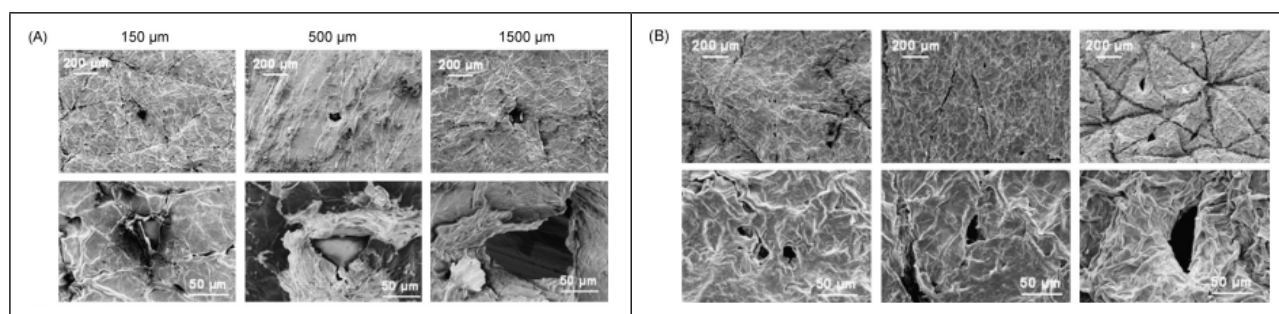
Figura 4 - Visão da superfície de estudo *in vitro* em pele humana (a) e microperfuração de adesivo com microagulhas em pele de rato (visão superior após a remoção das microagulhas) (b):



Fonte: Gill e Prausnitz (2007); Champeau *et al.* (2020).

Sendo assim, nota-se que as perfurações encontradas nas avaliações de Gil e Prausnitz (2007) e Champeau *et al.* (2020) são diferentes das encontradas neste estudo. Ao usar os *patches*, que são aplicados de forma fixa e removidos após determinado tempo, as agulhas penetram uma única vez no tecido, enquanto as perfurações oriundas do microagulhamento têm distâncias e formatos variados, além de abranger áreas diferentes e isso se deve ao fato de que as agulhas são inseridas em movimentação com 10 passadas em cada direção, penetrando em média 40 vezes no tecido, criando microperfurações sem um padrão único. Em um estudo com *Dermaroller*® foram analisadas amostras de pele com diferentes ampliações e na Figura 5 é possível visualizar a morfologia das perfurações deste estudo.

Figura 5 - Estudo avaliativo de microperfurações através do microagulhamento com Dermaroller®

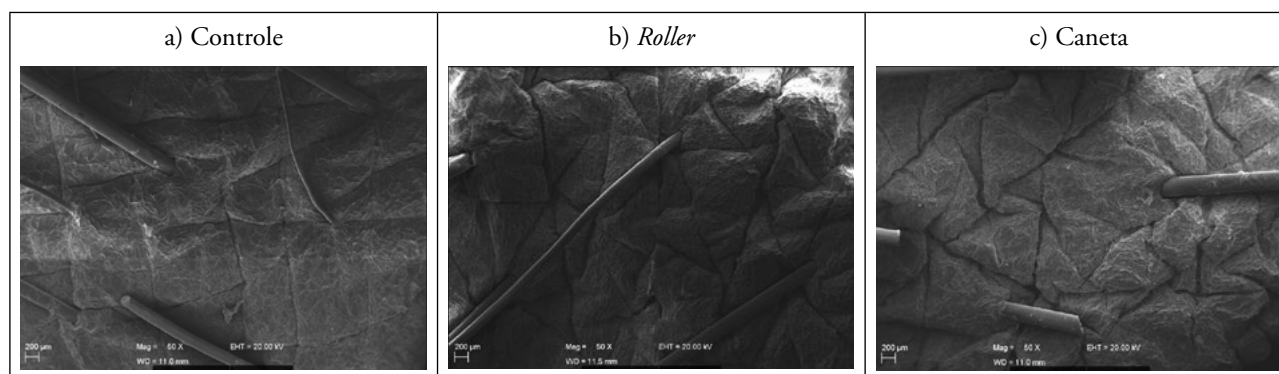


Fonte: Badran, Kuntsche e Fahr (2009).

As perfurações identificadas nessa pesquisa corroboram com os achados de que as perfurações com *roller* são mais largas além de terem uma forma mais ou menos triangular (VERBAAN *et al.*, 2007; KOLLI, BANGA, 2011; PEARTON *et al.*, 2008). Não foram encontradas pesquisas que tivessem avaliado a aplicação com caneta elétrica.

A literatura, em sua maioria, indica que sejam realizadas em média 10 passadas em asterisco na realização do microagulhamento, diante disso realizou-se a aplicação de somente uma passada do *roller* e uma passada da caneta elétrica nas amostras *in vitro* e realizado posterior análise em MEV. Na imagem coletada com somente uma passada não foi possível identificar perfurações visíveis, nem com aumentos de 50, 100 ou 200x, conforme mostrado na Figura 6.

Figura 6: Amostra controle (a), amostra *roller* (b) e amostra caneta (c) que receberam microagulhamento com apenas 1 passada, com pressão de 6 N e agulhas com comprimento de 1,5 mm



Fonte: Da autora (2021).

Sendo assim, verifica-se a necessidade de um número médio de passadas, conforme a literatura afirma, em um mesmo local para que sejam criados os microcanais no tecido, sem evidência de que a aplicação de forma pontual ou em varredura, sem a correta contagem do número de passadas, possibilite a formação de microcanais, comprometendo o resultado e, conseqüentemente, gerando menor efeito inflamatório ou comprometimento da permeabilidade da região.

Determinação de massa dos materiais utilizados no microagulhamento

Ambos os equipamentos foram quantificados e os resultados são demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Pesagem do *roller* e da caneta elétrica - quantificação do material metálico e plástico

	Metal	Plástico	Total	Material a ser descartado
<i>Roller</i>	8 gramas (rolo)	12 gramas (cabo) 40 gramas (caixa)	60 gramas	60 gramas
Caneta	85 gramas - caneta 0,2 gramas - agulhas)	4 gramas - ponteira	89, 02 gramas	4,02 gramas

Fonte: Da autora (2021).

De acordo com os resultados, os valores referentes ao *roller* são de 60 gramas, enquanto a caneta elétrica apresentou 4,02 gramas de material a ser descartado. A Resolução nº 2605 da ANVISA estabelece no Art. 1º a lista de produtos médicos enquadrados como de uso único proibidos de ser reprocessados, que constam no anexo 38, sendo esses as agulhas com componentes plásticos não desmontáveis (...), justificando a diferença de material a ser descartado, pois o *roller* deve ser descartado em sua integralidade, enquanto ao usar a na caneta somente a ponteira é descartada, parte que possui as agulhas e é desmontável (ANVISA, 2006; NAIR; ARORA, 2014).

Visando quantificar os materiais utilizados na prática clínica utilizou-se a suposição de que seja 1 procedimento de microagulhamento por dia, sendo 5 dias de atendimento na semana, totalizando 20 equipamentos de microagulhamento ao mês. Utilizando os valores avaliados de descarte para cada material temos então 1200 gramas de material quando usado o *roller* e 80,4 gramas ao utilizar a caneta elétrica. Em um ano esses valores são de 14,4 kg de material do *roller* e 964,8 gramas de material referente às ponteiras da caneta, totalizando uma diferença de 13.435,2 kg a mais quando usado o *roller* em comparação com a caneta elétrica.

Além disso, Singh e Yadav (2016) avaliam que o uso da caneta elétrica, a longo prazo, se torna mais econômico pois não é necessário comprar um novo instrumento todas as vezes, somente as ponteiras. Isso corrobora com os atuais valores de investimento em cada equipamento, pois a caneta elétrica tem um custo médio de R\$1.521,00 e cada cartucho R\$ 26,50 enquanto cada *roller* apresenta custo médio de R\$79,90 (SHOPFISIO, 2021). Considerando 20 equipamentos utilizados por mês, em um período de 12 meses, seriam 240 procedimentos realizados e ao utilizar a caneta elétrica o custo seria do investimento inicial da caneta mais 240 cartuchos, totalizando um valor de R\$ 7. 881,00, enquanto ao optar pelo *roller* o custo seria de 19. 176,00.

Schneider *et al.*, (2001) avaliam que a quantidade gerada de resíduos depende de diversos fatores, como tipo e tamanho do estabelecimento; quantidade de serviços oferecidos; quantidade de pacientes atendidos; procedimentos adotados. Na prática, utiliza-se a relação entre a quantidade média dos resíduos de serviços de saúde gerada por dia no estabelecimento com o número de leitos ocupados, resultando em um dado número que poderá servir como um parâmetro comparativo (SCHNEIDER *et al.*, 2001; BIDONE; POVINELLI, 1999). No entanto, em estabelecimentos voltados à estética, não se tem um cálculo a ser seguido como ação norteadora de estimativa.

A análise da quantidade de RSS coletados diariamente não retrata fielmente a quantidade gerada desses resíduos, pois inúmeros estabelecimentos não têm contrato com empresas que realizam a coleta desses materiais ou encaminham de forma incorreta os RSS para o destino, o que pode fomentar o aumento da contaminação ao meio e à coletividade, podendo, ainda, gerar agravamento dos problemas de saúde pública (LEÃO, 2019).

Os descartes dos resíduos de serviços estéticos são definidos pelas normas brasileiras de resíduos de serviços de saúde, mas a teoria proposta se apresenta diferente da prática em que ocorre falta de ética aliada à falta de fiscalização ativa e eficaz neste tipo de ambiente (MELO, 2007). O controle dos resíduos e do descarte final de produtos e insumos é responsabilidade do estabelecimento, sendo dever do responsável técnico providenciar o treinamento dos participantes, planejar e distribuir as tarefas comuns de coleta de resíduos, controlar a limpeza e a desinfecção de equipamentos e ambientes e contratar a empresa que fará a coleta e a destinação final desses materiais (HIRATA; MANCINI, 2002).

O correto descarte do material perfurocortante utilizado deve ser realizado em caixas específicas, que devem ser coletadas por empresas especializadas no adequado manejo e descarte desses materiais (NEGRÃO, 2015). Quanto à reciclagem dos materiais plásticos, tanto da caneta quanto do *roller*, não existe sua possibilidade, pois essas não são separadas da parte metálica, o que implica na necessidade de que sejam descartadas em conjunto com as agulhas nas caixas do tipo “descarpack”.

Apesar dos RSS representarem uma diminuta parcela do total de resíduos gerados em um bairro ou cidade, são fontes de contaminação e propagação de doenças, sendo um risco a mais quando ocorre tratamento inadequado ou erro em algum dos processos, como armazenamento ou descarte (SILVA; HOPPE, 2005). Ramos *et al.*, (2011) salientam que a importância dos RSS não se dá pelo seu volume e sim pelo potencial risco que representa, tanto ao individual quanto ao coletivo. Por isso, esses materiais devem ser corretamente utilizados, descartados, acondicionados e depois encaminhados à destinação final, envolvendo um processo seguro e efetivo.

A possível ausência de risco ocasionada pela falta de evidência científica que comprove que os resíduos de serviços de saúde provocam doenças não deve ser utilizada para negligenciar o gerenciamento dos RSS. Um caminho para solucionar a questão dos resíduos de serviços de saúde é o exercício do bom-senso, aliado com a educação e o treinamento dos profissionais de saúde, além do esclarecimento da população (GARCIA; RAMOS 2004).

Conclusão

Supunha-se que o *roller* por possuir maior número de agulhas proveria ao tecido maior número de perfurações, mas verificou-se, nas condições utilizadas neste estudo, que a caneta elétrica, mesmo com menor número de agulhas promove maior número de perfurações, haja visto a diferença na largura no diâmetro das agulhas de titânio e de ácido inoxidável. Dessa forma, as perfurações criadas com a caneta elétrica geram uma área perfurada maior, em decorrência do maior número de perfurações, em comparação com as perfurações criadas com o *roller*.

Na quantificação da massa gerada para posterior descarte de cada equipamento é notória a diferença entre o *roller* e a caneta, sendo que o uso de cartuchos acoplados à caneta elétrica geram menos material a ser descartado, seja plástico ou alumínio, sendo caracterizado como menos impactante ao meio

ambiente. Ainda, fomenta-se a discussão acerca dos valores de investimento em cada equipamento e o uso da caneta elétrica a longo prazo se torna mais econômica.

Nas avaliações, ainda, identificou-se que mesmo com os mesmos parâmetros as aplicações da caneta promovem um atrito no tecido diferente do *roller*, deixando marcas que se assemelham a arranhões e possivelmente, em prática clínica, o desencadeamento de sinais e até mesmo cicatrizes. Sendo assim, sugere-se que na aplicação do microagulhamento com caneta elétrica não seja adicionada pressão manual e sim somente o deslizamento do equipamento sobre o tecido, enquanto no *roller* deve-se aplicar pressão média de 6 Newtons e ambos devem ser aplicados com uma média de 10 passadas nas quatro direções, fechando o desenho de um asterisco.

Sugerem-se novas análises e pesquisas a fim de fomentar as discussões sobre o procedimento de microagulhamento, como verificação das agulhas após o uso e com quantas passadas estas ainda mantêm ou perdem o fio, além de estudos analisando o número de passadas indicadas pela literatura e as diferenças em estudos *in vivo*, com o intuito de esclarecer dúvidas ainda existentes acerca do microagulhamento e auxiliar, ainda mais, os profissionais que realizam esse procedimento.

Referências

ANVISA. **Consultas de materiais médicos** - Roller. Disponível em: <https://consultas.anvisa.gov.br/#/saude/q/?nomeProduto=roller>. Acesso em: 04 mai 2021.

BADRAN, M. M.; KUNTSCHE, J.; FAHR, A. **Skin penetration enhancement by a microneedle device (Dermaroller®) in vitro**: dependency on needle size and applied formulation. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, v. 36, 2009.

BIDONE, F. R. A. **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais**: eliminação e valorização. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental; 2001.

BORGES, Fábio dos Santos; SCORZA, Flavia Acedo. Microagulhamento. In: **Terapêutica em Estética: conceitos e técnicas**. 1ed. São Paulo: Phoerte, 2016.

CHAMPEAUA, M.; JARYA, D.; MORTIERB, L.; MORDONB, S.; VIGNOUD, S. **Facile fabrication of dissolving microneedles containing 5-aminolevulinic acid**. Preprint submitted to *International Journal of Pharmaceutics*. June 12, 2020.

GARCIA, L. P.; RAMOS, B.G. Z. **Gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde**: uma questão de biossegurança. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 20(3):744-752, mai-jun, 2004.

GILL, H. S.; PRAUSNITZ, M. R. **Pocketed Microneedles for Drug Delivery to the Skin**. *The Journal of physics and chemistry of solids* 69: 1537-1541.

HIRATA; M.H.; MANCINI FILHO; J. **Manual de biossegurança**. 1.ed. São Paulo: Editora Manole, 2002.

KOLLI, C.; BANGA, A. **Characterization of solid maltose microneedles and their use for transdermal delivery**. *Pharm. Res.*, 25 (2008), pp. 104-113.

LEÃO, O. S. **Estética e biossegurança: aspectos ligados à segurança e ao gerenciamento de resíduos de serviços de saúde em estabelecimentos estéticos**. Lajeado. 2019. Disponível em: <<https://www.univates.br/bdu/handle/10737/2516>>. Acesso em: 06 jun. 2020.

- MELO, K. S. G. **Extração e uso de corantes vegetais da Amazônia no tingimento do couro de Matrinxá** (Brycon amazonicu Spix & Agassiz, 1819). Dissertação (mestrado) - INPA/UFAM, Manaus, 2007.
- NAIR, Pragma A.; ARORA, Tanu H. **Microneedling Using Dermaroller A Means Of Collagen Induction Therapy**. Gujarat Medical Journal. Vol. 69 No. 1. 2014.
- NEGRÃO, M.M. C. **Microagulhamento: bases fisiológicas e práticas**. 1 ed. São Paulo: CR8 Editora, 2015.
- NEGRÃO, M. M. C. **Cicatrizes de acne: Da avaliação ao tratamento**. 1 ed. São Paulo: CR8 Editora, 2017.
- PEARTON, M.; BARROW, D.; GATELEY, C.; ANSTEY, A.; WILKE, N.; MORRISSEY, A.; ALLENDER, C.; BRAIN, K.; BIRCHALL, J. C. **Hydrogels based on PLGA-PEG-PLGA triblock co-polymers as sustained release reservoirs for the delivery of pDNA to microneedle treated human skin**. J. Pharm. Pharmacol., 57 (2005), pp. S12-S13
- RAMOS, Y. S. *et al.*, **Vulnerabilidade no manejo dos resíduos de serviço de saúde de João Pessoa** (PB, Brasil). Ciências & Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 16, n. 8, p. 3553-3560, ago. 2011.
- SCHNEIDER, V. E.; REGO, R. C. E.; CALDART, V.; ORLANDIN, S. M. (Org). **Manual de gerenciamento de resíduos sólidos de serviços de saúde**. São Paulo: CLR Balieiro; 2001.
- SHOPFISIO. **Roller**. Disponível em:< <https://www.shopfisio.com.br/rolo-de-microagulhas-derma-erase-com-540-agulhas-bio-devices-p1059970/p>>. Acesso em: 19 nov, 2021.
- SINGH, Aashim. YADAV, Savita. **Microneedling: Advances and widening horizons**. Department of Dermatology and Venereology, AIIMS, New Delhi, India, 2016.
- SILVA, C. E. ; HOPPE, A. E. **Diagnóstico dos Resíduos de Serviços de Saúde no interior do Rio Grande do Sul**. Revista de Engenharia Sanitária Ambiental, v.10, n. 2, p.146-151, 2005.
- TASSINARY, J. A. F; SINIGAGLIA, G.; SINIGAGLIA, M. **Raciocínio clínico aplicado à Estética facial**. Lajeado: Estética Experts, 2019
- VERBAAN, F. J.; BAL, SM. M.; BERG, D. J. V. D.; GROENINK, W. H. H.; VERPOORTEN, H.; LÜTTGE, R.; BOUWSTRA, J. A. **Assembled microneedle arrays enhance the transport of compounds varying over a large range of molecular weight across human dermatomed skin**. J. Control. Release, 117 (2007), pp. 238-245. Disponível em:. Acesso em: 18 ago, 2021.
- ZUO, Y.; YU, X.; LU, S.. **Dermal Fibroblasts from Different Layers of Pig Skin Exhibit Different Profibrotic and Morphological Characteristics**. Wiley Periodicals, 2016.



UNIVATES

R. Avelino Talini, 171 | Bairro Universitário | Lajeado | RS | Brasil
CEP 95914.014 | Cx. Postal 155 | Fone: (51) 3714.7000
www.univates.br | 0800 7 07 08 09