



Ciência, Tecnologia e Inovação: Desafio para um Mundo Global

Ingrid Winkler
Lilian Lefol Nani Guarieiro
Josiane Dantas Viana Barbosa
Alex Álisson Bandeira Santos
Jeancarlo Pereira dos Anjos
Keize Katiane dos Santos Amparo
Ilan Sousa Figueiredo
(Organizadores)

Ciência, Tecnologia e Inovação: Desafio para um Mundo Global

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Natália Sandrini
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

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

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof^a Dr^a Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Prof^a Dr^a Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof^a Dr^a Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof^a Dr^a Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof^a Dr^a Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.^a Dr.^a Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	<p>Ciência, tecnologia e inovação [recurso eletrônico] : desafio para um mundo global / Organizadores Ingrid Winkler... [et al.]. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019. – (Ciência, Tecnologia e Inovação. Desafio para um Mundo Global; v. 1)</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia. ISBN 978-85-7247-501-3 DOI 10.22533/at.ed.013192907</p> <p>1. Ciência – Brasil. 2. Inovação. 3. Tecnologia. I. Winkler, Ingrid. II. Guarieiro, Lilian Lefol Nani. III. Barbosa, Josiane Dantas Viana. IV. Santos, Alex Álisson Bandeira. V. Anjos, Jeancarlo Pereira dos. VI. Amparo, Keize Katiane dos Santos. VII. Figueiredo, Ilan Sousa. VIII. Série.</p> <p style="text-align: right;">CDD 506</p>
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

O livro *Ciência, Tecnologia e Inovação: Desafio para um Mundo Global* é uma coletânea de trabalhos apresentados no IV International Symposium on Innovation and Technology (SIINTEC) e VIII Research and Innovation Workshop (PTI), eventos realizados entre os dias 24 a 26 de Outubro de 2018 no Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador – BA.

O Workshop PTI é um evento promovido desde 2011 pelo SENAI CIMATEC, com apoio do Departamento Nacional (SENAI DN) e tem o objetivo de contribuir significativamente para o desenvolvimento científico e tecnológico do país, buscando a participação massiva da academia e da indústria, envolvida em pesquisa e desenvolvimento, e o fomento da mudança cultural, a favor do espírito empreendedor, que deve ser promovido e cultivado desde cedo e ser um dos motores da inovação. Na sua oitava edição, o PTI aconteceu concomitantemente com o IV SIINTEC buscando inovar e ampliar a divulgação científica a um nível internacional e enriquecer os debates sobre o tema do evento.

O evento foi patrocinado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e pelo Departamento Nacional do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI/ DN) e gerou a oportunidade de discussão sobre os principais temas relativos às inovações tecnológicas como base para atendimento dos desafios para uma sustentabilidade global, trazendo à tona a realidade, as dificuldades e os bem sucedidos exemplos de integração do trinômio, Tecnologia, Produto e Mercado, principalmente no âmbito das empresas iniciantes de base tecnológica em prol da sustentabilidade.

No VIII PTI e IV SIINTEC foram realizadas palestras, painéis de discussão sobre o tema central do evento e apresentação dos artigos completos aceitos para publicação no anuário do evento, na forma oral e de pôster. Neste contexto, alguns trabalhos apresentados merecem destaque e foram selecionados para serem publicados como capítulos para compor este livro de coletâneas.

Desta forma, esta obra pretende apresentar os desafios da Ciência, Tecnologia e Inovação para um mundo global, promovendo debates e análises acerca de várias questões relevantes, por meio de seus 21 capítulos, divididos em três eixos fundamentais: Revisões de Literatura, Análises de Cases de Inovação e Estudos preliminares e comparativos em diversos domínios de aplicação.

O primeiro eixo aborda estudos sobre Revisões de Literatura em diversas áreas de conhecimento relevantes para a compreensão do tema, tais como: Logística Reversa na Gestão das Cadeias de Suprimento Sustentáveis, Conectividade Veicular, Metodologias de Comissionamento para Implantação de Novo Processo em uma Planta Industrial, Realidade Aumentada na Indústria, Monitoramento de Frotas, Classificação Automática de Eletrocardiograma (ECG), Geração de Energia Eólica e Produção de Biosurfactantes no Refino do Processamento de Oleaginosas.

No segundo eixo, o foco foi dado à análise de diversos casos de inovação na perspectiva teórica neoschumpeteriana, em contextos distintos, como uma indústria química, uma startup na área de biotecnologia, uma spin-off do setor energético e uma empresa da indústria de compressores.

Finalmente, no terceiro eixo, foram abordados temas relacionados à análise de diversos experimentos, tais como: comparações de sobretensões atmosféricas e de desempenho de aterramento em torres de transmissão, reuso de efluente na indústria têxtil, utilização de jatos contínuos de ar para arrasto de partículas depositadas em módulo fotovoltaico através de fluidodinâmica computacional, tratamento biológico de efluente empregando bioaumentador, a influência de fatores geométricos de peça e ferramenta sobre a precisão de trajetórias de ferramenta para microfresamento e desempenho de misturas diesel com diferentes teores de biodiesel de OGR.

Nesse sentido, esta obra constitui-se como uma coletânea de excelentes trabalhos, na forma de experimentos e vivências de seus autores. Certamente os trabalhos apresentados nesta obra são de grande relevância para o meio acadêmico, proporcionando ao leitor textos científicos que permitem análises e discussões sobre assuntos pertinentes para compreensão dos desafios atuais da Ciência, Tecnologia e Inovação para um mundo global.

Os nossos agradecimentos a cada leitor pela contribuição com esta obra. Aos leitores, desejamos uma leitura proveitosa e repleta de novas reflexões significativas sobre o tema.

Ingrid Winkler
Lilian Lefol Nani Guarieiro

SUMÁRIO

REVISÕES DE LITERATURA

CAPÍTULO 1	1
PRODUÇÃO DE BIOSURFACTANTES UTILIZANDO COMO SUBSTRATO RESÍDUOS DO REFINO DO PROCESSAMENTO DE OLEAGINOSAS – UMA REVISÃO	
Márcio Costa Pinto da Silva Edna dos Santos Almeida Érika Durão Vieira Itana Rodrigues Ferreira	
DOI 10.22533/at.ed.0131929071	
CAPÍTULO 2	9
CONECTIVIDADE VEICULAR PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES: UMA BREVE REVISÃO	
Marcus Vinícius Ivo da Silva Lilian Lefol Nani Guarieiro Paulo Renato Câmara da Silva Rafael Barbosa Mendes	
DOI 10.22533/at.ed.0131929072	
CAPÍTULO 3	17
LOGÍSTICA REVERSA COMO INSTRUMENTO DA GESTÃO DAS CADEIAS DE SUPRIMENTO SUSTENTÁVEIS – REVENDO A LITERATURA	
Clara Barretto Handro Francisco Uchoa Passos	
DOI 10.22533/at.ed.0131929073	
CAPÍTULO 4	24
METODOLOGIAS DE COMISSONAMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DE NOVO PROCESSO EM UMA PLANTA INDUSTRIAL: UMA BREVE REVISÃO	
Valmir da Cruz de Souza Lílian Lefol Nani Guarieiro	
DOI 10.22533/at.ed.0131929074	
CAPÍTULO 5	31
REALIDADE AUMENTADA E APRENDIZADO DE MAQUINA PARA TRACKING NA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL: UMA REVISÃO DA LITERATURA	
Rosalvo Matos Neto Liz Azevedo Ingrid Winkler Valter de Senna	
DOI 10.22533/at.ed.0131929075	
CAPÍTULO 6	39
REALIDADE AUMENTADA E EFICIÊNCIA NA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA	
Camila Santana Rossi Alex Álisson Bandeira Santos Ingrid Winkler Marinilda Lima Souza	
DOI 10.22533/at.ed.0131929076	

CAPÍTULO 7 47

TECNOLOGIA DE *LOW POWER WIDE AREA NETWORK* (LPWAN) PARA MONITORAMENTO DE FROTAS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Paulo Renato Câmara da Silva
Herman Augusto Lepikson
Marcus Vinícius Ivo da Silva
Rafael Barbosa Mendes

DOI 10.22533/at.ed.0131929077

CAPÍTULO 8 55

UMA REVISÃO DE LITERATURA SOBRE TÉCNICAS PARA CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE ELETROCARDIOGRAMA (ECG)

Jandson Santos Nunes
Valter de Senna

DOI 10.22533/at.ed.0131929078

CAPÍTULO 9 61

ASPECTOS DO GERENCIAMENTO DA ETAPA DE ENCERRAMENTO DO CONTRATO DE GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA NO BRASIL, COM ENFOQUE NA BAHIA

Lívia Fernanda Tavares Ornellas
Luzia Aparecida Tofaneli
Alex Álisson Bandeira Santos

DOI 10.22533/at.ed.0131929079

ANÁLISES DE CASES DE INOVAÇÃO

CAPÍTULO 10 69

ESTUDO DE CASO: INOVAÇÃO PARA DIVERSIFICAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA À LUZ DA ABORDAGEM NEOSCHUMPETERIANA

Alfredo Ruben Corniali
Lara Machado Nelli
Mariana Inah de Almeida
Ingrid Winkler
Renelson Sampaio

DOI 10.22533/at.ed.01319290710

CAPÍTULO 11 79

O CASE SUNEW ANALISADO NA ÓTICA NEO- SCHUMPETERIANA

Clara Barretto Handro
Lívia Fernanda Tavares Ornellas
Marcio Costa Pinto da Silva
Ingrid Winkler
Renelson Sampaio

DOI 10.22533/at.ed.01319290711

CAPÍTULO 12 87

O CASO DA NEOVECH – BIOTECNOLOGIA: PLATAFORMA PARA INOVAÇÕES EM DIFERENTES SEGMENTOS, UMA ANÁLISE SOB A ABORDAGEM NEO-SCHUMPETERIANA

Gabriela Chaves Valente

Taís Costa Lima

Silmar Batista Nunes

Ingrid Winkler

Renelson Sampaio

DOI 10.22533/at.ed.01319290712

CAPÍTULO 13 95

O CASE WISEMOTION SOB A ÓTICA NEOSCHUMPETERIANA

Antônio Rimaci Miguel Junior

Valmir da Cruz de Souza

Caroline C. Fernandes da Costa

Ingrid Winkler

Renelson Ribeiro Sampaio

DOI 10.22533/at.ed.01319290713

CAPÍTULO 14 103

UMA ANÁLISE DO CASE CLIEVER NA PERSPECTIVA SCHUMPETERIANA

Pedro Martins de Oliveira

Luciano Moura Costa Doria

Almir Filho

Renelson Ribeiro Sampaio

Ingrid Winkler

DOI 10.22533/at.ed.01319290714

ESTUDOS PRELIMINARES E COMPARATIVOS EM DIVERSOS DOMÍNIOS DE APLICAÇÃO

CAPÍTULO 15 111

ESTUDO COMPARATIVO DE SOBRETENSÕES ATMOSFÉRICAS EM DIFERENTES MODELOS DE TORRES DE TRANSMISSÃO

Raniere Varon Fernandes Mimoso

Guilherme Saldanha Kroetz

Daniel Travassos Afonso Bomfim

Frederico Ramos Cesário

DOI 10.22533/at.ed.01319290715

CAPÍTULO 16 120

ESTUDO COMPARATIVO DO DESEMPENHO DE ATERRAMENTO EM TORRES DE TRANSMISSÃO

Daniel Travassos Afonso Bomfim

Guilherme Saldanha Kroetz

Raniere Varon Fernandes Mimoso

Frederico Ramos Cesário

DOI 10.22533/at.ed.01319290716

CAPÍTULO 17	128
ESTUDO DE PROCESSOS DE REUSO DE EFLUENTE EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL	
Clara Rodrigues Pereira	
Lílian Lefol Nani Guarieiro	
DOI 10.22533/at.ed.01319290717	
CAPÍTULO 18	136
ESTUDO PRELIMINAR DA UTILIZAÇÃO DE JATOS CONTÍNUOS DE AR PARA ARRASTO DE PARTÍCULAS DEPOSITADAS EM UMA FV ATRAVÉS DE FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL	
Pedro Freire de Carvalho Paes Cardoso	
Turan Dias Oliveira	
Paulo Roberto Freitas Neves	
Juliana de Oliveira Cordeiro	
Luzia Aparecida Tofaneli	
Alex Álisson Bandeira Santos	
DOI 10.22533/at.ed.01319290718	
CAPÍTULO 19	144
TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTE EMPREGANDO BIOAUMENTADOR	
Stephanie de Melo Santana	
Edna dos Santos Almeida	
Michelle Cruz Costa Calhau	
DOI 10.22533/at.ed.01319290719	
CAPÍTULO 20	151
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE FATORES GEOMÉTRICOS DE PEÇA E FERRAMENTA SOBRE A PRECISÃO DE TRAJETÓRIAS DE FERRAMENTA PARA MICROFRESAMENTO	
Marcus Vinícius Pascoal Ramos	
Guilherme Oliveira de Souza	
DOI 10.22533/at.ed.01319290720	
CAPÍTULO 21	160
AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE MISTURAS DIESEL COM DIFERENTES TEORES DE BIODIESEL DE OGR	
Arx Henrique Pedreira Reis Bastos	
Keize Katiane dos Santos Amparo	
Egídio Teixeira de Almeida Guerreiro	
Maurício Lerina Bonifati	
Elliete Costa Alves	
Guilherme Cunha Martins	
Alex Brasil	
Caio Henrique Alves Maciel	
Rodrigo Alberto Moreira Gomes	
Lílian Lefol Nani Guarieiro	
DOI 10.22533/at.ed.01319290721	
SOBRE OS ORGANIZADORES	168

PRODUÇÃO DE BIOSURFACTANTES UTILIZANDO COMO SUBSTRATO RESÍDUOS DO REFINO DO PROCESSAMENTO DE OLEAGINOSAS – UMA REVISÃO

Márcio Costa Pinto da Silva

Centro Universitário SENAI CIMATEC
Salvador – Bahia

Edna dos Santos Almeida

Centro Universitário SENAI CIMATEC
Salvador – Bahia

Érika Durão Vieira

Centro Universitário SENAI CIMATEC
Salvador – Bahia

Itana Rodrigues Ferreira

Centro Universitário SENAI CIMATEC
Salvador – Bahia

RESUMO: Os biossurfactantes são compostos ativos, com capacidade de reduzir as tensões superficiais, produzidos por microrganismos, possuindo baixa toxicidade, alta biodegradabilidade com possível produção a partir de fontes renováveis. O objetivo deste trabalho é elaborar um levantamento e avaliação de artigos referente a produção de biossurfactantes utilizando como substrato resíduos do processamento de refino de oleaginosas. A metodologia consistiu na busca das palavras-chave e suas combinações, utilizando a base de dados da *Web of Science*. A pesquisa indicou 48 artigos. Destes foram selecionados 8 artigos com maior aderência ao tema. Como conclusão há oportunidade

em desenvolver a pesquisa para produção de biossurfactante utilizando este tipo de substrato.

PALAVRAS-CHAVE: Biossurfactantes; Metodologia; Soja; Algodão; Resíduo.

PRODUCTION OF BIOSURFACTANTS USING AS SUBSTRATE RESIDUES FROM REFINING OF OLEAGINOSE PROCESSING - A REVIEW

ABSTRACT: Biosurfactants are active compounds capable of reducing surface tensions produced by microorganisms, having low toxicity and high biodegradability with possible production from renewable sources. The objective of this work is to elaborate a survey and evaluation of articles concerning the production of biosurfactants using as substrate residues from the processing of oilseed refining. The methodology consisted in the search of the keywords and their combinations, using the database of *Web of Science*. The search has indicated 48 articles. Of these, 8 articles were selected with greater adherence to the theme. As conclusion there is an opportunity to develop the research for the production of biosurfactant using this type of substrate.

KEYWORDS: Biosurfactants; Methodology; Soy; Cotton; Residue.

1 | INTRODUÇÃO

O fenômeno da tensão superficial está presente em toda natureza e é responsável pela forma esférica de pequenas gotas de líquido. Esta forma adotada é em função da menor razão entre superfície e volume. As forças coesivas no interior do líquido são compartilhadas com as moléculas vizinhas. As moléculas na superfície do líquido não possuem moléculas vizinhas acima delas e exibem uma força mais forte sobre suas vizinhas mais próximas na superfície. Este aumento de forças atrativas intermoleculares na superfície é chamada de tensão superficial.

1.1 Biosurfactantes

Os biosurfactantes são compostos de natureza anfipática, excretados principalmente, por microrganismos, que reduzem a tensão superficial do meio onde são produzidos. A produção de biosurfactantes são limitadas devido ao seu alto custo, agregada a uma baixa produtividade e uso de substratos caros. Os metabólitos produzidos à partir de substratos baratos, renováveis e através de processos economicamente viáveis permitem diminuir os custos de produção dos biosurfactantes. Esses compostos de superfície ativa encontram aplicação na indústria, agricultura, mineração, recuperação de petróleo e como emulsificadores em produtos farmacêuticos e cosméticos.

As moléculas dos biosurfactantes são complexas e possuem uma porção hidrofóbica com pequena afinidade ao meio aquoso e um grupo hidrofílico, fortemente atraído pelo meio aquoso.

Os biosurfactantes são classificados de acordo com a composição química e origem microbiana. As principais classes abrangem os: glicolipídios, lipopeptídios e lipoproteínas, fosfolipídios e ácidos graxos e surfactantes poliméricos.

Estratégias como a escolha de matérias primas de baixo custo, otimização dos processos fermentativos, redução dos custos de recuperação do produto e manipulação genética de linhagens produtoras têm sido avaliadas visando aumentar a competição dos biosurfactantes frente aos surfactantes sintéticos.

1.2 Triglicérides

Cadeias longas de carbono propiciam um bom meio de cultura para microrganismos. Neste contexto, o óleo de soja, o mais abundante no Brasil, contém cerca de 61% de ácidos graxos poli-insaturados com cadeias longas de 18 carbonos (linoleico e linolênico), e o óleo de algodão contém cerca de 60% de ácido graxo insaturado e 25% de ácido graxo saturado com cadeia de carbono variando entre 16 a 18 carbonos.

As triglicérides, compostos por uma molécula de glicerol ligada a três de ácidos graxos esterificados, são os lipídios mais abundantes na natureza. Os trigliceróis podem sofrer hidrólise, liberando ácidos graxos e glicerol. Se a reação é feita em meio

alcalino, há formação de sais de ácidos graxos, denominados também de sabões, e esse processo é conhecido como saponificação.

1.3 Resíduo gerado no processo de refino de óleos vegetais

Na industrialização de óleos vegetais gera três sub produtos: as gomas, as borras, oriundas da etapa de neutralização e o condensado. Sabões de sódio são formados na etapa da neutralização do refino químico do óleo bruto, através da reação com hidróxido de sódio para remoção dos ácidos graxos livres. A neutralização alcalina do óleo vegetal consiste em fazer reagirem os ácidos graxos livres, responsáveis pela acidez do óleo, com uma solução de soda cáustica. Quando o óleo é aquecido com uma solução álcali forma-se glicerol e uma mistura de sais alcalinos de ácidos graxos (sabões). Os ácidos graxos livres também reagem com o álcali resultando em sabões na reação de neutralização. Estes sabões produzidos são insolúveis no óleo e se concentram na fase aquosa que se separa do óleo neutro e constitui a borra do refino.

Estes ácidos graxos serão então transformados em sabões que serão removidos do óleo neutro por processo físico. Neste processo consegue-se também uma remoção de fosfatídeos não hidratáveis. Os sabões e a maioria do material não oleoso é separado por centrifugação contínua e denominado de borra. A borra contém ácidos graxos, sais de sódio, água, triglicerídios, material saponificável e produtos da degradação do óleo. A borra bruta contém entre 35 a 50% de ácidos graxos totais.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é elaborar um levantamento e avaliação de artigos utilizando a base de dados da “*Web of Science*” relativo à produção de biosurfactantes utilizando como substrato resíduo do refino de óleo vegetal.

2 | METODOLOGIA

A pesquisa informacional, finalidade deste trabalho, foi realizada entre 09 a 13 de Julho de 2018, utilizando a base de periódicos da *Web of Science*. A técnica utilizada foi a combinação de palavras-chaves, dentre palavras previamente escolhida em função do objeto de estudo, que é uma amostra de uma mistura de uma borra oleosa de soja e algodão, para verificar a viabilidade de uso desta borra como substrato para produção de biosurfactante.

A Tabela 1 apresenta as palavras-chave escolhidas ordenadas nas linhas, bem como seus sinônimos ou termos técnicos semelhantes ordenadas nas colunas.

A busca das palavras-chave foi feita em todos idiomas disponíveis na base de dados, com a palavra aparecendo, sem restrição, em qualquer lugar do texto e pelo período máximo que a base disponibiliza, de 1945 a 2018.

		OR		
	biosurfactant*			
AND	(soy*	cotton)	NEAR oil	
	Slurry	Lee	Residue	Waste

Tabela 1 - Palavras-chave utilizadas na busca sobre biosurfactante

A Figura 1 mostra a quantidade de resultados por palavra e na combinação dos 3 blocos de palavras com a junção “and”.

Resultados	Resultados	
		<input type="button" value="Salvar histórico/Criar alerta"/> <input type="button" value="Abrir histórico salvo"/>
# 5	48	#4 AND #2 AND #1 <i>Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=Todos os anos</i>
# 4	21.509	TÓPICO: ((soy* OR cotton) NEAR oil) <i>Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=Todos os anos</i>
# 3	204.004	TÓPICO: (soy* OR cotton) <i>Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=Todos os anos</i>
# 2	867.043	TÓPICO: (slurry OR lee OR residue OR waste) <i>Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=Todos os anos</i>
# 1	5.253	TÓPICO: (biosurfactant*) <i>Índices=SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI Tempo estipulado=Todos os anos</i>

Figura 1: busca de artigos com palavra combinadas

À partir da leitura do resumo dos 48 artigos do resultado #5, foram selecionados apenas os artigos que tinham aderência ao objeto de estudo, que é a produção de biossurfactantes utilizando como substrato resíduos gerado no processo de refino de óleos vegetais.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram baseados na metodologia proposta, acima: os artigos selecionados datam entre 2009 a 2018 conforme a distribuição no gráfico 1.

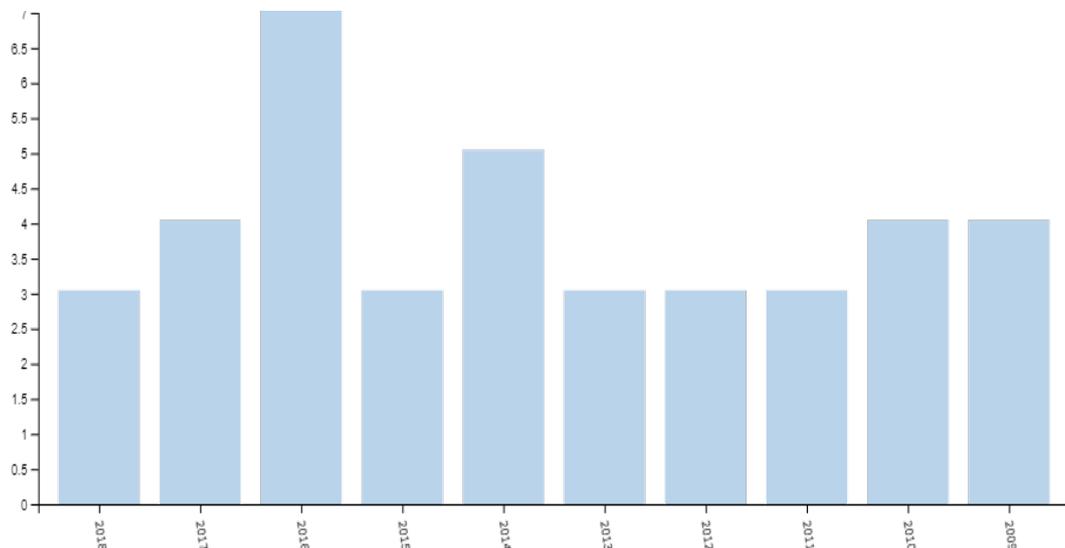


Gráfico 1: Número de artigos por ano.

Conforme a figura 2, dos 48 artigos, 23 são autores de nacionalidade brasileira. Sendo que estes autores estão vinculados às seguintes Instituições: Universidade Católica de Pernambuco, Universidade Federal de Pernambuco e Universidade Rural de Pernambuco; USP, Universidade Estadual Paulista e Unicamp.



Figura 2: artigos por nacionalidade

Com aderência ao tema proposto, 8 artigos têm uma forte aderência, que é a produção de biosurfactantes utilizando como substrato resíduos gerados no processo de refino de óleos vegetais. Na tabela 1 estão listados por título, autor principal, publicação e ano que foi publicado.

TÍTULO	AUTOR PRINCIPAL	PUBLICAÇÃO	ANO
Evaluation of a recycling bioreactor for biosurfactant production by <i>Pseudomonas aeruginosa</i> MR01 using soybean oil waste	Lotfabad, TB	JOURNAL OF CHEMICAL TECHNOLOGY AND BIOTECHNOLOGY	2016
Management of soybean oil refinery wastes through recycling them for producing biosurfactant using <i>Pseudomonas aeruginosa</i> MR01	Partovi, M	WORLD JOURNAL OF MICROBIOLOGY & BIOTECHNOLOGY	2013
Evaluation Antimicrobial and Antiadhesive Properties of the Biosurfactant Lunasan Produced by <i>Candida sphaerica</i> UCP 0995	Luna, JM	CURRENT MICROBIOLOGY	2011
Economic Optimized Medium for Tensio-Active Agent Production by <i>Candida sphaerica</i> UCP0995 and Application in the Removal of Hydrophobic	Luna, JM	INTERNATIONAL JOURNAL OF MOLECULAR SCIENCES	2011
Structure and Applications of a Rhamnolipid Surfactant Produced in Soybean Oil Waste	Nitschke, Marcia	APPLIED BIOCHEMISTRY AND BIOTECHNOLOGY	2010
Experimental design for the production of tensio-active agent by <i>Candida lipolytica</i>	Rufino, Raquel D.	JOURNAL OF INDUSTRIAL MICROBIOLOGY & BIOTECHNOLOGY	2008
Sophorolipid biosynthesis by <i>Candida bombicola</i> from industrial fatty acid residues	Felse, P. Arthur	ENZYME AND MICROBIAL TECHNOLOGY	2007
Oil wastes as unconventional substrates for rhamnolipid biosurfactant production by <i>Pseudomonas aeruginosa</i> LBI	Nitschke, Marcia	BIOTECHNOLOGY PROGRESS	2015

Dentre os 8 artigos selecionados, três deles: *Evaluation of a recycling bioreactor for biosurfactant production by Pseudomonas aeruginosa MR01 using soybean oil waste*; *Structure and Applications of a Rhamnolipid Surfactant Produced in Soybean Oil Waste*; *Oil wastes as unconventional substrates for rhamnolipid biosurfactant production by Pseudomonas aeruginosa LBI*, utilizam como substrato o sabão de óleo de soja, que é o resíduo do refino do óleo de soja, ratificando o objeto deste estudo, sendo que o terceiro artigo conclui que o substrato com sabonete de soja é mais eficiente que outros substratos estudados. Este sabão ou sabonete de soja são os ácidos graxos que serão removidos do óleo neutro por centrifugação contínua, denominado de borra. Esta borra contém ácidos graxos, sais de sódio, água, triglicerídios, material saponificável e produtos da degradação do óleo. Estes três artigos mostram o total alinhamento com a proposta do estudo do uso desta borra como um substrato para produção de biosurfactantes.

Os outros 5 artigos utilizam como substrato o resíduo de óleo de soja, sendo que o artigo: *Sophorolipid biosynthesis by Candida bombicola from industrial fatty acid*

residues faz uma correlação do tamanho da cadeia carbônica do substrato com a produção de biosurfactante. Em nenhum artigo relatou o uso do resíduo do refino do óleo de algodão.

4 | CONCLUSÃO

O tema tem artigos publicados entre 2009 a 2018. É relevante a participação de autores brasileiros em metade dos artigos resultantes da pesquisa. Nos 8 artigos selecionados, dentro do objeto de estudo, todos mencionam a necessidade do uso de um substrato barato para viabilidade do processo e todos pesquisaram a produção de biosurfactante utilizando resíduo proveniente do refino de óleo de soja. Como conclusão, com base nos artigos selecionados, há oportunidade em desenvolver uma pesquisa para produção de biosurfactante utilizando como substrato a borra proveniente do processo de refino da mistura de óleo de soja e algodão.

REFERÊNCIAS

ANTUNES A. A. et al. **Produção de biosurfactante por *Chromobacterium violaceum* ATCC 12472 utilizando milhocina e óleo de milho pós-fritura como nutrientes**, 2013.

BEZERRA, M. S. **Estudo da Produção de biosurfactante sintetizados por *Pseudomonas aeruginosa* AP029-GVIIA utilizando manipueira como fonte de carbono**, UFRN, 2012.

BUENO, G. F. **Produção de biosurfactantes utilizando resíduos agroindustriais como substrato**. UNESP, 2014.

F O N S E C A H., GUTIERREZ L. E. **Composição em ácidos graxos de óleos vegetais e gorduras animais**, 1974.

FARIA, A. F. **Produção, Purificação e Caracterização Química de Biosurfactantes Produzidos por *Bacillus subtilis* em Glicerina Residual**, UNICAMP, 2010.

FELSE, P. A. **Sophorolipid biosynthesis by *Candida bombicola* from industrial fatty acid residues**. ENZYME AND MICROBIAL TECHNOLOGY, 2007.

FRÉ, N. C. **Obtenção de ácidos graxos à partir da acidulação de borra de neutralização de óleo de soja**. UFRS, Porto Alegre, 2009.

JUN, A. et al. **Reatividade de Compostos Orgânicos II e Biomoléculas - lipídios, ácidos graxos e fosfolipídeos**. São Paulo, 2016.

LOTFABAD, T. B. et al. **Evaluation of a recycling bioreactor for biosurfactant production by *Pseudomonas aeruginosa* MR01 using soybean oil waste**. JOURNAL OF CHEMICAL TECHNOLOGY AND BIOTECHNOLOGY, 2016.

LUNA, JULIANA M. et al. **Evaluation Antimicrobial and Antiadhesive Properties of the Biosurfactant Lunasan Produced by *Candida sphaerica* UCP 0995**. CURRENT MICROBIOLOGY, 2011.

NITSCHKE, M. et al. **Oil wastes as unconventional substrates for rhamnolipid biosurfactant production by *Pseudomonas aeruginosa* LBI.** BIOTECHNOLOGY PROGRESS, 2005.

NITSCHKE, M. et al. **Structure and Applications of a Rhamnolipid Surfactant Produced in Soybean Oil Waste.** APPLIED BIOCHEMISTRY AND BIOTECHNOLOGY, 2010.

CONECTIVIDADE VEICULAR PARA REDUÇÃO DE EMISSÕES: UMA BREVE REVISÃO

Marcus Vinícius Ivo da Silva

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (Cetec)

Cruz das Almas – Bahia

Centro Universitário Senai Cimatec, Doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial (MCTI)

Salvador - Bahia

Lilian Lefol Nani Guarieiro

Centro Universitário Senai Cimatec, Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial (MCTI)

Universidade Federal da Bahia (UFBA), Programa de Pós-Graduação em Energia e Ambiente (Cienam)

Salvador - Bahia

Paulo Renato Câmara da Silva

Universidade Federal da Bahia (UFBA), Programa de Pós-Graduação em Mecatrônica (PPGM)

Salvador - Bahia

Rafael Barbosa Mendes

Universidade Federal da Bahia (UFBA), Programa de Pós-Graduação em Mecatrônica (PPGM)

Centro Universitário Senai Cimatec, Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Industrial (PPG-Getec)

Salvador – Bahia

RESUMO: Veículos conectados podem representar uma inovação para a sociedade

e um potencial para acelerar a redução de poluentes nas vias de tráfego de grandes cidades. Este estudo teve por objetivo revisar a literatura sobre veículos conectados e emissões. Na metodologia, foi realizada uma revisão da literatura utilizando buscadores e bases de dados: Google Acadêmico, ScienceDirect, SAE Mobilus, com os descritores: “*connected vehicle*” e *emissions*. Nos resultados, mais de 1400 documentos foram filtrados e, após rastreamento dos títulos e dos conteúdos, chegou-se a oito trabalhos. Pode-se concluir que os métodos mais precisos para estimar o potencial do veículo conectado na mitigação de emissões combinam simulações virtuais com experimentos laboratoriais e de campo.

PALAVRAS-CHAVE: veículos conectados; emissões; revisão.

VEHICLE CONNECTIVITY FOR EMISSION REDUCTION: A BRIEF REVIEW

ABSTRACT: Connected vehicles can represent a breakthrough for society and a potential to accelerate the reduction of pollutants in major city traffic routes. This study aimed to review the literature on connected vehicles and emissions. In the methodology, a literature review was performed using search engines and databases: Google Academic, ScienceDirect, SAE Mobilus,

with the descriptors: “connected vehicle” and emissions. In the results, more than 1400 documents were filtered and, after screening of titles and content, eight papers were included. It can be concluded that more accurate methods for estimating the potential of the connected vehicle in emissions mitigation combine virtual simulations and laboratory and field experiments.

KEYWORDS: connected vehicles; emissions; review.

1 | INTRODUÇÃO

Cenário comum nos grandes centros urbanos, o número crescente de veículos para o transporte de cargas e passageiros traz consigo o aumento de emissões de poluentes atmosféricos pela intensificação de congestionamentos, gerando problemas ao meio ambiente e à saúde humana pela exposição a concentrações elevadas desses poluentes (POLICARPO *et al.*, 2018; OLIVEIRA *et al.*, 2018; WANG, 2011). Devido à queima incompleta de combustível, os veículos são fontes significativas de poluição, que impactam na qualidade do ar urbano, e lançam diretamente na atmosfera (poluentes primários) óxidos de nitrogênio (NO_x) e enxofre (SO_x), monóxido de carbono (CO), álcoois, aldeídos, hidrocarbonetos, ácidos orgânicos e material particulado (WANG, 2011; GUARIEIRO, VASCONCELLOS, SOLCI, 2011; ROY, 1992), prejudiciais à saúde de todos que trabalham e vivem nesses locais. “Conseqüentemente, os agentes que atuam em um sistema de transportes (como o poder público, iniciativa privada e usuários) anseiam por práticas que mitiguem tais impactos” (OLIVEIRA *et al.*, 2018) e, para isso, será necessário repensar os veículos e o ato de dirigir. Considerando esse contexto, objetivou-se revisar a literatura sobre a interação de veículos conectados e emissões.

2 | METODOLOGIA

Definiu-se, neste estudo, um protocolo de busca de artigos que visaram responder à seguinte questão: a adoção do veículo conectado pode ser efetiva na redução de emissões em grandes centros urbanos? Pelo foco da questão, veículos conectados e emissões foram determinados como descritores. No entanto, a pesquisa foi realizada em etapas. A primeira etapa ocorreu na base de dados Google Acadêmico, com a *string* de busca (“*connected vehicle*” OR “*connected vehicles*”) AND (“veículo conectado” OR “veículos conectados”), para encontrar publicações com essas palavras somente no título, excluídas patentes e citações. Na sequência, utilizando as bases de dados, ScienceDirect e SAE Mobilus e a *string* (“*connected vehicle*” OR “*connected vehicles*”), pesquisou-se publicações na língua inglesa com essas palavras no título. No intuito de determinar o conjunto de publicações que estudaram a relação entre veículos conectados e emissões, a pesquisa foi refinada adicionando outro descritor – *emissions*. Assim, realizou-se nova busca no Google Acadêmico, ScienceDirect e SAE

Mobilus, com a *string* (“connected vehicle” OR “connected vehicles”) AND (“emission” OR “emissions”).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram registrados os números de publicações em cada uma das plataformas, separando-os por ano de publicação para observar a evolução do número de publicações no tempo, em escala logarítmica (Figura 1). O Google Acadêmico retornou números de publicação anual, pelo menos, uma ordem superior, comparados aos das outras bases consultadas, como se pôde observar na Figura 1, e crescentes há mais de uma década. A série de dados anual do ScienceDirect mostrou crescimento similar somente a partir de 2015. O SAE Mobilus recuperou 16 artigos até a data pesquisada com números que não superam uma dezena anualmente. Cabe destacar também, nos resultados do Google Acadêmico, neste levantamento, a obra mais antiga datada de 1998. Não foram encontrados trabalhos publicados entre 2001 e 2005. No total, as buscas resultaram em mais de 1400 resultados, distribuídos em um período de 20 anos de desenvolvimento dessa tecnologia para o transporte de pessoas e cargas.

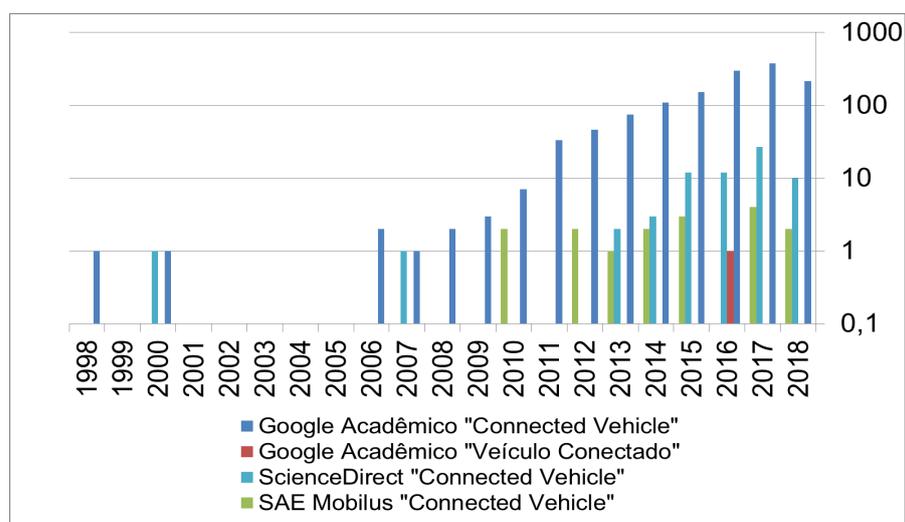


Figura 1. Evolução no tempo do número de publicações anuais sobre veículos conectados.

BASE / ANO	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010
Google Acadêmico	3	0	2	0	0	1	0	0	0
ScienceDirect	0	2	2	0	0	0	0	0	0
SAE Mobilus	0	1	1	0	0	0	0	0	1

Tabela 1. Número de publicações anuais pesquisados sobre veículos conectados e emissões nas bases Google Acadêmico, ScienceDirect e SAE Mobilus no dia 23/07/2018.

A Tabela 1 reuniu resultados do protocolo de busca em número de publicações anuais sobre veículos conectados e emissões nas bases Google Acadêmico,

ScienceDirect e SAE Mobilus. A combinação dos dois descritores: “*connected vehicle*” e *emissions* reduziu o total de mais de 1400 artigos a 13.

A Tabela 2 apresentou os números das etapas de busca e seleção dos trabalhos. Identificou-se uma duplicata entre os 13, que foi excluída dos resultados do Google Acadêmico, por se tratar de publicação de periódico da base ScienceDirect, O rastreamento dos títulos permitiu ainda identificar dois artigos de evento que não tratavam do tema. Em seguida, realizou-se a análise do conteúdo e dois artigos de periódicos foram excluídos por não terem em seu foco o veículo conectado e emissões. Assim, restaram oito publicações.

ETAPA / BASE	Google Acadêmico	ScienceDirect	SAE Mobilus	Total
Resultantes de busca	6	4	3	13
Duplicados	-1	0	0	-1
Excluídos pelo título	-2	0	0	-2
Excluídos pelo texto	0	-1	-1	-2
Incluídos na seleção	3	3	2	8

Tabela 2. Resultados de busca e seleção de publicações sobre veículos conectados e emissões nas bases Google Acadêmico, ScienceDirect e SAE Mobilus no dia 23/07/2018.

A Tabela 3 foi organizada em seis colunas e resume as principais informações dos trabalhos selecionados no tema emissões e veículos conectados:

Eilbert *et al.* (2018) propuseram e testaram uma modelagem estruturada em três camadas para avaliar CAVs de 1ª geração e compararam os resultados de emissões e consumo de combustível ao modelo carro 99 de Wiedemann no VISSIM. A afiliação dos autores é o *U.S. Department of Transportation, Volpe National Transportation Systems Center*, em Cambridge, MA, EUA.

Wei *et al.* (2018) apresentaram os resultados de um teste em simulador de direção em rodovia na busca do mecanismo causa e efeito da influência de informações no motorista e nos sistemas de um veículo conectado, comparados ao dados de um estudo de prova de conceito de uma conjunção de via expressa na área de Cincinnati (Ohio, EUA). O prof. Heng Wei é afiliado ao *Advanced Research on Transportation Engineering and Systems (ART-EngineS) Laboratory*, da Universidade de Cincinnati, Ohio, EUA.

Jeong, Oh e Lee (2013) observaram o comportamento responsivo do motorista a mensagens de advertência e as consequências em emissões veiculares e congestionamento de tráfego, através de um experimento de campo e de outro virtual. Com o experimento de campo, mediram valores de emissões e estabeleceram padrões de condução afetada e não afetada pelas mensagens de advertência. Na parte virtual, simularam tais padrões com os programas VISSIM e MOVES. Atualmente, Eunbi Jeong é afiliado ao *Korea Railroad Research Institute*.

Nobe (2010) revisou estudos de casos reais de tecnologias implantadas no

Japão (*Dynamic Route Guidance* (DRG) e *Eco Drive Advice* (EDA), combinação de tecnologias proposta no programa CARWINGS) e na China (frota táxis com DRG), na busca de responder como veículos conectados realizavam redução de consumo de combustível e de emissão de CO₂. Atualmente, Tsuguo Nobe é afiliado à *Intel Corporation* no Japão.

Zulkefli *et al.* (2017) adotaram um sistema *Hardware-in-the-Loop* (HiLS) para avaliações de métodos de otimização de energia que combinam informações de tráfego. Especificamente, testaram um esquema “motor+dino”-*in-the-loop* integrado via internet ao micro simulador de tráfego VISSIM. Dessa forma, o consumo de combustível e as emissões de veículos autônomos e conectados puderam ser avaliados em experimento laboratorial e os testes de campo evitados, desafiadores por questões técnicas e de segurança. O professor Mohd Azrin Mohd Zulkefli é afiliado à Universidade de Minnesota, em Minneapolis, MN, EUA.

Chandra e Camal (2016) investigaram se acelerações e desacelerações frequentes de veículos em alças de acesso levariam a um aumento nas emissões e no consumo de combustível. Para isso, simularam computacionalmente um exemplo de rampa da rodovia Interestadual 405 em Long Beach (Califórnia, EUA) para três condições de tráfego: fluxo livre, período de transição e congestionamento da hora do rush. Concluíram que o benefício da tecnologia do veículo conectado foi marginal nas três condições no que se referiu à redução de emissões. O prof. Shailesh Chandra é afiliado à Universidade do Estado da Califórnia, em Long Beach, EUA.

Saunier *et al.* (2018) relataram a revisão de estudos de caso sobre impactos dos veículos conectados nas emissões de gases de efeito estufa (GEEs) e a proposta de um método para transferir os resultados para o contexto da ilha de Montreal. Os autores são afiliados ao Interuniversity Research Centre on Enterprise Networks, Logistics and Transportation (CIRRELT), em Montreal, Quebec, Canadá.

Liu (2016) defendeu, em sua tese, uma abordagem integrada para avaliar o impacto do veículo conectado no comportamento individual do motorista e, conseqüentemente, na operação, segurança e emissões do tráfego. Buscou identificar as relações causa-e-efeito e medir a eficácia de mobilidade, segurança e ambientais (MOEs). Para isso, determinou as funcionalidades dos sistemas de um veículo conectado através de revisão da literatura e as adicionou à modelagem do tráfego. Além disso, incorporou modelos de comportamento à modelagem microscópica do veículo. Os resultados da simulação integrada foram comparados a dados reais de operação do veículo. Hao Liu faz parte do grupo de pesquisa do prof. Heng Wei, na Universidade de Cincinnati, Ohio, EUA.

Referência	Objeto	Intervenção	Comparação	Resultados	Tipo de Estudo
EILBERT <i>et al.</i> (2018)	CACC (1ª geração de CAVs)	Modelagem estruturada em três camadas	Carro seguidor 99 Wiedemann padrão	impacto nas emissões e energia	MIXIC (CACC)+ Vissim (tráfego)+ MoVES(emissão)
WEI <i>et al.</i> , (2018)	Impacto sist VC FCW, SPD-HARM, FMAS	Integração de modelos de mobilidade	Junção de via expressa, Cincinnati, Ohio	Tempo de colisão, emissão e fluxo	Testbed p/ integrar modelos de mobilidade
JEONG; OH; LEE (2013)	Comportamento responsivo do motorista	Entrega de mensagens de advertência	Padrão de emissões com e sem mensagens	Redução de emissões e congestionamentos	Ensaio de campo e virtual (VISSIM e MOVES)
NOBE (2010)	Consumo e CO ₂ em VCs	Análise CARWINGS (jp) e táxi DRG (cn)	Dynamic Route Guidance e Eco Drive Advice	Como VC reduz consumo e CO ₂	Estudos de casos (Japão e China)
ZULKEFLI <i>et al.</i> (2017)	Otimizar energia c/ informações de tráfego	“Motor+dino” como HILS	Testes de campo (técnicas e segurança)	HILS p/ avaliar métodos de otimizar energia	HILS integrado via internet VISSIM
CHANDRA; C-AMAL (2016)	Emissões em acelerações e desacelerações	Simulação de rampa à I-405 Long Beach	3 condições de tráfego	Redução desprezível p/ 3 condições	Simulação computacional
SAUNIER <i>et al.</i> (2018)	Impactos de VCs em emissões de GEEs	Método de transferir resultados a outro contexto	Principais estudos na literatura	Resultados para a ilha de Montreal, Canadá	Revisão de estudos de casos
LIU (2016)	VC afetando comportamento, fluxo e emissões	Abordagem funcionalidades+ comportamento	Trajatória+ registro FCW+ comportamento	Causa-e-efeito identificado e medidas MOEs.	Mod. fluxo c/ VC+ mod. micro c/ comportamento

Tabela 3. Comparativos dos trabalhos incluídos na seleção.

4 | CONCLUSÃO

Esta breve revisão reuniu publicações que abordaram conceitos, modelos, métodos experimentais, uso de simuladores e estudos de caso para responder se a adoção do veículo conectado pode ser efetiva na redução de emissões. A análise dos

trabalhos descreveu o uso combinado de modelos de simulação para o comportamento do condutor, para a trajetória do veículo no tráfego e para inventariar as emissões, em cenários distintos, comparando a disponibilidade de informação ao condutor e aos sistemas do veículo com o veículo convencional. Esta revisão permitiu identificar quais são os métodos de experimentação mais precisos relatados na literatura. Dos oito trabalhos selecionados, três combinaram técnicas virtuais de simulação com experimentos laboratoriais e de campo (*hardware/human-in-the-loop*). Como trabalhos futuros, pretende-se desenvolver uma simulação *hardware-in-the-loop* para verificar a efetividade da conectividade veicular na redução de emissões um cenário de corredor de tráfego urbano.

5 | AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio financeiro da FAPESB (processo n. BOL0713/2016) e da CAPES.

REFERÊNCIAS

- CHANDRA, Shailesh; CAMAL, Francisco. **A simulation-based evaluation of connected vehicle technology for emissions and fuel consumption**. *Procedia Engineering*, v. 145, p. 296-303, 2016.
- EILBERT, Andrew *et al.* **A framework for evaluating energy and emissions impacts of connected and automated vehicles through traffic microsimulations**. 2018 Transportation Research Board. Disponível em: <<https://trid.trb.org/view/1497138>>. Acesso em: 23.jul 2018.
- GUARIEIRO, Lilian LN; VASCONCELLOS, Pérola C.; SOLCI, Maria Cristina. **Poluentes atmosféricos provenientes da queima de combustíveis fósseis e biocombustíveis: uma breve revisão**. *Revista Virtual de Química*, v. 3, n. 5, p. 434-445, 2011.
- JEONG, Eunbi; OH, Cheol; LEE, Gunwoo. **Emissions evaluation of intervehicle safety warning information systems for moving hazards under connected-vehicle environments**. 2013. Transportation Research Board. Disponível em: <<https://trid.trb.org/view/1241451>>. Acesso em: 23.jul 2018.
- LIU, Hao. **Synthesis of quantified impact of connected vehicles on traffic mobility, safety, and emission: methodology and simulated effect for freeway facilities**. 2016. PhD Thesis - University of Cincinnati, USA.
- NOBE, Tsuguo. **Connected Vehicle Accelerates Green Driving**. *SAE International Journal of Passenger Cars-Electronic and Electrical Systems*, v. 3, n. 2010-01-2315. p. 68-75, 2010.
- OLIVEIRA, Cíntia Machado de *et al.* **Alternativas sustentáveis para veículos utilizados na última milha do transporte urbano de carga: uma revisão bibliográfica sistemática**. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 7, n. 1, p. 181-205, 2018.
- POLICARPO, Nara Angélica *et al.* **Road vehicle emission inventory of a Brazilian metropolitan area and insights for other emerging economies**. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 58, p. 172-185, 2018.
- ROY, D. *et al.* **Research needs and evaluation of air pollution problems associated with**

vehicular emissions: summary of final report. Technical Report for Louisiana Transportation Research Center, nov.1992.

SAUNIER, Nicolas *et al.* **Evaluating the impacts of connected vehicles on ghg emissions: how to transfer the results from the literature.** 2018. Transportation Research Board. Disponível em: <<https://trid.trb.org/view/1508775>>. Acesso em: 23.jul 2018.

WANG, Xing. **Characterizing on-road vehicular emissions and their impacts on near-roadway air pollution.** 2011. Ph.D. Thesis (of Mechanical Engineering) – Cornell University, EUA.

WEI, Heng *et al.* **Modeling Connected Vehicle Impacts on Traffic Mobility, Safety, and Emission.** In: International Conference on Transportation and Development. 2018. p. 44.

ZULKEFLI, Mohd Azrin Mohd *et al.* **Hardware-in-the-loop testbed for evaluating connected vehicle applications.** Transportation Research Part C: Emerging Technologies, v. 78, p. 50-62, 2017.

LOGÍSTICA REVERSA COMO INSTRUMENTO DA GESTÃO DAS CADEIAS DE SUPRIMENTO SUSTENTÁVEIS – REVENDO A LITERATURA

Clara Barretto Handro

Centro Universitário Senai Cimatec
Salvador – Bahia

Francisco Uchoa Passos

Centro Universitário Senai Cimatec
Salvador – Bahia

RESUMO: O estudo sobre a logística reversa tem contribuído de maneira significativa na busca pela implantação das cadeias de suprimentos sustentáveis e, conseqüentemente, ajudado as organizações a se tornarem cada vez mais competitivas, já que precisam atender as regulamentações cada vez mais rígidas, a crescente conscientização ambiental e a diminuição de recursos naturais. Nessa perspectiva, uma gestão de logística reversa eficiente pode ser um componente importante para uma cadeia de suprimentos sustentável. O objetivo deste estudo é apresentar uma breve visão do estado da arte sobre a logística reversa e visualizá-la como instrumento essencial para o funcionamento das cadeias de suprimentos sustentáveis. Trata-se de uma pesquisa exploratória, por meio de investigação bibliográfica dos principais autores sobre o tema em questão. Os resultados demonstram que ainda verificam-se conflitos em relação à gestão das cadeias de suprimentos, à gestão da logística reversa e à gestão ambiental, o

que reforça a necessidade de pesquisas a respeito destas temáticas abordadas, tanto aos acadêmicos quanto aos profissionais gestores destas áreas nas empresas.

REVERSE LOGISTICS AS AN INSTRUMENT FOR THE MANAGEMENT OF SUSTAINABLE SUPPLY CHAINS - REVIEWING LITERATURE

ABSTRACT: The study about reverse logistics has contributed significantly in the search for the implementation of sustainable supply chains and, consequently, helped organizations become increasingly competitive, as they need to meet the increasingly rigid regulations, increasing environmental awareness and diminishing natural resources. In this perspective, efficient reverse logistics management can be an important component for sustainable supply chain. The aim of this study is to present a brief vision of the state of the art on reverse logistics and visualize it as an essential tool for the functioning of sustainable supply chains. It is an exploratory research, by means of bibliographical research of the main authors on the topic in question. The results show that there are still conflicts in relation to the management of supply chains, the management of reverse logistics and environmental management, which reinforces the need for research on these

topics addressed, both to the academics and for the managers of these areas in the companies as well.

KEYWORDS: Logistics; Reverse logistic; Sustainable Supply Chains.

1 | INTRODUÇÃO

A preocupação mundial com o meio ambiente estimula cada vez mais governos, empresas e sociedade a se conscientizarem de que práticas sustentáveis são imprescindíveis. Organizações de todos os setores têm seus processos logísticos reestruturados na busca por uma cadeia de suprimentos sustentável (CONCIL OF LOGISTICS MANAGEMENT, 1993).

Baseado no contexto e nas pesquisas bibliográficas é visto que para o sucesso empresarial é necessário à realização das mudanças operacionais em busca de uma cadeia de suprimento sustentável e eficiente, conforme ideias e conceitos de Leite (2009), premiado no 8º Troféu Cultura Econômico na categoria Logística em seu livro “Logística Reversa”. O foco não pode ser geração de receitas, mas otimização de recursos para atender as legislações municipais, estaduais e federais; na contribuição da preservação do ambiente; na promoção da imagem corporativa da empresa. Assim, o principal benefício da logística reversa é a empresa obter mais ganhos financeiros, por se tratar de uma ferramenta que proporciona oportunidades de ganhos e de redução de riscos. (LEITE, 2009).

Diante da importância do tema, foi criado em 2008 o Conselho de Logística Reversa do Brasil (CLRB), que ao longo desse período teve como missão oferecer oportunidades de aumento de competitividade empresarial através da logística reversa. Além do empenho da CLRB quanto à aplicabilidade da logística reversa em 2010, o Brasil teve um grande avanço sobre o tema com a publicação da nova Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) que traz diretrizes sobre o pós-consumo do país, obrigando alguns setores a executar reversão dos seus produtos após o consumo, tais como: agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, pilhas e baterias, pneus; óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; produtos eletroeletrônicos e seus componentes (BRASIL, 2010).

Assim, este artigo tem o objetivo de apresentar uma breve visão do estado da arte sobre a logística reversa e visualizá-la como instrumento essencial para o funcionamento das cadeias de suprimentos sustentáveis.

2 | METODOLOGIA

A realidade só pode ser conhecida numa pesquisa por meio de um tratamento científico do pensamento reflexivo, e o objetivo só pode ser alcançado através de

atividades sistemáticas e racionais que proporcionam um caminho mais rápido e seguro ao pesquisador (MARCONI; LAKATOS, 2010).

Para proporcionar um maior entendimento do problema, um levantamento bibliográfico foi elaborado com base em materiais já publicados da autoria de pesquisadores reconhecidos no domínio da temática, possibilitando uma rápida visão das ideias que constituem o estado da arte das cadeias de suprimentos sustentáveis (GIL, 2010).

3 | UMA BREVE VISÃO DO ESTADO DA ARTE SOBRE CADEIAS DE SUPRIMENTO SUSTENTÁVEIS

Cadeia de suprimentos é a rede dos principais processos integrados na gestão das instalações e dos fluxos físicos, financeiros e de informações, englobando desde os produtores originais de insumos básicos até a disposição do produto final pós-consumo, no fornecimento de bens, serviços e informações, de forma a agregar valor para todos os envolvidos: acionistas, funcionários, gestores, comunidade e governo (CORREA, 2010).

O padrão “*Triple Bottom Line*” (ou TBL) é usado para operacionalizar o desempenho de uma cadeia de suprimentos sustentável ao incluir as dimensões econômica, ambiental e social (Carter; Rogers, 2008). Por estes autores, o termo “*Sustainable Supply Chain Management*” foi definido como

a integração e conquista estratégica e transparente dos objetivos sociais, ambientais e econômicos de uma organização, na coordenação sistêmica dos principais processos de negócios interorganizacionais, para melhorar o desempenho econômico de longo prazo da empresa individual e de suas cadeias de fornecimento. (Carter;Rogers, 2008, p.368).

Trata-se da gestão de fluxos de materiais, informação e capital, que objetivam a três dimensões da sustentabilidade econômicos ambientais e sociais, derivadas dos requisitos do cliente e das partes interessadas, dentro da cadeia de fornecimento. (Seuring; Sarkis; Müller; Rao, 2008).

Logística é a parte da gestão da cadeia de suprimentos que planeja, implanta e controla eficiente e eficazmente os fluxos diretos e reversos, a armazenagem de produtos, serviços e as informações correspondentes, entre o ponto de origem e o ponto de consumo, de forma a atender os requisitos dos clientes. As atividades de gestão de logística tipicamente incluem gestão de transportes de insumos e produtos, gestão de frota, armazenagem e manuseio de materiais, atendimento de pedidos, projeto de rede de instalações, gestão de estoque, planejamento de suprimentos e gestão de provedores de serviços logísticos (KOPICKI; BERG; LEGG, 1993).

A rede de suprimentos de ciclo fechado (“*closed-loop supply*”) é um conceito que dá importância ao planejamento, execução e controle de cadeias integradas compostas de fluxos diretos e reversos, o que torna a cadeia de suprimentos diretamente ligada

com a sustentabilidade do ambiente, por tratar não apenas da entrega do pacote de valor ao cliente de forma satisfatória, mas principalmente do retorno desse produto após consumo, seja através de reutilização ou reprocessamento, em busca de uma nova função dentro do mesmo ciclo produtivo ou de outro ciclo (CONCIL, 2013).

No ciclo produtivo fechado, a produção e o consumo possuem uma interação relevante por meio da logística reversa. O fluxo se inicia na exploração de recursos naturais, continua na manufatura e segue para uso. Após isto, por meio da coleta, retorna ao ciclo produtivo para reuso como matéria prima secundária, reciclagem ou para simples destinação ambientalmente adequada (CONCIL, 2013).

A partir de 1990, as normas ambientais da sustentabilidade passaram a gerar diferencial competitivo no mercado. Em alguns casos, empresas estabelecem metas para a redução de impactos negativos através de avaliação de desempenho ambiental, seja de impactos socioambientais ou de potencialização de impactos positivos, com geração de empregos. Índices de sustentabilidade empresarial (ISE) ou Índice Dow Jones de sustentabilidade foram criados com o objetivo de reconhecer empresas de grandes portes que têm alcançado ganhos significativos atuando nesse nicho sustentável (XAVIER; CORREA, 2013).

Neste cenário, as definições da “logística reversa” se tornam cada vez mais amplas e consistentes em sequência: inicialmente para o CONCIL (1993) é um termo relacionado às atividades envolvidas no gerenciamento de movimentação e disposição de embalagens e resíduos. Rogers e Tibben-Lembke (2001) complementavam que é o processo de planejamento, implementação e controle de eficiência e custo efetivo de matérias-primas, estoques em processo, produtos acabados e as informações correspondentes do ponto de consumo para o ponto de origem com o propósito de recapturar o valor ou destinar à apropriada disposição. Em 2005, a logística reversa como era definida a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno de bens de pós-venda e de pós-consumo ao ciclo de negócios ou ao ciclo produtivo, por meio dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, de imagem corporativa, entre outros (LEITE, 2009). Conjunto de definições que permitiram a definição sintetizada na qual a logística reversa é a função da logística de retornar produtos, reciclar, substituir e reusar materiais, dispor de resíduos, podendo reformar ou remanufaturar (Xavier e Correa, 2013).

Em 02 de agosto de 2010, a Lei Federal n. 12.305 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, exige dos setores públicos e privados responsabilidade e transparência no gerenciamento de seus resíduos, incluído os perigosos (BRASIL, 2010). Essa lei trata da logística reversa no Art.3º, inciso XII, como

“instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em

outros ciclos produtivos, ou em outra destinação final ambientalmente adequada.” (BRASIL, 2010).

Esse canal reverso, por sua vez, pode ser subdividido em dois sub canais reversos: de reciclagem ou de reuso. Em caso de impossibilidade de reintegração aos sistemas produtivos, os materiais podem ser direcionados para disposição final (BARTHOLOMEU; CAIXETA FILHO et al, 2011).

A logística reversa de pós-consumo agrega um conjunto de operações e ações ligadas que compreendem a redução de matéria-prima primária até a destinação final correta de produtos, materiais e embalagens com o seu consecutivo reuso, reciclagem e produção de energia. Considera-se que não só os bens em suas formas originais fluem pelo canal, como também partes, peças, materiais constituintes e resíduos que de uma forma ou de outra poderão retornar à cadeia pelos subsistemas de revalorização (PEREIRA et al, 2012).

Os canais de distribuição reversa de pós-consumo são constituídos pelo fluxo reverso de uma parcela de produtos e de materiais constituintes originados no descarte dos produtos, depois de finalizada sua utilidade original, retornam ao ciclo produtivo de alguma maneira. Leite (2009) reforça que estes canais estão configurados segundo fases de comercialização em que os bens de pós-consumo são disponibilizados. Destaca-se, dentre tantos, a definição em que

“A logística reversa utiliza os mesmos processos que um planejamento convencional. Ambos tratam de nível de serviço e estoque, armazenagem, transporte, fluxo de materiais e sistema de informações. No entanto a logística reversa deve ser vista como um novo recurso para a lucratividade”. (MUELLER, 2005, p.1).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao elaborar uma breve visão do estado da arte sobre logística reversa pode-se constatar que a mesma representa uma parcela significativa do custo da cadeia de suprimentos, e normalmente não é muito bem gerenciada.

A logística reversa, logística ambiental e gestão de resíduos são funções integradas que compõe o gerenciamento de processos e produtos das organizações, tornando-as ambientalmente amigáveis. O reaproveitamento e a redução de perdas de alguns tipos de produtos para reuso como matéria-prima no próprio ciclo produtivo, por exemplo, só são possíveis através destas três funções. A logística reversa é ainda mais eficiente quando a gestão de distribuição é concomitante com a gestão da coleta.

Na logística reversa de pós-consumo tem-se ainda mais destaque, já que se refere aos produtos consumidos descartáveis e reutilizáveis, matéria-prima ou embalagens recicláveis e sucatas ou resíduos industriais que retornam para reprocessamento. Alguns produtos ou materiais necessitam atender à legislação ambiental, como: baterias de automóvel; embalagens de alumínio; e embalagens resíduos perigosos. Todos que, em razão de suas características de inflamabilidade,

corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica.

Mas para que a cadeia de suprimentos sustentável seja bem gerenciada deve ser agregada pelas relações entre fornecedores e cliente. Essa integração se dá através do termo da logística ambiental, criado pela necessidade da inserção das questões ambientais no ambiente empresarial.

Na realidade empresarial, as ações efetivas de remediação e controle têm sido realizadas no sentido de mitigar danos já causados, em vez de tentar evitá-los. Fator que preocupa, dada à necessidade premente de uma melhor conciliação das atividades humanas com a manutenção da qualidade e disponibilidade dos recursos naturais para as gerações futuras.

A logística ambiental é uma ferramenta aliada à gestão de sistemas produtivos, que facilita e integra a gestão logística, através de atividades específicas como planejamento de embalagens para a redução do uso de materiais e energia, e ainda para redução de gerações de emissões pelo transporte.

Com propósito ainda mais amplo ao incluir a reciclagem, a redução de uso de insumos naturais, o reaproveitamento de bens de pós-venda e pós-consumo, uma das principais maneiras de fazer a logística ambiental ainda mais eficiente é através da logística reversa, pois além de agregar propriedades de todas as esferas possíveis, faz com que as organizações passem a atender as normas relacionadas ao destino ecologicamente correto de resíduos.

5 | CONCLUSÃO

O sistema de logística reversa é um importante instrumento voltado à implantação das cadeias de suprimentos sustentáveis, visto que sua correta execução propicia a coleta, transporte e destinação ambientalmente adequada dos resíduos. No entanto, embora previsto na Resolução CONAMA 416/2009, a efetiva aplicação desse sistema ainda se configura em um grande desafio para diversas cidades brasileiras.

Ainda verificam-se conflitos em relação à gestão das cadeias de suprimentos, gestão da logística reversa e a gestão ambiental. Atualmente a responsabilidade tende a ser compartilhada entre os agentes da cadeia produtiva, conforme estabelecido em instrumentos regulatórios dos diferentes países.

O aspecto mais importante a considerar é o de projeto de operação de serviço ambiental, e o principal critério é a logística reversa integrada ao pacote de serviços. Implantações de rearranjo físico, recirculação de água, engenharia e análise de valor para redução do uso de materiais podem auxiliar a logística reversa, minimizar os impactos ambientais do processo produtivo, conseqüentemente, gerar lucros.

Com base nisso está cada vez mais claro que cadeias de suprimentos devem lidar com questões ambientais e sociais. Outros aspectos sociais, como os relacionados ao

congestionamento do trânsito e à criação de empregos, poderiam ser considerados em estudos futuros.

Por fim, esta revisão de literatura possibilitou não somente atualizar o conhecimento sobre a importância da gestão da logística reversa, mas, sobretudo, suas possíveis aplicações, revelando também a surpreendente possibilidade de práticas e realização de pesquisa interdisciplinar que se debruça sobre a cadeia de suprimentos sustentáveis.

REFERÊNCIAS

BARTHOLOMEU; D. B.; CAIXETA FILHO, J. V. et al. (org.) **Logística Ambiental de Resíduos Sólidos**. São Paulo: Atlas, 2011.

BRASIL. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

CARTER, C. R.; ROGERS, D. S. **A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory**. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 38, n. 5, p. 360-387, 2008.

CONCIL, O.F.. Logistics management. CLM, disponível em www.cscmp.org, 2013. Acesso em 20 de mar. 2018.

CORREA, H. L. **Redes de suprimentos**. Atlas. São Paulo, 2010.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

KOPICKI, R.; BERG, M., J.; LEGG, L.. **Reuse and Recycling-reverse logistics opportunities**. 1993.

LEITE, P.R. **Logística Reversa: Meio Ambiente e Competitividade**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MUELLER, C. F.. **Logística Reversa Meio-ambiente e Produtividade. Estudos Realizados – GELOG-UFSC**, 2005.

PEREIRA, André Luiz et al. **Logística reversa e sustentabilidade**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

ROGERS, D. S., TIBBEN-LEMBKE, R.S. **In examinations of reverse logistics practices**. *Journal of Business Logistics*, v. 22, n. 2, 2001.

SEURING S, Sarkis J, Müller M, Rao P.. **Sustainability and supply chain management – an introduction to the special issue**. *Journal of Cleaner Production*,16(15):1545–51, 2008.

XAVIER, L. H., CORREA, L. H.. **Sistemas de Logística Reversa: criando cadeias de suprimentos renováveis**. Editora Atlas S.A. São Paulo, 2013.

METODOLOGIAS DE COMISSIONAMENTO PARA IMPLANTAÇÃO DE NOVO PROCESSO EM UMA PLANTA INDUSTRIAL: UMA BREVE REVISÃO

Valmir da Cruz de Souza

SENAI CIMATEC, Salvador – Bahia

Lílian Lefol Nani Guarieiro

SENAI CIMATEC, Salvador – Bahia

RESUMO: Este trabalho apresenta conceitos e metodologias para a realização de estudos de prospecção, com fonte de informação tecnológica, para verificar o estado da arte das técnicas e metodologias de comissionamento de plantas industriais. Este estudo visou demonstrar, dentre outras, a importância das técnicas e metodologias de comissionamento, como mecanismo de apoio ao monitoramento gerencial para tomada de decisões. Os métodos de prospecção tecnológica utilizados foram feitos, inicialmente, através de buscas de anterioridade e similaridade em bancos de dados de patentes nacionais e internacionais. Através dos dados mapeados, coletados, tratados e analisados foram identificadas as metodologias de comissionamento aplicadas na implantação ou melhoria de um empreendimento industrial.

PALAVRAS-CHAVE: Comissionamento, condicionamento industrial, Técnica de Comissionamento.

ABSTRACT: This work presents concepts and methodologies for prospecting studies, with source of technological information, to

verify the state of the art of the techniques and methodologies of commissioning of industrial plants. This study aimed to demonstrate, among others, the importance of commissioning techniques and methodologies, as a mechanism to support managerial monitoring for decision making. The technological prospecting methods used were initially done through searches of precedence and similarity in national and international patent databases. Through the mapped, collected, treated and analyzed data, the methodologies of commissioning applied in the implantation or improvement of an industrial enterprise were identified.

KEYWORDS: Commissioning, industrial conditioning, Commissioning Technique.

1 | INTRODUÇÃO

No mundo são implementados diversos projetos industriais que somam volumosas quantias de dinheiro. A variável incompatibilidades durante o recebimento de itens comissionáveis, erros durante a fase de construção e montagem são comuns e acarretam perdas monetárias significativamente relevantes e deficiência na performance e operabilidade das plantas industriais. A prática comum do mercado é que “Obra não se encerra, se abandona”. Costuma-se iniciar tardiamente a preparação para entrada

em serviço carecendo de planejamento e integração entre as atividades de construção e montagem e a operação da planta industrial [1].

Consistentemente em uma análise de custo verifica-se que é durante o comissionamento que ocorre o maior potencial de perdas. Esta é a fase onde as falhas de projeto e os erros de construção aparecerão. O foco no processo de comissionamento deve ocorrer desde o primeiro dia do projeto [1].

O comissionamento é um elo integrador entre o setor de construção com o setor de operação, pois visa aplicar procedimentos técnicos de engenharia para checar e testar cada item da instalação, desde os mais específicos, como peças, instrumentos, passando pelos equipamentos e conjuntos maiores, até chegar aos de maior complexidade, como subsistemas e sistemas operacionais [2].

Tradicionalmente, o comissionamento tem sido visto como uma atividade executada um pouco antes da equipe de operação assumir o comando do sistema para a partida da planta. Contudo, o processo de comissionamento vai além da visão tradicional. O comissionamento pode ser entendido de formas diferentes pelos pontos de vista dos autores da execução e do gerenciamento. Para o comissionador, o mesmo pode ser entendido como um subprojeto ou um projeto a parte, e para o gerenciador do projeto, o comissionamento é entendido como um conjunto de ferramenta e técnicas utilizadas para o processo de controle de qualidade [3]. A definição de comissionamento depende da aplicação industrial onde ele é realizado [4] A escolha de método a ser utilizado recai sobre cada tipo de processo, mas pode ser replicada em diferentes processos. Para melhor entendimento das metodologias empregadas neste contexto é possível utilizar estudos de prospecção da literatura.

Estudos de Prospecção constituem a ferramenta básica para a fundamentação nos processos de tomada de decisão em diversos níveis na sociedade moderna. O propósito dos estudos de prospecção não é desvendar o futuro, mas sim delinear e testar visões possíveis e desejáveis para que sejam feitas, hoje, escolhas que contribuirão, da forma mais positiva possível, na construção do futuro. Tais visões podem ajudar a gerar políticas de longo-termo, estratégias e planos que dispõem circunstâncias futuras prováveis e desejadas em um estreito alinhamento.

A base para a gestão do conhecimento ainda se constitui um grande problema teórico conceitual ainda presente nas empresas, pois quando compreendemos as bases de um processo de gestão podemos planejar melhor o processo inerente, mapear os riscos, criar estratégia para minimizá-los, e maximizar os ganhos [6].

As pesquisas científicas e tecnológicas, utilizando informações oriundas dos documentos de patentes têm fundamentado os direcionamentos das tecnologias futuras, dentre as fontes de informação mais consistentes para serem exploradas. A pesquisa em publicações científicas e tecnológicas é extremamente útil, pois detecta os movimentos científicos capazes de gerar futuras tecnologias de produção. Os estudos das patentes têm contribuído para detecção das tendências tecnológicas, e quais regiões ou países que mais investe em determinada área do conhecimento,

tendo em vista o estado da arte disponível no seu conteúdo, que permite identificar tecnologias relevantes, parceiros, concorrentes no mercado, rotas tecnológicas, inovações, investimentos, processos, produtos, PD&I, fusões e aquisições, dentre outras.

Neste contexto, a prospecção tecnológica pode auxiliar a busca por metodologias e técnicas que vem sendo utilizadas no processo de comissionamento industrial. Tal técnica foi utilizada neste estudo de revisão, visando demonstrar a importância das técnicas e metodologias de comissionamento, como mecanismo de apoio ao monitoramento gerencial para tomada de decisões em uma planta industrial.

2 | METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o estudo de revisão foi a prospecção de patentes, das técnicas e metodologias de comissionamento, empregadas em plantas industriais, desde o sistema operacional até o chão de fábrica, equipamentos instrumentos, etc. As bases de dados utilizadas para a pesquisa de patentes foram: INPI (Instituto Nacional da propriedade Industrial) (<http://www.inpi.gov.br/>) - busca em patentes depositadas no Brasil; LATIPAT (<https://lp.espacenet.com/>) - busca em patentes da América Latina e Espanha; ESPACENET – busca internacional no Escritório Europeu de patentes.

Foram determinadas palavras chave tanto em português quanto em inglês, para serem utilizadas nos processos de busca. As palavras chave utilizadas nos bancos de dados nacionais foram: comissionamento, condicionamento industrial, técnica de comissionamento e técnica de condicionamento industrial. Essas mesmas palavras chaves, porém, escritas em inglês, foram utilizadas no banco de dados internacional e direcionadas para títulos e resumos. A pesquisa contou a com uso de alguns recursos de pesquisa, como os operadores booleanos e os símbolos de truncatura, para que pudessem ajudar a encontrar o maior número possível de documentos. Mediante todos os resultados das buscas, foi realizado a seleção dos documentos que tinha relevância ao tema proposto, essa análise foi direcionada para os títulos e resumos dos documentos.

A Classificação Internacional de Patentes (CIP) classifica as áreas de conhecimento em oito grandes grupos por área de conhecimento (Tabela 1). Ao se utilizar a IPC, é necessário saber que a matéria técnica de uma invenção não tem limites estabelecidos e que um invento pode receber mais de uma classificação ou tantas quantas forem necessárias. Não havendo local específico para tal invento previsto na IPC, é utilizado o que for mais apropriado [5]. Assim, os artigos foram classificados e separados por área de classificação do depósito. Foi possível perceber que a grande parte das patentes depositadas sobre o tema são foram classificadas nas sessões B e H (Figura 1).

Áreas	Seção
Necessidades Humanas	A
Operações de Processamento; Transporte	B
Química e Metalurgia	C
Construções Fixas	D
Têxteis e Papel	E
Eng. Mecânica; Iluminação; Aquecimento; Armas; Explosão	F
Física	G
Eletricidade	H

Tabela 1. Conhecimento Tecnológico em Oito Grandes Áreas de Conhecimento

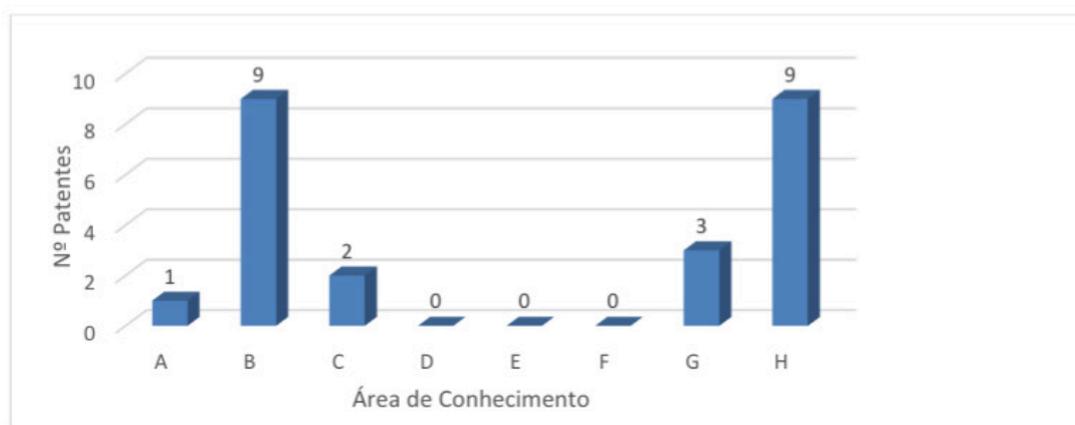


Figura 1 - Conhecimento Tecnológico Divididos por Área

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos na prospecção tecnológica estão apresentados nas Figuras 2 e 3. A Figura 2 apresenta os números de patentes encontrados no INPI e no LATIPAT em relação às palavras chaves utilizadas nas buscas de patentes, juntamente com o recurso de pesquisa de truncatura. Foram encontrados na base de dados do INPI um total de 53 documentos e no banco de dados do LATIPAT 23 documentos. Dos 53 documentos encontrados na base de dados do INPI apenas 24 (45%) estavam relacionados diretamente ao tema; dos 23 documentos encontrados na base do LATIPAT apenas 13 (56%) estão relacionados ao tema.

Vale ressaltar que a busca por anterioridade não consegue encontrar as patentes que estão em período de 18 meses de sigilo. Assim, após a análise de todos os documentos obtidos em ambos bancos de dados de patentes, descartando aqueles em duplicatas, de mesma família e outros que não tinham ênfase no conteúdo estudado, foram obtidos um total de 37 documentos nos portais do INPI e LATIPAT.

Ao avaliar o perfil dos depositantes das tecnologias desenvolvidas para comissionamento, pode-se observar que os Estados Unidos que detêm a maior fatia da tecnologia, com 33% das patentes. As organizações Europeias de patentes com 21%, Áustria têm 17% das patentes e os demais países retêm cerca de 17% das patentes.

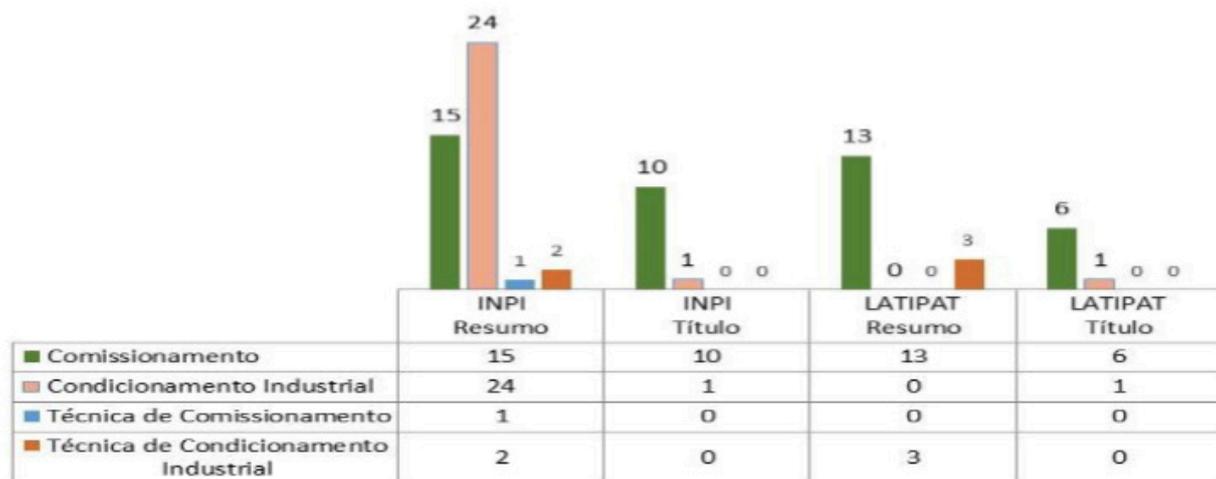


Figura 2 - Número de documentos encontrados no banco de dados do INPI e LATIPAT

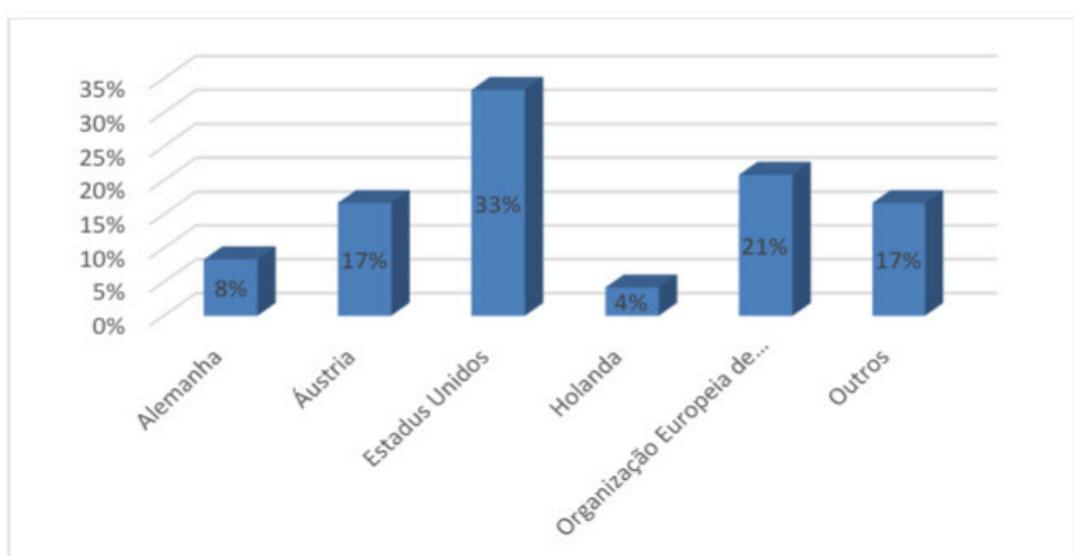


Figura 3 - Número de Patentes por País

Os documentos pesquisados mostram que quando são empregadas as técnicas e metodologias de comissionamento em um equipamento e/ou plantas industriais, há um nível de confiabilidade no item acabado, com redução dos custos para desenvolvimento e operabilidade. Contudo, é possível mudar o cenário mundial e nacional quanto à detenção de tecnologia a respeito do tema. Além disso, o desenvolvimento de tais metodologias poderá reduzir consideravelmente os custos de operação de um empreendimento, se comparado com os empreendimentos que não usam as metodologias de comissionamento. Realizar o comissionamento é benéfico, pois é possível detectar não conformidades e problemas em suas construção e montagem. Assim, realizando o planejamento das ações necessárias, pode-se reduzir os custos com a manutenção, evitar retrabalhos e reduzir o tempo das atividades. Em uma etapa inicial, consegue-se minimizar as possíveis falhas/defeitos. De acordo com os documentos pesquisados é possível destacar como resultados da aplicação da metodologia de comissionamento:

- Assegurar uma partida rápida e eficiente para produção da planta, equipamento ou dispositivo comissionado;
- Validar que a equipe de construção e montagem instalou de acordo com as especificações do projeto e do fabricante;
- Assegurar que todos os testes mecânicos, elétricos, instrumentação e automação foram na fase do comissionamento;
- Esclarecer as responsabilidades sobre as atividades da equipe antes da transferência;
- Demonstrar e documentar que todos os dispositivos, equipamento, malhas, subsistemas e sistemas estão operacionais;
- Ajustar ou modificar equipamentos para uma melhor operabilidade e manutenção;
- Ser responsável pela integração entre o término da fase de construção e o início da operação;
- Assegurar que a equipe de operação recebeu o treinamento apropriado durante o período do projeto.
- Assegurar que todas as atividades foram documentadas para frutos de evidência durante a transferência para o cliente.

4 | CONCLUSÃO

As metodologias de comissionamento visam reduzir significativamente as perdas durante a fase de comissionamento de um empreendimento, nessa fase se evidencia as falhas dos projetos durante a fase de construção e montagem. Essas evidências de falhas servem para embasar os gestores dos projetos a manter o foco desde o início do projeto no processo de comissionamento, objetivando uma transferência dos itens comissionados livre de pendência para o cliente, a documentação necessária a operação e a manutenção atualizada e disponível para os usuários, a equipe de manutenção e operação devidamente treinadas, manter os consumíveis, sobressalentes e ferramentas provisionadas. Os dispositivos, equipamentos ou planta industrial estão de acordo com as normas, regulamentos aplicáveis e todas as licenças e contratos necessários ao funcionamento e operação do empreendimento.

REFERÊNCIAS

¹ BENDIKSEN, Trond; YOUNG, Geoff. **Commissioning of Offshore Oil and Gas Projects**. Author House, 2005.

⁸ BECTON DICKINSON ROWA GERMANY GMBH (DE). CHRISTOPH H. **Dispositivo de Comissionamento para Produtos em Partes, e Processo para Saída de Produtos em Partes a Partir de um Dispositivo de Comissionamento**. BR 11 2017 011647 2 A2. 07 de janeiro de 2016. 06 de março de 2018.

² BRITO, A. S.; RIBEIRO, H.; MATOS, L. M. **Comissionamento em Sistemas de Tubulações de Utilidades: Aplicação do Comissionamento a um Sistema de Resfriamento**. Rio de Janeiro: FIRJAN/SENAI – Instituto SENAI de Educação Superior, 2010. 187p.

⁷ E2INTERACTIVE, INC. D/B/A E2INiTERACTIVE, INC. (US). SMITH, M. B.; CHAKIRIS, P. M.; COLLINS, S.; GRAVES, P. C. **Indícios Transferíveis e Visor com Sistema de Comissionamento Relacionado**. BR 11 2014 022220 7 A2. 22 de março de 2013. 22 de agosto de 2017.

³ GANDRA, RODRIGO MENDES. **Comissionamento em projetos industriais de investimento: considerações sobre esta ferramenta do processo de controle da qualidade**. Disponível em: www.pmisp.org.br/enews/edicao1109/artigo_02.asp Acessado em: 17/12/17.

⁹ PHILIPS LIGHTING HOLDING B.V (NL). WENDT. M., STEPHANUS, A. J. **Sistema de distribuição de alimentação CC; sistema de determinação de posição sendo adaptado para ser utilizado no sistema de distribuição de alimentação CC; método de determinação de posição para determinar uma posição de um dispositivo elétrico ao longo de uma pista dentro de um sistema de distribuição de alimentação CC; e programa de computador para determinar uma posição de um dispositivo elétrico ao longo de uma pista dentro de um sistema de distribuição de alimentação CC**. BR 11 2015 004081 0 A2. 27 de fevereiro de 2013. 04 de julho de 2017.

⁶ SOUZA, DANIELA BORGES LIMA DE. **Gestão do conhecimento nas organizações: desafios e oportunidades**. Revista Estação Científica, Juiz de Fora, n.3, Out. 2006.

⁴ WIENCEK, MATT. **Commissioning for regulated and non-regulated industries**. Disponível em: < http://www.isa.org/InTechTemplate.cfm?Section=Current_Issue&template=/ContentManagement/ContentDisplay.cfm&ContentID=85567 >. Acessado em: 12/07/17.

⁵ WIPO. **International Classifications**. Disponível em: < <http://ipc.inpi.gov.br/ipcpub/#refresh=page> >. Acessado dia 30/06/2018.

REALIDADE AUMENTADA E APRENDIZADO DE MAQUINA PARA TRACKING NA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Rosalvo Matos Neto

Centro Universitário Senai CIMATEC

Salvador – Bahia

Liz Azevedo

Centro Universitário Senai CIMATEC

Salvador – Bahia

Ingrid Winkler

Centro Universitário Senai CIMATEC

Salvador – Bahia

Valter de Senna

Centro Universitário Senai CIMATEC

Salvador – Bahia

RESUMO: A Realidade Aumentada vem sendo amplamente adotada pela Manutenção Industrial, porém as técnicas atuais de *tracking* ainda são consideradas pouco confiáveis, e uma possível solução é a adoção de técnicas de aprendizado de máquina. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é caracterizar, de maneira preliminar, a produção científica que aborda a relação entre o uso de *Machine Learning* e *Deep Learning* para a classificação e reconhecimento de componentes na indústria no período entre 2008 e 2018. Através de uma revisão sistemática foram identificados 14 estudos. Os resultados indicaram uso de diversas tecnologias e técnicas, os quais alcançam precisão de até 99,9%, entretanto,

ainda são necessários mais estudos sobre estas técnicas.

PALAVRAS-CHAVE: Aprendizado de Máquina; Aprendizado Profundo; Tracking; Manutenção Industrial; Realidade Aumentada.

AUGMENTED REALITY AND MACHINE LEARNING FOR INDUSTRIAL MANUTENTION TRACKING: A LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: The Augmented Reality has been widely adopted by Industrial Maintenance, but the current tracking techniques are still considered unreliable, and a possible solution is the adoption of Machine Learning techniques. In view of the above, the objective of this work is to characterize, in a preliminary way, a scientific production that addresses a relation between the use of Machine Learning and Deep Learning for classification and recognition of components in the industry of the period between 2008 and 2018. Throughout the systematic review, 14 studies were identified. The results indicated several technologies and techniques, which reached an accuracy of up to 99.9%, however, further studies on these techniques are still required.

KEYWORDS: Machine Learning; Deep Learning; Tracking; Industrial Maintenance;

1 | INTRODUÇÃO

Palmarini *et al.* [10] afirmam que soluções em Realidade Aumentada (RA) para apoiar a manutenção tem sido um tema de pesquisa há cerca de 50 anos. Entretanto, ainda existem alguns desafios que inviabilizam e, ou dificultam a aplicação de soluções baseadas nessas tecnologias. Um problema recorrente é o *tracking*, que consiste em extrair informações de uma imagem ou vídeo, e a partir destas informações, reconhecer e identificar objetos.

Apartir deste problema, Diante do exposto, o objetivo deste trabalho é caracterizar, de maneira preliminar, a produção científica que aborda a relação entre o uso de *Machine Learning* (ML) e *Deep Learning* (DL) para a classificação e reconhecimento de componentes na indústria no período entre 2008 e 2018. Os trabalhos serão agrupados a partir de suas tecnologias e área de aplicação, onde serão abordadas as técnicas utilizadas, métodos e precisão alcançada.

Tal análise busca contribuir para fomentar uma discussão sobre a confiabilidade destas técnicas na Indústria, através de comparações com conclusões de outros estudos, onde considerações serão feitas e sugestões para futuras pesquisas neste tema.

Este trabalho é um resultado preliminar de uma revisão mais ampla que está em andamento, realizado com o intuito de descobrir quais técnicas estão sendo aplicadas para realizar *tracking* na indústria, a fim de estudá-las, e através dos seus resultados propor um modelo capaz de realizar *tracking* na indústria de maneira mais confiável e robusta.

Este trabalho está organizado em cinco seções: além desta Introdução, a seção 2 aborda a Fundamentação Teórica que embasa a discussão, na seção 3 descreve-se a Metodologia utilizada; a seção 4 apresenta os Resultados e Discussões e, finalmente, na seção 5, são apresentadas as Considerações Finais e sugestões de pesquisas futuras.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Azuma *et al.* [2] definem um sistema de RA como a complementação do mundo real com objetos virtuais (gerados por computador) que parecem coexistir no mesmo espaço que o mundo real. Os autores também afirmam que diversos pesquisadores definem RA de maneiras diferentes, então para especificar o que seria um sistema de RA, os mesmos definem as propriedades essenciais, sendo elas:

- Combina objetos reais e virtuais em um ambiente real;
- Funciona interativamente e em tempo real;

- Alinha objetos reais e virtuais uns com os outros.

Dentre soluções existentes de RA voltadas para a Indústria, *tracking* é um problema muito discutido [10]. Como possíveis soluções, técnicas de Visão Computacional (VC) vem sendo aplicadas, entretanto, ainda enfrentam diversos problemas por conta das variáveis de ambiente existentes em ambientes industriais. Tais variáveis, como iluminação e obstrução, impedem o bom funcionamento das técnicas de VC através de interfaces de RA. Diante deste problema, são criadas soluções que utilizam técnicas de ML e DL.

ML foi apresentada por Samuel [12] como a capacidade de computadores aprenderem sem serem explicitamente programados. Com o seu uso, computadores tornam-se capazes de reconhecer padrões a partir de dados brutos e extrair informações de maneira autônoma.

DL, assim como o ML é uma tecnologia que permite ao computador aprender de maneira autônoma. Segundo [4], DL foi desenvolvido principalmente, para resolver problemas de performance durante as fases de treinamento e validação que ML apresenta. Uma solução proposta foi a possibilidade de gerar camadas de informações extraídas autonomamente, de acordo com os dados brutos, permitindo uma análise destes mais robusta. ML utiliza um número de camadas pré-definido, limitando a quantidade de informações extraídas.

3 | METODOLOGIA

Nos próximos parágrafos, são descritos os dois passos realizados para pesquisa e construção deste trabalho.

3.1 Etapa de planejamento

Para realizar este estudo, foi definido um conjunto de palavras chaves, período, tipos de trabalho e critérios para inclusão e exclusão. Tais filtros foram selecionados de forma que os resultados obtidos fossem correlatos ao assunto proposto e reflitam o que está sendo estudado e utilizado nos últimos anos.

A base científica selecionada para a concepção deste estudo foi ScienceDirect (www.sciencedirect.com).

O software utilizado para gerenciamento dos resultados obtidos foi Mendeley (www.mendeley.com), por conta de sua interface amigável e de algumas funcionalidades que auxiliam no estudo e escrita, como a geração automática de referências e compartilhamento de documentos online.

3.2 Etapa de pesquisa

A *string* de busca utilizada para esta pesquisa foi:

("Machine Learning" OR "Deep Learning") AND ("Object Classification" OR

“Feature Extraction”) AND (“Industry” OR “Industries” OR “Industrial”)

Este conjunto de palavras foi selecionado para que os resultados refletissem os trabalhos que utilizam ML e DL para realizar Tracking na Indústria. As palavras “*Object Classification*” e “*Feature Extraction*” foram utilizadas ao invés de *tracking*, pois apresentam resultados mais específicos, já que Tracking além de reconhecimento e classificação, também trata outras funcionalidades, como rastreamento.

O período foi definido como os últimos dez anos (2008-2018) com a finalidade de expor as técnicas do estado da arte. A coincidência das palavras foi verificada nos campos Título, Resumo e Palavras-chave de cada artigo para que fossem selecionados somente artigos que realmente fossem deste assunto, eliminando outros que utilizassem qualquer uma destas palavras em um contexto diferente.

Os critérios de inclusão e exclusão foram levantados para refinar os resultados obtidos, selecionando os que realmente se aprofundem no assunto de interesse e os parcialmente relacionados com a pesquisa (atendem alguns dos critérios). Os critérios para seleção dos trabalhos relacionados e parcialmente relacionados foram:

- Que se aprofunda em aplicar técnica de extração de características;
- Que se aprofunda em realizar classificação ou reconhecimento;
- Realizar testes em ambiente industrial.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os trabalhos identificados foram analisados e separados em três grupos, ML, DL e *Deep Machine Learning* (DML), definidos a partir da tecnologia utilizada pelos trabalhos para solucionar problemas propostos. A identificação e separação dos estudos nesses três grupos permite apontar qual está sendo mais utilizada e como se comportam através do tempo. Embora tenham sido identificados três grupos, DML não foi citada por qualquer outro autor após ser proposta, ressaltando que tal conclusão foi obtida através dos resultados presentes nesta revisão, e que é possível que tal tecnologia tenha sido utilizada por outros autores em outras áreas, ou até mesmo com termos que não estão cobertos pelos utilizados nesta revisão. Por conta desta baixa visibilidade, DML não aparece na Figura 1 e nas análises realizadas.

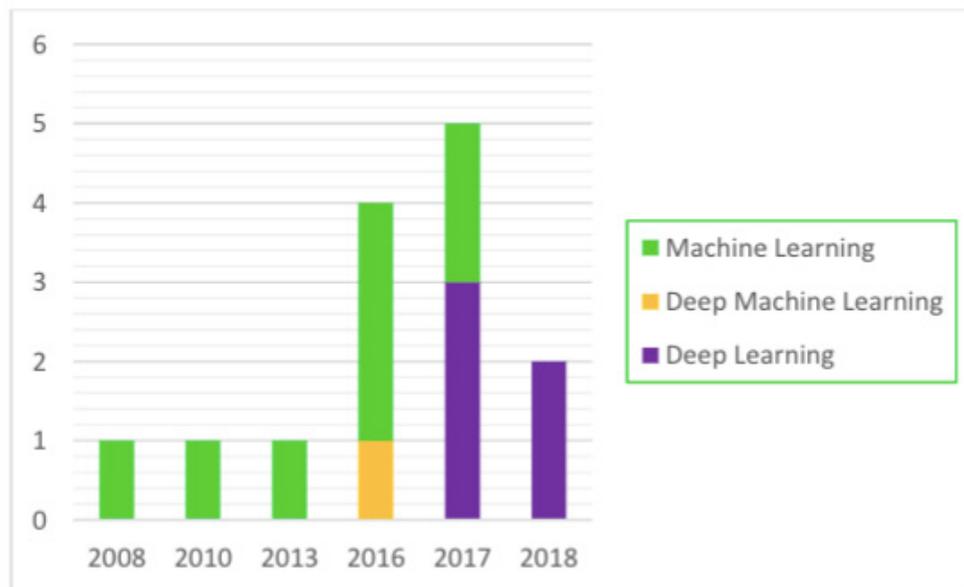


Figura 1. Tecnologias distribuídas por Ano

A partir da Figura 1 é analisado que soluções que utilizam ML já estavam sendo estudadas em 2008, e foram crescendo através dos anos. Entretanto, em 2017 DL se apresenta com grande força, tendo exclusividade em resultados no ano de 2018, levando em consideração que os trabalhos estudados para esta revisão foram obtidos no primeiro trimestre de 2018. Tal comportamento pode insinuar que a utilização de DL para tal pratica se apresente mais propensa do que ML para soluções na indústria com classificação e reconhecimento.

Os resultados demonstraram que, por mais que soluções de aprendizado de máquina para a indústria consigam taxas de precisão de 99,9% [16], por exemplo, estas técnicas ainda são descritas como não confiáveis ou adequadas [10]. Uma razão para tal conclusão poderia ser a aplicabilidade destas soluções, entendendo que o ambiente industrial é confuso, existe a possibilidade de que a técnica não funcione em todos, ou caso funcione, tenha sua precisão alterada. Para solucionar este problema em questão, é necessário que os autores estudem e explorem mais ambientes Industriais e consigam criar soluções aplicáveis a ambientes distintos.

A análise dos trabalhos foi agrupada em 4 categorias que representam suas áreas de aplicação. Tal agrupamento foi realizado com o intuito de comparar melhor as técnicas e resultados. As categorias identificadas foram, Extração de Características, Classificação de Qualidade, Monitoramento de Estado e Inspeção de Defeitos.

4.1 Extração de Características

Por mais que a maioria das técnicas utilizadas para Classificação e Reconhecimento através de imagens realizem extrações de características, entender imagens e extrair informações é algo tão crítico na Indústria, que existem pesquisas que focam somente esta falha.

Dentre os trabalhos analisados, três deles estudam sobre extração de

características, sendo todos do mesmo ano (2017) e trabalhando com extração através de imagens. Horn *et al.* [5] sugerem a utilização de *Convolutional Neural Networks* (CNN), ressaltando as dificuldades em realizar extrações de características em ambientes Industriais, o autor compara sua técnica com outras propostas.

Os outros autores [3, 7], propõem métodos próprios para auxiliar no processo de classificação, ambos tendo como foco melhorar a precisão em extrair características. Ambos utilizam ML e exibem seus resultados através de Tabelas Confusão.

4.2 Classificação de qualidade

Nesta categoria, os autores buscam auxiliar na inspeção de qualidade, qualificando objetos a partir de imagens, som ou modelos 3D. Esta foi a categoria com maior número de trabalhos, e um fato interessante é a distribuição temporal dos resultados, onde o primeiro em 2008, consegue uma precisão de 76% [9], e ao passar do tempo, a mesma vai aumentando.

Em 2013 Pinto, Rocha e Moreira [11], propõem uma abordagem alcançando uma precisão de 98,9%. O autor constata que luminosidade é um grande problema, e sugere a utilização de lasers no lugar de câmeras. Siuly *et al.* [13], utilizam pulsos THz (*Terahertz*), para criar um método capaz de diferenciar amostras de pó. São utilizadas diversas técnicas combinadas, se destacando *K-Nearest Neighbors* (kNN) e *Multinomial Logistic Regression* (MLR). Uma precisão de 90,19% é alcançada.

O trabalho mais recente [18], alcança uma precisão de 99,87%, aplicando uma fusão entre kNN e *Stacked Denoising AutoEncoder* (SDAE). O autor explica como uma técnica auxilia a outra no processo de classificação, e por fim realiza um teste de benchmark para mostrar a precisão alcançada pelo seu método.

4.3 Monitoramento de estado

As técnicas de monitoramento de estado, em sua maioria oferecem abordagens para monitoração e predição de dano em componentes. Nesta categoria são abordadas soluções que utilizam emissão acústica para identificar corrosão em componentes [8], e outras baseadas em imagens.

Kolodziejczyk *et al.* [6] apresentam soluções semelhantes, onde câmeras estáticas são mantidas observando componentes e calculando possíveis alterações. Wang, Song e Chen [16] alcançam uma precisão de 99,9% utilizando a combinação de CNN e Deep Neural Network (DNN).

Na, Jeon e Lee [9] apresentam um estudo onde sua técnica prediz a dispersão de gases tóxicos em tempo real, com o viés de reduzir danos. O autor trabalha com algoritmos de regressão e DNN, utilizando dinâmica dos fluidos, realiza análises para probabilidade de mortes. O resultado alcançado é de um erro quadrado de 0.00246, para a predição de probabilidade de mortes.

4.4 Inspeção de defeitos

Foram encontrados apenas dois resultados para esta categoria, ambos de 2016. O primeiro [17] é interessante, pois o autor propõe uma nova abordagem, a qual ele denomina DML. O autor constata que ML tem diversas limitações e que esta nova abordagem soluciona a maioria deles. Seu trabalho tem o propósito de extrair características de imagens e encontrar defeitos em componentes industriais, auxiliando no processo de inspeção. A precisão alcançada foi de 99,2%.

Wang e Xu [15] utilizam vídeos com multidões como insumos, porém realiza comparações com a indústria. O autor cria um algoritmo que trabalha em tempo real, extraíndo características dos vídeos e trabalhando a partir delas. O autor não comenta sobre a precisão alcançada pelo algoritmo, mas demonstra alguns resultados através de tabelas.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a leitura e análise dos trabalhos identificados nesta revisão preliminar, é observado que existem diversas soluções para a Indústria que utilizam artifícios computacionais para auxiliar em processos, sejam estes de produção, segurança entre outros. É percebido um avanço na precisão ao passar dos anos, entretanto tais soluções são aplicadas somente em um único ambiente. Também é percebido que a maior parte das soluções utiliza alguma variação de Redes Neurais e kNN, em grande parte combinando estas com outras técnicas.

Como proposta de solução para este problema, é necessário que os autores estudem e explorem mais ambientes industriais e consigam criar soluções aplicáveis a ambientes distintos sem que a acurácia seja afetada.

Como futuros passos, está revisão será estendida a mais bases científicas, e é sugerido que avance na proposição de um modelo que utilize ML e DL para melhorar a acurácia do Tracking de RA na indústria de forma confiável, independente do ambiente de atuação.

REFERÊNCIAS

¹ AFFONSO, C., ROSSI, A. L. D., VIEIRA, F. H. A., & DE CARVALHO, A. C. P. de L. F. Deep learning for biological image classification. *Expert Systems with Applications*, v. 85, p. 114–122, 2017.

² AZUMA, R. BAILLOT, Y. BEHRINGER, R. FEINER, S. JULIER, S. MACINTYRE, B. Recent Advances in Augmented Reality. *IEEE Computer Society*, p. 34-47, 2001.

³ DONG, Y., & QIN, S. J. Dynamic latent variable analytics for process operations and control. *Computers and Chemical Engineering*, v. 114, p. 69-80, 2017.

⁴ GOODFELLOW, I. BENGIO, Y. COURVILLE, A. Deep Learning. Massachusetts: The MIT Press, 2016.

- ⁵ HORN, Z. C., AURET, L., MCCOY, J. T., ALDRICH, C., & HERBST, B. M. Performance of Convolutional Neural Networks for Feature Extraction in Froth Flotation Sensing. *IFAC-PapersOnLine*, v. 50(2), p. 13–18, 2017.
- ⁶ KOŁODZIEJCZYK, T., TOSCANO, R., FOUVRY, S., & MORALES-ESPEJEL, G. Artificial intelligence as efficient technique for ball bearing fretting wear damage prediction. *Wear*, v. 268(1–2), p. 309–315, 2010.
- ⁷ LEFKOVITS, S., & LEFKOVITS, L. Gabor Feature Selection Based on Information Gain. *Procedia Engineering*, v. 181, p. 892–898, 2017.
- ⁸ MORIZET, N., GODIN, N., TANG, J., MAILLET, E., FREGONESE, M., & NORMAND, B. Classification of acoustic emission signals using wavelets and Random Forests: Application to localized corrosion. *Mechanical Systems and Signal Processing*, v. 70–71, p. 1026–1037, 2016.
- ⁹ NA, J., JEON, K., & LEE, W. B. Toxic gas release modeling for real-time analysis using variational autoencoder with convolutional neural networks. *Chemical Engineering Science*, v. 181, p. 68–78, 2018.
- ¹⁰ PALMARINI, R., ERKOYUNCU, J. A., ROY, R., TORABMOSTAEDI, H. A systematic review of augmented reality applications in maintenance. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, v. 49, p. 215–228, 2018.
- ¹¹ PINTO, A. M., ROCHA, L. F., & MOREIRA, A. P. Object recognition using laser range finder and machine learning techniques. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, v. 29(1), p. 12–22, 2013.
- ¹² SAMUEL, A. L. Some studies in machine learning using the game of checkers. *IBM Journal of Research and Development*, v. 3(3), p. 210–229, 1959.
- ¹³ SIULY, YIN, X., HADJILOUCAS, S., & ZHANG, Y. Classification of THz pulse signals using two-dimensional cross-correlation feature extraction and non-linear classifiers. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, v. 127, p. 64–82, 2016.
- ¹⁴ WAEGEMAN, W., COTTYN, J., WYNS, B., BOULLART, L., DE BAETS, B., VAN LANGENHOVE, L., & DETAND, J. Classifying carpets based on laser scanner data. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, v. 21(6), p. 907–918, 2008.
- ¹⁵ WANG, J., & XU, Z. Spatio-temporal texture modelling for real-time crowd anomaly detection. *Computer Vision and Image Understanding*, v. 144, p. 177–187, 2016.
- ¹⁶ WANG, Z., SONG, C., & CHEN, T. Deep learning based monitoring of furnace combustion state and measurement of heat release rate. *Energy*, v. 131, p. 106–112, 2017.
- ¹⁷ WEIMER, D., SCHOLZ-REITER, B., & SHPITALNI, M. Design of deep convolutional neural network architectures for automated feature extraction in industrial inspection. *CIRP Annals*, v. 65(1), p. 417–420, 2016.
- ¹⁸ ZHANG, Z., JIANG, T., LI, S., & YANG, Y. Automated feature learning for nonlinear process monitoring – An approach using stacked denoising autoencoder and k-nearest neighbor rule. *Journal of Process Control*, v. 64, p. 49–61, 2018.

REALIDADE AUMENTADA E EFICIÊNCIA NA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Camila Santana Rossi

SENAI CIMATEC

Salvador – Bahia

Alex Álisson Bandeira Santos

SENAI CIMATEC

Salvador – Bahia

Ingrid Winkler

SENAI CIMATEC

Salvador – Bahia

Marinilda Lima Souza

SENAI CIMATEC

Salvador – Bahia

RESUMO: Este estudo teve por objetivo caracterizar, de maneira preliminar, a produção científica que aborda a relação entre o uso da Realidade Aumentada e a eficiência dos processos de Manutenção. A partir de uma revisão sistemática da literatura, foram inicialmente selecionados 44 artigos da base de dados *Science-Direct*. Os resultados revelaram que apenas 10 estudos apresentaram resultados mensuráveis que correspondem com indicadores de classe mundial da manutenção. Dessa amostra, todos os artigos quantificaram resultados em *Mean Time to Repair* (MTTR) e apenas 1 citou o indicador de custo em sua análise, demonstrando a necessidade de mais pesquisas nessa linha.

PALAVRAS-CHAVE: Realidade Aumentada; Manutenção; KPIs; Eficiência.

AUGMENTED REALITY AND EFFICIENCY IN INDUSTRIAL MAINTENANCE: A SYSTEMATIC REVIEW

ABSTRACT: This study aimed to characterize, in a preliminary manner, the scientific production that addresses the relationship between the use of Augmented Reality and the efficiency of the Maintenance processes. From a systematic review of the literature, 44 articles were initially selected from the Science-Direct database. The results showed that only 10 studies presented measurable results that correspond with world-class maintenance indicators. From this sample, all articles quantified results in Mean Time to Repair (MTTR) and only 1 cited the cost indicator in their analysis, demonstrating the need for more research in this line.

KEYWORDS: Augmented Reality; Maintenance; KPIs; Efficiency.

1 | INTRODUÇÃO

A combinação do avanço de novas tecnologias e o aumento da concorrência global no mercado, iniciou uma transformação digital na indústria (LUNDGREN; SKOOGH; BOKRANTZ,

2018), a chamada Indústria 4.0. Dessa maneira, o desempenho e a competitividade das empresas dependem, cada dia mais, da confiabilidade e produtividade de suas instalações (MUCHIRI et al., 2011). Nesse cenário, a manutenção compõe uma função crucial ao negócio, pois tem como missão “[...] garantir a disponibilidade da função dos equipamentos e instalações de modo a atender a um processo de produção ou de serviço com confiabilidade, segurança e preservação do meio ambiente a custos adequados” (KARDEC; NASCIF, 2001).

O acompanhamento dos resultados da manutenção auxilia alcançar os níveis de performance desejados. Indicadores bem definidos podem ajudar na identificação de possíveis lacunas na implementação de novas estratégias de melhoria (MUCHIRI et al., 2011). Os indicadores de classe mundial mais utilizados são principalmente: Tempo médio entre falhas (MTBF); Tempo médio para reparo (MTTR); Disponibilidade de Equipamento (EA); Custos de Manutenção por Faturamento (CMFR) (TAVARES, 1999).

Dentre as novas tecnologias que compõe a quarta revolução industrial, a Realidade Aumentada (RA) foi reconhecida como uma das principais (MASONI et al., 2017). RA é definida como um sistema que complementa o mundo real com objetos virtuais (gerados por computador) que parecem coexistir no mesmo espaço que o mundo real (AZUMA et al., 2001). Seu potencial para apoiar aplicações industriais, incluindo a manutenção, já vem sendo estudado pela comunidade acadêmica (AZUMA, 2016). Entretanto, ainda existem exemplos limitados de sua implementação concreta na indústria (PALMARINI et al., 2018), que pode ser explicado pela falta de certeza em relação aos benefícios dessa tecnologia pelos seus usuários (JETTER; EIMECKE; RESE, 2018). Por essa razão, um estudo (JETTER; EIMECKE; RESE, 2018) pesquisou e confirmou que os resultados de indicadores-chave de desempenho (KPIs) contribuem positivamente na percepção dos usuários sobre o uso de aplicações de RA.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é caracterizar, de maneira preliminar, a produção científica que aborda a relação entre o uso de Realidade Aumentada e a eficiência, de custo e disponibilidade, em processos de Manutenção. Para tanto, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (SLR), adotando a metodologia já validada em (PALMARINI et al., 2018), que discutiu o estado da arte de aplicações em RA na manutenção, assim como os seus futuros desenvolvimentos.

Este trabalho é organizado em quatro seções: além desta Introdução, a seção 2 descreve a metodologia utilizada na investigação; a seção 3 aborda os resultados e discute-os e, finalmente, na seção 4 são realizadas as considerações finais.

2 | METODOLOGIA

A metodologia adotada na investigação teve como base a investigação realizada por (PALMARINI et al., 2018), tendo sido dividida em sete etapas, sendo Planejamento,

Escopo, Pesquisa, Avaliação, Síntese, Análise e Redação dos Resultados.

Na etapa de Planejamento foi descrita a importância de informar a janela de tempo da pesquisa, as bases de dados utilizadas e o software de gerenciamento de referências (PALMARINI et al., 2018). Esta pesquisa analisou os estudos realizados no período entre 1995 e julho de 2018 na base de dados *Science-Direct* e teve como software de gerenciamento de referências o *Mendeley*.

Na definição do Escopo da pesquisa estabelecem-se as perguntas a serem respondidas a partir da revisão sistemática da literatura. Para tanto adota-se o método PICOC (do inglês *Population, Intervention, Comparison, Outcomes and Context*). Neste estudo, a População consiste em operações de manutenção realizadas por mantenedores; a Intervenção é o uso de Realidade Aumentada no apoio a essas operações; a Comparação da utilização de RA é efetuada com os métodos tradicionais, como instruções em papel, por exemplo; o Resultado é medido a partir dos indicadores de classe mundial anteriormente descritos: MTTR, MTBF, EA e CMFR; o Contexto é o ambiente industrial.

Por fim, as questões de pesquisa foram definidas como:

P1: Dos indicadores de classe mundial da manutenção (TAVARES, 1999), quais são os utilizados na literatura para mensurar o impacto do uso de RA na manutenção?

P2: Quais os impactos mensurados, segundo a literatura, do uso da Realidade Aumentada na manutenção?

Diante disso, para realização da pesquisa foi utilizada a *string* de busca (“*Augmented Reality*”) AND (“*Maintenance*”) na base de dados escolhida (*Science-Direct*). Inicialmente foram encontradas 1.177 publicações.

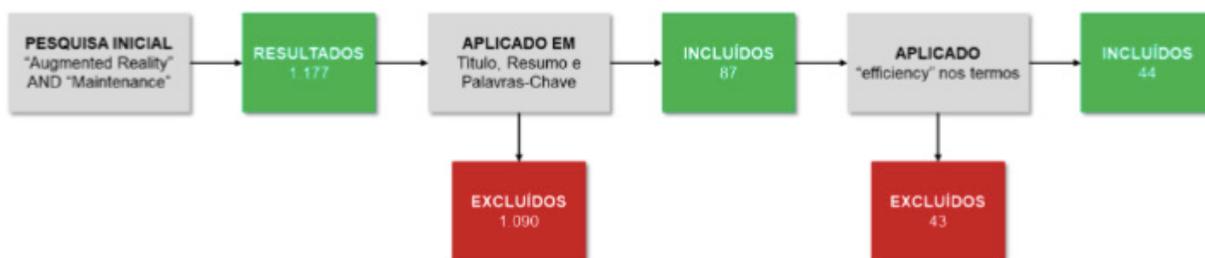


Figura 1. Processo de Seleção de Publicações

Ainda segundo a metodologia (PALMARINI et al., 2018), na etapa de Avaliação a pesquisa inicial deve passar por critérios de exclusão (CE) e inclusão (CI). Estes critérios mantêm apenas as publicações relevantes para a revisão sistemática. Diante disso, a *string* de busca foi aplicada somente nos campos Título, Resumo e Palavras-chave dos 1.177 estudos encontrados, levando a que a amostra tenha sido reduzida para 87 pesquisas. Posteriormente, utilizando o termo “*efficiency*” nos termos da busca, a quantidade de publicações foi reduzida para 44 artigos. A Figura 1 ilustra os critérios adotados até o resultado de 44 artigos a serem analisados e discutidos nessa SLR.

O passo seguinte foi identificar critérios de qualidade (CQ) para fortalecer a extração de dados quantitativos e qualitativos para a Síntese e Análise de resultados (PALMARINI et al., 2018). Vale ressaltar, que os critérios de qualidade não excluíram nenhum artigo dessa revisão, mas serviram como base de prioridade para maior detalhamento da discussão neste estudo. Os critérios de qualidade foram definidos como:

CQ1: O resultado do estudo é aplicável para casos de manutenção industrial.

CQ2: Resultados quantitativos foram fornecidos.

A partir desses critérios foram então selecionados 12 artigos considerados relevantes para esta revisão sistemática, pois, além de contemplarem estudos aplicados na área de manutenção, também descrevem resultados quantitativos que corroboram com a análise do impacto da Realidade Aumentada na manutenção.

Na etapa de Síntese, descreve-se como os artigos são agrupados para analisar tendências e responder às perguntas da pesquisa na etapa de análise e discussão dos resultados (PALMARINI et al., 2018). Os 44 artigos encontrados foram então categorizados por ano, comparativo, amostragem, indicador adotado para medir a eficiência da operação, indicador correspondente (MTTR, MTBF, EA e CMFR) e resultado.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 2 descreve as principais características dos artigos obtidos. Dez estudos da amostragem apresentaram pelo menos um indicador correspondente de manutenção e o mais utilizado foi o MTTR. Dentre eles, apenas um estudo (PERDIKAKIS; ARAYA; KIRITSIS, 2015) apresentou resultado negativo ao comparar Realidade Aumentada com o uso tradicional de manual em papel. Entretanto, vale ressaltar que (PERDIKAKIS; ARAYA; KIRITSIS, 2015) citou as dificuldades de identificação da imagem e problemas no *touch screen* enfrentadas durante o experimento que poderia ter prejudicado o resultado final. Além disso, o estudo contou com seis mecânicos, onde o grupo utilizando Realidade Aumentada era composto por quatro participantes e o restante estava no experimento do método tradicional, o que implica em um tamanho de amostragem não representativa para concluir o impacto real do experimento.

Os 9 estudos que apresentaram um impacto positivo sobre uso de RA na manutenção obtiveram melhoria entre 4,5% até 77,8% no MTTR. Em (WEBEL, 2013) o método comparativo foi manual em vídeo, que geralmente já apresenta um benefício em relação ao manual em papel. Já em (MOURTZIS; ZOGOPOULOS; VLACHOU, 2017) o método compara uma manutenção in loco com manutenção remota e Realidade Aumentada. Antes da solução, um técnico deslocava-se até a planta industrial quando o equipamento entrava em falha, de forma que o tempo de deslocamento era o fator que mais impactava na indisponibilidade do equipamento, que chegava até 9 horas.

ARTIGO	ANO	COMPARATIVO	AMOSTRAGEM	INDICADOR(ES)	KPI(S) CORRESPONDENTE(S)	RESULTADOS/COMENTÁRIOS
[13]	2006	Manual em Papel Vs. Manual em RA	16 estudantes técnicos	Cognitive Time and Error Rate	MTTR	40% de redução
[18]	2011	Métodos Tradicionais Vs. RA	28 participantes	Time Spent; Total number of transit instances to complete a work order	MTTR	45% de redução
[14]	2012	N/A	N/A	Task Duration; Error Rate	MTTR	15% de redução
[11]	2013	Manual em Vídeo Vs. Manual em RA	20 mantenedores com pelo menos 2 anos de experiência	Performance Time; Number of unsolved and solver errors	MTTR	4,5% de redução
[15]	2013	Manual em Papel Vs. Manual em RA	15 mantenedores	Mean time; Position Error	MTTR	50% de redução
[20]	2013	Manual em Papel Vs. Misto Vs Virtual	5 participantes	Operating Time	N/A	Tabela com sinal de impacto positivo, mas mensuração não relatada
[17]	2013	Manual em Papel Vs. Manual em RA	Estudantes de engenharia mecânica	Assembly time; quality of assembly	MTTR	17,22% de redução
[10]	2015	Manual em Papel Vs. Manual em RA	6 mecânicos	Task Duration	MTTR	9% de Aumento
[16]	2015	Manual em Papel Vs. Multimídia Vs RA	7 estudantes de engenharia	Assembly time; errors; and questions	MTTR	13% de redução, porém autor conclui que casos não podem ser comparados
[19]	2017	Manual em Papel Vs. Manual em RA	8 participantes sem experiência em manutenção	Completion Time of Maintenance Task; Time to Authoring	MTTR	50% de redução
[12]	2017	Manutenção in loco Vs. Manutenção Remota com RA	N/A	Cost; Time	MTTR/EA; CMFR	90% de redução de custo e 77,8% de redução de tempo.
[9]	2018	N/A	51 participantes	Reduction of Time and Errors (RTE)	N/A	Resultados dos indicadores selecionados eram com base na percepção do usuário

Tabela 2. Extração de dados de 12 artigos prioritários para a SLR

Em relação ao indicador CMFR, (MOURTZIS; ZOGOPOULOS; VLACHOU, 2017) foi o único artigo, nessa SLR, que comparou o custo do procedimento antes e depois da implementação da solução em RA. No estudo, o custo total do procedimento era de 1.370 euros e após implementada a solução, o mesmo passou a custar 150 euros, um impacto positivo de aproximadamente 90% no indicador. Porém, (MOURTZIS; ZOGOPOULOS; VLACHOU, 2017) não faz um paralelo do quanto isso representa percentualmente com o faturamento da empresa, o que caracteriza o indicador de CMFR.

Muitos estudos (GIMENO et al., 2013; JETTER; EIMECKE; RESE, 2018; NEE et al., 2012; NIKOLIC; ELZER; VETTER, 2006; SUÁREZ-WARDEN et al., 2015; WEBEL, 2013) abordaram o indicador de taxa de erros e a qualidade da manutenção (RIOS et al., 2013) que ao serem utilizados em larga escala podem ter o potencial de contribuir positivamente com o indicador de MTBF e EA. Pois, ao se realizar uma manutenção com maior qualidade o equipamento pode levar mais tempo em uma condição de disponibilidade, diminuindo a probabilidade de falha.

Dois trabalhos (ERKOYUNCU et al., 2017; LEE; AKIN, 2011), que tiveram o MTTR mensurado, mencionaram outros indicadores não abordados pelos demais trabalhos e que não correspondem a indicadores de classe mundial da manutenção. Em (LEE; AKIN, 2011) o experimento foi medido, também, em relação ao número de movimentações para completar uma ordem de manutenção. Entretanto os resultados não mostraram que o protótipo em RA melhorou esse indicador efetivamente e o autor pontuou que os participantes não eram obrigados a utilizar o método proposto em toda

a atividade “[...] the subjects performed transit activities just to obtain O&M information, even though they could get the information remotely”. Em (ERKOYUNCU et al., 2017) é mensurado o tempo despendido para criar conteúdo em Realidade Aumentada, que nesse caso pode ser feito pelos próprios usuários sem conhecimento prévio da tecnologia. A solução se mostrou quatro vezes mais rápida quando comparada ao *Vuforia* (software de criação em RA).

Em dois estudos (ESPÍNDOLA et al., 2013; JETTER; EIMECKE; RESE, 2018) não foi possível associar um indicador correspondente aos de manutenção. Em (ESPÍNDOLA et al., 2013) o autor expõe uma tabela que demonstra um sinal positivo para o impacto de realidade mista no tempo de manutenção, entretanto não se quantifica esse valor, o que descaracteriza o que poderia ser a correspondência com o MTTR. Em (JETTER; EIMECKE; RESE, 2018) o autor propõe 13 KPIs para medição do impacto de RA na manutenção. Porém, o estudo enfoca a perspectiva dos usuários e sua avaliação subjetiva do uso do sistema, de forma que o resultado obtido para o indicador proposto, “*Reduction of Time and Errors (RTE)*”, que poderia ser equivalente ao MTTR, não pôde ser considerado. O indicador foi medido através da escala Likert de 7 pontos pelos próprios usuários. Todavia, o artigo explica que a aplicação desenvolvida tem o potencial de economizar tempo e custo.

Em suma, observou-se que apenas 10 artigos dos 44 resultados encontrados apresentam resultados quantitativos que obtiveram correspondência com indicadores de classe mundial da manutenção. Vale destacar que, dos 10 artigos, todos mensuram dados equivalentes ou próximos ao MTTR e apenas um mensurou dados equivalentes ou próximos a CMFR. É importante ressaltar que, com base na análise dos dados e como afirmado por (CAMPBELL et al., 2017), muitos estudos de RA ainda estão em provas de conceito (POC), o que é comum em tecnologias emergentes. Além disso, ainda existem diversas limitações tecnológicas em RA (autoria, *tracking*, *hardware*, *software*) como levantadas por (PALMARINI et al., 2018), que podem contribuir para a demora no avanço de pesquisas que analisem em larga escala o impacto de RA na manutenção considerando seus principais indicadores.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS

Esse artigo teve como objetivo caracterizar, de maneira preliminar, a produção científica que aborda a relação entre o uso de Realidade Aumentada e a eficiência, de custo e disponibilidade, em processos de Manutenção.

Os resultados obtidos nesta SLR revelaram que o MTTR é o indicador mais utilizado para mensurar os impactos de RA na manutenção. Ao mensurar o impacto deste KPI, os resultados variam desde aumento no tempo médio entre falhas em 9% até sua diminuição em 77,8%. Já em relação ao indicador de CMFR, apenas um artigo mencionou o indicador em sua análise obtendo uma diminuição em 90% dos custos com uma aplicação de manutenção remota.

Por fim, observou-se a existência de lacunas e a necessidade de pesquisas que relacionem o impacto de Realidade Aumentada na Manutenção levando em consideração seus principais indicadores além do MTTR. Vale ressaltar, que esta SLR levou em consideração apenas a base de dados *Science-Direct* e o próximo passo é ampliar a investigação para outras bases, como IEEE Explore e Scopus.

REFERÊNCIAS

AZUMA, R. et al. Recent advances in augmented reality. **IEEE Computer Graphics and Applications**, v. 21, n. 6, p. 34–37, 2001.

AZUMA, R. T. The Most Important Challenge Facing Augmented Reality. **Presence**, v. 25, n. 3, p. 234–238, 2016.

CAMPBELL, M. et al. The State of Industrial Augmented Reality 2017. **Ptc**, 2017.

ERKOYUNCU, J. A. et al. Improving efficiency of industrial maintenance with context aware adaptive authoring in augmented reality. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, v. 66, n. 1, p. 465–468, 2017.

ESPÍNDOLA, D. B. et al. A model-based approach for data integration to improve maintenance management by mixed reality. **Computers in Industry**, v. 64, n. 4, p. 376–391, 2013.

GIMENO, J. et al. A new AR authoring tool using depth maps for industrial procedures. **Computers in Industry**, v. 64, n. 9, p. 1263–1271, 2013.

JETTER, J.; EIMECKE, J.; RESE, A. Augmented reality tools for industrial applications: What are potential key performance indicators and who benefits? **Computers in Human Behavior**, v. 87, n. April, p. 18–33, 2018.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda., 2001.

LEE, S.; AKIN, Ö. Augmented reality-based computational fieldwork support for equipment operations and maintenance. **Automation in Construction**, v. 20, n. 4, p. 338–352, 2011.

LUNDGREN, C.; SKOOGH, A.; BOKRANTZ, J. Quantifying the Effects of Maintenance – a Literature Review of Maintenance Models. **Procedia CIRP**, v. 00, p. 1305–1310, 2018.

MASONI, R. et al. Supporting Remote Maintenance in Industry 4.0 through Augmented Reality. **Procedia Manufacturing**, v. 11, n. June, p. 1296–1302, 2017.

MOURTZIS, D.; ZOGOPOULOS, V.; VLACHOU, E. Augmented Reality Application to Support Remote Maintenance as a Service in the Robotics Industry. **Procedia CIRP**, v. 63, p. 46–51, 2017.

MUCHIRI, P. et al. Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. **International Journal of Production Economics**, v. 131, n. 1, p. 295–302, 2011.

NEE, A. Y. C. et al. Augmented reality applications in design and manufacturing. **CIRP Annals - Manufacturing Technology**, v. 61, n. 2, p. 657–679, 2012.

NIKOLIC, V.; ELZER, P. F.; VETTER, C. **A monitor-based AR system as a support tool for industrial maintenance BT - 4th IFAC Symposium on Mechatronic Systems, MX 2006**,

September 12, 2006 - September 14, 2006. [s.l.] IFAC, 2006. v. 4.

PALMARINI, R. et al. A systematic review of augmented reality applications in maintenance. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 49, n. March 2017, p. 215–228, 2018.

PERDIKAKIS, A.; ARAYA, A.; KIRITSIS, D. Introducing Augmented Reality in Next Generation Industrial Learning Tools: A Case Study on Electric and Hybrid Vehicles. **Procedia Engineering**, v. 132, p. 251–258, 2015.

RIOS, H. et al. A mobile solution to enhance training and execution of troubleshooting techniques of the engine air bleed system on boeing 737. **Procedia Computer Science**, v. 25, p. 161–170, 2013.

SUÁREZ-WARDEN, F. et al. Assembly Operations Aided by Augmented Reality: An Endeavour toward a Comparative Analysis. **Procedia Computer Science**, v. 75, n. Vare, p. 281–290, 2015.

TAVARES, L. A. **Administração moderna da manutenção**. Rio de Janeiro: Novo Polo, 1999.

WEBEL, S. et al. An augmented reality training platform for assembly and maintenance skills. **Robotics and Autonomous Systems**, v. 61, n. 4, p. 398–403, 2013.

TECNOLOGIA DE *LOW POWER WIDE AREA NETWORK* (LPWAN) PARA MONITORAMENTO DE FROTAS: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Paulo Renato Câmera da Silva

Universidade Federal da Bahia (UFBA), Programa de Pós-Graduação em Mecatrônica (PPGM)
Salvador – Bahia

Herman Augusto Lepikson

Centro Universitário Senai Cimatec
Salvador - Bahia

Marcus Vinícius Ivo da Silva

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (Cetec)
Cruz das Almas – Bahia

Centro Universitário Senai Cimatec, Doutorado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial (MCTI)
Salvador - Bahia

Rafael Barbosa Mendes

Universidade Federal da Bahia (UFBA), Programa de Pós-Graduação em Mecatrônica (PPGM)
Centro Universitário Senai Cimatec, Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Industrial (PPG-Getec)
Salvador – Bahia

RESUMO: O monitoramento de frotas veiculares é uma aplicação que demanda conexão com grande cobertura e poucas falhas de comunicação durante o percurso do veículo. Este estudo visou identificar o estado-da-arte das tecnologias LPWAN para o monitoramento

de frotas a partir da revisão da literatura em cinco bases de dados. A seleção resultou um conjunto de 48 documentos, na qual se avaliou sua relevância a partir de critérios preestabelecidos. Isso possibilitou avaliar como o tema está sendo pesquisado, bem como quais recursos a tecnologia já consegue satisfazer para o monitoramento de veículos. Contudo, concluiu-se que existem poucas publicações sobre o uso dessa tecnologia para o monitoramento de frotas de veículos, com a primeira publicação recente e ainda pouca literatura produzida.

PALAVRAS-CHAVE: monitoramento de frota; LPWAN; conectividade; IoT.

LOW POWER WIDE AREA NETWORK (LPWAN) TECHNOLOGY FOR FLEET MONITORING: A LITERATURE REVIEW

ABSTRACT: The vehicle fleet monitoring is an application that requires connection with great coverage and few communication failures during the vehicle's course. This study aimed to identify the state-of-the-art LPWAN technologies for fleet monitoring from the literature review in five databases. The selection resulted in a set of 48 documents, in which its relevance was evaluated based on pre-established criteria. This made it possible to evaluate how the topic is being researched, as well as what resources the

technology can already satisfy for vehicle monitoring. However, it has been concluded that there are few publications on the use of this technology for vehicle fleet monitoring, with the first publication very recent and still very little literature produced.

KEYWORDS: fleet monitoring; LPWAN; connectivity; IoT.

1 | INTRODUÇÃO

Conectar dispositivos e obter dados a partir deles, buscando o melhor gerenciamento de grandes números de aparelhos é a proposta de “conexão das coisas” que vem sendo chamada de *Internet of Things* ou IoT (em português, Internet das Coisas). Novas redes vêm preencher uma lacuna deixada pelas redes convencionais – WiFi, Bluetooth, 3G, GSM – e buscam atender nichos que essas redes falham ou não conseguem alcançar (BOULOGORGOS, DIAMANTOULAKIS e KARAGIANNIDIS, 2016). Com isso, pode-se gerar uma comunicação adequada para situações que o uso de dados e hardware seja mínimo, como interfaces *Machine-to-Machine* ou M2M (em português, máquina para máquina) para coleta de dados de sensores remotos.

As maiores diferenças entre as novas redes e as convencionais são as demandas de energia e de largura de banda de transmissão (AUGUSTIN, YI, *et al.*, 2016). Isso determina a forma como os dispositivos são projetados, pois esses devem ter menos processamento, memória e, principalmente, maior duração de bateria (AUGUSTIN, YI, *et al.*, 2016). Com essa economia em hardware, pode-se atender à crescente demanda de dispositivos, já que o número de “coisas” conectadas deve superar a capacidade de produção de recursos de alto controle tecnológico (BOULOGORGOS, DIAMANTOULAKIS e KARAGIANNIDIS, 2016).

Outro aspecto relevante do contexto de aplicação é que o dispositivo pode ter de operar em local de difícil acesso, sem rede elétrica próxima e/ou com grande número de aparelhos conectados que impossibilitaria a substituição das baterias de curta autonomia. Isso exige dos dispositivos demandar menos bateria, ou seja, utilizar o mínimo de hardware (BOULOGORGOS, DIAMANTOULAKIS e KARAGIANNIDIS, 2016). Esses fatores acabam por, nessas situações, inviabilizar o uso de tecnologias convencionais em aplicações de IoT.

A tecnologia de *Low Power Wide Area Network* ou LPWAN (numa tradução livre, Redes de Grande Área e Baixo Consumo) surgiu, recentemente, para tal contexto. Suas características permitem conectar dispositivos por longas distâncias (*e.g.*, de três a cinquenta quilômetros) com baixo custo (*e.g.*, um end node pode chegar a cinco dólares), com pequena largura de banda e, conseqüentemente, baixo consumo relativo de bateria (*e.g.*, as baterias de lítio de 3 V chegam a durar 10 anos) (BOULOGORGOS, DIAMANTOULAKIS e KARAGIANNIDIS, 2016). Por isso, mais eficiente, com a vantagem de ser uma tecnologia de conectividade barata.

O monitoramento de frota demanda grande cobertura, pois, quanto menor o número de falhas de comunicação durante o percurso do veículo, melhor o controle do

mesmo. As informações a serem enviadas são de tamanho reduzido (*e.g.*, posição com cerca de seis bytes e velocidade um byte) e não requerem altas taxas de transferência (BOULOGORGOS, DIAMANTOULAKIS e KARAGIANNIDIS, 2016). Juntando o atendimento a esses dois requisitos ao baixo custo, observa-se que uma tecnologia LPWAN é aplicável a casos de controle de frotas em locais onde a rede convencional não está disponível ou tem custo inviável.

Três tecnologias de rede sem fio, baseadas em LPWAN, tem se destacado no mercado: *Narrow Band - Internet of Things* (NB-IOT), *Long Range Wide Area Network* (LoRaWAN) e Sigfox. Suas limitações e aplicabilidades tem sido testada para diversos setores do mercado (BOULOGORGOS, DIAMANTOULAKIS e KARAGIANNIDIS, 2016). Por suas características, neste trabalho, buscou-se identificar o estado-da-arte das tecnologias LPWAN para o monitoramento de frotas veiculares.

2 | METODOLOGIA

Para identificar a literatura disponível sobre o uso da tecnologia LPWAN, para o monitoramento de frota, foi realizada uma pesquisa nas bases de dados Google Acadêmico, Portal de Periódicos da Capes, SciELO, IEEE Xplorer Digital Library e ScienceDirect, utilizando, de forma combinada, os descritores “*fleet management*” e LPWAN e IoT.

Critérios de inclusão e de exclusão foram pré-estabelecidos com todos os autores deste trabalho para a seleção da bibliografia relevante, de forma a escolher, com imparcialidade os arquivos mais relevantes. Considerou-se a presença dos descritores no título, entre as palavras-chaves e/ou no resumo como indicativo desta relevância. Publicações divergentes ou que não conseguiram ser visualizadas foram excluídas. Por fim, bibliografias repetidas foram eliminadas. Isso gerou uma seleção de bibliografias candidatas (Tabela 1) que, após leitura total ou parcial destas gerou as bibliografias seccionadas para este artigo.

	Resultado total da pesquisa	Bibliografias candidatas	Bibliografias selecionadas
2018	10	4	4
2017	20	4	3
2016	13	4	3
2015	3	2	2
2014	0	0	0
2013	0	0	0
2012	0	0	0
2011	0	0	0
2010	1	0	0
Ano não identificado	1	1	1
Total	48	15	13

Tabela 1. – Lista de documentos resultantes da pesquisa nas bases de dados (22/07/2018).

3 | DISCUSSÃO

O Google Acadêmico retornou o maior número de resultados, entre as cinco plataformas utilizadas, incluindo a bibliografia resultante das pesquisas nas outras plataformas. A pesquisa para os três descritores (“*fleet management*”; LPWAN; IoT), com a palavra booleana “*and*”, gerou um conjunto intersecção de 48 documentos.

A apresentação dos dados, na Tabela 1, permitiu a distribuição das publicações por ano. Dessa forma, pôde-se observar o primeiro artigo no ano de 2010 e um aumento do total de publicações ao longo dos oito anos, com uma queda em 2018, pelo fato deste ainda estar em curso. A tabulação dos dados permitiu visualizar cada autor com uma única publicação. Visualizou-se, também, um maior número de artigos em periódicos e eventos entre as publicações, no entanto, seria arriscado apontar tendências nas pesquisas pela quantidade ainda pequena de publicações.

3.1 Descrição dos Trabalhos Selecionados

Rojas (2015) trouxe uma visão geral da utilização da IoT para várias finalidades. Dentre elas, citou um estudo de caso de *ferry boats* e iates, em que a demanda por rede sem fio, principalmente de 4G, vinha crescendo. Apesar de não citar o uso específico de LPWAN para monitoramento de frotas, ele, juntamente com Kalyani e Sharma (2015), foi um dos primeiros a citar o possível uso de redes diversas para monitorar veículos via GPS e outros sensores. Além disso, Rojas (2015) citou outros casos, porém mais voltados à disponibilização de WiFi para os passageiros dos veículos. Já Kalyani e Sharma (2015) listaram aplicações, como casas conectadas, humanos conectados e gerenciamento de frota.

Observou-se, em Verma (2016) (VERMA, 2016), a citação mais focada no gerenciamento de frota. O autor apresentou a importância da *Mobile Communications Network* (MCN) – em português, rede de comunicação móvel – e propôs seu uso para

gerenciamento de frotas. Foi citado o uso de tecnologia de comunicação IoT (nesse caso, GSM, 3G e 4G) para aplicações em controle de frotas, tais como diagnóstico veicular, otimização de rotas e do uso de combustível. Apesar de não comentar explicitamente a tecnologia LPWAN, o autor comentou sobre a necessidade de boa cobertura para esse tipo de aplicação e deixam claras deficiências no 3G e 4G, como o custo (mais barato apenas que a comunicação por satélite) e o consumo energético.

Boulogeorgos, Diamantoulakis e Karagiannidis (2016) fez uma descrição completa sobre a tecnologia LPWAN, apontando seu uso no gerenciamento de frota como possível solução. O autor descreveu os pontos fortes dessa tecnologia, como a diminuição da interferência por outras frequências, a autonomia dos dispositivos conectados e a grande cobertura, bem como, os pontos fracos, a exemplo da baixa velocidade de transferência de dados.

Já Song, Nuaymi e Lagrange (2016) apresentaram uma revisão ampla e abrangente do papel do IoT na indústria e na sociedade. Os autores fizeram um estudo das classificações existentes de aplicação M2M de diferentes critérios da literatura, como classificação de acordo com a confiabilidade e quantidade de máquinas conectadas, classificação de acordo com o nível de mobilidade e classificação de acordo com a dispersão e recurso de *Quality of Service* (QoS) para aplicativos M2M típicos. Nesse último, foram fornecidos valores indicativos mínimos para diferentes aplicações, como para o caso de gestão de transporte a taxa de transmissão de dados pode ser menor que 500 bytes, mas a prioridade da mensagem deve ser alta.

Song, Nuaymi e Lagrange (2016) ainda citaram que, provavelmente, as tecnologias LPWAN e as soluções móveis de rede 3GPP seriam o principal suporte utilizado para a comunicação M2M. Para essa discussão, os autores identificaram a vantagem das redes celulares para IoT, chegando à conclusão que as redes 3GPP já possuíam infraestrutura para gerar cobertura ampla e alta disponibilidade, mas a desvantagem da rede 3GPP era um alto consumo de energia e custo do *hardware* em relação às redes LPWAN. Apesar disso, em todas as situações, obter eficiência energética viria com a necessidade de trabalhar com *hardwares* de desempenho mais restrito causando, na maioria das vezes, uma performance mais modesta desse tipo de dispositivo.

Em sua tese, Ryšavý (2017) fez a aplicação de uma plataforma de monitoramento IoT para vagões de trem. Para isso, ele utilizou ferramentas que também eram empregadas no gerenciamento de frotas, como o GNSS, sobre o qual ele fez uma descrição detalhada e comparativa entre as tecnologias disponíveis no mercado bem como suas principais características. No trabalho, também, realizou uma descrição dos tipos de comunicação que seriam passíveis de serem utilizadas para o monitoramento dos vagões, como, 2G, GSM, 4G e LPWAN, sendo comentado que apenas a tecnologia 3G não era viável por ter menor cobertura que a 2G e menor performance que a 4G. Nessa questão, o autor concluiu que, no momento, era impossível escolher uma tecnologia melhor para sua aplicação. Contudo, ele deixou claro que a mais promissora

seria a tecnologia NB-IoT. No entanto, foi escolhida para seu projeto a comunicação GPRS.

Goudos (2017), em seu artigo, também realizou um resumo sobre as tecnologias de comunicação móveis atuais para uso em sistemas de IoT. Ele, igualmente a Boulogeorgos, Diamantoulakis e Karagiannidis (2016), apontou esse tipo de tecnologia para o gerenciamento de frota, descrevendo fatores como *massive IoT* e *critical IoT*, para se referir as distintas necessidades das aplicações. A primeira se referiu a serviços que necessitam de muitos dispositivos, como a gestão de frotas. Já, a segunda, serviços que necessitam de controle crítico de dispositivos, como processos industriais. Sua conclusão foi que a tecnologia de IoT estava chegando à fase madura e, por isso, suas aplicações, seja no gerenciamento de frotas, seja em outras, estava crescendo exponencialmente e disponibilizando novos serviços.

Lin (2017) testou, em seu artigo, o uso da rede LoRa para monitorar um cachorro dentro do campus de uma universidade americana. Apesar do artigo não tratar diretamente o gerenciamento de frotas, percebeu-se que a tecnologia pesquisada para monitorar o animal podia ser implementada no monitoramento de veículos. Seus estudos demonstraram que a aplicação era praticável e funcionou bem, fornecendo diretrizes para equilibrar a precisão do rastreamento com o consumo de energia.

Yousuf *et al.* (2018) sustentaram, em seu artigo, que um único *gateway*, ou concentrador de rede LoRa, poderia suportar centenas de milhares de dispositivos LoRa, assumido tráfego de dados e número de mensagens baixos, da ordem de 50 bytes e 60 mensagens ao dia, respectivamente. Esta análise situou o quão robusto pode ser uma arquitetura baseada em abordagens LPWAN.

Harwahyu, Presekal e Sari (2018) realizaram um estudo de simulação computacional do protocolo LoRaWAN e o resultado mostrou que o desempenho foi altamente dependente da configuração do fator de propagação ou *spreading factor*, taxa de codificação e seleção de frequência.

Finnegan e Brown (2018) traçaram um paralelo entre capacidades de diversas redes LPWAN do ponto de vista de sua adoção em massa para a resolução de problemas, dando exemplos práticos e comparando seus desempenhos e abordagens do ponto de vista técnico e de seus modelos de negócio. De forma direta, estabeleceram em quais situações as redes LPWAN deveriam ser bem empregadas e de que forma cada tecnologia se colocaria em um futuro próximo.

Mekki *et al.* (2018) compararam, de forma direta, as abordagens que consideraram principais no que tange a LPWAN, sendo elas Sigfox, LoRa e NB-IoT, segundo os fatores que elencaram como cruciais para definir seu uso em aplicações IoT. (Figura 1)

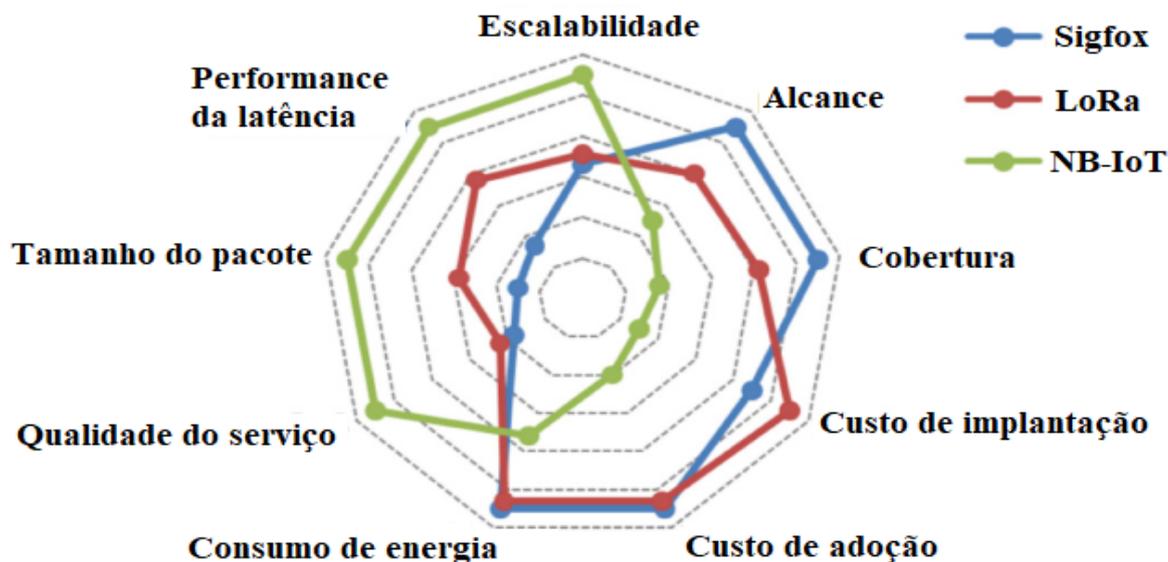


Figura 1. Fatores cruciais para uso da rede LPWAN em IoT, adaptado de Mekki *et al.*(2018)

4 | CONCLUSÃO

Apesquisa nas bases de dados mostrou um número ainda pequeno de publicações sobre o uso da tecnologia *Low Power Wide Area Network* para o monitoramento de frota de veículos. Além disso, observou-se que, em nenhuma bibliografia dos resultados encontrados, a tecnologia foi, de fato, aplicada em uma situação real e, o mais próximo disso, foi a implementação de uma aquisição de dados de um sensor GPS por Lin, *et al.* (2017). Isso coincide com a atualidade da tecnologia e a indisponibilidade de soluções no mercado. Observa-se também que as publicações sobre essa tecnologia ainda estão no exterior, sendo, desta maneira, um tema passível de estudo no âmbito nacional. Assim, observou-se um futuro promissor para a aplicação dessa tecnologia no monitoramento de frotas em que o uso de poucos dados e grandes distâncias é observado como cenário recorrente dessa aplicação. Dessa maneira essa é uma proposta para trabalhos futuros.

5 | AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio financeiro da FAPESB (processo n. BOL0713/2016) e da CAPES.

REFERÊNCIAS

AUGUSTIN, Aloÿs *et al.* **A study of LoRa: Long range & low power networks for the internet of things.** *Sensors*, v. 16, n. 9, p. 1466, 2016.

BOULOGGEORGOS, Alexandros-Apostolos A.; DIAMANTOULAKIS, Panagiotis D.; KARAGIANNIDIS, George K. **Low power wide area networks (lpwans) for internet of things (iot) applications: Research challenges and future trends.** arXiv preprint arXiv:1611.07449, 2016.

FINNEGAN, Joseph; BROWN, Stephen. **A Comparative Survey of LPWA Networking**. arXiv preprint arXiv:1802.04222, 2018.

GOUDOS, Sotirios K. et al. **A survey of IoT key enabling and future technologies: 5G, mobile IoT, semantic web and applications**. Wireless Personal Communications, v. 97, n. 2, p. 1645-1675, 2017.

HARWAHYU, Ruki; PRESEKAL, Alfian; SARI, Riri Fitri. **LoRaWAN Performance Evaluation with Optimized Configuration**. Indonésia, 2018

KALYANI, Vijay Laxmi; SHARMA, Deeksha. **IoT: Machine to Machine (M2M), Device to Device (D2D) Internet of Everything (IoE) and Human to Human (H2H): Future of Communication**. Journal of Management Engineering and Information Technology (JMEIT) Volume-2, n. 6, p. 17-23, 2015.

LIN, Yi-Bing et al. **Location-based IoT applications on campus: The IoT talk approach**. Pervasive and Mobile Computing, v. 40, p. 660-673, 2017.

MEKKI, Kais et al. **A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment**. ICT Express, 2018.

ROJAS, Bill. **Toward next-generation access networking technologies in industrial/enterprise internet of things**. 2015.

RYŠAVÝ, Jakub. **Design of Energy Independent Remote Monitoring System for Cargo Wagons**. Praga, 2016

SANCHEZ-IBORRA, Ramon et al. **Integrating LP-WAN Communications within the Vehicular Ecosystem**. J. Internet Serv. Inf. Secur., v. 7, n. 4, p. 45-56, 2017.

SONG, Qipeng; NUAYMI, Loutfi; LAGRANGE, Xavier. **Survey of radio resource management issues and proposals for energy-efficient cellular networks that will cover billions of machines**. EURASIP journal on wireless communications and networking, v. 2016, n. 1, p. 140, 2016.

VEJLGAARD, Benny et al. **Coverage and capacity analysis of sigfox, lora, gprs, and nb-iot**. In: Proceedings of the 2017 IEEE 85th Vehicular Technology Conference (VTC Spring), Sydney, Australia. 2017. p. 4-7.

VERMA, Karan. **Internet of Things: wireless issues in using mobile communication Network**. International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, v. 13, n. 8, p. 49-56, 2016.

YOUSUF, Asif M. et al. **Throughput, Coverage and Scalability of LoRa LPWAN for Internet of Things**. Calgary, 2018.

UMA REVISÃO DE LITERATURA SOBRE TÉCNICAS PARA CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE ELETROCARDIOGRAMA (ECG)

Jandson Santos Nunes

SENAI - CIMATEC

Salvador – Bahia

Valter de Senna

SENAI - CIMATEC

Salvador – Bahia

RESUMO: Este trabalho discorre sobre o estado da arte das técnicas de classificação automática de ECG. A produção científica internacional, publicada entre 2008 e 2018 em periódicos que compõem a plataforma Science Direct, caracteriza o escopo desta revisão de literatura. Ao todo, 130 artigos constituem as amostras do estudo. Elas evidenciam a realização sequencial do tratamento dos sinais, extração de informações relevantes e a classificação. Múltiplas abordagens em cada etapa sugerem uma análise comparativa das técnicas utilizadas.

PALAVRAS-CHAVE: eletrocardiograma; ECG; classificação automática de ECG.

A REVIEW ON TECHNIQUES FOR AUTOMATIC CLASSIFICATION OF ELECTROCARDIOGRAM (ECG)

ABSTRACT: This paper discusses the state-of-the-art of automatic ECG classification

techniques. International scientific production, published between 2008 and 2018 in periodicals compiling the Science Direct platform, characterizes the scope of this literature review. In all, 130 articles constitute the study samples. They evidence sequential completion of signal processing, extraction of relevant information, and classification. Multiple approaches at each stage suggest a comparative analysis of the techniques used.

KEYWORDS: electrocardiogram; ECG; automatic ECG classification.

1 | INTRODUÇÃO

Em condições hostis ou quando submetidos a estresse de qualquer natureza, humanos podem apresentar oscilações de raciocínio que afetam sua percepção e capacidade de tomar decisões. Neste cenário, os computadores são tolerantes a ambientes insalubres, imunes a questões emocionais e resistentes a fadiga. A realização de tarefas laboriosas pelo computador, quando bem definidas, tendem a ser mais precisas e isentas de distrações, tédio ou cansaço.

O estudo de fenômenos temporais, sejam eles naturais como o comportamento das marés, ou artificiais como a flutuação do valor de ações em uma bolsa, é considerado um dos

10 maiores desafios na mineração de dados, de acordo com Yang e Wu (2006). Por conta de suas peculiaridades, há décadas pesquisadores discorrem sobre modelos de análises de dados em séries temporais (DIETTERICH, 2002; KEOGH e KASSETTY, 2003). Dentre as diversas abordagens para a modelagem dos dados sequenciais, algumas incluem a estimação de parâmetros que podem ser utilizados como recursos em classificadores (LUENBERGER, 1979; LÜTKEPOHL, 2005; RABINER e JUANG, 1986). Entretanto, contextos reais podem ser dinamicamente complexos ou povoados de fatores intervenientes, inserindo informação de ruído a série e dificultando a definição de equações analíticas que às modelem (TAYLOR, 2009).

A informação dos pulsos elétricos de batimentos cardíacos em relação ao tempo define ECG. A utilização desta para diagnosticar problemas coronários é uma realidade comum na medicina. Daí a relevância em realizar uma classificação precisa, conforme anomalias identificadas. Sendo o ECG um caso de série temporal, conceitualmente apresenta as mesmas características inerentes ao tema. Além disso, Moavenian (2010) expande a problemática da classificação de ECG, afirmando que existem casos de pacientes com diagnósticos similares e diferentes formas de onda do ECG. A oposição disso também é verdade, ou seja, existem doenças distintas que afetam os sinais de ECG de forma semelhante. A união destes aspectos dificulta a classificação das alterações, e conseqüentemente, estimula a busca por soluções viáveis do ponto de vista clínico.

O intuito desta revisão é visitar os trabalhos que se propõem a classificar automaticamente ECGs, e desta forma identificar as principais abordagens, normas e critérios de avaliação dos resultados, atualmente utilizados pela comunidade científica neste contexto.

O documento está estruturado como segue: a seção 2 descreve o procedimento de definição e execução da sentença de busca na plataforma Science Direct. Posteriormente, na seção 3, apresenta os resultados e discussão dos conteúdos obtidos na busca. Por fim, são expostas as conclusões do trabalho na seção 4.

2 | MÉTODO

Internacionalmente reconhecida como importante fomentadora de conteúdos científicos, desde 1997 a editora Elsevier reúne em sua plataforma Science Direct mais de 12 (doze) milhões de trabalhos, publicados em aproximadamente 3500 revistas e 34000 livros, de diversas áreas do conhecimento (BENGTSON, 2011; TENOPIR et al, 2008). O acesso aos resumos dos artigos é livre e gratuito, porém o conteúdo completo das publicações somente é disponibilizado aos assinantes ou compradores (através de mecanismo pay-per-view). Estas características fazem dela, ambiente propício a realização desta revisão de literatura.

A elaboração da sentença lógica: “(ECG) AND (*automatic* OR *computer*) AND

(*classification*)”, objetivou a síntese da literatura relevante a este trabalho, considerando a especificação da sintaxe da plataforma (ELSEVIER, 2018). O termo ECG indica o objeto de estudo. *Classification* diz respeito a ação que se pretende realizar sobre o conjunto de objetos. Este trabalho investiga os métodos computacionais de classificação de ECG, sendo assim o termo (*automatic OR computer*) reflete este requisito.

A sentença definida serviu como valor para o campo “*Title, abstract or Keywords*” da busca avançada disponibilizada na ferramenta. Pela proposta de investigação do estado da arte sobre o tema, restringiu-se o escopo da busca ao período compreendido entre 2008-2018 e os seguintes tipos de publicações: *Review articles, Research articles, Conference abstracts, Case reports, Data articles, Discussion, Mini reviews e Short communications*.

O critério de inclusão dos trabalhos relevantes considera as produções que apresentam ou discutem classificações automáticas de batimentos cardíacos, cujas categorias definidas estejam relacionadas apenas com os tipos de ondas apresentadas no ECG. Estas informações devem constar nos resumos das publicações. Embora outras classificações tenham relevância científica, não faz parte do escopo deste trabalho discutir técnicas que utilizem as características extraídas de ECGs, com a finalidade de identificar outros comportamentos que não sejam os de batimentos cardíacos, ainda que utilizem exclusivamente este mecanismo para obter informação.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A execução do método (definido na seção 2) em 12 de Julho de 2018, identificou 130 publicações, das quais 67 atenderam aos critérios de inclusão. A distribuição temporal dos trabalhos encontrados pode ser observada na Figura 1. O gráfico ilustra crescimento na quantidade de publicações, porém a diferença entre a quantidade de artigos encontrados e os que atendem ao critério de inclusão sugere que novos tipos de classificações estão sendo feitas utilizando ECG.

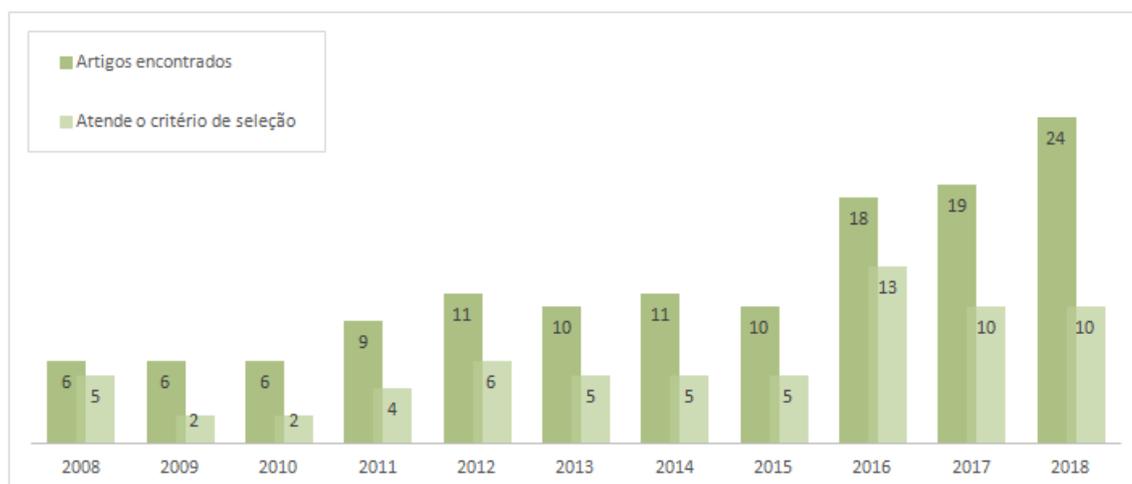


Figura 1. Distribuição da quantidade de publicações encontradas por ano.

Fonte: Autor (2018)

A distribuição dos trabalhos nos diferentes periódicos que compõe a plataforma *Science Direct* é ilustrada na Figura 2. Este gráfico expõe um panorama sobre onde os pesquisadores costumam publicar seus trabalhos. A natureza de cada periódico pode indicar uma maior ou menor ocorrência de publicações de caráter técnico, e requer aprofundamento para que seja possível estabelecer uma relação entre o periódico e a probabilidade de encontrar publicações com critérios específicos.

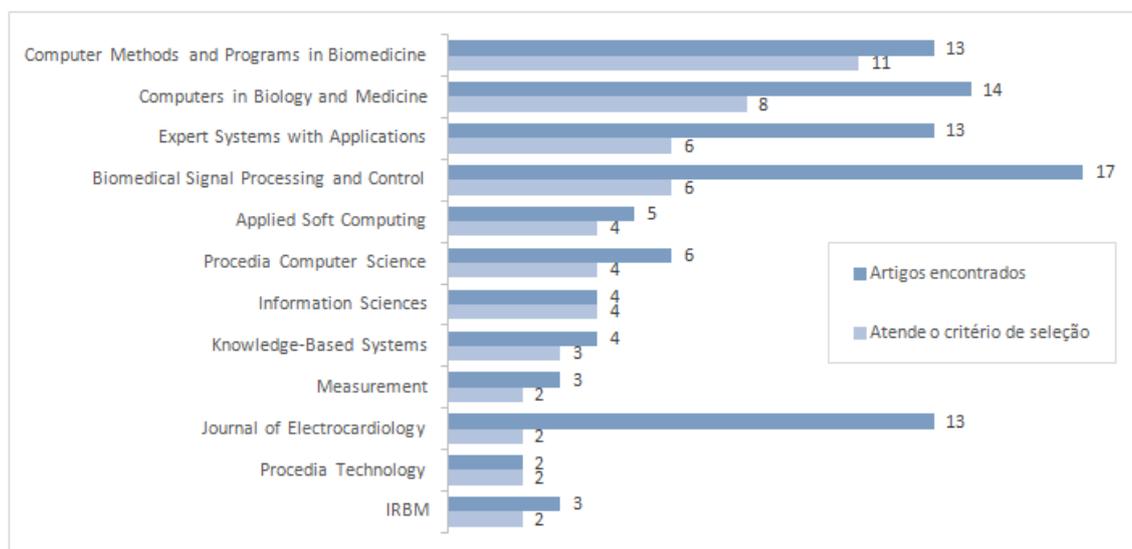


Figura 2. 12 periódicos que publicaram mais conteúdo que atendem aos critérios de inclusão.

Fonte: Autor (2018)

Alguns trabalhos descreveram o processo de classificação de ECG em 3 (três) etapas. A primeira delas é dedicada a remoção de ruídos nos sinais, provocados por perturbações que não correspondem à realidade, e que podem afetar negativamente o resultado final. O passo seguinte é a extração das características mais relevantes para a classificação, de forma que elas sejam as mínimas necessárias para distinguir as categorias propostas. Por fim, as soluções estabelecem o grau de pertinência do conjunto de valores característicos à cada classe definida, utilizando os valores limítrofes estabelecidos por uma inteligência artificial ou humana.

Dentre as diversas técnicas observadas nos trabalhos, algumas se mostraram recorrentes. A transformada Wavelet é a decomposição de uma série temporal, que pode ocorrer no domínio da frequência ou tempo. Ela é a principal técnica citada nas publicações para etapa de remoção de ruído. A extração de características é realizada, na maioria das publicações, através de análise de componentes principais. Este é um procedimento matemático cujo propósito é a obtenção de um subconjunto de variáveis linearmente não correlacionadas, originado de um conjunto de variáveis possivelmente correlacionadas. Quanto as técnicas aplicadas a classificação, os autores se dividem entre Máquina de Vetores de Suporte e Redes Neurais, e suas variações para ambas. O consenso está na utilização de inteligência artificial para interpretar os dados de

ECG e classifica-los de acordo com suas características.

A quantidade de categorias estabelecidas nas publicações varia conforme as propostas. A *Association for the Advancement of Medical Instrumentation* (AAMI) é uma organização que apoia a adoção segura da tecnologia de saúde. O Comitê de ECG (EC) desta instituição estabelece na ANSI/AAMI EC57:1998, diretrizes que permitem avaliar o desempenho de algoritmos que medem o ritmo cardíaco (EC57, 1998). Esta foi a referência mais utilizada pelos trabalhos para determinar as classes de batimentos cardíacos identificáveis em suas respectivas aplicações.

O desenvolvimento de novas abordagens com inteligência artificial estimulou a produção de trabalhos correlacionados a classificação de ECG. Na medida em que diferentes técnicas surgiam, observou-se sua aplicação com a demanda de melhorar o desempenho em comparação a outros trabalhos e/ou ampliar a quantidade de classes identificáveis. Ainda atendendo as diretrizes da ANSI/AAMI EC57:1998 (EC57, 1998), os principais critérios para avaliação de desempenho aplicados aos trabalhos são: precisão, sensibilidade e especificidade.

Foram poucas as publicações que não citaram a utilização da base de dados de arritmia do MIT-BIH. Esta base de dados foi desenvolvida pelo *Massachusetts Institute of Technology* e pelo *Boston's Beth Israel Hospital* (MOODY e MARK 2001). Atualmente é mantida pela PhysioNet (PHYSIOBANK, 2000), que disponibiliza acesso gratuito ao conteúdo.

4 | CONCLUSÃO

A fragmentação do processo de classificação em etapas sugere o mesmo desdobramento para as pesquisas, de forma que a otimização das partes contribua para a melhoria da solução geral. Assim, o surgimento de uma nova técnica de classificação, pode estimular uma extração de características mais adequada, que pode demandar um filtro mais eficaz ao destaque destes aspectos. Este ciclo virtuoso proporciona a evolução científica deste contexto.

Utilizar o mesmo conjunto de ECGs em diferentes trabalhos facilita a comparação de resultados. Assim, a contribuição da base de dados de arritmia do MIT-BIH, associado ao cumprimento das recomendações descritas na ANSI/AAMI EC57:1998 (EC57, 1998), permite a construção de cenários e o estabelecimento de metas igualitárias as proposições dos trabalhos.

Classificação automática de ECG é uma atividade bastante explorada pela comunidade científica. A quantidade de publicações encontradas em apenas uma plataforma é a expressão disso. Contudo, características extraídas em ECG podem ser utilizadas como parâmetros para a classificação de comportamentos que não sejam os de batimentos cardíacos. Dos trabalhos encontrados nesta revisão que não atenderam aos critérios de inclusão, muitos estão relacionados a classificação de

comportamento do sono, emoções ou fadiga. A sentença de busca precisa contemplar a exclusão destes tipos de classificação, para melhorar a qualidade dos resultados.

Embora a plataforma *Science Direct* seja representativa para a comunidade científica, a realização dos procedimentos descritos na seção 2, em outras plataformas com propostas semelhantes, ampliará a observação das produções científicas.

REFERÊNCIAS

BENGTSON, Jason. **ScienceDirect Through SciVerse: A New Way To Approach Elsevier**. *Medical reference services quarterly*, v. 30, n. 1, p. 42-49, 2011.

DIETTERICH, Thomas G. **Machine learning for sequential data: A review**. In: Joint IAPR international workshops on statistical techniques in pattern recognition (SPR) and structural and syntactic pattern recognition (SSPR). Springer, Berlin, Heidelberg, 2002. p. 15-30.

EC57, ANSI-AAMI. **Testing and reporting performance results of cardiac rhythm and ST segment measurement algorithms**. Association for the Advancement of Medical Instrumentation, Arlington, VA, 1998.

ELSEVIER, B.V. How do i use the new advanced search?, 2018.

KEOGH, Eamonn; KASETTY, Shruti. On the need for time series data mining benchmarks: a survey and empirical demonstration. *Data Mining and knowledge discovery*, v. 7, n. 4, p. 349-371, 2003.

LUENBERGER, David G. *Introduction to dynamic systems: theory, models, and applications*, volume 1. Wiley New York, 1979.

LÜTKEPOHL, Helmut. *New introduction to multiple time series analysis*. Springer Science & Business Media, 2005.

MOAVENIAN, Majid; KHORRAMI, Hamid. A qualitative comparison of artificial neural networks and support vector machines in ECG arrhythmias classification. *Expert Systems with Applications*, v. 37, n. 4, p. 3088-3093, 2010.

MOODY, George B.; MARK, Roger G. The impact of the MIT-BIH arrhythmia database. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, v. 20, n. 3, p. 45-50, 2001.

PHYSIOBANK, PhysioToolkit. *PhysioNet: components of a new research resource for complex physiologic signals*. *Circulation*. v101 i23. e215-e220, 2000.

RABINER, Lawrence R.; JUANG, Biing-Hwang. An introduction to hidden Markov models. *IEEE ASSP magazine*, v. 3, n. 1, p. 4-16, 1986.

TAYLOR, Graham William. *Composable, distributed-state models for high-dimensional time series*. Toronto: University of Toronto, 2009.

TENOPIR, Carol et al. Academic users' interactions with ScienceDirect in search tasks: Affective and cognitive behaviors. *Information Processing & Management*, v. 44, n. 1, p. 105-121, 2008.

YANG, Qiang; WU, Xindong. 10 challenging problems in data mining research. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, v. 5, n. 04, p. 597-604, 2006.

ASPECTOS DO GERENCIAMENTO DA ETAPA DE ENCERRAMENTO DO CONTRATO DE GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA NO BRASIL, COM ENFOQUE NA BAHIA

Livia Fernanda Tavares Ornellas

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Salvador - Bahia

Luzia Aparecida Tofaneli

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Salvador - Bahia

Alex Álisson Bandeira Santos

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Salvador - Bahia

RESUMO: A exploração de energia eólica no Brasil é realizada desde 1994. Ao longo dos anos o Governo foi desenvolvendo ações para a expansão da exploração desse recurso no Brasil, as quais iniciaram em 1979 com a publicação do Primeiro Atlas de Potencial Eólico, seguindo pelo ProEólica em 2001, depois o Proinfa em 2003 e desde de 2009 são realizados Leilões de Energia. Mediante o levantamento bibliográfico sobre o desenvolvimento eólico no Brasil pouco se fala sobre a fase de descomissionamento. Neste sentido, este estudo tem por objetivo, analisar a importância do aprofundamento de estudos para definir diretrizes para a etapa de encerramento dos contratos celebrados no Proinfa e nos leilões de energia eólica.

PALAVRAS-CHAVE: Geração de Energia; Parque Eólico; Ciclo de Vida; Descomissionamento.

ASPECTS OF THE WIND POWER GENERATION CONTRACT CLOSURE PROCESS IN BRAZIL, WITH A FOCUS ON BAHIA

ABSTRACT: Wind energy exploration in Brazil has been carried out since 1994. Over the years the Government has been developing actions for the expansion of exploration of this resource in Brazil, which began in 1979 with the publication of the First Atlas of Wind Potential, followed by ProEólica in 2001, then Proinfa in 2003 and since 2009, Energy Auctions are held. Through the literature survey on wind development in Brazil little is said about what is being about decommissioning. In this sense, this study aims to analyze the importance of deepening studies to define guidelines for the closing stage of the contracts signed in Proinfa and wind energy auctions.

KEYWORDS: Energy Generation; Wind Farm; Life cycle; Decommissioning.

1 | INTRODUÇÃO

A energia eólica nas últimas décadas vem adquirindo espaço significativo na matriz energética do país, segundo dados da Associação Brasileira de Energia Eólica

(ABEEólica) obtido no boletim anual de geração de energia eólica com informações de 2017 segundo ABEEólica (2018), a capacidade instalada de geração de energia nesse setor é de 12,77 GW que corresponde 8,1% da matriz ficando apenas atrás da biomassa e hidroelétrica que correspondem respectivamente 9,2% e 60,4%.

Esse crescimento da geração de energia eólica no Brasil é fruto de um esforço conjunto entre o Governo, empreendedores e investidores que possibilitou bons resultados tanto nos leilões regulados de energia, que foram realizados a partir de 2009, como também no aumento do interesse das indústrias pela energia nos mercados livres.

Ainda no boletim da ABEEólica (2018) no ano base 2017, para a geração de 12,77 GW de capacidade instalada estão sendo utilizados 508 parques eólicos que possuem aproximadamente 6.500 aerogeradores localizados em aproximadamente 4.000 propriedades arrendadas.

De acordo com Stripling (2016), os impactos do final do ciclo de vida dos empreendimentos eólicos se limitam as instalações massivas de aerogeradores. Ao olhar as peculiaridades das condições do Brasil, pode-se destacar que a característica hoje tida como positiva, como a manutenção do homem no campo, através de arrendamento de terra passará a ser negativa com a eliminação desses acordos com os proprietários. No Brasil a indústria de energia eólica movimenta uma significativa mão obra anual, que só em 2017 foram gerados cerca de 30 mil postos de trabalho, além da contribuição significativa para o poder público com a geração de energia.

No Brasil, segundo a análise de Tolmasquim (2003), a primeira unidade geradora de energia eólica foi inaugurada em 1994 em caráter experimental no município de Camelinho no estado de Minas Gerais com potência instalada de 1 MW com 4 aerogeradores. Nos anos seguintes foram instalados mais 6 empreendimentos em 4 estados brasileiros: Ceará, Paraná, Pernambuco e Santa Catarina que totalizaram 20,8 MW até 2002, quando ocorreu a instituição do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – Proinfa administrado pelo Ministério de Minas e Energia – MME regulamentado pela Lei 10.438 de 2002, a qual definiu as diretrizes para a comercialização em larga escala da energia oriunda da biomassa, eólica e Pequenas Centrais Hidrelétricas, e cada fonte alternativa tinha como meta de comercialização até 1.100 MW de energia.

Segundo a Norma Brasileira aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR, ISO 14040: 1997 a qual define a avaliação do ciclo de vida, define os princípios e a estrutura para estudar os aspectos ambientais e os impactos potenciais ao longo da vida de um produto desde a aquisição da matéria-prima, passando por produção, o uso e disposição final, ou seja, do “berço ao túmulo”.

As categorias gerais de impactos ambientais que necessitam ser consideradas incluem o uso de recursos, a saúde humana e as consequências ecológicas. De acordo com a NBR, ISO 14040 o termo produto pode ser aplicado em serviço, o que contempla também empreendimento de geração de energia eólica.

O ciclo de vida útil de parques eólicos é bem específico e vai desde a validação do local onde o empreendimento será instalado, compreendendo a fase de construção do empreendimento, a fase de operação até a fase de finalização do contrato, onde podem ocorrer diversas possibilidades, como: repotenciação, o qual aumenta o tempo da fase do ciclo de vida de operação ou o descomissionamento completo do parque.

Apresentado uma adaptação do que já foi analisado para descomissionamento de empreendimentos de geração de energia eólica offshore (Topham, 2017) é possível identificar os seguintes aspectos que devem compor no planejamento:

- Definição das ações de operações de descomissionamento sendo analisado cada estrutura, como: turbina, fundação, equipamento de conexão (subestação e linha de transmissão e distribuição), tendo como aspecto principal em cada estrutura o tempo de execução, minimização dos impactos socioambientais e os custos envolvidos;
- Definição das ações de orientação social para os proprietários de terra que arrendaram para a exploração de energia eólica;
- Execução das atividades, ou seja, remoção das estruturas;
- Processos pós-descomissionamento, como o destino dos elementos removidos ou o monitoramento da recuperação dos sites.

Neste aspecto, este artigo tem por objetivo analisar a importância do aprofundamento de pesquisas para definir diretrizes para a etapa de encerramento dos contratos celebrados no Proinfa, e nos leilões de energia eólica.

2 | ASPECTOS SOBRE DESCOMISSIONAMENTO

Ao analisar o histórico dos empreendimentos de geração de energia eólica no Brasil, observa-se avanços do ponto de vista nas regulamentações que estão vigentes ao longo do período. Apesar das atualizações ainda não foi identificada ações de planejamento sobre o momento de finalização dos contratos celebrados tanto no Proinfa quanto no LER de 2009, os quais respectivamente devem estar ocorrendo em 2026 e 2032.

Nos Estados Unidos, Estado do Havaí, já teve o primeiro parque eólico (Parque Eólico de Kamaoa) desativado e o motivo foi a falta de interesse comercial, e ocasionou das máquinas ficarem obsoletas e os custos de desmonte não compensava, o que resultou no abandono. Este parque iniciou a sua operação em 1987 e tinha a capacidade instalada 9,3 MW, sendo considerado a primeira grande experiência do mundo em energia eólica e também uma relíquia do boom da “corrida do vento” (TOM, 2018).

Pela data, leva a crê, que após a questão do Parque Kamaoa houve a revisão do Estatuto de 2015 do Havaí, onde no Título 13 - Planejamento e desenvolvimento econômico, no item 201N - processo de localização de instalações de energia renovável, e no item 201N-32 - descomissionamento de instalações de energia eólica,

define diretrizes específicas para quando chegar esse momento, que resumidamente traz (ESTATUTO DO HAVAÍ, 2015):

- O proprietário do empreendimento é responsável pelos custos do desmonte da instalação de energia eólica;
- Desmonte de um parque eólico, compreende:
 - a. Remoção de turbinas eólicas, torres, prédios, cabeamento, componentes elétricos, fundações e quaisquer outras instalações associadas, a uma profundidade de trinta polegadas abaixo do nível do solo, e
 - b. Restaurar terra perturbada para substancialmente a mesma condição física que existia antes do início da instalação de energia eólica pelo proprietário.

Prazo de desmonte da usina eólica ou de peças individuais de equipamento comercial de energia eólica:

- a. Remoção deve ocorrer dentro de doze meses após o abandono ou o fim da vida útil do equipamento de energia eólica comercial na instalação de energia eólica; ou
- b. Se o proprietário da usina de energia eólica não concluir o descomissionamento dentro do prazo estabelecido no parágrafo (a), o proprietário do terreno no qual a instalação de energia eólica está localizada deverá tomar as medidas necessárias para concluir o descomissionamento da energia eólica.

Sendo esse último item, o qual o proprietário da terra se responsabilizará pelo descomissionamento caso o empreendedor não faça, pode ser considerado quase impossível de ser aplicado aqui no Brasil, pois a maioria dos contratos de arrendamentos realizados para a exploração do vento no território brasileiro, são no sertão brasileiro, onde tem uma característica de regiões de pessoas humildes e de pouco recurso, o que torna inviável financeiramente e tecnicamente ficarem responsáveis pelo desmonte das estruturas em sua propriedade.

Quanto à regulamentação no Brasil sobre a fase de descomissionamento não traz diretriz específicas para usina eólico, contudo tanto na esfera federal como na estadual traz que no momento de encerramento total ou a desativação parcial de empresa ou de forma individual, utilizadoras de recursos ambientais, dependerá da apresentação, do plano de encerramento de atividades ao órgão fiscalizador competente que deverá contemplar as medidas de controle ambiental aplicáveis ao caso.

Uma outra possibilidade é a repotenciação, que segundo, Topham (2017), pode ser considerado como um tipo de descomissionamento, e definem duas opções:

- **Parcial (recondicionamento):** Instalando componentes secundários (dependendo do caso), como rotores, pás, caixas de câmbio, *drivetrains*, eletrônica de potência e / ou torres.
- **Total:** Substituindo turbinas antigas por novas, e as vezes são necessários

a realização de fundações maiores devido ao aumento do peso.

Independente dos casos escolhidos para esse tipo de descomissionamento carecerá de uma análise tanto do órgão ambiental e também do Governo a autorização dessas modificações.

3 | METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o desenvolvimento desse estudo é o levantamento bibliográfico sobre o descomissionamento de Parques Eólicos. Especificamente, o estudo, realiza uma análise comparativa a respeito do descomissionamento a nível mundial em comparação ao Brasil. Sabendo que o Estado da Bahia foi o primeiro estado a criar procedimentos específicos para licenciamento ambiental de empreendimento de geração de energia Eólica e em seguida a legislação Federal através do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, o estudo analisa ainda como os Órgãos Executores e Fiscalizadores atuam sobre essa temática, dando um enfoque nos processos de Leilões realizados pela Agência Nacional de Energia Elétrica- ANEEL e pela Câmara Comercializadora de Energia Elétrica - CCEE, e na legislação ambiental do Estado da Bahia.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ciclo de vida de um empreendimento eólico quanto ao aspecto de gestão socioambiental não finaliza com as emissões das Renovações das Licenças de Operação, mas quando ocorre a finalização de todas as ações referente ao término da operação e recomposição da área onde o empreendimento está localizado.

No conceito de análise de Ciclo de Vida da NBR ISO 14040 sobre a gestão ambiental que define diretriz para a realização do estudo quanto a definição dos aspectos ambientais e os impactos potenciais ao longo da vida de um produto, desde a aquisição da matéria-prima, passando por produção, uso e disposição final, as categorias gerais de impactos ambientais que necessitam ser consideradas incluem o uso de recursos, a saúde humana e as consequências ecológicas. O termo produto na própria nota de rodapé da Norma traz que pode ser aplicado como serviço, que é o caso do Geração de Energia Eólica.

Contudo, percebe-se que as ações do Governo, das empresas, e até da sociedade organizada, são voltadas para analisar e viabilizar a implantação dos parques e geração de energia, sendo que ainda há poucos estudos que contemplem o planejamento dos termos dos contratos de geração de energia eólica. Neste sentido, pode-se efetuar os seguintes questionamentos:

- Na fase final do contrato de venda de energia quais são as opções do empreendedor? descomissionar e/ou repotencializar?

- De quem é essa escolha, do empreendedor ou do Governo?
- E se a escolha for realizar a desmobilização das usinas, quais os procedimentos e estrutura para execução dessa atividade? Qual o impacto desta escolha na matriz energética do país?

Caso a opção for de desmobilização, segundo Machuca (2015), o grande desafio da destinação final dos resíduos dos parques é a reciclagem dos aerogeradores, segundo Bomgardner a WindEuropa prevê 300 mil toneladas por ano de pás de turbinas eólicas desativadas nas próximas duas décadas, ou seja, em 2038. Segundo Machuca (2015) a solução identificada foi a de reutilização das torres e pás em área de recreação como playground. Contudo a composição de um aerogerador possui matérias valiosos e que merecem um destino mais nobre ao final do seu uso, constando aí o desafio de como recuperá-lo tecnicamente e economicamente.

Bomgardner apresentou 3 tipos de técnicas para recuperar as matérias que compõem as pás, sendo esses:

1. Trituração das pás de forma manual e mecanizada até ficarem bem pequenos e esse material ser combinado com adesivos e prensado em painéis compostos de alta performance, como painéis de partículas à base de madeira ou painéis de fibras orientadas, que resiste a fogo e umidade, sendo úteis para edifícios comerciais e industriais e segundo já existem clientes interessados nesses materiais.
2. Pirólise a qual transformar a fibra de vidro das antigas lâminas das turbinas eólica de poliéster ou epóxi que são material fibroso adequado para uso como isolamento de edifícios.
3. Confecção de resinas termoplásticas elaborada pela empresa de especialidades químicas francesa Arkema que fez uma única amostragem que utilizou um composto de fibra de vidro e resina de metacrilato.

Apesar de haver movimentos para dar uma destinação nobre aos resíduos oriundos do descomissionamento dos parques eólicos, percebe-se que esse é apenas um de muitos problemas em que podem surgir com o descomissionamento total, e já estão sendo sinalizadas na regulamentação do Estado do Havaí na revisão do Estatuto de 2015 e no estudo de Topham (2017), sendo: necessidade de remoção das fundações dos aerogeradores, das estruturas de subestações e linhas de transmissão, áreas de apoio, centro de operação, local de armazenamento temporário de resíduo, e ter que recuperar as áreas de forma que ambiente consiga se regenerar de forma mais rápida e segura.

Contudo pouco se fala da necessidade de desenvolvimento de uma cadeia de empresas estruturadas e capacitadas para manusear os equipamentos e matérias complexos com o objetivo de reaproveitar, reciclar e/ou tratar se for o caso, isso sem falar na necessidade de mão de obra especializada para realizar a engenharia reversa.

Outro ponto que é necessário ser analisado e que não foi comentado em nenhuma das referências consultadas, é sobre o impacto social negativo que a desativação desses empreendimentos irá causar. Segundo dados da ABEEólica (2018), são 4.000

propriedades arrendadas com prazo de validade compatível com a vigência do contrato de comercialização de energia no Proinfa e Leilão. Diante desse aspecto, houve uma alteração na rotina dos proprietários dessas terras, que antes viviam da lavoura e/ou, da atividade de corte de cana (caso região nordeste). Fato que a manutenção do homem no campo foi vista como um grande benefício do empreendimento de geração de energia eólica e com sua desativação esse benefício se tornará um malefício e como essas famílias irão se sustentar? E o que está/ou será feito para a minimização desse impacto, já que com a chegada do empreendimento esse aspecto foi considerado positivo e com a desmobilização passará a ser negativo?

Ainda no impacto negativo social temos a contribuição da produção de energia para os municípios através de seus impostos. Como isso ficará? Lembrando que o maior potencial de vento no Brasil encontra-se nas áreas de seca onde há uma baixa movimentação econômica e a geração de energia eólica está sendo a única oportunidade de desenvolvimento para alguns desses municípios.

Deve-se ressaltar que é necessário aprofundar nas pesquisas para a etapa de encerramento do projeto e buscar diretrizes, seja para repotenciação ou descomissionamento parcial ou total, pois já temos contrato com 50% do seu prazo cumprindo, sendo os casos do Proinfa, e empresa com necessidade de realizar o provisionamento para essa fase de encerramento.

5 | CONCLUSÃO

No artigo pode-se constatar a necessidade de aprofundamento dos estudos de Gestão do ciclo de vida do empreendimento eólico para que seja assim proposto uma solução do que será feito ao final do seu ciclo.

A etapa de encerramento tem que abranger todas as possibilidades que vão desde a repotenciação até mesmo o pior cenário que seria desmonte total do empreendimento. Para isso, deve envolver ações para o desenvolvimento de cadeias de fornecedores e de serviços para atender as demandas, tais como:

- a. Remoção de equipamentos como turbinas eólicas, torres, prédios, cabeamento, componentes elétricos, fundações e quaisquer outras instalações associadas,
- b. Recuperar áreas degradadas para substancialmente a mesma condição física que existia antes do início da instalação de energia eólica pelo proprietário.

Além de analisar a definição de ações estruturantes para orientação social principalmente dos arrendatários e poder público municipal, sendo esses talvez o maior desafio da desativação dos parques eólicos, pois o empreendimento trouxe um aumento na renda da família e a remoção desses recursos trará danos, os quais precisam ser analisados como pode ser minimizado.

Por fim, outro impacto que foi identificado é na matriz energética do país, sendo resolvido com novos leilões ou a repotenciação, o qual carece de definições de políticas estratégicas e de atração de investidores para a manutenção do aproveitamento da energia eólica no Brasil.

REFERÊNCIAS

ABEEólica, Associação Brasileira de Energia Eólica. **Boletim Anual de Geração Eólica 2017**, 2018.

BOMGARDNER, M. M.; SCOTT, A. **Reciclagem de Energias Renováveis**, CEN, Disponível em <https://cen.acs.org/energy/renewables/Recycling-renewables/96/i15>, visitada em 09/07/2018.

ELETOBRAS. <http://eletrobras.com/pt/Paginas/Proinfa.aspx>, visitado em 18/07/2018.

Estatuto do Havai revisado de 2015, disponível em <https://law.justia.com/codes/hawaii/2015/title-13/chapter-201n/section-201n-32/>, visitado em 18/07/2018.

MACHUCA, M. N. **Análise Ambiental, Técnica e Econômica da Pós-Operação de Parque Eólico**, Trabalho de conclusão de curso, Florianópolis, SC, 2015.118p.

STRIPLING, W. S. **Wind Energy's Dirty Word: Decommissioning**. *Texas Law Review*, v. 95, p. 123 - 151, 2016.

TOLMASQUIM, M. T. et al. **Fontes Renováveis de energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Interciência: CENERGIA, 2003.

TOLMASQUIM, M. T. et al. **Alternativas Energéticas Sustentáveis no Brasil**. Rio de Janeiro: Relume Dumará: COPPE: CENERGIA, 2004.

TOM, L. **Broken Down and Rusting, is this the Future of Britain's 'Wind Rush'?** Mail Oline News, Reino Unido, 19 de março de 2012, Disponível em: <<http://www.dailymail.co.uk/news/article-2116877/Is-future-Britains-wind-rush.html#ixzz1pbANJuGk>>. Acesso em: 04 jul 2018.

TOPHAM, E.; MCMILLAN, D. **Sustainable Decommissioning of an Offshore Wind Farm**, *Renewable Energy* v.102 p. 470-480, 2017.

ESTUDO DE CASO: INOVAÇÃO PARA DIVERSIFICAÇÃO EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA À LUZ DA ABORDAGEM NEOSCHUMPETERIANA

Alfredo Ruben Corniali

Centro Universitário SENAI CIMATEC, Doutorado
GETEC
Salvador - BAHIA

Lara Machado Nelli

Centro Universitário SENAI CIMATEC, Doutorado
GETEC
Salvador - BAHIA

Mariana Inah de Almeida

Centro Universitário SENAI CIMATEC, Doutorado
GETEC
Salvador - BAHIA

Ingrid Winkler

Centro Universitário SENAI CIMATEC, PPG-
GETEC
Salvador - BAHIA

Renelson Sampaio

Centro Universitário SENAI CIMATEC, PPG-
GETEC
Salvador - BAHIA

RESUMO: o presente trabalho tem como objetivo analisar sob a ótica neoshumpeteriana o caso de inovação da Elekeiroz. A partir da ideia de um funcionário, a Elekeiroz adaptou seu processo produtivo para obtenção do ácido butírico se tornando a primeira empresa da América Latina a produzir e comercializar o produto. Quanto à metodologia utilizada, foi realizado um estudo bibliográfico com o intuito

de explicitar alguns dos principais conceitos da corrente teórica selecionada para, em seguida, verificar como os elementos desta abordagem puderam ser observados no *case*. Foi possível concluir, sob o enfoque da lente teórica selecionada, o caso em questão pode ser considerado uma inovação e que os conceitos da abordagem neoschumpeteriana estão fortemente presentes no caso.

PALAVRAS-CHAVE: indústria química; inovação; abordagem neoshumpeteriana; neoshumpeteriana.

CASE: ELEKEIROZ - INNOVATION FOR DIVERSIFICATION IN A CHEMICAL INDUSTRY IN LIGHT OF THE NEO-SCHUMPETERIAN APPROACH

ABSTRACT: The present work aims to analyze from the neo-shumpeterian point of view the innovation case of Elekeiroz, which, based on the idea of an employee, adapted its production process to obtain butyric acid, becoming the first company in Latin America to produce and market the product. As to the methodology used, a bibliographic study was carried out with the purpose of explaining some of the main concepts of the selected theoretical current, and then to verify how the elements of this approach could be observed in the case.

It was possible to conclude, under the focus of the selected theoretical lens, that the case in question can be considered an innovation and that the concepts of the neo-schumpeterian approach are strongly present in the case.

KEYWORDS: chemical industry; innovation; neo-schumpeterian approach.

1 | INTRODUÇÃO

A inovação tecnológica é fator fundamental para o aumento da competitividade das empresas, cabendo destacar a importante diferença entre atividade inovativa, inovação e difusão dessa inovação. Para Conceição (2000), a inovação tecnológica, mesmo não sendo a etapa final do processo, é imprescindível para todo ciclo inovativo, uma vez que molda todo o processo. Para Tidd (2015) o mais relevante não é a invenção, mas a inovação que consegue funcionar técnica e comercialmente, que resulta em benefícios para a sociedade.

Ao reconhecer a importância da inovação tecnológica para que as empresas cresçam e se tornem mais competitivas, a Confederação Nacional da Indústria (CNI) articulou a Mobilização Empresarial pela Inovação (MEI), movimento que visa a estimular a estratégia inovadora das empresas brasileiras e ampliar a efetividade das políticas de apoio à inovação, um dos trabalhos resultou na publicação do livro: “Inovar é Criar Valor, 22 casos de inovação em micro, pequenas, médias e grandes empresas” (CNI, 2017). Deste trabalho foi extraído e analisado especificamente o caso da Elekeiroz, conforme descrito no estudo, uma empresa do setor petroquímico, de grande porte, com mais de 600 colaboradores, e cuja avaliação para inclusão neste estudo se encaixa dentro da categoria “inovação de produto” com expectativa de inserção global via inovação.

A análise aqui realizada visa identificar, sob a perspectiva de Schumpeter, com especial atenção no papel do empreendedor como sujeito promotor de transformação, quais são os fatores presentes na empresa que contribuíram para ser caracterizada como uma empresa inovadora na perspectiva schumpeteriana a partir da análise de um *case* específico que aconteceu dentro de sua estrutura produtiva e organizacional, que permite observar na dinâmica da empresa a sua vocação empreendedora e o possível impacto na configuração de mercado a partir deste processo. Salienta-se que esta análise é realizada a partir de um recorte específico, observando um *case* particular, no qual as dimensões da análise estão restritas a este processo específico com recorte de tempo restrito a ele, já que estamos falando de uma empresa com uma longa trajetória, mais de 100 anos de história de atuação no setor de especialidades químicas.

O trabalho está estruturado da seguinte forma: além desta Introdução, as principais contribuições dos precursores do neoschumpeterianismo serão explicitados na seção 2, seguido da caracterização do caso na seção 3.1 e da principal análise na seção 3.2. Na seção 4, se abordam os principais resultados encontrados, concluindo

com a análise proposta.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A adoção da teoria schumpeteriana nos permite avaliar as diversas dimensões da evolução da economia consolidando o conceito de inovação que foi acunhado ao longo dos anos de desenvolvimento de seu trabalho, adotando algumas dimensões que serão aqui utilizadas como referência para determinar a efetiva ocorrência de inovação na empresa.

Nas bases propostas por Schumpeter (1934) para a inovação podem ser considerados dois pilares: o primeiro considera a função de empreendedorismo como a atividade de transformar ou combinar fatores em produtos, ou seja, desenhar a função de produção; e o segundo, a natureza e a fonte de ganhos para alcançar o sucesso do empreendimento. Para conceituar o processo de empreendedorismo Schumpeter identifica cinco componentes fundamentais que podem ser observados no processo de evolução. Vale destacar que, para Schumpeter, neste contexto, o empreendedor possui um papel central na evolução, é ele que se constitui como autor principal da transformação. Estes elementos são apresentados abaixo, no quadro da figura 1, e serão utilizados para verificar a existência de componentes que caracterizam o processo de inovação na empresa.

I- Identificação do agente empreendedor	<ul style="list-style-type: none">• Refere-se a quem assume o papel de empreender ou homem de negócios; Schumpeter sinaliza que "o empreendedor é o homem que faz coisas novas e não necessariamente quem inventa";
II- Atividade de inovação	<ul style="list-style-type: none">• Considera a existência de atividade que resulta numa nova função de produção, além das atividades rotineiras; implementação da invenção. Elementos que diferenciam o <i>modus operandi</i> do empreendedor
III- Aspecto de liderança no empreendedorismo	<ul style="list-style-type: none">• Indica o fato de fazer coisas diferentes daquelas feitas ordinariamente, o resultado do fenômeno causa-efeito inspira os outros;
IV- Recompensa pela atividade empreendedora	<ul style="list-style-type: none">• Reconhece o ganho decorrente da geração de um monopólio, devido ao fato da diferenciação frente aos concorrentes (ganho de monopólio).
V- Incorporação da função de empreendedor	<ul style="list-style-type: none">• A função inovadora pode ser incorporada por uma pessoa, um grupo, ou pelo comportamento da organização. A empresa assume o papel de empreendedor como um atividade permanente para inovar

Figura 1. Elementos do processo de inovação na empresa.

Fonte: Schumpeter (1934)

A partir da identificação destes elementos se consolida um processo que da origem a uma inovação que, de acordo com o conceito de Schumpeter (1911), se reflete para o interior da organização. Costa (2006) reforça a produção de Schumpeter (1911,p.48-9) e define as diferentes origens de inovação, sendo: (1) Introdução de

um novo bem – ou seja, um bem com o qual os consumidores ainda não estejam familiarizados – ou de uma nova qualidade de um bem; (2) Introdução de um novo método de produção, ou seja, um método que ainda não tenha sido testado pela experiência no ramo próprio da indústria de transformação, que, de modo algum, precisa ser baseado numa descoberta cientificamente nova, e pode consistir também em nova maneira de manejar comercialmente uma mercadoria; (3) Abertura de um novo mercado, ou seja, de um mercado em que o ramo particular da indústria de transformação do país em questão não tenha ainda entrado, quer esse mercado tenha existido antes ou não; (4) Conquista de uma nova fonte de matérias-primas ou de bens semimanufaturados, mais uma vez independentemente do fato de que essa fonte já existia ou teve que ser criada; e (5) Estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria, como a criação de uma posição de monopólio (por exemplo, pela trustificação) ou a fragmentação de uma posição de monopólio.

A capacidade tecnológica possui relação direta com o desenvolvimento econômico industrial e diversas são as suas definições. Para delimitar o conceito de Capacidade Tecnológica Figueiredo (2009) estabelece a diferenciação em relação ao conceito de Aprendizagem Tecnológica, bem como a relação entre estes. O diagrama a seguir apresentado na figura 2 foi construído para ilustrar a abordagem do autor:



Figura 2: Correlação entre Capacidade e Aprendizagem Tecnológica elaborada com base em Figueiredo (2009). Elaboração própria.

O esquema apresentado na Figura 2 ilustra como se relacionam os conceitos de “capacidade tecnológica” e “aprendizagem tecnológica”. A capacidade tecnológica incorpora os recursos necessários para gerar e gerir mudanças tecnológicas de uma determinada empresa (FIGUEIREDO, 2005). A mesma funciona como um estoque de recursos à base de saber tecnológico, que se armazena em pelo menos quatro componentes: (a) sistemas técnico-físicos (capital físico); (b) tecido e sistemas

organizacionais e gerenciais (capital organizacional); (c) pessoas (capital humano); (d) produtos e serviços. Enquanto a aprendizagem tecnológica se configura como mecanismos para a captação deste conhecimento.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização Do Case

A Elekeiroz, em 2015, tornou-se a primeira empresa na América Latina a produzir e comercializar ácido butírico, este ácido é utilizado como matéria-prima pela indústria de aromas e fragrâncias e também pela indústria de alimentação animal, conforme trazido pelo *case*, a inovação da Elekeiroz foi uma descoberta que “aconteceu com uma boa dose de acaso”, quando uma das pessoas da equipe da empresa (capital humano) ao questionar um processo produtivo, trouxe uma oportunidade para a equipe de P&D (sistemas técnicos-físicos). A partir dessa descoberta os químicos da equipe, por meio de uma conversão simples, numa linha de produção já existente na planta desenvolveram novos parâmetros de processo (capital organizacional) e passaram a produzir ácido butírico praticamente puro (produtos e serviços).

3.2 Análise do case

Na primeira análise devemos observar que efetivamente houve uma transformação na empresa com aproveitamento do saber tecnológico, nos produtos e no mercado, restando avaliar se efetivamente este processo pode se constituir no que Schumpeter denomina como função de empreendedorismo. À luz desta análise, sobre a conceituação das variáveis que caracterizam um processo de empreendedorismo podemos dizer que efetivamente aconteceu uma inovação.

A importância de compreender e diferenciar “empreendedor” de “inovador” adquire especial relevância quando se observa que a capacidade empreendedora, via de regra, se constitui no elemento motor do desenvolvimento, que se incorpora como uma capacidade do empresário, da empresa ou da organização; outorga capacidade e se caracteriza pelo exercício continuado da função de empreendimento, que gera ganhos diferenciados para a organização. Isto fica em evidência pela existência de um “departamento de pesquisa e desenvolvimento” e de uma “gerência de inovação” como parte integrante da estrutura da empresa, o que identificamos como capital organizacional.

Um aspecto importante da empresa é que possui uma importante bagagem acumulada ao longo de seus mais de 100 anos de história, vasta experiência no desenvolvimento de processos, o que lhe permite dimensionar as necessidades de esforços para modificação, adequação e implementação de novos projetos.

No que refere à participação do Estado com a criação de estímulos, estas demandas envolveram investimento de capital para a implementação de uma nova

função de produção. Diante da necessidade, a empresa identifica a EMBRAPA (Associação Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial), uma organização social do Poder Público Federal cuja função objetivo é o reconhecimento das oportunidades de exploração das sinergias entre instituições de pesquisa tecnológica e empresas industriais, visando o fortalecimento da capacidade de inovação brasileira (EMBRAPA, 2018). Desta forma, o Estado participa por meio da cooperação com instituições de pesquisa científica e tecnológica, públicas ou privadas, tendo como foco as demandas empresariais e como ação o incentivo à inovação, compartilha o risco na fase pré-competitiva da inovação. Este processo é um importante estímulo ao setor industrial para inovar mais e com maior intensidade tecnológica. Vale destacar que a participação da empresa neste tipo de parcerias implica esforços e conhecimento dos mecanismos que o Estado oferece para estimular a competitividade das empresas brasileiras gerando sinergia para o desenvolvimento industrial. Através destes incentivos a ação do Estado colabora para desenvolver e potencializar a força competitiva das empresas para atuar tanto no mercado interno como no mercado internacional.

A atuação da empresa no mercado interno ainda não apresenta números expressivos no setor consumidor do ácido butírico, porém é importante destacar que este mercado cresce de forma contínua e desperta o interesse da empresa; a vantagem de ser o único produtor local e a possibilidade de abrir novos mercados representa oportunidades estratégicas. Assim, a empresa continua investindo para aumentar a participação neste mercado.

Vale sinalizar que esta inovação, apesar de representar uma grande oportunidade para a empresa, não foi a única, houve outras inovações. Os “mecanismos de retroalimentação recíproca”, apresentados anteriormente influíram na configuração da empresa, de fato essa transformação implicou em novo posicionamento estratégico da empresa, que prospecta atuar em mercados internacionais, têm investido internamente para qualificar os sistemas de produção, os controles de qualidade e a qualificação dos processos de fabricação, levando ao desenvolvimento de novos “produtos derivados” do ácido butírico. Este tipo de movimento pode ser considerado como um ciclo de inovação dentro da empresa.

I- Identificação do agente empreendedor	<ul style="list-style-type: none"> •Reconhece a oportunidade de produzir ácido butírico, identifica a possibilidade de modificar um processo produtivo com esta finalidade e leva a proposta para avaliação;
II- Atividade de inovação	<ul style="list-style-type: none"> • Identificada a "idéia" oportunidade, o setor de inovação decide implementar algumas mudanças na cadeia produtiva para obter de forma economicamente viável o novo produto, o ácido butírico;
III- Liderança no empreendedorismo	<ul style="list-style-type: none"> •Um novo produto, um novo mercado de atuação da empresa, abre novas oportunidades para atuar em mercados de alimentação animal e de aromas. • A empresa seria a única produtora em América Latina;
IV- Recompensa pela atividade empreendedora	<ul style="list-style-type: none"> •Os ganhos decorrentes de um novo produto com maior valor agregado, que atende um novo mercado em franca expansão; •Substituição de produtos de importação;
V- Incorporação da função de empreendedor	<ul style="list-style-type: none"> •A empresa continua a empreender, fortalece o departamento de P&D, responsável por desenvolver novos produtos e busca impulsionar as inovações; •Submete seus produtos a certificação internacional para futuramente atender mercados mundiais;

Figura 3. Quadro de variáveis e fatos que determinam a efetiva existência do empreendedor no case da Elekeiroz. Elaboração própria (adaptação)

Na estratificação das informações elencadas no quadro acima da figura 3, e relacionando com as respectivas variáveis propostas para conceitualizar o fenômeno de “Empreendedorismo”, fica claro que efetivamente há elementos para apontar que na atividade analisada está sim caracterizado este fenômeno.

Ao avaliar o caso sob a ótica da capacidade tecnológica definida por Figueiredo (2005), é possível inferir que a Elekeiroz foi competente ao montar seus mecanismos para captação e armazenagem de conhecimento. Foi o know-how pré-existente de seus colaboradores, somado ao processo estruturado para pesquisa e desenvolvimento que permitiu o surgimento da idéia de produzir ácido butírico e a posterior estruturação do processo produtivo para realizar sua produção. A capacidade tecnológica acumulada da empresa permitiu a geração de uma inovação que foi incorporada ao seu processo produtivo.

O caso da Elekeiroz ilustra a percepção de Figueiredo (2005) sobre a inovação, quando o autor aponta que esta pode ocorrer em diferentes graus e dimensões. Para análise do caso considerando as origens da inovação schumpeterianas foi elaborado o quadro apresentado na figura 4.

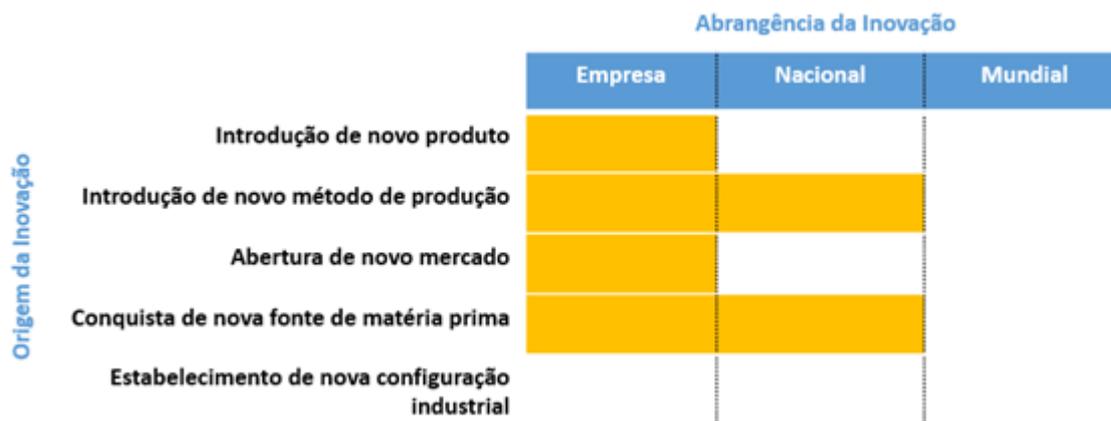


Figura 4. Avaliação da abrangência da Inovação no caso do Ácido Butírico da Elekeiroz com base nas origens schumpeterianas da Inovação. Fonte: Elaboração própria (2018)

Sob a ótica da inovação em produto, o ácido butírico já era um insumo produzido por alguns poucos países fora do Brasil, comercializado a nível global, conhecido e utilizado pelo mercado nacional através de importação, o que restringe o ineditismo neste caso apenas ao nível de empresa. Ao considerar a inovação em quanto ao método de produção, esta dimensão foi percebida como a mais expressiva, visto que mediante pequenas alterações em um processo produtivo existente a empresa conseguiu obter um novo produto comercializável, tornando-se a primeira produtora de ácido butírico a nível nacional e em América Latina, o que implicou na implementação de um novo processo produtivo para a empresa e para o país. Para inovação enquanto abertura de novo mercado, o caso se restringe apenas ao nível da empresa, já que a Elekeiroz passa a atuar em dois novos mercados, o mercado de alimentação animal e o de aromas alimentícios, na ocasião estes mercados consolidados nacionalmente, utilizavam o referido produto como matéria-prima, ainda que via importação. Considerando inovação como conquista de nova fonte de matéria prima, o case demonstra que ela ocorre tanto dentro da empresa, como nacionalmente, na medida em que o processo criado pela empresa estabeleceu uma nova forma de extração do ácido butírico e o pioneirismo da produção no Brasil se configurou como uma nova fonte de oferta do produto. Por fim, a inovação enquanto estabelecimento de uma nova configuração industrial não foi identificada neste caso, pois seu acontecimento não foi significativo a ponto de desencadear uma nova forma de atuação do produtor. Esta transformação é aqui analisada na perspectiva da atuação do empreendedor como criador, desenvolvedor de oportunidade, para tanto, e coincidindo com a análise de Shigueo (2015) que enfatiza “importante é o entendimento de que a ação do empreendedor é a que vai determinar se a oportunidade imaginada se transformará em uma oportunidade criada.” e neste caso essa atuação é determinante para o sucesso do case.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

O *case* analisado apresenta as dimensões decorrentes da teoria de Schumpeter podendo ser caracterizado como inovação em diferentes dimensões, considerando que as variáveis analisadas apresentam informações suficientes para a análise. A teoria desenvolvida por Schumpeter se demonstra válida para a caracterização do fenômeno de empreendedorismo e inovação, que puderam ser percebidos ao longo da análise deste *case*.

A análise permitiu concluir que a empresa apresenta características do empreendedor schumpeteriano, bem como maturidade para realizar transformações internas e segurança para enfrentar o ambiente competitivo. Foi percebido que a Elekeiroz aproveita as oportunidades disponíveis e incentivos oferecidos através da estrutura de ciência tecnologia e inovação do Estado, fortalecendo sua atuação em P&D e incorporando a inovação à rotina do trabalho. Mesmo apresentando uma inovação sem ruptura se reposiciona no mercado, aparece como único fornecedor local, crescendo e abrindo novos mercados. A empresa investe em parcerias e aproveita estímulos para colaboração, investindo em novos projetos com perspectivas futuras de lançamento de produtos derivados desta inovação, demonstrando o ciclo de inovação e a “destruição criativa”. Mesmo sendo uma empresa consolidada, com uma posição estabelecida no mercado, apresenta a dinâmica de uma empresa com otimismo, se empenha para conquistar novos mercados no futuro.

Os empreendedores e as empresas possuem características que os diferenciam, mesmo assim, necessitam estar preparados para as oportunidades, de fato a empresa demonstra empenho em se preparar para mercados futuros e novos produtos, e continua inovando. As inovações, por elas mesmas, não garantem o sucesso, se faz necessário uma boa combinação entre capacidade, habilidade para inovar e trabalho para criar as condições para fazer com que o negócio tenha sucesso. A Elekeiroz apresentou em sua estrutura robustez suficiente para o desenvolvimento de um projeto de inovação bem-sucedido, que permitiu a entrada em novos mercados e elevação da competitividade da empresa.

REFERÊNCIAS

CNI - Confederação Nacional da Indústria. **Inovar é criar valor: 22 casos de inovação em micro, pequenas, médias e grandes empresas**, Confederação Nacional da Indústria, Serviço Social da Indústria, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.– Brasília: CNI, 2017.

CONCEIÇÃO, Octavio A. C., **A centralidade do conceito de inovação tecnológica no processo de mudança estrutural***, Porto Alegre: Ensaio FEE, 2000

COSTA, A. **O desenvolvimento econômico na visão de Joseph Schumpeter**. Achyles Barcelos da Costa ano 4 - nº 47 - 2006 - 1679-0316

EMBRAPII. **Associação Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial. Institucional: quem**

somos. Brasil. Disponível em: <<http://embrapii.org.br/institucional/>>. Acesso em 12 de abril de 2018.

FIGUEIREDO. Acumulação tecnológica e inovação industrial: conceitos, mensuração e evidências no Brasil. São Paulo em Perspectiva v. 19, n. 1, p. 54–69, 2005.

SHIGUEO, F. et al. Reflexões Sobre O Empreendedorismo: Uma Análise Crítica Na Perspectiva Da Economia Das Organizações. **Revista de Administração da UFSM**, Santa Maria, v. 7, número 1, p. 65-80, MAR. 2014 - p.65 - DOI: 10.5902/198346597318

SHUMPETER, J. Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico (1 ed., 1934). Tradução de Maria Sílvia Possas. **Coleção Os Economistas**. São Paulo: Nova Cultural, 1997.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Gestão da Inovação**. 3ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2008. 600 ISBN 978-85-7780-202-9.

O CASE SUNEW ANALISADO NA ÓTICA NEO-SCHUMPETERIANA

Clara Barretto Handro

Centro Universitário SENAI CIMATEC
Salvador – Bahia

Lívia Fernanda Tavares Ornellas

Centro Universitário SENAI CIMATEC
Salvador – Bahia

Marcio Costa Pinto da Silva

Centro Universitário SENAI CIMATEC
Salvador – Bahia

Ingrid Winkler

Centro Universitário SENAI CIMATEC
Salvador – Bahia

Renelson Sampaio

Centro Universitário SENAI CIMATEC
Salvador – Bahia

RESUMO: A Sunew é uma “*spin-off*” brasileira, originada pela CSEM Brasil (Centro Suíço de Eletrônica e Microtecnologia no Brasil), única empresa brasileira a desenvolver e produzir células fotovoltaicas orgânicas, em larga escala. O objetivo deste trabalho é analisar as etapas deste caso de inovação do setor energético brasileiro, sob o ponto de vista dos principais estudiosos da teoria neo-schumpeteriana. Os métodos utilizados quanto ao objetivo foram: uma pesquisa exploratória, por meio de investigação bibliográfica dos principais autores sobre o estudo de caso em questão;

e descritiva, ao apresentar características do mesmo, identificando relações entre variáveis. Os resultados demonstram toda aplicabilidade da teoria neste modelo de negócio, por meio de uma instituição sem fins lucrativos. Assim como, o desenvolvimento da tecnologia através do intercâmbio com centros de pesquisas e a vanguarda no processo de fabricação das células.

PALAVRAS-CHAVES: Sunew; neo-schumpeteriano; *spin-off*; célula fotovoltaica orgânica.

THE CASE SUNEW ANALYZED IN THE NEO-SHUMPETERIAN

ABSTRACT: Sunew is a Brazilian “*spin-off*”, originated by CSEM Brasil (Swiss electronics and Microtechnology Center in Brazil), the only brazilian company to develop and produce organic photovoltaic cells on a large scale. The objective of this work is to analyze the stages of this case of innovation of the Brazilian energy sector, from the point of view of the main scholars of the neo-schumpeterian theory. The methods used for the objective were: an exploratory research, through bibliographical research of the main authors on the case study in question; and descriptive, when presenting characteristics of the same, identifying relations between

variables. The results demonstrate all applicability of theory in this business model, through a non-profit institution. As well as, the development of technology through the exchange with research centers and the vanguard in the process of manufacturing the cells.

KEYWORDS: Sunew; neo-schumpeterian; *spin-off*; organic photovoltaic cell.

1 | INTRODUÇÃO

Muitas são as definições de inovação que destacam a necessidade da exploração de novos aprendizados, em um contínuo desenvolvimento. Para inovar com sucesso é preciso uma interação entre gerenciamento de recurso, geração de conhecimentos, melhoria na aprendizagem, capacitação humana, explorar oportunidades mercadológicas e neutralizar ameaças ambientais. (ODCE, 1997).

É essencial que a estrutura e o comportamento, em todas as atividades de um processo de inovação, se adequem à organização para que haja o desenvolvimento gerencial e contínuo. Para a criação de um novo produto, por exemplo, necessidades potenciais, possibilidades tecnológicas, conceito estratégico e o aparecimento de novas opções no mercado devem ser levados em conta. (BRASIL, 2004).

Seguindo essa linha de inovação, Robson Braga de Andrade (Presidente da CNI) e Guilherme Afif Domingos (Diretor-Presidente do SEBRAE), que juntos assinaram a apresentação do livro “Inovar é Criar Valor” (CNI, 2017) afirmam que há dois elementos fundamentais comuns a todos os casos descritos no livro, sendo o primeiro quanto à determinação da empresa para se transformar, e para isso carece de algum grau de ousadia, e o segundo elemento é a importância crescente dos ecossistemas brasileiros de inovação e da própria institucionalidade brasileira para a inovação.

Nesse foco a *Centre Suisse d'Électronique et Microtechnique* (CSEM S.A.), da Suíça, criou dezenas de empresas de tecnologia avançada e executou com sucesso mais de mil projetos tecnológicos no mundo na busca de melhorar competitividade industrial, também detalhado no livro “Inovar é Criar Valor” (CNI, 2017). E em 2006, viu um potencial para criação da CSEM Brasil, sendo uma réplica da CSEM S.A, para desenvolver pesquisas básicas e, juntamente com uma possível viabilidade econômica e comercial, desenvolver uma “*spin-off*” para transformar o projeto ou produto em negócio.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar as etapas deste caso de inovação do setor energético brasileiro, sob o ponto de vista dos principais estudiosos da teoria neo-schumpeteriana. Os métodos utilizados quanto ao objetivo foram: uma pesquisa exploratória, por meio de investigação bibliográfica dos principais autores sobre o estudo de caso em questão; e descritiva, ao apresentar características do mesmo, identificando relações entre variáveis. Este estudo possui uma estrutura composta por esta introdução seguida de uma fundamentação teórica, no terceiro tópico composta por resultados e discussões com informações coletadas do estudo do

caso em questão, e por fim, as considerações finais.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O caráter cíclico do capitalismo era explicado anteriormente pelos economistas das mais diversas formas, desde o subconsumo da subpopulação até as colheitas frustradas. No entanto, Joseph Alois Schumpeter, um economista e cientista político austríaco, em meados do século XX, desenvolveu a teoria neo-schumpeteriana como ficou conhecida na época, que possui as inovações como o principal indutor do desenvolvimento econômico. O modelo de Schumpeter derivou dos ciclos longos de Kondratieff, que representam o ciclo de ascensão e recessão do regime capitalista, e delimitam a relação existente entre o nível de investimento, explicado pelo movimento inovador, e a transformação dos novos produtos em prosperidade, empregos, renda, até o estabelecimento de um novo paradigma, quando será suplantado por uma nova onda. (FERREIRA, 2015).

Ao contrário dos neoclássicos, Schumpeter afirma que a mudança tecnológica gera transformações no funcionamento da economia que cresce de forma não linear, tornando-o um visionário por propor um pensamento mais adequado à realidade das organizações, mercados e consumidores atuais. A inovação é criada para obter ganhos e o crescimento das organizações tem um papel fundamental na evolução da sociedade, sendo combustível para sobrevivência do capitalismo. O sistema econômico não pode ser aperfeiçoado apenas no crescimento natural. As rupturas são fundamentais para novos mercados se manterem em constante desenvolvimento. (TIGRE, 2006).

Posteriormente, outros autores como Giovanni Dosi, Edit Penrose, Christopher Freeman, Richard Nelson e Sydney Winter, fizeram uma releitura da teoria schumpeteriana, propondo o modelo neo-schumpeteriano, no qual fatores institucionais e sociais estabelecem escolhas das necessidades que surgem com a tecnologia (HADDAD, 2010).

Segundo Freeman (1979) só os resultados das pesquisas seriam capazes de trazer mudanças nos processos produtivos e gerar novos produtos. A geração de conhecimentos é indispensável para as atividades de inovações tecnológicas, que prescindem da interação entre ciência, economia e tecnologia. Essa visão ficou conhecida como *science push*, ao contrário daqueles que acreditavam que só o mercado era a principal influência das ações inventivas, *demand pull*.

Grandes estudiosos neo-schumpeterianos, a exemplo de Richard e Winter (1982) concluíam que a complexidade institucional e a diversidade são fatores essenciais para o estudo da inovação. Porém, mesmo com os mecanismos de aprendizagem, muitas organizações permanecem com baixa capacidade de inovação, por depender da interdependência dos processos e de tempo. Figueiredo (2009) reforça que empresas

ao permanecerem com baixa capacitação tecnológica de inovação podem ficar vulneráveis a competidores externos, pela vinculação a fornecedores de tecnologia.

Diante das dificuldades de algumas empresas em aumentar sua capacidade de inovação, Schumpeter traz o conceito de empresário empreendedor (*entrepreneur*) como produtor das inovações, sendo “um portador de uma energia e capacidade de realizar coisas novas que não estariam presentes de maneira difundida entre a população”, conforme análise de Da Costa (2006, p.8), sendo preciso ter acesso a linhas de créditos, ou seja, poder de compra para movimentar os meios de produção e efetivar as novas combinações para que um empresário possa pôr em prática suas ideias. Assim, a liquidação é dada através do lucro da inovação. Esses ganhos são passageiros, desaparecendo assim que as inovações vão se difundindo na sociedade por meio de novos concorrentes (imitadores) e à medida que as novas combinações passam a condição de atividade normal.

No modelo schumpeteriano, cinco maneiras distintas de combinar materiais e forças para a produção foram determinantes para a análise de desenvolvimento da inovação nas organizações, seguem: introdução de um novo bem ou de nova qualidade de um bem; introdução de novo método de produção; abertura de novo mercado; conquista de nova fonte de matérias-primas ou bens semimanufaturados; e o estabelecimento de nova organização. Essa análise é fundamental para o empreendedor fazer um diagnóstico mais preciso de como solicitar os créditos e, ainda, uma prévia da possibilidade de retorno do lucro para pagamento do investimento.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Apresentação do case

A CSEM Brasil foi criada a partir da experiência bem-sucedida do *Centre Suisse d'Électronique et Microtechnique* (CSEM S.A.) da Suíça. A CSEM Brasil, uma instituição privada sem fins lucrativos, voltada para pesquisa e desenvolvimento de tecnologia de ponta, desenvolve a pesquisa básica optando por tecnologias ainda não disseminadas, evitando competição com grandes empresas de tecnologia já estabelecida [11].

Considerando que a energia solar cresce 30% ao ano e é a única capaz de substituir os combustíveis fósseis a nível mundial, devido a sua abundância. Uma hora de insolação é suficiente para gerar energia consumida por um ano no mundo. A Sunew criada em 2015, “*spin-off*” originada da CSEM Brasil, é a única empresa no Brasil a desenvolver e produzir células fotovoltaicas orgânicas. A célula orgânica diferencia da inorgânica, principalmente, pela sua característica flexível e moldável. A Sunew desenvolveu uma tecnologia de impressão única, adaptando maquinários da indústria têxtil e de serigrafia, para produzir a célula fotovoltaica orgânica. Denominada “OPV”, sigla em inglês, a célula fotovoltaica orgânica é composta por um pigmento de

carbono e um substrato de plástico maleável transparente. O seu uso é diversificado para fachada de prédios, carros, mochilas e tecidos. Atualmente, a Sunew pesquisa o uso em outros mercados, principalmente o automobilístico (CNI, 2017).

Com o desenvolvimento da célula fotovoltaica orgânica, a Sunew proporciona mais uma forma de captação e transformação da energia solar, que pode ser empregada em fachadas de prédio, mobiliários urbano, carros, mochilas, desenvolvendo o conceito do consumidor autogerador da sua própria energia. Um novo produto desenvolvido através da interação entre centros de pesquisas ao redor do mundo e fomentado por uma entidade governamental de apoio à pesquisa, criado por um processo de fabricação dos rolos de “OPV”, totalmente pioneiro no mundo, e desenvolvido pela laminação em vidro em parceria com empresa brasileira, alcançando o maior desempenho técnico de qualidade.

3.2 Análise do estudo de caso na abordagem teórica

Sob a visão schumpeteriana é possível mostrar a importância das parcerias (agentes) para o surgimento e viabilização desta empresa, além de entender como ocorreu a idealização da Sunew.

No espectro de Freeman (1979), entre pesquisa e indústria existem diversos agentes (universidade, empresas, sociedade e política) que juntos com outras inovações tecnológicas são capazes de novas tecnologias e, conseqüentemente, num mesmo contexto inter-relacionado “produzem mudança técnica em cada economia nacional.” (VELHO, 2010, p.1).

Assim, com a união de esforços do governo, empresas e universidades, foi criada a CSEM S.A como uma ferramenta para o desenvolvimento desse processo de inovação. No Brasil, a CSEM Brasil réplica do modelo suíço, foi criada para transformar tecnologias de ponta em produtos, serviços e empresas inovadoras, através conexão entre a pesquisa e a indústria.

A ideia de se criar uma “*spin-off*” surgiu a partir de uma necessidade do Governo Suíço em ganhar competitividade de alguns segmentos industriais. Para isso, identificou que a inovação em processos produtivos era o meio para essa conquista. Nesse contexto, diante de pesquisas e análise de viabilidade econômica da CSEM Brasil, foi criada a SUNEW com o objetivo de transformar a ideia em uma inovação, além de atender um seguimento promissor: a eletrônica orgânica impressa para geração de energia (CNI, 2017).

Para o desenvolvimento do projeto, a Sunew teve que desenvolver parcerias que apostassem na inovação, a exemplo das entidades do Governo, equipe técnica capacitada e investidores com o interesse estratégico nesse segmento de geração de energia solar (CNI, 2017).

A figura 1 mostra o Mapa conceitual dos agentes envolvidos no processo de idealização da Sunew e sua inovação.

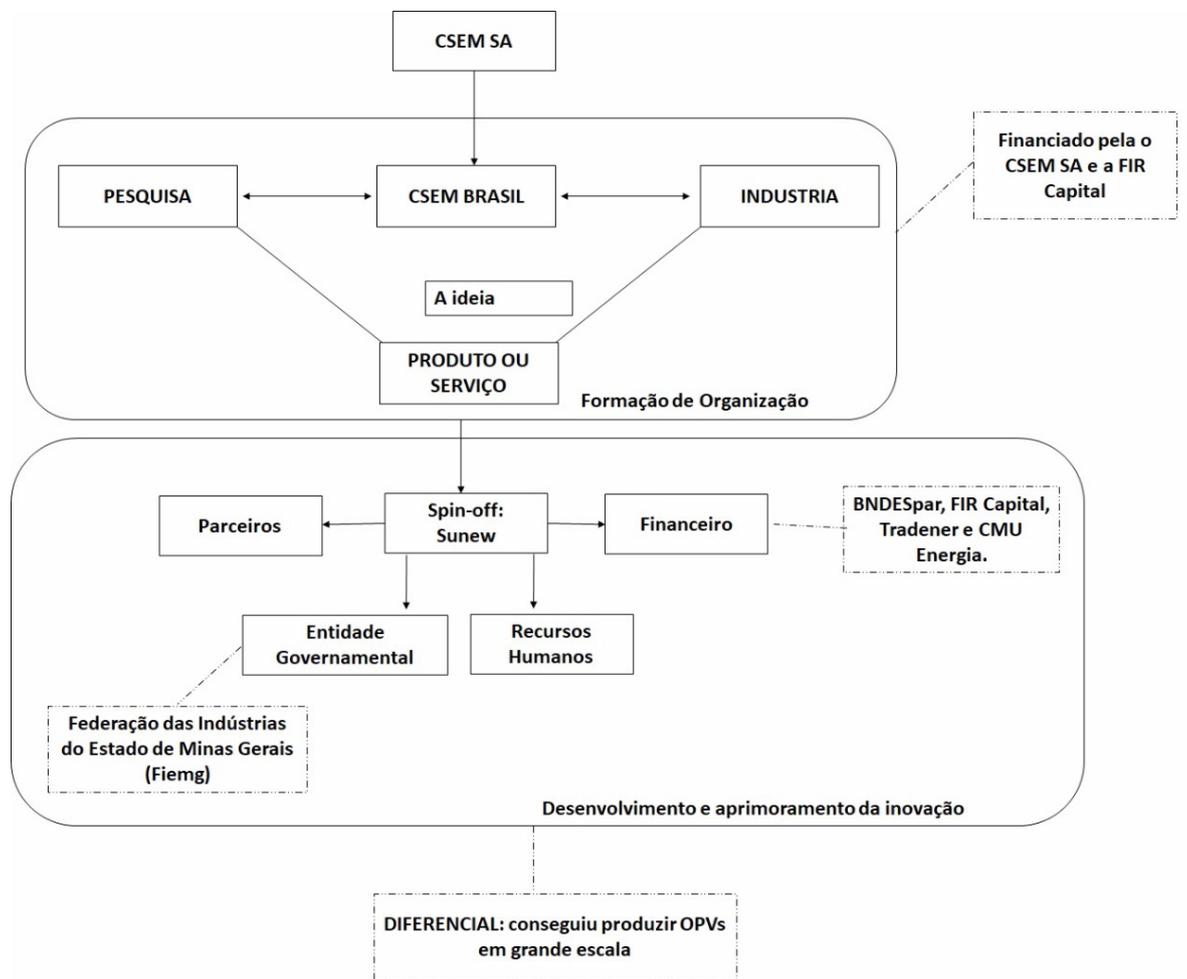


Figura 1: Mapa Conceitual do processo de idealização da Sunew e sua Inovação.

Referência: Autoria Própria.

Para Schumpeter, a inovação tem origem na maneira distinta da combinação de matérias e força de produção (DA COSTA, 2006). Neste caso específico da SUNEW, observam-se quatro dos cinco elementos: a introdução de um novo bem, pela criação da célula fotovoltaica orgânica, “OPV”, um produto com flexibilidade e leveza, diferindo da rigidez dos painéis fotovoltaicos existentes; a introdução de novo método de produção, quando a empresa adapta máquinas da indústria têxtil e serigrafia para produzir os rolos de “OPV”; abertura de um novo mercado, no qual a geração de energia elétrica, através do sol extrapola os telhados das residências e ocuparão fachadas de prédios, janelas, carros e até mochilas; e uma nova fonte de matéria prima, como opção ao quartzo e silício das placas atuais para um pigmento de carbono e um substrato plástico maleável.

Baseado no conceito de empreendedor de Schumpeter, pode-se concluir que há dois protagonistas fundamentais no estudo de caso: a CSEM Brasil visualizado como um agente de nova organização, pois é através dela que surgem as ideias e são feitos os primeiros experimentos para a análise de viabilidade da “*spin-off*”; e a Sunew, numa perspectiva de agente para introdução do novo mercado e desenvolvedor da nova matéria-prima, pois materializou a inovação, aprimorando as técnicas e disponibilizando

no mercado.

Segundo Giovanni Dosi, oportunidades tecnológicas são aquelas que ainda não foram exploradas (HADDAD, 2010). Este conceito é bem representativo na Sunew pelo fato do investimento ter sido em tecnologia e não apenas desenvolvida por processos, o que evita a competição com grandes empresas de tecnologia já estabelecida (CNI, 2017).

Freeman (1979) classificou as estratégias empresariais frente às mudanças tecnológicas e inovativas da seguinte forma: ofensiva, defensiva, imitativa, dependente, tradicional e oportunista. No caso estudado, a Sunew adota uma estratégia ofensiva, por ser pioneira na introdução da inovação no Brasil com gastos intensivos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), de forma a garantir a liderança no mercado de células orgânicas fotovoltaicas e manter relações estreitas com centro de pesquisas mundiais. A meta é obter o lucro através da inovação conquistada de forma a compensar os gastos com “P&D” e eventuais insucessos advindo da pesquisa básica (CNI, 2017).

Também, importante destacar, o foco na patente do processo para garantir a liderança técnica. Na tecnologia de impressão, totalmente desenvolvida no Brasil, a empresa adaptou uma máquina do setor têxtil e serigrafia para imprimir e produzir os rolos de “OPV”, investindo em um capital humano de 30 pessoas para desenvolver este *know-how*.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por fim, as evidências apontam que o estudo de caso é uma inovação na ótica neo-schumpeteriana. E percebe-se, ainda, que os seguintes elementos estão presentes no estudo de caso: a influência das mudanças tecnológicas no comportamento do sistema econômico; o empreendedorismo, através da CSEM Brasil; e o novo produto, alterando a estrutura do mercado.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei de Inovação Tecnológica (Lei n.º 10.973/2004). Brasília, DF: **Congresso Nacional. Atos do Poder Legislativo**, DOU, n.º 232 de 03.12.2004.

CNI – Confederação Nacional das Indústrias. **Inovar é criar valor: 22 casos de inovação em micro, pequenas, médias e grandes empresas**. Brasília, CNI, 2017.

DA COSTA, A. B. **O desenvolvimento econômico na visão de Joseph Schumpeter**. Cadernos IHU ideias, v. 4, n. 47, p. 1-16, 2006.

FERREIRA, D. **Joseph Schumpeter: Teoria e Obra, 2015**. Disponível em <<http://peritiaeconomica.com.br/schumpeter-inovacao/>>. Acesso em 20 abr 2018.

FIGUEIREDO, P. N. **Gestão da inovação: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil**. Livros Técnicos e Científicos – LTC. Rio de Janeiro 2009.

FREEMAN, C. **The determinants of innovation: Market demand, technology, and the response to social problems.** Futures, v. 11, n. 3, p. 206-215, 1979.

HADDAD, E. W. **Inovação Tecnológica em Schumpeter e na ótica neo-Schumpeteriana.** Porto Alegre, UFRS, 2010.

ODCE. **Manual de Oslo: diretrizes para a coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica.** Publicado pela FINEP (Financiadora de estudos e projetos), 2ª edição, 1997.

RICHARD N. R.; WINTER, S. G. **An evolutionary theory of economic change.** Belknap Press of Harvard University Press, 1982.

TIGRE, P. B.. **Gestão da inovação - A economia da tecnologia no Brasil.** Elsevier, 7ª Edição, Rio de Janeiro, 2006.

VELHO, Léa. **Christopher Freeman-The Determinants of Innovation.** RBI-Revista Brasileira de Inovação, v. 9, n. 2, p. 215-230, 2010.

O CASO DA NEOVECH – BIOTECNOLOGIA: PLATAFORMA PARA INOVAÇÕES EM DIFERENTES SEGMENTOS, UMA ANÁLISE SOB A ABORDAGEM NEO-SCHUMPETERIANA

Gabriela Chaves Valente

Centro Universitário SENAI CIMATEC
Salvador – Bahia

Taís Costa Lima

Centro Universitário SENAI CIMATEC
Salvador – Bahia

Silmar Batista Nunes

Centro Universitário SENAI CIMATEC
Salvador – Bahia

Ingrid Winkler

Centro Universitário SENAI CIMATEC
Salvador – Bahia

Renelson Sampaio

Centro Universitário SENAI CIMATEC
Salvador – Bahia

RESUMO: A Neovech é uma startup dedicada ao desenvolvimento e inovação na área de biotecnologia. O presente trabalho tem como objetivo analisar o caso da Neovech, sob a ótica neo-schumpeteriana, com foco na inovação e no empreendedorismo. A metodologia tem caráter exploratório, seguido por uma breve revisão literária seguida por etapas que estruturam o trabalho. Os resultados evidenciaram a aderência do case ao triângulo de Sábato e Botana. Em relação à origem da inovação, observou-se que a mesma está relacionada à quatro fatores, e que há semelhanças entre o

empresário neo-schumpeteriano e o empresário da Neovech. Pode-se concluir que o case analisado tem semelhanças e características com a abordagem teórica neo-schumpeteriana, e os princípios da inovação.

PALAVRAS-CHAVES: inovação; larva; larvicida; biotecnologia.

THE CASE OF NEOVECH - BIOTECHNOLOGY: PLATFORM FOR INNOVATIONS IN DIFFERENT SEGMENTS, AN ANALYSIS UNDER THE NEO- SCHUMPETERIAN APPROACH

ABSTRACT: Neovech is a startup dedicated to development and innovation in the field of biotechnology. The present work aims to analyze the case of Neovech, under the neo-schumpeterian perspective, focusing on innovation and entrepreneurship. The methodology is exploratory, followed by a brief literary review followed by steps that structure the work. The results evidenced the adherence of the case to the Sábato and Botana triangle. In relation to the origin of the innovation, it was observed that it is related to the four factors, and that there are similarities between the neo-Schumpeterian entrepreneur and Neovech entrepreneur. It can be concluded

that the analyzed case has similarities and characteristics with the theoretical neo-Schumpeterian approach, and the principles of innovation.

KEYWORDS: innovation; larva; larvicide; biotechnology.

1 | INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, a perspectiva sobre inovação tem mudado ao longo dos anos, interferindo na maneira de como o processo de inovação é gerido dentro das empresas, e entre as empresas. A inovação vai além da criatividade, e está diretamente relacionada às ideias criativas que são colocadas em prática e lançadas no mercado (FIGUEREDO, 2009).

Schumpeter no século passado, conseguiu enxergar que as inovações tecnológicas seriam as responsáveis pelo desenvolvimento econômico de um país. Ele afirmou que as inovações só ocorrem devido a existência de um agente, denominado *entrepreneur*, que é aquele que realiza as novas combinações de inovações, e deve ter capacidade de ações empreendedoras, de previsão, iniciativa, liderança e de inovação (OLIVEIRA, 2011).

Seguindo a mesma linha de pensamento de Schumpeter, porém expandindo a sua teoria, os neo-schumpeterianos, foram estudiosos que examinaram o processo de inovação à nível de empresa. Foram eles que contribuíram com as explicações sobre as características das organizações inovadoras (FIGUEREDO, 2009).

A inovação, de acordo com a teoria neo-schumpeteriana, é a mola mestra da dinâmica capitalista e, também, parte integrante do processo concorrencial (POSSAS, 1999). Na abordagem neo-schumpeteriana, a concorrência não gera somente comportamentos adaptativos, mas também atitudes ou iniciativas inovadoras (POSSAS, 1999).

Dentro de um contexto globalizado, as empresas brasileiras vivenciam um grande desafio para serem competitivas em um vasto mercado. Sabe-se que é o setor produtivo quem cria e inova, buscando atender as necessidades de um consumidor cada vez mais exigente (BARBIERE, 2004).

A Neovech é um exemplo de empresa dedicada ao desenvolvimento e inovação, a qual busca soluções baseadas na biotecnologia. Seguindo essa linha de pensamento, a Neovech desenvolveu um larvicida inofensivo à saúde dos homens, mas extremamente eficaz contra as larvas do *Aedes aegypti*, com formulação e concentração que permitem seu uso doméstico (CNI, 2017)

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo analisar o caso da Neovech, sob a ótica neo-schumpeteriana, com foco na inovação e no empreendedorismo.

2 | METODOLOGIA

A metodologia proposta para o trabalho é de caráter exploratório, e sua estrutura segue as seguintes etapas: 1) identificação dos conceitos teóricos relacionados à linha neo-schumpeteriana; 2) caracterização do case analisado; 3) análise dos conceitos teóricos do case sob a ótica neo-schumpeteriana; 4) análise comparativa do referencial teórico com o case, utilizando como ferramentas de apoio o triângulo de Sabato, e 5) construção de um fluxograma ilustrativo, relacionando os conceitos teóricos com o case estudado.

Para o estudo também foi realizado uma breve revisão literária dos conceitos teóricos propostos, a partir dos principais meios de comunicação de pesquisa acadêmica, contidas na base de busca do Google acadêmico.

3 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Diversos autores ressaltam a importância da inovação para todos os segmentos produtivos. O economista Joseph Schumpeter foi pioneiro nos estudos sobre inovação valorizando saltos inovadores, inesperados e não-lineares. Para ele a inovação, ou a nova combinação de meios de produção, é um fenômeno fundamental para o desenvolvimento econômico (SCHUMPETER, 2009).

Segundo Tigre (2006), apenas Marx e Schumpeter têm a inovação no núcleo de suas teorias. A diferença crucial entre as visões desses autores está na formação e obtenção do lucro. Para Schumpeter, ao dinamizar a economia por meio da inovação, o empreendedor exerce um papel positivo para o crescimento, contrastando o capitalista “predador” de Marx (TIGRE, 2006).

Sob a ótica de Schumpeter, a figura do empreendedor era o agente fundamental do processo de desenvolvimento econômico (SCHUMPETER, 1982). Pois, para ele o empreendedor era o produtor das inovações, já que ele era o portador da energia e da capacidade de realizar coisas novas que não estariam presentes de maneira difundida entre a população (DA COSTA, 2006).

O empreendedor, segundo a ótica neo-schumpeteriana, é um criador ou um desbravador de novas oportunidades, capaz de alterar, eventualmente, o próprio paradigma tecnológico ou produtivo existente, o qual se assemelha e se conecta com o modelo de empreendedor abordado na teoria schumpeteriana (VASCONCELOS, 2008).

Nelson e Winter (2009) seguiam as principais ideias de Schumpeter com relação à dinâmica da concorrência e da inovação, e a sua importância econômica. Entretanto, discordam no que tange atualmente ao meio ambiente institucional, no qual muitas inovações se originam internamente e exclusivamente através de pesquisa e desenvolvimento (NELSON, 2009).

Na abordagem neo-schumpeteriana, a concorrência não gera somente comportamentos adaptativos, mas também atitudes ou iniciativas inovadoras. Foi

a partir dos estudos de Schumpeter que a inovação passou a ser vista como uma vantagem competitiva importante na economia (DOSI, 1984).

Sábato e Botana (ano) propuseram que somente com o investimento em Ciência e Tecnologia, os países da América Latina alcançariam um crescimento sustentável, e que este ambiente deveria ser formado com a cooperação entre governo, universidades e empresas, permitindo que esses países passassem de expectadores a protagonistas do processo mundial de desenvolvimento (SABATO, 1975).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do case

O controle do *Aedes Aegypti* tem constituído um importante desafio, especialmente nos países em desenvolvimento. Aspectos relacionados a problemas de infraestrutura das cidades, tais como coleta de lixo inadequada e intermitência no abastecimento de água, são fatores que comprometem a efetividade dos métodos tradicionais de controle do mosquito (ZARA, 2016).

O doutor em biotecnologia, Fernando Kreutz, um cientista com perfil empreendedor e fundador da FK, empresa dedicada as pesquisas que envolvem terapias oncológicas, há mais de 20 anos, aceitou o desafio de atuar no controle de doenças causadas por mosquitos, fundando uma nova empresa: a Neovech. Esta desenvolve um larvicida, batizado de Biovech, com um desafio de outra natureza: a conquista do mercado (CNI, 2017).

A Neovech é uma empresa brasileira produtora de um larvicida biológico, localizada em Porto Alegre – RS. Inicialmente as pesquisas estavam relacionadas ao desenvolvimento em biotecnologia ligada à saúde humana. Através de uma estratégia inovadora e competitiva, surgiu a necessidade de buscar soluções para o controle do *Aedes Aegypti*, através do desenvolvimento de um larvicida que não afeta a saúde humana, de animais ou plantas (CNI, 2017).

A inovação para essa empresa é um grande viabilizador, que estimula e orienta os esforços, e que transformaram uma ideia em um produto que vem sendo comercializado desde 2015, e encontra-se disponível em grandes redes de varejo nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul. Como resultado, promove em uma intensa iniciativa em marketing, e a montagem de uma rede de representantes, que atende a todas as regiões do Brasil (CNI, 2017).

4.2 Análise do case na abordagem teórica proposta

O Triângulo de Sábato constitui o resultado da ação de três elementos: o governo, a estrutura produtiva e a infraestrutura científica e tecnológica (ICT). Em vista disso, desenha-se o triângulo com esses três elementos que estabelecem um sistema de relação, no qual cada elemento ocupa um dos vértices (SABATO, 1975). Estas inter-

relações configuradas no triângulo de Sábato, são fatores determinantes da inovação tecnológica e, portanto, principais atores do desenvolvimento econômico de um país (SABATO, 1975).



Figura 1: Ilustração da aderência do triângulo de Sábato e Botana ao case investigado.

De acordo com a figura 1, verifica-se que o case investigado apresenta as características principais propostas por Sábato e Botana, sendo a Neovech fundada por um pesquisador, oriundo de ICT's, com crédito em diversas fontes de fomento, além de investidor e o principal, espírito empreendedor.

Desta forma, com o sucesso da empresa, onde faturou mais de R\$ 2 milhões no 1º ano de produção, confirma que a proposta de Sábato pode orientar para o desenvolvimento do país, convergindo com as teorias propostas.

Através de estudos em relação a abordagem neo-schumpeteriana para a origem da inovação, pode-se evidenciar que o case investigado apresenta a caracterização com quatro fatores diferentes para inovações, conforme a figura 2 descreve.

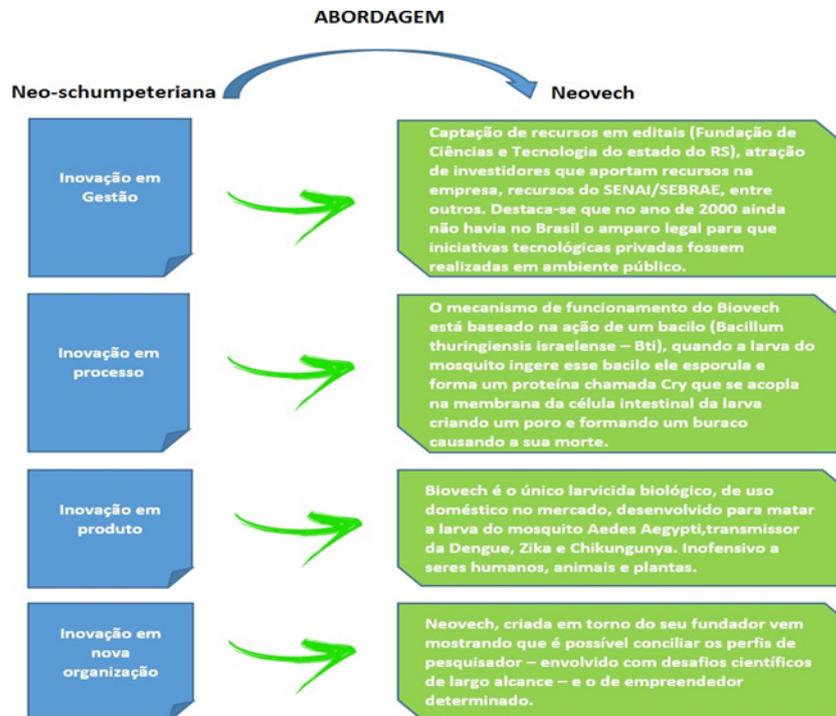


Figura 2: Ilustração da caracterização do case investigado com a abordagem neo- schumpeteriana que descreve como se originam as inovações.

Inovação em gestão: concorre a um edital de incubação, promovido pela Fundação de Ciências e Tecnologia (Cienec), vinculada à Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, e logo em seguida, consegue atrair investidores que aportam na empresa uma quantia nada modesta realizada pelo RSTec, um fundo de investimento administrado pela CRP, com recursos, outros, do Sebrae. Destaca-se que esse feito, foi realizado em 2000, quando ainda não havia no Brasil o amparo legal para que iniciativas tecnológicas privadas fossem realizadas em ambiente público (CNI, 2017).

Inovação em processo: o mecanismo de funcionamento do Biovech está baseado na ação de um bacilo (*Bacillum thuringiensis israelense* – Bti). Quando a larva do mosquito ingere esse bacilo, ele esporula e forma uma proteína chamada “Cry”, que se acopla na membrana da célula intestinal da larva, criando um poro e formando um buraco levando à sua morte (CNI, 2017).

Inovação em produto: o Biovech é o único larvicida biológico, de uso doméstico no mercado, desenvolvido para matar a larva do mosquito *Aedes Aegypti*, transmissor da Dengue, Zika e Chikungunya. É inofensivo a seres humanos, animais e plantas (CNI, 2017).

Inovação em nova Organização: a empresa nasceu com o objetivo de empreender na área oncológica e rapidamente atraiu investimentos. A partir da sua competência biotecnológica, observou uma alternativa com o desenvolvimento de um novo produto larvicida, e com o apoio da Fundação Oswaldo Cruz, surge a Neovech, uma startup gaúcha com o desafio de transformar o conhecimento em um produto comercial (CNI, 2017).

O fundador da Neovech, Fernando Kreutz, foi capaz de alterar o seu próprio paradigma tecnológico e de ser o desbravador de novas oportunidades, uma vez que a utilização do seu princípio ativo para ação larvicida não era inédita. No entanto, ele conseguiu inovar ao desenvolver um produto que tinha o mesmo princípio ativo dos agrotóxicos, porém com concentração e formulação adequada ao uso doméstico, tornando-se o pioneiro na comercialização e disponibilização desse tipo de produto para a população (CNI, 2017).

Considerando a abordagem neo-schumpeteriana em relação ao perfil do empreendedor, é possível observar características semelhantes entre o empresário neo-schumpeteriano e o empresário do case investigado. Nesse caso o fundador da Neovech, Fernando Kreutz, detinha um espírito de cientista empreendedor, que propiciou o desenvolvimento de um produto inovador originado através de pesquisa e desenvolvimento (P&D).

O larvicida Biovech surge sendo um produto novo no mercado consumidor, representando o processo que Schumpeter chamou de “destruição criadora” garantindo por um período que não haja outros concorrentes, período esse em que a empresa poderá obter mais lucros.

Fernando Kreutz não foi motivado apenas pelo desejo de lucro, assim como na teoria de Schumpeter. O empresário e cientista criou oportunidades ambiciosas para a introdução de inovações, recorrendo a investidores que aportaram recursos na empresa, rompendo o fluxo circular e promovendo o desequilíbrio da fase estacionária através de uma estratégia comercial de sucesso.

5 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pode-se concluir que o case analisado tem semelhanças com a abordagem teórica proposta. A análise do caso sob abordagem neo-schumpeteriana, revelou que o pesquisador da Neovech é o empreendedor responsável pela chave do sucesso do seu negócio, possui capacidade de ações empreendedoras, de previsão, iniciativa, liderança e de inovação.

O perfil empreendedor do fundador da empresa, permitiu identificar características similares ao do empreendedor citado pelos autores, pois buscou inovar desenvolvendo um produto com finalidades larvicidas que poderiam ser comercializados pelas redes varejistas.

Além disso, a análise do case evidenciou que a empresa possui características que se aderem à teoria neo-schumpeteriana em relação à inovação e desenvolvimento tecnológico, uma vez que o conceito de inovação sob a abordagem teórica supramencionada não trata somente da difusão de novos produtos ou processos, mas também abrange as novas formas de organização, tanto das empresas quanto da sociedade.

REFERÊNCIAS

- BARBIERI, J. C. **Organizações Inovadoras: estudos e casos brasileiros**. Rio de Janeiro: Ed. FGV, 2004.
- CNI – Confederação Nacional das Indústrias. **Inovar é criar valor: 22 casos de inovação em micro, pequenas, médias e grandes empresas**. Brasília, CNI, 2017.
- DA COSTA, Achyles Barcelos. **O desenvolvimento econômico na visão de Joseph Schumpeter**. Cadernos IHU ideias, v. 4, n. 47, p. 1-16, 2006.
- DOSI, G. *et al.* **Technical change and industrial transformation**. London: Macmilian, 1984.
- FIGUEIREDO, P. N. **Gestão da inovação: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos - LTC, 2009. 340 ISBN 8521617070.
- NELSON, R. R.; WINTER, S. **An Evolutionary Theory of Economic Change**. RBI – Revista Brasileira de Inovação, v.3, n.2, p.237-282, 2009.
- OLIVEIRA, M.V.B.; GONDIM, C.A.N.; ARRUDA, S.H.C. **Schumpeter e o Desenvolvimento Tecnológico: uma visão aplicada às Pequenas e Média Empresas (PMEs)**. Revista de ciências da administração, v. 13, n. 29, 2011.
- POSSAS, M. S. **Concorrência e competitividade – Notas sobre estratégia e dinâmica seletiva na economia capitalista**. São Paulo: Hucitec, 1999.
- SABATO, J. A.; BOTANA, N. **La ciência y la tecnologia em el desarrollo futuro de America Latina**. Buenos Aires, Editorial Paidos, 1975.
- SCHUMPETER, J. **A Teoria do Desenvolvimento Econômico**. *São Paulo: Abril Cultural, 1982*. [Ed. orig. 1912]
- SCHUMPETER, J. A. **Economic Theory and Entrepreneurial History**.RBI – Revista Brasileira de Inovação, v.1, n.2, p. 201-224, 2009. [Ed. orig. 1912].
- TIGRE, P. B. **Gestão da inovação: A Economia da Tecnologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Campus/Elsevier, 2006.
- VASCONCELOS VALE, Gláucia; WILKINSON, John; AMÂNCIO, Robson. **Empreendedorismo, inovação e redes: uma nova abordagem**. RAE- eletrônica, v. 7, n. 1, 2008.
- ZARA, A. L. de S. A. *et al.* **Estratégias de controle do Aedes aegypti: uma revisão**. Epidemiol. Serv. Saúde, Brasília, v.25, n.2, p.391-404, 2016.

O CASE WISEMOTION SOB A ÓTICA NEOSCHUMPETERIANA

Antônio Rimaci Miguel Junior

SENAI CIMATEC, Salvador – Bahia

Valmir da Cruz de Souza

SENAI CIMATEC, Salvador – Bahia

Caroline C. Fernandes da Costa

SENAI CIMATEC, Salvador – Bahia

Ingrid Winkler

SENAI CIMATEC, Salvador – Bahia

Renelson Ribeiro Sampaio

SENAI CIMATEC, Salvador – Bahia

CASE WISEMOTION UNDER THE NEO-SCHUMPETERIAN VIEW

ABSTRACT: The present article presents an analysis of a case of innovation - EMBRACO - for applications in residential refrigeration equipment under the neo-schumpeterian view. Starts from a brief description of the case, from which relevant excerpts were selected for analysis under the light of the neo-schumpeterian theoretical lens. That case represents an example that a company can increase its productive or operational capacity or generate new technologies and new systems of production of goods and services with accumulation of technological capacity. EMBRACO has a great strategic advantage in its market, positioning itself as owner of technology that constitutes technological frontier in the field of compressors.

KEYWORDS: Innovation, neo-schumpeterian, compressor.

RESUMO: O presente trabalho apresenta uma análise de um *case* de inovação em uma grande empresa brasileira – a EMBRACO - através da lente teórica do neoschumpeterianismo. Parte de uma breve descrição do case, da qual trechos relevantes foram selecionados para a análise sob a luz da lente teórica neoschumpeteriana. Foi possível observar, sob a luz da teoria que fundamentou a análise, que uma empresa poderá incrementar sua capacidade produtiva ou operacional ou gerar novas tecnologias e novos sistemas de produção com acúmulo de capacidade tecnológica. A EMBRACO tem uma grande vantagem estratégica em seu mercado, se posicionando como detentora da tecnologia que se constitui fronteira tecnológica no ramo de compressores.

PALAVRAS-CHAVE: Inovações; neoschumpeteriano; compressors.

1 | INTRODUÇÃO

A dinâmica competitiva entre as empresas, nos dias de hoje, pressupõe que a capacidade de inovar é determinante no sucesso. Ir além da fronteira tecnológica, seja em inovação no processo de produção ou de criação de novos

produtos, significa estabelecer uma condição de liderança industrial, mantendo uma vantagem competitiva sobre os concorrentes [1].

Schumpeter contribuiu para o avanço do entendimento sobre o papel da inovação tecnológica no crescimento industrial e progresso econômico dos países, entretanto sua contribuição possui limitações. Não aborda, por exemplo, o processo de inovação no nível de empresas, nem caracteriza as empresas inovadoras. Acrescenta-se a essas limitações a ausência de uma abordagem a respeito da inovação incremental e dos processos de inovação em empresas e economias de países em desenvolvimento. Os chamados neoschumpeterianos são os grupos de pesquisadores que buscaram preencher tal lacuna [1].

Esse trabalho tem como objetivo analisar um *case* de inovação em uma grande empresa brasileira – a EMBRACO - através da lente teórica do neoschumpeterianismo. Para tanto, se utilizou da seguinte metodologia: leitura exploratória do *case* de inovação da empresa EMBRACO; extração dos aspectos relacionados à inovação, seja ela incremental ou disruptiva, de produto ou de processo; e posteriormente, a construção da análise correlacionando conceitos fundamentados na teoria neoschumpeteriana com os pontos ressaltados como relevantes em termos de inovação, no *case*.

2 | METODOLOGIA

2.1 Inovação na visão neo-schumpeteriana (teoria do desenvolvimento econômico)

O ponto de partida para a compreensão da teoria schumpeteriana e neoschumpeteriana do desenvolvimento econômico perpassa pelo entendimento do contraponto entre essas e a teoria econômica neoclássica. A história do capitalismo e análise de sua evolução estão atreladas, via de regra, a figura histórica do capitalista: o empresário.

Segundo Schumpeter, apesar da noção generalizada do termo empresário ser algo definido mais recentemente, desde o século 15 existe uma curiosidade intelectual sobre o que é, o que faz e como se forma essa figura: o empreendedor, que necessariamente não era o detentor do capital [2]. Observa-se que, nessa primeira versão do conceito, não se atrela empreendedorismo a inovação: a busca incessante pelo lucro é o âmago do espírito capitalista, mas ela por si só não traz nenhuma conexão natural com a inovação: é possível se obter lucro investindo capital em mercados extremamente estáticos e tradicionais, como o setor imobiliário. E porque o conceito de inovação estava ausente desses primeiros esforços teóricos na definição do empreendedor?

O conceito de inovação, no viés schumpeteriano, está ligado à noção de tecnologia, que pode ser sintetizada como conhecimento técnico associado à produção de bens e

serviços. Esse conceito baseia-se na definição clássica de Schumpeter realizada em sua obra *The Theory of Economic Development*, de 1934. Na visão de Schumpeter, as inovações circunscrevem-se às grandes firmas privadas, cabendo algum grau de importância, mas em níveis secundários, a surtos de inovação em firmas pequenas e médias, às pesquisas em laboratórios de universidades ou governamentais e em algumas estatais [3].

E como as formas de organização para produção podem ser revolucionadas? A inovação ou as novas combinações podem ter as seguintes origens [4]:

1) Introdução de um novo bem, sendo novo entendido como um produto desconhecido do mercado alvo, ou que apresente qualidade nova.

2) Introdução de um novo método de produção, que pode ser completamente novo ou apenas novo naquele setor industrial ou na produção daquele bem específico. Pode ser entendido também como uma nova maneira de manejar comercialmente uma mercadoria.

3) Abertura de um novo mercado, ou a entrada de um determinado ramo industrial num mercado, que pode ser um mercado pré-existente.

4) Conquista de uma nova fonte de matérias-primas.

5) Estabelecimento de uma nova organização de qualquer indústria.

Dessa forma, uma inovação pode incorporar qualquer um desses aspectos, ou vários deles. Aqui, fica evidenciado mais um aspecto da teoria neoschumpeteriana sobre a inovação. O próprio sistema origina inovações transformadoras, que quando introduzidas na atividade econômica rompem o equilíbrio do fluxo circular. A disrupção do fluxo circular contribui para a evolução econômica.

2.2 Inovação em empresas de economias emergentes

Um outro aspecto importante desenvolvido pelos teóricos neo-schumpeterianos é o esforço em compreender as divergências entre a dinâmica de inovação das empresas dos países industrializados e as empresas de economias em desenvolvimento, as chamadas “latecomers”. Ao analisar as diferenças entre os desafios para o desenvolvimento tecnológico, das chamadas “latecomers” em comparação com as empresas industriais de economias desenvolvidas, observa-se que, antes de implantar uma gestão para inovação, as organizações precisam tomar a decisão estratégica de acumular aprendizagem tecnológica para se aproximar da fronteira do conhecimento em um setor específico, pois isso acarreta a necessidade de se investir altos recursos e muito tempo [1].

A decisão estratégica deve levar em conta se vale a pena acumular o aprendizado tecnológico para, em um determinado prazo, se aproximar da fronteira tecnológica, ou continuar simplesmente adquirindo tecnologia “pronta”. Quando uma “latecomer” decide fazer o movimento de aproximação da fronteira tecnológica, a despeito de todo o custo já citado, ela pode adotar diferentes estratégias para alcançar a fronteira (catching up) e/ou ultrapassá-la (overtaking). Existem diversas estratégias possíveis

para alcançar tais objetivos, sendo a mais comum entre elas a aceleração: quando uma determinada companhia acumula aprendizagem tecnológica de forma muito mais rápida que as empresas que se encontram na fronteira tecnológica, o que torna a ultrapassagem possível após um determinado período de tempo [1].

2.3 Rotina na visão neoschumpeteriana

A rotina é o conjunto de técnicas e processos organizacionais que caracterizam o modo através dos quais as mercadorias e serviços são produzidos, desde as atividades cotidianas até as inovativas. As rotinas de uma empresa cumprem papel semelhante aos genes na biologia, elas servem de repositório de conhecimento e habilidades e são o “memorial organizacional” da empresa. Apresentam um caráter tácito e específico, que é em suma, o modo principal pelo qual a firma tomada individualmente, armazena o seu conhecimento, ou seja, sua “memória” [6].

2.4 O Lucro na visão neoschumpeteriana

A natureza dos lucros; constituem-se em um prêmio que a sociedade paga aos inovadores por lhe proporcionar acesso a novos bens e serviços. Contudo, esses são ganhos passageiros (windfall gains), que desaparecem assim que as inovações vão se difundindo na sociedade por meio de novos concorrentes (imitadores) que se juntam ao mercado, e à medida que as novas combinações passam à condição de atividade normal [4].

Quando há uma introdução no mercado de um produto ou processo inovador, ocorre a geração “lucros extraordinários”. Isso atrai um conjunto de imitadores que tentam aproveitar as oportunidades geradas pela inovação. A consequência direta disso é a construção de novas plantas industriais e a contratação de mais mão-de-obra e compra de mais insumos. Em outras palavras, a inovação gera um aquecimento da atividade ou setor diretamente ligado a essa novidade, e irradia por setores secundários. A natureza descontínua desses novos investimentos é o que gera o dinamismo da expansão desse mercado [4].

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização do case

O case analisado é uma inovação realizada no mercado de refrigeradores por uma empresa nascida no Brasil na década de 1970, a EMBRACO. Hoje presente em 80 países oferece soluções inovadoras visando uma melhor qualidade de vida.

A EMBRACO revolucionou o mercado de refrigeradores com o lançamento do WISEMOTION, um novo conceito de compressor hermético. Foi desenvolvido o primeiro compressor hermético sem óleo do mercado mundial, para aplicações em equipamentos residenciais de refrigeração. Os compressores tradicionais utilizam

sistemas biela-manivela, em que o movimento circular do motor elétrico é convertido em movimento de vai e vem do pistão, por meio de um mecanismo de mancais, lubrificadas com óleo. O responsável pela compressão do fluido é este movimento realizado pelo pistão[7].

O WISEMOTION é um compressor sem óleo para refrigeradores, o primeiro do mundo com essa tecnologia e tem previsão de durabilidade de 20 anos. Ele possibilita uma larga versatilidade de posicionamentos, que permite modificar o design dos refrigeradores. Foram necessários 10 anos de desenvolvimento, e mais de 100 engenheiros pesquisadores foram envolvidos. É uma quebra de paradigma. Nesse compressor, foram obtidas mais de 80 patentes com parceiros tecnológicos em todos os continentes. O WISEMOTION além de eliminar o óleo, consome menos energia, conserva melhor os alimentos, é o mais silencioso e menor que um compressor de capacidade equivalente e possui uma menor oscilação de temperatura dentro da geladeira. Seu tamanho reduzido proporciona economia de espaço interno no refrigerador, acrescentando até 20 litros na área interna dos equipamentos [7].

Uma vantagem adicional advém da linha de produção: seu manuseio na linha de montagem é mais fácil e, por dispensar o uso de óleo lubrificante, oferece mais facilidades no transporte e no armazenamento, beneficiando o conjunto da cadeia logística.

A EMBRACO investe de 3% a 4% de seu faturamento anual na área de P&D e utiliza um sistema interno de gestão da inovação, baseado em pilares tecnológicos. No projeto do WISEMOTION, por exemplo, quatro desses pilares estiveram envolvidos: inovação tecnológica, pioneirismo, eficiência energética e sustentabilidade. O WISEMOTION foi lançado mundialmente em 2014, quando teve início a fabricação do novo compressor na planta mexicana da EMBRACO, seus principais mercados são o asiático e o americano. O mercado brasileiro ainda não absorveu a tecnologia, basicamente porque não existe uma política nacional de eficiência energética bem definida, como as atuais e bem consolidadas políticas existentes nos países que hoje mais consomem o produto.

3.2 Análise do case na abordagem teórica proposta

Considerando a ótica neoschumpeteriana da origem das inovações, neste caso específico da EMBRACO observa-se que a origem da inovação está relacionada com a introdução de um novo bem: o compressor WISEMOTION, livre de óleo, que ocupa um menor espaço dentro do refrigerador e apresenta eficiência energética superior a qualquer outra tecnologia existente no mercado. Além da inovação materializada no novo compressor, o case demonstra também ter havido a introdução de um novo método de produção (acrescenta-se, aqui, que grande parte das patentes registradas pela EMBRACO dizem respeito ao processo produtivo do WISEMOTION), que trouxe benefícios paralelos a empresa para além da vantagem competitiva do lançamento de

um produto completamente novo no mercado, conforme demonstrado na Figura 01:

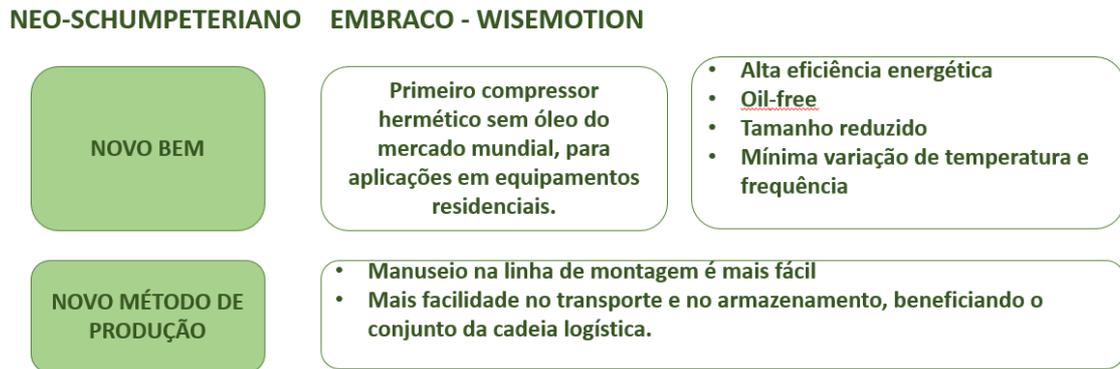


Figura 01 – Abordagem neoschumpeteriana no WISEMOTION da EMBRACO.

O desenvolvimento do WISEMOTION pode ser classificado como uma inovação radical sob a lente neoschumpeteriana, pois estabeleceu um novo conceito para o mercado mundial, em que novos componentes e elementos foram combinados de uma forma diferente formando uma arquitetura nova, constituindo em um produto novo no mercado mundial. Ressalta-se, não foram desenvolvidos novos métodos (ciclos termodinâmicos) para retirar calor do refrigerador. A compressão do líquido refrigerante é idêntica à de compressores tradicionais. A modificação se deu em um aspecto muito particular: a necessidade de lubrificação dos componentes internos. Modificações mecânicas nos componentes internos e na arquitetura do motor permitiram abrir mão do sistema que transforma um movimento rotacional em um movimento alternativo do pistão – sendo esse o sistema que exige lubrificação. É possível afirmar que, provavelmente, os elementos mecânicos, ou o conhecimento para projetá-los e fabricá-los, estavam à disposição. A sua combinação para o objetivo de criar um sistema que não demandasse o uso de óleo lubrificante é onde reside a inovação desse produto. Traduzindo em termos familiares à teoria neoschumpeteriana, os recursos de produção foram rearranjados para gerar um produto extremamente inovador, que permitiu a EMBRACO obter uma vantagem competitiva importante - a empresa ainda é a única a ter um compressor desse tipo para aplicações em refrigeradores, no mundo. Aqui, identifica-se uma inovação muito aderente a tipo de origem de inovação, no modelo schumpeteriano, definida como “criação de um novo bem”, conforme descrito na seção 2.1.

Conforme visto na seção 3.1, o processo de fabricação dos compressores foi afetado positivamente com inserção do compressor WISEMOTION, através da eliminação de todos os processos decorrentes da necessidade de utilizar óleo lubrificante: armazenamento, utilização na linha de produção, limpeza ou descarte de resíduos, sendo essa e outras características peculiares do WISEMOTION a razão para o desenvolvimento de inovações no processo produtivo que permitam fabricá-lo. Analisando novamente a luz dos tipos de inovação [4], observa-se que a

inovação na linha de produção pode ser definida como uma inovação que corresponde a “introdução de um novo método de produção”, ainda que o método não seja completamente novo. É provável que exista linhas de produção de compressores - ou de equipamentos industriais, no geral – totalmente livres da necessidade de manusear óleo lubrificante. Entretanto, como preconiza a teoria neoschumpeteriana, o novo procedimento operacional se torna inovador quando permite produzir em uma linha de produção livre de óleo e com outras adaptações destinadas exclusivamente a fabricação do compressor hermético inovador, especificamente no setor de fabricação de compressores para refrigeradores, onde essa prática é completamente nova.

É importante ressaltar também que o case da EMBRACO é um exemplo de desenvolvimento tecnológico em uma economia em desenvolvimento, em outras palavras, a EMBRACO é um exemplo de “latecomer” [1]. O processo de desenvolvimento tecnológico nesse tipo de empresa passa por uma decisão estratégica, de assumir os custos do acúmulo da aprendizagem tecnológica. No desenvolvimento do compressor WISEMOTION foram dispendidos 10 anos e mais de 100 engenheiros e pesquisadores foram envolvidos.

Observa-se, aqui, que não seria suficiente para uma empresa na posição da EMBRACO investir apenas em P&D. Foi necessário desenvolver um sistema para gerenciamento do processo de inovação, permitindo administrar todas as variáveis desse processo. Esse modelo deve levar em consideração as especificidades de cada empresa [3]. A EMBRACO, nesse contexto, possui um processo estruturado de inteligência competitiva como parte da gestão da inovação, que tem por finalidade reduzir o tempo de desenvolvimento, diminuir riscos e mapear oportunidades e ameaças.

É importante ressaltar que, a despeito de toda essa estrutura destinada a criação de um ambiente inovador ser necessária para proporcionar ao WISEMOTION alcançar a posição de fronteira tecnológica mundial no mercado de compressores para refrigeradores, a história da EMBRACO demonstra que o esforço em criar esses mecanismos data de muito antes da inovação analisada nesse trabalho. O estabelecimento de rotinas empresariais faz parte do desenvolvimento histórico da companhia. Em outras palavras, as rotinas empresariais voltadas para a geração de inovação, pautadas no compromisso de investimento em P&D, associação com instituições de pesquisa e tecnologia e uma política bem definida de inovação, com alvos bem delimitados, permitiu a EMBRACO o acúmulo de aprendizagem tecnológica que tornou possível alcançar e ultrapassar a fronteira da tecnologia [6].

4 | CONCLUSÃO

Foi considerada a inovação realizada pela EMBRACO como um novo bem e de forma disruptiva, pois conforme visto na visão neoschumpeteriana, foi desenvolvida

uma nova tecnologia de compressores herméticos não existentes no mercado para refrigeração residencial. Poderia também ter sido classificado como abertura de um novo mercado, mas considerou-se como um novo bem pois o produto não existia no mercado alvo e também apresentou qualidades novas: flexibilidade no posicionamento interno, ganho de 20 litros de refrigerador e maior eficiência energética.

Pela alteração no processo produtivo por ter uma montagem na linha mais fácil e maior facilidade no transporte e no armazenamento ocorre a redução no custo do produto e pode ser considerado novo método de produção.

Por ser uma empresa que possui uma gestão e missão voltada para a inovação, decisão estratégica de acumular aprendizagem tecnológica, que busca proporcionar para seus clientes sempre produtos na fronteira tecnológica.

Por introduzir no mercado um novo produto e novo processo, a EMBRACO gera lucros extraordinários, o que proporciona um monopólio temporário até que surja uma leva de imitadores pode ser detectada a prática do lucro na visão neo-schumpeteriana

REFERÊNCIAS

⁸ Confederação Nacional da Indústria: **Inovar é criar valor: 22 casos de Inovação**. Brasília, 2017.

⁵ DA COSTA, Achyles Barcelos. **O desenvolvimento econômico na visão de Joseph Schumpeter**. Cadernos IHU ideias, v. 4, n. 47, p. 1-16, 2006.

¹ N FIGUEIREDO, Paulo. **Gestão da inovação: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil**. Livros Técnicos e Científicos, 2009.

⁷ NELSON, Richard R.; WINTER, Sidney G. **In search of useful theory of innovation**. Research policy, v. 6, n. 1, p. 36-76, 1977.

³ SCHUMPETER, J. A. Economic Theory and Entrepreneurial History in Change and Entrepreneur: Postulates and Patterns for Entrepreneurial History, **Harvard University Research Center in Entrepreneurial History**. 1949.

⁶ SCHUMPETER, Joseph A (1911). **Teoria do desenvolvimento econômico**. São Paulo: Abril Cultura, 1982.

⁴ TIDD, Joe; BESSANT, Joe. **Gestão da inovação-5**. Bookman Editora, 2015.

UMA ANÁLISE DO CASE CLIEVER NA PERSPECTIVA SCHUMPETERIANA

Pedro Martins de Oliveira

SENAI CIMATEC

Salvador - Bahia

Luciano Moura Costa Doria

SENAI CIMATEC

Salvador – Bahia

Almir Filho

SENAI CIMATEC

Salvador - Bahia

Renelson Ribeiro Sampaio

SENAI CIMATEC

Salvador - Bahia

Ingrid Winkler

SENAI CIMATEC

Salvador - Bahia

RESUMO: Esse trabalho tem por objetivo fazer uma análise do case Cliever sobre a ótica schumpeteriana, para melhor entendimento do histórico da empresa, suas estratégias e como a mesma reagiu ao ambiente. Este paper utiliza-se da revisão literária dos conceitos descritos por Crhistopher Freeman para analisar as forças do mercado e uma perspectiva evolutiva proposta por Burguelman para descrever os passos estratégicos da Cliever. O resultado do trabalho é uma análise do case, descrevendo a história da evolução da Cliever sobre a perspectiva schumpeteriana. Conclui-se que

a abordagem do histórico da Cliever sobre a ótica schumpeteriana esclarece como ela obteve vantagem competitiva no mercado de impressora 3D.

PALAVRAS-CHAVES: empreendedor; inovação; competitividade; tecnologia.

AN ANALYSIS OF THE CASE CLIEVER OVER THE SCHUMPETER PERSPECTIVE

ABSTRACT: this work aims to make an analysis of the case Cliever on Schumpeterian optics to better understand the company's history its strategies and how it reacted to the environment. This paper uses the literary review of the concepts described by Crhistopher Freeman to analyze market forces and an evolutionary perspective proposed by Burguelman to describe Cliever's strategic steps. The result of the work is an analysis of the case describing the history of Cliever's evolution on the Schumpeterian perspective. It is concluded that Cliever's approach to Schumpeter's optics clarifies how it gained competitive advantage in the 3D printer market.

KEYWORDS: entrepreneur; innovation; competitiveness; technology

1 | INTRODUÇÃO

O acelerado desenvolvimento tecnológico em escala mundial nas últimas décadas faz com que a tecnologia tenha um papel onipresente na realidade, gerando com isso impactos significativos na indústria e na sociedade. Como resultado desse impacto direto da tecnologia no dia a dia, vivemos hoje no que podemos chamar de limiar da indústria 4.0, onde, para sobreviver, crescer, se destacar e obter vantagem competitiva torna-se necessário que as empresas, independentemente do porte, entendam a importância da inovação para geração de diferenciação competitiva; aumento de participação no mercado; aumento na lucratividade; elevação do nível de emprego e renda das pessoas (como elemento agregador de valor aos produtos e serviços); estabelecer novas parcerias e novos conhecimentos. Para alcançar esses diferenciais é imperativa a necessidade de inovação e o uso da tecnologia para obter tal relevância no mercado.

O método utilizado foi a revisão bibliográfica, utilizando-se literaturas de autores como Schumpeter precursor da teoria do desenvolvimento econômico, Chris Freeman para analisar como a demanda e avanços tecnológicos direcionam o mercado e as características que ele considera para uma empresa ser inovadora e Burgelman para analisar o aspecto evolutivo da empresa pela perspectiva de tomadas estratégicas.

Esse trabalho tem por objetivo fazer uma análise da case Cliever sobre a ótica schumpeteriana, para melhor entendimento do histórico da empresa, suas estratégias e como a empresa reagiu ao ambiente.

O trabalho está estruturado da seguinte forma: na seção 2 - fundamentação teórica, onde usa-se aspectos dos neo-schumpeterianos Chris Freeman e Burgelman; na seção resultados e discussão, apresentação do case e a análise do case Cliever fazendo nessa subseção, links com a teoria apresentada na seção anterior e, na seção 4, considerações finais, faz-se uma reflexão sobre a aderência ou não da Cliever aos conceitos da ótica schumpeteriana.

2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

É necessário uma breve apresentação das ideias de Schumpeter no qual mostra o empreendedor como o dinamizador por meio da inovação, afirmando que o motor capitalista advém do avanço tecnológico e não de fenômenos naturais ou sociais como guerras e revoluções (TIGRE, 2006).

Segundo Schumpeter, o empresário precisa ter capital para poder financiar os novos projetos. Esse capital, pode ser externo e não precisa ser oriundo de nenhuma poupança própria e prévia. Nesse sentido os bancos seriam as instituições para essa criação de poder de caixa. A liquidação do financiamento tomado dessa maneira ocorrerá a posteriori, com os lucros das inovações. Esse lucro, pode ser entendido como um prêmio pago pela sociedade aos inovadores por novos bens e serviços.

No modelo Neo-schumpeteriano, não é somente os bancos que são os criadores de crédito, mas toda instituição ou pessoa fornecedora deste (COSTA, 2006).

Segundo o autor Conceição³ na teoria Neo-schumpeteriana, a inovação tecnológica inter-relaciona com a invenção e a propagação, sendo um grande destaque no desenvolvimento econômico, pois existem modificações estruturais no comportamento tecno-sócio-econômico que acarretam novos paradigmas (CONCEIÇÃO, 2000).

Outra avaliação é a de Freeman que comenta que a demanda de mercado não é necessariamente a única determinante na escala e direção da atividade inovadora; existindo dois polos de debates, um chamado de *demand pull* e o outro chamado de *technology push*. O *demand pull* defende que o mercado é a força dominante na atividade inovadora. O *technology push* defende que as invenções mudam os produtos produzidos e assim os costumes de consumo (VELHO, 2010).

O trabalho de Freeman não nega a existência do *demand pull*, porém levanta pontos que favorecem o *technology push* mostrando incertezas e a complexidade de quando se fala de inovação e tecnologia. Uma abordagem onde o mercado lidera as invenções é dito que ela precede de um vasto número de passos incrementais, Freeman rebate este ponto levantando a importância dos ciclos econômicos e suas descontinuidades originadas do processo inovador (VELHO, 2010).

Explorando a tecnologia e inovação como um processo complexo, Richard Nelson e Sidney Winter tomam uma abordagem evolutiva na análise da influência tecnológica. Seguindo a lógica evolutiva, Burgelman elabora uma perspectiva baseada em capacitação, onde o ato estratégico é inerente a quantidade e qualidade da capacidade das organizações. As capacidades organizacionais são a fonte das oportunidades que são descobertas, selecionadas e retidas no processo estratégico, onde o desenvolvimento da capacitação da firma aumenta a sua capacidade estratégica. Burgelman ainda diz que a estratégia é moldada pelo comportamento estratégico da organização, evolução do ambiente tecnológico e pelo mecanismo interativo do contexto organizacional em que ela opera (BURGELMAN, 1989).

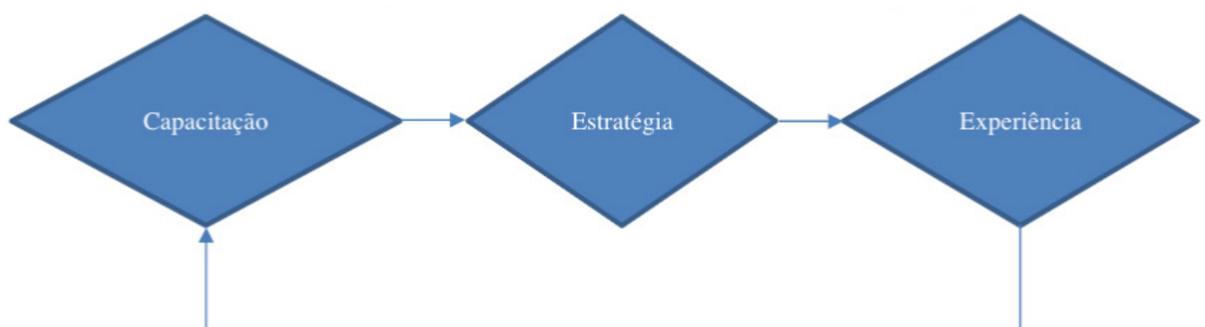


Figura 1: Modelo de Burgelman de desenvolvimento baseado em capacitação

Freeman reforça esse aspecto de Burgelman onde a capacitação da empresa influencia que tipo de projeto pode ser feito pela mesma em termos de tecnologia,

complexidade e custos, mas não diz por si só o resultado obtido. Em algumas áreas, pequenas indústrias tomam um papel muito importante na inovação. Ele enfatiza a alta flexibilidade na decisão estratégica e baixo custo no trabalho de desenvolvimento que pequenas empresas possuem (FREEMAN, 1982).

Continuando o discurso, Freeman diz que as características de uma firma inovadora no século XX eram (FREEMAN, 1982):

- Profissionais de P&D qualificados
- Bom desempenho em pesquisa básica ou conexões com quem realiza.
- Utilização de patentes para ganho de proteção e/ou barganhar com competidores.
- Tamanho grande o suficiente para financiar altos gastos com P&D em longos períodos.
- Menores *lead times*.
- Preparo para correr altos riscos.
- Identificação prévia de possíveis mercados.
- Atenção com relação nos potenciais mercados e esforços para ajudar, envolver e educar os usuários do produto.
- Empreendedorismo forte o suficiente para coordenar os setores de P&D, produção e marketing.
- Boa comunicação com o meio científico externo e com os clientes.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Apresentação do case

A Cliever surgiu com o crescimento das impressoras 3D em 2012. Os altos preços dos produtos importados trazia a solução da Cliever extremamente competitiva, utilizando o método FDM (deposição de material fundido), explorando um mercado novo que é o de pequenas e médias empresas. Com a entrada de novos competidores norte-americanos e chineses a Cliever mudou sua estratégia de negócio, criando uma nova aplicação profissional utilizando uma nova tecnologia (CNI, 2017).

Com três anos de pesquisa a Cliever desenvolveu um novo produto. Para conseguir a qualidade de impressão pretendida, investiu na tecnologia da estereolitografia, que solidifica camadas de uma resina líquida, por meio da luz gerada por um feixe de laser que é utilizada por sua impressora SL1 (CNI, 2017).

Obteve investimentos de dois milhões de reais do Fundo Criatec 2 para finalizar o projeto do modelo SL1, finalmente lançado em abril de 2016. O equipamento é portátil, rápido e de fácil utilização, graças ao software, capaz de ler 13 diferentes programas de modelagem. Fez parcerias com empresas produtoras de polímero para a criação

de uma matéria prima na utilização em suas impressoras 3D (CNI, 2017).

3.2 Análise do Case

Entender o papel da tecnologia e seus impactos na economia e sociedade é uma das principais características do arquétipo empreendedor no modelo neo-schumpeteriano. É observável no case da Cliever tanto características do schumpeterianismo, como do neo-schumpeterianismo.

Olhando na visão de Freeman sobre as determinantes que ditam a direção e escala da atividade inovadora, podemos destacar dois momentos chaves na vida da Cliever: o primeiro momento sendo a entrada dos concorrentes que, devido a demanda do mercado por impressoras 3D, entraram como seus concorrentes. O segundo momento foi a resposta a esses novos entrantes, com a criação de uma nova tecnologia de maior precisão.

No primeiro momento após a entrada da Cliever no mercado de impressora 3D, ela estava aproveitando o impulso inovador oferecido pela tecnologia das impressoras, oferecendo uma solução barata em comparação a concorrência explorando um novo mercado de pequenas e médias empresas. Com a nova demanda do mercado, outras empresas entraram na competição abaixando os preços das impressoras, como empresas chinesas e norte americanas. Esta condição contém as duas forças motoras descrito por Freeman, o *technoly push* e o *demand pull*.

No segundo momento, observando o avanço dos competidores a Cliever investe na nova tecnologia de estereolitografia, explorando mercados profissionais e industriais, pode-se analisar que a tecnologia desenvolvida pela Cliever passa a assumir o papel da força tecnológica exploradora de novos mercados.

Pode-se usar a perspectiva baseada em capacitação por Burgelman para mostrar a evolução da Cliever. A princípio a capacidade da Cliever foi a capacitação do seu fundador em automação, que foram fontes para a descoberta da oportunidade de um mercado de impressora 3D no Brasil inexplorado, obtendo experiência na construção da impressora 3D CL1 aumentando seu grupo e sua capacitação. Esse aumento na capacitação da empresa permitiu que ela entrasse em uma nova estratégia de investir no ramo de próstético.

Devido aos novos concorrentes a Cliever optou por uma estratégia de desenvolvimento de tecnologia de ponta, que trouxe uma vantagem competitiva em relação aos concorrentes, se colocando em uma porção do mercado onde poucas empresas poderiam entrar, que foi o desenvolvimento da SL1, utilizando a tecnologia de estereolitografia para solidificar o polímero líquido, em vez da deposição de material fundido que é o mais comum na impressoras. Esta estratégia trouxe novamente inúmeras experiências e capacitação para empresa, destacando a parceria com a indústria de polímero para o desenvolvimento de uma matéria prima especial para uso de alta precisão na utilização em suas impressoras.

É possível analisar também as características de um empreendimento inovador

descrito por Freeman e compará-lo com os da Cliever, como mostra na figura 2:

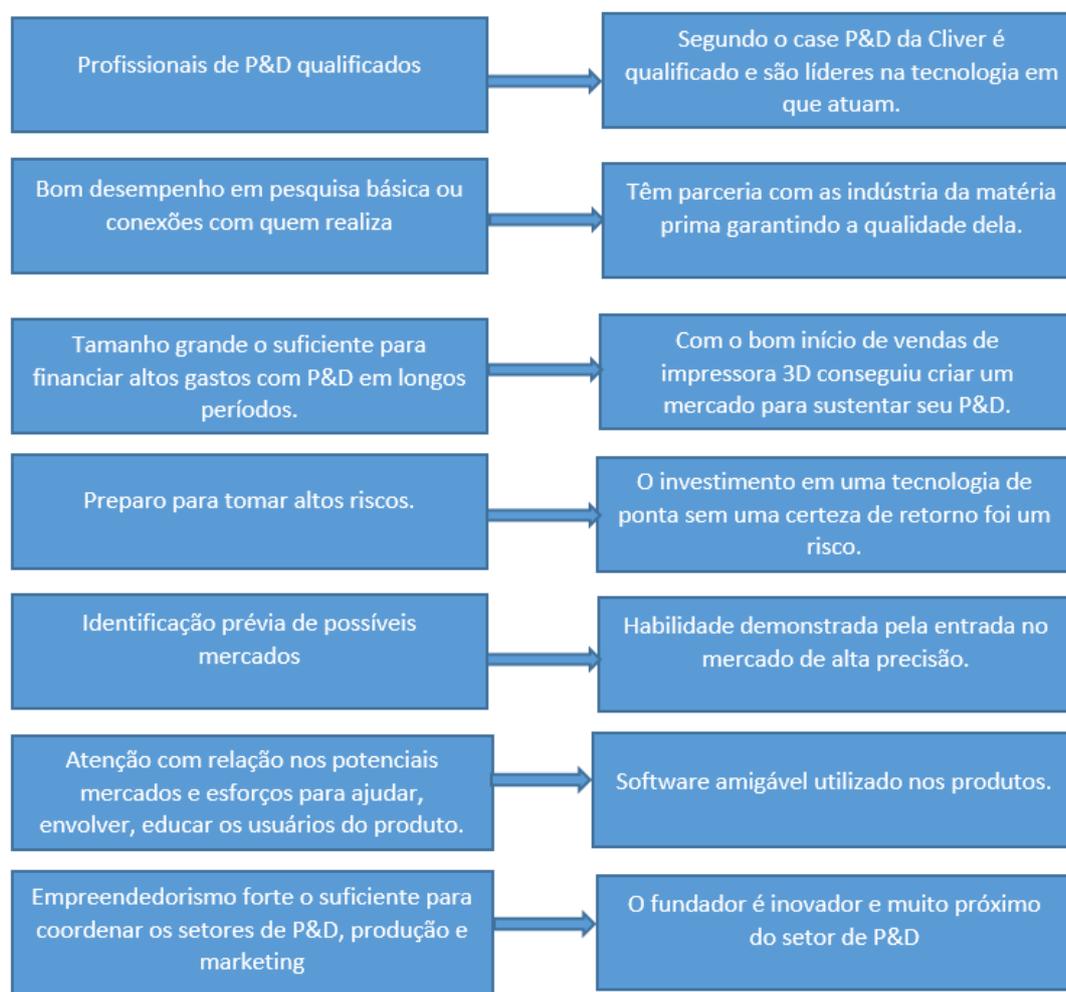


Figura 2: Análise das características de empresas inovadoras na visão de Freeman no case Cliever

Das 10 características de uma empresa inovadora descritas por Freeman é possível detectar 8 em que a Cliever realiza e duas merecem atenção especial: a parceria com a indústria da matéria prima (estratégia tecnológica que dividiu os esforços de avanço, trazendo uma mão de obra especializada em outra área de atuação para seus produtos) e a identificação prévia de novos mercados.

No case Cliever percebemos claramente que a estratégia de inovação da empresa foi lançar um novo modelo de impressora 3D de alta precisão para obter uma vantagem competitiva junto aos concorrentes, haja vista que esse mercado ainda não era explorado no Brasil. Pela análise fica claro que, no caso da Cliever, a captação de capital pelo programa CRIATEC 2 possibilitou o desenvolvimento do novo projeto com significativo aumento de faturamento e, conseqüentemente, lucro a partir de 2016 conforme pode ser visto na figura 3.



Figura 3: gráfico do crescimento do Faturamento da Cliever entre 2012 e 2016, pós captação de crédito para lançamento da impressora 3D SL1.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de análise sobre a ótica do modelo Neo-schumpeteriano esclarece a evolução do caso Cliever, por tratar a inovação como uma maneira de adquirir vantagem competitiva, alcançando mercados não antes explorados pela tecnologia de impressora 3D no Brasil.

As forças do mercado descritas por Freeman, trouxe uma análise de como a competitividade se comportou durante a evolução do mercado de impressoras 3D no Brasil, dividindo em duas etapas importantes, na etapa de exploração tecnológica “*technology push*” e etapa de exploração de demanda “*Demand pull*”.

A perspectiva de Burgelman traz um *insight* dos passos tomados pela Cliever, mostrando como foram capitalizados os sucessos obtidos e utilizados para um posterior avanço tecnológico. Este perfil vêm trazendo uma diferenciação da Cliever frente aos competidoras no mercado, exibindo uma capacidade de evolução.

REFERÊNCIAS

Burgelman, R.A. and R.S. Rosenbloom, *Technology strategy: an evolutionary process perspective*. Research on technological innovation, management and policy, 1989. 4(1): p. 1-23.

CNI/SEBRAE, *Inovar é Criar Valor: 22 Casos de Inovação em Micro, Pequenas, Médias e Grandes Empresas*. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas.– Brasília: CNI, 2017., 2017.

Conceição, O.A.C., *A centralidade do conceito de inovação tecnológica no processo de mudança estrutural*. Ensaio FEE, 2000. 21(2): p. 58-76.

Costa, A.B., *O desenvolvimento econômico na visão de Joseph Schumpeter*. Cadernos IHU ideias, 2006. 4(47): p. 1-16.

Freeman, C., *The economics of industrial innovation*. 1982.

TIGRE, P.B., *Gestão da inovação*. Campus, 2006.

Velho, L., *Christopher Freeman-The Determinants of Innovation*. RBI-Revista Brasileira de Inovação, 2010. **9**(2): p. 215-230.

ESTUDO COMPARATIVO DE SOBRETENSÕES ATMOSFÉRICAS EM DIFERENTES MODELOS DE TORRES DE TRANSMISSÃO

Raniere Varon Fernandes Mimoso

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Salvador – Bahia

Guilherme Saldanha Kroetz

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Salvador – Bahia

Daniel Travassos Afonso Bomfim

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Salvador – Bahia

Frederico Ramos Cesário

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Salvador – Bahia

RESUMO: Este trabalho apresenta um estudo comparativo das sobretensões atmosféricas em diferentes modelos de torres de transmissão através do programa ATP. Foram implementados três modelos de torres: o modelo geométrico simples tronco de cone e os modelos de múltiplos estágios sem perdas e de Ishii. Verificou-se que, o modelo geométrico simples apresentou um valor de sobretensão muito elevado em comparação com os demais modelos, e que o modelo de Ishii, apesar de ter sido desenvolvido com base em experimentos em uma torre de 62,8m e 500kV, obteve ótimos resultados para uma torre de 25,1m e 138kV.

PALAVRAS-CHAVES: ATP; Descargas Atmosféricas; Torre de Transmissão; Modelo de

Ishii.

COMPARATIVE STUDY OF LIGHTNING OVERVOLTAGES IN DIFFERENT MODELS OF TRANSMISSION TOWERS

ABSTRACT: This paper presents a comparative study of lightning overvoltages in different models of transmission towers through the ATP program. Three tower models were implemented: the cone trunk geometric model, the no-loss model and the Ishii model. The results have shown that the geometric model presented a very high overvoltage value when compared to the other models, and that the Ishii model, although it was developed based on experiments in a tower of 62,8m and 500kV, obtained excellent results for the tower under analysis of 25,1m and 138kV.

KEYWORDS: ATP; Lightning Surge; Transmission Tower; Ishii Model.

1 | INTRODUÇÃO

O desempenho de linhas de transmissão frente a surtos atmosféricos é de grande interesse por parte das concessionárias de transmissão de energia elétrica, tendo em vista a possível interrupção no fornecimento de energia às diversas cargas conectadas às

linhas, em especial às indústrias. Deste modo, os modelos da torre de transmissão em simulações computacionais devem ser o mais próximo possível da realidade. Estima-se que entre 40 a 70% dos desligamentos de linhas de transmissão são provocados por um fenômeno conhecido como backflashover [1], que ocorre quando a rigidez dielétrica do ar, na incidência de uma descarga atmosférica, é rompida, gerando um arco elétrico entre a torre e a fase. O correto dimensionamento da torre de transmissão e do aterramento reduzem as sobretensões nas cadeias de isoladores, reduzindo assim, a incidência do backflashover.

A impedância de uma torre de transmissão vista como um condutor vertical foi estudada por meio de abordagens experimentais [2,3], por meio da teoria de circuitos [4], e pela abordagem eletromagnética [5,6]. A impedância de surto da torre depende da geometria da mesma e da forma e tempo de frente da corrente injetada. Neste trabalho, diferentes modelos de torre de transmissão foram analisados: o modelo aproximado por geometria simples (tronco de cones [7]); o modelo composto por linhas sem perdas [8]; e o modelo de múltiplos níveis de Ishii [3]. No presente artigo é realizado um estudo comparativo das sobretensões atmosféricas em diferentes modelos de torres de transmissão por meio do programa ATP.

2 I MODELOS APLICADOS AO ESTUDO DAS SOBRETENSÕES ATMOSFÉRICAS

Nesta seção apresenta-se o programa ATP e os modelos da haste de aterramento da torre e os modelos de torres de transmissão: o modelo aproximado por geometria simples; o modelo composto por linhas sem perdas; e o modelo de múltiplos níveis de Ishii.

2.1 Programa ATP

O ATP (Alternative Transients Program) é um programa do tipo EMTP (Electromagnetic Transient Program). É o software mais utilizado entre pesquisadores, pois é robusto e confiável nos estudos de transitórios eletromagnéticos em sistemas elétricos de potência.

2.2 Modelos Aproximados por Geometria Simples

Nestes modelos, utiliza-se a teoria de campos eletromagnéticos para a obtenção das impedâncias de surto, e a torre é modelada através de formas geométricas simples, como cones, cilindros ou troncos. Foram os primeiros modelos de torre de transmissão, deste modo, são úteis para a obtenção da tensão de surto da torre (tensão no topo), pois neste modelo, a impedância de surto representa a torre por completo, sem distinção das seções referentes a cada braço da mesma. O modelo utilizado para a representação da torre foi a aproximação por troncos de cone. Este modelo pode ser observado na Figura 1-(d).

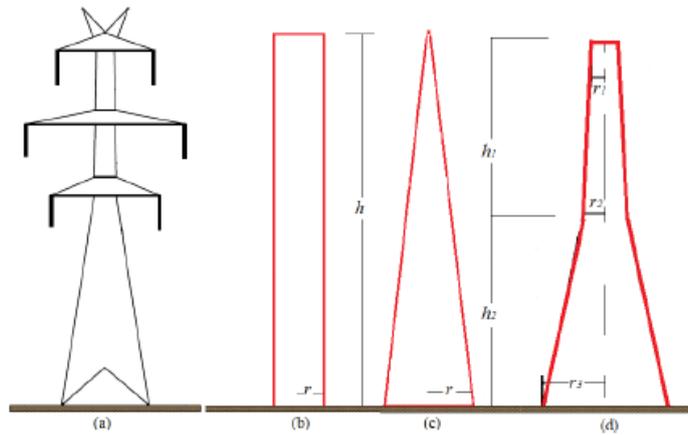


Figura 1. (a) Silhueta de uma torre de alta tensão; Aproximações (b) cilíndrica, (c) cônica e (d) por troncos de cone [7].

A equação utilizada para o cálculo da impedância de surto da torre aproximada por troncos de cone é dada por:

$$Z_T = 60 \ln \left(\cot \left(\frac{1}{2} \tan^{-1} T \right) \right) \quad (1)$$

onde T é dado por:

$$T = \frac{r_1 h_2 + r_2 (h_1 + h_2) + r_3 h_1}{(h_1 + h_2)^2} \quad (2)$$

2.3 Modelos Compostos por Linhas sem Perdas

A representação deste modelo pode ser observada através da Figura 2.

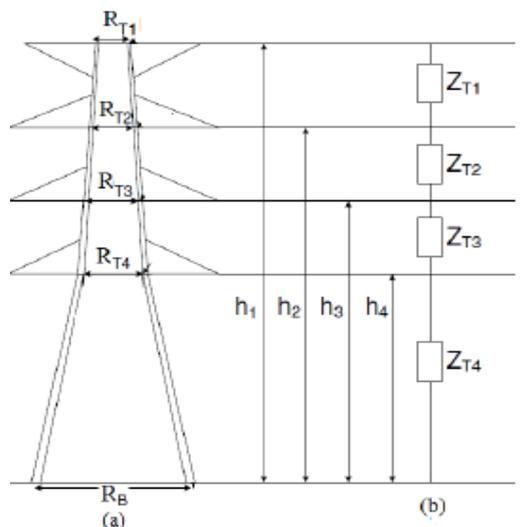


Figura 2. (a) Silhueta de uma torre de alta tensão; (b) Impedância de surto para cada trecho.

Neste modelo, a torre de transmissão é segmentada em quatro seções, cada uma representada por uma impedância de surto a parâmetros distribuídos (Figura 2). A torre de transmissão é representada por linhas curtas sem perdas, que representam as pernas, as barras inclinadas e os braços da torre. As tensões obtidas computacionalmente por [7] estão de acordo com as tensões obtidas experimentalmente, deste modo, os autores propuseram uma equação empírica para o cálculo da impedância de surto para cada seção da torre. Neste trabalho, utilizou-se os mesmos parâmetros da torre de transmissão modelada em [9].

2.4 Modelo de Torre de Múltiplos Níveis de Ishii

A torre de transmissão é representada por quatro impedâncias de surto a parâmetros distribuídos Z_i , como ilustrado na Figura 3. Para representação da distorção e atenuação da onda viajante, um circuito paralelo RL é inserido em cada seção. Os valores dos resistores e indutores são definidos através das seguintes equações:

$$R_i = \Delta R_i * x_i \quad (3)$$

$$L_i = 2\tau R_i \quad (4)$$

$$\Delta R_1 = \Delta R_2 = \Delta R_3 = \frac{2Z_{t1}}{(h - x_4)} * \ln\left(\frac{1}{\alpha_1}\right) \quad (5)$$

$$\Delta R_4 = \frac{2Z_{t2}}{h} * \ln\left(\frac{1}{\alpha_4}\right) \quad (6)$$

onde

τ - Tempo de propagação ao longo da torre $\left(\frac{h}{c}\right)$;

h - Altura da torre;

c - Velocidade de propagação da onda na torre;

$\alpha_1 = \alpha_4$ - Atenuação ao longo da torre = 0,8;

R_f - Resistência de aterramento;

Z_t - Impedância de surto.

Os valores ótimos encontrados para o modelo de torre de transmissão de Ishii foram de 220Ω e 150Ω para as impedâncias de surto Z_{t1} e Z_{t2} respectivamente. Estes valores foram obtidos empiricamente, com o objetivo de se obter os mesmos valores experimentais medidos em uma torre de transmissão de 500kV, com altura de 61,8m. Neste modelo, para diferentes alturas de torres de transmissão, as impedâncias de surto de cada trecho não se alteram, todavia, os parâmetros RL devem ser calculados sempre que a altura for alterada. Ishii considerou um valor mais alto de Z_{t1} devido ao

elevado valor da impedância de transferência na cadeia de isoladores quando o cabo-guarda está conectado à torre; e também devido à indução instantânea da tensão no cabo-guarda, o que leva a uma superestimação do efeito de acoplamento entre os cabos-guarda e os condutores fase [10].

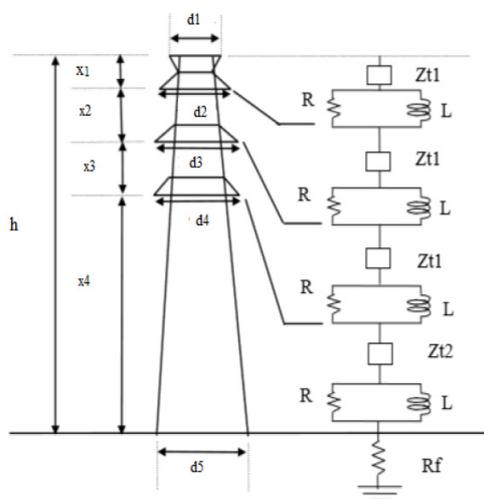


Figura 3. Modelo multinível proposto por Ishii [3].

2.5 Modelo da Haste de Aterramento

A haste de aterramento é representada por um circuito RLC e a modelagem matemática é realizada através das equações de Sunde [11].

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} * \left[\ln \frac{4l}{r} - 1 \right] \quad (7)$$

$$C = 2\pi\epsilon l * \left[\ln \frac{4l}{r} - 1 \right]^{-1} \quad (8)$$

$$L = \frac{\mu l}{2\pi} * \left[\ln \frac{2l}{r} - 1 \right] \quad (9)$$

onde:

R - É a resistência de aterramento da haste (Ω);

C - É a capacitância da haste (F);

L - É a indutância da haste (H);

l - É o comprimento da haste (m);

r - É raio da haste (m);

μ - É a permeabilidade magnética do solo (considerada igual à do ar) (H/m);

ϵ - É a permissividade elétrica do solo (F/m);

ρ - É a resistividade do solo ($\Omega.m$);

3 | METODOLOGIA

No ATPDraw, as linhas de transmissão foram representadas pelo modelo LCC de Bergeron, ambas de 138kV. A corrente de descarga incide diretamente no topo da torre, e foi representada pela função de Heidler [12] com amplitude de 45,3kA, tempo de frente de $5,6\mu\text{s}$ e tempo de cauda de $53,5\mu\text{s}$. A resistividade do solo escolhida foi de $500\ \Omega\cdot\text{m}$. Considerou-se uma velocidade de propagação da onda na torre de $280\cdot 10^6\ \text{m/s}$. Os parâmetros da linha de transmissão encontram-se na tabela 1. A configuração da torre de transmissão pode ser observada na Figura 4 [9]. No modelo de aterramento, considerou-se uma haste de $\frac{3}{4}$ "x1,5m, permissividade relativa do solo de 10 e permeabilidade relativa do solo unitária.

O valor calculado da impedância de surto do modelo de geometria simples, para a torre da Figura 4, foi de $201\ \Omega$. O modelo de torre sem perdas foi utilizado para validação, pois [9] utilizou o mesmo modelo de torre e a mesma configuração de linha de transmissão. A impedância utilizada para este modelo foi de $180\ \Omega$ para cada seção. Já no modelo de torre de Ishii, foram utilizadas impedâncias de surto Z_{t1} e Z_{t2} de $220\ \Omega$ e $150\ \Omega$, respectivamente. Foi simulado também o modelo de torre de Ishii com $Z_{t1} = Z_{t2} = 180\ \Omega$. É válido ressaltar que alterando Z_t , altera-se, no modelo de Ishii, os parâmetros RL.

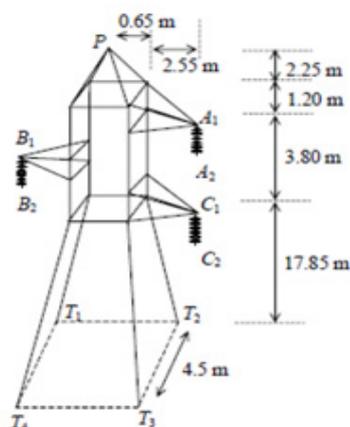


Figura 4. Configuração da torre do modelo de linhas sem perdas.

Tipo	Fase	Guarda
Comprimento do Vão (m)	300	300
Flechas (m)	7	4
Raio Interno (cm)	0,2976	0
Raio Externo (cm)	0,9155	0,476
Resistência em CC ($\Omega\cdot\text{km}$)	0,2032	3,81

Tabela 1. Parâmetros da linha de transmissão.

4 | RESULTADOS

Esta seção apresenta as tensões calculadas no topo da torre de transmissão e nas cadeias de isoladores dos diferentes modelos de torres de transmissão. Como a tensão nas fases são muito próximas, para efeito de análise, nas Figuras 5 e 6, apenas as tensões na fase A estão inseridas. A comparação entre os resultados pode ser melhor visualizada através da tabela 2, onde *1: $Z_{t1} = 220\Omega$ e $Z_{t2} = 150\Omega$; e *2: $Z_{t1} = Z_{t2} = 180\Omega$.

O erro entre os valores de sobretensão no topo da torre do modelo sem perdas em relação ao calculado em [9] foi de 1,74%, validando a simulação. O modelo de geometria simples, apresentou a maior sobretensão atmosférica, chegando a 4,15MV, ultrapassando em aproximadamente 1,2MV o valor de [9]. Este valor elevado ocorre, pois o modelo geométrico simples não leva em consideração os braços da torre, aumentando sua impedância de surto. É possível observar também, de acordo com a Figura 5 e 6, que os valores de pico (valores de interesse do presente artigo) das sobretensões no topo da torre e na fase A do modelo sem perdas e de Ishii atingiram valores próximos. O valor mais elevado de Ishii se deve ao fato do mesmo utilizar impedâncias de surto Z_{t1} maiores que a do modelo de torre sem perdas. O atraso da onda no modelo de Ishii em relação ao do modelo sem perdas ocorre em decorrência da inclusão do fenômeno da dispersão.

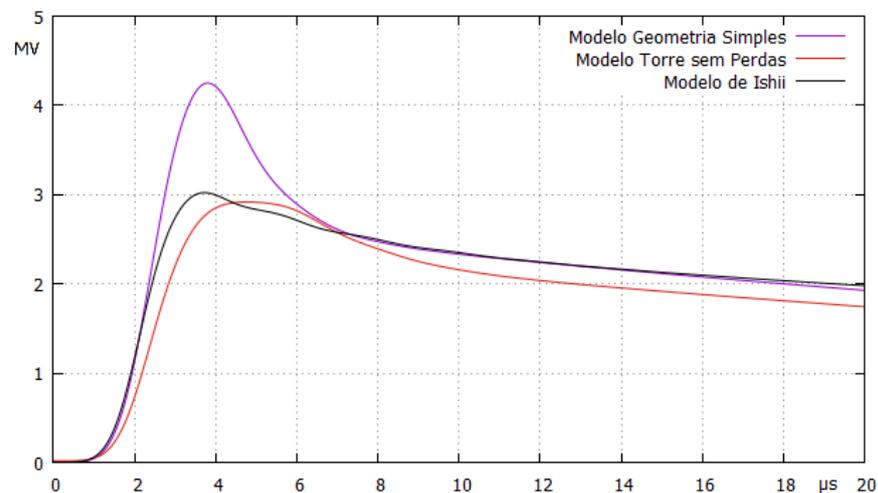


Figura 5. Sobretensões atmosféricas no topo das torres de transmissão.

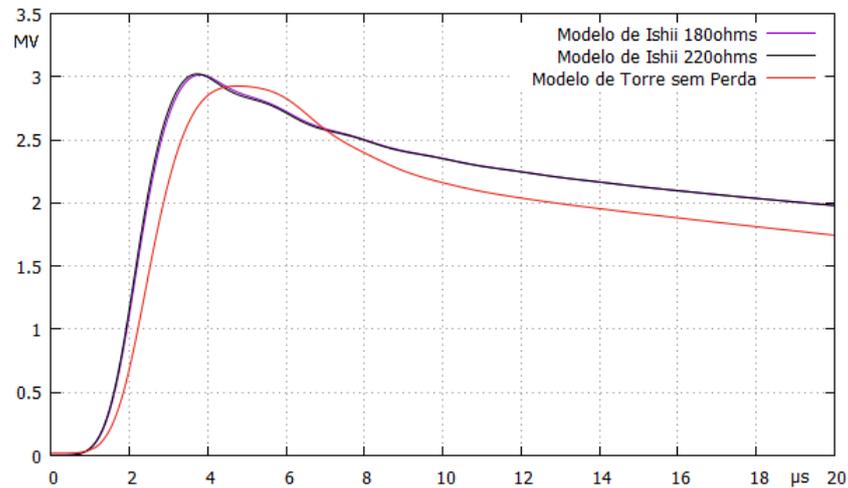


Figura 6. Sobretensões atmosféricas na fase A do modelo sem perdas e de Ishii para Z_t 's de 180 e 220 Ω .

Modelo	V_{topo} [MVA]	[MVA]
Geometria Simples	4,15	-
Linhas sem Perdas	2,92	2,9
Ishii*1	3,01	3
Ishii*2	3,02	3
[9]	2,87	2,85

Tabela 2. Sobretensões atmosféricas no topo e na fase A em diferentes modelos de torre de transmissão.

5 | CONCLUSÃO

Este trabalho analisou o desempenho de diferentes modelos de torres de transmissão frente às descargas atmosféricas. Foram simulados no programa ATP o modelo geométrico simples tronco de cone, o modelo sem perdas e o modelo de Ishii com dois valores de impedância de surto (180 Ω e 220 Ω). Verificou-se que, o modelo geométrico simples apresentou um valor de sobretensão muito elevado em comparação com os demais modelos (1,2MV a mais), isto se deve ao fato deste modelo levar em consideração os braços da torre. Já as sobretensões no topo da torre e nas fases dos modelos sem perdas e de Ishii, apresentaram valores bem próximos, comprovando que o modelo de Ishii, apesar de ter sido desenvolvido com base em experimentos em uma torre de 62,8m e 500kV, pode ser utilizado para representar torres com nível de tensão 138kV e altura de 25,1m.

REFERÊNCIAS

¹SHUWEN, W. e WENXIN, S. **Backflashover protection performance analysis of 220kV double circuit transmission line**. APPEEC, 2011.

²KAWAY, M. **Studies of the surge response on a transmission line tower**. IEEE Trans Power Apparatus Syst, pp: 30–34, Jan, 1964.

- ³ISHII, M et al., **Multistory transmission tower model for lightning surge analysis**, IEEE Trans. Power Delivery, vol. PWRD-6, no. 3, p. 1372, Jul. 1991.
- ⁴AMETANI, A. e KAWAMURA T. **A Method of a Lightning Surge Analysis Recommended in Japan using EMTP**, IEEE Trans. Power Delivery, vol. 20, no 2, Abril, 2005.
- ⁵BABA, Y. e ISHII M. **Numerical Electromagnetic Field Analysis of Tower Surge 66 Response**. IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 12, no 1, Janeiro, 1997.
- ⁶NODA, T. **A Tower Model for Lightning Overvoltage Studies Based on the Result of an FDTD Simulation**. Electrical Engineering in Japan, vol. 164, no 1, 2008, Criepe, Japão.
- ⁷CHISHOLM, W.A., CHOW Y. L. e SRIVASTAVA K. D. **Lightning Surge Response of Transmission Tower**. IEEE Trans., vol. PAS-102, 1983.
- ⁸SALARI J. C., PORTELA C. **A Methodology for Electromagnetic Transient Calculations**. IEEE Transaction on Power Delivery, 2007.
- ⁹VASCONCELLOS, F. M. e MOREIRA, F.A. **Avaliação e Dimensionamento de Sistemas de Aterramento para Redução de Desligamentos de uma Linha Transmissão de 138kV por Backflashover**. XII Conferência Brasileira de Qualidade de Energia Elétrica, 2017.
- ¹⁰KROETZ, G. S., MOREIRA, F. A. e NOVO, M. S. **Estudo Comparativo de Sobretensões Atmosféricas em Linhas de Transmissão Devido às Descargas em Torres por meio do Método FDTD e do Programa ATP**. SBSE 2016 – Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, 2016.
- ¹¹SUNDE, E. D. **Earth Conduction Effects in Transmission Systems**, 1949.
- ¹²HEIDLER, F. **Calculation of Lightning Current Parameters**, IEEE Trans. 1999.

ESTUDO COMPARATIVO DO DESEMPENHO DE ATERRAMENTO EM TORRES DE TRANSMISSÃO

Daniel Travassos Afonso Bomfim

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Salvador – Bahia

Guilherme Saldanha Kroetz

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Salvador – Bahia

Raniere Varon Fernandes Mimoso

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Salvador – Bahia

Frederico Ramos Cesário

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Salvador – Bahia

RESUMO: Este trabalho apresenta um estudo do desempenho de sistemas de aterramento de torres de transmissão frente às descargas atmosféricas através do programa ATP. Utilizou-se os modelos de torre sem perdas e o de Ishii para a modelagem da torre de transmissão. Foram analisadas diferentes configurações de sistemas de aterramento, variando-se o comprimento das hastes e contrapesos. Verificou-se que a inserção da haste quando se utiliza cabo contrapeso de comprimento elevado não é efetivo na redução da sobretensão e que os modelos de torre sem perdas e de Ishii apresentaram resultados bem próximos entre si.

PALAVRAS-CHAVES: ATP; Descargas

Atmosféricas; Aterramento; Modelo de Ishii.

COMPARATIVE STUDY OF LIGHTNING OVERVOLTAGES IN DIFFERENT MODELS OF TRANSMISSION TOWERS

ABSTRACT: This work presents a study of the performance of grounding systems of transmission towers against atmospheric discharges through the ATP program. It was used the models of tower without losses and the one of Ishii for the modeling of the tower of transmission. Different configurations of grounding systems were analyzed, varying the length of the rods and counterweights. It was verified that the insertion of the rod when using high-weight counterweight cable is not effective in reducing the overvoltage, and that the Ishii-lossless tower models showed results very close to each other.

KEYWORDS: ATP; Lightning Surge; Grounding; Ishii Model.

1 | INTRODUÇÃO

O desempenho de sistemas de aterramento frente a surtos atmosféricos é de grande valia na redução das sobretensões atmosféricas em torres de transmissão, evitando o possível desligamento de linhas de transmissão, o que

afeta as diversas cargas conectadas às linhas, em especial as indústrias. Deste modo, o sistema de aterramento em simulações computacionais deve ser o mais próximo possível da realidade. O fenômeno de backflashover ocasiona desligamentos de linhas de transmissão (entre 40 a 70%) [7], e o mesmo ocorre quando a rigidez dielétrica do ar, na incidência de uma descarga atmosférica, é rompida, gerando um arco elétrico entre a torre e a fase. O correto dimensionamento da torre de transmissão e do aterramento reduzem as sobretensões nas cadeias de isoladores, reduzindo assim, a incidência do backflashover. Um eficiente sistema de aterramento reduz a ocorrência deste fenômeno.

A modelagem da impedância de aterramento de uma torre de transmissão é importante neste tipo de estudo. Em baixas frequências, a haste é modelada por uma resistência, já para altas frequências, a mesma é modelada por uma impedância a parâmetros concentrados [3,1]. Neste trabalho, através do programa ATP (Alternative Transients Program), avalia-se o efeito de diferentes configurações de aterramento (haste e cabo contrapeso) nas sobretensões atmosféricas em torres de transmissão.

2 | MODELOS APLICADOS AO ESTUDO DAS SOBRETENSÕES ATMOSFÉRICAS

Nesta seção serão apresentados: os modelos da torre de transmissão e os modelos da haste e contrapeso de aterramento da torre.

2.1 Modelo de Torre sem Perdas

A representação deste modelo pode ser observada através da Figura 1. Neste modelo, a torre de transmissão é segmentada em quatro seções, cada uma representada por uma impedância de surto a parâmetros distribuídos. A torre de transmissão é representada por linhas curtas sem perdas, que representam as pernas, as barras inclinadas e os braços da torre. As tensões obtidas computacionalmente por [2] estão de acordo com as tensões obtidas experimentalmente, deste modo, os autores propuseram uma equação empírica para o cálculo da impedância de surto para cada seção da torre. Neste trabalho, utilizou-se os mesmos parâmetros da torre de transmissão modelada em [9].

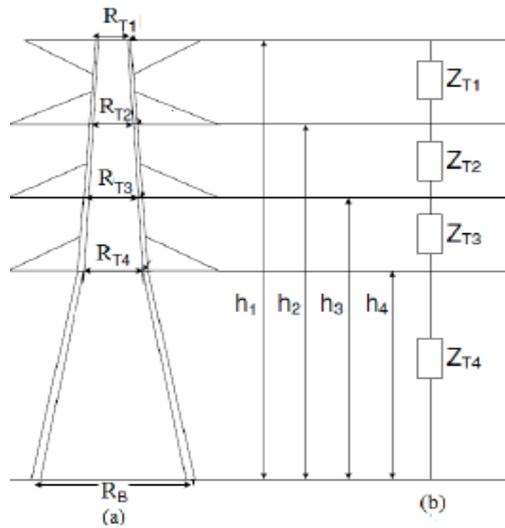


Figura 1. (a) Silhueta de uma torre de alta tensão; (b) Impedância de surto para cada trecho.

2.2 Modelo de Torre de Múltiplos Níveis de Ishii

A torre de transmissão é representada por quatro impedâncias de surto à parâmetros distribuídos Z_i , como ilustrado na Figura 2. Para representação da distorção e atenuação da onda viajante, um circuito paralelo RL é inserido em cada seção. Os valores dos resistores e indutores são definidos através das seguintes equações [5]:

$$R_i = \Delta R_i * x_i \quad (1)$$

$$L_i = 2\tau R_i \quad (2)$$

$$\Delta R_1 = \Delta R_2 = \Delta R_3 = \frac{2Z_{t1}}{(h - x_4)} * \ln\left(\frac{1}{\alpha_1}\right) \quad (3)$$

$$\Delta R_4 = \frac{2Z_{t2}}{h} * \ln\left(\frac{1}{\alpha_4}\right) \quad (4)$$

onde

τ - Tempo de propagação ao longo da torre ($\frac{h}{c}$);

h - Altura da torre;

c - Velocidade de propagação da onda na torre;

$\alpha_1 = \alpha_4$ - Atenuação ao longo da torre = 0,8;

R_f - Resistência de aterramento;

Z_t - Impedância de surto.

Os valores ótimos encontrados por Ishii, para seu modelo de torre de transmissão foram de 220Ω e 150Ω para as impedâncias de surto Z_{t1} e Z_{t2} respectivamente. Estes

valores foram obtidos empiricamente, com o objetivo de se obter os mesmos valores experimentais medidos em uma torre de transmissão de 500kV, com altura de 61,8m. Neste modelo, para diferentes alturas de torres de transmissão, as impedâncias de surto de cada trecho não se alteram, todavia, os parâmetros RL devem ser calculados sempre que a altura for alterada. Ishii considerou um valor mais alto de Z_{t1} devido ao elevado valor da impedância de transferência na cadeia de isoladores quando o cabo-guarda está conectado à torre; e também devido à indução instantânea da tensão no cabo-guarda, o que leva a uma superestimação do efeito de acoplamento entre os cabos-guarda e os condutores fase [6].

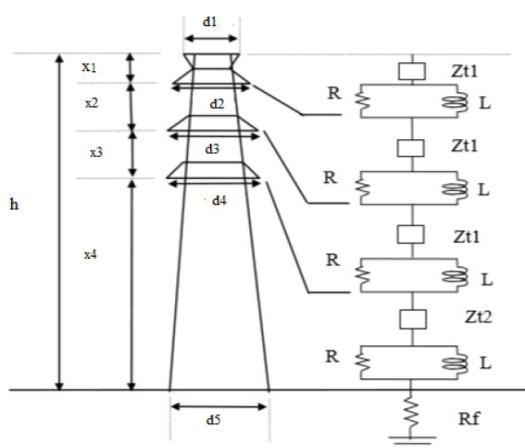


Figura 2. Modelo multinível proposto por Ishii [5].

2.3 Modelo da Haste de Aterramento

A haste de aterramento é representada por um circuito RLC e a modelagem matemática é realizada através das equações de Sunde [8].

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} * \left[\ln \frac{4l}{r} - 1 \right] \quad (5)$$

$$C = 2\pi\epsilon l * \left[\ln \frac{4l}{r} - 1 \right]^{-1} \quad (6)$$

$$L = \frac{\mu l}{2\pi} * \left[\ln \frac{2l}{r} - 1 \right] \quad (7)$$

onde:

R - É a resistência de aterramento da haste (Ω);

C - É a capacitância da haste (F);

L - É a indutância da haste (H);

l - É o comprimento da haste (m);

r - É raio da haste (m);

μ - É a permeabilidade magnética do solo (considerada igual à do ar) (H/m);

ε - É a permissividade elétrica do solo(F/m);
 ρ - É a resistividade do solo ($\Omega.m$).

2.4 Modelo do Contrapeso de Aterramento

O modelo de cabo de contrapeso é representado pelo circuito RLC do tipo , e seus valores também são obtidos através das expressões de Sunde [8].

$$R = \frac{l}{\pi r^2} * \rho_c \quad (8)$$

$$G^{-1} = \frac{\rho}{2\pi l} * \left[\ln \frac{4l}{\alpha} - 1 \right] \quad (9)$$

$$C = 2\pi\varepsilon * \left[\ln \frac{4l}{\alpha} - 1 \right] \quad (10)$$

$$L = \frac{\mu l}{\alpha} * \left[\ln \frac{2l}{\alpha} - 1 \right] \quad (11)$$

Em que:

R - É a resistência do condutor contrapeso (Ω);

G - É a condutância do condutor contrapeso (Ω^{-1});

C - É a capacitância do condutor contrapeso (F);

L - É a indutância do condutor contrapeso (H);

ρ_c - É a resistividade do condutor contrapeso ($\Omega.m$);

ρ - É a resistividade do solo ($\Omega.m$);

l - É o comprimento do condutor contrapeso (m);

r - É o raio do condutor contrapeso (m);

α - É $\sqrt{2.r.h}$ (m);

h - É a profundidade em que ficará enterrado o condutor contrapeso (m).

3 | METODOLOGIA

No ATPDraw, as linhas de transmissão foram representadas pelo modelo LCC de Bergeron, ambas de 138kV. A corrente de descarga incide diretamente no topo da torre, e foi representada pela função de Heidler [4] com amplitude de 45,3kA, tempo de frente de 5,6 μ s e tempo de cauda de 72 μ s. A resistividade do solo escolhida foi de 500 $\Omega.m$. Considerou-se uma velocidade de propagação da onda na torre de 280m/ μ s. Os parâmetros da linha de transmissão encontram-se na tabela 1. A configuração da torre de transmissão pode ser observada na Figura 3 [9]. No modelo de aterramento, considerou-se uma haste de 5/8"x2,4m; cabo contrapeso de aço-cobreado 4AWG enterrado a 60cm; permissividade relativa do solo de 10 e permeabilidade relativa do

solo unitária.

Tipo	Fase	Guarda
Comprimento do Vão (m)	300	300
Flechas (m)	7	4
Raio Interno (cm)	0,2976	0
Raio Externo (cm)	0,9155	0,476
Resistência em CC (Ω .km)	0,2032	3,81

Tabela 1. Parâmetros da linha de transmissão.

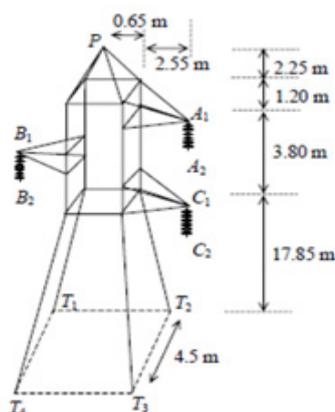


Figura 3. Configuração da torre do modelo de linhas sem perdas.

4 | RESULTADOS

Esta seção apresenta as tensões calculadas nas cadeias de isoladores a partir da simulação dos arranjos de aterramento. Como a tensão nas fases são muito próximas, para efeito de análise, apenas as tensões na fase A estão inseridas. Primeiramente, se analisou as sobretensões no modelo de Ishii (Figuras 4 e 5) e, em seguida, comparou-se os resultados obtidos nos dois modelos de torre de transmissão (Figura 6).

Como pode ser observado na Figura 4, com o aumento do diâmetro e do comprimento da haste, ocorre uma diminuição da sobretensão atmosférica. O menor valor de sobretensão ocorreu para a haste $\frac{3}{4}$ "x3m, como esperado. É possível observar também, de acordo com a Figura 5 que a inserção de uma haste no aterramento com contrapeso de 1m contribui na diminuição do valor da amplitude e da cauda da sobretensão, o mesmo não ocorre quando o cabo contrapeso apresenta um comprimento elevado. Outro fato é que a inclusão da haste quando utiliza-se cabo contrapeso de comprimento elevado não é efetivo na redução da sobretensão, em concordância com os resultados obtidos por [10]. O atraso da onda no modelo de Ishii em relação ao do modelo sem perdas ocorre em decorrência da inclusão do fenômeno da dispersão.

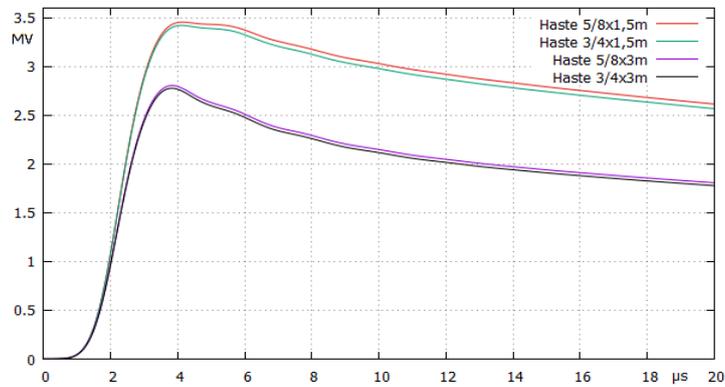


Figura 4. Sobretensões atmosféricas para diferentes comprimentos e bitolas de haste, utilizando o modelo de Ishii.

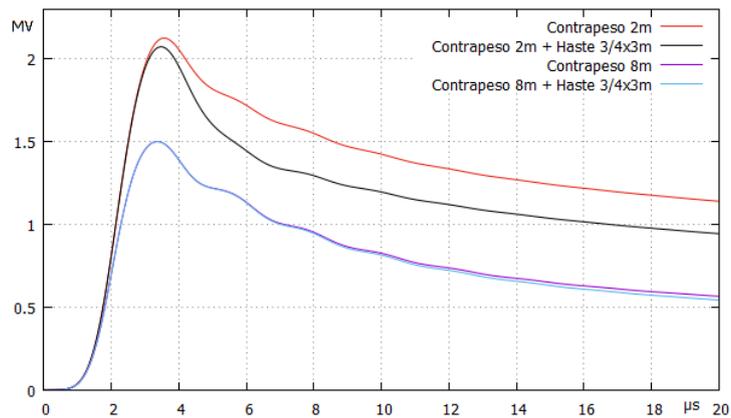


Figura 5. Sobretensões atmosféricas de diferentes arranjos de aterramento

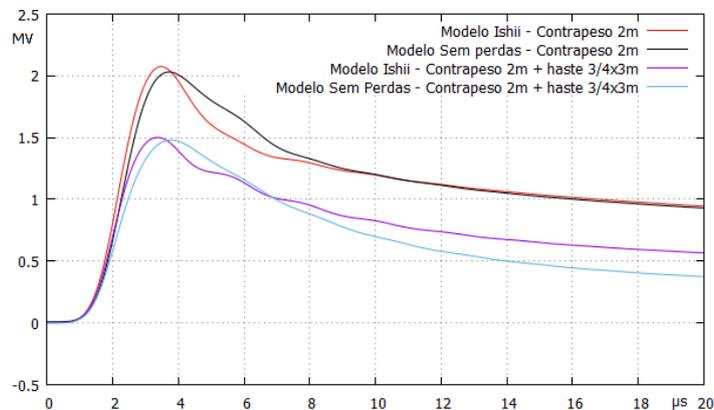


Figura 6. Sobretensões atmosféricas nos modelos sem perdas e de Ishii para diferentes arranjos de aterramento

A Figura 6 apresenta as sobretensões atmosféricas nos modelos sem perdas e de Ishii em duas configurações de aterramento, uma com cabo contrapeso de 2m e outra com cabo contrapeso de 2m e haste $\frac{3}{4}$ "x3m. É possível observar que as amplitudes são próximas, diferindo apenas na cauda quando a haste é inserida.

5 | CONCLUSÃO

Este trabalho analisou o desempenho de diferentes tipos de aterramento em

dois modelos de torres de transmissão (Ishii e linhas sem perdas) frente às descargas atmosféricas. Foram simulados no programa ATP os modelos de haste e de contrapeso, alterando-se o comprimento dos mesmos. Verificou-se que o sistema de aterramento apenas com a haste apresenta um valor de sobretensão muito elevado em comparação com os demais tipos, como esperado. É possível observar também, que a inserção de uma haste no aterramento com contrapeso de 1m contribui na diminuição do valor da amplitude e da cauda da sobretensão, o mesmo não ocorre quando o cabo contrapeso apresenta um comprimento elevado (maior que 8m). Outro fato é que a inclusão da haste quando se utiliza cabo contrapeso de comprimento elevado não é efetivo na redução da sobretensão. É importante salientar também que os modelos de torre sem perdas e de Ishii apresentaram resultados bem próximos entre si.

REFERÊNCIAS

- ¹ALIPIO, R. S. et al. **A discussion of circuit equivalentes of a vertical ground rod.** Proceedings of International Conference on Grounding and Earthing and 3rd International Conference on Lightning Physics and Effects, Forianopolis, 2008.
- ²CHISHOLM, W.A., CHOW Y. L. e SRIVASTAVA K. D. **Lightning Surge Response of Transmission Tower.** IEEE Trans., vol. PAS-102, 1983
- ³GRCEV, L. **Grounding systems modeling for high frequencies.** Proceedings of the IEEE Bologna Powertech Conference, Bolonha, Junho, 2003.
- ⁴HEIDLER, F. **Calculation of Lightning Current Parameters,** IEEE Trans. 1999.
- ⁵ISHII, M et al., **Multistory transmission tower model for lightning surge analysis,** IEEE Trans. Power Delivery, vol. PWRD-6, no. 3, p. 1372, Jul. 1991.
- ⁶KROETZ, G. S., MOREIRA, F.A. e NOVO, M. S. **Estudo Comparativo de Sobretensões Atmosféricas em Linhas de Transmissão Devido às Descargas em Torres por meio do Método FDTD e do Programa ATP.** SBSE 2016 – Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, 2016.
- ⁷SHUWEN, W. e WENXIN, S. **Backflashover protection performance analysis of 220kV double circuit transmission line.** APPEEC, 2011.
- ⁸SUNDE, E. D. **Earth Conduction Effects in Transmission Systems,** 1949.
- ⁹VASCONCELLOS, F. M. e MOREIRA, F.A. **Avaliação e Dimensionamento de Sistemas de Aterramento para Redução de Desligamentos de uma Linha Transmissão de 138kV por Backflashover.** XII Conferência Brasileira de Qualidade de Energia Elétrica, 2017.
- ¹⁰VASCONCELLOS, F. M. e MOREIRA, F.A. **Avaliação e Dimensionamento de Sistemas de Aterramento para Redução de Desligamentos de uma Linha Transmissão de 138kV por Backflashover.** XII Conferência Brasileira de Qualidade de Energia Elétrica, 2017.

ESTUDO DE PROCESSOS DE REUSO DE EFLUENTE EM UMA INDÚSTRIA TÊXTIL

Clara Rodrigues Pereira

Centro Universitário Senai Cimatec

Salvador – Bahia

Lílian Lefol Nani Guarieiro

Centro Universitário Senai Cimatec

Salvador - Bahia

RESUMO: Os processos de tingimento e acabamento são os principais responsáveis pela geração dos rejeitos têxteis, devido à sua composição de corantes que garantem a coloração do tecido. Assim, o objetivo deste artigo foi estudar e descrever os processos que vêm sendo empregados no tratamento de efluente têxtil para serem reutilizados no consumo interno da própria organização ou em outros fins. A metodologia aplicada foi a revisão sistemática utilizando palavras chaves sobre o tema e bases científicas de dados. Foi possível concluir que as técnicas de resina de troca iônica, fotólise direta, membranas de microfiltração e nanofiltração são as mais utilizadas no aprimoramento do processo de tratamento do efluente têxtil.

PALAVRAS-CHAVE: Indústrias têxteis; tratamento de efluente têxtil; reuso de água residual; efluente têxtil.

STUDY OF EFFLUENT REUSE PROCESSES IN A TEXTILE INDUSTRY

ABSTRACT: The dyeing and finishing processes are the main responsible for the generation of the textile waste, due to its composition of dyes that guarantee the coloring of the fabric. Thus, the objective of this article was to identify and study and describe the processes that have been used in the treatment of textile effluent to be reused in the internal consumption of the organization itself or for other purposes. The applied methodology was the systematic review using key words on the subject and scientific bases of data. It was possible to conclude that the techniques of ion exchange resin, direct photolysis, microfiltration and nanofiltration membranes are the most used in the improvement of the treatment process of the textile effluent.

KEYWORDS: Textile industries; treatment of textile effluent; residual water reuse; textile effluent.

1 | INTRODUÇÃO

O segmento têxtil tem se destacado mundialmente por ser um ramo industrial dinâmico, caracterizado pelo seu amplo conjunto de atividades produtivas. O Brasil assume o

quinto lugar mundial na produção de têxteis, em que 52,2% estão concentradas na região Sudeste, 28,3% na região Sul, 15,6% no Nordeste, 3,5% no Centro-Oeste e 0,4% no Norte [MENEGON, 2018].

No Brasil, assim como nos outros países, o processo de beneficiamento têxtil constitui de um conjunto de processos aplicados aos materiais deste segmento, em que o principal objetivo é transformá-los do estado cru em artigos brancos, tintos, estampados e acabados. Este processo passa por diversas etapas que vão desde a chegada da matéria-prima até o tecido estar pronto para o uso de diversos fins. As suas divisões são compostas pelas etapas: beneficiamento do algodão; fiação; engomagem; tecelagem; chamuscagem; desengomagem; alvejamento; mercerização; texturização; malharia; tingimento; estamparia; lavagem; acabamento; secagem; manufaturamento [QUEIROZ, 2016].

Tais etapas são responsáveis pela geração de efluentes, contendo produtos químicos e água industrial, são oriundas dos processos de: engomagem; desengomagem; cozimento; mercerização; alvejamento; tingimento; estamparia; acabamento [DUTRA, 2015]. Dentre os processos citados anteriormente, pode-se destacar os de tingimento e acabamento que são os principais geradores dos rejeitos têxteis, por apresentarem corantes que caracterizam a coloração e toxicidade do efluente, quando não conseguem ser fixados nas fibras.

Devido à sua alta solubilidade na água e à sua baixa capacidade em se alto degradar, o corante têxtil garante a este resíduo industrial, um alto nível de contaminação ao ser depositado no meio ambiente. O descarte do efluente têxtil em aquíferos naturais, se torna preocupante em relação à preservação ambiental no Brasil, uma vez que os esgotos que apresentam este tipo de resíduo são considerados como os mais poluentes nos setores industriais. Desta forma, muitas empresas têm buscado remediar estes efluentes, em busca de tratamento para os mesmos, afim de eliminar a sua toxicidade e lhe atribuir outras finalidades.

O impacto ambiental sofrido pelos rejeitos têxteis desperta interesse às organizações industriais que visam estudos e a implementação de práticas que possibilitem o reuso de água, com o intuito de reduzir o consumo e os custos de produção [ZANELLA, 2010]. Neste contexto, a escassez de água no Brasil é um fator que vem preocupando uma boa parte do país, principalmente a região nordeste, em que a falta de abastecimento, além de afetar a população, provoca danos consideráveis na economia, visto que, o consumo de água de muitas indústrias é realizado através de reservatórios, que estão cada vez mais vazios devido à ausência de chuva [PAIXÃO, 2016].

Diante deste cenário, muitas indústrias do segmento têxtil procuram alternativas de tratamento para eliminar os compostos tóxicos presentes nos efluentes. Alguns processos vêm sendo utilizados, como: biológicos (Aeróbico e Anaeróbico); coagulação química; físico-químicos; entre outros. Contudo, a eficiência destes processos não tem sido satisfatória, sendo necessário o desenvolvimento e/ou aplicação de técnicas

associadas a estes. Estudos demonstram que a associação de técnicas como ultrafiltração, nanofiltração e processos de oxidação eletroquímica podem trazer resultados satisfatórios quando comparados com os processos citados anteriormente [ZANELLA, 2010].

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi descrever e avaliar as vantagens e desvantagens das técnicas que vêm sendo empregadas na indústria têxtil, visando a remoção dos contaminantes presentes no efluente gerado para que ele possa ser reutilizado em outras etapas deste processo industrial.

2 | METODOLOGIA

A metodologia aplicada para o desenvolvimento deste estudo foi a revisão sistemática (Figura 1). Este método foi desenvolvido conforme as seguintes etapas: i) as palavras-chaves utilizadas em inglês foram “reuse of effluent”, “textile industry”, “textile dye”, “textile effluent”, “reuse of textile effluent”, “treatment of textile effluent”; ii) as bases de dados utilizadas para pesquisa foram Scopus (www.scopus.com), Science Direct (www.sciencedirect.com), Capes (www-periodicos-capes-gov-br.ez68.periodicos.capes.gov.br) e o Google Scholar (scholar.google.com.br/); iii) o período de busca estabelecido foi de 2010 a 2018; iv) foi verificado se o título dos artigos possuía a palavra – chave determinada; v) foi realizada a leitura dos resumos, conforme o filtro estabelecido (Figura 1).

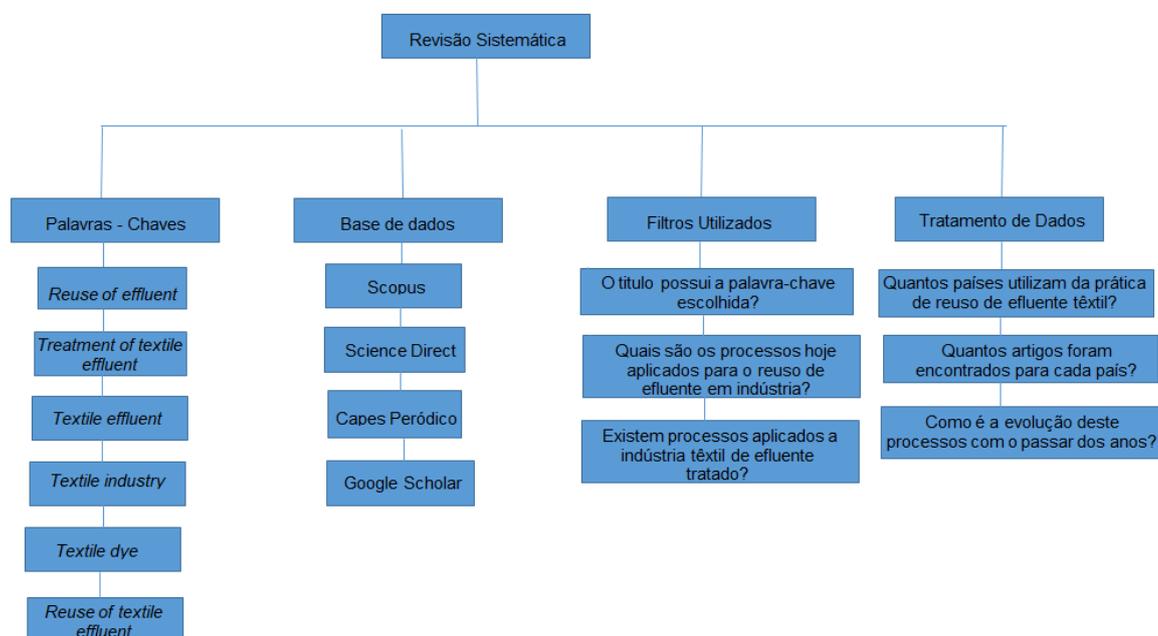


Figura 1. Fluxograma da Revisão sistemática.

O processo de tratamento de dados da revisão sistemática (Figura 1) foi fundamental para identificar os documentos essenciais para o desenvolvimento deste artigo e com isso, alcançar o objetivo proposto para este estudo.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da revisão sistemática foi possível obter informações importantes para o desenvolvimento do presente estudo. Foi realizada a leitura dos mesmos com o intuito de verificar quais direcionaram suas pesquisas para aplicação na indústria têxtil, apresentando os processos utilizados. Assim, foi possível obter 35 artigos com foco na indústria têxtil onde observa-se que tais pesquisas foram desenvolvidas apenas no Brasil, China, Espanha, Índia, Portugal, Tunísia e México (Figura 2).

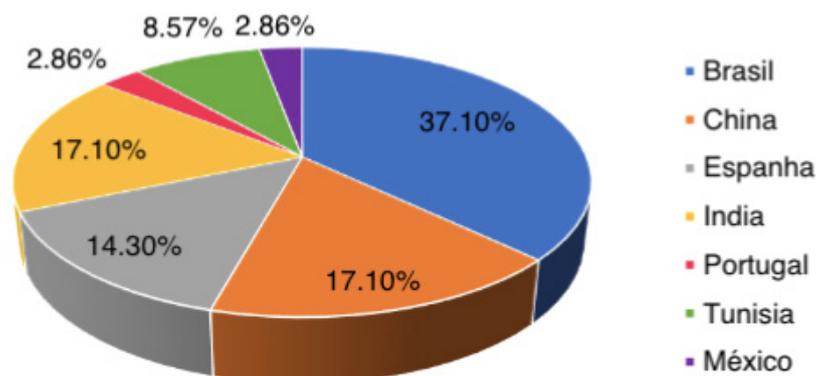


Figura 2. Percentagem dos artigos selecionados com base nos seus países de origem.

A partir da seleção dos artigos encontrados foi construída a Figura 3, que relaciona a quantidade de artigos escolhidos para o desenvolvimento deste estudo de acordo com o seu ano de publicação. O objetivo foi mostrar a evolução do tema reuso de efluente têxtil com o passar dos anos, de forma que este vem sendo estudado destacando novos processos que contribuem para aprimorar as técnicas de tratamento. Apesar da importância do tema, foi possível perceber que ainda são poucos os estudos publicados e a quantidade de publicação não tem sofrido um aumento ao longo dos últimos anos.



Figura 3. Relação quantidades de artigos com seu ano de publicação.

Através da leitura dos artigos selecionados foi possível identificar alguns

processos que podem ser utilizados para o tratamento de efluentes, como o têxtil, proporcionando o conhecimento de como cada um funciona e quais as suas aplicações. Neste contexto, empresas buscam técnicas, a exemplo do tratamento biológico e tratamento físico-químico, com o intuito de remover os contaminantes que fazem parte da composição dos rejeitos industriais. Porém, estes métodos não se mostram totalmente eficientes neste objetivo, de forma que é necessário recorrer a outros processos que possam aprimorar ou complementar o tratamento de efluente. Assim, testes vêm sendo desenvolvidos para avaliar o funcionamento de novas técnicas que possam ser incrementadas em diferentes segmentos industriais, visando a remoção total dos compostos poluentes presentes nos rejeitos [COUTO, 2017].

Neste cenário, através do estudo realizado foi possível perceber que os métodos como resina de troca iônica, fotólise direta, microfiltração e nanofiltração são destacadas por serem eficientes durante a descontaminação dos resíduos, chamando atenção para os dois últimos processos citados, que são eficientes quando aplicados na indústria têxtil. A tecnologia de resina de troca iônica é uma técnica que apresenta bons resultados ao ser aplicada para o tratamento de águas residuais, por promover a remoção de diferentes espécies, desenvolver uma cinética rápida, proporcionando a recuperação deste efluente para outros fins. Desta forma, este método torna-se eficaz para a reutilização de resíduos, como por exemplo, na indústria de policloreto de vinila localizada na Espanha [BLANCO, 2017]. O processo de fotólise direta apresenta elevada eficiência, quando acrescentada na cadeia de tratamento de águas industriais. Este consiste na incidência de radiação ultravioleta sobre o efluente bruto, promovendo a degradação fotoquímica do mesmo, resultando na remoção da sua coloração [MARCHINI, 2011].

Neste presente estudo foi possível notar que outras técnicas são utilizadas no tratamento do efluente têxtil, como a degradação biológica, a coagulação química e a oxidação química. Porém, a maior parte da matéria orgânica no efluente não é biodegradável, tornando o tratamento biológico ineficiente. Os métodos de tratamento químico, como adsorção, floculação, coagulação, são eficientes na remoção de cor, mas estas tecnologias produzem quantidade de resíduos perigosos que requerem tratamento adicional, tornando a tecnologia dispendiosa [COUTO, 2017]. Desta forma, a separação por membranas, caracterizada pela microfiltração e nanofiltração são consideradas para o tratamento do efluente, para substituir os outros processos mencionados anteriormente. Um dos fatores a ser avaliado nesta técnica, é o fluxo de permeação, que representa a taxa de passagem do solvente e do soluto, ou seja, se ocorrer a redução deste fluxo com o tempo, pode ocorrer a redução da produção de água [COUTO, 2017].

A membrana de nanofiltração, por possuir poros de tamanhos reduzidos, necessita de um tratamento prévio para evitar as incrustações e a danificação do sistema. Para isso, métodos mais eficientes e menos onerosos são considerados para serem monitorados automaticamente e exigirem menos produtos químicos durante o

processo. Desta forma, a técnica de microfiltração é combinada à nanofiltração para remover os sólidos em suspensão e os corantes coloidais. Ela é caracterizada pela capacidade de reutilizar o corante através da sua recuperação por possuir poros que permitem esta facilidade, de forma que o produto permeado já pode ser reutilizado para atividades simples, como lavagem de pisos. Para que o produto da microfiltração possa ser reaproveitado para processos mais rigorosos, como os banhos de tinta, é necessário um breve polimento através das membranas de nanofiltração que são adequadas como uma etapa de aprimoramento para tratar efluentes têxteis e gerar um produto com potencial para reuso [MASMOUDI, 2014].

Os processos mencionados anteriormente são compostos por membranas de separação e vão variar conforme seu grau de filtração (Figura 4). As técnicas de nanofiltração, osmose reversa e ultrafiltração, removem materiais particulados microscópicos, ou seja, por possuírem um grau de filtração variando entre 0,001 e 0,1 microns, permitem a passagem de alguns componentes, atuando como barreira seletiva. Já os processos de microfiltração e filtração convencional, por apresentarem um intervalo de grau de filtração, entre 1 e 1000 microns, permitem a remoção de mais compostos, com peso molecular mais leve, facilitando a sua passagem.

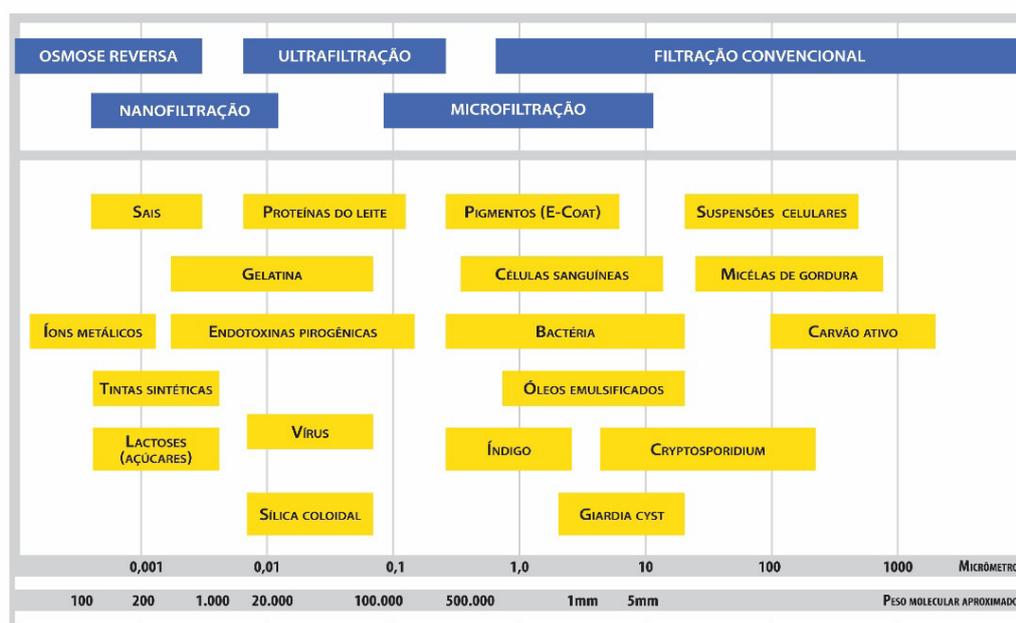


Figura 4. Graus de Filtração das Membranas de Separação.

Fonte: WGM, 2017 [10].

Dando continuidade à análise dos artigos selecionados para o desenvolvimento deste estudo foi possível identificar quais as etapas da indústria têxtil que são responsáveis por gerar efluentes, afim de saber sua natureza e quais processos citados anteriormente podem ser aplicados para tratar os mesmos (Tabela 1). Estes rejeitos têxteis são caracterizados por apresentarem uma carga de compostos químicos elevadas, devido à presença de surfactantes e aditivos que contribuem para

a não degradação destes resíduos. Além disso, as etapas de tingimento, estamparia e acabamento se destacam, pois são nelas que os corantes são aplicados às fibras até a consolidação do produto final, definindo assim, as principais características do rejeito, de forma que as composições contêm corantes de classes diferentes [PEIXOTO, 2013].

Os corantes são classificados de acordo com as suas características, aplicações e seu grau de poluição. Os principais encontrados nos rejeitos têxteis são os ácidos, reativos e sulfurosos. Os corantes ácidos são caracterizados por serem aniônicos e solúveis em água, onde são aplicados em nylon, seda, couro, lã, gerando ácidos orgânicos como poluentes. Os corantes reativos contêm grupos moleculares capazes de formar ligações com as fibras celulósicas ao serem aplicados no algodão, lã e celulose, formando sais, solução alcalina, surfactantes e produtos de acabamento. Os corantes sulfurosos normalmente são aplicados em fibras durante o tingimento e são caracterizados por serem resíduos tóxicos ao gerarem agentes redutores e oxidantes [QUEIROZ, 2016].

Etapas da Indústria Têxtil	Composição dos Efluentes
Engomagem	Agentes de Engomagem derivados do amido e óleos vegetais, (PVA) e carboximetilcelulose (CMC)
Desengomagem	Glicose da hidrólise do amido, PVA solúvel e CMC solúvel
Cozimento	Ceras, pectinas, álcoois, gomas, óleos e graxas, detergentes e NaOH
Mercerização	Bases, ácidos
Alvejamento	Agentes oxidantes, hipoclorito de sódio, H ₂ O ₂
Tingimento e Estamparia	Ureia, sais de amônio, polifosfatos, corantes e auxiliares de tingimento
Acabamento	Ureia, sais de amônio, polifosfatos, amidos, resinas, surfactantes, solventes, tensoativos, corantes, fenóis, biocidas, agentes sequestrantes, engomantes e sintéticos.

Tabela 1. Etapas do processo da indústria têxtil que geram efluentes

Fonte: INETI, 2000.

4 | CONCLUSÃO

Este artigo teve como foco de pesquisa o reuso de efluente têxtil como alternativa para reduzir o descarte de rejeitos no meio ambiente. Assim, utilizando a revisão sistemática como o método de construção deste estudo foi possível analisar que este tema tem despertado interesse em alguns países, sobretudo no Brasil, China e Índia. Os documentos coletados mostraram quais recursos estes países destacados utilizam no tratamento de efluente têxtil para reuso.

As técnicas de resina de troca iônica, fotólise direta, membranas de microfiltração e nanofiltração foram identificadas como as mais utilizadas nos países citados anteriormente, para remover os contaminantes presentes nos rejeitos têxteis. Com isso, este estudo mostrou as características do efluente e as etapas em que é gerado

afim de saber qual destas técnicas destacadas melhor se adequa para tratar o mesmo. Pode-se concluir, que estes métodos são viáveis ao serem incrementados no processo de tratamento de efluente têxtil, uma vez que apresentaram resultados significantes na remoção dos poluentes.

REFERÊNCIAS

BLANCO, Laura et al. Assessing demineralization treatments for PVC effluent reuse in the resin polymerization step. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 20, p. 16631-16638, 2017.

COUTO, Carolina Fonseca; MORAVIA, Wagner Guadagnin; AMARAL, Miriam Cristina Santos. Integration of microfiltration and nanofiltration to promote textile effluent reuse. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 19, n. 8, p. 2057-2073, 2017.

DUTRA, R. S. et al. Adição de resíduo de lodo da indústria têxtil na produção de blocos cerâmicos de vedação. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 10, n. 1, 2015.

INETI. Lisboa, 2000. Disponível em: <<http://www.netresiduos.com/Handlers/FileHandler.ashx?id=366&menuid=111>> Acesso em: 02 jun.2018.

MARCHINI, Andréia Eliane; MACHADO, Verônica Radaelli; STÜLP, Simone. Avaliação preliminar do potencial de reuso de efluente gerado em indústria de alimentos degradado por via fotoquímica. **Tecno-Lógica**, v. 15, n. 2, p. 67-72, 2011.

MASMOUDI, G. et al. New treatment at source approach using combination of microfiltration and nanofiltration for dyeing effluents reuse. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 11, n. 4, p. 1007-1016, 2014.

MENEGON, Elizangela Maria Pas; POLI, Odilon Luiz; MAZZIONI, Sady. Inovação na indústria do segmento têxtil: um estudo sobre o perfil da produção científica nacional e internacional/Innovation in the textile industry: a study on the profile of national and international scientific production. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 4, p. 1093-1115, 2018.

PAIXÃO, Letícia Menezes Diniz. IMPACTOS DA ESCASSEZ DE ÁGUA NA ECONOMIA. **Resolução-Revista de direito e ciências gerenciais**, v. 1, n. 1, p. 151-163, 2016.

PEIXOTO, F.; MARINHO, Gloria; RODRIGUES, Kelly. Corantes têxteis: uma revisão. **HOLOS**, v. 5, 2013.

QUEIROZ, Marluce Teixeira Andrade et al. Gestão de resíduos na indústria têxtil e sua relação com a qualidade da água: estudo de caso. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 8, n. 15, p. 114-135, 2016.

WGM SISTEMAS IMPORTAÇÃO E EXPORTAÇÃO LTDA. Filtração por Membranas. **WGM Sistemas**. São Paulo, 2017. Disponível em: < <http://www.wgmsistemas.com.br/filtracaoopormembranas.asp> > Acesso em: 22 mai.2018.

ZANELLA, Geovani et al. Tratamento de banhos de tingimento têxtil por processos foto-Fenton e avaliação da potencialidade de reuso. **Quim. Nova**, v. 33, n. 5, p. 1039-1043, 2010.

ESTUDO PRELIMINAR DA UTILIZAÇÃO DE JATOS CONTÍNUOS DE AR PARA ARRASTO DE PARTÍCULAS DEPOSITADAS EM UMA FV ATRAVÉS DE FLUIDODINÂMICA COMPUTACIONAL

Pedro Freire de Carvalho Paes Cardoso

Centro Universitário Senai Cimatec
Salvador – Bahia

Turan Dias Oliveira

Centro Universitário Senai Cimatec
Salvador – Bahia

Paulo Roberto Freitas Neves

Centro Universitário Senai Cimatec
Salvador – Bahia

Juliana de Oliveira Cordeiro

Centro Universitário Senai Cimatec
Salvador – Bahia

Luzia Aparecida Tofaneli

Centro Universitário Senai Cimatec
Salvador – Bahia

Alex Álisson Bandeira Santos

Centro Universitário Senai Cimatec
Salvador – Bahia

RESUMO: Pesquisas mostram que o rendimento de módulos fotovoltaicas (FVs) é consideravelmente reduzido com o acúmulo de poeira em sua superfície, pois este acúmulo impede que parte dos raios solares adentrem a placa. O presente trabalho tem como objetivo desenvolver um estudo preliminar utilizando Fluidodinâmica Computacional afim de modelar o efeito de jatos contínuos de ar no arrasto de partículas, removendo-as de uma superfície.

A modelagem foi desenvolvida visando uma análise Euleriana baseada em condições físicas para então encontrar a velocidade do ar necessária para promover o arraste. Através do auxílio computacional utilizando o software ANSYS CFX 17.1 foi possível desenvolver simulações a partir do modelo montado e obter dados significativos.

PRELIMINARY STUDY OF THE USE OF CONTINUOUS AIR JETS FOR CARRYING PARTICLES DEPOSITED ON A PV THROUGH COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

ABSTRACT: Researches show that photovoltaic cells (PV) productivity is considerably reduced with dust accumulation in its surface, since this accumulation stops part of the sunlight from entering the cell. This paper has the goal of developing a preliminary study using computational fluid dynamics (CFD) in order to model the effect of continuous air jets in particle dragging, removing them from a surface. The modeling was developed aiming for an Eulerian analysis based in physical conditions in order to find the necessary air velocity to promote dragging. Through the computational support of ANSYS CFX 17.1 software, it was possible to

develop simulations based on the assembled model and obtain significant data.

KEYWORDS: Photovoltaic; Dust; CFD; Air.

1 | INTRODUÇÃO

Estudos sobre fontes de energias renováveis são desenvolvidas em escala considerável em todo o mundo. A conversão de energia solar em energia elétrica através de módulos fotovoltaicos tem se tornado cada vez mais utilizada, por ser uma forma de produção de energia elétrica que não gera danos significativos para o meio ambiente e dispor de uma vasta quantidade recurso natural para ser utilizado sem degradar o planeta. Um dos focos nas pesquisas está no aumento do seu rendimento, que atualmente se encontra na faixa de 12 a 20%, ou em manter o rendimento próximo do projetado durante a sua operação, conhecendo os fatores ambientais que implicam em sua diminuição e desenvolvendo soluções para os mesmos.

Segundo Syed A.M. Said et al (2018) [1] muitos fatores ambientais interferem no rendimento dos módulos fotovoltaicos como: os efeitos do vento, humidade do ar, temperatura do ambiente, poluição e o depósito de poeira. Syed relata que o efeito negativo decorrente da existência de poeira no ambiente ocorre de duas maneiras. A primeira consiste na dispersão dos raios solares por partículas e poluentes elevados na atmosfera que possuem uma dimensão maior que o comprimento de onda dos raios, ocasionando a refração destes e diminuindo sua incidência sobre a placa. O segundo está relacionado ao acúmulo de poeira na superfície superior da placa que acabam absorvendo ou refletindo parte da incidência da luz, reduzindo a parcela de luz que adentra os módulos fotovoltaicos para ser absorvida e transformada em energia elétrica.

Muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas para compreender como os fatores ambientais relacionados interferem no aumento ou redução do acúmulo de poeira depositados em módulos e os efeitos da deposição com a queda do rendimento deles. Pesquisas desenvolvidas por [2-3] estudam as relações de decaimento da eficiência das FVs em função do tempo de exposição dos módulos aos ambientes externos locais e ao aumento da densidade da poeira depositada. Considerando esta relação na pesquisa [4], a acumulação de areia e poeira em módulos fotovoltaicos foi modelada matematicamente em módulos de vidro e comparando-a a dados experimentais.

Outras pesquisas como as de [5-6] chegaram a conclusões de que o acúmulo de poeira e a queda da eficiência dos módulos estão altamente associados ao material utilizado neles, pois a diminuição do rendimento sobre mesma densidade de partículas acumuladas varia consideravelmente para vários materiais de superfície diferentes.

De acordo com [1], muitas pesquisas são desenvolvidas para entender sobre os fatores que interferem no rendimento dos módulos fotovoltaicos, porém existem poucas que são desenvolvidas com o intuito de fornecer soluções para minimizar os efeitos negativos. Partindo desta conclusão o presente trabalho tem o objetivo de

estudar uma solução para o efeito negativo formado pelo acúmulo de poeira em FVs, utilizando jatos contínuos de ar para retirar as partículas da superfície dos módulos.

Análises em CFD em módulos fotovoltaicos já foram desenvolvidos por [7] no estudo do uso de carenagens em aceleração de massas de ar visando o arrefecimento dos FVs, cujo rendimento também é significativamente reduzido com o aumento da temperatura.

Neste artigo é exposta uma análise preliminar, onde foi elaborado um primeiro modelo para simulação de carregamento de partículas enquanto estão sendo realizados experimentos para caracterizar a poeira na região do estado de Salvador. A caracterização da poeira está sendo desenvolvida utilizando métodos expostos por outros trabalhos como os de [8-10], para obter dados das dimensões e do número de partículas depositadas em amostras.

O modelo atual utiliza o arrasto de partículas, considerando ao invés da poeira o ar como componente particulado, para reduzir o tempo de simulação e o custo computacional na montagem de um primeiro modelo.

Este estudo tem o objetivo final de desenvolver uma carenagem ou um dispositivo que possibilite a limpeza de módulos fotovoltaicos utilizando ar, esperando dessa maneira substituir a utilização de água, pois ela é muitas vezes utilizada e o gasto de água é muito alto para a limpeza de usinas solares, que dispõem de centenas ou milhares de módulos fotovoltaicos.

2 | METODOLOGIA

A pesquisa é desenvolvida no Laboratório de Energia do Centro Universitário SENAI CIMATEC, onde são realizados os estudos de artigos científicos e bibliografias necessárias para o aprendizado e execução do projeto, além da realização de todas as simulações computacionais utilizando a técnica de CFD, com o software ANSYS CFX 17.1.

Para a simulação é importante a montagem de um modelo que represente uma condição física do problema. Foi decidido que a princípio será desenvolvida uma análise multifásica Euleriana pois possibilita uma visão do comportamento geral de um conjunto de partículas de poeira depositadas, em cima de uma placa, sendo carregadas. Na modelagem do problema são necessários os dados de caracterização da poeira, a construção de uma geometria com parâmetros adequados e estabelecer condições de contorno que condicionem uma simulação com resultados próximos a um caso real.

A caracterização da poeira nas regiões locais ainda está sendo desenvolvida por meio de experimentos, utilizando métodos e dados de pesquisas já desenvolvidas. Enquanto não há os dados necessários da poeira, um modelo inicial para simulação do carregamento de partículas foi desenvolvido utilizando ar particulado. Utilizando o ar é

possível, com menor tempo computacional, visualizar o comportamento de partículas sendo carregadas, analisar as dimensões e as condições de contorno estabelecidas através dos resultados das simulações, bem como preparar a modelagem para a utilização da poeira posteriormente. A Figura 1 mostra um diagrama do primeiro modelo de simulação.

O modelo foi construído com uma espessura pequena, 2cm, comparada as outras dimensões, aproximando-se de uma análise em 2D para que a simulação se torne mais leve, com menos elementos de malha. Nele consta 2 domínios que representam o ambiente superior a um módulo fotovoltaico. O Domínio 2 corresponde a camada de poeira (ar particulado) sobrepondo a superfície do módulo, tendo 1,5m de comprimento e 10cm de altura. O Domínio 1 é composto de ar atmosférico a temperatura ambiente, 25°C, possuindo dimensões de 6m de comprimento e 30cm de altura. Considerando que a pressão nos domínios, na entrada e na saída são equivalentes as condições ambientes locais ($P= 101,3 \text{ kPa}$), espera-se encontrar a velocidade de um jato contínuo de ar para que possa remover toda a camada e poeira.

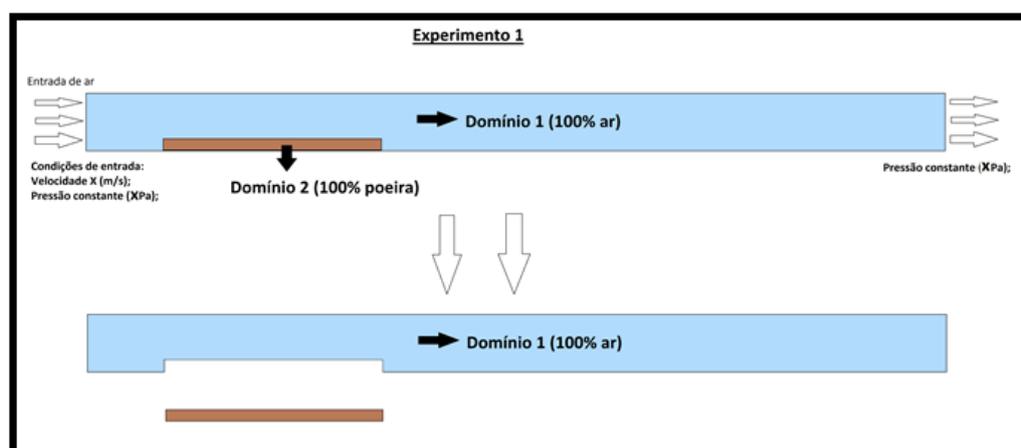


Figura 1. Modelo para a primeira simulação Euleriana.

Fonte: Própria.

A Figura 2 mostra a malha desenvolvida para a simulação. A malha contém 86.679 elementos no Domínio 1, 2.700 elementos no Domínio 2, totalizando 89.379 elementos. A presente malha não é refinada o suficiente devido ao número baixo de elementos, porém ela foi adotada para o primeiro modelo desenvolvido. Ela foi adotada desta maneira, pois uma análise multifásica envolve um alto consumo de tempo computacional e no presente modelo o objetivo era apenas averiguar os parâmetros adotados e o comportamento geral do sistema simulado, preparando para quando for utilizada a poeira já caracterizada.

As condições de contorno adotadas no modelo foram baseadas nas condições do ambiente local:

- O Domínio 1 é composto 100% com ar fluido, com pressão de 101,3 kPa, com velocidade inicial de 1 m/s;

- O Domínio 2 é composto 100% por ar particulado, com pressão de 101,3 kPa e velocidade inicial nula;
- Na extremidade esquerda há entrada contínua de ar com velocidade de 1m/s e na extremidade direita foi adotada uma condição denominada “opening”, onde os componentes das duas fases (fluido-particulado) podem entrar e sair livremente;
- Na interface entre os dois domínios foi estipulado a passagem livre das duas fases;
- O regime adotado foi o transiente, com 2 segundos de simulação, divididos em steps de 0,2 segundos.

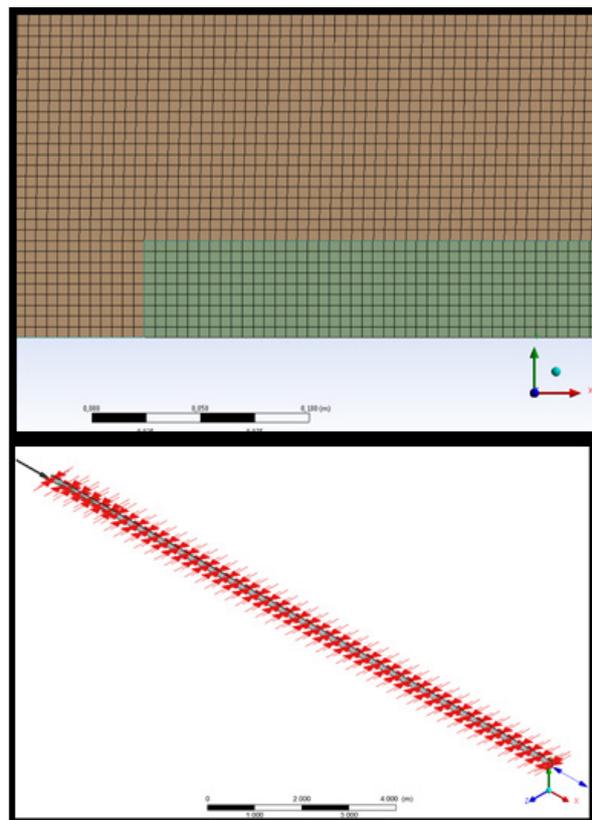


Figura 2. Malha e condições de contorno para o modelo da 1ª simulação.

Fonte: Própria.

2.1 Modelagem matemática

Para obtenção da solução das equações descritoras do escoamento estudado uma abordagem numérica foi adotada. O software ANSYS CFX foi utilizado para resolver, através do método dos volumes finitos, as equações de continuidade e de Navier-Stokes, descritas nas Equações. (1) - (4):

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{u}) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \text{div}(\rho u \vec{u}) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \text{div}(\mu \text{ grad } u) + S_{Mx} \quad (2)$$

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \text{div}(\rho v \vec{u}) = -\frac{\partial p}{\partial y} + \text{div}(\mu \text{ grad } v) + S_{My} \quad (3)$$

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \text{div}(\rho w \vec{u}) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \text{div}(\mu \text{ grad } w) + S_{Mz} \quad (4)$$

Nas equações as incógnitas significam: t é o tempo; x, y e z são as três coordenadas cartesianas; u, v e w são, respectivamente, as velocidades nas direções x, y e z. O vetor tridimensional de velocidade é o \vec{u} ; p é a pressão; P é a massa específica; μ é a viscosidade do fluido; SMx, SMy e SMz são os termos fontes de momento nas direções descritas em subscrito. O modelo de turbulência adotado no presente trabalho foi o K-epsilon.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na simulação foram obtidos os resultados em 12 quadros com um intervalo aproximado de 0,2 segundos entre os 11 primeiros quadros, variando o tempo de simulação de 0 a 2 segundos. Durante este período simulado, praticamente todo o ar particulado foi retirado da região superior de um módulo fotovoltaico (Domínio 2), apresentando um comportamento turbulento logo no início do arraste. A Figura 3 mostra os resultados obtidos nos 12 quadros, visualizando a fração volumétrica do particulado, denominado na imagem como “poeira”, nos dois domínios durante o arraste.

A partir desta simulação foi possível analisar que o tempo total da simulação foi suficiente para se observar o arraste completo das partículas e o intervalo de 0,2 segundos entre os steps possibilitou uma visualização razoável da evolução do comportamento interativo entre partícula e fluido. A altura de 30cm do Domínio1 também se apresentou razoável. Estes parâmetros devem ser mantidos para as próximas simulações quando a caracterização da poeira estiver concluída para a plotagem deste material na biblioteca do software ASYS CFX 17.1.

Apesar da visualização geral do carregamento das partículas, a região bem próxima a superfície inferior do Domínio 2 que representa a superfície superior da placa, deve ter uma análise mais cuidadosa pois é uma região de camada limite do escoamento do fluido, podendo ocorrer o não deslizamento das partículas de poeira em quantidades significativas.

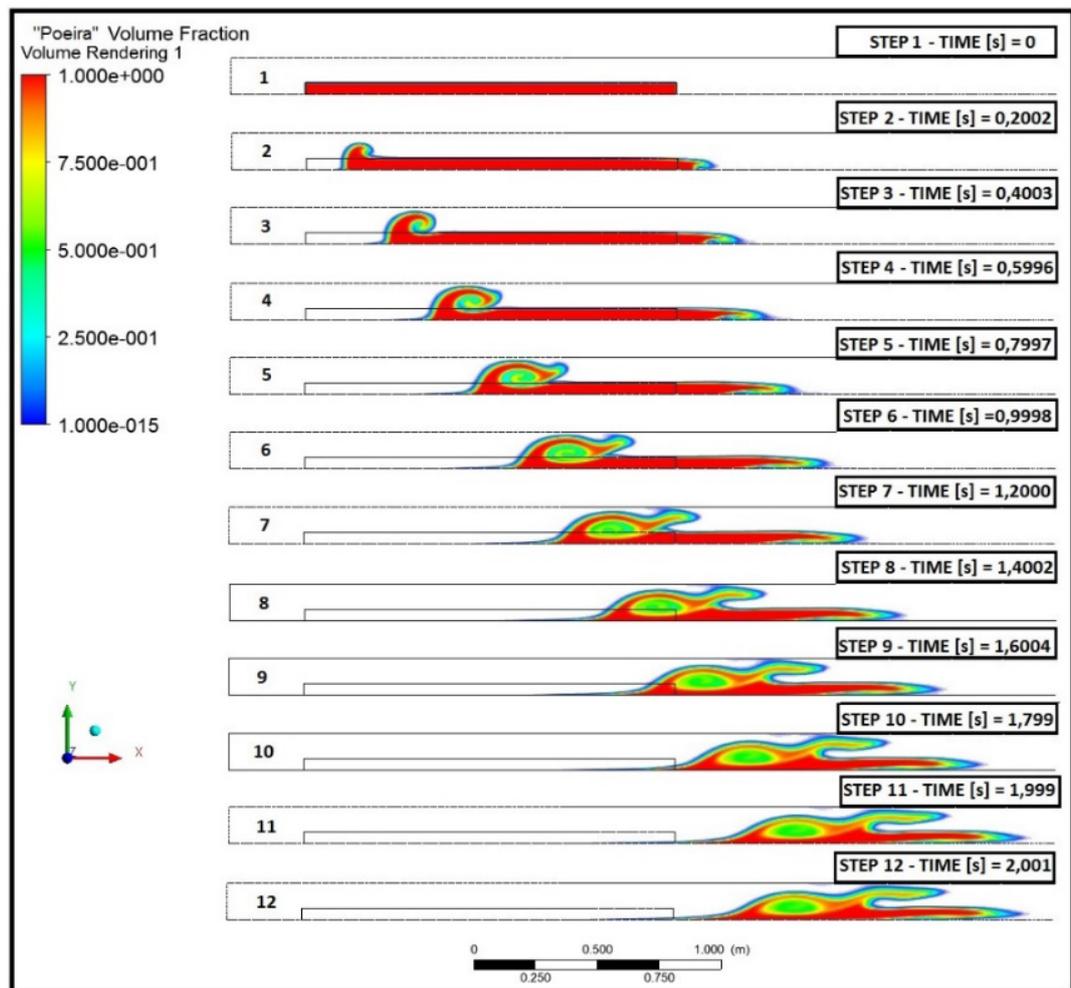


Figura 3. Resultados obtidos na simulação do arraste de partículas.

Fonte: Própria.

4 | CONCLUSÃO

No presente estudo foi possível desenvolver uma primeira simulação do arraste de partículas carregadas, substituindo a poeira por ar, com baixo custo e tempo computacional, onde foi possível analisar parâmetros para serem mantidos ou refinados para as próximas simulações. As dimensões adotadas para o modelo foram razoáveis, permitindo a visualização completa do desenvolvimento do arraste das partículas de maneira física. O tempo total de simulação e os intervalos dos steps adotados no regime transiente permitiram um equilíbrio entre a visualização do processo completo do arraste na região de interesse, Domínio 1, e um custo computacional reduzido.

No entanto, para as próximas simulações se faz necessário um refinamento maior da malha principalmente próximo a camada limite do Domínio 2 e esperasse substituir as partículas de ar pelas de poeira, após a caracterização e aquisição de dados da poeira local, afim de obter resultados mais próximos do real e encontrar a menor velocidade exigida para promover o arraste completos destas partículas da parte superior de módulos fotovoltaicos.

REFERÊNCIAS

- A.M. SAID, Syed et al. **The effect of environmental factors and dust accumulation on photovoltaic modules and dust-accumulation mitigation strategies.** ELSEVIER, Renewable and Sustainable Energy Reviews 82 (2018) pg. 743-760.
- SAIDAN, Motasem et al. **Experimental study on the effect of dust deposition on solar photovoltaic panels in desert environment.** ELSEVIER, Renewable Energy 92 (2016) pg. 499-505.
- GHOLAMI, Aslan et al. **Experimental study of factors affecting dust accumulation and their effects on the transmission coefficient of glass for solar applications.** ELSEVIER, Renewable Energy 112 (2017) pg. 466-473.
- S. BEATTIE, Neil et al. **Understanding the effects of sand and dust accumulation on photovoltaic modules.** ELSEVIER, Renewable Energy 48 (2012) pg. 448-452.
- JIANG, Hai et al. **Experimental investigation of the impact of airborne dust deposition on the performance of solar photovoltaic (PV) modules.** ELSEVIER, Atmospheric Environment 45 (2011) pg. 4299-4304.
- 6NAHAR, N. M. et al. **Effect of dust on transmittance of glazing materials for solar collectors under arid zone conditions of India.** ELSEVIER, Solar e Wind Technology 7 (1990) pg. 237-243
- DÓRIA, Thiago et al. **ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE CARENAGENS NA EFICIÊNCIA DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS – UMA ABORDAGEM ENERGÉTICA E FLUIDODINÂMICA.** CIBEM 2017.
- A.M. SAID, Syed et al. **Fundamental studies on dust fouling effects on PV module performance.** ELSEVIER, Solar Energy 107 (2014) pg. 328-337.
- FUKUSHIMA, Satoshi et al. **Comparison in size and elemental composition of dust particles deposited to the surface and suspended in the air on the southwest Japan coast.** ELSEVIER, Atmospheric Environment 118 (2015) pg. 157-163.
- ADINOYI J., Muhammed et al. **Effect of dust accumulation on the power outputs of solar photovoltaic modules.** ELSEVIER, Renewable Energy 60 (2013) pg. 633-636.

TRATAMENTO BIOLÓGICO DE EFLUENTE EMPREGANDO BIOAUMENTADOR

Stephanie de Melo Santana

SENAI CIMATEC

Salvador – Bahia

Edna dos Santos Almeida

SENAI CIMATEC

Salvador – Bahia

Michelle Cruz Costa Calhau

SENAI CIMATEC

Salvador – Bahia

RESUMO: Diante da escassez de recursos hídricos e a necessidade de realizar reuso de água, diversas tecnologias visando aumento ou manutenção da eficiência nos processos biológicos de tratamento de efluentes passaram a ser utilizadas, dentre elas a bioaugmentação, uma técnica que consiste na implementação de aditivos biológicos para melhorar a atividade microbiana nos processos. A fim de identificar os microrganismos aplicados à bioaugmentação para tratamento biológico de efluentes contendo fenóis e óleos e graxas, o presente trabalho mapeou as publicações realizadas nas bases de dados científicos. O resultado revelou um aumento do número de publicações ao longo dos últimos anos e países que publicaram, além da necessidade de se obter estudos mais abrangentes utilizando-se de diferentes tipos de efluente e com outros aditivos biológicos, invés bactérias.

PALAVRAS-CHAVES: Bioaugmentação;

Tratamento de Efluentes; Fenóis; Óleos e Graxa.

BIOLOGICAL TREATMENT OF EFFLUENT USING BIOAUGMENTATION

ABSTRACT: Nowadays, due to the scarcity of water resources and the need to reuse water, many technologies have emerged with the objective of increasing or maintaining efficiency in biological treatments, such as bioaugmentation, a technique that uses biological additives to improve the microbiological activity of the processes. The present work, through research in scientific databases, has mapped the literature on the microorganisms used on bioaugmentation technique in the biological treatment of effluents containing phenols and oils and greases, identifying an increase in the number of publications in the last years, increase of the number of countries where these publications are from, the need for more studies (using different types of effluents) and implementing other biological additives besides bacteria consortia.

KEYWORDS: Bioaugmentation; Effluent Treatment; Phenols; Oils and grease.

1 | INTRODUÇÃO

A crescente industrialização e concentração populacional em centros urbanos passou a ser um fator preocupante a partir do fim do século XX, gerando diversos acordos a nível internacional, normas e diretrizes, ressaltando a possível escassez de recursos ambientais devido à poluição (PEARSON, 2011). Um dos quesitos de remediação dos impactos ambientais é o tratamento de efluentes, que assume grande importância, ao viabilizar tanto o lançamento do efluente tratado, quanto o reuso de água, que cada vez mais é tido como um recurso bastante escasso na natureza (NZILA et al, 2016; TCHOBANOGLOUS et al, 2003).

A escolha do tratamento vai depender do destino do efluente e da qualidade requerida, principalmente pela legislação, que varia a cada país. Para o descarte, a nível nacional, existem padrões determinados pela Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 430/2011 e que abrangem desde condições de lançamento (como pH, temperatura e concentração de óleos e graxas) a parâmetros inorgânicos e orgânicos, mas a nível estadual também podem haver legislações complementares. Em caso de reuso de água, muito demandado em indústrias em função do custo deste insumo para os seus processos, há necessidade de tratamento do efluente e manutenção da eficiência do tratamento para remoção dos contaminantes.

Assim, existem os tratamentos químicos, os físicos e os biológicos, sendo os últimos geralmente os mais simples e baratos, posto que estes utilizam menos químicos (que geram custos na compra dos agentes a serem utilizados), reduzem a geração de resíduos sólidos e consomem menos energia (TCHOBANOGLOUS et al, 2003). Além disso, são mecanismos que imitam a biodegradação que ocorre naturalmente, com a diferença que este cria um processo estimule de forma controlada a oxidação do efluente, adequando-o aos parâmetros estabelecidos pela legislação (SENAI, 2014). Ocorre, no entanto, que os tratamentos biológicos podem perder a eficiência quando se trata de cargas biológicas elevadas ou altos índices de fenóis, óleos e graxas (SENAI, 2014; TCHOBANOGLOUS et al, 2003).

Outros fatores que influenciam no tratamento são a composição do efluente, a concentração dos contaminantes, o tipo de reator empregado e as condições ambientais da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) (CHEN et al, 2017; HERRERO e STUCKEY, 2015). Alguns contaminantes são bastante difíceis de degradar biologicamente e são chamados de recalcitrantes e, geralmente, demandam microrganismos adaptados e condições específicas para ser tratados (HERRERO e STUCKEY, 2015).

Neste contexto, a bioaugmentação (adição de bioaditivos para auxiliar na sobrevivência e até o aumento da concentração dos microrganismos de interesse no processo) surge como um fator de otimização, adequando melhor o processo ao efluente através do uso de aditivos biológicos e, conseqüentemente, aumentando a eficiência da biodegradação requerida (CHEN et al, 2017; HERRERO e STUCKEY,

2015). Neste método, podem ser utilizados microrganismos do próprio meio operacional, selecionados e reacondicionados em laboratório e reintroduzidos para manter as taxas de crescimento de sua cultura e também a degradação; ou modificados geneticamente; ou microrganismos externos ao meio; ou também através da adição de substratos (CHEN et al, 2017; HERRERO e STUCKEY, 2015; TANG e CHEN, 2015). Essa escolha, no entanto, deve ser feita com o devido cuidado, já que em sistemas biológicos, podem ocorrer competição ou predatismo entre as espécies inoculadas e as espécies já presentes, presença de bacteriófagos (já que na maioria dos bioaumentadores se utiliza de culturas de bactérias) ou a dificuldade de adaptação ao processo em condições operacionais nas ETEs (NZILA et al, 2016; HERRERO e STUCKEY, 2015).

Mediante a relevância e interesse a nível internacional que a bioaumentação tem conseguido, o objetivo desse trabalho é conhecer as publicações encontradas referentes à bioaumentação e identificar os bioaditivos empregados no método para o tratamento de efluentes com compostos fenólicos, óleos e graxas. A partir das classificações dos artigos, pretende-se verificar o enfoque dado nos trabalhos e os principais bioativos utilizados por meio do estudo das publicações feitas ao longo das últimas décadas.

2 | METODOLOGIA

A pesquisa informacional objeto deste trabalho foi realizada no período março a junho de 2018, no portal da CAPES, em três bases de periódicos: PubMed, Scopus e Web Of Science. Nelas, utilizou-se algumas combinações usando a junção “AND” (E) de palavras-chaves. Para haver uma maior seletividade e adequação ao trabalho, optou-se por restringir os resultados somente aos periódicos científicos, revisões e anais de congressos.

Os conjuntos de palavras-chave foram feitos a partir das que estão citadas na Tabela 1, que separa em: palavras essenciais (que não poderiam deixar de fazer parte, posto que representam o assunto da pesquisa); variáveis (o objeto dos estudos, que pode ser citado das três formas colocadas); específicas (que especificam o tipo de efluente tratado nas publicações, que não precisam estar juntos nas mesmas publicações). O primeiro conjunto de palavras-chave foi (bioaugmentation, biodegradation, wastewater e phenol); o segundo conjunto foi (bioaugmentation, biodegradation, wastewater treatment, phenol e effluent); e o terceiro foi (bioaugmentation, biodegradation, wastewater treatment, Oils and Greases). Não foi restrito o período, posto que os trabalhos científicos são recentes (produzidos por volta das duas últimas décadas).

Essenciais	Variáveis	Específicas
Bioaugmentation, Biodegradation	Wastewater, Wastewater Treatment, Effluent	Phenol, Oils and Greases

Tabela 1. Palavras-chave utilizadas na pesquisa.

Na seleção das publicações, foram aplicados os seguintes critérios de exclusão: a retirada das referências que não tinham o artigo completo disponível; aderência aos objetivos da pesquisa informacional. Os artigos que apareceram em mais de uma plataforma foram contabilizados somente uma vez.

Foi criada então, uma planilha no Microsoft Excel® de forma a classificar e organizar os artigos, possibilitando a elaboração de fazer gráficos que pudessem indicar a quantidade de publicações em períodos de três a quatro anos e posteriormente os países onde há a maior parte das publicações.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram encontradas diferentes quantidades de artigos para cada conjunto de palavras-chaves e para cada base de periódicos. O primeiro conjunto (Bioaugmentation, Biodegradation, Wastewater e Phenol) foi utilizado somente no Pubmed, resultando em 28 publicações. Dado à abrangência do conteúdo dos resultados encontrados com o conjunto anterior, que revelou bastantes artigos que destoavam ao escopo de interesse, a pesquisa foi restringida usando um segundo conjunto (bioaugmentation, biodegradation, wastewater treatment e phenol), resultando em 18 publicações na *Pubmed* (que já constavam na busca anterior). Ao fazer a busca em outras bases, um terceiro conjunto (bioaugmentation, biodegradation, wastewater treatment, phenol e effluent) foi utilizado para aperfeiçoar a busca, gerando ainda menos resultados que não se relacionassem com o objetivo da pesquisa. Assim, obteve-se 39 publicações na *Web Of Science* e 14 na *Scopus*. Diversos resultados se repetiram entre as bases, principalmente entre *Pubmed* e *Scopus*. Já no terceiro conjunto, que substitui fenóis por óleos e graxas (bioaugmentation, biodegradation, wastewater treatment, oils and greases), houveram poucos resultados, gerando 0 artigos na *Pubmed*, uma revisão na *Scopus* e três artigos na *Web of Science*.

Foram então excluídos capítulos de livros e foram computados somente os resultados de artigos científicos, revisões e publicações de congressos, conferências e simpósios. No total foram então consideradas 60 publicações, somadas de todas as bases. Aquelas que apareceram em várias bases foram contabilizadas somente uma vez, evitando duplicatas, e não houve necessidade de restringir um período de publicação, já que todas as publicações ocorreram por volta das duas últimas décadas, aumentando expressivamente ao longo dos anos, como pode ser notado no gráfico 01.

Das 60 publicações, 15 estavam indisponíveis (sem link para acesso ou apenas com acesso mediante pagamento) e 45 estavam disponíveis. Dentre as publicações disponíveis na íntegra, apenas 25 estavam aderentes aos objetivos do presente estudo. As outras 20 se subdividiam entre: estudos com enfoque na biodiversidade de microrganismos (09 artigos), os que apresentavam enfoque voltado ao desempenho

do reator (03 artigos), os de remediação de solos (dois artigos), os de biorremediação somente (04 artigos), um que a bioaumentação era para outros compostos e outro que o enfoque era na modelagem matemática.

Ao analisar os 25 artigos, pôde-se perceber que a maioria dos estudos realizados (22 deles) utilizam bactérias como bioaditivos na técnica de bioaumentação. Apenas um dos trabalhos utilizava-se de fungos como bioaumentadores no tratamento de efluentes. Os outros dois em que a bioaumentação não envolvia bactérias específicas ou fungos como bioaumentadores, utilizavam-se do lodo ativado, adaptado em laboratório e depois reintroduzido no efluente.

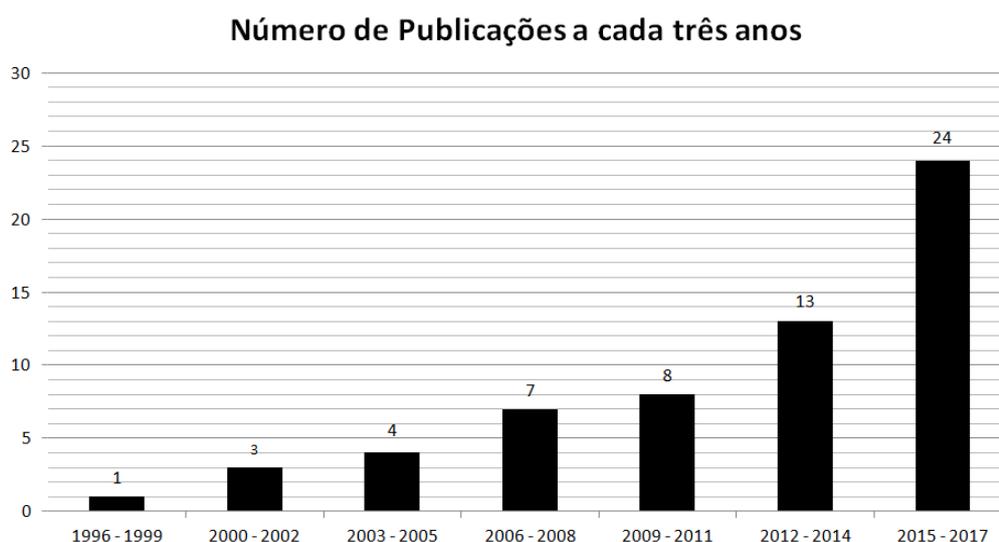


Gráfico 01. Número total de publicações dividido em períodos de três a quatro anos

Em outra análise, foi observado os periódicos onde os trabalhos foram publicados. Poucos trabalhos do mesmo tipo foram realizados em uma mesma revista. Foram computadas 19 revistas e quase todas com uma ou duas publicações nas últimas décadas. A revista que possuiu mais trabalhos foi a *Bioresource Technology*, da editora Elsevier, que publicou 06 trabalhos entre 2008 e 2017.

Relativo aos países onde as pesquisas foram realizadas, verificou-se que dos 25 trabalhos que são focados na bioaumentação, 12 foram na China, sendo uma expressiva participação de pesquisadores chineses, enquanto nos outros países não foram identificados mais que três publicações, como demonstrado no Gráfico 02.

Em uma análise da bibliografia consultada como base para o referencial teórico, no artigo “*Bioaugmentation: An Emerging Strategy of Industrial - Wastewater Treatment for Reuse and Discharge*”, Nzila *et al* afirmam que a China, como um país emergente, bastante populoso e com muitas indústrias, passou a ter a necessidade de investir em tecnologias de tratamento de efluentes diante da grande carga de efluentes nos últimos anos e necessidade de reuso de água.

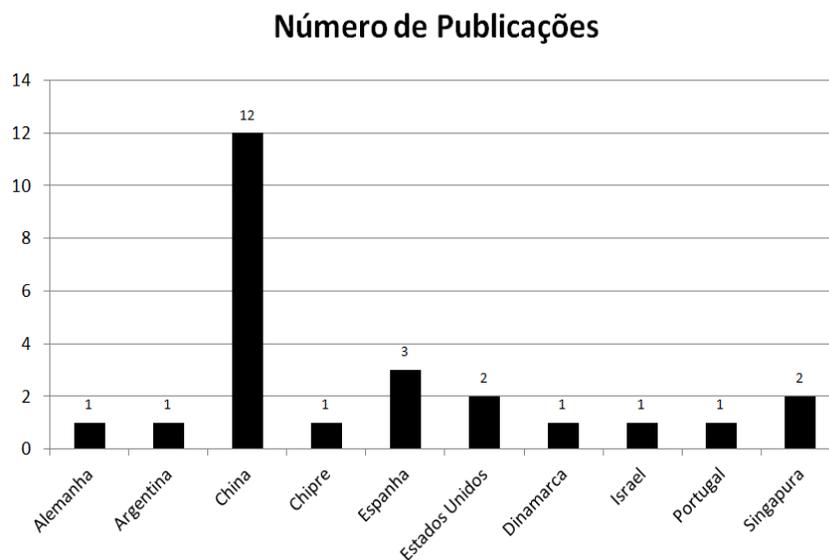


Gráfico 02. Representação das publicações de acordo com seus países

4 | CONCLUSÃO

O país com maior número de estudos publicados foi a China, sendo como a principal percussora dos trabalhos nesse âmbito, o que pode ser explicado pelo seu crescimento industrial e conseqüentemente, na descarga de efluentes, afetando os recursos hídricos.

Verificou-se que há também a necessidade de trabalhos que contemplem a eficiência do emprego da bioaugmentação nos processos de tratamentos de efluentes com compostos fenólicos e óleos e graxas, já que uma grande parte das produções científicas enfoca em outros aspectos, tais como usos muito específicos da bioaugmentação ou alterações na população dos microrganismos que atuam na biodegradação de matéria orgânica.

Portanto, fazem-se necessárias pesquisas que envolvam o desenvolvimento de processo e avaliação da eficiência do emprego dos aditivos biológicos para o tratamento de diferentes tipos de efluentes (inclusive em situações de carga de choque) e que se utilize diferentes tipos de aditivos biológicos.

REFERÊNCIAS

CHEN, Y.; LAN, S.; WANG, L.; DONG, S.; ZHOU, H.; TAN, Z.; LI, X. A review: Driving factors and regulation strategies of microbial community structure and dynamics in wastewater treatment systems. **Chemosphere**, v. 174, p. 173-182, 2017.

HERRERO, M.; STUCKEY, D.C. Bioaugmentation and its application in wastewater treatment: A review. **Chemosphere**, v. 140, p.119-128, 2015

NZILA, A.; RAZZAK, S. A.; ZHU, J. Bioaugmentation: An Emerging Strategy of Industrial Wastewater Treatment for Reuse and Discharge (Review). **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v.13, n.9, p. 846, 2016.

PEARSON, A. **Gestão Ambiental**. 1ª Ed. Pearson Education Brasil, 2011.

Resolução CONAMA Nº 430/2011, Ministério do Meio Ambiente

SENAI. **Tratamento de Efluentes**. 1ª Ed. Brasília: SENAI/DN, 2014.

TANG, H.L.; CHEN, H. Nitrification at full-scale municipal wastewater treatment plants: Evaluation of inhibition and bioaugmentation of nitrifiers. **Biosource technology**, v.190, p.76-81, 2015.

TCHOBANOGLOUS, G.; BURTON, F. L.; STENSEL, H. D. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. US : McGraw-Hill Higher Education. 2003. 4th Ed.

ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE FATORES GEOMÉTRICOS DE PEÇA E FERRAMENTA SOBRE A PRECISÃO DE TRAJETÓRIAS DE FERRAMENTA PARA MICROFRESAMENTO

Marcus Vinícius Pascoal Ramos

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Salvador - Bahia

Guilherme Oliveira de Souza

Centro Universitário SENAI CIMATEC

Salvador - Bahia

RESUMO: Durante a geração de trajetórias de ferramenta utilizando softwares CAM, maiores cuidados devem estar voltados à precisão destas trajetórias. Esta precisão possui relação direta com a tolerância CAM, que, assim como outros fatores, relacionados à diâmetro da ferramenta, penetração de trabalho e profundidade de usinagem, deve ser parametrizada nestes softwares. Em operações de microfresamento, uma das grandes preocupações é a de que os softwares CAM gerem trajetórias de ferramenta capazes de garantir a precisão requerida pelo processo. Neste contexto, este trabalho possui como objetivo avaliar a influência dos fatores raio de curvatura convexa da superfície usinada, diâmetro da ferramenta e tolerância CAM, no desvio médio das trajetórias de ferramenta geradas por dois softwares CAM comercialmente disponíveis. Para isto, foram criados modelos CAD e trajetórias CAM representativas desta escala, calculados os desvios de trajetória de ferramenta, resposta desta pesquisa, em seguida, estes desvios

foram avaliados sob o ponto de vista estatístico. Para os fatores, raio da geometria e diâmetro da ferramenta, não foram identificadas diferenças significativas para estes fatores e suas interações, entretanto, a tolerância CAM foi o fator mais influente. A tolerância de 0,01 mm apresentou o maior desvio de trajetória, já para as tolerâncias de 0,001 e 0,0001 mm, não foram encontradas diferenças significativas nas análises, indicando irrelevância estatística e demonstrando não existir distinção entre os softwares adotados ao trabalharem nestas escalas.

PALAVRAS-CHAVES: Microfresamento; CAM; Tolerâncias; Trajetória de ferramenta.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF GEOMETRIC FACTORS OF WORKPIECE AND TOOL ON THE PRECISION OF MICROMILLING TOOL PATHS

ABSTRACT: During the tool path generation using CAM software, greater care should be given to the accuracy of these trajectories. This precision is directly related to the CAM tolerance, which, as well as other factors related to tool diameter, stepover and depth of cut, should be parameterized in these softwares. In micromilling operations, one of the main concerns is that CAM software generate tool

trajectories capable of guaranteeing the precision required by the process. In this context, this work aims to evaluate the influence of the factors of curvature of convex curvature of the machined surface, tool diameter and CAM tolerance, in the average deviation of the tool trajectories generated by two commercially available CAM software. For this, CAD models and CAM trajectories were created that were representative of this scale, calculated the tool trajectory deviations and the response of this research, then evaluated from the statistical point of view. For the factors, radius of the geometry and diameter of the tool, no significant differences were identified for these factors and their interactions, however, the CAM tolerance was the most influential factor. The tolerance of 0.01 mm presented the greatest deviation of trajectory, already for the tolerances of 0.001 and 0.0001 mm, no significant differences were found in the analyzes, indicating statistical irrelevance and demonstrating that there was no distinction between the software adopted when working on these scales.

KEYWORDS: Micromilling; CAM; Tolerances; Tool Path.

1 | INTRODUÇÃO

A usinagem é um dos principais processos de fabricação utilizados para a fabricação de micropeças e, em particular, o microfresamento vem recebendo destaque. Sua vantagem mais atraente advém da capacidade de fabricação de geometrias tridimensionais complexas, em vários materiais, formas e interfaces funcionais, além da possibilidade da usinagem de materiais com elevada razão de esbeltez (CHOI; JERARD, 2012) (GHERMAN et al., 2017) (POPOV et al., 2006).

Este processo, devido à escala micro e à complexidade das geometrias processadas, necessita de suporte computacional para a sua realização, o que é feito por meio de tecnologias CNC (Comando Numérico Computadorizado) e CAM (*Computer Aided Manufacturing*). O papel desta última tecnologia é o de gerar trajetórias de ferramenta que serão posteriormente transformadas em programas CN (Comando Numérico) para serem executados em máquinas CNC.

As trajetórias de ferramenta são calculadas a partir de um modelo geométrico 3D gerado em um software CAD em um processo conhecido como *Tool Path Generation* (Geração de Trajetória de Ferramenta). Para isto, os sistemas CAM disponibilizam rotinas parametrizáveis que, além do modelo geométrico da peça, levam em consideração outras informações, como as da geometria de ferramenta, do padrão de movimentação a ser adotado, das grandezas de penetração a_p (profundidade de usinagem) e a_g (penetração de trabalho) e da tolerância geométrica. Este último parâmetro deve informar o quanto é tolerável que a trajetória de ferramenta calculada pelo CAM se afaste da geometria de referência, o modelo CAD da peça e, portanto, tem forte relação com a precisão da operação de fresamento que utilizará o programa CN gerado.

O que resulta desse processo é um arquivo nativo, conhecido como CLDATA

(*Cutter Location Data File*) que consiste basicamente de uma sucessão de pontos de localização de ferramenta, conhecidos como CL (*Cutter Location*), pelos quais a ferramenta deve passar. O programa CN é criado a partir do arquivo CLDATA na etapa de pós-processamento, que traduz a trajetória de ferramenta para uma linguagem apropriada para o CNC da máquina em que a operação será executada (THEPSONTHI; ÖZEL, 2014).

No que se refere ao microfresamento, ainda que o mercado de softwares CAM seja altamente fragmentado e competitivo, poucos softwares comercialmente disponíveis assumem ser dedicados ou possuem módulos especiais voltados às operações em microescala. Sob esse aspecto, um software CAM para operações de usinagem em escala convencional nem sempre apresentará resultados satisfatórios em operações de microescala (CHOI; JERARD, 2012).

Uma das principais preocupações é com a precisão das trajetórias de ferramenta geradas, que precisa atender aos requisitos de precisão micrométricos e submicrométricos de operações de microfresamento. Neste sentido, este artigo tem como objetivo verificar se as proporções da geometria a ser usinada e da fresa a ser utilizada possuem influência na precisão das trajetórias de ferramenta geradas. Para tal, foi analisada a influência dos fatores, raio de curvatura convexa da superfície a ser usinada, diâmetro da fresa e tolerância CAM, sobre o desvio médio calculado das trajetórias de ferramenta geradas por dois softwares CAM comercialmente disponíveis, um que se propõe a gerar trajetórias para microfresamento e outro que não.

2 | METODOLOGIA

A influência dos fatores geométricos de peça e ferramenta sobre a precisão das trajetórias de ferramenta foi analisada estatisticamente e o experimento foi delineado como fatorial completo, com 4 fatores de controle em 2 e 3 níveis, conforme informado na Figura 1. Para determinar a precisão das trajetórias de ferramenta, foram calculados os desvios das trajetórias com relação a um modelo analítico de referência. Estes desvios foram, portanto, as respostas do experimento utilizadas na análise estatística.

Fatores de controle	Níveis	Respostas
Raio da geometria (RG)	0,5 mm; 1 mm; 10 mm	Desvios das trajetórias da ferramenta
Diâmetro da ferramenta (DF)	0,1 mm; 0,5 mm; 1 mm	
Tolerância (TOL)	0,01 mm; 0,001 mm; 0,0001 mm	
Softwares CAM (CIM ou HSM)	Cimatron; Inventor HSM	

Figura 1. Fatores de controle, níveis e respostas da pesquisa.

Dois sistemas CAM comercialmente disponíveis foram utilizados nesta pesquisa. O primeiro, o software *Cimatron E14*, do fabricante *3D Systems*, é o

Desta forma, a partir da posição em Z do arquivo CLDATA (Z_{cl}) e conhecendo o raio (R_f) da ponta da ferramenta de topo esférico, foi possível encontrar a coordenada Z do centro da esfera (Z_c) para cada ponto e determinar a trajetória do centro da ferramenta, conforme Equação 1.

$$Z_c = Z_{cl} + R_f \quad (1)$$

Com a determinação da posição do centro da ferramenta, assumindo que a posição em X (X_{cl}) permanece a mesma, da relação trigonométrica observada a partir do triângulo ABC da Figura 2, foi possível determinar o ângulo de posição da ferramenta (θ) para cada ponto CL das trajetórias (Equação 2):

$$tg \theta = \frac{Z_c}{X_{cl}} = \frac{Z_{cl} + R_f}{X_{cl}} \rightarrow \theta = arctg\left(\frac{Z_{cl} + R_f}{X_{cl}}\right) \quad (2)$$

Na sequência, cada ângulo de posição (θ) foi utilizado para calcular um Ponto de Referência ($X_{cl'}$; $Z_{cl'}$), determinado considerando novamente a relação trigonométrica do triângulo ABC, além da informação do raio da superfície cilíndrica (R_g) através das Equações 3 e 4.

$$sen \theta = \frac{Z_c}{R_g + R_f} = \frac{Z_{cl'} + R_f}{R_g + R_f} \rightarrow Z_{cl'} = sen \theta \cdot (R_g + R_f) - R_f \quad (3)$$

$$cos \theta = \frac{X_{cl'}}{R_g + R_f} \rightarrow X_{cl'} = cos \theta \cdot (R_g + R_f) \quad (4)$$

O Ponto de Referência ($X_{cl'}$; $Z_{cl'}$) corresponde à posição da ferramenta, para um determinado ângulo de posição θ , calculado por um modelo analítico. Ou seja, essas seriam as coordenadas da posição da ferramenta para um determinado ângulo de posição θ , caso a trajetória da ferramenta fosse calculada utilizando um modelo analítico. Logo, os desvios de posição das coordenadas foram encontrados a partir da diferença entre a posição calculada pelos softwares CAM (X_{cl} e Z_{cl}) e a posição das coordenadas calculadas a partir do modelo analítico ($X_{cl'}$ e $Z_{cl'}$), descrita nas Equações 3 e 4. Portanto, as Equações 5 e 6, determinam a variação dos desvios de posição para as coordenadas X (Δ_x) e Z (Δ_z).

$$\Delta_x = X_{cl'} - X_{cl} \quad (5)$$

$$\Delta_z = Z_{cl'} - Z_{cl} \quad (6)$$

Por fim, o *Detalhe A* da Figura 2 ilustra, na forma de linhas tracejadas da ferramenta e trajetória, o desvio (Δ_{cl}) encontrado entre a trajetória gerada pelos softwares CAM e a trajetória calculada analiticamente, sendo assim, atendendo a relação trigonométrica do triângulo *DEF* gerado nesta nova posição pelos pontos de localização esperada da ferramenta (CL') e de localização CLDATA (CL), foi possível determinar os desvios entre trajetórias (Equação 7):

$$\Delta_{cl} = \sqrt{(\Delta_x^2 + \Delta_z^2)} \quad (7)$$

A significância dos fatores foi analisada mediante o gráfico de Pareto e o de efeitos principais, para isso, utilizando a versão de avaliação do software estatístico *Minitab 18*. Todos os testes foram realizados adotando um nível de confiança de 95% para todos os intervalos, o que corresponde a um nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta o gráfico de Pareto dos efeitos para os fatores: raio da geometria (A), software CAM (B), diâmetro da ferramenta (C) e tolerância de trajetória (D), individuais e combinados, sobre o desvio de trajetória médio.

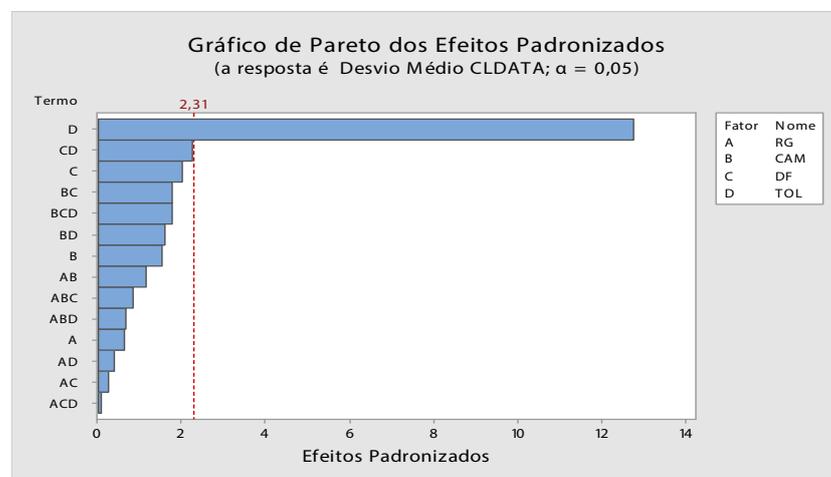


Figura 3. Gráfico de Pareto dos efeitos padronizados dos fatores analisados sobre o desvio de trajetória médio.

Conforme análise do gráfico, as barras que cruzam a linha de referência (em 2,31), são consideradas estatisticamente significativas. Nesse caso, observa-se que os fatores avaliados não apresentam influência significativa no desvio médio das trajetórias (com 95% de confiança), com exceção da tolerância (D). Isto significa que não há relevância estatística nos desvios em decorrência da variação o raio da geometria (A), diâmetro da ferramenta (C), software CAM (B) e na interação entre eles. Portanto, enfatiza-se que a variável mais influente entre os fatores no desvio da trajetória é a tolerância.

Como o gráfico de Pareto exhibe o valor absoluto dos efeitos, é possível determinar quais fatores, ou combinação destes, possui maior influência do desvio médio das trajetórias, no entanto, não é possível determinar de modo específico quais efeitos possuem influência no aumento ou redução dos desvios de trajetória. Assim sendo, para apoiar adequadamente as considerações aqui descritas, o gráfico de efeitos principais foi investigado. As avaliações gráficas estabelecidas pela análise dos efeitos principais em torno das médias, caracterizando a influência de cada fator isoladamente no desvio médio para as trajetórias da ferramenta geradas a partir do arquivo CLDATA, podem ser feitas a partir da Figura 4.

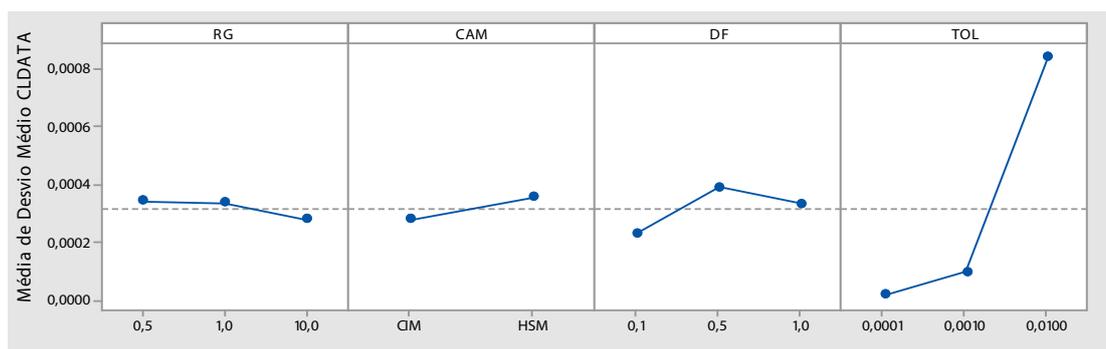


Figura 4. Gráfico de efeitos principais para o desvio médio gerado a partir do CLDATA.

Assim como analisado no gráfico de Pareto, o gráfico de efeitos principais mostra que a tolerância apresentou maior variação em torno da média e distanciamento entre os níveis e, portanto, exerce maior influência nos desvios médios das trajetórias, quando comparada com os outros fatores. Considerando os efeitos individuais dos níveis no fator tolerância, pode-se observar que os maiores desvios de trajetória foram encontrados para a tolerância de 0,01 mm. Percebe-se, entretanto, que não existem diferenças estatísticas para as tolerâncias de 0,001 mm e 0,0001 mm. Nestes casos, a faixa de variação destes desvios é extremamente pequena.

Visando avaliar o comportamento dos desvios médios das trajetórias dentro das faixas de tolerâncias, em especial para a tolerância de 0,0001 mm, indicada para o microfresamento, foram verificadas as posições destes desvios dentro da banda de tolerância estabelecida nos softwares CAM, conforme Figuras 5 e 6 a seguir.

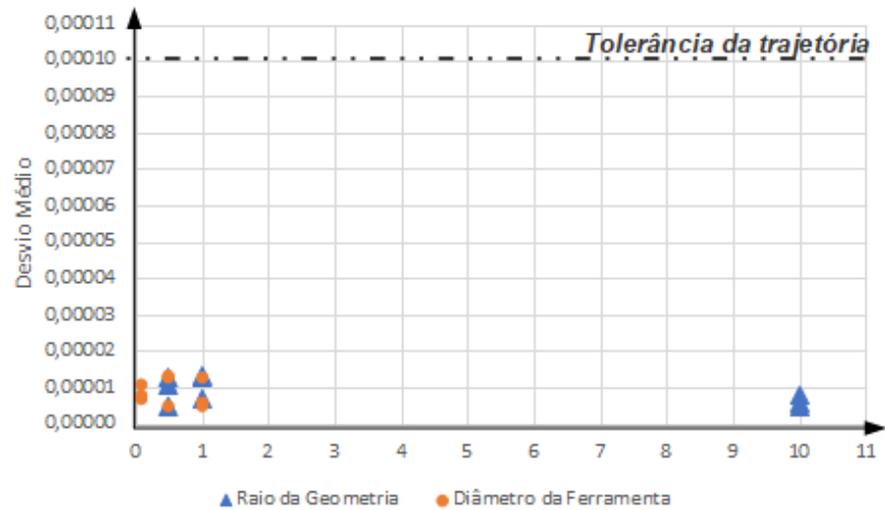


Figura 5. Gráfico representativo dos pontos de desvios médios para a banda de tolerância de 0,0001 mm do CLDATA do *Inventor HSM*.

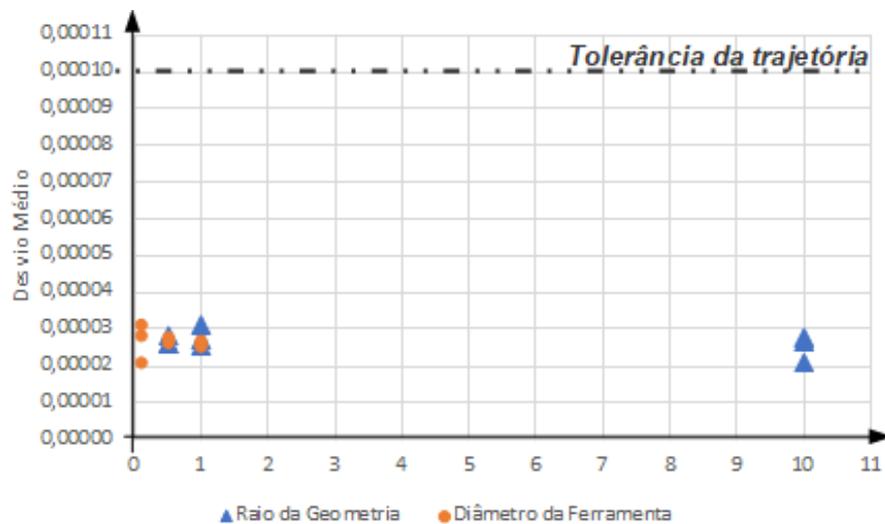


Figura 6. Gráfico representativo dos pontos de desvios médios para a banda de tolerância de 0,0001 mm do CLDATA do *Cimatron*.

Da análise das figuras, foi possível inferir que, para as trajetórias geradas, os dois softwares CAM apresentaram desvios dentro da banda de tolerância estabelecida nas configurações de trajetória destes softwares (0,0001 mm) e, portanto, apresentam precisão de cálculo adequada para aplicações de microfresamento.

4 | CONCLUSÃO

A análise do gráfico dos efeitos principais e de Pareto permitiu avaliar que os fatores, raio de geometria, diâmetro da ferramenta e software CAM, não possuem influência significativa nos desvios gerados das trajetórias dos softwares CAM, individualmente, ou quando se relacionam, indicando irrelevância estatística. Por outro lado, foi possível apreciar que o fator que apresentou maior influência nos desvios de trajetórias da ferramenta, individualmente e nas interações com outros fatores, foi a tolerância.

Os maiores desvios de trajetória encontrados estão relacionados com a tolerância de 0,01 mm. Para tolerâncias na faixa micrométrica (0,001 mm) e submicrométrica (0,0001 mm), os desvios não são considerados significativos para os diversos fatores e suas interações. Sendo assim, no que tange à utilização dos softwares estudados, não foi evidenciada significância estatística que os diferencie.

A análise de posição dos desvios médios das trajetórias dentro da banda de tolerância de 0,0001 mm (Figuras 5 e 6), configurada nos softwares CAM e recomenda para o microfresamento, corrobora a conclusão de que, em termos de precisão dos cálculos matemáticos de geração de trajetórias, não foram encontradas diferenças entre os dois softwares avaliados para a geração de trajetórias com tolerâncias recomendadas para aplicações em microfresamento. O que é uma conclusão importante, uma vez que aponta para a possibilidade de gerar trajetórias de microfresamento em softwares CAM que não têm módulos dedicados a estas aplicações.

Por fim, é importante mencionar que a metodologia do cálculo empregado neste trabalho avalia de forma individual o desvio de trajetória de ferramenta na condição em que existam pontos em desvio entre a posição local ao longo da trajetória e o ponto ideal local, que por sua vez, resultaria em tangência com a superfície da peça, não levando em consideração os pontos de desvio que estejam entre a posição ideal local (tangência) e a posição local, que resultaria em invasão da ferramenta sobre a peça (desvio cordal).

REFERÊNCIAS

CHOI, B. K.; JERARD, R. B. **Sculptured surface machining: theory and applications**. Springer Science & Business Media, 2012.

GHERMAN, L.; GLEADALL, A.; BAKKER, O. RATCHEV, S. **Manufacturing Technology: Micro-machining**. In: FASSI, I.; SHIPLEY, D. (Ed.). **Micro-Manufacturing Technologies and Their Applications: A Theoretical and Practical Guide**. Cham: Springer, 2017. Cap. 4. p. 97-127.

POPOV, K.; DIMOV, S.; PHAM, D.; IVANOV, A. **Micromilling strategies for machining thin features**. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science, v. 220, n. 11, p. 1677–1684, 2006.

THEPSONTHI, T.; ÖZEL, T. **An integrated toolpath and process parameter optimization for high-performance micro-milling process of Ti-6Al-4V titanium alloy**. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, v. 75, n. 1–4, p. 57–75, 2014.

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE MISTURAS DIESEL COM DIFERENTES TEORES DE BIODIESEL DE OGR

Arx Henrique Pedreira Reis Bastos

Centro Universitário SENAI CIMATEC – Bahia

Keize Katiane dos Santos Amparo

Centro Universitário SENAI CIMATEC – Bahia

Egídio Teixeira de Almeida Guerreiro

Centro Universitário SENAI CIMATEC – Bahia

Maurício Lerina Bonifati

Centro Universitário SENAI CIMATEC – Bahia

Elliete Costa Alves

Centro Universitário SENAI CIMATEC – Bahia

Guilherme Cunha Martins

Centro Universitário SENAI CIMATEC – Bahia

Alex Brasil

Universidade Federal de Minas Gerais – Minas Gerais

Caio Henrique Alves Maciel

NEXA RESOURCES – Minas Gerais

Rodrigo Alberto Moreira Gomes

NEXA RESOURCES – Minas Gerais

Lílian Lefol Nani Guarieiro

Universidade Federal da Bahia – INCT – Bahia

RESUMO: Este estudo apresenta os resultados de avaliação de desempenho de um motor ciclo diesel utilizando misturas combustíveis de diesel e biodiesel de óleos e gorduras residuais contendo os percentuais de biodiesel: 8, 20, 30, 40 e 50%. A avaliação de desempenho foi realizada a carga de 100% e em oito condições de operação (1000, 1200, 1300, 1400, 1500,

1600, 1700 e 1750rpm). Os resultados indicam que ao se aumentar o teor de biodiesel na mistura os valores de torque diminuem e os valores para potência permanecem próximos e com pouca variação. O aumento do teor de biodiesel nas misturas acarretou em um maior consumo específico de combustível.

PALAVRAS-CHAVE: Diesel; Biodiesel; Desempenho; Consumo.

EVALUATION OF PERFORMANCE DIESEL MIXTURES WITH DIFFERENT CONTENT OF OGR BIODIESEL

ABSTRACT: This study presents the results of performance evaluation of a diesel cycle engine using diesel fuel blends and biodiesel oils and residual fats. For a better performance evaluation, the experiment was carried out at 100% load and in eight operating conditions (1000, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700 and 1750rpm). The results indicate that when increasing the biodiesel content in the mixture the values of torque decrease and the values for power remain close and with minimum variation. The increased biodiesel content in the blends led to a higher specific fuel consumption.

KEYWORDS: Diesel; Biodiesel; Performance; Consumption.

1 | INTRODUÇÃO

Com o advento dos motores de combustão, o consumo de combustíveis derivados do petróleo aumentou significativamente, levando a escassez das reservas de petróleo e maiores emissões de gases nocivos à saúde [1]. Biocombustíveis estão sendo avaliados para serem utilizados em motores de combustão interna ciclo diesel, podendo promover desenvolvimento econômico, social e redução nas emissões de gases poluentes.

Na maioria dos países, o biodiesel é utilizado em misturas combustíveis de diesel e biodiesel, isso ocorre devido a maior viscosidade e menor poder calorífico do biodiesel. Se fosse utilizado puro, seriam necessárias algumas modificações no motor para que se pudesse alcançar a maior eficiência de combustão [2].

Em alguns estudos acerca do efeito da utilização de biodiesel no desempenho de motores de combustão interna, constataram que as misturas combustíveis de diesel/biodiesel elevam o consumo específico de combustível [2-4]. Isto ocorre em função do menor poder calorífico do biodiesel quando comparado ao diesel convencional.

Assim, para se avaliar o desempenho das misturas combustíveis são realizados testes em dinamômetros de bancada. Ao se realizar testes em dinamômetros, é possível obter maior confiabilidade nos resultados adquiridos e maior controle de todos os parâmetros de teste.

Perin [5] em seu estudo identificou que ao se utilizar misturas combustíveis de diesel e biodiesel de óleos e gorduras residuais (gordura bovina e suína), as misturas não apresentavam perda de desempenho em comparação com a utilização do diesel comercial. Anand [6] avaliou o desempenho de misturas combustíveis de diesel e biodiesel, e constatou que ao se utilizar biodiesel não houve perda de desempenho, entretanto houve maior consumo específico de combustível. Ozsezen [7] concluiu em seu estudo que ao se utilizar biodiesel o torque máximo foi menor que o diesel convencional, além disto evidenciou o que o consumo de combustível para os combustíveis analisados foi maior que o diesel.

Assim, é evidenciado pelos estudos que a utilização de biodiesel de óleos e gorduras residuais está sendo amplamente adotado e são necessários novos estudos para se comprovar o comportamento destas novas misturas combustíveis em condições de operação e motores diferentes. Deste modo, o objetivo deste artigo foi avaliar o desempenho de um motor diesel utilizando misturas combustíveis de diesel e biodiesel de OGR.

2 | METODOLOGIA

A fim de realizar a avaliação de desempenho de motor diesel, utilizando cinco misturas combustíveis de diesel/biodiesel de OGR, foram produzidas as misturas com diesel comercializado nos meses de fevereiro/março de 2018 (Diesel com 8%

de biodiesel). As misturas combustíveis presentes na avaliação de desempenho possuem 20, 30, 40 e 50% de biodiesel. Foi empregado um aditivo em todas as misturas combustíveis na proporção de 1 para 1000 litros de combustível (TECCOM). O aditivo possui homogeneizadores, solubilizadores, tensoativos, repositor de lubricidade e estabilizantes, que promovem melhor eficiência de combustão do motor. Na literatura podem ser encontrados diferentes tipos de aditivos que são utilizados para melhorar as propriedades físico-químicas do diesel e misturas diesel e biodiesel, bem como melhorar consumo específico e reduzir as emissões [8-11]. Estes aditivos podem ser obtidos a partir de compostos orgânicos e inorgânicos, e pode ser modificado com metais.

O biodiesel utilizado foi produzido de óleos e gorduras residuais, e o diesel obtido comercialmente. A Tabela 1 apresenta as misturas preparadas para o estudo.

Sigla mistura	Teor de Diesel (%)	Teor de biodiesel (%)	Teor de Aditivo (%)
B08	92	08	0,001
B20	80	20	0,001
B30	70	30	0,001
B40	60	40	0,001
B50	50	50	0,001

Tabela 1. Diesel Comercial e Misturas Combustíveis preparadas utilizadas no ensaio.

2.1 Avaliação de Desempenho do Motor com Misturas Combustíveis

A avaliação de desempenho das misturas combustíveis foi realizada utilizando um motor ciclo diesel acoplado a um dinamômetro de corrente de Foucault (AVL DP 240). As principais especificações do fabricante estão na Tabela 2.

Motor		Dinamômetro	
Modelo	MS 3.9T	Categoria	Dinamômetro passivo
Número de Cilindros	4, em linha	Medição de torque	Célula de carga
Cilindrada (cm ³)	3870	Potência (kW)	20 – 500
Taxa de Compressão	15:1	Torque (Nm)	25 – 2,000
Arrefecimento	Líquido	Velocidade (rpm)	8,000 – 17,000
Injeção de Combustível	Direta		
Rotação Máxima (rpm)	1800		
Ciclo	Turbo alimentado		

Tabela 2 - Especificações do motor Diesel e do Dinamômetro

Para cada mistura combustível foram estabelecidas 8 (oito) rotações (1000, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700 e 1750 rpm) com carga de 100%. Para cada rotação foram coletados dados de variação de massa de combustível (consumo) e torque. Os dados foram obtidos por meio do *software* de aquisição de dados do dinamômetro, o AVL PUMA Open. Não ocorreu nenhuma alteração nos parâmetros do motor, entre os combustíveis, para fim comparativo. O consumo específico de combustível medido no freio dinamométrico (em inglês: *Brake Specific Fuel Consumption* - BSFC), foi calculado para cada mistura de combustível, em cada rotação, e ele representa a razão com que o motor converte a massa de combustível em trabalho mecânico. É dado através da equação 1:

$$BSFC = \frac{m_f}{\dot{W}} \quad (1)$$

m_f = Massa de combustível consumido; \dot{W} = Média da potência;

Os testes no motor seguiram procedimentos padrões para todas as misturas, sendo o motor aquecido até 80 °C, posteriormente fixado as diferentes condições de teste (mudança de rotação e cargas, coletando a média de 30 segundos e coletando ponto a ponto de 2 minutos das variáveis). Ensaio baseado na norma NBR ISO 1585 - Veículos rodoviários - Código de ensaio de motores - Potência líquida efetiva.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Avaliação de Desempenho com Misturas Combustíveis

Todas as misturas combustíveis obtiveram torque máximo na rotação de 1300 rpm, sendo que o B08 apresentou um maior valor de torque dentre os combustíveis. Os valores de torque foram reduzidos ao aumentar o teor biodiesel na mistura, porém, a redução do torque foi muito pequena estando dentro da margem de erro do teste (3,18%), e por esse motivo podem ser considerados estatisticamente iguais. Em relação ao B08, o B20 teve uma redução de 0,74%, o B30 reduziu 1,16%, o B40 1,40% de redução e o B50 obteve 1,11% de redução de torque na rotação de 1300 rpm (Fig. 1). Os valores de torque e potência obtidos para o B20 são ligeiramente diferentes do B08. Resultado que corrobora com os estudos de Al-Mashhadani [12]. A razão para maior torque produzido pelo B08 pode ser devido à menor densidade e viscosidade em comparação com outras proporções de mistura de biodiesel, o que corrobora com os resultados encontrados por Ghazali [13].

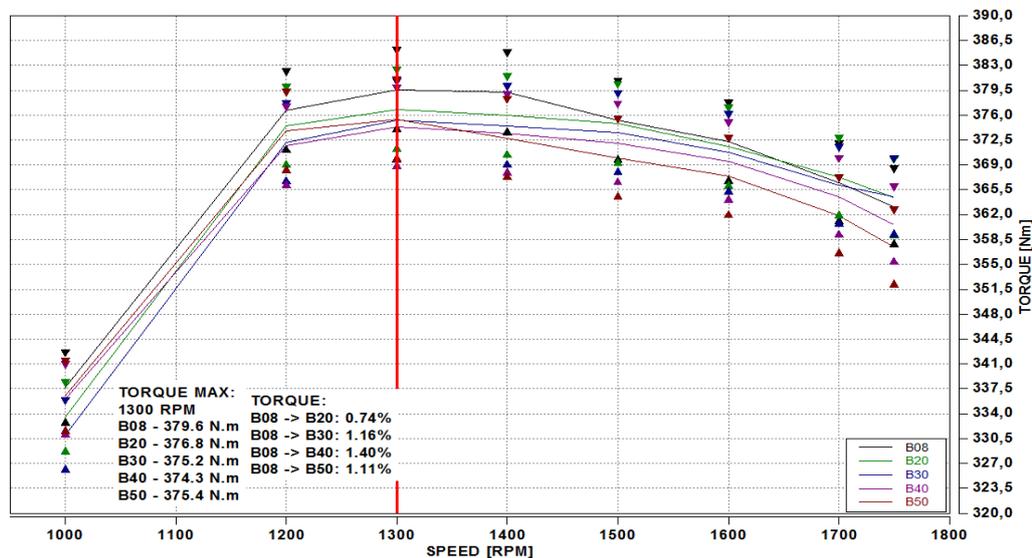


Figura 1 – Torque para Misturas Combustíveis

Os valores de potência máxima obtidos para todas as misturas combustíveis, em 1750 rpm, apresentaram-se próximos. Isso demonstra que não houve variação significativa na potência do motor com o uso das diferentes misturas combustíveis (Fig. 2).

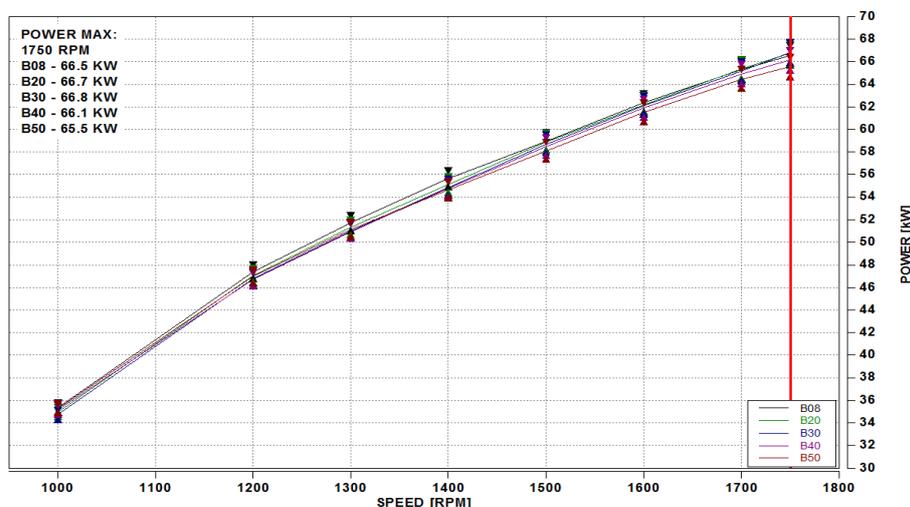


Figura 2 - Potência para Misturas Combustíveis

O consumo específico (BSFC) das misturas combustíveis é um indicador da eficiência de combustão, pois reflete a quantidade de combustível que é convertida em uma potência específica. O BSFC para misturas combustíveis (B08, B20, B30, B40, B50) por rotação do motor a plena carga é apresentado na Figura 3. Os menores valores de BSFC para todas as misturas combustíveis foram obtidos na rotação de 1750 rpm, que é o ponto de maior potência do motor.

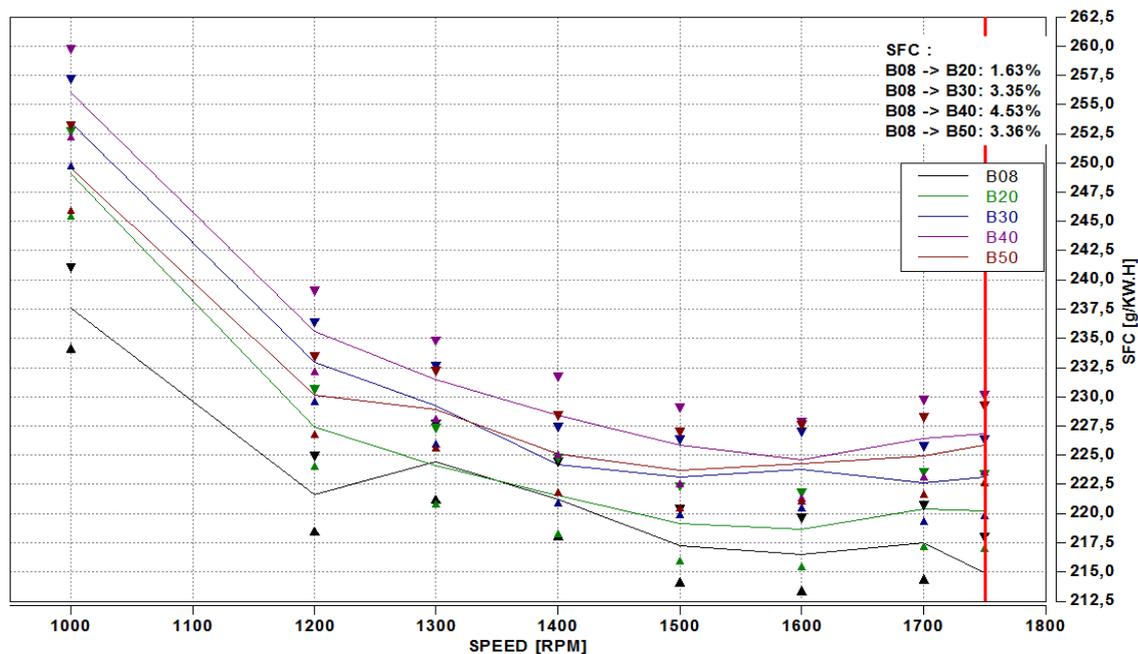


Figura 3 - BSFC para Misturas Combustíveis

O maior BSFC foi obtido com o B40, dentre as outras misturas, em relação ao B08. Este aumento do BSFC pode ser atribuído ao maior teor de oxigênio das misturas e da maior densidade que o biodiesel tem. Isso se deve ao fato de que o maior percentual de volume de biodiesel na mistura de combustível resulta em mais combustível sendo injetado no cilindro para atingir o mesmo desempenho que motor teria se usasse misturas com um maior percentual de Diesel. Os resultados apontaram que o BSFC com o uso do B50 foi menor do que o com o uso de B40, mesmo que em pequenas proporções. Grande parte dos pesquisadores relataram que o aumento do teor de biodiesel em misturas com o Diesel proporciona diminuição de torque e potência do motor e aumento do BSFC [14-17]. Embora a oxigenação, proveniente de um maior teor de biodiesel em mistura com o Diesel, aumentar a eficiência do consumo do combustível, este reduz ligeiramente a potência do motor devido ao poder calorífico ser menor do que o combustível base B08 [18].

Ainda que haja diminuição de alguns parâmetros de desempenho do motor, nenhuma pesquisa apontou mudanças severas de comportamento e degradação do mesmo, evidenciando que o uso de altos teores de biodiesel em misturas com Diesel não traz desvantagens significativas, podendo ser alterado o percentual de biodiesel no combustível.

4 | CONCLUSÃO

Uma análise comparativa entre os combustíveis foi realizada em um banco dinamométrico para verificação do desempenho do motor utilizando diferentes misturas combustíveis de diesel e biodiesel de OGR. Os resultados para o B20, B30, B40 e B50 demonstraram pouca diferença em relação ao B08 em relação a variação

do torque, evidenciando que a substituição do Diesel comercial por algum desses combustíveis não traria nenhuma diferença operacional no veículo em um cenário real. Foi demonstrado também que com o aumento do teor de biodiesel na mistura obteve-se um maior BSFC, ou seja, foi consumido mais combustível para as misturas de maior teor de biodiesel para conseguir manter a mesma potência que o B08.

REFERÊNCIAS

- ¹ Tesfa, Belachew, et al. "Combustion and performance characteristics of CI (compression ignition) engine running with biodiesel." *Energy* 51 (2013): 101-115.
- ² Bari, Saiful. "Performance, combustion and emission tests of a metro-bus running on biodiesel-ULSD blended (B20) fuel." *Applied Energy* 124 (2014): 35-43.
- ³ Ozsezen, Ahmet Necati, et al. "Performance and combustion characteristics of a DI diesel engine fueled with waste palm oil and canola oil methyl esters." *Fuel* 88.4 (2009): 629-636.
- ⁴ Ozsezen, Ahmet Necati, and Mustafa Canakci. "Determination of performance and combustion characteristics of a diesel engine fueled with canola and waste palm oil methyl esters." *Energy Conversion and Management* 52.1 (2011): 108-116.
- ⁵ Perin, Gismael Francisco, et al. "Emissões de motor agrícola com o uso de diferentes tipos de diesel e concentrações de biodiesel na mistura combustível." *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 50.12 (2015): 1168-1176.
- ⁶ Anand, K., R. P. Sharma, and Pramod S. Mehta. "Experimental investigations on combustion, performance and emissions characteristics of neat karanja biodiesel and its methanol blend in a diesel engine." *Biomass and bioenergy* 35.1 (2011): 533-541.
- ⁷ Ozsezen, Ahmet Necati, et al. "Performance and combustion characteristics of a DI diesel engine fueled with waste palm oil and canola oil methyl esters." *Fuel* 88.4 (2009): 629-636.
- ⁸ SHAAFI, T. et al. Effect of dispersion of various nanoadditives on the performance and emission characteristics of a CI engine fuelled with diesel, biodiesel and blends—A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 563-573, 2015..
- ⁹ RASHEDUL, H. K. et al. The effect of additives on properties, performance and emission of biodiesel fuelled compression ignition engine. **Energy Conversion and Management**, v. 88, p. 348-364, 2014.
- ¹⁰ SHAAFI, T.; VELRAJ, R. Influence of alumina nanoparticles, ethanol and isopropanol blend as additive with diesel–soybean biodiesel blend fuel: Combustion, engine performance and emissions. **Renewable Energy**, v. 80, p. 655-663, 2015.
- ¹¹ MIRZAJANZADEH, Mehrdad et al. A novel soluble nano-catalysts in diesel–biodiesel fuel blends to improve diesel engines performance and reduce exhaust emissions. **Fuel**, v. 139, p. 374-382, 2015.
- ¹² AL-MASHHADANI, Husam; FERNANDO, Sandun. Properties, performance, and applications of biofuel blends: a review. **AIMS ENERGY**, v. 5, n. 4, p. 735-767, 2017.
- ¹³ GHAZALI, Wan Nor Maawa Wan et al. Effects of biodiesel from different feedstocks on engine performance and emissions: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 51, p. 585-602, 2015.
- ¹⁴ GARCÍA-MARTÍN, Juan Francisco et al. Biodiesel production from waste cooking oil in an oscillatory

flow reactor. Performance as a fuel on a TDI diesel engine. **Renewable Energy**, 2018

¹⁵ EMIROĞLU, A. Osman; KESKIN, Ahmet; ŞEN, Mehmet. Experimental investigation of the effects of turkey rendering fat biodiesel on combustion, performance and exhaust emissions of a diesel engine. **Fuel**, v. 216, p. 266-273, 2018.

¹⁶ ÖZENER, Orkun et al. Effects of soybean biodiesel on a DI diesel engine performance, emission and combustion characteristics. **Fuel**, v. 115, p. 875-883, 2014.

¹⁷ AGARWAL, Avinash Kumar; DHAR, Atul. Experimental investigations of performance, emission and combustion characteristics of Karanja oil blends fuelled DICl engine. **Renewable energy**, v. 52, p. 283-291, 2013.

¹⁸ KUMAR, M. Vijay; BABU, A. Veeresh; KUMAR, P. Ravi. The impacts on combustion, performance and emissions of biodiesel by using additives in direct injection diesel engine. **Alexandria Engineering Journal**, 2017.

SOBRE OS ORGANIZADORES

INGRID WINKLER Professora e Pesquisadora dos PPGs Stricto Sensu em Gestão e Tecnologia Industrial (GETEC) e em Modelagem Computacional (MCTI) do Centro Universitário SENAI CIMATEC, é graduada em Computação pela Universidade Mackenzie (1998) e Doutora em Administração pela Universidade Federal da Bahia (2012), com estágio doutoral na Ecole de Gestion - HEC Montreal. É líder do Grupo de Pesquisa CNPQ Realidade Aumentada, Realidade Virtual e interfaces inovadoras para Interação Humano-Computador na Indústria, Saúde e Educação, onde investiga temas relacionados à Indústria 4.0, Manufatura Avançada, eHealth, Tecnologias Assistivas e Metodologias Ativas de Ensino, entre outros. Possui sólida experiência na captação de recursos e execução de projetos de pesquisa aplicada, contribuindo de forma direta para o aumento da competitividade da indústria brasileira ao coordenar 23 projetos de inovação e desenvolvimento tecnológico financiados por players como EMBRAER, SHELL, VALE, FORD, TOTVS, Petrobras e startups, através de recursos da EMBRAPPII (Empresa Brasileira de Inovação Industrial), ANP (Agência Nacional de Petróleo) e SEBRAE, entre outros programas de fomento.

LILIAN LEFOL NANI GUARIEIRO Possui Graduação em Química pelo Centro Universitário de Lavras (2003), Mestrado em Química Orgânica e Especialização em Química do Petróleo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2006), Doutorado em Química Analítica pela Universidade Federal da Bahia (2010), Doutorado Sanduíche na Virginia Polytechnic Institute and State University em Blacksburg, VA-EUA e Pos-Doc pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Energia e Ambiente (2011). Foi membro afiliado da Academia Brasileira de Ciências para o quinquênio 2014-2018 e é membro Júnior da Academia de Ciências da Bahia. Atualmente é Professor Adjunto do SENAI CIMATEC, Salvador-BA onde atua como Coordenadora do Mestrado Profissional de Desenvolvimento Sustentável (MPDS), Coordenadora do Laboratório de Pesquisa Aplicada em Química (LIPAQ), Membro do Corpo Docente do CONSU e do CONSEPE do Centro Universitário SENAI Bahia (SENAI CIMATEC) e Membro permanente dos Programas de Pós Graduação (PPG) em Gestão e Tecnologia (GETEC), PPG em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial (MCTI) e MPDS. Já recebeu os prêmios: (2007) Best of Biorenewables (ACS). (2009 e 2011) Prêmio PUBLIC-FAPEX, (2010) Prêmio Inventor UFBA, (2012) Medalha RVq, (2012) Prêmio Ciência Tecnologia e Inovação em Biodiesel, (2013) Inova SENAI e (2014) Prêmio PubliTec.

JOSIANE DANTAS VIANA BARBOSA Graduada em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Campina Grande (2004) e Pós-graduada em nível de Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Campina Grande (2011). Atualmente é Coordenadora do Mestrado Profissional e do Doutorado em Gestão e Tecnologias Industriais - PPGGETEC. É docente dos Programas de pós-graduação em Gestão e Tecnologias Industriais - GETEC no SENAI CIMATEC e no Programa de Tecnologias em Saúde na Faculdade Bahiana de Medicina. Atuou por seis anos como Gerente da área de Materiais no SENAI CIMATEC, desempenhando atividades de coordenação de equipe, projetos de P&D&I e gestão da qualidade de laboratórios de calibração e ensaios mecânicos. No âmbito de projetos de pesquisa vêm desenvolvendo estudos relacionados a nanocompósitos, blendas de polímeros biodegradáveis, processamento de polímeros, compósitos poliméricos, biomateriais, e materiais aplicados a saúde. Atualmente trabalha no Projeto de Implantação do Instituto de Tecnologia em Saúde - ITS CIMATEC.

ALEX ÁLISSON BANDEIRA SANTOS Doutorado pelo Programa de Energia e Ambiente do Centro Interdisciplinar de Energia e Ambiente (CiEnAm) da Universidade Federal da Bahia (2010). Graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal da Bahia (1998) e Mestrado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas (2001). Professor e Pesquisador do SENAI CIMATEC, e, Membro Sênior da Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas (ABCM). Coordenador do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial do Centro Universitário SENAI CIMATEC. Também no SENAI CIMATEC, foi Gerente do Departamento de Eficiência Energética e Energias Renováveis e do Departamento de Manutenção Industrial. Coordenou projetos de infraestrutura e de P&D com empresas de atuação nacional e internacional, como também com financiamento de agências e secretarias de estado como CNPq, FINEP, SECTI/Governo da Bahia, SEINFRA/Governo da Bahia e FAPESB. Tem experiência na área de Engenharia Mecânica atuando principalmente nos seguintes temas: combustão industrial, formação e controle da fuligem e de NOx, energia, engenharia térmica, manutenção industrial, eficiência energética de processos e equipamentos industriais.

JEANCARLO PEREIRA DOS ANJOS Possui graduação em Química (Licenciatura) pela Universidade Federal de Lavras - UFLA (2008) e Mestrado em Agroquímica (2010) pela mesma universidade. cursou o Doutorado em Química pela Universidade Federal da Bahia - UFBA (2014), com ênfase em Química Analítica. Foi bolsista de Pós-doutorado pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Energia e Ambiente (INCT - E&A), na Universidade Federal da Bahia - UFBA (2014-2016). Atualmente, é Professor adjunto e vice-coordenador do Mestrado Profissional em Desenvolvimento Sustentável no Centro Universitário SENAI CIMATEC (Salvador-BA). Tem experiência na área de Química, atuando principalmente nos seguintes temas: técnicas de separação (cromatografia líquida e cromatografia a gás), técnicas de preparação de amostras (extração, pré-concentração e clean-up), análises físico-químicas de aguardente, controle de qualidade de bebidas e coleta/análise de poluentes atmosféricos (fase gasosa e particulada)

KEIZE KATIANE DOS SANTOS AMPARO Mestre em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial no SENAI CIMATEC. Possui graduação em Engenharia Mecânica pelo Centro Universitário Jorge Amado (2016) e graduação em Tecnólogo em Sistemas Automotivos pela Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC (2013). Atualmente é bolsista de Desenvolvimento e Inovação Tecnológica da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC.

ILAN SOUSA FIGUEIREDO Possui graduação em Engenharia de Petróleo pelo Centro Universitário Jorge Amado (2013), especialização em Engenharia de Dutos pela PUC-Rio (2015), mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial (MCTI) pelo Centro Universitário SENAI CIMATEC (Departamento Regional da Bahia). Atualmente é doutorando em MCTI no Senai Cimatec com linha de pesquisa voltada para a área de Engenharia e Modelagem Computacional. Foi professor da Universidade Regional da Bahia nos cursos de Engenharia Química, Engenharia de Produção, Engenharia Ambiental e Tecnólogo de Petróleo e Gás. Tem experiência na área de engenharia, emissões, química, automotiva, modelagem computacional, petróleo e mineração

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-7247-501-3



9 788572 475013