

REVISTA



SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

Atendimento:
sodebras@sodebras.com.br
Acesso:
<http://www.sodebras.com.br>

ARTIGOS PUBLICADOS

PUBLICAÇÃO MENSAL
Nesta edição

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE UM VASO DE PLANTAS INTELIGENTE	
DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF AN SMART PLANT POT – Emanuel Tiago de Souza da Silva; Sandro Azevedo da Mota; Kauê Martins de Souza; Marcos Vinicius Souza da Costa; Moisés Pereira Bastos; Almir Kimura Junior	08
IMPLEMENTAÇÃO DE SENSOR FLEXÍVEL EM UMA MÃO ROBÓTICA UTILIZANDO IOT	
IMPLEMENTATION OF FLEXIBLE SENSOR IN A ROBOTIC HAND USING IOT – Jadson de Souza Maciel; Kauê Martins de Souza; Airton Silva Monteiro; Almir Kimura Junior; Moisés Pereira Bastos	14
VISÃO COMPUTACIONAL APLICADA À UM PROTÓTIPO DE MÃO ROBÓTICA UTILIZANDO IOT	
COMPUTER VISION APPLIED TO A PROTOTYPE ROBOTIC HAND USING IOT – Kauê Martins de Souza; Jadson de Souza Maciel; Moisés Bastos; Almir Kimura Junior	21
ANÁLISE DO CENÁRIO DE FORMAÇÃO DE RH NA ÁREA DE PETRÓLEO E GÁS NO BRASIL E DAS PERSPECTIVAS DE EMPREGABILIDADE PARA OS PRÓXIMOS ANOS	
ANALYSIS OF THE HUMAN RESOURCES DEVELOPMENT SCENARIO AND THE EMPLOYABILITY PROSPECTS FOR THE NEXT YEARS IN THE OIL AND GAS AREA IN BRAZIL – Beatriz Maciel Ferreira Pedro; Gustavo Henrique Romeu da Silva; Nazem Nascimento; Andreas Nascimento	28
ACESSIBILIDADE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL: UMA ANÁLISE DA REDE DE TRANSPORTES RODOVIÁRIOS DO ESTADO DA BAHIA (BRASIL)	
ACCESSIBILITY AND REGIONAL DEVELOPMENT: AN ANALYSIS OF THE ROAD TRANSPORT NETWORK IN THE STATE OF BAHIA (BRAZIL) – Juan Pedro Moreno Delgado; Cezar Augusto Caldas Bello.	36
ESTUDO DE CASO NO ENSINO MÉDIO: MINERAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DOS SIMULADOS MODELO ENEM	
CASE STUDY IN HIGH SCHOOL: DATA MINING AND ANALYSIS OF ENEM MODEL SIMULATIONS – Daviane Daniele Perez Nascimento; Denise Fukumi Tsunoda; Glauco Gomes de Menezes	42
DO PETRÓLEO AO PLÁSTICO: CONHECENDO PARA PRESERVAR	
FROM CRUDE OIL TO PLASTIC: KNOWING AND PRESERVING – Marta Leite da Silva Nascimento; Teófilo Miguel de Souza; Andreas Nascimento	55
RASTREABILIDADE DO ÓLEO VEGETAL RESIDUAL PÓS-CONSUMO DOMÉSTICO	
TRACEBILITY OF RESIDUAL POST-CONSUMER VEGETABLE OIL DOMESTIC – Beatriz Fernanda Crotti; Gustavo De Padua Marmone; Juliani Chico Piai Paiva; Carmen Luisa Barbosa Guedes	64
ANÁLISE DO MATERIAL TRITAN PARA FABRICAÇÃO DE PÁS EÓLICAS	
ANALYSIS OF THE TRITAN MATERIAL FOR THE MANUFACTURE OF WIND BLADES – Natasha Martins Rodrigues De Jesus; Rafael Soares De Souza; Thais Santos Castro; Teófilo Miguel De Souza	73

PROJETO DE PRODUÇÃO DA CARROCERIA DE VEÍCULO ELÉTRICO POR MANUFATURA ADITIVA	
CAR BODY PRODUCTION PROJECT FOR ELECTRIC VEHICLE USING ADDITIVE MANUFACTURING – Jonas Cadorini Neto; Teófilo Miguel De Souza	82
DETERMINAÇÃO DO ESTADO DE CARGA DE BATERIAS DE LÍTIO, UMA ANÁLISE DOS DIFERENTES MÉTODOS	
DETERMINATION LI-ION BATTERIES STATE OF CHARGE, AN ANALYSIS OF DIFFERENT METHODS – André Luiz Zamponi Ribeiro; Teófilo Miguel De Souza	88
GERAÇÃO DISTRIBUIDA COMPARTILHADA NO BRASIL: BARREIRAS E INCENTIVOS	
SHARED DISTRIBUTED GENERATION MODE IN BRAZIL: BARRIERS AND INCENTIVES – Jéssica Rodrigues Dos Santos; Jorge Henrique Zanetti Paiva; Carmen Luisa Barbosa Guedes; Juliani Chico Piai Paiva	94
REQUISITOS E RESTRIÇÕES PARA USO DO ÓLEO DE CRAMBE (CRAMBE ABYSSINICA HOECHST) EM TRANSFORMADORES ELÉTRICOS	
REQUIREMENTS AND RESTRICTIONS FOR THE USE OF CRAMBE OIL (CRAMBE ABYSSINICA HOECHST) IN ELECTRIC TRANSFORMERS – Ana Claudia Cabral Dos Santos Reis; Marcio Rogério Nordi; Juliani Chico Piai Paiva; Carmen Luisa Barbosa Guedes	100
ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS E TÉCNICAS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS PARA AS PRODUÇÃO DE ENERGIA GEOTÉRMICA, PETRÓLEO E GÁS	
COMPARATIVE ANALYSIS OF WELL DRILLING COSTS AND TECHNIQUES FOR WATER AND GEOTHERMAL ENERGY PRODUCTION – Thales Maluf; Nazem Nascimento	112
ESTUDO COMPARATIVO DE VÁRIOS MÉTODOS DE PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO BASEADO EM CUSTOS E IMPACTO AMBIENTAL	
COMPARATIVE STUDY OF VARIOUS METHODS OF HYDROGEN PRODUCTION BASED ON COSTS AND ENVIRONMENTAL IMPACT – Gustavo Henrique Romeu Da Silva; Nazem Nascimento	120
OS EFEITOS DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E DE SMART CITIES SOBRE O PLANEJAMENTO URBANO COM ABORDAGEM SUSTENTÁVEL	
THE EFFECTS OF DIGITAL TRANSFORMATION AND SMART CITIES ON URBAN PLANNING WITH A SUSTAINABLE APPROACH – Andreia De Castro e Silva; Elpidio Oscar Benitez Nara; Osiris Canciglieri Junior; Guilherme Brittes Benitez; Izamara Cristina Palheta Dias; Camila Piovesan	125
REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE RISCO E BENEFÍCIO EM CIRURGIA BARIÁTRICA	
SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE ON RISK AND BENEFIT IN BARIATRIC SURGERY – Erica Luisa Correa; Elpidio Oscar Benitez Nara; Osiris Canciglieri Junior; Rodrigo Strobel; Luís Fernando Paulista Cotian	133
UM FRAMEWORK DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DA INFORMAÇÃO NO CICLO DE VIDA DO PRODUTO BASEADO NOS CONCEITOS DA INDÚSTRIA 4.0: REVISÃO SISTEMÁTICA	
AN INTEGRATED INFORMATION MANAGEMENT FRAMEWORK IN THE PRODUCT LIFECYCLE BASED ON INDUSTRY 4.0 CONCEPTS: A SYSTEMATIC REVIEW – Carlos Eduardo Maran Santos; Elpidio Oscar Benitez Nara; Osiris Canciglieri Junior; Anderson Luis Szejka	142
WHY DEFINING THE BEST APPROACH IN PROJECTS IS SO HARSH? A MULTICRITERIA FRAMEWORK PROPOSITION FOR PROJECT MANAGEMENT APPROACHES – Márcio Leandro Do Prado; José Maurício Mottin De Andrade; Gilberto Reynoso-Meza; Guilherme Brittes Benitez	151



Edição 211 de julho de 2023

<http://www.sodebras.com.br/>

ISSN - 1809-3957

DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957>

CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. Teófilo Miguel de Souza, UNESP-FEG (Editor Geral).
Prof. Dr. Paulo Jonas dos Santos Júnior, UNESP-FEG (Editor Adjunto).
Prof. Dr. Osiris Canciglieri Júnior, Lough. Univ-UK, PUC-PR.
Prof. Dr. Maria Cláudia Botan, UNESP-FEC.
Prof. Dr. Thais Santos Castro, UNESP.
Prof. Dr. Agustín Valverde Granja, Universidad de Ibagué- Colômbia.
Prof. Dr. Joacy de Lima Freitas Junior, Agência Nacional de Aviação Civil.
Prof. Dr. José Leandro Casa Nova Almeida, Instituto Federal-RJ.
Prof. Dr. Marcio Zamboti Fortes, UFF.
Prof. Dr. Jair Urbanetz Junior, UTFPR.
Prof. Dr. José Rui Camargo, UNITAU.
Prof. Dr. José Renato de Oliveira Lima, Universidade Federal do Maranhão.

COMITÊ CIENTÍFICO

Valdir Agostinho de Melo, COPPE/UFRJ	Paulo Bassani, UEL
Juliana Corrêa Crepalde, CTIT/ UFMG	Marlene Marchiori, UEL
Lila Teixeira de Araújo Janahú, ESAMAZ	Carlos Humberto Martins, UEM
Volmer Avelino Silvio Paula da Silveira, Estácio	Paulo Fernando Soares, UEM
Durval Corrêa Meirelles, Estácio	Deisy Cristina Corrêa Igarashi, UEM
Ana D'Arc Martins de Azevedo, FAAM/UEPA	Moisés Meza Pariona, UEPG
Maria Lígia Carrijo Monteiro, FACEG	Jarem Raul Garcia, UEPG
Marcus Antonius Costa Nunes, Fac. Vale do Cricaré - PE	Elizabete Campos de Lima, UFABC
Zélia Maria De Melo De Lima Santos, FALUB.	Carlos Suetoshi Miyazawa, UFABC
Sérgio Roberto Montoro, FATEC - Pindamonhangaba	Marcio Zamboti Fortes, UFF
Claudio Antonio Frederico, IEAV / CTA	Pablo Silva Machado Bispo dos Santos, UFF
Maria Manuela Camino Feltes, IFC	Paulo Henrique Furtado de Araujo, UFF
Felipe José da Silva, IFRJ	Paulo Sérgio Scalize, UFG
Givanildo Alves dos Santos, IFSP	Juliana da Cunha, UFG
Paulo Marcos de Aguiar, IFSP	Hilton Pereira da Silva, UFPA
Airton Viriato de Freitas, INSTITUTO DE	Anderson Gonçalves da Silva, UFRA
INFECTOLOGIA EMÍLIO RIBAS	Antonio Carlos Baptista Antunes, UFRJ
Claudio Edilberto Höfler, Instituto Federal Farroupilha	Claudinei de Souza Guimarães, UFRJ
Leila Ribeiro dos Santos, ITA / CTA	Antônio Assis Vieira, UFRRJ
Letícia Peret Antunes Hardt, PUC –PARANÁ	Joel Dias da Silva, UFSC
Eduardo Concepción Batiz, SOCIESC	Leandro Belinaso Guimarães, UFSC
Marcelo Macedo, SOCIESC	Silvio Serafim da Luz Filho, UFSC
Ariovaldo de Oliveira Santos, UEL	Antonio Pedro Novaes de Oliveira, UFSC
André Luiz Martinez de Oliveira, UEL	Rozângela Curi Pedrosa, UFSC
Leonardo Sturion, UEL	Débora de Oliveira, UFSC
Jean-Marc Stephane Lafay, UEL	Fabiano Rodrigues de Souza, UFT -TO
Emília Kiyomi Kuroda, UEL	Cláudio Homero Ferreira da Silva, UFU
Henrique de Santana, UEL	Márcia Susana Nunes Silva, ULBRA
Marli Terezinha Oliveira Vannuch, UEL	Maria Eloisa Farias, ULBRA

Maria Lúcia Castagna Wortmann, ULBRA
 Hélio Raymundo Ferreira Filho, UNAMA/UEPA
 Maria Claudia Botan, UNESP
 Ana Maria Pires Soubhia, UNESP - Araçatuba
 Eduardo Maffud Cilli, UNESP - Araraquara
 Helena Carvalho de Lorenzo, UNESP - Araraquara
 Heitor Miranda Bottura, UNESP - Bauru
 Helio Grassi Filho, UNESP - BOTUCATU
 Lenisse Domingos dos Santos Cintra Lima, UNESP.
 Augusto Eduardo Baptista Antunes, UNESP.
 Durval Luiz Silva Ricciulli, UNESP - Guaratinguetá
 Francisco Antônio Lotufo, UNESP - Guaratinguetá
 Inácio Bianchi, UNESP - Guaratinguetá
 João Zangrandi Filho, UNESP - Guaratinguetá
 José Feliciano Adami, UNESP - Guaratinguetá
 Leonardo Mesquita, UNESP - Guaratinguetá
 Marcio Abud Marcelino, UNESP - Guaratinguetá
 Messias Borges Silva, UNESP - Guaratinguetá
 Rubens Alves Dias, UNESP - Guaratinguetá
 Sílvia Maria A. Lima Costa, UNESP - Ilha Solteira
 Gláucia Aparecida Prates, UNESP - Itapeva
 Áureo Evangelista Santana, UNESP - Jaboticabal
 Teresa Cristina Tarele Pissarra, UNESP - Jaboticabal
 Gilda Carneiro Ferreira, UNESP - Rio Claro
 Fernando Luis Ferttonani, UNESP - São José do Rio Preto
 Azor Lopes da Silva Júnior, UNESP - São José do Rio Preto
 Andréa Rossi Scalco, UNESP - Tupã
 José Renato Oliveira de Lima, UNESP-IQ, Araraquara
 Luiz Antonio Rossi, UNICAMP
 Nelson Nunes Tenório Júnior, UNICESUMAR
 Luis Henrique de Carvalho Ferreira, UNIFEI - Itajubá
 Paulo Cesar Crepaldi, UNIFEI - Itajubá
 Robson Luiz Moreno, UNIFEI - Itajubá
 Tales Cleber Pimenta, UNIFEI - Itajubá
 Fernando das Graças Braga da Silva, UNIFEI - Itajubá
 Leonardo Breseghello Zoccal, UNIFEI-Itajubá
 Larissa Morimoto Doi, UNIFESP
 Fernando Kenji Nampo, UNIFIL
 Adriano Vargas Freitas, UNIGRANRIO
 Angelo Santos Siqueira, UNIGRANRIO
 Eline das Flores Victor, UNIGRANRIO
 Luiz Eduardo Silva Souza, UNIGRANRIO
 Michel Jean Marie Thiollent, UNIGRANRIO
 Abel Rodolfo Garcia Lozano, UNIGRANRIO / UERJ
 Lileane Praia Portela de Aguiar, UNINORTE.
 Eliane Cardoso Brenneisen, UNIOESTE
 Luiz Ernani Henkes, UNIPAMPA
 Maria Conceição de Oliveira, UNIPLAC
 Wilson Engelmann, UNISINOS
 Giorgio Eugenio Oscare Giacaglia, UNITAU
 Pedro Paulo Leite do Prado, UNITAU
 Luiz Eduardo Nicolini do Patrocínio Nunes, UNITAU
 Adriana Araujo Diniz, UNIV. ESTADUAL DO
 MARANHÃO
 Danilo Émmerson Nascimento Silva, UNIV. FEDERAL DE
 PERNAMBUCO
 Adelar João Pizetta, UNIV. FEDERAL DO ESPÍRITO
 SANTO
 Adriana Fiorotti Campos, UNIV. FEDERAL DO ESPÍRITO
 SANTO
 Adriana Demite Stephani Carvalho, UNIV. FEDERAL DO
 TOCANTINS
 Ademir Gomes Ferraz, UNIV. FEDERAL RURAL DE
 PERNAMBUCO
 Rudimar Luís Scaranto Dazzi, UNIVALI
 Carlos Nabil Ghobril, Universidade de São Paulo - USP
 Filomena Maria Cordeiro Moita, Universidade Estadual da
 Paraíba
 Márcia Maria Melo Araújo, Universidade Estadual de Goiás
 Élsio José Corá, Universidade Federal da Fronteira do Sul -
 UFFS
 Edemar Rotta, Universidade Federal da Fronteira do Sul -
 UFFS
 Walter Roberto Hernández Vergara, Universidade Federal de
 Grande Dourados - FAEN-UFGD
 Édison Martinho da Silva Difante, Universidade Federal de
 Passo Fundo - RS
 Antonio Amaral Barbosa, Universidade Federal de Pelotas
 João Carlos Gomes, Universidade Federal de Rondônia
 ANA EUCARES VON LAER, Universidade Federal de
 Santa Maria - UFSM
 André Riani Costa Perinotto, Universidade Federal Do Piauí,
 Campus De Parnaíba
 Diogo da Silva Cardoso, UFRJ.
 Cláudia Moura de Melo, Universidade Tiradentes.
 Osvaldo Yoshimi Tanaka, USP
 Ana Cristina D'andretta Tanaka, USP
 Heloiza Helena Gomes de Matos, USP
 Rodrigo Pinto de Siqueira, USP - Lorena
 José Leandro Casa Nova Almeida, USS
 Adalberto Matoski, UTFPR
 Guataçara dos Santos Junior, UTFPR
 Rita de Cassia da Luz Stadler, UTFPR
 Juarez da Silva Thiesen, UTFPR
 Maria de Lourdes Bernartt, UTFPR
 Alessandro Jaquil Waclawovsky, UTFPR
 Pedro Ramos da Costa Neto, UTFPR
 Frieda Saicla Barros, UTFPR
 Rogério Marcos da Silva, UTFPR
 Gerson Máximo Tiepolo, UTFPR
 Jair Urbanetz Junior, UTFPR
 Ariel Orlei Michaloski, UTFPR
 Fabiana de Fátima Giacomini, UTFPR
 Ieda Viana, UTP
 Camila Nunes de Moraes Ribeiro, UTP
 Angela Ribas, UTP
 Sandro Germano, UTP
 Maria Rose Jane Ribeiro Albuquerque, UVA- Acaraú
 Luciano Silva Figueiredo, UFRGS
 Gerson dos Santos Lisboa, UFG-GO
 Laercio Gouvea Gomes - IFPA



SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

ISSN: 1809-3957 / Prefixo DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957>

Vol. 18 – N° 211 – JULHO/ 2023

EDITORIAL

A Edição 211 é relativa ao XLV International SODEBRAS Congress, ocorrido no mês de maio do corrente ano. Esse congresso já é tradicional no cenário acadêmico brasileiro e reúne pesquisadores dos diversos setores do saber. O evento acontece de maneira itinerante e neste ano foi realizado em Curitiba-PR.

Nesta edição, na busca de contribuir para o desenvolvimento tecnológico e científico, a SODEBRAS trouxe dezenove artigos acadêmicos, oriundos das mais diversificadas áreas do conhecimento humano.

A SODEBRAS – Soluções Para o Desenvolvimento do País – publica artigos científicos das mais diferentes áreas do conhecimento. Devido seu caráter interdisciplinar e a qualidade de seu corpo editorial a Revista tem sido utilizada por pesquisadores do Brasil e do mundo, para publicar estudos de alta relevância para o desenvolvimento técnico-científico da sociedade humana. Além disso, a SODEBRAS conta com o apoio da UNALAR, editora que está no mercado há mais de duas décadas; e também do ITANACIONAL, instituto de ensino e pesquisa localizado em Cisneiros - distrito de Palma-MG. Para contribuir com uma dinâmica ainda maior, no que diz respeito à circulação e a produção do conhecimento, a SODEBRAS adota uma periodização mensal. Sabe-se que em um mundo de rápidas mudanças e de constantes transformações a ciência precisa estar na vanguarda da propagação de informações. Além disso, as edições possuem formato eletrônico de acesso livre e gratuito, assim como indexação nacional e internacional.

Acesse nossa página e acompanhe os editais para as próximas edições do International SODEBRAS Congress e participe de um congresso internacional com a possibilidade de publicação em revista qualificada no estrato B2.

Boa leitura

Prof. Dr. Paulo Jonas dos Santos Júnior
Editor Adjunto – Revista SODEBRAS

Área: Interdisciplinar

9-16	DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE UM VASO DE PLANTAS INTELIGENTE DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF AN SMART PLANT POT Emanuel Tiago de Souza da Silva; Sandro Azevedo da Mota; Kauê Martins de Souza; Marcos Vinicius Souza da Costa; Moisés Pereira Bastos; Almir Kimura Junior
9-16	IMPLEMENTAÇÃO DE SENSOR FLEXÍVEL EM UMA MÃO ROBÓTICA UTILIZANDO IOT IMPLEMENTATION OF FLEXIBLE SENSOR IN A ROBOTIC HAND USING IOT Jadson de Souza Maciel; Kauê Martins de Souza; Airton Silva Monteiro; Almir Kimura Junior; Moisés Pereira Bastos
9-16	VISÃO COMPUTACIONAL APLICADA À UM PROTÓTIPO DE MÃO ROBÓTICA UTILIZANDO IOT COMPUTER VISION APPLIED TO A PROTOTYPE ROBOTIC HAND USING IOT Kauê Martins de Souza; Jadson de Souza Maciel; Moisés Bastos; Almir Kimura Junior

DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE UM VASO DE PLANTAS INTELIGENTE

DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF AN SMART PLANT POT

Emanuel Tiago de Souza da Silva¹
Sandro Azevedo da Mota²
Kauê Martins de Souza³
Marcos Vinicius Souza da Costa⁴
Moisés Pereira Bastos⁵
Almir Kimura Junior⁶

Resumo – *Jardinagem é uma atividade que exige tempo e dedicação, requisitos que se tornaram cada vez mais escassos frente à rotina acelerada dos dias de hoje. Dito isto, este artigo apresenta o desenvolvimento de um protótipo de vaso de plantas inteligente que se propõe regar uma planta através do uso de uma bomba, de forma automática, por meio do uso de microcontroladores, responsável por controlar a bomba de água, o sensor de umidade e o display OLED, que atua apresentando a informação sobre se a terra está úmida ou não. Como forma de executar este desenvolvimento dividimos as áreas que serão focadas neste artigo: modelagem mecânica, impressão 3D, eletrônica e programação. Foi utilizado o software SolidWorks para a modelagem 3D e para o fatiamento, o software Simplify3D. Para desenvolvimento e confecção da placa de circuito impresso (PCI) do projeto, foi utilizado o Proteus. Por fim, a programação foi realizada no ambiente Arduino IDE que possibilitou o envio do código ao microcontrolador (ESP32 LORA). Finalizado a manufatura do protótipo, o mesmo esteve em funcionamento adequado para com os seus requisitos por 15 dias, porém com determinadas ressalvas ao final deste período.*

Palavras-chave: *Vaso de Plantas. Inteligente. Impressão 3D. Modelagem CAD*

Abstract – *Gardening is an activity that requires time and dedication, requirements that have become increasingly scarce in the face of the accelerated routine of today. That said, this article presents the development of a smart plant pot prototype that aims to irrigate a plant through the use of a pump, automatically, through the use of microcontrollers, responsible for controlling the water pump, moisture sensor and OLED display, which acts by presenting information about whether the earth is moist or not. As a way to execute this development we share the areas that will be focused on this article: Mechanical Modeling, 3D Printing, Electronics and Programming.*

¹ Graduando em Engenharia Elétrica (UEA). Contato: etss.eng17@uea.edu.br.

² Graduando em Engenharia de Controle e Automação (UEA). Contato: sam.eai18@uea.edu.br.

³ Graduando em Engenharia de Controle e Automação (UEA). Contato: kmads.eai20@uea.edu.br.

⁴ Graduando em Engenharia de Controle e Automação (UEA). Contato: mvc.eai18@uea.edu.br.

⁵ Professor do Departamento de Controle e Automação (UEA). Contato: mpbastos@uea.edu.br.

⁶ Professor do Departamento de Controle e Automação (UEA). Contato: akimura@uea.edu.br.

SolidWorks Software was used for 3D modeling and for slicing simplify3D software. Proteus was used to develop and make the printed circuit board (PCI). Finally, the programming was coded in the Arduino IDE environment that made it possible to send the code to the microcontroller (ESP32 LORA). After the manufacture of the prototype, it was properly operational for its requirements for 15 days, but with certain caveats determinate at the end of this period.

Keywords: *Plant Pot. Smart.3D Printing. CAD Molding.*

I. INTRODUÇÃO

Segundo Muratori (2016), a automação residencial pode ser definida como:

“Conjunto de serviços proporcionados por sistemas tecnológicos integrados como o melhor meio de satisfazer as necessidades básicas de segurança, comunicação, gestão energética e conforto de uma habitação (Muratori,p.1, 2016)”.

Os benefícios da automação estão na redução de tempo de execução de determinadas tarefas, também é possível monitorar e rastrear-las de forma mais ampla, gerando assim, maior confiabilidade em sua execução, o conceito de automação soa como algo específico e complexo, porém, pode ser aplicado em tarefas simples, como a irrigação automática de plantas.

Diversos fatores influenciam no crescimento saudável de uma planta, para pequenas plantações, como em prédios comerciais, residências e escolas, a água juntamente com a incidência de luz solar, atuam de forma primordial para o seu desenvolvimento. A necessidade de cultivo de plantas saudáveis depende de processos que começam principalmente na sua fase inicial, abrangendo seu crescimento e desenvolvimento. Neste momento, para que seu desenvolvimento seja satisfatório, sementes e plantas podem ser enriquecidas nutricionalmente de forma exógena de acordo com Igor Durães Oliveira e Jéssica da Silva (2016). A água colocada em vasos ou jarros deve ser drenada pela terra para que se alcance a raiz da planta, levando os nutrientes necessários para o crescimento da mesma, essa água deve ser colocada levando em consideração o aspecto da terra e deve ser feita de forma controlada e em intervalos regulares de tempo, devido a essa característica, pessoas que passam o dia fora de casa, não teriam a capacidade de regar suas plantas em horários adequados.

Este artigo vem, portanto, descrever o desenvolvimento de um dispositivo capaz de irrigar uma planta através de um sistema automatizado, utilizando para a irrigação uma bomba de água, por meio do uso de um microcontrolador. Para este projeto foi utilizado o ESP 32 LORA, responsável pelo controle dos dispositivos como o sensor de umidade e os atuadores como a bomba de água e o display OLED, que atua apresentando o estado da terra com úmida ou não. A estrutura do vaso foi desenvolvida em CAD, levando em consideração o posicionamento dos sensores, display e bomba de água, assim como a terra no vaso. Para o acionamento dos atuadores, foi desenvolvido um circuito elétrico capaz de alimentar a bomba com a utilização de um transistor, a PCB foi desenvolvida em uma máquina CNC.

II. METODOLOGIA

2.1 - Projeto Mecânico

Este tópico tem como objetivo apresentar a modelagem 3D das peças e consequentemente, as impressões 3D.

2.1.1 - Modelo de Vaso de planta Auto Irrigável

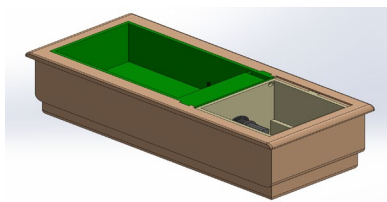
Primeiramente, para o desenvolvimento do modelo de um vaso auto irrigável foi realizada uma pesquisa sobre quais os modelos que atualmente estão no mercado para verificar quais tecnologias podemos usar e as suas limitações. Definimos o modelo utilizado como um sistema auto irrigável por capilaridade, pois dispensa qualquer tipo de sistema elétrico para funcionar, usando Tramontina (2023) como base do desenvolvimento do nosso modelo 3D que pode ser melhor observado no próximo tópico.

2.1.2 - SolidWorks

Para o desenvolvimento do desenho CAD do vaso, foi utilizado o *software* SolidWorks. Foi feita a modelagem de acordo com as funcionalidades que o vaso iria possuir, como o sensor de nível de água, sensor de umidade e ESP 32 Lora com display. Para isso foi realizado a divisão das peças que vão formar o vaso auto irrigável, que possui quatro componentes: o reservatório de água, case para o display, vaso para terra e a base para compor todas as peças.

Ao buscar por opções de modelos de referências de vasos, encontramos o Vaso Autoirrigável Triplo Tramontina em Polipropileno Cinza 10,5 L encontrado em Tramontina (2023). Esse produto, disponível na Tramontina Store, foi usado como referência para a modelagem do vaso. Pode-se ver na figura 1 o modelo do vaso auto irrigável finalizado.

Figura 1 - Desenho CAD do vaso e seus compartimentos



Fonte: Autores, 2022.

O objetivo desse modelo CAD, foi facilitar o acesso aos componentes eletrônicos do dispositivo, caso fosse necessário realizar manutenção e troca dos mesmos, e também facilitar a retirada e encaixe dos reservatórios de água e do vaso em si.

2.1.3 - Impressão das peças

O processo de impressão das peças modeladas anteriormente descritas, foi desenvolvido utilizando a impressora Sethi3D S4X, que possui uma mesa de 400x400x400 mm que é capaz de operar utilizando filamentos de ABS, PLA, Flex e PETG, de acordo com o manual encontrado em Sethi Company (2017). Optou-se, no decorrer do planejamento do projeto, por utilizar o PLA por ser um filamento com um ótimo custo-benefício. Foram utilizados em todas as peças os parâmetros de 20% de preenchimento e altura de camada de 0,3.

2.2 - Projeto elétrico

A seguir, é apresentado o desenvolvimento elétrico do projeto desde os componentes utilizados, até a fabricação da placa na fresadora CNC utilizada.

Em função da necessidade de uma tela LCD para apresentar informações específicas durante a atuação do equipamento, optamos por utilizar o controlador WiFi LoRA 32 (V2), que possui LCD integrado. Segundo a Heltec Automation (2020), fabricante do produto, ele é capaz de trabalhar entre 470MHz e 510MHz. Possui 520 KB de memória SRAM, além de também ter conexão WIFI e um display OLED integrado de 0.96 polegadas. Possui 22 portas GPIOs programáveis e pode trabalhar de -20°C até 70°C .

Para suprir as demandas do projeto foi necessário a manufatura de uma placa adequada, capaz de comportar um sensor de umidade, o controle e alimentação de uma bomba.

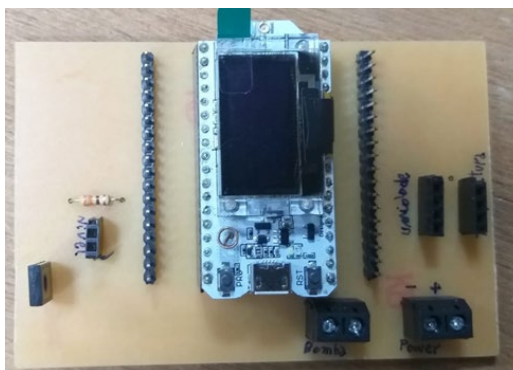
Foi utilizado uma Minibomba D'Água Submersa para bombear a água do reservatório e uma fonte DC de 5 volts para alimentação da placa assim como de todo o sistema eletrônico. Foi utilizado para o monitoramento da umidade do solo um sensor de umidade de solo e para o monitoramento do nível do reservatório de água foi usado o sensor de nível de água interruptor de boia.

Para se fazer o controle da bomba foi utilizado um transistor BD139 para chavear a bomba, usando uma porta lógica na base do transistor que por sua vez está em série com a bomba usada.

2.2.1 - Desenvolvimento da Placa de Circuito Impresso

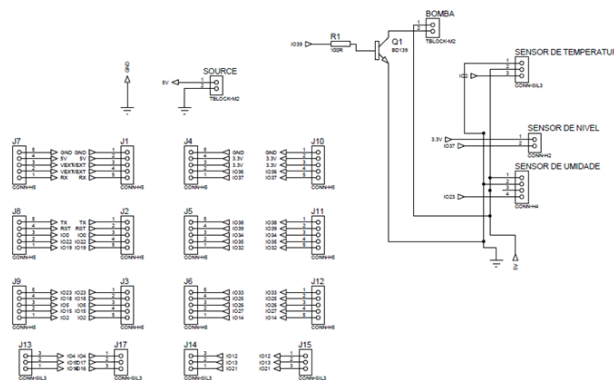
Para o projeto elétrico foi utilizado o *software* Proteus que permitiu a criação de um esquema elétrico e o design de uma placa PCI (placa de circuito impresso) para manufatura com o uso de uma fresadora MonoFab SRM-20. Foi utilizado o módulo de fabricação desenvolvida pela MIT Center for Bits and Atoms (2018) para obter um arquivo compatível com a fresadora CNC utilizada.

Figura 2 - Placa impressa



Fonte: Autores, 2022.

Figura 3 -Esquema da placa



Fonte: Autores, 2022.

Podem ser visualizados o circuito montado e o esquema elétrico na figura 2 e 3, respectivamente. A placa de circuito impresso desenvolvida consiste de uma placa *shield* que é ligada ao controlador WiFi LoRa 32 V2. Esta foi projetada para comportar conexões para o sensor de umidade, o sensor de temperatura (não implementado), um sensor de nível de água(flutuador), tem integrado um circuito de controle para a bomba de água e a conexão de alimentação de toda a parte elétrica, esta que alimenta diretamente a placa.

III. PROGRAMAÇÃO

Para a programação do vaso, foi necessário a criação de um código onde houvesse uma harmonia entre o sensor de umidade e o sensor de nível de água. O acionamento desnecessário da bomba, ou seja, quando não há água, pode desgastar seu funcionamento. Deve-se levar em conta que a presença de água no reservatório é a primeira condição do código, caso haja água suficiente detectada pelo sensor de nível, o sensor de umidade irá checar se há necessidade ou não de irrigar a planta.

O LORA foi programado via Arduino IDE utilizando uma biblioteca própria da fabricante que viabilizou a exibição das telas e da programação em si. Como dito anteriormente, era necessário haver um sincronismo entre os dois sensores utilizados.

Foram realizados vários testes para encontrar faixas de valores analógicos ideais para o sensor de umidade. Foi adotado que para valores lidos maiores que 2500, a bomba deveria ser acionada e para valores menores deveria ser desligada. Para trabalhar com o display do Lora, foram projetadas indicações ao usuário do estado atual do vaso. Indicando caso o reservatório esteja sem água, se a umidade está baixa e se a umidade está alta.

IV. RESULTADOS

Inicialmente o protótipo funcionou como esperado, porém, passado um período mais prolongado de tempo foi observado que o sensor de umidade escolhido era inadequado, haja vista que o mesmo, após uma prolongada exposição à água apresentou deterioração dos seus terminais o que interfere nas leituras.

Além disso é importante salientar que o vaso impresso apresentou vazamentos de água do reservatório o que colocava em risco a integridade da parte elétrica. E por isso foi necessário adequá-lo aplicando um revestimento interno nas peças do reservatório de água e no vaso da terra, utilizando massa plástica para cobrir todas as falhas apresentadas por onde vazava água.

Observadas estas questões, corrigida a questão dos vazamentos, o vaso foi capaz de irrigar a terra e manter a umidade ideal, visto que as sementes plantadas na terra cresceram até aproximadamente 8 cm da terra antes que o sensor estivesse comprometido. No decorrer deste tempo foi possível acompanhar o crescimento da planta, através dos avisos visuais do LCD, foi possível o reabastecimento do reservatório quando necessário. Para melhor entendimento do projeto o vídeo “Vaso inteligente” apresenta suas etapas e desenvolvimento, a imagem 4 apresenta o protótipo finalizado. O resultado do pode ser visto no link: (<https://www.youtube.com/watch?v=5H2NvwAHs6Y>).

Figura 4 - Imagem do protótipo finalizado



Fonte: Autores, 2022.

V. CONCLUSÃO

Este artigo trata do desenvolvimento de um protótipo de vaso de plantas inteligente usando um microcontrolador. Foram desenvolvidas as funções de bombeamento de água para irrigação, monitoramento de umidade de terra e o monitoramento do nível do reservatório de água. Foi elaborado para o tal indicativos visuais, apresentados no LCD, sendo um para representar umidade baixa, outro para alta e um terceiro para indicar que o reservatório precisa ser abastecido. Esta abordagem se demonstrou muito útil para o abastecimento do reservatório de água, porém, no que diz respeito ao ajuste da umidade ideal, esta exige a reprogramação por meio de cabo conector ao microcontrolador para ajuste de variável da umidade, necessário para o uso em diferentes espécies de plantas.

Sugerem-se como continuação deste trabalho a aplicação de revestimento para conter vazamentos, decorrentes de falhas na impressão, o desenvolvimento de um App que apresente os dados, substituindo o aviso por LCD acerca do estado do nível de água, a troca por um sensor de umidade inoxidável e aplicação de uma câmera para monitoramento do desenvolvimento da planta, acompanhável pelo aplicativo.

VI. REFERÊNCIAS

Almir Kimura Jr.. Vaso Inteligente. YouTube, 13 de fev. de 2023. Disponível em:<<https://www.youtube.com/watch?v=5H2NvwAHs6Y>>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2023.

Heltec Automation. WiFi LoRA 32. Heltec.org, Maio de 2020 Disponível em:<<https://heltec.org/project/wifi-lora-32/>>. Acesso em: 7 de fevereiro de 2023.

MIT Center for Bits and Atoms. MIT Media Lab, 2018 Disponível em: <https://mods.cba.mit.edu>. Acesso em: 24 de junho de 2022.

MURATORI, José R.; BÓ, P. H. D. **Automação residencial: Histórico, definições e conceitos**. (2016).

OLIVEIRA, Igor Duraes; DA SILVA, Jéssica. Crescimento e desenvolvimento de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.) oriundas de sementes recobertas com "ferti-peixe". **South American Journal of Basic Education, Technical and Technological**, v. 3, n. 2, 2016.

Sethi Company. Manual de Operação e Manutenção do Equipamento S4X. Sethi Company, 2017. Disponível em: <<http://www.sethi.com.br/blog/wp-content/uploads/2017/05/S4X.pdf>>. Acesso em: 13 de fevereiro de 2023.

Tramontina. Vaso Autoirrigável Triplo Tramontina em Polipropileno Cinza 10,5 L. Tramontina Store. Disponível em: <https://www.tramontina.com.br/vaso-autoirrigavel-triplo-tramontina-em-polipropileno-cinza-10-5-l/78134605.html>. Acessado em: 11 de janeiro de 2023.

VII. AGRADECIMENTOS

O presente artigo é decorrente do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) Projeto Samsung Ocean 2.0, que conta com financiamento da Samsung, usando recursos da Lei de Informática para a Amazônia Ocidental (Lei Federal nº 8.387/1991), estando sua divulgação de acordo com o previsto no artigo 39.º do Decreto nº 10.521/2020.

VIII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

IMPLEMENTAÇÃO DE SENSOR FLEXÍVEL EM UMA MÃO ROBÓTICA UTILIZANDO IOT

IMPLEMENTATION OF FLEXIBLE SENSOR IN A ROBOTIC HAND USING IOT

Jadson de Souza Maciel¹
Kauê Martins de Souza²
Airton Silva Monteiro³
Almir Kimura Junior⁴
Moisés Pereira Bastos⁵

Resumo – Com os recentes avanços em tecnologias assistivas, as próteses biônicas funcionam através do sensoriamento dos movimentos musculares de quem a utiliza. Neste trabalho o objetivo foi utilizar um sensor de pressão resistivo, nomeado por “velostat”, que representa um sensor de pressão flexível. Este foi acoplado em uma luva, desenvolvendo assim um protótipo de uma luva robótica de forma que cada sensor colocado em cada dedo da luva deve ler a variação de movimento dos dedos e após isso, enviar essa informação, via protocolo MQTT, para um microcontrolador embarcado em um protótipo de mão robótica. A construção da luva foi realizada utilizando métodos de Fabricação Digital, onde o compartimento do microcontrolador e das estruturas dos sensores, foram construídos por impressão 3D em PLA e a placa de circuito impresso foi feita utilizando software de criação de projetos eletrônicos. Os testes constataram que a comunicação pode ser feita entre a luva e mão robótica, com os devidos ajustes dos sensores e na programação.

Palavras-chave: *Proteses biônicas. Sensor de pressão flexível. Protótipo de luva robótica. Microcontrolador.*

Abstract – With recent advances in assistive technologies, bionic prostheses work by sensing the muscle movements of the wearer. The goal of this project was to use a resistive pressure sensor. The velostat, a flexible pressure sensor that is going to be engaged with commercial gloves to create a robotic glove prototype where every sensor placed on each finger can read a movement variation of the fingers and after, send the information by MQTT protocol for embedded microcontroller in a prototype robotic hand. The glove construction methodology was done by Digital Fabrication methods, where the microcontroller compartment and the structures where the sensors were placed were built by 3D printing in PLA and the printed

¹Graduando em Engenharia de Controle e Automação (UEA). Contato: jsm.eai20@uea.edu.br.

²Graduando em Engenharia de Controle e Automação (UEA). Contato: kmnds.eai20@uea.edu.br.

³Graduando em Engenharia de Controle e Automação (UEA). Contato: asm.eai20@uea.edu.br.

⁴ Professor do Departamento de Controle e Automação (UEA). Contato: akimura@uea.edu.br.

⁵ Professor do Departamento de Controle e Automação (UEA). Contato: mpbastos@uea.edu.br

circuit board was made using electronic design creation software. The tests concluded that the communication can be made with proper adjustments on the sensors and in the programing.

Keywords: *Bionic Prostheses. Pressure Flexible Sensor. Robotic glove protorype. Microcontroller.*

I. INTRODUÇÃO

Segundo Sayoan (2012), biônica em si é o reflexo da aplicação dos processos biológicos juntamente à técnica de indústria, desenvolvendo assim implantes artificiais ou sistemas industriais. Os empregos desses sistemas industriais desenvolvidos vão além da substituição de membros em humanos e animais até a realização de operações insalubres para humanos em ambientes industriais. A integração entre homem e máquina já é a concretização de algo que décadas atrás, parecia ser somente ficcional, onde máquinas seriam capazes de realizar movimentos humanos de forma precisa.

Para obter a interação em tempo real entre uma mão robótica e a mão humana, foi escolhido o estudo e aplicação dos sensores de pressão sensíveis, especificamente o *Velostat*, também conhecido como *Linqstat*. Este material polimérico é preenchido com carbono preto, o que lhe confere propriedades de "tunelamento quântico" e filtragem com base em sua composição (VEHEC, LIVOVSKY, 2020). O tunelamento quântico é um fenômeno que tem inúmeras aplicações tecnológicas diretas, e envolve a extração de elétrons de superfícies metálicas sob um intenso campo elétrico local (NUBAR et al., 2015).

O desenvolvimento deste projeto é composto por três partes principais, sendo elas, mecânica, elétrica e programação. A parte mecânica corresponde ao desenvolvimento do desenho em *Computer Aided Design* (CAD) do compartimento para o microcontrolador e sua Placa de circuito impresso (PCI). A parte elétrica consiste no desenvolvimento do esquemático elétrico, construção do sensor e fabricação da PCI. Por fim, a programação refere-se ao código que foi compilado para o ESP32 o qual é responsável por tratar os dados obtidos pelos sensores.

Trata-se de um aprimoramento do projeto de Martins (2022), onde uma mão robótica foi completamente desenhada, impressa e programada. Este protótipo possui 5 microservos motores que atuam em cada dedo. Além destes, também se tem um ESP32 embarcado ao protótipo que controla cada um dos servos.

Optou-se por utilizar o protocolo MQTT por se tratar de um tipo de comunicação IOT de alta confiabilidade que usa *brokers* (servidores) para garantir o envio e recebimento de dados. Estando relacionado somente os tópicos em um *broker*, esta luva pode facilmente ser utilizada em vários outros tipos de aplicações das mais diversas áreas da ciência e tecnologia. Na dissertação de Ferreira (2019), uma luva utilizando sensores de *velostat* foi construída com o intuito de ler a posição de cada dedo e realizar um sistema de tradução da língua gestual em tempo real.

Sendo assim, essa pesquisa tem o objetivo de realizar o desenvolvimento de uma luva composta por sensores flexíveis utilizando o *velostat*. Estes, com o auxílio de um ESP32, irão ler valores que correspondem aos movimentos dos dedos de uma mão e, por meio do protocolo MQTT, controlar os dedos de um protótipo de mão robótica.

II. METODOLOGIA

2.1 – Desenvolvimento Elétrico

2.1.1 – Configurando os sensores flexíveis de pressão.

Sensores podem ser aplicados aos mais diversos objetivos, sendo que para cada objetivo é necessário um tipo de sensor específico. De acordo com Wendling (2019), o termo “Sensor” é usado para designar dispositivos sensíveis à alguma forma de energia do

ambiente. Estes possuem infinitas aplicações e são utilizadas na automação residencial até à uma robusta rede de automação industrial.

O *velostat* oferece uma grande oportunidade para sua aplicação em áreas que sensores mais comuns de pressão não seriam os mais adequados. Isso ocorre devido à não ser rígida e ter um preço bastante em conta em comparação com modelos mais complexos.

Para o desenvolvimento de cada um dos sensores, foram utilizadas folhas de *velostat* em conjunto com fitas de cobre. No trabalho de Vehec, 2020, foram usadas duas fitas de cobre ao redor do *velostat* com o intuito de conduzir corrente. Neste trabalho, utilizamos a mesma técnica, conforme mostra a figura 1.

Figura 1 – Folhas de *velostat* envolvidas pelo plástico

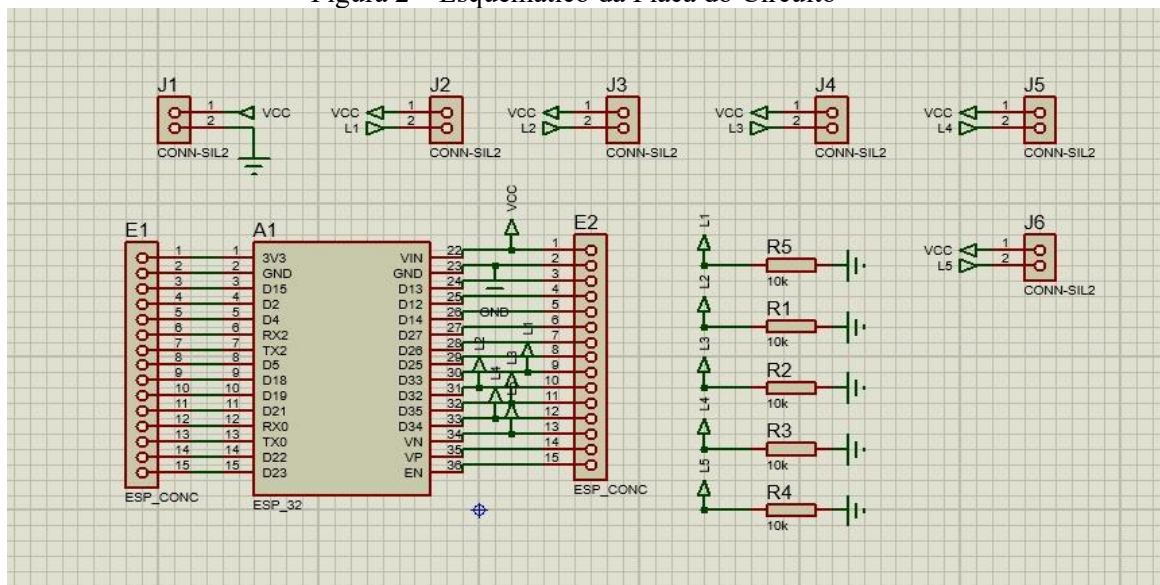


Fonte: Autores (2022).

2.1.2 – Desenvolvimento do Circuito Elétrico

O circuito funciona com uma bateria de 9V e foi criado no *software* Proteus, que inclui ISIS e ARES para simulação e design de circuitos eletrônicos. A fase de esquema é desenvolvida diretamente no ambiente ISIS, que oferece recursos virtuais e simulação de sinais de entrada para uma simulação conveniente do circuito (DING, GUO, 2010). A placa de circuito impressa foi produzida na máquina MonoFab com brocas de 0,1 e 1 mm, sendo que o tamanho da broca influencia na precisão das trilhas e pode afetar a solda. A usinagem levou aproximadamente 2 horas. A PCI utiliza um divisor de tensão entre os sensores e resistores de 1kΩ, permitindo que o ESP leia a tensão de cada sensor conforme a resistência varia dentro do seu range de leitura. O esquemático da placa pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Esquemático da Placa do Circuito

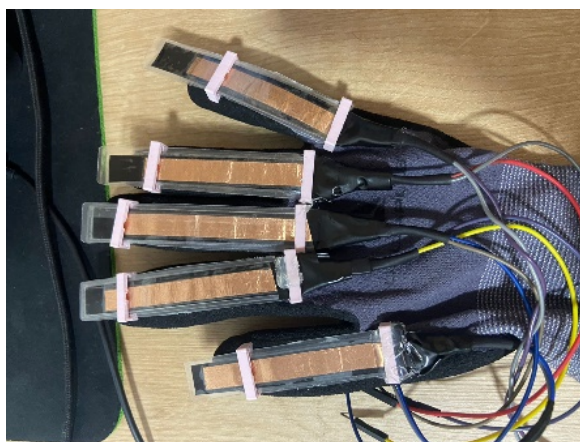


Fonte: Autores (2022).

2.2 – Desenvolvimento da parte mecânica

Foi necessário a criação de um compartimento para manter o microcontrolador e a bateria em uma posição estável e portátil. Para tanto, foi realizada a modelagem 3D deste compartimento utilizando o *SolidWorks* (*Software de modelagem CAD*). Após a modelagem ele foi fatiado usando o *Simplify3D* (*Software de fatiamento de peças 3D*) e por fim foi impresso na impressora Sethi, utilizando o PLA. Segundo Pawar et al. (2019), devido à sua excelente biocompatibilidade, resistência e propriedades mecânicas, o PLA e seus copolímeros têm sido amplamente utilizados em diferentes campos, como engenharia de polímeros, engenharia de tecidos, sistemas de entrega de medicamentos e vários implantes médicos de suma importância. Utilizou-se uma luva comercial para fixação dos sensores, o resultador pode ser observado na figura 3.

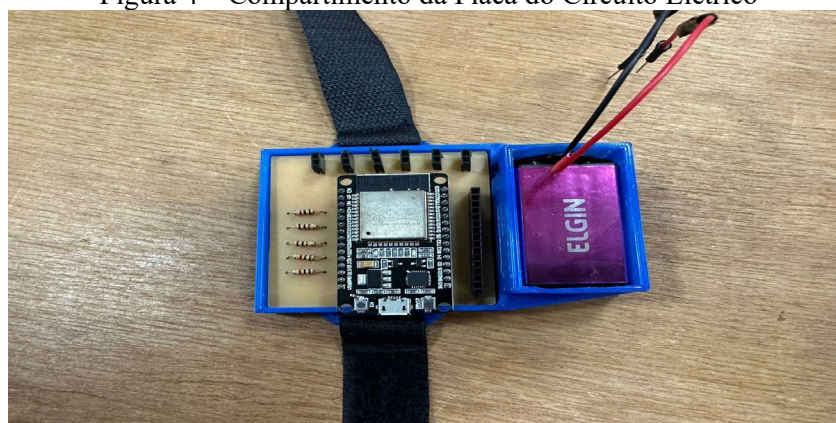
Figura 3 – Luva com os sensores Velostat



Fonte: Autores (2022)

Para finalizar o protótipo da luva foi adicionado uma pulseira de velcro para garantir que esteja fixo, na figura 4 pode-se observar-la.

Figura 4 – Compartimento da Placa do Circuito Elétrico



Fonte: Autores (2022).

2.3 – Desenvolvimento da Programação

Para estabelecer uma comunicação entre o ESP32 que está sendo utilizado na luva e o ESP32 que está controlando os servos foi utilizado o protocolo MQTT. Segundo Piper (2019), o MQTT, criado em 1999 pela IBM, tem uma proposta de atuar em locais com baixa largura de banda e em dispositivos que possuem memória e processamento limitados, se mostrando ideal para o projeto proposto.

A arquitetura deste protocolo se baseia em publicação e assinatura (*publish-subscribers*), e neste tipo de arquitetura, o dispositivo público (*publish*) informações ao servidor (*broker*). Tendo conhecimento dos clientes que estão interessados nas informações enviadas (*subscribers*), o *broker* envia as informações vinda do publicador (CONCEIÇÃO, RESENDE, 2018).

Foram utilizados nos *INPUTS* do microcontrolador leituras analógicas que dentro de um range, escolhido após vários testes de acurácia, indicarão se um dedo está levantado ou abaixado. Na figura 5, pode-se observar uma parte do algoritmo.

Figura 5 – Algoritmo de verificação de posição dos dedos

```
.
if (i == 2) { //
  angles[i] = map(val, flexsensorRange[0][i], flexsensorRange[1][i], 80, 200);
  angles[i] = constrain(angles[i], 80, 200);

  itoa(angles[i], buffer, 10);
  MQTT.publish(topicmeio, buffer);
  delay(130);
}
if (i == 3) { //
  angles[i] = map(val, flexsensorRange[0][i], flexsensorRange[1][i], 0, 85);
  angles[i] = constrain(angles[i], 0, 85);

  itoa(angles[i], buffer, 10);
  MQTT.publish(topicoanelar, buffer);
  delay(130);
}
if (i == 4) { //
  angles[i] = map(val, flexsensorRange[0][i], flexsensorRange[1][i], 20, 85);
  angles[i] = constrain(angles[i], 20, 85);

  itoa(angles[i], buffer, 10);
  MQTT.publish(topicomindi, buffer);
  delay(130);
}
```

Fonte: Autores (2022).

Obtendo o valor de cada sensor, foram feitas algumas estruturas para tratar o valor recebido para que estes se adequem aos valores do range de trabalho dos micro servos motores presentes na mão robótica. Após esta parte completa, os valores de cada sensor, devidamente tratados, são enviados para o microcontrolador da mão robótica que irá replicar os movimentos da luva.

III. RESULTADOS

Após o término do desenvolvimento do protótipo, foram realizados 50 testes para cada dedo da luva onde os sensores eram manipulados a fim de encontrar uma porcentagem para acertos. Nestes, todos os sensores tiveram mais de 80% de acerto e todos após de 3 segundos conseguiram se ajustar para o valor ideal definido. A tabela 1 demonstra os testes feitos em cada dedo.

Tabela 1 – Resultado dos testes

Dedos	Acertos Imediatos	Erros Imediatos
Polegar	46	4
Indicador	47	3
Médio	46	4
Anelar	48	2
Mínimo	45	5

Fonte: Autores (2022)

A forma como a fita de velostat foi envolvida teve um impacto direto na captação do sinal pela mão robótica. No início, a fita foi fixada com um arranjo de fita durex, porém com a movimentação dos dedos, a fita acabava se deformando ao longo do tempo, o que levava a mão robótica a capturar picos de sinal desnecessários, resultando em leves "espasmos". Esse problema foi resolvido de duas maneiras: primeiro, um filtro de sinal foi configurado na programação para amortecer a resposta do sinal, reduzindo drasticamente os picos de sinais elevados. Em segundo lugar, as fitas de velostat foram plastificadas individualmente, permitindo um movimento mais fluido de cada dedo, sem danificar o material com o tempo. Os resultados podem ser observados no vídeo disponível no seguinte link: (<https://www.youtube.com/watch?v=riVlIKoVjFY>).

IV. CONCLUSÃO

Este artigo apresenta uma luva robótica que utiliza sensores de pressão flexíveis para realizar a leitura de movimentos dos dedos, e que está habilitada para se comunicar via internet com uma mão robótica. A comunicação é realizada por meio do protocolo MQTT, permitindo a replicação dos movimentos realizados na luva pela mão robótica.

A robótica está cada vez mais presente em ambientes profissionais diversos, buscando aproximar humanos e máquinas. Testes comprovaram que é possível estabelecer comunicação entre a luva e a mão robótica, indicando que essa abordagem pode ser aplicada em soluções mais complexas, como luvas e próteses biônicas que se assemelham ao movimento humano.

V. REFERÊNCIAS

DA CONCEIÇÃO, Wellington Nogueira Elizeu; DE RESENDE COSTA, Romualdo Monteiro. Análise do Protocolo MQTT para Comunicação IoT através de um Cenário de Comunicação. **Caderno de Estudos em Sistemas de Informação**, v. 5, n. 2, 2019.

DING, Yanchuang; GUO, Jinying. LED display screen design and proteus simulation based on single-chip microcomputer. In: **2010 2nd International Conference on Information Engineering and Computer Science**. IEEE, 2010. p. 1-4.

FERREIRA, Sara Cristina Martins. **Sistema de tradução da língua gestual Portuguesa em tempo real**. 2019. Tese de Doutorado. WENDLING, Marcelo. Sensores. **Universidade Estadual Paulista. São Paulo**, v. 2010, p. 20, 2010.

OLIVEIRA, Sayoan Cristian Alves et al. CONTROLE DE UM BRAÇO BIÔNICO ATRAVÉS DE APLICATIVO DESENVOLVIDO NA PLATAFORMA ANDROID.

P PAWAR, Rajendra et al. Biomedical applications of poly (lactic acid). **Recent patents on regenerative medicine**, v. 4, n. 1, p. 40-51, 2014. PIPER, Andy. MQTT Wiki. 2 dez. 2013. Disponível em: <<https://github.com/mqtt/mqtt.github.io/wiki/>>. Acesso em 08 fevereiro. 2023.

SISMANOGLU, Bogos Nubar; DO NASCIMENTO, Janaina Correa; DE BARROS ARAGÃO, Eduardo Cezar Barbosa. Visualizando tunelamento quântico através da geração de microplasmas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, 2015.

VEHEC, Igor; LIVOVSKY, Lubomir. Flexible resistive sensor based on velostat. In: **2020 43rd International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE)**. IEEE, 2020. p. 1-6.

VI. AGRADECIMENTOS

O presente artigo é decorrente do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) Projeto Samsung Ocean 2.0, que conta com financiamento da Samsung, usando recursos da Lei de Informática para a Amazônia Ocidental (Lei Federal nº 8.387/1991), estando sua divulgação de acordo com o previsto no artigo 39.º do Decreto nº 10.521/2020.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

VISÃO COMPUTACIONAL APLICADA À UM PROTÓTIPO DE MÃO ROBÓTICA UTILIZANDO IoT

COMPUTER VISION APPLIED TO A PROTOTYPE ROBOTIC HAND USING IOT

Kauê Martins de Souza¹
Jadson de Souza Maciel²
Moisés Bastos³
Almir Kimura Junior⁴

Resumo - A aplicação de visão computacional é a ciência responsável no desenvolvimento de algoritmos que permitem máquinas a processar e analisar imagens ou vídeos digitalizados, uma das práticas está no reconhecimento de movimentos humanos. Este artigo propõe a análise do movimento de uma mão humana através de uma câmera, fazendo com que um protótipo de mão robótica replique os movimentos através das práticas de PDI. O desenvolvimento foi realizado utilizando a linguagem Python e as bibliotecas Mediapipe e OpenCV, especializadas em processamento digital de imagens. A comunicação entre o computador e o microcontrolador embarcado na mão robótica é realizada através do protocolo MQTT, permitindo uma resposta rápida da mão robótica aos movimentos dos dedos. Os resultados constataram eficiência na técnica de comunicação utilizada e eficácia nos processos de PDI.

Palavras-chave: Visão Computacional. Python. Mão Robótica. PDI (Processamento digital de imagem).

Abstract – The application of computer vision is the science responsible for the development of algorithms that allow machines to process and analyze digitalized images or videos, one of the practices being human motion recognition. This article proposes the analysis of the movement of a human hand through a camera, making a prototype of a robotic hand replicate the movements through digital image processing practices. The development was carried out using the Python language and the Mediapipe and OpenCV libraries, specialized in digital image processing. Communication between the computer and the microcontroller embedded in the robotic hand is carried out through the MQTT protocol, allowing for a quick response of the robotic hand to finger movements. The results found efficiency in the communication technique used and effectiveness in the digital image processing processes.

Keywords: Computer Vision. Python. Influent Robotic Hand. PDI (Processing Digital Images).

¹ Graduando em Engenharia de Controle e Automação (UEA). Contato: kmads.eai20@uea.edu.br.

² Graduando em Engenharia de Controle e Automação (UEA). Contato: sam.eai18@uea.edu.br.

³ Professor do Departamento de Controle e automação (UEA). Contato: mpbastos@uea.edu.br.

⁴ Professor do Departamento de Controle e automação (UEA). Contato: akimura@uea.edu.br.

I. INTRODUÇÃO

Segundo Backes (2016), podemos definir visão computacional como a área de estudo que tenta repassar para máquina a capacidade da visão humana. Quando falamos de visão não estamos nos referindo apenas ao ato de captar imagens. Apesar de essa capacidade ser importante, ela é apenas o início de um processo muito mais complexo. A visão computacional é a ciência responsável pela forma como um computador enxerga o meio à sua volta, obtendo informações por câmeras, sensores e outros dispositivos. Pode-se afirmar que esta ciência vem ganhando cada vez mais destaque devido sua grande versatilidade e por possuir técnicas variadas que servem para vários tipos de situações.

O Processamento Digital de Imagem (PDI) trata-se de um ramo da visão computacional onde são utilizadas técnicas para a análise de dados multidimensionais onde a entrada e a saída sejam imagens. De acordo com Gonzales e Woods (2000), o interesse nos métodos de processamento de imagens digitais decorre de duas áreas principais de aplicação: melhoria de informação visual para interpretação humana e o processamento de dados de cenas para percepção automática através de máquinas”. Pode-se observar uma aplicação análoga onde um braço robótico realiza movimentos semelhantes aos de uma mão real por meio de câmeras.

Em face ao exposto, esta pesquisa trata-se de um aprimoramento de um projeto inicial onde a mão robótica, Martins (2022), deveria reagir a botões, realizando assim, movimentos pré-definidos via *software*. Tem-se o objetivo de realizar o desenvolvimento de um método que analisa através de técnicas de PDI os movimentos de uma mão por meio de uma câmera, consiga definir as posições dos dedos das mãos, e replique estes movimentos em um protótipo de mão robótica. Para essa comunicação, usou-se o protocolo MQTT, segundo Jaffey (2014), a arquitetura do protocolo MQTT é baseada no modelo cliente/servidor, onde cada sensor é um cliente e se conecta a um servidor, conhecido como broker, via TCP. Este protocolo foi responsável por estabelecer uma comunicação IoT entre o computador e o microcontrolador ESP32 permitindo que este ajuste de forma rápida a angulação de cada servo motor da mão robótica.

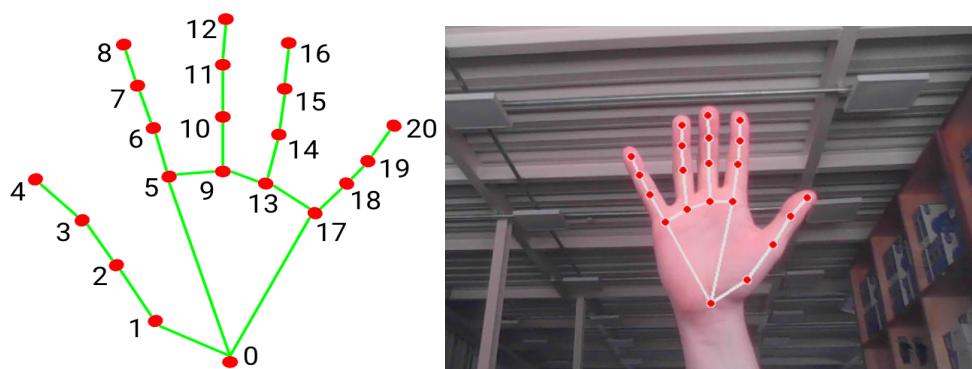
II. METODOLOGIA

2.1 – Desenvolvimento de aplicação em PDI

Para o desenvolvimento da aplicação, este projeto utilizou a linguagem de programação Python e as bibliotecas *Mediapipe* e *OPENCV* para realizar o processamento digital das imagens. O *MediaPipe* trata-se de uma plataforma *open source* que utiliza *Machine Learning* para as mais diversas aplicações como detecção 3D de objetos e detecção e segmentação de áreas de interesse que neste caso são os dedos. Segundo Lugaresi (2019), com o *MediaPipe*, um pipeline de percepção pode ser construído como um gráfico de componentes modulares, incluindo, por exemplo, modelos de inferência e funções de processamento de mídia. Detecção de objetos. Dados sensoriais, como fluxos de áudio e vídeo, entram no gráfico e descrições percebidas, como resultados de detecção de objetos ou anotações de pontos de referência faciais, saem do gráfico.

Para a aplicação em mãos, foi utilizado uma pipeline de *machine learning* com diversos modelos trabalhando em paralelo (*mediapipe,2020*). Na prática, existe um modelo de referência que opera nas imagens obtidas e retorna 21 pontos 3D em diferentes partes da mão como pode-se observar na Figura 1.

Figura 1 – Indicações das LandMarks (Pontos de referência) para cada articulação da mão



Fonte: GitHub, 2022.

Para a obtenção dos pontos, foram utilizadas cerca de 30 mil imagens reais com esses 21 pontos feitos manualmente. Estes foram os responsáveis pelo algoritmo encarregado de informar se um dedo está levantado ou abaixado.

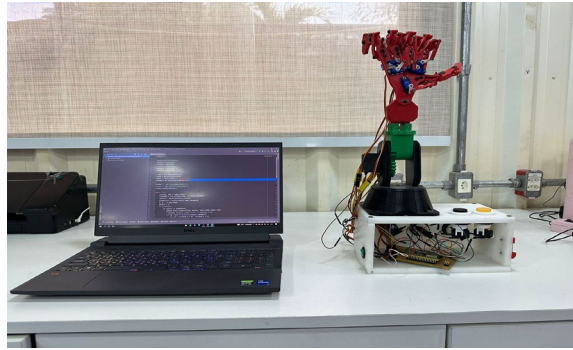
Inicialmente, a ideia seria embarcar o processamento digital em um *Raspberry PI*, porém, devido às limitações do projeto, foi utilizada outra alternativa. O microcontrolador ESP32 não possui poder de processamento suficiente e nem portabilidade para executar o *OPENCV*, sendo assim, optou-se por implementar o *OPENCV* no computador via *Python*. A sintaxe do Python é simples e fácil de usar. Ele enfatiza a legibilidade e usa palavras-chave padrão. OpenCV Python fornece uma infraestrutura comum para aplicações de visão computacional e para acelerar o uso de percepção da máquina nos produtos comerciais. O OpenCV Python se concentra principalmente no processamento de imagens em tempo real (Mustaffa, 2017).

2.2 – Comunicação “IoT”

Todo objeto se comunica e se associa de alguma forma. Por exemplo, a passagem do tempo é essa forma comunicativa de troca com outros objetos do ambiente e, por isso, ela vai envelhecendo (a relação entre o objeto sensorial e sua qualidade). Mas, com a IoT, trata-se agora de outra forma de comunicação das coisas: uma comunicação informacional em rede por protocolos de conexão seguindo a algoritmos e performances criando delegações, mediações, intermediações e estabilizações nas associações, (Lemos, 2012). Devido o computador não possuir nenhum tipo de conexão física com o protótipo, escolheu-se utilizar o protocolo MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) por se tratar de uma via de comunicação entre dispositivos confiável e bastante funcional.

O MQTT foi criado em 1999 pela IBM, sua proposta é atuar em locais com baixa largura de banda e em dispositivos que possuem memória e processamento limitados (Piper, 2013). Este protocolo possui um funcionamento simples baseado em publicador, *broker* e assinante. O *broker* trata-se de um servidor na nuvem que irá ser responsável por permitir a comunicação ocorrer. No *Python*, foi utilizada a biblioteca *Paho.MQTT* que é a biblioteca do protocolo MQTT mais utilizada para esse sistema. Para o Arduino, foi utilizado a biblioteca *PubSubClient*. Na figura 2, é possível observar a ausência de cabos entre o computador e o protótipo.

Figura 2 – Mão Robótica realizando comunicação via protocolo MQTT



Fonte: Autores (2022).

2.3 – Algoritmo de Comparação no “Python”

O reconhecimento de gestos de mão pode ser usado para aprimorar interação com o computador sem depender da entrada tradicional de dispositivos como teclado e mouse (Jagdish, 2010). No Python, foi necessário criar um algoritmo para identificar se os dedos estavam levantados ou abaixados. Para fazer isso, devemos levar em conta as coordenadas X e Y do vídeo. Os principais pontos são os que estão nas pontas e na base dos dedos, pois estas serão as referências. Caso o valor da posição da ponta de um dedo esteja menor que o da base, o dedo estaria abaixado e vice-versa. Uma parte deste algoritmo pode ser observado na figura 3.

Figura 3 – Algoritmo de identificação da posição dos dedos

```
if pontos[8][1] > pontos[6][1]:
    # print('indicador abaixado')
    client.publish(motor2, 85)
if pontos[8][1] < pontos[6][1]:
    # print('indicador levantado')
    client.publish(motor2, 0)

-----

if pontos[12][1] > pontos[10][1]:
    # print("meio abaixado")
    client.publish(motor3, 80)
if pontos[12][1] < pontos[10][1]:
    #print("meio levantado")
    client.publish(motor3, 200)
```

Fonte: Autores (2022).

Para o dedão foi desenvolvida uma lógica diferente pois este não se abaixa da mesma forma que os outros quatro dedos. Para que o dedão seja considerado levantado, o valor da componente Y da ponta do dedão deve ser menor que a componente Y da base do dedo do meio.

Quando uma mão é detectada e o algoritmo faz sua lógica de comparação, há um *delay* de 3 segundos que foi implementado com o intuito de evitar o envio constante de pacotes ao broker que consequentemente iria resultar em valores errados para os servos.

III. RESULTADOS

Após o término do projeto, foi realizado um teste de eficácia com 50 tentativas. Pode-se observar na tabela 1 que mostra os resultados obtidos com cada motor, nota-se que o dedo polegar teve uma taxa de erro maior que ocorreu devido sua lógica diferente. Em todos os casos onde houve algum tipo de erro, após o delay mencionado anteriormente, o dedo da mão robótica se ajustava rapidamente. Também foi publicado um vídeo no Youtube (<https://youtu.be/N9kjUHI6KnY>) que mostra a eficiência do projeto.

Tabela 1 – Valores obtidos durante os testes.

Dedos	Acertos Imediatos	Erros imediatos
Polegar	45	5
Indicador	49	1
Médio	50	0
Anelar	50	0
Mínimo	49	1

Fonte – Autoral (2022)

IV. CONCLUSÃO

Este artigo apresentou o desenvolvimento de uma aplicação de visão computacional utilizando PDI com o objetivo de movimentar dedos remotamente de um protótipo de mão robótica. O MQTT permite uma comunicação rápida e eficiente entre dispositivos e sistemas, enquanto o processamento digital de imagens fornece a capacidade de manipular e interpretar dados de imagem de maneira eficaz. Ao juntar essas duas tecnologias, é possível criar soluções robustas e escaláveis para aplicações em tempo real, como monitoramento de segurança, análise de tráfego, entre outras. A utilização de MQTT e processamento digital de imagens é um exemplo de como a tecnologia pode ser usada de forma inovadora para solucionar desafios complexos e transformar a forma como trabalhamos e nos relacionamos com o mundo ao nosso redor.

Aprimoramento do PDI para análise de rotações no braço completo e envio de informações para a mão robótica, bem como a utilização de um Raspberry para evitar a dependência de um computador externo, são oportunidades futuras de melhoria.

V. REFERÊNCIAS

AYACHE, Nicholas. Medical computer vision, virtual reality and robotics. **Image and vision computing**, v. 13, n. 4, p. 295-313, 1995.

BACKES, André Ricardo; JUNIOR, Sá; DE MESQUITA, Jarbas Joaci. **Introdução à visão computacional usando Matlab**. Alta Books Editora, 2016.

Google. (2021). MediaPipe Hands [Página de soluções]. GitHub. <https://google.github.io/mediapipe/solutions/hands.html>

GONZALES, Rafael C.; WOODS, Richards E. Processamento de Imagens Digitais. São Paulo. Edgard Blücher Ltda. 2000.

HOWSE, Joseph. **OpenCV computer vision with python**. Birmingham: Packt Publishing, 2013.

I. B. Mustaffa and S. F. B. M. Khairul, "Identification of fruit size and maturity through fruit images using OpenCV-Python and Rasberry Pi," *2017 International Conference on Robotics, Automation and Sciences (ICORAS)*, Melaka, Malaysia, 2017, pp. 1-3, doi: 10.1109/ICORAS.2017.8308068.

JAFFEY, Toby. MQTT and CoAP, IoT protocols. 2014. Disponível em: <http://www.eclipse.org/community/eclipse_newsletter/2014/february/article2.php>. Acesso em 08 de fevereiro. 2023.

LEMOS, André. A comunicação das coisas. Internet das coisas e teoria ator-rede. **SIMSOCIAL: CYBER-ARTE-CULTURA**, v. 2, 2012.

LUGARESI, Camillo et al. Mediapipe: A framework for perceiving and processing reality. In: **Third Workshop on Computer Vision for AR/VR at IEEE Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)**. 2019.

MARTINS, Ismael Rodrigues; ZEM, José Luís. Estudo dos protocolos de comunicação MQTT e COaP para aplicações machine-to-machine e Internet das coisas. 2015.

SOUZA, K. M. ; SILVA, E. T. S. ; MOTA, S. A. ; BASTOS, M. ; JUNIOR, A. K. ; COSTA, M. V. S. . DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO EDUCACIONAL DE BAIXO CUSTO (MÃO ROBÓTICA). *SODEBRÁS*, v. 17, p. 08-13, 2022.

PIPER, Andy. MQTT Wiki. 2 dez. 2013. Disponível em: <<https://github.com/mqtt/mqtt.github.io/wiki/>>. Acesso em 08 fevereiro. 2023.

RAHEJA, Jagdish Lal et al. Real-time robotic hand control using hand gestures. In: **2010 Second International Conference on Machine Learning and Computing**. IEEE, 2010. p. 12-16.

VI. AGRADECIMENTOS

O presente artigo é decorrente do projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) Projeto Samsung Ocean 2.0, que conta com financiamento da Samsung, usando recursos da Lei de Informática para a Amazônia Ocidental (Lei Federal nº 8.387/1991), estando sua divulgação de acordo com o previsto no artigo 39.º do Decreto nº 10.521/2020.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Área: Ciências Humanas e Sociais

6-2	<p>ANÁLISE DO CENÁRIO DE FORMAÇÃO DE RH NA ÁREA DE PETRÓLEO E GÁS NO BRASIL E DAS PERSPECTIVAS DE EMPREGABILIDADE PARA OS PRÓXIMOS ANOS</p> <p>ANALYSIS OF THE HUMAN RESOURCES DEVELOPMENT SCENARIO AND THE EMPLOYABILITY PROSPECTS FOR THE NEXT YEARS IN THE OIL AND GAS AREA IN BRAZIL</p> <p>Beatriz Maciel Ferreira Pedro; Gustavo Henrique Romeu da Silva; Nazem Nascimento; Andreas Nascimento</p>
6-4	<p>ACESSIBILIDADE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL: UMA ANÁLISE DA REDE DE TRANSPORTES RODOVIÁRIOS DO ESTADO DA BAHIA (BRASIL)</p> <p>ACCESSIBILITY AND REGIONAL DEVELOPMENT: AN ANALYSIS OF THE ROAD TRANSPORT NETWORK IN THE STATE OF BAHIA (BRAZIL)</p> <p>Juan Pedro Moreno Delgado; Cezar Augusto Caldas Bello</p>
6-7	<p>ESTUDO DE CASO NO ENSINO MÉDIO: MINERAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DOS SIMULADOS MODELO ENEM</p> <p>CASE STUDY IN HIGH SCHOOL: DATA MINING AND ANALYSIS OF ENEM MODEL SIMULATIONS</p> <p>Daviane Daniele Perez Nascimento; Denise Fukumi Tsunoda; Glauco Gomes de Menezes</p>
7-8	<p>DO PETRÓLEO AO PLÁSTICO: CONHECENDO PARA PRESERVAR</p> <p>FROM CRUDE OIL TO PLASTIC: KNOWING AND PRESERVING</p> <p>Marta Leite da Silva Nascimento; Teófilo Miguel de Souza; Andreas Nascimento</p>

ANÁLISE DO CENÁRIO DE FORMAÇÃO DE RH NA ÁREA DE PETRÓLEO E GÁS NO BRASIL E DAS PERSPECTIVAS DE EMPREGABILIDADE PARA OS PRÓXIMOS ANOS

ANALYSIS OF THE HUMAN RESOURCES DEVELOPMENT SCENARIO AND THE EMPLOYABILITY PROSPECTS FOR THE NEXT YEARS IN THE OIL AND GAS AREA IN BRAZIL

Beatriz Maciel Ferreira Pedro¹
Gustavo Henrique Romeu da Silva²
Nazem Nascimento³
Andreas Nascimento⁴

Resumo – O trabalho consiste em uma análise do cenário de formação de recursos humanos na área de petróleo e gás no Brasil, por meio da análise da gestão de pessoas, da existência de mão de obra e da necessidade de sua qualificação. Além de uma análise das perspectivas de empregabilidade no setor por meio da discussão do contexto histórico do cenário de empregabilidade no mesmo. Foram analisados dados relativos à cursos de graduação e pós-graduação relacionados à petróleo e gás, em relação ao perfil das vagas e instituições que os oferecem. Também foi discutido acontecimentos históricos que exerceram influência nos valores dos preços do barril do petróleo e relacionado com o interesse por parte da população em cursar os cursos relacionados à área. Por fim, também foram analisadas formas de investimento na qualificação da mão de obra no setor por parte de empresas e de centros de pesquisa em parceria com universidades por meio de programas de formação de recursos humanos com o objetivo de incentivar os alunos a se especializarem na área.

Palavras-chave: Petróleo. Gás Natural. Recursos Humanos.

Abstract - The paper consists of an analysis of the human resources development scenario in the area of oil and gas in Brazil, through the analysis of people management, the existence of manpower and the need for its qualification. In addition to an analysis of the prospects for employability scenario in the sector by means of a discussion about the historical context of the

¹ Graduanda em Engenharia de Materiais na FEG/UNESP. E-mail: beatriz.pedro@unesp.br

² Graduando em Engenharia Mecânica na FEG/UNESP. E-mail: gustavo.romeu@unesp.br

³ Doutor em Mecânica (Technische Hochschule Darmstadt - Alemanha). Professor aposentado da FEG/UNESP. E-mail: nazem.nascimento@unesp.br

⁴ Engenheiro de Petróleo, Doutor em Engenharia, Professor do Instituto de Engenharia Mecânica (UNIFEI). E-mail: andreas.nascimento@unifei.edu.br

employability scenario. Data regarding graduation and post-graduation courses related to oil and gas were analyzed, in relation to the profile of vacancies and the institutions that offer them. Additionally, were discussed historical events that have influenced the oil price per barrel and related to the population's interest in taking courses related to the area in question. Finally, were also analyzed ways for companies and research centers to invest in the qualification of manpower in the sector by means of partnership with universities through human resources development programs with the aim of encouraging students to specialize in the area.

Keywords: *Oil. Gas. Human Resources.*

I. INTRODUÇÃO

A trajetória da Indústria de Exploração e Produção de Petróleo e Gás (IP&G), no Brasil, é relevante, longa e um complexo objeto de estudo (SANTOS; AVELLAR, 2017). Desde o nascimento da indústria de petróleo e gás na segunda metade do século XIX, se observa um comportamento cíclico em relação a preços e produtividade, que está fortemente relacionado com os cenários econômicos e geopolíticos globais, a partir das relações de oferta e demanda. Após anos de sucesso e grande lucratividade no setor, a partir do segundo semestre de 2014 se iniciou uma descontinuidade de preços no mercado internacional, gerando um novo contexto e novos desafios para que as empresas se mantenham competitivas. Tais mudanças no mercado afetam de forma intensa toda a cadeia produtora desde as companhias operadoras, prestadoras de serviços, fornecedoras de estrutura e até mesmo as instituições responsáveis pela formação da mão de obra qualificada para o setor (FERNANDES, 2017).

O estudo da IP&G no Brasil é relevante, em virtude de a indústria poder contribuir para o crescimento e desenvolvimento econômico, social e científico (SANTOS; AVELLAR, 2017). Portanto, o objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de um detalhamento do cenário de formação de recursos humanos no setor de petróleo e gás, em âmbito nacional, através da análise do setor e da distribuição das vagas em cursos de graduação e pós-graduação relacionados com ele, assim como uma análise do cenário de empregabilidade ao longo dos últimos anos, através dos seguintes objetivos específicos:

- a) Abordagem histórica da indústria do petróleo no Brasil;
- b) Levantamento e análise de vagas em cursos de graduação e pós-graduação relacionadas a petróleo e gás;
- c) Análise dos principais programas de formação de recursos humanos no setor;
- d) Análise econômica do setor nos últimos 5 anos.

Foi realizada uma pesquisa predominantemente bibliográfica de caráter qualitativo a partir da revisão de literatura referente ao cenário de formação de RH e de empregabilidade no setor de petróleo e gás brasileiro.

II. MÉTODOS DE PESQUISA

O trabalho é desenvolvido a partir da análise de dados obtidos por meio da leitura e coleta de informações em artigos e trabalhos científicos e agências de fomento. Utilizou-se dados do Ministério de Minas e Energia (MME) e da Agência Nacional de Petróleo (ANP) para avaliar a qualificação profissional e programas de formação de recursos humanos; a base de dados das plataformas e-MEC e Sucupira, do Ministério da Educação e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), respectivamente, para as análises de cursos relacionados a petróleo e gás; por fim, dados do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (Sebrae) e da ANP para a análise econômica do setor de IP&G.

III. RESULTADOS

3.1 – *Qualificação profissional e programas de formação de recursos humanos*

Assim como em outras áreas, mas principalmente em um setor com mercado tão dinâmico como o de petróleo e gás, a qualificação do profissional da área traz vantagem competitiva para a empresa, sendo então, de vital importância a capacitação desses profissionais. Além da qualificação técnica dos funcionários, o setor de gestão de pessoas é parte fundamental da empresa, já que é responsável pelo alinhamento estratégico da mesma (DOMINGOS; MACHADO Jr., 2013a).

O estado assumi papel de liderança no desenvolvimento da indústria de petróleo e gás no Brasil (OBIRI *et al.*, 2019). Países e regiões pobres e subdesenvolvidas geralmente sofrem os efeitos mais graves e de longo prazo devido à falta de medidas de gestão, estratégias de resposta e implementação de políticas (ALBERT *et al.*, 2018). Com isso em mente, é necessário o entendimento das mudanças e evoluções do mercado para que sejam desenvolvidos planos de ações que permitam que as empresas se mantenham competitivas e com capacidade de atender seus clientes. Para isso, é necessária uma gestão com capacidade de, não só oferecer empregos e serviços, mas que vise a valorização dos colaboradores da empresa, se preocupe com sua qualidade de vida e tenha consciência ecológica. Sabendo que o líder não atinge sozinho as metas e objetivos, é vital que se conte com uma equipe competente, motivada e focada nos objetivos, mesmo em tempos de crise (QUALHARINI *et al.*, 2016).

O capital humano é o principal possibilitador do sucesso de uma empresa, e uma das formas de se obter uma melhoria na qualidade dessa mão de obra é por meio de parcerias entre empresas, centros de pesquisa e universidades que geram um ambiente de trocas de informações e conhecimento. Nesse contexto, essas parcerias geram a oportunidade de consolidação e ampliação de competências científicas e tecnológicas nas áreas de engenharia de petróleo (TURCHI *et al.*, 2013). Uma das consequências de um país com mão de obra desqualificada é a entrada de mão de obra internacional por meio da vinda de empresas de engenharia estrangeiras ou de recrutamento e expatriação de pessoas de outros países. Apesar de gerar resultados positivos como experiência e novos conhecimentos para a indústria nacional, a mão de obra estrangeira causa consequências como a perda de vagas para expatriados (DOMINGOS; MACHADO Jr., 2013a).

Uma das atribuições da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), prevista na Lei nº 9.478/1997, é a de estimular a pesquisa e a adoção de novas tecnologias para o setor de petróleo e gás. Por meio da Cláusula de PD&I, presente nos contratos de exploração, desenvolvimento e produção de petróleo e gás, fica como obrigação aos concessionários que 1% da receita bruta da produção dos campos que pagam Participação Especial sejam destinados a despesas qualificadas como pesquisa e desenvolvimento. O valor investido pode ser executado pela empresa petrolífera, por empresas brasileiras ou por instituições credenciadas do país (Ministério de Minas e Energia, 2020).

Por meio desses recursos financeiros investidos, a formação de mão de obra qualificada é impulsionada, o que gera a qualificação de mão de obra no setor. Além desse recurso, existem programas de parcerias com universidades com o objetivo de contribuir ainda mais com a formação de recursos humanos para a área.

O Programa de Recursos Humanos que é dirigido pela ANP é uma forma de incentivo à formação de mão de obra especializada, por meio da concessão de recursos financeiros tanto em forma de bolsas quanto taxa de bancada para programas de graduação, pós-graduação *stricto sensu* e pós-doutorado. Por meio desse programa, são criadas e consolidadas competências e é produzido conhecimento estratégico para o

desenvolvimento do setor de petróleo, gás natural e biocombustíveis (PRH-ANP – Finep Gestora, 2018).

Turchi et al. (2013b) afirma que a interação da PETROBRÁS com universidades e institutos de pesquisas com o propósito de desenvolver produtos e tecnologias é uma forma de contribuição na geração de novos conhecimentos e experiências entre os pesquisadores que participam do processo e forma uma rede no setor a partir do estímulo de novos contratos por parte das universidades e institutos de pesquisa com outras empresas diferentes. Turchi et al. (2013b) afirma que a interação da PETROBRÁS com universidades e institutos de pesquisas com o propósito de desenvolver produtos e tecnologias é uma forma de contribuição na geração de novos conhecimentos e experiências entre os pesquisadores que participam do processo e forma uma rede no setor a partir do estímulo de novos contratos por parte das universidades e institutos de pesquisa com outras empresas diferentes.

Segundo Fernandes (2017), existe uma relação entre o interesse em cursar cursos na área de petróleo e gás com os momentos da indústria. Nos períodos em que o setor apresentava altas lucratividades, a procura por cursos técnicos e de graduação na área era maior, já em períodos de crises, as inscrições para concorrer uma vaga nesses cursos diminuem. Ainda segundo Fernandes (2017), após questionar alunos matriculados em cursos de petróleo e gás, se descobriu que a maioria escolheu o curso por conta das oportunidades profissionais e a perspectiva de, após a conclusão, serem aprovados em um concurso. Quando questionados se cogitavam abandonar o curso, quase 60% dos alunos responderam que sim e dentre os principais motivos apontados por eles como a principal causa de evasão no curso, as justificativas mais citadas foram as perspectivas ruins de empregabilidade e a situação da Petrobrás na época. Dessa forma, é possível concluir o quanto a situação do mercado do setor influencia na geração de mão de obra dele.

3.2 - Análise de cursos relacionados a petróleo e gás

Foram analisados os dados relativos aos cursos de graduação e pós-graduação relacionados com o setor de petróleo e gás. Os dados obtidos referem-se ao número de vagas, localidade e modalidade da instituição de ensino.

A partir do banco de dados do e-MEC (2022a) foi analisada a quantidade de vagas disponíveis em cursos de graduação em Engenharia de Petróleo, Engenharia de Petróleo e Gás, Petróleo e Gás e Produção de Petróleo e Gás ativas atualmente. As instituições de ensino se dividem em privadas com fins lucrativos, privadas sem fins lucrativos, públicas estaduais e públicas federais. Dentro dos cursos ativos atualmente, existe apenas a modalidade presencial e o total de vagas é de 12.310.

Através dos dados, pode-se perceber que o maior número de vagas está presente em instituições privadas com fins lucrativos, seguido das privadas sem fins lucrativos. As instituições públicas possuem um número muito inferior de vagas, sendo as públicas estaduais as com o menor número.

Em relação à distribuição entre estados, existe uma concentração maior em São Paulo, seguido por Bahia e Rio de Janeiro. Observa-se que dos 26 estados brasileiros, 11 não oferecem nenhuma vaga nos cursos citados. Considerando o número de vagas a cada 1.000.000 habitantes em cada estado, e considerando a população estimada para o ano de 2021, segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), os estados que possuem uma proporção maior são Espírito Santo, Amazonas, Sergipe e Bahia sendo as menores proporções para os estados Ceará, Alagoas, Paraíba e Minas Gerais.

Também segundo o banco de dados do e-MEC (2022a), existe um número consideravelmente alto de cursos extintos ou em extinção (10.101 vagas). Percebe-se uma concentração desse tipo de vagas em instituições privadas. O maior número de vagas extintas ou em extinção são de instituições privadas com fins lucrativos. Em relação à distribuição

entre estados, a maior parte dos cursos extintos ou em extinção está em São Paulo, seguido da Bahia.

A partir do banco de dados do e-MEC (2022a) foi analisada a quantidade de vagas disponíveis em cursos de pós-graduação *latus sensu* – curso de especialização relacionados à petróleo e gás ativos atualmente. Os cursos analisados se dividem nas áreas Educação; Artes e Humanidades; Negócios, Administração e Direito; Computação e Tecnologias da Informação e Comunicação; Engenharia, Produção e Construção e Serviços. As instituições de ensino se dividem em privadas com fins lucrativos, privadas sem fins lucrativos e públicas federais. Dentro dos cursos ativos atualmente, existe a modalidade presencial e a distância, o número de vagas é de 40991 e o número de egressos é de 8.288.

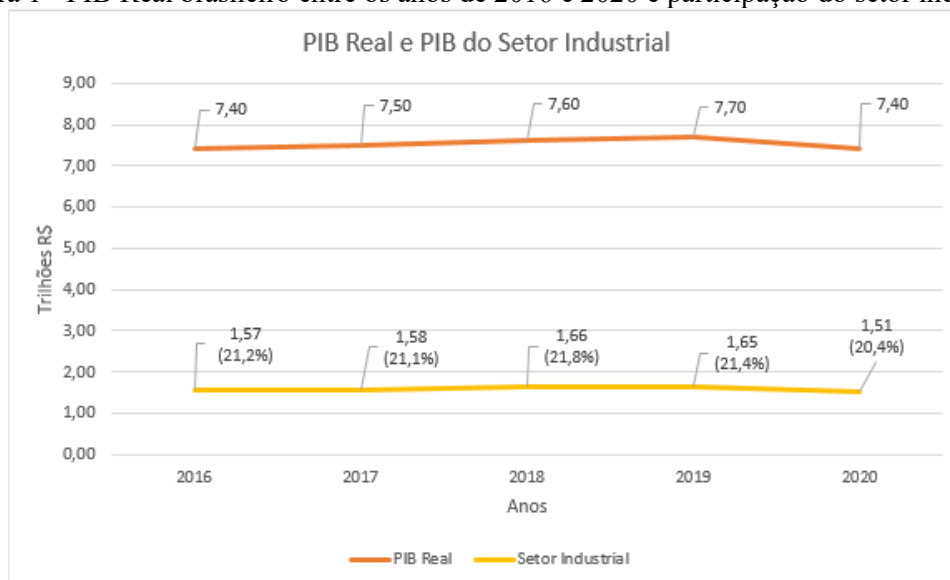
Por meio dos dados, pode-se perceber que o maior número de vagas está presente na modalidade de educação a distância, enquanto, considerando apenas o total de egressos, o maior número está na modalidade presencial. Instituições privadas com fins lucrativos, possuem o maior número de vagas e de egressos em ambos os casos. Em relação à distribuição entre estados, existe uma concentração maior em São Paulo, seguido por Espírito Santo e Rio de Janeiro. Observa-se que dos 26 estados brasileiros, 6 não oferecem nenhuma vaga nos cursos citados.

Segundo a plataforma Sucupira da CAPES (2022c) são apenas 3 universidades, todas públicas, que oferecem o curso de mestrado e doutorado envolvendo petróleo e gás. São elas a Universidade Estadual de Campinas, Universidade Federal da Bahia e Universidade Federal do Rio Grande do Norte, que oferecem vagas para esse curso nas áreas de Ciência e Engenharia de Petróleo e Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente. Tais universidades estão localizadas nos estados de São Paulo, Rio Grande do Norte e Bahia.

3.3 - Análise econômica do setor de petróleo e gás

A indústria do petróleo está fortemente relacionada ao cenário econômico, por conta disso, foi feita uma análise referente ao Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro dos últimos 5 anos, a fim de gerar uma previsão do cenário para os próximos anos. A Figura 1 mostra o PIB total e a participação do setor industrial no mesmo entre os anos de 2016 e 2020. Observa-se um aumento no PIB real até o ano de 2019 e uma queda de 4,06% no ano de 2020. Para o PIB do setor industrial, a queda entre os anos de 2019 e 2020 foi de 9,15%.

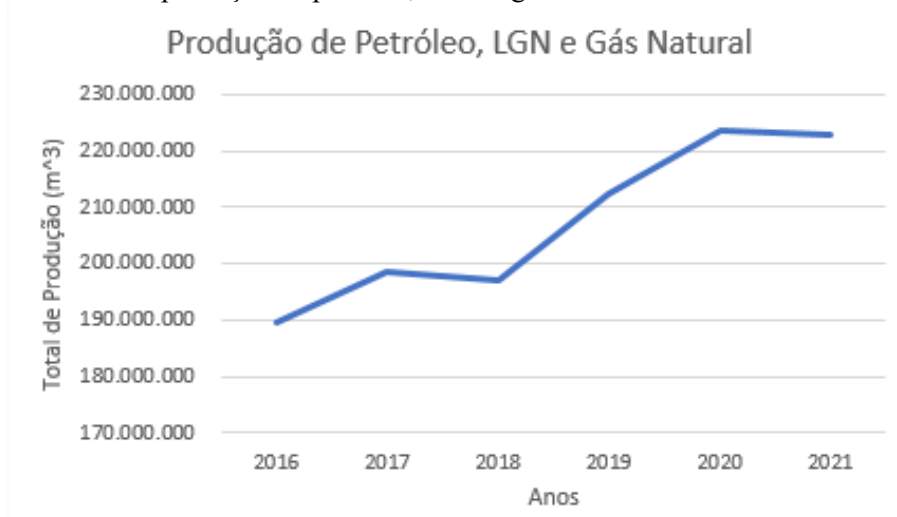
Figura 1 - PIB Real brasileiro entre os anos de 2016 e 2020 e participação do setor industrial



Fonte: Data Sebrae (2022b). Compilado pelo autor.

A Figura 2 mostra a evolução da produção de petróleo, gás natural liquefeito (LGN) e gás natural no Brasil, a partir dela, observa-se um crescimento na produção até o ano de 2020 e uma queda de 0,38% no ano de 2021.

Figura 2 - Total de produção de petróleo, LGN e gás natural entre os anos de 2016 e 2021

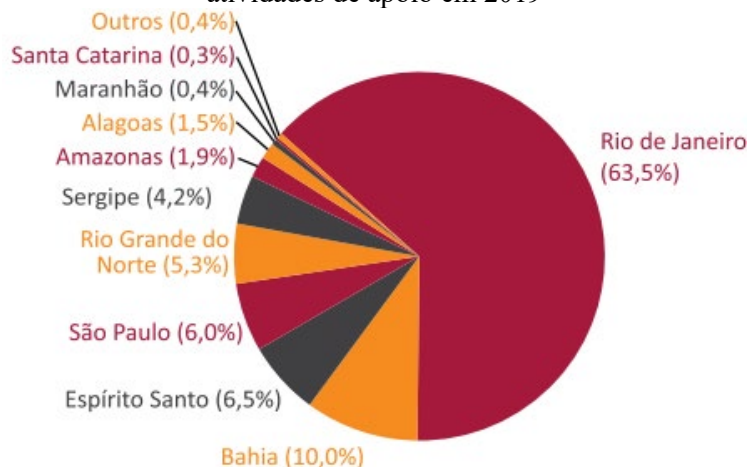


Fonte: ANP (2022). Compilado pelo autor.

A partir da comparação entre as Figuras 1 e 2, percebe-se que o setor de petróleo e gás se manteve produtivo mesmo quando houve queda do PIB. Por exemplo, entre os anos de 2019 e 2020 quando o PIB total sofreu uma queda de 4,06% e o industrial uma queda ainda maior, de 9,15%, observa-se que a produção de óleo e gás apresentou um aumento de 5,20%. Sabe-se que o evento responsável pelas variações entre esses anos foi a pandemia de COVID-19, logo, constata-se que a indústria de petróleo e gás teve a capacidade de se manter forte e crescer mesmo nesse cenário, o que é favorável à geração de empregos no setor. Dessa forma, a pode se dizer que a perspectiva para os próximos anos é positiva.

Na Figura 3, observa-se a distribuição geográfica dos empregos na indústria extrativa de petróleo e gás e atividades de apoio no ano de 2019. A partir desse dado, constata-se o domínio do estado do Rio de Janeiro em ofertar esse tipo de vagas.

Figura 3 - Distribuição geográfica (%) dos empregos na indústria extrativa de petróleo e gás e atividades de apoio em 2019



Fonte: VIANA (2020).

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Interessante a constatação que o maior número de vagas para formação em nível de graduação está em instituições de ensino privadas, sendo muito pequeno o número de vagas oferecidas pelas instituições públicas. Dentre essas as estaduais são as que tem menor oferta de vagas. Em nível pós-graduação apenas três universidades públicas oferecem cursos de mestrado e doutorado na área de petróleo e gás, presentes nos estados de São Paulo, Bahia e Rio Grande do Norte,

Com relação à oferta de vagas per capita (base 2021) há uma predominância dos estados Espírito Santo, Amazonas, Sergipe e Bahia, enquanto a menor oferta observa-se nos estados Ceará, Alagoas, Paraíba e Minas Gerais.

Apesar de ser um setor econômico muito importante para a economia brasileira (e global), existe um número consideravelmente alto de cursos extintos ou em extinção conforme dados do MEC, havendo uma concentração dos cursos extintos ou em extinção nos estados São Paulo e Bahia.

Tendo em vista a recuperação da economia global neste período pós pandemia, assim como restrições internacionais relacionadas com a produção e oferta de petróleo e gás no mundo, é de se esperar o aumento das atividades econômicas do setor no Brasil e o conseqüente aumento da demanda por profissionais especializados na área, fazendo-se necessário pelo menos a manutenção da oferta de vagas atual, assim como uma maior conscientização da importância do setor para os pretendentes ao estudo universitário.

V. REFERÊNCIAS

ALBERT, O. N.; AMARATUNGA, D.; HAIGH, R. P. Evaluation of the Impacts of Oil Spill Disaster on Communities and Its Influence on Restiveness in Niger Delta, Nigeria. **Procedia Engineering**, v. 212, p. 1054–1061, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.136>>. Acesso em: 16 mai. 2023.

Cadastro nacional de cursos e instituições de educação superior. **e-MEC**. 2022a. Disponível em: <<https://emec.mec.gov.br/>>. Acesso em: 16 mai. 2023.

DOMINGOS, B. S. M.; MACHADO Jr., W. A. Capacitação de recursos humanos para atender ao pré-sal: tendências e perspectivas. **Revista Científica do Unisalesiano**, Lins-SP, v. 7, 2013a.

Evolução do PIB. **Data Sebrae**. 2022b. Disponível em: <<https://datasebrae.com.br/pib/?pagina=evolucao-do-pib&ano>>. Acesso em: 16 mai. 2023.

FERNANDES, M. A. As mudanças de cenário na indústria de petróleo e seus reflexos em cursos nas áreas relacionadas. **Revista Expressão Científica**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 9–21, 2017.

OBIRI, K. A.; BJEIRMI, B.; BOATENG, P. Local Content Implementation Enhancement through Infrastructure Development in Ghana's Oil and Gas Industry. **Journal of Energy Research and Reviews**, v. 3, n. 52581, p. 1–10, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.9734/jenrr/2019/v3i430106>>. Acesso em: 16 mai. 2023.

Plataforma Sucupira. **CAPES**, Disponível em: <<https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/>> 2022c. Acesso em: 16 mai. 2023.

PRH-ANP – Finep Gestora. **Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP para o Setor de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (PRH-ANP)**. Finep. 2018. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/apoio-e-financiamento-externa/programas-e-linhas/prh-anp-finep-gestora>> Acesso em: 16 mai. 2023.

QUALHARINI, E. L.; FERNANDES, J. L.; FERNANDES, A. S. C.; SANTOS, L. A. A Liderança Como Fator Das Mudanças No Mercado De Óleo E Gás. **Revista Augustus**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 41, p. 25–39, 2016.

SANTOS, R. J. dos; AVELLAR, A. P. M. de. Políticas de apoio à indústria de petróleo e gás no Brasil: um estudo das ações públicas para o desenvolvimento da cadeia de valor. **Economia e Sociedade**, v. 26, n. 3, p. 721–750, 2017. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/ecos/index>. Acesso em: 16 mai. 2023.

TURCHI, L. M.; NEGRI, F.; NEGRI, J. A. **Impactos Tecnológicos das Parcerias da PETROBRAS com Universidades, Centros de Pesquisa e Firms Brasileiras**. Brasília, IPEA, 2013b.

VIANA, F. L. E. Petróleo e Gás Natural. **Caderno Setorial ETENE**, n. 145. 2020.

VI. AGRADECIMENTOS

Este trabalho tem o apoio financeiro da ANP, FINEP e MCTI, através do programa PRH 34.1 FEG/UNESP.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ACESSIBILIDADE E DESENVOLVIMENTO REGIONAL: UMA ANÁLISE DA REDE DE TRANSPORTES RODOVIÁRIOS DO ESTADO DA BAHIA (BRASIL)

ACCESSIBILITY AND REGIONAL DEVELOPMENT: AN ANALYSIS OF THE ROAD TRANSPORT NETWORK IN THE STATE OF BAHIA (BRAZIL)

Juan Pedro Moreno Delgado¹
Cezar Augusto Caldas Bello²

Resumo – *Este trabalho busca desenvolver uma análise dos impactos causados pelas condições de acessibilidade oriundas do desempenho da rede de transporte rodoviário de passageiros e de cargas do Estado da Bahia (Brasil), identificando a interligação com o desenvolvimento regional. Destaca-se a importância do transporte como indutor do desenvolvimento regional e o uso de indicadores para fundamentar a Gestão Territorial. O desempenho territorial da rede de transportes é avaliado mediante o uso do índice de isoacessibilidade, o qual é comparado com índices de desenvolvimento humano e econômico. O papel desta rede técnica na organização espacial e no desenvolvimento regional coloca em evidência a sua participação nas desigualdades regionais do Estado da Bahia.*

Palavras-chave: *Acessibilidade. Rede de transportes. Desenvolvimento regional.*

Abstract - *This work seeks to develop an analysis of the impacts caused by accessibility conditions arising from the performance of the road transport network for passengers and cargo in the State of Bahia (Brazil), identifying the link with regional development. The importance of transport as an inducer of regional development and the use of indicators to support Territorial Management is highlighted. The territorial performance of the transport network is evaluated using the isoaccessibility index, which is compared with human and economic development indices. The role of this technical network in*

¹ Professor e Pesquisador do Departamento de Engenharia de Transportes e Geodésia (DETG) e do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PPEC) da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Arquiteto e Urbanista pela Universidad Nacional Federico Villarreal (1986), Mestre em Engenharia de Transportes pela Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ (1995) e Doutor em Engenharia de Transportes pela UFRJ (2002). Contato: jpyupi@yahoo.com.br.

² Mestrando em Sistemas de Transporte e Informações Espaciais no PPEC/UFBA, Professor do DETG/UFBA e do Centro Universitário Estácio Bahia e Engenheiro Civil da Prefeitura Municipal de Salvador. Engenheiro Civil pela UFBA (2007), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela UNIFACS (2017) e Aperfeiçoamento em Tecnologias Digitais na Educação pela Universidade Federal do Ceará (2021). Contato: cbello@ufba.br.

spatial organization and regional development highlights its participation in regional inequalities in the State of Bahia.

Keywords: *Accessibility. Transport network. Regional development.*

I. INTRODUÇÃO

O transporte é o movimento de passageiros e de cargas entre locais, permitindo a interligação das mais diversas atividades econômicas. Segundo Portugal (2017) o transporte proporciona acesso, ao permitir a movimentação de pessoas e de mercadorias entre localidades, por meio de suas infraestruturas, destinadas a atender as necessidades de viagens. Já o desenvolvimento regional é definido de acordo Corrêa et al (2019) como originalmente equivalente ao crescimento econômico e posteriormente passando a ser tratado como desenvolvimento atrelado na distribuição da riqueza gerada em dada região geográfica. A relação do transporte com o desenvolvimento regional esta baseada no papel da rede de transportes como ferramenta indispensável para o funcionamento da sociedade, permitindo os fluxos de passageiros e de mercadorias, possibilitando a organização espacial das diversas cidades e viabilizando o desenvolvimento.

A organização espacial e a rede de transportes estão intimamente ligadas, criando áreas bem integradas à dinâmica regional ou áreas completamente desconectadas. A distribuição espacial e o desempenho da rede condicionam as necessidades por transporte e por mobilidade dos diversos setores da economia, configurando, portanto, condições de acessibilidade de base. Padrões de concentração espacial e de hierarquia urbana são reforçados por estes cenários, tais como, o desequilíbrio no desenvolvimento regional ente outras assimetrias evidenciadas.

Nas grandes cidades, os incrementos na qualidade do transporte possibilitam o aumento do dinamismo dos fluxos, em ação conjunta com o efeito por aglomeração urbana existente. Na escala regional, as intervenções em infraestrutura de transporte modificam o quadro territorial, reduzindo as distâncias, viabilizando padrões de concentração espacial (Aliseda et al., 2003). Complementarmente, de acordo Rodrigue et al (2013), os sistemas urbanos bem definidos em função de redes de transportes integradas traduzem espacialmente o desenvolvimento regional.

A utilização de indicadores de acessibilidade favorece a tomada de decisão por parte dos gestores territoriais, ao passo que sinalizam os locais ou destinos prioritários para a alocação e/ou indução dos investimentos públicos e privados. Segundo Dupuy (1998) a reconfiguração do espaço-tempo ocorre quando a disponibilidade da rede de transporte em condições adequadas impacta na distância temporal, tendo um desempenho equivalente em todas as direções, o qual é apurado pelo índice de isoacessibilidade ou velocidade de circulação.

A escolha pela análise da rede de transporte rodoviário do Estado da Bahia (Brasil) deriva da constatação de que mesmo distribuída espacialmente de maneira bastante desigual, ela desempenha fundamental papel na interação das diferentes regiões baianas, sendo o modo rodoviário fortemente predominante, nestas interações. Ao fornecer acessibilidade a rede contribui em maior ou menor grau com a fluidez das interações sociais e econômicas, entre as cidades baianas, estabelecendo um cenário de base de oportunidades e impedâncias para o desenvolvimento.

O presente artigo propõe uma análise preliminar das condições de acessibilidade fornecidas pelo funcionamento da rede de transporte rodoviário da Bahia, caracterizando os impactos produzidos pelo seu desempenho territorial, tendo por base principalmente o papel da isoacessibilidade no desenvolvimento regional baiano.

II. METODOLOGIA

A metodologia do presente trabalho tem por foco principal representar espacialmente as condições de acessibilidade no território em estudo, possibilitando uma maior compreensão do papel da rede de transportes rodoviários, no desenvolvimento regional e na formação de desigualdades. Em síntese, as etapas metodológicas são:

1) Estabelecer o problema a ser investigado, relacionando o papel dos sistemas de transporte no desenvolvimento regional e os impactos produzidos pelo desempenho territorial destas redes;

2) Construção do marco teórico pertinente ao problema proposto;

3) Construção de uma base de dados georeferenciada com dados relativos à Rede em estudo, principalmente distâncias e tempos de viagens, alocados nos trechos de uma rede gerada por Sistema de Informações Geográficas (SIG) com nós e ligações, assim como, dados associados ao Território, entre os quais, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e o Índice de Desenvolvimento Econômico (IDE), por município;

4) Produção do mapa de isoacessibilidade da Bahia, o qual é parte central deste estudo preliminar. Partindo das informações de distância em quilômetros (km) e tempo de viagem em horas, para cada ligação, efetuou-se o cálculo do índice de isoacessibilidade ou velocidade de circulação na rede. Para tal fim, desenvolveram-se matrizes. Os valores do vetor solução foi posteriormente trasladado aos 835 nós da rede. A velocidade de circulação ou isoacessibilidade equivale ao quociente entre o somatório de uma matriz que considera a distância entre nós adjacentes, em km, e o somatório obtido da mesma matriz, mas com os respectivos tempos em horas:

$$V_i = \frac{\sum_j d_{ij}}{\sum_j t_{ij}} \quad (1)$$

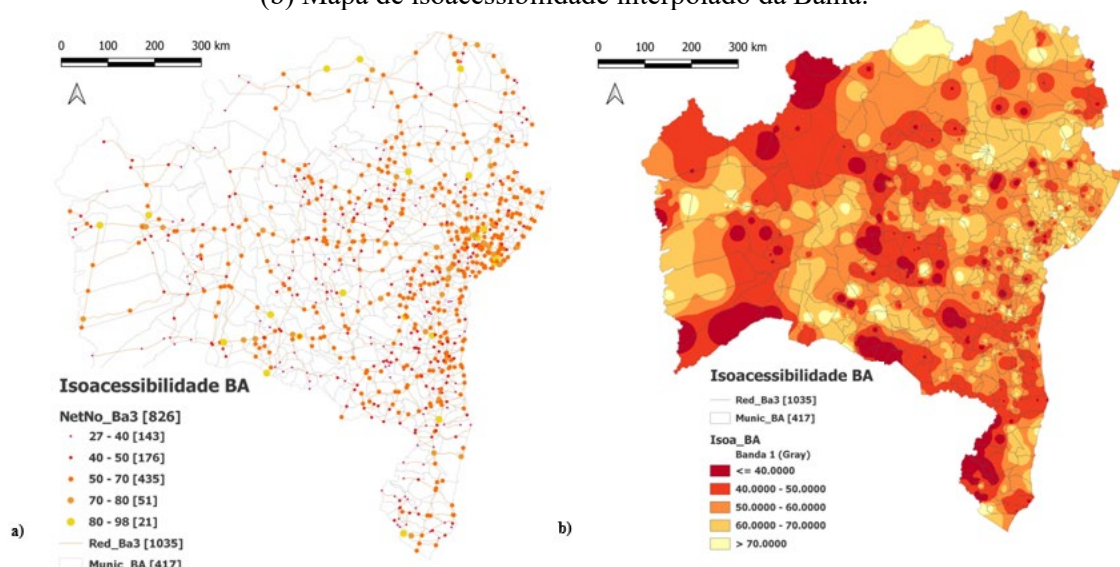
v_i = velocidade de circulação em i ;
 d_{ij} = distância em km. de i até j ; t_{ij} = tempo em horas de i até j .

5) Comparação e interpretação dos resultados obtidos nos mapas de Rede (isoacessibilidade) e do Território (índices), evidenciando os impactos territoriais produzidos pela correlação espaço-temporal da Rede, em estudo, no Estado da Bahia.

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

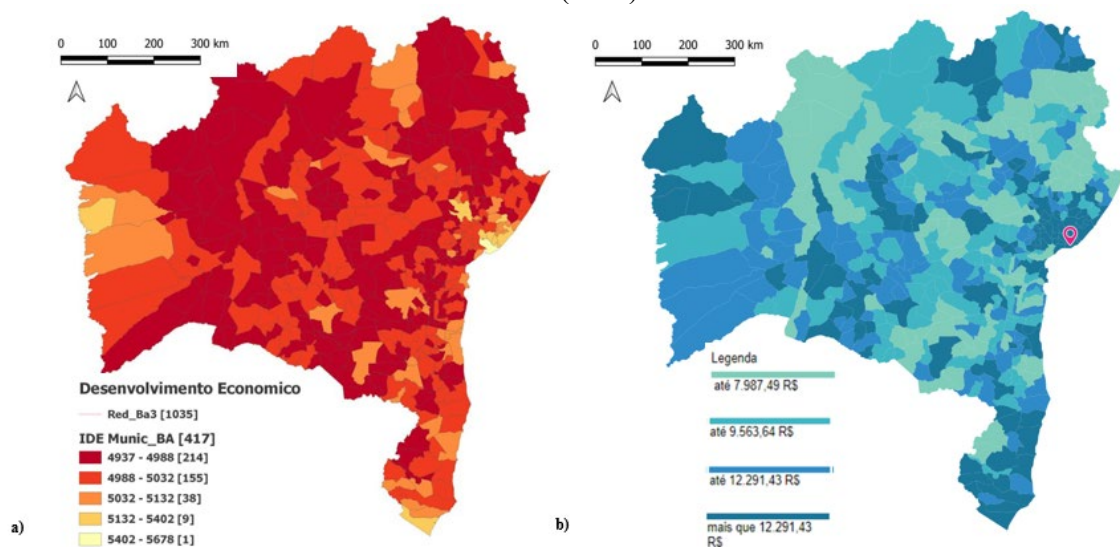
A Figura 1 apresenta os mapas de isoacessibilidade na Bahia, elaborado fazendo uso de um Sistema de Informações Geográficas, com destaque no primeiro cartograma para os nós da rede de transportes, para os quais foram alocados os resultados do cálculo do indicador e no segundo cartograma o mesmo indicador interpolado, representado em um mapa raster. Neste mapa classificado pode-se observar melhor a variação espacial da isoacessibilidade no estado da Bahia. Na Figura 2 apresentam-se os mapas do Índice de Desenvolvimento Econômico e do Índice de Desenvolvimento Humano dos municípios do Estado da Bahia.

Figura 1 - (a) Mapa da isoacessibilidade classificada por nós da rede de transportes da Bahia e (b) Mapa de isoacessibilidade interpolado da Bahia.



Fonte: (a) e (b) Autores, 2022.

Figura 2 - (a) Mapa do IDE dos municípios da Bahia e (b) Mapa do IDH dos municípios da Bahia (2010).



Fonte: (a) Autores, 2022 e (b) <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/salvador/pesquisa/37/0?tipo=cartograma>. (Acesso em 25/03/2022).

Quando avaliamos os mapas de isoacessibilidade na Bahia observa-se o desempenho territorial heterogêneo, da Rede em estudo, observando-se que umas regiões são mais favorecidas que outras pela velocidade de circulação. Por exemplo, os municípios localizados no Leste (faixa litorânea) apresentam melhores indicadores que as cidades nas microrregiões de Barra, Bom Jesus da Lapa, Boquirá, Guanambi e Santa Maria da Vitória. Até mesmo os municípios litorâneos localizados ao Leste da Bahia apresentam diferentes níveis de isoacessibilidade, com a Região Metropolitana de Salvador (RMS) e a microrregião de Entre Rios apresentando melhor acessibilidade, frente a mesorregião do Sul baiano. As principais cidades baianas (Salvador, Feira de Santana, Vitória da Conquista, Juazeiro e Barreiras) espalhadas ao longo do território e com funções de polos regionais, apresentam boa acessibilidade na sua área de influência

mais próxima, sem tal efeito ocorrer em cidades mais afastadas delas.

A distribuição do IDE nos municípios baianos configura uma visão geral e permite gerar uma análise do território em foco. O mapa evidencia as regiões baianas com maior desenvolvimento econômico, concentradas apenas na RMS, em Feira de Santana, no Extremo Oeste (Luís Eduardo Magalhães) e no Extremo Sul (Mucuri). As microrregiões de Barra, Bom Jesus da Lapa, Boquira, Guanambi, Itapetinga, Jequié, Juazeiro, Paulo Afonso e Santa Maria da Vitória apresentam IDE baixos, demonstrando a falta de desenvolvimento econômico alastrada por toda a Bahia, atingindo a grande maioria das mesorregiões baianas.

A seleção do mapa que retrata o IDH dos municípios baianos tem como objetivo traçar um panorama social do Estado da Bahia, com a avaliação dos indicadores na escala municipal. No cartograma relativo ao IDH chama atenção a maior concentração de avanço social no entorno da metrópole regional baiana (concentradora de atividades econômicas), no Extremo Sul e no Extremo Oeste Baiano (ambas atreladas ao avanço do agronegócio). As mesorregiões do Vale São-Francisco, Centro-Norte e Nordeste Baiano apresentam indicadores de desenvolvimento humano reduzidos, refletindo a necessidade de políticas públicas eficazes nessas localidades.

Evidenciam-se extensas faixas de pobreza ao longo do Estado da Bahia, sendo que o desempenho desigual da Rede pode vir a reforçar essas assimetrias. No tocante ao desenvolvimento econômico percebeu-se pouquíssima quantidade de municípios (um quantitativo de 10 frente ao total de 417), com valores considerados bons de IDE, concentrados basicamente na RMS, situação similar ao que acontece no mapa de IDH. Por conseguinte, observa-se que predominantemente as áreas com baixos indicadores de desenvolvimento econômico e humano, também apresentam baixos indicadores de isoacessibilidade, destacando a provável existência de relação entre esses fatores. O indicador de isoacessibilidade possibilita observar uma fragmentação no espaço regional no sentido Leste-Oeste, o qual indica a necessidade de aprofundar os estudos e a análise das relações Rede - Território no Estado da Bahia.

IV. CONCLUSÃO

O desempenho da Rede viabiliza a interface entre a organização espacial das cidades (localização) e o desenvolvimento regional. A Rede mobiliza os fluxos sociais e econômicos, permitindo a ligação entre urbes e centros produtivos, estruturando o espaço regional. Verificaram-se disparidades regionais apoiadas no desempenho da Rede, diversas microrregiões que apresentaram baixos indicadores de isoacessibilidade, também revelaram baixos valores no IDE e IDH. Necessita-se, portanto, uma robusta política de logística de transportes de passageiros e de cargas, interligando as áreas identificadas, com as regiões mais dinâmicas. O transporte tem um fundamental papel de articulação regional e de indução do desenvolvimento, quando integrado a políticas de saúde, educação e fomento econômico, minimizando as desigualdades existentes.

Nas regiões com baixa isoacessibilidade, principalmente nas microrregiões de Barra, Bom Jesus da Lapa, Boquira, Guanambi e Santa Maria da Vitória, o poder público deve atuar com melhorias na Rede (traçado, capacidade, estado de conservação, entre outros) com o intuito de integrar melhor essas regiões produtoras agrícolas ao restante do território e os mercados. No tocante aos bolsões de baixa acessibilidade nas divisas com outros Estados, cabe uma ação conjunta com os outros governos estaduais e com o governo federal, visando melhorar estes indicadores e, por conseguinte o desenvolvimento socioeconômico, nessas zonas.

Como se observa, a prioridade da Gestão Territorial no planejamento da Rede de transportes deve ser direcionada a melhorar a conectividade nas regiões identificadas,

retirando as barreiras e impedâncias criadas pelo desempenho territorial da Rede e assim viabilizando a promoção de um desenvolvimento regional equilibrado.

V. REFERÊNCIAS

ALISEDA, J. M. e J. M. N. GALÁN e J.A.G. GALLEGO e T. C. RUÍZ. Aplicación de técnicas SIG en la planificación del transporte por carretera en Extremadura (España). Finisterra – **Revista Portuguesa de Geografia**, Volume 38, nº 75, 2003. Lisboa, Portugal, 2003.

CORRÊA, J. C. S. e R. L. L. SILVEIRA e R. B. B. KIST. Sobre o conceito de desenvolvimento regional: notas para debate. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, V. 15, N. 7, Edição Especial, P. 3-15, dez/2019. Taubaté, SP, 2019.

DUPUY, Gabriel. **El urbanismo de las redes: teorías e métodos**. Oikos-Tau, Barcelona, 1998.

IBGE. Regiões de influência das cidades: 2018. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Rio de Janeiro, 2020.

PORTUGAL, Licínio da Silva. **Transporte, mobilidade e desenvolvimento**. Elsevier, Rio de Janeiro, 2017.

RODRIGUE, J. P. e C. COMTOIS e B. SLACK. **The Geography of Transport Systems**, third edition, Routledge, New York, 2013.

SEDUR. **Estudo da Rede Urbana da Bahia: Caracterização da Rede Urbana Estadual e Propostas de Ações Estratégicas**. Secretaria de Desenvolvimento Urbano da Bahia. Salvador, 2011.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ESTUDO DE CASO NO ENSINO MÉDIO: MINERAÇÃO DE DADOS E ANÁLISE DOS SIMULADOS MODELO ENEM

CASE STUDY IN HIGH SCHOOL: DATA MINING AND ANALYSIS OF ENEM MODEL SIMULATIONS

Daviane Daniele Perez Nascimento¹
Denise Fukumi Tsunoda²
Glauco Gomes de Menezes³

Resumo – *A presente pesquisa se propõe a desenvolver a seguinte questão: Como a mineração de dados pode oferecer subsídios para a tomada de decisões em tempo de se modificar as metodologias de ensino e flexibilizar as possibilidades de atuação em sala de aula e em cenários abrangentes como coordenações e direções das escolas? O objetivo é aplicar os recursos e métodos adequados de mineração de dados para analisar o percentual geral de desempenho nos simulados do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e as médias das notas dos Componentes Curriculares modificados em grandes áreas do conhecimento. Dessa forma, a pesquisa delineou-se em um estudo de caso utilizando a base de dados dos resultados dos simulados aplicados no ano de 2020 em uma escola de grande porte em Curitiba/PR. Contudo, espera-se como resultado a apropriação e divulgação de possibilidades de acompanhar, identificar e alinhar os ajustes necessários diante das informações estruturadas nas árvores de decisão. Nesse sentido, busca-se compartilhar estratégias de acompanhamento das informações dos estudantes como garantia de um ensino de qualidade.*

Palavras-chave: *Currículo. Novo Ensino Médio. Mineração de dados. Simulados ENEM.*

Abstract - *This research proposes to develop the following question: How can data mining offer subsidies for decision-making in time to modify teaching methodologies and make the possibilities of acting more flexible in the classroom and in comprehensive scenarios such as*

¹ Doutoranda e Mestra em Gestão da Informação; Especialista em Neuropsicopedagogia e Análise do Comportamento, Graduada em Pedagogia. Contato: davianepereznascimento@gmail.com.

² Graduada em Bacharelado em Informática pela Universidade Federal do Paraná (1992), possui mestrado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (1996) e doutorado em Engenharia Elétrica e Informática Industrial – Engenharia Biomédica pela também Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2004). Contato: dtsunoda@ufpr.br.

³ Professor Associado do Departamento de Administração Geral e Aplicada, pós-doutor em educação pela Universidade Federal do Paraná (2011), doutor em educação pela Universidade Federal do Paraná (2008), mestre em Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2002), especialista em Design Instrucional para Educação Online pela Universidade Federal de Juiz de Fora – MG (2009), graduado em Pedagogia (2000) e possui formação em Análise de Sistemas (1989). Contato: glaucogm@gmail.com.

coordination and school directions? The objective is to apply adequate data mining resources and methods to analyze the general percentage of performance in simulated National Secondary Education Examination (ENEM) and the average grades of modified Curriculum Components in large areas of knowledge. In this way, the research was outlined in a case study using the database of the results of the simulations applied in the year 2020 in a large school in Curitiba/PR. However, it is expected as a result the appropriation and dissemination of possibilities to monitor, identify and align the necessary adjustments to the information structured in the decision trees. In this sense, we seek to share strategies for monitoring student information as a guarantee of quality teaching.

Keywords: Curriculum. New High School. Data mining. ENEM simulations.

I. INTRODUÇÃO

Diante das transformações sociais que vivenciamos ao longo dos anos, o contexto educacional foi se moldando para atender as novas expectativas que se colocam em pauta. No que se refere ao Ensino Médio, os aspectos analisados e compreendidos como passíveis de melhorias curriculares foram pautados pela Base Nacional Comum Curricular na perspectiva do preparo do jovem para o mercado de trabalho, assim como o exercício da cidadania, justificado pelo direito de desenvolvimento pleno do indivíduo (BRASIL, 2017).

Desse modo, com as exigências do novo currículo do Ensino Médio e o desenvolvimento das habilidades e competências que favoreçam a integralidade do estudante, surgiram os desafios educacionais que se pautam nos conhecimentos, nas habilidades, valores e atitudes que se desenvolvem de maneira articulada e integrada no cotidiano escolar.

O propósito desse investimento na atualização das disciplinas ofertadas nesse segmento específico é garantir que os estudantes vivenciem experiências e possibilidades educacionais que ultrapassem o ensino técnico, mas que também garantam a aplicabilidade de conceitos e o repertório necessário para a solução de situações problema que se apresentam em todas as profissões e demandam de conteúdos relacionados aos Componentes Curriculares, assim como a criatividade, o pensamento crítico e o domínio digital. Esses elementos são parte de uma oferta que se inicia nos Colégios da rede pública e privada do nosso país e que merecem ser acompanhados e estudados com profundidade.

Com a alteração da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, pela Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017, o Ensino Médio sofreu mudanças estruturais que mobilizaram o cenário educacional para a reformulação dos currículos, aspectos que serão estudados nessa pesquisa.

Essas alterações referem-se ao tempo mínimo do estudante na escola, que passou de 800 horas (anuais) para 1000 horas (anuais), sendo ampliadas progressivamente até 2022. Desse modo, uma nova organização curricular foi proposta oportunizando um cenário mais flexível com possibilidade de escolha de itinerários formativos⁴, por parte do estudante, vislumbrando as áreas do conhecimento e a formação técnica e profissional (BRASIL, 2017).

Para conduzir e orientar essa reformulação dos currículos, elaborou-se um conjunto de referências comuns no documento da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), garantindo os conhecimentos essenciais desse segmento educacional, assim

⁴ Itinerários formativos são representados pelo conjunto de disciplinas, oficinas, projetos de núcleos de estudos, passíveis de escolha dos alunos para aprofundamento de conhecimentos.

como as competências, habilidades e aprendizagens delineadas como objetivos a serem alcançados (LOPES, 2001).

Contudo, as alterações curriculares visam a implementação progressiva oferta de um ensino integral, estabelecido como meta pelo Plano Nacional de Educação, até 2024 (BRASIL, 2017). Nesse contexto, as escolas da rede pública e particular começaram a esboçar ações para colocar em prática essas demandas, elaborando estratégias que atendam às suas realidades e se encaixem no novo modelo proposto.

Para tal, a pesquisa direciona esforços para usar ferramentas que forneçam subsídios para a tomada de decisões em tempo de se modificar as metodologias de ensino e flexibilizar as possibilidades de atuação em sala de aula e em cenários abrangentes como coordenações e direções das escolas.

Dessa forma, relacionando a informação com a sociedade é garantida a aderência à Linha de Pesquisa Informação e Sociedade do Programa de Pós-graduação em Gestão da Informação na Universidade Federal do Paraná. Essa relação pode ser visualizada na utilização das informações, coletadas por meio das TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação), sobre todo o processo histórico de atualização do currículo do Ensino Médio, proposto pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que objetiva desenvolver uma sociedade com possibilidades justas de crescimento, de estudantes envolvidos em seus cursos e vertendo suas experiências para propor soluções para as comunidades e vivenciando as possibilidades que a educação pode ofertar.

II. METODOLOGIA

A coleta de dados iniciou pela busca de relatórios dos Simulados modelos ENEM realizados em 2020⁵. A primeira dificuldade encontrada foi em relação ao nivelamento desses dados na categoria de pontuação e percentual de desempenho, considerando que a correção da prova do ENEM acontece pela Teoria de Resposta ao Item (Análise TRI), não basta transformar pontuação em percentual, pois o peso das questões apresenta variações entre as grandes áreas.

Após a organização da planilha única, contemplando os percentuais de desempenho por grandes áreas nos simulados 1, 2, 3 e 4, acrescentamos os dados relacionados às notas dos alunos nos Componentes Curriculares. Os relatórios de notas são exportados de outra plataforma que não apresentam a possibilidade de vincular o fluxo de notas dos estudantes em diferentes avaliações. Essa análise integral é elaborada pelos gestores e professores que precisam desses dados para acompanhar o desempenho dos estudantes em seu período letivo para propor ações durante esse percurso, contribuindo para o processo de aprendizagem dos estudantes e refletindo sobre as necessidades de (re)planejamento, reposições e revisões de conteúdo. Entretanto, a coleta e organização de dados demanda de um tempo prolongado, devido às diferentes

⁵ Esses Simulados eram disponibilizados no modelo online em plataforma específica da Editora do Colégio em questão, com acesso pela área restrita do aluno mediante login e senha. No intuito de minerar os dados e organizá-los na apresentação de árvore de decisão, utilizou-se o Weka que é uma ferramenta que utiliza algoritmos para análise de dados e modelagem preditiva, desenvolvida pela Universidade de Waikato na Nova Zelândia com a sua primeira versão testada em 1993 (UNIVERSITY OF WAIKATO, 2022). No Weka selecionou o algoritmo C4.5, desenvolvido por J. Ross Quillan, que permite a estruturação de árvores de decisão considerando como fundamento o ganho de informação (WU, 2009). A exportação dos percentuais de desempenho era realizada pelo usuário de gestor, em arquivo Excel, com os dados organizados em colunas que representavam as grandes áreas (Ciências da Natureza, Ciências Humanas, Linguagens e Códigos e Matemática) e redação, e, as linhas que direcionavam aos estudantes.

frentes de objetivos em um mesmo componente curricular e pela necessidade de calcular a média por grande área restrita a composição manual desses componentes⁶.

Para acrescentar esses dados à tabela única, as notas foram inseridas em coluna de média na composição das grandes áreas, ou seja, calculamos a média dos Componentes Curriculares História, Geografia, Filosofia e Sociologia para a área de Ciências Humanas; os Componentes Curriculares de Química, Física e Biologia para a área de Ciências da Natureza; os Componentes Curriculares de Língua Portuguesa, Inglês, Espanhol, Arte e Ed. Física para a área de Linguagens e Códigos. No caso de Matemática o Componente Curricular já contempla a área de Matemática⁷.

Para analisar a árvore de decisão utilizando o WEKA foi direcionado um atributo meta categórico para cada simulado, sendo selecionado o atributo de percentual geral de desempenho nas grandes áreas como principal para conduzir as análises.

Nesse contexto, iniciou-se pelo atributo meta percentual geral de desempenho nas grandes áreas no Simulado 1 (coluna F) em relação à percentual de desempenho em Ciências Humanas⁸ no Simulado 1 (coluna B), percentual de desempenho em Ciências da Natureza⁹ no Simulado 1 (coluna C), percentual de desempenho em Linguagens e Códigos¹⁰ no Simulado 1 (coluna D), percentual de desempenho em Matemática no

⁶ As notas dos estudantes são organizadas por trimestres e divididas pelos Componentes Curriculares e seus objetivos, conforme a distribuição dos conteúdos. No caso de Biologia as notas são organizadas em dois objetivos (A e B); em Educação Física em A; Filosofia em A; Física em A, B e C; Geografia em A e B; História em A e B; Inglês em A; Espanhol em A; Língua Portuguesa em A, B, e C; Matemática em A, B e C; Química em A e B; e; Sociologia em A.

⁷ A planilha de dados utilizada para a análise apresentava a seguinte estrutura organizada em colunas: alunos (coluna A), percentual de desempenho em Ciências Humanas⁷ no Simulado 1 (coluna B), percentual de desempenho em Ciências da Natureza⁷ no Simulado 1 (coluna C), percentual de desempenho em Linguagens e Códigos⁷ no Simulado 1 (coluna D), percentual de desempenho em Matemática no Simulado 1 (coluna E), percentual geral de desempenho nas grandes áreas no Simulado 1 (coluna F), percentual de desempenho em Ciências Humanas no Simulado 2 (coluna G), percentual de desempenho em Ciências da Natureza no Simulado 2 (coluna H), percentual de desempenho em Linguagens e Códigos no Simulado 2 (coluna I), percentual de desempenho em Matemática no Simulado 2 (coluna J), percentual geral de desempenho nas grandes áreas no Simulado 2 (coluna K), percentual de desempenho em Ciências Humanas no Simulado 3 (coluna L), percentual de desempenho em Ciências da Natureza no Simulado 3 (coluna M), percentual de desempenho em Linguagens e Códigos no Simulado 3 (coluna N), percentual de desempenho em Matemática no Simulado 3 (coluna O), percentual geral de desempenho nas grandes áreas no Simulado 3 (coluna P), percentual de desempenho em Ciências Humanas no Simulado 4 (coluna Q), percentual de desempenho em Ciências da Natureza no Simulado 4 (coluna R), percentual de desempenho em Linguagens e Códigos no Simulado 4 (coluna S), percentual de desempenho em Matemática no Simulado 4 (coluna T), percentual geral de desempenho nas grandes áreas no Simulado 4 (coluna U), média de Ciências Humanas das notas referentes ao 1º Trimestre (coluna V), média de Ciências da Natureza das notas referentes ao 1º Trimestre (coluna W), média de Códigos e Linguagens das notas referentes ao 1º Trimestre (coluna X), nota no Componente Curricular de Matemática do 1º Trimestre (coluna Y), média de Ciências Humanas das notas referentes ao 2º Trimestre (coluna Z), média de Ciências da Natureza das notas referentes ao 2º Trimestre (coluna AA), média de Códigos e Linguagens das notas referentes ao 2º Trimestre (coluna AB), nota no Componente Curricular de Matemática do 2º Trimestre (coluna AC), média de Ciências Humanas das notas referentes ao 3º Trimestre (coluna AD), média de Ciências da Natureza das notas referentes ao 3º Trimestre (coluna AE), média de Códigos e Linguagens das notas referentes ao 3º Trimestre (coluna AF), nota no Componente Curricular de Matemática do 3º Trimestre (coluna AG). As notas inseridas na base representam a somatória da nota da prova de bloco do Componente Curricular que somam até 6,0 e a nota do simulado onde o percentual de desempenho é transformado em nota de 0 a 4,0

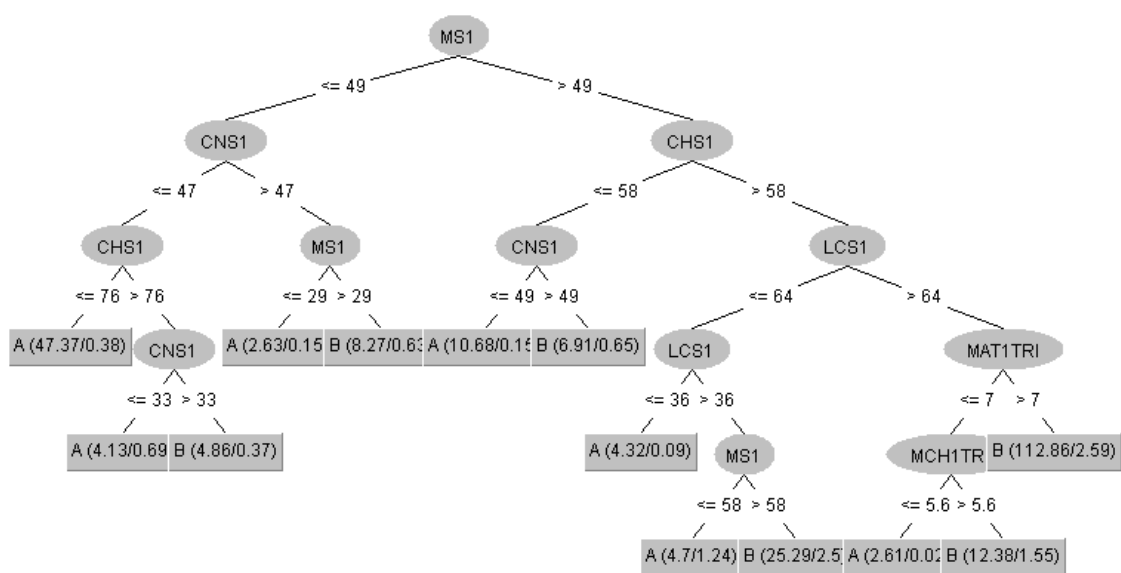
⁸ Ciências Humanas é a grande área composta pelos Componentes Curriculares de História, Geografia, Filosofia e Sociologia.

⁹ Ciências da Natureza é a grande área composta pelos Componentes Curriculares de Química, Física e Biologia.

¹⁰ Linguagens e Códigos é a grande área composta pelos Componentes Curriculares de Língua Portuguesa, Literatura, Língua Estrangeira Moderna, Arte e Educação Física, ressaltando que a Arte e Educação Física não são Componentes Curriculares contemplados no ENEM.

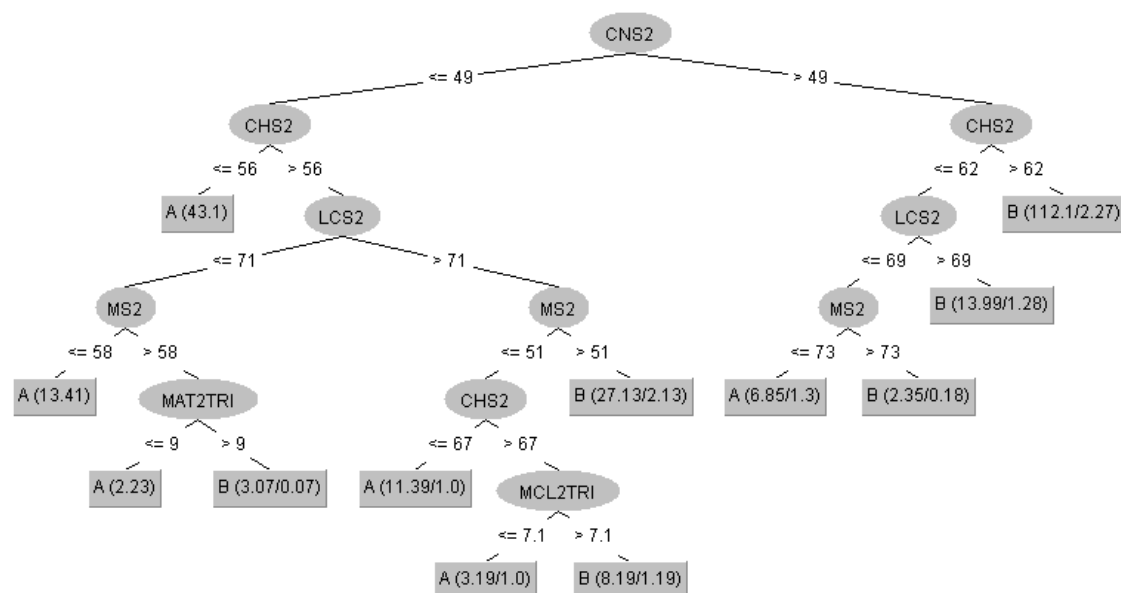
Simulado 1 (coluna E), média de Ciências Humanas das notas referentes ao 1º Trimestre (coluna V), média de Ciências da Natureza das notas referentes ao 1º Trimestre (coluna W), média de Códigos e Linguagens das notas referentes ao 1º Trimestre (coluna X), nota no Componente Curricular de Matemática do 1º Trimestre (coluna Y). O atributo meta representado por PGS1 se mostra em duas possibilidades, a opção A quando o percentual de desempenho se mostre menor ou igual a 57,5 e a opção B quando a nota apresentar um percentual de desempenho superior a 57,5. Os atributos selecionados para compor essa análise refletem a possibilidade de impacto do desempenho no simulado mediante as notas dos Componentes Curriculares, que por sua vez são associadas aos conteúdos que são contemplados no ENEM.

Figura 1 - Árvore de decisão gerada no WEKA, considerando como atributo meta o percentual geral de desempenho no Simulado 1 (2022)



Como demonstra a árvore de decisão na Figura 1, a Matemática é o atributo de maior contribuição na organização dos dados e no ganho de informação. Esse Componente Curricular, que representa por si só uma grande área, subdivide-se em dois percentuais de desempenho, de um lado abaixo ou igual a 49 e do outro lado acima desse percentual. O aluno que atingiu o percentual de desempenho maior ou igual a 49, mostrou uma execução semelhante em pontuação em Ciências da Natureza. O estudante com percentual de desempenho acima de 49, apresentou resultado melhor em Ciências Humanas, que por sua vez pontuou melhor em Linguagens e Códigos. Em relação à médias de notas dos Componentes Curriculares analisadas, a nota de Matemática foi considerada como relevante considerando o percentual geral de desempenho no simulado, conforme o desempenho maior em Matemática, Ciências Humanas e Linguagens e Códigos. É importante notar que as médias de notas em Ciências da Natureza e de Linguagens e Códigos se mostraram irrelevantes nesse conjunto de dados, visto que não são contemplados na árvore de decisão.

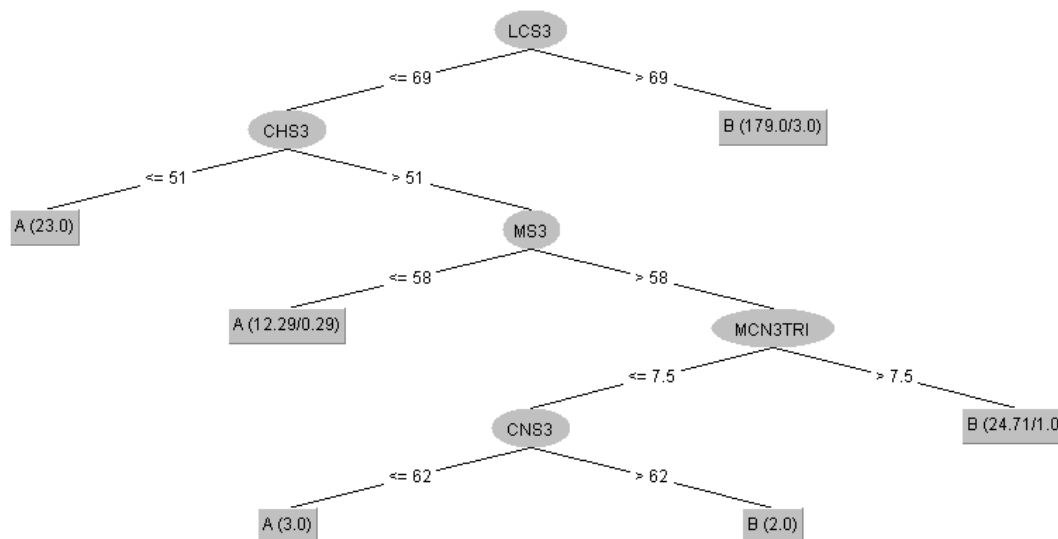
Figura 2 - Árvore de decisão gerada no WEKA, considerando como atributo meta o percentual geral de desempenho no Simulado 2 (2022)



A árvore de decisão gerada na Figura 2 representa a organização dos dados e seus ganhos de informações conforme o atributo meta Percentual Geral de Desempenho do Simulado 2 (PGS2) mediante os demais atributos referentes ao desempenho nas grandes áreas do simulado 2 e as médias das notas dos Componentes Curriculares transformadas em médias de grandes áreas.

Em face disso, o atributo com maior importância e ganho de informação foi o desempenho em Ciências da Natureza, representando as questões de Química, Física e Biologia. Os estudantes que obtiveram pontuação acima de 49 em Ciências da Natureza também pontuaram positivamente em Ciências Humanas. Os estudantes com desempenho inferior ou igual a 49, demonstraram desempenho maior em Linguagens e Códigos. Nota-se que as médias de notas consideradas no 2º Trimestre e que foram relevantes para a análise em árvore de decisão foram em Linguagens e Códigos e Matemática, identificando que novamente a média em Ciências da Natureza se mostrou irrelevante e foi podada das decisões, mesmo quando o atributo de maior valoração foi na mesma grande área.

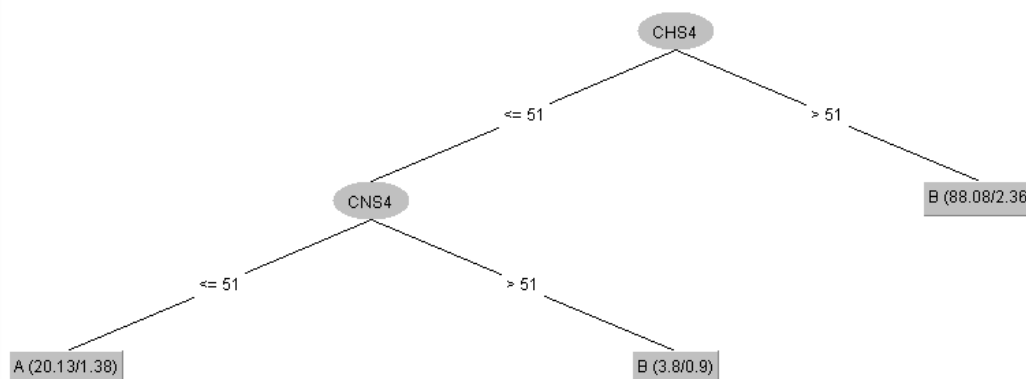
Figura 3 - Árvore de decisão gerada no WEKA, considerando como atributo meta o percentual geral de desempenho no Simulado 3 (2022)



A Figura 3 apresenta o cenário dos dados do Simulado 3 no qual o atributo meta é representado pelo Percentual Geral de Desempenho nas Grandes Áreas no Simulado 3 (PGS3) em relação aos atributos relacionados ao Simulado 3 e as médias de notas nas grandes áreas do 3º Trimestre.

A raiz dessa árvore de decisão apresenta o atributo de ganho maior, condizente a sua valoração em termos de informação, representado pela grande área de Linguagens e Códigos. Diferentemente das Figuras 1 e 2, esse atributo não se uniu à outra grande área como significativa em relação ao desempenho do estudante, somente nos valores abaixo ou iguais ao percentual de desempenho 69, conforme os dados apresentados. Nesse caso, para o desempenho inferior ou igual a 69, o estudante demonstrou um desempenho positivo em Ciências Humanas. Como demonstrado na Figura 3, a única média de notas em grande área considerada foi em Ciências da Natureza, associado ao desempenho superior a 51 em Ciências Humanas e interligado ao desempenho em Matemática superior a 58.

Figura 4 - Árvore de decisão gerada no WEKA, considerando como atributo meta o percentual geral de desempenho no Simulado 4 (2022).



Para análise da árvore de decisão gerada mediante os dados do Simulado 4 é importante contextualizar o ambiente vivenciado durante esse período. Devido à pandemia de COVID-19, o Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM estava programado para acontecer na segunda quinzena de outubro, porém acabou se realizando em 17 e 24 de janeiro de 2021, sendo adiado ao longo do ano de 2020 até nova data ser agendada. Nesse contexto, quando o simulado 4 foi aplicado em outubro apenas 45% dos estudantes desse Colégio realizaram as provas, impactando significativamente na árvore de decisão. Outra informação importante é que o conteúdo revisional e novo foi concluído em outubro, dessa forma foram consideradas as médias das notas das grandes áreas dos três trimestres, assim como o percentual de desempenho de cada grande área. Sob esse prisma os resultados obtidos e apresentados na Figura 4 destacam a grande área de Ciências Humanas como atributo de maior valor e ganho de informação. Em relação às médias de notas por grandes áreas, constatou-se a sua ausência devido a falta de relevância diante desses dados.

Concluída essa etapa analisou-se a necessidade de alinhar as médias das notas dos Componentes Curriculares das grandes áreas do Conhecimento na escala de 0 a 100, conforme o percentual de desempenho utilizado nos demais atributos. A apresentação dos resultados e análise dos dados será exposto na próxima sessão que compreende a Análise dos Dados.

III. RESULTADOS

Posteriormente a etapa de testagem e pré-processamento, observou-se a possibilidade de alteração da escala para evitar impactos de informação na geração das árvores de decisão. Nas Figuras 5, 6, 7 e 8 é possível visualizar a nova rodada de organizações.

Figura 5 - Árvore de decisão gerada no WEKA, considerando como atributo meta o percentual geral de desempenho no Simulado 1 em escala de 0 a 100 em todos os atributos (2022)

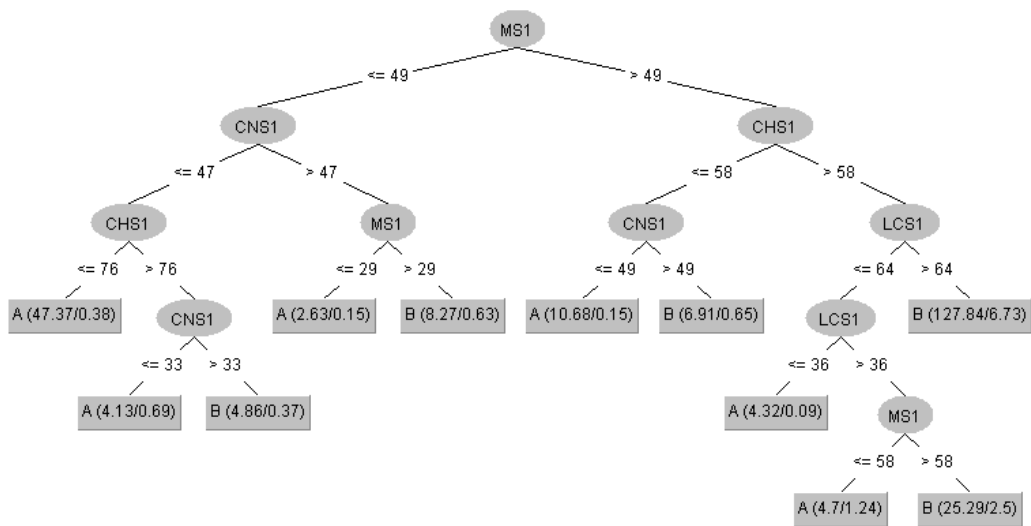


Figura 6 - Árvore de decisão gerada no WEKA, considerando como atributo meta o percentual geral de desempenho no Simulado 2 em escala de 0 a 100 em todos os atributos (2022)

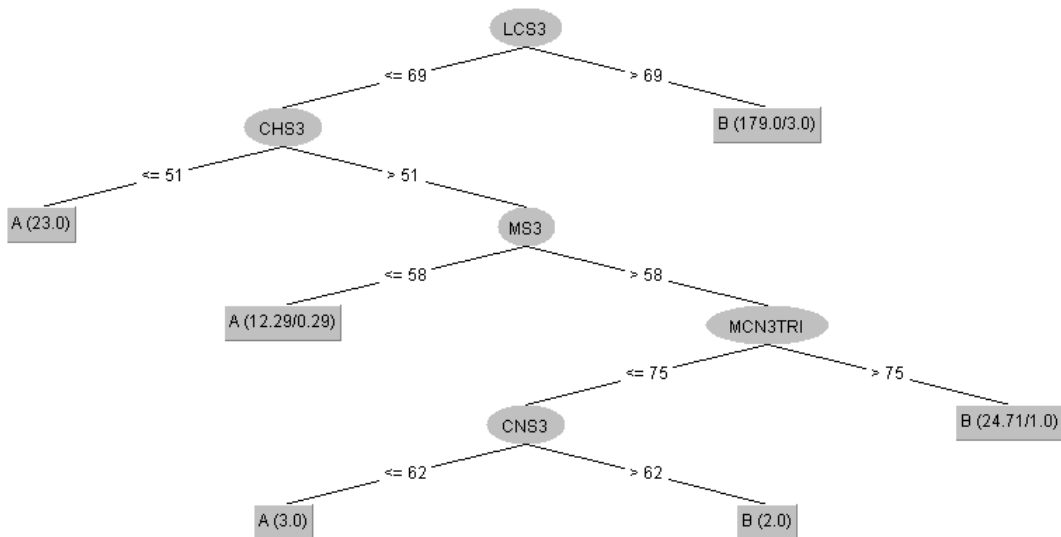


Figura 7 - Árvore de decisão gerada no WEKA, considerando como atributo meta o percentual geral de desempenho no Simulado 3 em escala de 0 a 100 em todos os atributos (2022)

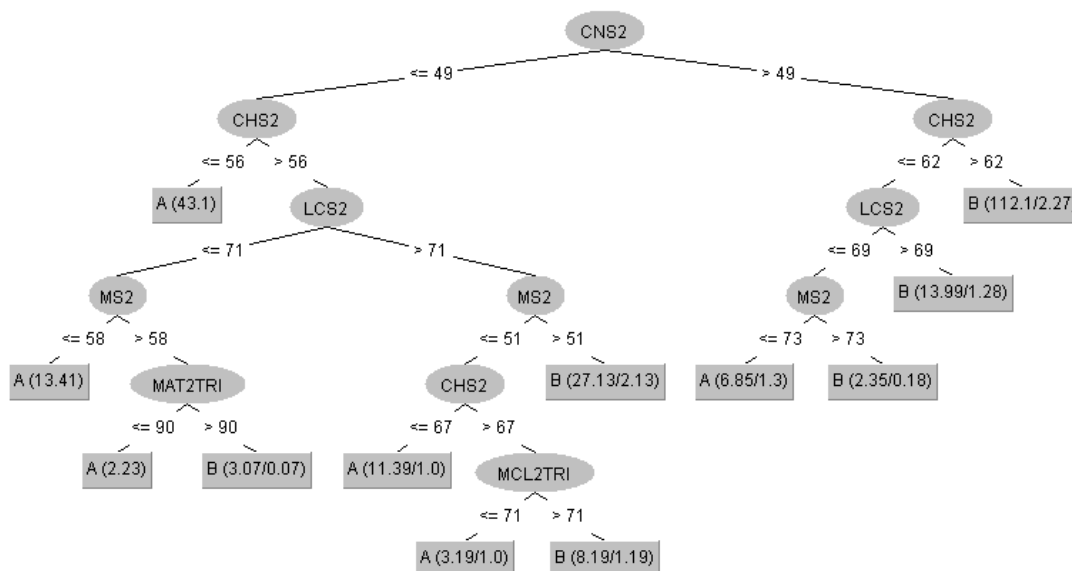
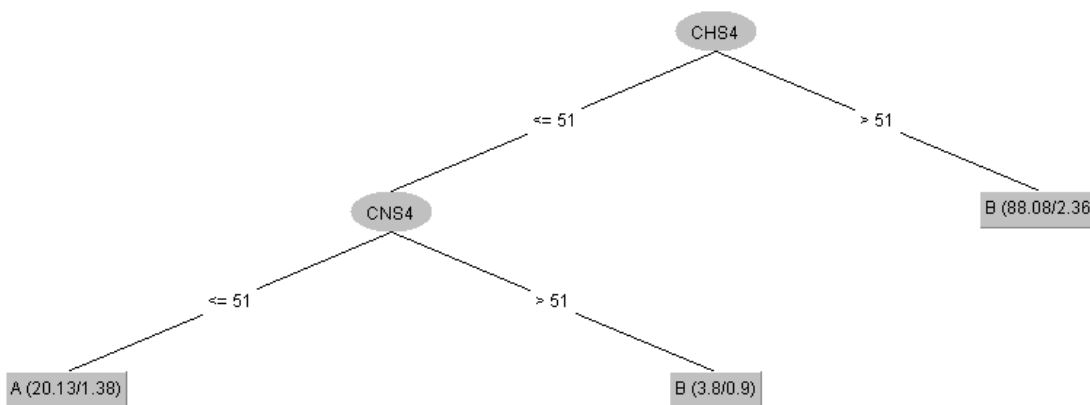


Figura 8 - Árvore de decisão gerada no WEKA, considerando como atributo meta o percentual geral de desempenho no Simulado 4 em escala de 0 a 100 em todos os atributos (2022)



A escolha pela disposição das figuras em sequência ocorreu de maneira proposital, visto que o objetivo dessa parte do estudo era identificar as possíveis mudanças ou semelhanças na composição das árvores de decisão depois da alteração da escala.

Sob essa ótica, constatou-se que na Figura 5 a alteração ocorreu em relação à média de Matemática que já não foi considerada como relevante para essa árvore de decisão. As Figuras 6, 7 e 8 permaneceram na mesma estrutura antes da alteração de escala, demonstrando que esse aspecto não causara impacto para as análises.

Aprofundando as análises para compreender o papel das médias das notas dos Componentes Curriculares diante do atributo meta de Percentual Geral de Desempenho no Simulado (PGDS), foram geradas novas árvores de decisão considerando como

critério a cada PGDS as médias das notas do trimestre correspondente ao mês de sua aplicação, exceto no Simulado 4 onde as médias dos três trimestres são consideradas devido ao término de conteúdos curriculares no mesmo período.



Figura 9: Árvore de decisão considerando PGS1 e as Médias das Notas nas Grandes Áreas do Conhecimento do 1º Trimestre.



Figura 10: Árvore de decisão considerando PGS2 e as Médias das Notas nas Grandes Áreas do Conhecimento do 2º Trimestre.

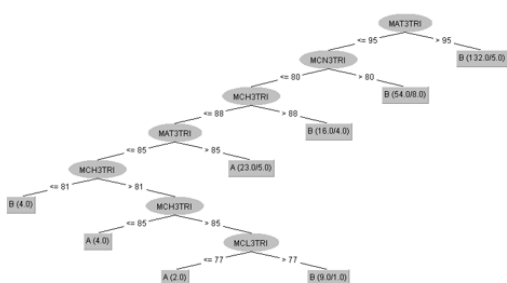


Figura 11: Árvore de decisão considerando PGS3 e as Médias das Notas nas Grandes Áreas do Conhecimento do 3º Trimestre.

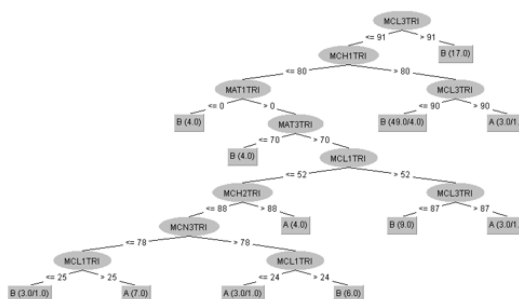


Figura 12: Árvore de decisão considerando PGS4 e as Médias das Notas nas Grandes Áreas do Conhecimento do 1º, 2º e 3º Trimestre.

Na perspectiva das árvores de decisão é possível verificar que no 1º e 2º Trimestre o atributo de valor, com maior nível de ganho de informação, foi a Média de Notas em Ciências da Natureza, modificando para a nota de Matemática no 3º Trimestre. Visualizando os três trimestres em relação ao Desempenho Geral no Simulado 4, o atributo com maior ganho de informação é a Média de Notas em Códigos e Linguagens.

O que parece ter sido capitado nas Figuras 9, 10 e 11 que representam as Médias das Notas nos três trimestres do ano letivo é a ausência de integração entre as grandes áreas do Conhecimento, visto que as médias superiores dos valores apontados não estão associadas à outras médias de áreas distintas. Essa discussão se mostra relevante diante da necessidade de desenvolvimento de Competências Gerais na Educação Básica, conforme destacado na Base Nacional Comum Curricular (2018), que prevê a “inter-relação” entre os conhecimentos e habilidades cujo objetivo se desmembra para a solução de conflitos, pensamento crítico, atitude de cidadania em contexto social (BRASIL, 217a).

Desse modo, pressupõem-se que o estudante se desenvolva nas diferentes áreas do conhecimento e mesmo considerando as afinidades e habilidades diante de cada habilidade, ainda consiga se destacar em campos de conhecimentos distintos para utilizá-los em seu contexto educacional e profissional.

Da mesma forma no tocante ao alinhamento entre os destaques no ganho de informação nos simulados em relação as médias das notas, pois a 3ª Série do Ensino Médio enquanto revisional em seu conteúdo pode-se acompanhar os dados dos estudantes flexibilizando as suas decisões enquanto o processo de aprendizagem acontece, verificando os ganhos de informação nos simulados e nas atividades avaliativas, na tentativa de propor melhorias que auxiliem na qualidade de ensino, considerando que o processo educacional apresenta um dinamismo que requer alterações constantes em benefício dos estudantes e seu percurso de aprendizagem.

IV. CONCLUSÃO

As análises e interpretações apresentadas nesse artigo buscaram contribuir para a melhoria no processo educacional em um momento oportuno para tamanha discussão, pois o Ensino Médio enquanto segmento de acompanhamento e de coleta de dados, vivencia um processo transformador em sua ampliação de carga horária e na estruturação curricular de ensino.

Assim, com a finalidade de aprofundar os argumentos já explicitados é importante estabelecer os limites dessa pesquisa em termos que alcance, devido a sua análise específica em uma escola da rede privada de Curitiba-PR, mas ressaltando que sua metodologia pode ser replicada em outros contextos para servir de análise no processo de gestão tanto da rede pública como da rede privada de ensino. Por seu um Colégio de grande porte, considerando o número de alunos regularmente matriculados, os dados apresentaram uma mostra consistente para a organização dos dados e tratamento dos mesmos¹¹.

Contudo, algumas reflexões ainda se mostram relevantes para o estudo e por isso são destacadas nessas considerações. Entre uma prova de simulado e outra, espera-se que decisões sejam tomadas em benefício do processo educativo e que reflitam no desempenho dos estudantes nos exames seguintes, gerando novos dados para o cruzamento dessas informações, tanto de maneira isolada por prova ou de maneira conjunta pelo desempenho ao longo do período letivo. Essas possibilidades podem ser analisadas pelas equipes que atuam na Tecnologia de Informação nos colégios através de refinamento e treinamento de algoritmos, facilitando a exportação de relatórios que sirvam de subsídio para as decisões pedagógicas.

Nesse sentido, a comunicação e integração entre os Componentes Curriculares se mostram essenciais ao processo, alargando as possibilidades de resultados melhores e de processos de aprendizagens mais consolidados, pois os estudantes que concluem o Ensino Médio ainda podem continuar com o processo de aprendizagem nas Instituições de Ensino Superior.

V. REFERÊNCIAS

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Segunda versão revisada. Brasília, MEC/CONSED/UNDIME, 2016. Disponível em: <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/historico>> Acesso em 21 dez. 2021.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2017a. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_20dez_site.pdf. Acesso em: 22 de dezembro de 2021.

¹¹ Nos termos de aprofundamento, a pesquisa será prolongada no retrato dos anos 2021 e 2022, enfatizando os contextos e modelos de aulas aplicados nesse período, nas possibilidades de interação com o conteúdo de maneira online, híbrida ou presencial, o que de fato se mostra importante diante da condição pandêmica em que o país vivencia.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei nº 13.415/2017, de 13 de fevereiro de 2017. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/L13415.htm>. Acesso em: 10 mai. 2017.

LOPES, A. C. **Competências na organização curricular da reforma do Ensino Médio**. Boletim Técnico do Senac, v. 27, n.3, set./dez., 2001.

UMBRASIL. União Marista do Brasil. **Matrizes da Educação Básica**, 2020. Disponível em: <<https://umbrasil.org.br/portfolio/matrizes-da-educacao-basica-versoes-atualizadas/>> Acesso em 02 jan. 2022.

UNIVERSITY OF WAIKATO. Weka 3 – **Machine Learning Software in Java**, 2021. Disponível em: <<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka>> Acesso em 14 nov. 2021.

Wu, X. & Kumar, V. **The top ten algorithms in data mining**. Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, USA, 2009.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

DO PETRÓLEO AO PLÁSTICO: CONHECENDO PARA PRESERVAR

FROM CRUDE OIL TO PLASTIC: KNOWING AND PRESERVING

Marta Leite da Silva Nascimento¹
Teófilo Miguel de Souza²
Andreas Nascimento³

Resumo: *Atualmente, é impossível pensar na vida cotidiana sem a participação de algum produto da indústria petroquímica. Desde sua invenção os plásticos constituem um avanço para sociedade. Apesar de toda sua praticidade, a falta de informação e o seu uso inadequado pode ocasionar, ao longo do tempo, problemas à saúde. Igualmente o seu descarte de forma inadequada também acarreta sérios problemas ao meio ambiente. É importante que as propostas de gestão de resíduos integrem, de forma sistemática, programas de educação ambiental para conscientização e sensibilização da sociedade consumidora, a principal geradora dos resíduos, considerando nesse contexto, também, as pessoas com deficiência visual. Dessa forma o objetivo dessa pesquisa e desenvolver um material didático, em tinta e em braille para o público infantil. Nos textos e ilustrações são abordados assuntos relacionados com a cadeia produtiva do petróleo, como: origem, exploração, transporte e derivados. Também são abordadas questões relacionadas com a gestão integrada dos resíduos sólidos domiciliares. Esclarece a origem do plástico, seu uso e as consequências do descarte inadequado, assim como, como cuidar de seu pós-consumo, para economia de petróleo e redução dos resíduos.*

Palavras-chave: *Petróleo. Plástico. Educação ambiental*

Abstract : *Currently, it is impossible to think of everyday life without the participation of some product from the petrochemical industry. Since their invention, plastics have been a step forward for the society. Despite all its practicality, the lack of information and its inappropriate use can cause, over time, health problems. Likewise, its improper disposal also causes serious problems for the environment. It is important that waste management proposals systematically integrate environmental education programs to raise awareness and awareness of the*

¹ Pedagoga, Mestre em Ciências Ambientais. Doutora em Geografia, área organização de espaços. UNESP/Rio Claro. Pesquisadora do Programa PRH-ANP/Finep 34.1 - FEG/UNESP - Guaratinguetá. Marta.nascimento@unesp.br

² Prof. Titular, Livre Docente pela Unesp, Guaratinguetá. Pós-Dr. Universidade Paris, Doutor EEL-USP, Engenheiro Eletricista e Aeronáutico. Organizador do International Sodebras Congresso. Pesquisador CNPq em Inovação Tecnológico. teofilo.souza@unesp.br

³ Engenheiro de Computação, Mestre em Engenharia de Energia, Dipl.-Ing. em Engenharia de Petróleo, Doutor em Engenharia Mecânica (área: Petróleo e Petroquímica). Professor Efetivo do Instituto de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). andreas.nascimento@unifei.edu.br

consumer society, the main generator of waste, also considering people with visual impairments in this context. Thus, the objective of this research is to develop didactic material, normal printed and in Braille, for childrens. The texts and illustrations address issues related to the petroleum production chain, such as: origin, exploration, transport and derivatives. Issues related to the integrated management of household solid waste are also addressed. It clarifies the origin of plastic, its use and the consequences of improper disposal, as well as how to take care of its post-consumption, to save crude oil and reduce related wastes.

Keywords: *Crude oil. Plastic. Environmental education.*

I. INTRODUÇÃO

O petróleo é um recurso energético formado pelo acúmulo de matéria orgânica, que passa por transformações diante de condições específicas de temperatura e pressão. Trata-se de um material altamente inflamável e de coloração escura, não renovável, o qual poderá, eventualmente, deixar de existir com o passar dos anos. Quimicamente falando, trata-se de um hidrocarboneto, constituído por átomos de hidrogênio e carbono.

Pode ser encontrado em terra firme e em alto mar. Seu sistema de prospecção, extração, produção e transporte é muito complexo e oneroso. Requer grandes investimentos em tecnologias, equipamentos e mão de obra. Necessita da utilização de equipamentos com capacidade de perfurar camadas rochosas extensas para fazê-lo chegar à superfície. Sua exploração em larga escala iniciou-se em meados do século XIX. Seus derivados são utilizados amplamente na indústria e na sociedade (OPEC, 2011).

Além de auxiliar e ser um dos vários fatores que move a economia, pelo fato desta estar baseada, em grande parte, no transporte rodoviário de mercadorias, o petróleo é a fonte inicial de matéria-prima para toda uma cadeia produtiva que envolve indústrias dos mais diversos setores. A partir de seu refino, são extraídos diversos produtos, como gasolina, diesel, querosene, óleo combustível e lubrificante, parafina e compostos químicos; este assunto muitas vezes soa complicado e pouca gente imagina que ele seja parte integrante da vida moderna. O petróleo também consiste numa importante matéria-prima utilizada na fabricação de tintas, borrachas sintéticas, plásticos e vários outros produtos encontrados no nosso entorno e no nosso cotidiano.

O plástico, além de ser empregado em produtos de consumo geral, como utensílios e embalagens diversas, também é amplamente empregado na área da saúde e atividades industriais, estando cada vez mais presente até mesmo como substituto de materiais, sendo exemplos os vidros, os metais e as madeiras. Devido às suas propriedades, trouxe benefícios para diversos setores. Embora sejam várias as alternativas para seu reaproveitamento e reciclagem, as embalagens plásticas pós consumo se acumulam cada vez mais pelos continentes e mares. O Brasil, segundo dados do Banco Mundial, é o 4º maior produtor de resíduo plástico no mundo, com uma produção anual de 11,3 milhões de toneladas, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia (SHOENFEL et al., 2020).

No Brasil, a gestão dos resíduos sólidos domiciliares está entre os principais problemas a serem solucionados pela sociedade moderna, principalmente as embalagens plásticas e seus descartes. Segundo dados do Banco Mundial, o Brasil é o 4º maior produtor de resíduo plástico no mundo, com 11,3 milhões de toneladas anualmente, ficando atrás apenas dos Estados Unidos, China e Índia (EXAME, 2021). Somente 22% dos municípios brasileiros possuem coleta seletiva.

Ao se elaborar material de educação ambiental, é importante que os conteúdos específicos façam ligação com situações da vida real, que as pessoas conhecem, presenciam, mas possuem pouco conhecimento a respeito. É o caso do petróleo e seus

derivados. Em época festiva, como o Natal, por exemplo, as casas têm uma infinidade de presentes, enfeites, árvores de Natal, velas, refrigerantes dentre outros. Ao consumir esses produtos, pouca gente imagina que o petróleo está presente em todos estes itens.

A geração, o processamento e a destinação final dos resíduos sólidos ainda estão entre os principais problemas a serem solucionadas pela sociedade moderna, principalmente no que diz respeito às embalagens plásticas e seus descartes. Dentre as principais constatações e compromissos assumidos em encontros internacionais sobre o meio ambiente, está a necessidade de se investir na mudança de comportamento do cidadão, conscientizando-o da importância em assumir novas posturas frente à questão ambiental, principalmente no que tange aos recursos naturais não renováveis como, por exemplo, o petróleo e seus derivados.

Neste contexto, acredita-se que a Educação Ambiental seja de extrema importância e que deva alcançar todos os cidadãos, incluindo, também, as pessoas com deficiência visual. Somente através dela, consegue-se formar cidadãos conscientes, capazes de atuar com responsabilidade no meio em que vivem. No Brasil, quase 6,6 milhões de pessoas têm deficiência visual, sendo 582 mil cegas e 6 milhões com baixa visão, segundo informações do último censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), realizado em 2010.

Considerando a busca pela formação do cidadão crítico, reflexivo e participativo e a busca por metodologias inclusivas que estimulem o ensino aprendizagem, esta pesquisa, desenvolvida sob a ótica da Percepção Ambiental, tem como objetivo a implantação de uma proposta inclusiva, tendo como tema gerador, o petróleo, fundamentada na gestão integrada dos resíduos sólidos, com ênfase nos resíduos plásticos. E assim, possui um produto em fase de desenvolvimento, a ser apresentado, caracterizando-se por ser um livro infantil englobando esses temas, com linguagem de fácil entendimento e acessível a deficientes visuais, haja vista sua diagramação em tinta e em braille com ilustração em alto relevo.

II. METODOLOGIA

A metodologia utilizada se baseia em pesquisa bibliográfica de caráter qualitativo, envolvendo publicações nacionais e estrangeiras, referentes à produção de petróleo e seus derivados; produção, consumo e descarte do plástico, poluição terrestre e marinha, coleta seletiva, reciclagem e educação ambiental. Para complementar a pesquisa foram realizadas visitas técnicas à Refinaria de Petróleo, Projetos de Coleta Seletiva e Unidades de reciclagem de plástico, além de Instituições que atendem pessoas com deficiência visual.

Após essa fase, os temas já citados foram relacionados em uma sequência didática para facilitar a compreensão do leitor. Em seguida, iniciou-se a redação dos textos, utilizando uma linguagem acessível ao público infantil, sem perder de vista a complexidade técnica que envolve a produção do petróleo e seus derivados. Foi dado ênfase à produção, ao consumo e ao descarte do plástico, assim como às consequências ambientais e sociais que esse tema envolve.

III. RESULTADOS

A seguir são apresentados como resultados desta pesquisa os itens: 3.1 Panorama da geração e tratamento dos resíduos sólidos no Brasil, 3.2 Plástico: consumo e descarte e 3.3 Educação ambiental.

3.1 - Panorama da geração e tratamento dos resíduos sólidos no Brasil

No Brasil, como em diversas partes do mundo, o aumento da população nos últimos 60 anos, foi acompanhado por grande concentração de pessoas nos centros urbanos, em decorrência das inúmeras indústrias instaladas próximas às cidades. Isto contribuiu para que novas tecnologias fossem desenvolvidas e aplicadas para atender um contingente grande de pessoas. O crescente processo de industrialização contribuiu para um excessivo aumento de produtos, ocasionando esgotamento dos recursos naturais, aumento de materiais descartados e poluição (NASCIMENTO, 2008).

No entanto, apesar de determinações legais, a meta para se alcançar o gerenciamento de resíduos sólidos de forma adequada, está muito longe de ser alcançada. No ano de 2020, o Brasil produziu aproximadamente 83 milhões de toneladas de lixo. Desse montante, 60% foram destinados a aterros sanitários, enquanto 40% foram depositados em formas inadequadas em termos de padrões sanitários. Cada brasileiro produz 390 kg de lixo por ano, uma média de 1,07 kg por dia. Os resíduos orgânicos ainda são o principal componente do lixo dos brasileiros, com uma porcentagem de 45,3%, enquanto os recicláveis secos somam 35%, sendo compostos na sua maioria por plásticos (16,8%). (ABRELPE, 2021).

Um levantamento realizado pelo *World Wide Fund for Nature – WWF*, em 2019, com base nos dados do Banco do Mundial, que analisou a relação com o plástico em mais de 200 países, mostra que o brasileiro produz, em média, cerca de 1 kg de resíduo plástico por habitante a cada semana (WWF, 2019). No entanto, segundo um estudo sobre o panorama dos resíduos sólidos, revela que a coleta seletiva ainda acontece de forma incipiente; apenas 74,4% dos municípios brasileiros possuem alguma iniciativa. Os programas de coleta seletiva que se estabeleceram, vem sendo também alternativas de geração de renda para a manutenção e sobrevivência de muitas famílias. A maioria se refere a trabalhadores informais geralmente submetidos a condições precárias de trabalho. O mesmo estudo demonstra, também, que chegam ao mar anualmente cerca de dois milhões de toneladas de resíduos sólidos oriundos de regiões litorânea e regiões interiores, depois de percorrer grandes distâncias através dos rios. Aproximadamente 80% desse material é composto por plástico. (ABRELPE, 2021).

Diante desse quadro, pode-se afirmar que tal situação é resultado da ineficiência e da má gestão nos sistemas de limpeza urbana e resíduos sólidos, que para serem eficazes, precisam contemplar em seus projetos programas permanentes de Educação Ambiental implementados para todos e em toda camada da sociedade. Não basta somente repensar formas mais conscientes de descarte de resíduos, mas é importante priorizar formas mais seguras de reutilização e reciclagem. E nesse contexto, a Educação Ambiental se mostra essencial.

3.2 - Plásticos: consumo e descarte

Grande parte dos plásticos, são polímeros produzidos a partir de processos petroquímicos. Dentre os produtos derivados do petróleo através do processo de refino, está a nafta. Através do processo de craqueamento, a nafta é decomposta dando origem ao eteno, propeno e aromáticos que resultam na produção de resinas, matéria prima utilizada para fabricação de produtos plásticos.

Em função de suas propriedades, os plásticos podem ser divididos em termoplásticos e termorrígidos. Os termoplásticos podem ser moldados, pois amolecem ao serem aquecidos, podendo ser reciclados inúmeras vezes. Já os termorrígidos, depois de moldados ou endurecidos não se fundem e, portanto, não podem ser reciclados. Os termoplásticos são materiais cada vez mais utilizados para produção de diferentes itens,

devido a sua versatilidade. Por serem leves, resistentes e duráveis vêm sendo utilizados principalmente em embalagens, produtos do cotidiano com pouca durabilidade e produtos descartáveis, que logo após o uso são descartados, muitas vezes, sem nenhum critério. Nos aterros sanitários, por ser um material resistente, sua degradação é lenta e impede a degradação dos resíduos que estão em seu interior.

Por sua praticidade e baixo custo, o brasileiro adotou rapidamente o hábito de consumo e descarte, consumindo cada vez mais produtos plásticos. No entanto, apesar do alto consumo e descarte, das 11,3 milhões de toneladas produzidas por ano, somente 145 mil toneladas, ou seja, (1,28%) são recicladas e reinseridas na cadeia produtiva, sendo que a média mundial é de aproximadamente 9%, conforme revelado por um estudo da *World Wild Fund for Nature*, de 2019 (WWF, 2019). Segundo uma pesquisa realizada em 2018, pelo Instituto Brasileiro de Opinião pública e Estatística (IBOPE), 75% dos brasileiros não separam materiais recicláveis; desse total, 39% não separam lixo orgânico dos demais materiais, muito embora 77% sabem que o plástico é reciclável. (SHOENFELD et al., 2020).

Atualmente, é impossível pensar na vida cotidiana sem a participação de algum produto da indústria petroquímica; desde sua invenção, os plásticos constituem um avanço para sociedade. Apesar de todo benefício e praticidade que o plástico trouxe, a falta de informação e o seu uso inadequado pode ocasionar, ao longo do tempo, problemas à saúde. Igualmente, o seu descarte de forma inadequada acarreta sérios problemas ao meio ambiente. Obstrução de vias públicas, inundações, poluições terrestre e marinha, são alguns dos impactos negativos causados pelo descarte inadequado do plástico. Ademais, os resíduos gerados dentro dos domicílios, quando não avaliados criteriosamente o seu destino, influem de forma significativa na qualidade de vida.

3.3 - Educação ambiental

Pode-se dizer que a Educação Ambiental é a ferramenta mais eficiente para se desenvolver e praticar formas sustentáveis de interação entre a sociedade e o meio natural. É o caminho para que cada indivíduo reveja seus hábitos e assuma novas posturas frente às questões ambientais. (FERREIRA et al., 2019). Essa é uma questão que vem sendo debatida em várias esferas da sociedade desde a década de 70. Apesar do tema ser bem conhecido e muito discutido, ainda muitos desafios são encontrados na aplicação de sua prática, principalmente na questão do consumo e do descarte pós-consumo.

O que se percebe atualmente é que a Educação Ambiental no contexto formal, ainda acontece de forma não contextualizada com predominância de alguns temas como, lixo, proteção da natureza, proteção dos mananciais, poluição do ar. Assim, o grande desafio da questão ambiental é o de viabilizar práticas pedagógicas, articulando o ensino em sua prática diária, como ponto de partida para reflexões e questionamentos. A Educação Ambiental deve compreender a estreita interação entre meio ambiente equilibrado e a qualidade de vida, além de, mostrar que ela não se limita à preservação do meio ambiente, mas envolve os aspectos econômicos, sociais, éticos e políticos de uma sociedade. (SOARES; ROESLER, 2020).

Dessa forma, ao se elaborar um material de Educação Ambiental, é importante que os conteúdos específicos façam ligação com situações da vida real que as pessoas conhecem, presenciam, mas possuem pouco conhecimento a respeito. É o caso do petróleo e seus derivados. A maioria das pessoas relacionam o petróleo ao consumo de combustível. De forma geral, pode se dizer que a grande maioria das pessoas no Brasil, ainda detém pouco conhecimento em detalhes sobre o tema petróleo e seus derivados. Em época festiva, como o Natal, por exemplo, as casas têm uma infinidade de presentes,

enfeites, árvores de Natal, velas, refrigerantes dentre outros. Ao consumir esses produtos, pouca gente imagina que o petróleo está presente em todos estes itens. Se não faz parte do produto, está na embalagem e, também, no transporte de tudo que consumimos.

Assim, é importante que o tema saia das discussões entre técnicos, políticos e ambientalistas, e faça parte do cotidiano de toda comunidade, para uma nova cultura frente à economia de recursos naturais. Para tanto, torna-se necessário disponibilizar para a população, materiais formativos e esclarecedores sobre este assunto, com uma linguagem de fácil compreensão. Aqui, o termo “comunidade” é empregado de forma ampla, significando pessoas de todos os níveis sociais, níveis de escolaridade, sexo, atividade profissional, religião, assim como pessoas que necessitam de materiais específicos para leitura, como é o caso das pessoas com deficiência visual.

Como resultado da pesquisa aqui apresentada, está sendo desenvolvido um material didático para atender ao público infantil, como uma metodologia de Educação Ambiental Inclusiva. O material, intitulado “Do Petróleo ao Plástico: Conhecendo para preservar”, é desenvolvido em tinta e em braile. Nos textos e ilustrações são abordados assuntos relacionados com a cadeia produtiva do petróleo, como: origem, exploração, transporte e derivados. Também são abordadas questões relacionadas com a gestão integrada dos resíduos sólidos domiciliares. Esclarece a origem do plástico, sua produção, seu emprego na sociedade, seu consumo e descarte, as consequências do descarte inadequado e como cuidar de seu pós-consumo, para economia de petróleo e redução dos resíduos. Para chamar atenção do leitor sobre informações importantes e curiosidade sobre o tema em questão, foi desenvolvido um personagem denominado “Professor Petrolino”.

IV. CONCLUSÃO

No estudo aqui apresentado, buscou-se compreender a cadeia produtiva do petróleo e seus derivados, com ênfase no plástico e na importância da Educação Ambiental no processo de consumo, descarte e destinação adequada dos resíduos plásticos. Ao longo do desenvolvimento do trabalho aqui apresentado, ficou evidente que para se tratar do tema meio ambiente, dispõe-se hoje dos maiores laboratórios e dos melhores recursos didáticos: os hábitos e costumes de uma comunidade.

A aprendizagem é mais eficaz se a atividade estiver relacionada às situações concretas da vida real do município, ou da situação do cotidiano, como é o caso do consumo e do descarte do plástico. No entanto, para que haja uma compreensão da realidade, os programas de Educação Ambiental devem proporcionar atividades contextualizadas, com ênfase na interdisciplinaridade, trabalhando a percepção do indivíduo com relação ao seu meio ambiente.

No Brasil, apesar das determinações legais, a sociedade ainda caminha para o processo de inclusão. Nesse sentido, mesmo com as dificuldades existentes, entende-se que a Educação Ambiental possa facilitar esse processo, uma vez que estimula a participação mais ativa do cidadão em sua comunidade. Desta maneira, se faz necessário pensar, também, de forma inclusiva ao se elaborar material de educação ambiental. Precisa-se disponibilizar a cada cidadão o que ele necessita para desenvolver suas potencialidades em função de sua característica individual, considerando nesse contexto as pessoas com deficiência visual.

Devido às novas técnicas para conservação dos produtos, diferentes tipos de materiais, principalmente o plástico, foram agregados às embalagens, para torná-las mais eficientes. Assim, quanto mais produtos adquirimos, mais embalagens teremos que descartar e, conseqüentemente, mais lixo é produzido. Dessa forma, sua redução, reutilização e reciclagem tem se tornado cada vez mais tema de pesquisas.

Por essas razões, optou-se por abordar este tema, procurando uma forma simples de relacionar os conteúdos inerentes ao petróleo com o cotidiano do cidadão, lembrando que o plástico é derivado do petróleo, mas pode ser reciclado. Dessa maneira, pode ser considerado que

esta pesquisa, “Do Petróleo ao Plástico: Conhecendo para preservar”, terá sua parcela de contribuição das áreas de óleo e gás, educação ambiental e inclusão social.

V. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2021.** Disponível em: <<https://abrelpe.org.br>>. Acesso em 18 mar 2022.

FERREIRA, V.P. et al. Educação Ambiental nas escolas: uma reflexão sobre a importância da coleta seletiva. **Revista educação ambiental em ação**. ISSN 1678-0701. Vol. XVIII, nr. 68 -jun-ago /2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <[www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/pessoas com deficiência visual](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/pessoas-com-deficiencia-visual)>. Acesso em 10 nov 2020.

NASCIMENTO, M.L.S. **Parque ambiental Santa Luzia – Guaratinguetá-SP: uma proposta de educação ambiental inclusiva na gestão dos resíduos sólidos urbanos**. 2008, 131f. Tese de Doutorado (Instituto de Geociências e Ciências Exatas) Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, 2008.

ORGANIZATION OF THE PETROLEUM EXPORTING COUNTRIES (OPEC). **Das muss ich wissen. Eine Einführung zum Thema Ölindustrie**. Ueberreuter: Korneuburg, Áustria, 2011.

POLUIÇÃO SEM FRONTEIRAS. Disponível em [https://exame.com /brasil/poluicao-sem-fronteiras-brasil-e-o-4o-pais-que-mais-gera-lixo-plastico/](https://exame.com/brasil/poluicao-sem-fronteiras-brasil-e-o-4o-pais-que-mais-gera-lixo-plastico/). Acesso em: 10 dez. 2021.

SCHÖNFELD, A. *et al.* **Atlas do plástico**. Fatos e números sobre o mundo dos polímeros sintéticos. Fundação Heinrich Böll: Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<http://br.boell.org/pot-br>>. Acesso em 20 mar 2021.

SOARES, S; ROESLER, M. **Educando para sustentabilidade ambiental**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 05, Ed. 11, Vol. 10, pp. 118-128. Novembro de 2020. Disponível em <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/sustentabilidade-ambiental>

WORLD WILD FUND FOR NATURE – WWF. **Solucionar a Poluição Plástica: Transparência e Responsabilização** . Relatório, 2019. Disponível em: <<https://promo.wwf.org.br> > Acesso em 4 dez. 2021.

VI. AGRADECIMENTOS

Este trabalho tem o apoio financeiro da ANP, FINEP e MCTI, através do programa PRH-ANP/Finep 34.1 FEG/UNESP.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

Área: Ciências Exatas e Engenharias

1-6	<p>RASTREABILIDADE DO ÓLEO VEGETAL RESIDUAL PÓS-CONSUMO DOMÉSTICO</p> <p>TRACEBILITY OF RESIDUAL POST-CONSUMER VEGETABLE OIL DOMESTIC BEATRIZ FERNANDA CROTTI1 Gustavo De Padua Marmone; Juliani Chico Piai Paiva; Carmen Luisa Barbosa Guedes</p>
3-3	<p>ANÁLISE DO MATERIAL TRITAN PARA FABRICAÇÃO DE PÁS EÓLICAS</p> <p>ANALYSIS OF THE TRITAN MATERIAL FOR THE MANUFACTURE OF WIND BLADES Natasha Martins Rodrigues De Jesus; Rafael Soares De Souza; Thais Santos Castro; Teófilo Miguel De Souza</p>
3-3	<p>PROJETO DE PRODUÇÃO DA CARROCERIA DE VEÍCULO ELÉTRICO POR MANUFATURA ADITIVA</p> <p>CAR BODY PRODUCTION PROJECT FOR ELECTRIC VEHICLE USING ADDITIVE MANUFACTURING Jonas Cadorini Neto; Teófilo Miguel De Souza</p>
3-4	<p>DETERMINAÇÃO DO ESTADO DE CARGA DE BATERIAS DE LÍCIO, UMA ANÁLISE DOS DIFERENTES MÉTODOS</p> <p>DETERMINATION LI-ION BATTERIES STATE OF CHARGE, AN ANALYSIS OF DIFFERENT METHODS André Luiz Zamponi Ribeiro; Teófilo Miguel De Souza</p>
3-4	<p>GERAÇÃO DISTRIBUIDA COMPARTILHADA NO BRASIL: BARREIRAS E INCENTIVOS</p> <p>SHARED DISTRIBUTED GENERATION MODE IN BRAZIL: BARRIERS AND INCENTIVES Jéssica Rodrigues Dos Santos; Jorge Henrique Zanetti Paiva; Carmen Luisa Barbosa Guedes; Juliani Chico Piai Paiva</p>
3-4	<p>REQUISITOS E RESTRIÇÕES PARA USO DO ÓLEO DE CRAMBE (CRAMBE ABYSSINICA HOECHST) EM TRANSFORMADORES ELÉTRICOS</p> <p>REQUIREMENTS AND RESTRICTIONS FOR THE USE OF CRAMBE OIL (CRAMBE ABYSSINICA HOECHST) IN ELECTRIC TRANSFORMERS Ana Claudia Cabral Dos Santos Reis; Marcio Rogério Nordi; Juliani Chico Piai Paiva; Carmen Luisa Barbosa Guedes</p>
3-5	<p>ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS E TÉCNICAS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS PARA AS PRODUÇÃO DE ENERGIA GEOTÉRMICA, PETRÓLEO E GÁS</p> <p>COMPARATIVE ANALYSIS OF WELL DRILLING COSTS AND TECHNIQUES FOR WATER AND GEOTHERMAL ENERGY PRODUCTION Thales Maluf; Nazem Nascimento</p>

3-5	<p>ESTUDO COMPARATIVO DE VÁRIOS MÉTODOS DE PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO BASEADO EM CUSTOS E IMPACTO AMBIENTAL</p> <p>COMPARATIVE STUDY OF VARIOUS METHODS OF HYDROGEN PRODUCTION BASED ON COSTS AND ENVIRONMENTAL IMPACT</p> <p>Gustavo Henrique Romeu Da Silva; Nazem Nascimento</p>
3-8	<p>OS EFEITOS DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E DE SMART CITIES SOBRE O PLANEJAMENTO URBANO COM ABORDAGEM SUSTENTÁVEL</p> <p>THE EFFECTS OF DIGITAL TRANSFORMATION AND SMART CITIES ON URBAN PLANNING WITH A SUSTAINABLE APPROACH</p> <p>Andreia De Castro e Silva; Elpidio Oscar Benitez Nara; Osiris Canciglieri Junior; Guilherme Brittes Benitez; Izamara Cristina Palheta Dias; Camila Piovesan</p>
3-8	<p>REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE RISCO E BENEFÍCIO EM CIRURGIA BARIÁTRICA</p> <p>SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE ON RISK AND BENEFIT IN BARIATRIC SURGERY</p> <p>Erica Luisa Correa; Elpidio Oscar Benitez Nara; Osiris Canciglieri Junior; Rodrigo Strobel; Luís Fernando Paulista Cotian</p>
3-8	<p>UM FRAMEWORK DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DA INFORMAÇÃO NO CICLO DE VIDA DO PRODUTO BASEADO NOS CONCEITOS DA INDÚSTRIA 4.0: REVISÃO SISTEMÁTICA</p> <p>AN INTEGRATED INFORMATION MANAGEMENT FRAMEWORK IN THE PRODUCT LIFECYCLE BASED ON INDUSTRY 4.0 CONCEPTS: A SYSTEMATIC REVIEW</p> <p>Carlos Eduardo Maran Santos; Elpidio Oscar Benitez Nara; Osiris Canciglieri Junior; Anderson Luis Szejka</p>
3-8	<p>WHY DEFINING THE BEST APPROACH IN PROJECTS IS SO HARSH? A MULTICRITERIA FRAMEWORK PROPOSITION FOR PROJECT MANAGEMENT APPROACHES</p> <p>Márcio Leandro Do Prado; José Maurício Mottin De Andrade; Gilberto Reynoso-Meza; Guilherme Brittes Benitez</p>

RASTREABILIDADE DO ÓLEO VEGETAL RESIDUAL PÓS- CONSUMO DOMÉSTICO

TRACEBILITY OF RESIDUAL POST-CONSUMER VEGETABLE OIL DOMESTIC

Beatriz Fernanda Crotti¹
Gustavo de Padua Marmone²
Juliani Chico Piai Paiva³
Carmen Luisa Barbosa Guedes⁴

Resumo – O presente estudo visa obter e analisar dados quantitativos de óleo vegetal residual que é gerado em domicílios localizados no município de São Manuel, SP, traçando uma análise socioeconômica e ambiental a respeito do consumo e descarte. Concomitantemente, foi realizada uma estimativa de enquadramento socioeconômico de cada residência. Com base na população de 41.123 habitantes do município de São Manuel, SP, 381 questionários respondidos são significativos e indicam a possibilidade de implementação de um programa de logística reversa de óleo vegetal residual gerado. Os dados analisados indicaram que, apesar da população consumir baixa quantidade de óleo vegetal, ainda há um residual de cerca de 572.049 litros de óleo vegetal residual por ano apenas pelos moradores. A pesquisa ainda revela que apenas 10,9% dos entrevistados declararam o descarte inadequado do resíduo, ou seja, em solo ou rede de esgoto. O estudo ainda traz uma reflexão a respeito da legislação em relação à logística reversa desse resíduo no município e o envolvimento de grandes geradores.

Palavras-chave: Destinação final. Óleo de Cozinha. Logística Reversa.

Abstract – The present study aims to obtain and analyze quantitative data on residual vegetable oil that is generated in households located in the municipality of São Manuel, SP, outlining a socioeconomic and environmental analysis regarding consumption and disposal. Concomitantly, an estimate of the socioeconomic status of each residence was carried out. Based on the population of 41,123 inhabitants of the municipality of São Manuel, SP, 381 questionnaires answered are significant and indicate the possibility of implementing a reverse logistics program for the residual vegetable oil generated. The data analyzed indicated that,

¹ Mestre em Bioenergia (UEL/Londrina-PR)

² Mestrando em Bioenergia (UEL/Londrina-PR)

³ Doutora em Planejamento de Sistemas Energéticos (UNICAMP/Campinas-SP), Docente permanente no Programa de Pós-Graduação em Bioenergia (UEL/Londrina-PR) e Professora adjunta do Curso de Engenharia Elétrica (CTU-UEL). Contato: jpiai@uel.br.

⁴ Doutora em Química Orgânica (IQ-UFRJ/Rio de Janeiro-RJ), Coordenadora no Programa de Pós-Graduação em Bioenergia e Professora Associada no Departamento de Química (CCE-UEL/Londrina-PR). Contato: carmen@uel.br.

despite the population consuming a low amount of vegetable oil, there is still a residual of about 572,049 liters of residual vegetable oil per year only by residents. The research also reveals that only 10.9% of the interviewees declared the inappropriate disposal of waste, that is, in the ground or in the sewage system. The study also brings a reflection on the legislation regarding the reverse logistics of this waste in the municipality and the involvement of large generators.

Keywords: *Final Destination. Cooking Oil. Reverse Logistic.*

I. INTRODUÇÃO

O uso do óleo vegetal para práticas culinárias como o método de cocção por imersão em óleo quente é comum na cultura brasileira devido a sua praticidade e agilidade no preparo (TOMASI *et al.*, 2014). Esse produto ao ser submetido a altas temperaturas perde propriedades físico-químicas, como aumento da viscosidade, oxidação dos ácidos graxos, mudança no aspecto, coloração e odor. Sendo assim, necessário o seu descarte quando atinge essa saturação em seu uso culinário. Gerando assim a problemática do descarte inadequado desse resíduo e as consequências ambientais dessa prática (CALIXTO *et al.*, 2013).

Os descartes inadequados mais recorrentes são: despejo na rede de coleta de esgoto, descarte no solo ou em corpos hídricos. Quando descartado na rede de esgoto, esse material se adere as paredes da tubulação podendo causar obstruções, necessitando de uma manutenção de alto custo para solucionar o problema. No solo, o óleo saturado é responsável por elevar a acidez e impermeabilizar o solo, dificultando a absorção de água e nutrientes pelas plantas. Já em recursos hídricos, o resíduo é responsável pela diminuição do oxigênio na água contribuindo para o processo de eutrofização da água, colocando em risco diversas espécies (THODE FILHO *et al.*, 2020).

A reciclagem do óleo vegetal residual é uma prática muito comum e é uma maneira de economia circular. Desde os processos mais comuns como produção de sabão e detergente, até tintas, lubrificante e biodiesel (SILVA *et al.*, 2019). O biodiesel é uma proposta de substituição do uso do petróleo, por ser mais sustentável e possuir diversas fontes como matéria prima (COSTA, 2011).

O uso do óleo de fritura como matéria prima para o biodiesel vem sendo explorada em seus mais diversos métodos. Lancheros, Guedes & Borsato (2023) fizeram um blend de óleo de soja, óleo vegetal residual e sebo bovino para produção de biodiesel através do método de transesterificação. Alcançando um rendimento de 95,46%. Essa pesquisa mostra a possibilidade de uso do óleo vegetal residual para produção de biodiesel, além de indicar um uso interessante de adiciona-la à outras misturando diminuindo o custo do processo, sem interferir em sua eficiência. Em 2022, segundo a ANP, foram utilizados 6 milhões de metros cúbicos de matéria prima para produção de biodiesel, sendo que o óleo de soja representa 65,8% desse montante, e o óleo vegetal residual apenas 2,3%. Entretanto, em 2019, o uso do óleo de fritura representou apenas 1,5% das matérias primas, indicando uma evolução e maior inclusão em seu uso.

Dessa forma, com o uso de uma metodologia de caráter exploratório e analítica, o presente trabalho visa analisar quanti e qualitativamente o óleo de fritura residual produzido em uma cidade do interior de São Paulo, observando o volume de material com potencial para ser coletado e destinado para produção de biodiesel; E ainda, traçar o perfil de consumo da população em relação a classe social a fim de facilitar a definição de pontos estratégicos para melhorar a coleta de óleo no município; os costumes e conscientização da população com relação aos métodos de descarte.

II. METODOLOGIA

Foi realizado um diagnóstico territorial do município de São Manuel-SP para determinar o volume populacional de 41.123 habitantes (IBGE 2019), e localizada na latitude 22°44'52" sul e na longitude 48°35'01" oeste, área territorial de 650.734 km².

Para o levantamento dos dados foi aplicado um questionário para a população utilizando a plataforma do *Google Forms* que devido a pandemia era o método mais seguro e rápido de alcançar a população para participar do questionário. O cálculo da amostragem significativa para encontrar o número necessário de respostas foi realizado a partir da Equação 1, desenvolvida por Triola (1997).



$$n = \frac{N \cdot p \cdot (1-p) \cdot (Z_{\frac{\alpha}{2}})^2}{p \cdot q \cdot (Z_{\frac{\alpha}{2}})^2 + (N-1) \cdot (\text{Erro})^2} = \frac{41.123 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot (1,95)^2}{0,5 \cdot 0,5 \cdot (1,95)^2 + (41.123-1) \cdot (0,05)^2} = 381 \quad (1)$$

onde, n é a unidade amostral; N é o número de habitantes do município, 41.123 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021); Z ($\alpha/2$) é o valor crítico que corresponde ao nível de confiança desejado, nesse caso igual a 1,96; Erro é o erro máximo, considerado de 5%; p é a estimativa pontual para a população, nesse caso de 50% (TRIOLA, 1997).

Dessa forma, o número mínimo de respostas necessária foi de 381 pessoas para obter uma base de dados confiáveis.

O formulário foi divulgado em redes sociais, rádios locais, instituições localizadas em diversos bairros do município para garantir uma distribuição ampla e abrangência de todo território, além de auxílio de órgãos públicos. As perguntas realizadas no formulário se encontram na Figura 1.

Figura 1 – Questionário aplicado à população

<p>1. Qual bairro de São Manuel você mora?</p> <p>2. Qual a renda per capita na sua casa:</p> <p>() até 0,5 salário mínimo por pessoa</p> <p>() de 0,5 – 1 salários mínimo por pessoa</p> <p>() de 2 à 4 salários mínimo por pessoa</p> <p>() mais de 5 salários mínimo por pessoa</p> <p>3. Quantas pessoas moram na sua casa com você?</p> <p>4. Quantas vezes por semana vocês fazem fritura na sua casa?</p> <p>() nunca/raramente () 3 vezes por semana () 6 vezes por semana</p> <p>() 1 vez por semana () 4 vezes por semana () Todos os dias</p> <p>() 2 vezes por semana () 5 vezes por semana</p> <p>5. Quantas garrafas (900mL) de óleo você usa na semana?</p> <p>() Menos de 1 garrafa por semana () de 2 a 3 garrafas por semana</p> <p>() de 1 a 2 garrafas por semana () mais de 3 garrafas por semana</p> <p>6. Como você descarta o óleo de fritura?</p> <p>() Coloco em garrafas e levo a um ponto de entrega () Forneço para alguém que produz sabão</p> <p>() Coloco em garrafas e envio com a Coleta Seletiva () Despejo na pia da cozinha</p> <p>() Coloco junto com o lixo úmido () Despejo no solo</p> <p>() Faço sabão</p>	 MESTRADO EM BIOENERGIA	 Universidade Estadual de Londrina
---	---	---

Fonte: Autor, 2021.

III. RESULTADOS

De forma anônima foram retornados 391 formulários por parte das famílias residentes em São Manoel, SP, distribuídas em 57 bairros do município.

3.1 – Análise dos Dados Gerados pela População de São Manuel, SP

No questionário, considera-se a garrafa de óleo comercializada com capacidade de 900 mL de óleo. Com a finalidade de organizar e aprimorar as análises, tornando a interpretação mais intuitiva, os dados coletados foram organizados (Tabela 1), sendo a divisão de classes sociais organizadas a partir do salário mínimo recebido por pessoa na residência (MENEZES, 2020).

Tabela 1 - Organização dos dados coletados na pesquisa

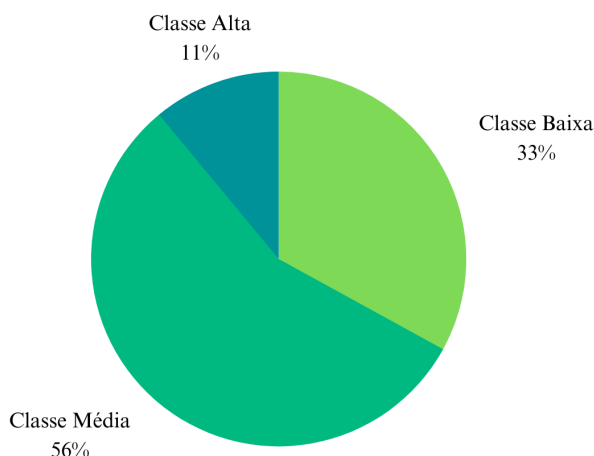
Classes Sociais	Declarado
Baixo	até 0,5 salários mínimo por pessoa
Média	de 0,5 a 1 salário mínimo por pessoa
Alta	de 2 a 4 salários mínimo por pessoa
	mais de 5 salários mínimo por pessoa
Intensidade de Consumo do Óleo	Declarado
Baixo	Menos de 1 garrafa de óleo por semana
Médio	De 1 a 2 garrafas de óleo por semana
Alto	De 2 a 3 garrafas de óleo por semana
	mais de 3 garrafas de óleo por semana
Frequência do Uso do Método de Fritura por Imersão	Declarado
Pouco uso do método	Nunca / Raramente
	1 vez por semana
Uso recorrente do método	2 vezes por semana
	3 vezes por semana
	4 vezes por semana
	5 vezes por semana
	6 vezes por semana
	Todos os dias
Descarte do Óleo Vegetal Residual	Declarado
Descarte Adequado	Coloco em garrafas e envio com a Coleta Seletiva
	Coloco em garrafas e entrego em PEV
Descarte Inadequado	Coloco em garrafas e a empresa especializada passa coletando
	Encaminho com a coleta de Lixo Úmido (Aterro Sanitário)
	Despejo no Solo
Produção de Sabão	Despejo na Pia
	Faço sabão
	Forneço para alguém que produz sabão

Fonte: Autores, 2021

Na Figura 1, observa-se que pela amostragem, aproximadamente 56%, mais da metade da população de São Manuel, SP pode ser classificada como classe média. Em cada residência vivem de 3 a 4 pessoas. Apenas 11% da população tem renda por

pessoa de cinco ou mais salários mínimos, residindo 2 ou 3 pessoas na mesma casa, sendo classificados na faixa de classe alta. A população que recebe por pessoa até um salário mínimo foi classificada como classe baixa e representa 33% da população.

Figura 2 - Perfil socioeconômico do município de São Manuel, SP

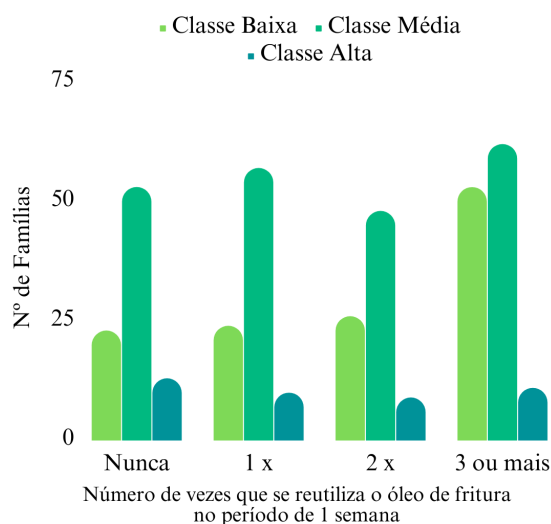


Fonte: Autores, 2021

De acordo com os cálculos, a partir das 392 respostas enviadas pelas famílias residentes em São Manoel, SP, pouco mais de 90% tem baixo consumo de óleo vegetal quando se trata de cocção por imersão de alimentos, ou seja, quando se trata de fritura, a grande maioria gera 1 garrafa ou menos de óleo residual por semana. De modo geral não houve diferença aparente na quantidade de óleo de fritura gerado semanalmente pela população das classes socioeconômicas baixa, média ou alta.

Por outro lado, quando se analisa a quantidade de vezes que se reutiliza o óleo de fritura, a classe baixa apresentou maior adesão ao processo de reuso do óleo por até 4 vezes ou mais (Figura 3).

Figura 3 - Reuso do óleo de fritura na cocção de alimentos por imersão pelas diferentes classes socioeconômicas da população de São Manuel, SP



Fonte: Autores, 2021.

Ainda na Figura 3 observou-se que a classe média é aquela mais adepta à cocção por imersão de alimentos em números absolutos, ou seja, 62 famílias declaram que

realizam fritura três vezes por semana ou mais, porém isso representa 28 % das famílias de classe média. Já nas outras classes, há 13 famílias da classe alta (29%) que realizam fritura em maior frequência, e na classe baixa 51 famílias (40% da classe baixa) adeptas da prática nessa mesma frequência.

Ao avaliarmos o comportamento das famílias da classe média e baixa, observava-se o hábito frequente de reuso do óleo de fritura por 3 ou mais vezes por semana. Na Tabela 2 está o cálculo de consumo de óleo vegetal per capita de acordo com o número de moradores em cada residência.

Tabela 2 – Cálculo do volume de óleo vegetal residual gerado pela população do município de São Manuel, SP

Classe	Número de residências amostradas	Média de moradores por domicílio	Total de moradores indicados na pesquisa	Geração per capita de óleo vegetal (L) por semana	Volume total por bairro gerado por semana
Baixa	128	3,6	308	0,25	115,2
Média	219	3,3	724	0,27	197,1
Alta	43	3,2	138	0,28	38,7
Total	392	3,4	1318	0,267	352,8

Fonte: Autor, 2021

Na Tabela 2 encontramos a média de 0,267 L de óleo vegetal residual consumido por pessoa por semana, considerando o mesmo volume de descarte, e uma população de 41.123 (IBGE, 2021), o município tem potencial de geração de 10.979 L de óleo vegetal residual por semana e 572.049 L/ano.

Segundo a ANP, em 2021, o quantitativo de 77.727 m³ de óleo de fritura entrou como matéria prima na produção de biodiesel no Brasil. A partir desta pesquisa, foi detectado que em São Manuel, SP é gerado 11 m³ bruto de óleo de fritura por semana, ou seja, sem passar pela filtragem e retirada da umidade. Na Equação 2 foi calculado o volume em m³ de óleo vegetal residual gerado ao longo de um ano na cidade de São Manuel:

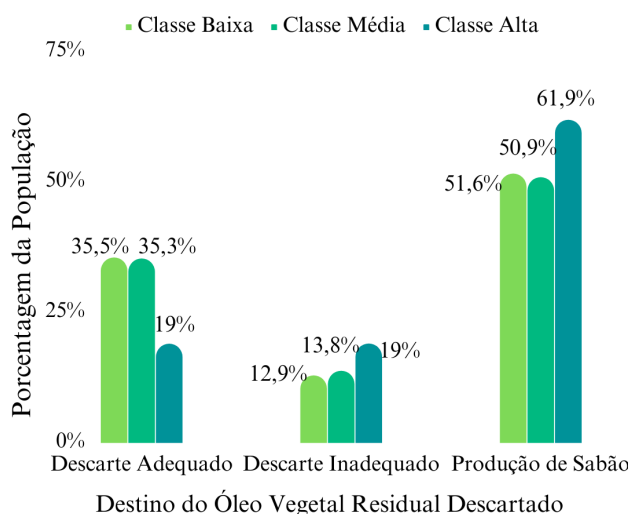
$$\text{Volume Anual de Óleo Residual} = 52,14 \times 11 \text{ m}^3 \quad (2)$$

Logo, foi obtido uma média de 572 m³ ao ano de óleo vegetal residual no município (considerando 1000 L = 1 m³). Esse número representa 0,014% de todo o volume de óleo vegetal residual utilizado no Brasil como matéria prima para a produção de biodiesel no ano de 2021.

Já no quesito de conscientização ambiental, na Figura 4 analisamos o comportamento da população são-manuelense quanto ao descarte do óleo de fritura, relacionando-o com a classe socioeconômica.

Na Figura 4 fica nítido que a maior parte da população destina o óleo de fritura para produção de sabão. O segundo destino mais escolhido são a coleta seletiva do município e o ponto de entrega voluntária, sendo esses, posicionados no município através de uma empresa especializada na coleta e tratamento de óleo usado.

Figura 4 – Descarte do óleo de fritura por famílias de acordo com a classe socioeconômica



Fonte: Autor, 2021.

Com relação aos descartes inadequados, o costume de descartar na pia ainda é recorrente apesar de errôneo, porém é um indicativo de onde deve-se melhorar a conscientização da população, seguido também do descarte diretamente no solo, e em ambos os casos, as famílias de classe alta são as que mais praticam o descarte irregular. Essa relação é fundamental para analisar o comportamento da população e como direcionar estrategicamente as campanhas de conscientização, para consequente melhoria na diminuição do impacto ambiental no município.

Para identificar os empreendimentos comerciais no ramo alimentício no município, foi solicitado formalmente na prefeitura de São Manuel, a identificação desses empreendimentos cálculo da amostragem de respostas necessárias. Após acesso negado às informações, foi tentado um contato direto os estabelecimentos de diversas formas, porém, os proprietários se negaram a responder. Uma hipótese pertinente é a insegurança de divulgar informações internas e serem autuados. No município grandes geradores precisam realizar plano de gerenciamento de resíduos e protocolar junto aos órgãos responsáveis, entretanto, ainda não há um controle eficiente para emissão desses documentos. Devido a isso, a prefeitura criou a Lei 3.848/2015 para dar diretrizes a respeito da gestão dos resíduos nos municípios e estipular metas para conseguir coletar todo o óleo residual gerado, e em 2020, através da Lei 4.355 essas metas foram prorrogadas, indicando que não conseguiram atender as demandas da Lei 3.848/2015.

A obrigatoriedade de rastrear, quantificar e existir a destinação correta do óleo de fritura é fundamental, tanto na esfera federal quanto municipal, pois apenas assim as pessoas terão conhecimento do impacto negativo e que são responsáveis pelos problemas que o descarte inadequado pode gerar. Portanto, ressalta-se a importância da legislação e de políticas públicas para regularizar a logística reverse desse tipo de resíduo, que ainda se encontra fragilizada e vaga no país, visto que esse resíduo não possui diretrizes para gerenciamento e destinação na política nacional dos resíduos sólidos (PNRS, lei 12.305/2010) tampouco no marco de saneamento básico de 2020.

A resistência dos geradores e a falta de dados quantitativos concretos sobre o volume desse resíduo reforça a falha de aderência dos municípios, empreendimentos e população na logística reversa desse produto.

IV. CONCLUSÃO

A pesquisa foi desenvolvida através da aplicação do questionário de análise dos costumes da população frente ao consumo e descarte do óleo vegetal residual. Foi possível concluir que na cidade de São Manuel, SP, há geração de óleo vegetal residual com potencial para ser destinado à produção de biodiesel, cerca de 11 mil litros semanais, considerando um consumo de 0,267mL de óleo gerado por pessoa, resultando em 572 mil litros por ano. Obteve-se que o número de vezes que o óleo vegetal é reutilizado é maior na classe baixa, mas com relação ao volume de geração óleo vegetal residual não houve diferença significativa entre as classes.

O destino principal para o óleo de fritura pelas famílias de São Manuel, SP é a produção de sabão, e em segundo a reciclagem. Entretanto, ainda é persistente o descarte inadequado desse resíduo, 10,9% despejam o óleo de fritura na pia ou solo, ocorrendo majoritariamente pela classe alta.

Foi notório que consta uma estrutura no município para uma coleta e destinação adequada desse material, que encaminha o produto para indústrias de biodiesel. Necessitando apenas fortalecer a logística reversa e as empresas e entidades que realizam esse trabalho de coleta do óleo vegetal residual, através do investimento em políticas públicas que dê diretrizes a respeito da forma correta de destinação e responsabilize os geradores pelo resíduo produzido.

V. REFERÊNCIAS

ANP. **Biodiesel**. 2019. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/biocombustiveis/biodiesel>>. Acesso em: 1 nov. 2021 / 10 de janeiro de 2022 / 02 de fevereiro de 2023.

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. Brasília, 2 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em: 1 maio 2021.

CALIXTO, C. F. S., *et al.* **Avaliação da Quantidade de Óleo de Soja em Refeições Oferecidas em um Restaurante Universitário**. Demetra: Alimentação, Nutrição e Saúde. V. 8, n. 1, p. 53-61. Belo Horizonte, MG. 2013

COSTA, F. P. **Viabilidade da Utilização de Óleo de Fritura Para Fabricação de Biodiesel e Demais Produtos**. VII Congresso de Excelência em Gestão. ISSN: 1984-9354. Rio de Janeiro, RJ. 12 e 13 de agosto de 2011.

EXECUTIVO MUNICIPAL. **Lei nº 4355, de 9 de dezembro de 2020**. Altera a Lei nº 3848 de 21 de maio de 2015, que ‘dispõe sobre a instituição da Política Municipal de Gestão de Resíduos Sólidos no Município de São Manuel’, e dá providências. [S. l.], 9 dez. 2020. Disponível em: https://www.saomanuel.sp.gov.br/portal/leis_decretos/351/. Acesso em: 15 jun. 2021.

EXECUTIVO MUNICIPAL. **Lei nº 3.848, de 21 de maio de 2015**. “Dispõe sobre a instituição da política municipal de gestão de resíduos sólidos, especificando os princípios, procedimentos e critérios referentes aos resíduos sólidos do município de São Manuel, e dá providências”. [S. l.], 21 maio 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), **Senso Cidades**. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-manuel/panorama>> Acesso em: 12 de janeiro de 2020.

LANCHEROS, Andrés; GUEDES, Carmen; BORSATO, Dionisio. Multiresponse optimization of biodiesel obtained from a mixture of soybean oil, beef tallow, and waste cooking oil. **Biofuels**, [S.L.], p. 1-8, 3 fev. 2023. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/17597269.2023.2175477>.

MENEZES, Pedro. Classe Social. **Toda Matéria**, [S. l.], 2020. Sociologia, p. 1-1. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/classe-social/>. Acesso em: 22 maio 2022.

SILVA, A. J. R. *et al.* **Viabilidade Técnica do Uso de Óleo de Cozinha Como Aditivo em Argamassa**. Revista Principia. Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB, nº 45, pag. 40-48. João Pessoa, 2019.

THODE FILHO, Sérgio; et al. **Efeitos associados ao descarte inadequado do óleo vegetal residual nas propriedades físico-químicas do solo**. Natural Resources, [S.L.], v. 10, n. 3, p. 25-37, 12 ago. 2020. Companhia Brasileira de Produção Científica. <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2237-9290.2020.003.0004>.

TOMASI, K. *et al.* **Perfil de Consumo e Descarte de Óleo Comestível no Município de Ijuí-RS**. Revista Contexto e Saúde. Editora Unijuí, v.14, n.27, p. 54-64. Ijuí, RS. Jul/Dez de 2014.

TRIOLA, M. F. **Estimativas e Tamanhos Amostrais. Introdução a Estatística**. 10 ed. Rio de Janeiro: Ltc. 1997, cap. 6.

VI. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Capes pelo financiamento da pesquisa, a Universidade Estadual de Londrina e à minha orientadora e coordenadora do curso.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ANÁLISE DO MATERIAL TRITAN PARA FABRICAÇÃO DE PÁS EÓLICAS

ANALYSIS OF THE TRITAN MATERIAL FOR THE MANUFACTURE OF WIND BLADES

Natasha Martins Rodrigues de Jesus¹
Rafael Soares de Souza²
Thais Santos Castro³
Teófilo Miguel de Souza⁴

Resumo – *À medida em que a humanidade ia se desenvolvendo, buscou-se novos materiais que oferecessem benefícios adicionais e pudessem ser usados em diversas aplicações. Uma classe que encaixa nessa busca são os polímeros. Desde sua descoberta, seu uso aumentou devido a sua versatilidade. Entre os principais materiais utilizados comercialmente é o copoliéster Tritan, que tem como principal área de aplicação a impressão 3D. Isso se deve a suas propriedades especificar como facilidade de extrusão e estabilidade térmica. Tendo em vista essas informações, este trabalho apresenta o estudo da literatura para constatar primeiramente as propriedades do Tritan e corroborar o seu uso no setor de energias renováveis, mais especificamente, na fabricação de pás eólicas por meio de prototipagem rápida por meio da impressão 3D FDM. Por fim, o trabalho traz uma conclusão de viabilidade e preferência pelo uso do Tritan nesse processo de fabricação das pás.*

Palavras-chave: *Polímeros. Impressão 3D. Pás Eólicas.*

Abstract - *As humanity develops, new materials are sought that offer additional benefits and can be used in various applications. A class that fits this search are polymers. Since its discovery, its use has increased due to its versatility. Among the main materials used commercially is Tritan copolyester, whose main area of application is 3D printing. This is due to its specific properties such as ease of extrusion and thermal stability. In view of this information, this work presents a study of the literature to verify the properties of Tritan and corroborate its use in the renewable energy sector, more specifically, in the manufacture of*

¹ Mestranda em Engenharia (UNESP - FEG); graduanda em Engenharia Mecânica (UNESP - FEG). Contato: natasha.jesus@unesp.br.

² Mestrando em Engenharia de Materiais (UNESP - FEG); graduando em Engenharia de Materiais (UNESP - FEG). Contato: soares.souza@unesp.br.

³ Professora da UNESP - FEG; Doutora em Engenharia de Materiais (UNESP - FEG). Contato: thais.castro@unesp.br.

⁴ Livre-Docente em Materiais Elétricos (UNESP - FEG); Professor Titular da UNESP - FEG. Contato: teofilo_miguel@yahoo.com.br.

wind blades through FDM rapid prototyping. Finally, the work brings a conclusion of feasibility and preference for the use of Tritan in this blade manufacturing process.

Keywords: *Polymers. 3D printing. Wind blades.*

I. INTRODUÇÃO

A impressão 3D envolve um conjunto de processos de fabricação aditiva, por meio da extrusão e deposição dos materiais para a produção de protótipos, peças e dispositivos na geometria a ser alcançada podem ser produzidas (GONZAGA, 2021). Esse método de fabricação tem como objetivo produzir qualquer peça a partir de *software* CAD tridimensional por meio da impressão 3D, tendo uma economia na matéria prima de até 80% ao comparar com o método de usinagem tradicional. A produção a partir da prototipagem rápida possibilita a fabricação de peças com geometrias complexas (ZAPAROLLI, 2019). Portanto, dentre diferentes materiais, as aplicações mais usuais de impressão 3D são os polímeros, destacando-se o Tritan, o qual pode ser empregado na produção de componentes estruturais (CAMARGO; BARBOSA; SANTOS, 2021). Produtos impressos em Tritan possuem caráter higroscópicos e apresentam boa resistência mecânica, como tensão e compressão. São usados em projetos que requerem peças de alto volume e baixo custo, bem como peças mais caras. Possui propriedades de ser duráveis e inquebráveis, é confiável para aplicação que exige estabilidade a longo prazo (SHAHNI et al., 2020). Com o desenvolvimento da tecnologia de impressão 3D e com a utilização de polímeros têm-se a necessidade de harmonizar, desenvolver, aplicar e reutilizar os materiais usados no processo. O Tritan é um material de propriedade copoliéster de alta resistência. O material utilizado na manufatura aditiva por impressão 3D é um dos mais resistente, principalmente resistência a tração. Para a impressão desse termoplástico é necessário a temperatura mínima de extrusão de 260° C, e a mesa aquecida em 100° C no mínimo (ALCALDE, 2019).

Este trabalho tem por objetivo realizar análises específicas do material polimérico TRITAN para apresentar sua utilização como material principal na construção de pás eólicas.

II. REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

2.1 – *Materiais poliméricos*

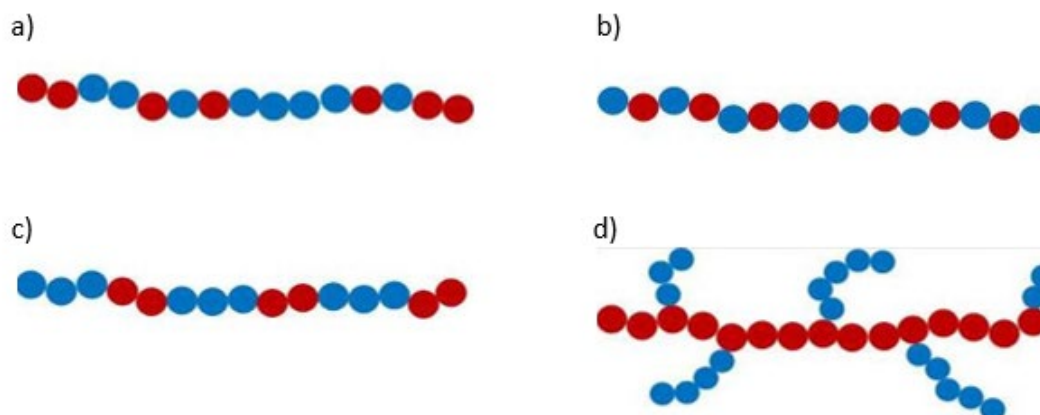
A definição da junção das cadeias de macromoléculas recebe o nome de polímeros, eles são formados a partir de unidades moleculares menores chamados mero. A palavra grega *plastikós*, é a palavra de origem para o polímero e seu nome significa “adequado para moldar” (SANTOS, 2020).

Os copolímeros são polímeros adicionais que surgem da combinação de monômeros distintos, esses materiais apresentam vantagens em relação a outros materiais estruturais, pois podem ser fabricados em moldes com geometrias complexas e formatos especiais em sua superfície. Devido à composição química e o processo polimerização formados durante a moldagem, são altamente duráveis e possuem facilidade no reparo e manutenção (SILVA, 2021). Com isso, às propriedades e suas diversas combinações que podem ser realizadas, os polímeros apresentam boa resistência mecânica (EDLING et al., 2018).

Esses materiais, definidos como copolímeros, foram criados a fim de aumentar as combinações entre os materiais poliméricos (CALLISTER, 2018). São polímeros compostos por duas ou mais unidades de repetição com diferentes sequencias de

arranjos das unidades repetidas ao longo das cadeias poliméricas, um copolímero pode ser classificado como: a) aleatório, b) alternado, c) bloco e d) enxertado, como a Figura 1 ilustra (CALLISTER, 2018).

Figura 1 - Representação esquemática dos copoliéster



Fonte: Callister (2018).

Quando são feitas modificações no processamento dos poliésteres com combinações de diácidos e dióis, introduzindo outros diácidos, como ácido isoftálico ou outros dióis, como ciclohexanona dimetanol ao poliéster polietileno tereftalato, o material da origem a um copoliéster devido ao número de monômero em sua estrutura (SHAHNI et al., 2020).

2.2 – Tritan

O copoliéster Tritan faz parte de uma classe dos materiais poliméricos e é relativamente novo. A principal motivação para o desenvolvimento da pesquisa dele é a descoberta do bisfenol A (BPA), composto usado na fabricação de policarbonatos, um tipo de plástico, que apresenta ser pouco solúvel e é amplamente usado em produtos como recipientes para armazenamento de alimentos, água e outros produtos que possuem BPA em sua composição. Sem conhecimento da presença deste contaminante acaba-se consumindo o BPA (LEGRAND et al., 2019).

A principal desvantagem dos copoliésteres é que, em geral, possuem baixa resistência ao calor em comparação com outros materiais tradicionais de moldagem por injeção. Contudo, o Tritan é o primeiro copoliéster com maior resistência ao calor, ou seja, alta temperatura de transição vítrea (T_g) e tenacidade (SILVA, 2022).

Desta forma, esse copoliéster modificado, além de possuir alta resistência mecânica ele também suporta temperaturas mais elevadas do que outros materiais utilizados na indústria como ABS, PETG e PLA (SANTOS, 2020).

Para a formulação do Tritan é realizada a junção de três monômeros diferentes, são eles: tereftalato de metila, ciclohexanodimetanol e o tetrametil ciclobutanodiol (SILVA, 2022). Segundo Legrand et al., (2019), o potencial de migração tanto para os monômeros quanto para os aditivos constituintes dessa matriz polimérica é baixo, além disso, não foram observadas atividades tóxicas e por esse motivo é usado para utensílios de cozinha como garrafas de bebidas (BRENZ et al., 2020).

O destaque do material também se dá devido a resistência a intemperes, flexibilidade de design e ao resultado de ciclos de termoformagem mais rápidos por

possuir uma resistência ao calor aprimorado (EASTMAN, 2022). É um material que por ter uma estrutura química ousada, reduz o estresse interno no presente material, dando à mais liberdade para explorar novos formatos sem sacrificar uma melhor qualidade do produto final. Os requisitos atendidos de aplicar alcançados são materiais reciclados mais resistentes, seguros e isentos de bisfenol A (EASTMAN, 2022).

2.3 – Impressão 3D

O copoliéster Tritan possui características únicas de manufatura aditiva, que se distingue por sua excelente adesão de intercamada e resistência a tração (EASTMAN, 2022). É um filamento durável e flexível, portanto, é um material com forte aderência a mesa, o que significa que a mesa necessita estar pré-aquecida a 100 – 110°C, sendo que ele suporta altas temperaturas, possui excelente resistência mecânica e impacto para um material plástico (SANTOS, 2020). A resistência química também é melhorada e por esse motivo pode ser utilizado o material para fabricação de peças que poderão ser lavadas em lava louças (SANTOS, 2020).

Outro ponto importante de ser ressaltado, é que o Tritan tem a necessidade de trabalhar em temperatura de extrusão maior em relação a outros plásticos, o que pode se tornar um grande desafio para máquinas de impressora mais tradicionais (EASTMAN, 2022). O maior uso desse copoliéster se dá no setor de engenharia mecânica para fabricação de peças que requerem uma resistência mais elevada, sendo mais adequado para impressões de grandes peças devido ao seu baixo nível de refração e praticamente sem nenhum empenamento (FARIAS, 2022).

III. DESENVOLVIMENTO

Para descrever as propriedades do tereftalatodimetila, ciclohexanodimetanol e o tetrametilciclobutanodiol, é necessário entender seu processo de formação. Apesar de alguns detalhes e informações sobre o material não ser disponibilizadas na literatura por resguardo de patente, neste trabalho realizou-se uma filtragem de todas informações encontradas.

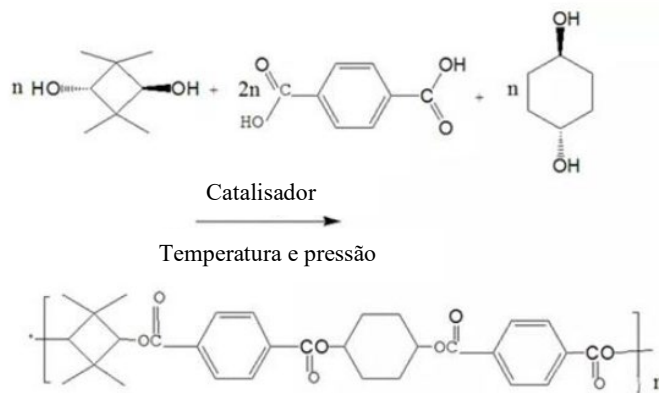
Os materiais copoliésteres são geralmente bastante resistentes e tem melhor resistência ao calor, que varia 80 – 110°C, do que os materiais comuns de prototipagem rápida (EASTMAN, 2019). Em geral, esse material tem menor tendência a fluência e também são adequados para a construção de peças maiores. Possui excelentes propriedades mecânicas quando impresso na temperatura correta, além de entregar o mesmo nível de funcionalidade no ABS e o mesmo nível de confiabilidade do PLA, sendo quase tão fácil de imprimir quanto o PLA (SANTOS, 2020). Podendo ser impresso em temperaturas em torno de 240°C, mas suas propriedades mecânicas aumentam com o aumento da temperatura de impressão. As melhores propriedades são alcançadas em temperaturas de impressão acima de 250°C (EASTMAN, 2019).

Devido a ductilidade presente no material, possui excelente flexibilidade que ajuda a evitar que o produto acabado falhe sob tensão. E finalmente, o Tritan possui excelente resistência química tronando adequado para uso interno e externo (SILVA, 2022).

A combinação de baixa tensão residual e alta resistência química, reduz consideravelmente o risco de falha do produto devido ao craqueamento por estresse ambiental (ESC). Em produtos moldados de policarbonato, o ESC geralmente é controlado pelo processo de recozimento ou por modificações significativas no projeto. Ao usar o copoliéster Tritan, esses compromissos são amplamente eliminados. A Figura 2 mostra a reação entre 2,2,4,4-tetrametil-1,3-ciclobutanodiol (CBDO), TPA e

ciclohexanodiol, para a formação da estrutura polimérica do Tritan (EDLING et al., 2018).

Figura 2- Ilustração da reação por policondesação para a sintetização do Tritan



Fonte: SILVA, (2022).

Alem disso, Tritan oferece transparência, baixa opacidade, alto brilho e cor uniforme, além da capacidade de ser moldado mais rapidamente com tensão residual reduzida (SANTOS, 2020). A estrutura em anel do CHDM muda de anel e, e-trans ciclohexileno para anel a, a-trans ciclohexileno por meio de uma estrutura de barco torcida. Este fenômeno resulta em melhor relaxamento das transições conformacionais e aumento da mobilidade da cadeia em macromoléculas contendo CHDM, é também conhecido por proporcionar à material temperatura mais elevada de fusão (T_m) (EDLING et al., 2018).

O TRITAN é um copoliéster amorfo fabricado pela *Eastman Chemical* sob vários nomes e composições, entre elas a mais básica o *Eastman Tritan Copoliéster TX1000*. Segundo a EASTMAN CHEMICAL (2019), o Tritan é de fácil processamento, possui excelente estabilidade hidrolítica, boa resistência química e térmica e é notável a resistência ao impacto. Algumas das aplicações recomendadas para o Tritan são:

- Eletrodomésticos que tenham contato com alimento.
- Materiais de construção.
- Itens domésticos.
- Iluminação.
- Produtos eletrônicos.
- Componentes de embalagens.
- Garrafas esportivas/ garrafas para água.

O filamento do copoliéster Tritan, é recomendado para peças impressas que necessitam ou irão passar por processos como autoclave, engrenagem e peças de alta resistência a tração, no entanto, um pré-teste deve ser realizado para ajustar as peças. A forma, a espessura da parede e a espessura da camada tem um efeito de comportamento da matéria (FERNADES, 2022).

Para a reciclagem desses materiais, o copolímero é ativado por meio de um processo exclusivo que decompõe os resíduos plásticos em seus blocos de construção químicos básicos, permitindo assim, que o material seja reciclado repetidamente (EASTMAN, 2022).

Na Tabela 1, podemos observar os valores indicados pelo valor teórico de referência do Tritan para a fabricação de peças que serão submetidas a impressão 3D.

Tabela 1 - Propriedades do Tritan

Propriedades	Normas	Unidade	Resultados
Gravidade	ASTM D792	-	1,18
Temperatura de impressão	-	°C	260 – 280
Velocidade de impressão	-	mm/s	150
Temperatura de mesa	-	°C	100 – 120
Ventilação da peça	-	-	Baixa necessidade
Temperatura Vítreo	-	°C	120
Tensão de escoamento	ASTM D638	MPa	43
Tensão de falha	ASTM D638	MPa	53
Alongamento	ASTM D638	%	21
Módulo de flexão e <i>Young</i>	ASTM D790	MPa	1550
Dureza (R-Scale)	ASTM D785	-	112
Resistencia ao impacto (Izod – 23°C)	ASTM D256	J/m	980

Fonte: EASTMAN CHEMICAL, (2019).

A Tabela 2 mostra os resultados obtidos através dos ensaios de compressão de plásticos rígidos admitindo a norma ASTM D695, o equipamento usado nos ensaios foi a máquina universal fabricada pela EMIC, modelo DL30000. A análise segundo Farias (2022), foram fabricadas dez amostras, estas foram separados por orientação em que as camadas foram impressas para o ensaio, cinco peças fabricadas com as camadas orientadas na direção do ensaio e cinco peças fabricadas com as camadas ortogonais à direção do ensaio. Também foi calculada a variação percentual dos valores de referência dos materiais, sendo estes 53 MPa para o PETG (EASTMAN CHEMICAL, 2019) e 43 MPa para o TRITAN (EASTMAN CHEMICAL, 2019).

Tabela 2 - Resultados dos ensaios de compressão

Medição	Tritan	
	Normal	Paralela
Resistencia a compressão (MPa)	48,07	52,23
Desvio padrão	1,446	1,398
Variação do valor de referência (%)	+10,55	+17,83

Fonte: FARIAS, (2022).

Com os dados obtidos no experimento, os corpos de prova fabricados em Tritan apresentaram uma resistência maior que o material virgem. É improvável que uma peça impressa apresente resistência mecânica maior que o material injetado, devido a falhas e lacunas na estrutura interna causadas pelo processo de impressão. Uma possível explicação para o aumento da resistência mecânica é que o filamento utilizado foi fabricado com aditivos deferentes ou até variantes do Tritan diferentes do usados como referência. Vale ressaltar que o fabricante do filamento não fornece informações a resistência mecânica do material ou dos polímeros e aditivos utilizados. Também foi observada a anisotropia nas peças impressas, propriedade bem conhecida das peças fabricadas por esse processo (SZYKIEDANS; CREDO; OSISKI, 2017).

A fim de analisar as propriedades físico-químicas do material, outro ensaio para analisar de polimerização em estado sólido do material Tritan analisa se há alguma alteração no material exposto a esforços e processos mecânicos onde envolvem temperaturas elevadas. Para este ensaio foi utilizado duas amostras de um filamento impresso denominado Tritan 1001 e Tritan 2001. A análise segundo Legrand et al., (2019),

Tabela 3 - Resultados do ensaio de polimerização em estado sólido

Medição	Observações	Unidade	Tritan
Resistencia ao impacto	Sem entalhe	KJ.m ⁻²	> 125
Resistencia ao impacto	Com entalhe (23°C)	KJ.m ⁻²	92 ± 3
Resistencia ao impacto	Com entalhe (-30°C)	KJ.m ⁻²	15 ± 3
Módulo de flexão	-	MPa	1440 ± 10
Módulo de tensão	-	MPa	1845 ± 5
Tensão de tração na ruptura	-	MPa	54 ± 2
Alongamento na ruptura	-	%	92 ± 4
Temperatura de deflexão térmica	-	°C	96

Fonte: LEGRAND et al., (2019).

É possível observar na tabela acima o valor de alongamento na ruptura, que reduziu significativamente de 210% que é o valor de referência obtido de literaturas para 92% após o ensaio de compressão realizado.

Para a síntese do copoliéster Tritan, a obtenção do monômero é por policondensação do dimetiltereftalato com o ciclohexanodimetanol e o tetrametilciclobutanodiol. Em estudos literários as características encontradas e esperadas do polímero, são (SANTOS, 2020):

- Densidade: 1,19 g.cm⁻³
- Índice de refração: 1,65-1,66
- Tm: 280°C.
- Tg: 120°.

3.1 – Pá eólica

Após a realização de diversos estudos sobre as pás eólicas e suas diversas formas e propriedades, foram consolidados os principais requisitos que os materiais devem atender. O primeiro requisito é que a pá eólica seja firme e estável. As pás necessitam de uma devida resistência mecânica para que possa suportar a força aerodinâmica e a fadiga ocasionada por movimentos cíclicos e repetitivos. É necessário que o material das pás eólicas possua resistência a fluência, já que as pás eólicas normalmente ficam expostas as diversas condições climáticas. O material deve apresentar resistência a flexão, pois a velocidade alcançada peça pás eólicas pode aumentar o torque exercido sobre a superfície da pá e causar estol, condição na qual a pá começa arquear e acabar levando à ruptura da estrutura. Outro fator importante é a rugosidade da superfície, em que a peça mais bem acabada e com valores menores de rugosidade indicaram uma melhor funcionalidade das pás.

IV. RESULTADOS

Por meio dos estudos avaliados neste trabalho, o Tritan apresenta características atrativas. O material se destaca por sua versatilidade na geração de novos produtos.

No estudo em que se retrata o ensaio de tensão e compressão, é comprovado que o Tritan precisa de temperaturas altas (280°) para que se inicie sua temperatura de fusão.

No estudo que se diz respeito de polimerização em estado sólido, se corrobora o fato de que o Tritan não sofre extremas alterações em suas características físico-químicas quando submetido a exposição de elevadas temperaturas e esforços mecânicos mantendo as características originais próximas as do ensaio realizado.

Devido a sua facilidade e comum utilização na indústria de impressão 3D e seu corrente uso como peças mecânicas que necessitam de resistências específicas, tais como tensão, fluência entre outras, é possível afirmar que seu uso para pás eólicas, que por sua vez necessitam de materiais com tais características, é viável.

Sobre sua forma de (síntese) formação como material, é um procedimento bem tradicional industrialmente.

A polimerização de estado sólido, é um processo que aumenta o grau de cristalinidade do material em um intervalo de tempo curto sob alto vácuo ou com um sistema de atmosfera inerte sob agitação, evitando assim o processo de sinterização, no qual as partículas começam a aderir umas as outras.

V. CONCLUSÃO

Os conceitos levantados, são adequados e caracterizam um material com propriedades específicas e interessantes. A utilização do material como estudo, é fundamental para a compreensão de tais conceitos e o aprofundamento das especificidades do material que tem ganho mais espaço no mercado e áreas de pesquisas para substituição materiais de outros materiais.

Conclui-se que para a execução desta pesquisa, este estudo é um acréscimo a literatura e inovação referente a caracterização de material TRITAN para impressão 3D.

VI. REFERÊNCIA

ALCALDE, E. G. **Prototipagem rápida aditiva: aplicação em dispositivo funcional de auxílio humano para membros superiores.** 2019.

BRENZ, F., LINKE, S., SIMAT, T. J. **Linear and cyclic oligomers in PET, glycol-modified PET and Tritan™ used for food contact materials.** <https://doi.org/10.1080/19440049.2020.1828626>, v. 38, n. 1, p. 160, 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19440049.2020.1828626>. Acesso em: 16 maio. 2023.

CAMARGO, G. R. R.; BARBOSA, P. A. G.; SANTOS, F. de A. **Impressão 3D na manutenção industrial e a redução de custos,** 2021.

CALLISTER, W. 2018. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução / William D. Callister, Jr., David G. Rethwisch;** tradução Sergio Murilo Stamile Soares. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

EDLING, H. E., LONG, T. E., MEMBER, C., **“Synthesis and Structure–Property Relationships of Polyesters Containing Rigid Aromatic Structures,”** Virginia Polytechnic Institute and State University, 2018.

EASTMAN. 2022. **The Glass Polymer. Eastman Tritan copolyester Heat Resistant and chemically compatible.** [Online] 29 de junho de 2022. https://www.eastman.com/Literature_Center/S/SPMBS1538.pdf

EASTMAN CHEMICAL. **Technical data sheet eastman spectar copolyester 14471**. 2019. Disponível em: <https://www.eastman.com/data-sheet-tritan-copolyester.pdf>.

FARIAS, A. M. **Estudo sobre a utilização de dispositivos de fixação para usinagem fabricados pela tecnologia de modelagem por fusão e deposição**. 2022. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/29431>. Acesso em: 21 set. 2022.

GONZAGA, G. L. **Comportamento da biodegradação de amostras de PLA natural e pigmentado obtidas por impressão 3D**. 2021. Disponível em: <http://sofia.fei.edu.br:8080/pergamumweb/vinculos/00009f/00009fdd.pdf>. Acesso em: 30 set. 2021.

LEGRAND, S.; JACQUEL, N.; AMEDRO, H.; SAINT-LOUP, R.; PASCAULT, J. P.; ROUSSEAU, A.; FENOUILLOT, F. **Synthesis and properties of poly (1,4-cyclohexanedimethylene-co-isosorbide terephthalate), a biobased copolyester with high performances**. *European Polymer Journal*, [s. l.], v. 115, p. 22–29, 2019. Acesso em: 16 Maio 2023.

SANTOS, C. C. Dos. **Utilização de manufatura aditiva como proposta de confecção de protetores faciais esportivos na reintegração de atletas afastados por traumas faciais**. 2020.

SILVA, M. R. Da. **Sustainable 3D printing with copolyester-based polymers**. 2022. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/82746>. Acesso em: 16 maio 2023.

SHAHNI, R. K.; MABIN, M.; WANG, Z.; SHAIK, M.; UGRINOV, A.; CHU, Q. R. **Synthesis and characterization of BPA-free polyesters by incorporating a semi-rigid cyclobutanediol monomer**. *Polymer Chemistry*, v. 11, n. 37, p. 6081–6090, 2020. Disponível em: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2020/py/d0py01098g>. Acesso em: 16 maio. 2023.

ZAPAROLLI, D., **O avanço da impressão 3D**. *Revista de Pesquisa FAPESP*, 276 ed., p. 60-65, fev. 2019.

VII. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq), processo 155832/2021-2.

VIII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

PROJETO DE PRODUÇÃO DA CARROCERIA DE VEÍCULO ELÉTRICO POR MANUFATURA ADITIVA

CAR BODY PRODUCTION PROJECT FOR ELECTRIC VEHICLE USING ADDITIVE MANUFACTURING

Jonas Cadorini Neto¹
Teófilo Miguel de Souza²

Resumo – Almejando reduzir as emissões de poluentes na atmosfera, os carros elétricos se popularizam como meios de transportes mais eficientes e menos prejudiciais ao meio ambiente. No entanto, seu desenvolvimento ainda encontra obstáculos, de modo que são necessárias novas técnicas para que eles possam evoluir, principalmente em mercados emergentes. Neste artigo, apresenta-se o processo de concepção da carroceria de um carro elétrico moderno, com as respectivas tecnologias e estilos contemporâneos, e propõe-se, para sua manufatura, a utilização da manufatura aditiva, como alternativa aos meios tradicionais de fabricação.

Palavras-chave: Carros elétricos. Design Moderno. Manufatura Aditiva.

Abstract – Aiming to reduce the emission of pollutants into the atmosphere, electric cars are becoming popular as more efficient and less environmentally harmful means of transportation. However, their development still faces obstacles, so that new techniques are needed for them to evolve, especially in emerging markets. In this paper, the conception process of the body of a modern electric car is presented, with the respective contemporary technologies and styles, and it is proposed, for its manufacture, the use of additive manufacturing, as an alternative to traditional means of fabrication.

Keywords: Electric Vehicles. Modern Design. Additive Manufacturing.

I. INTRODUÇÃO

Segundo o IPCC (International Panel for Climate Change, 2014), no relatório AR5, 14% das emissões globais de gases do efeito estufa (GEEs) são oriundos da área de transportes. Não obstante, Ternel *et al.* (2021) salienta que, mundialmente, a segunda maior fonte das emissões antropogênicas de GEEs é proveniente de meios de locomoção. Portanto, a fim de atenuar a facticidade das mudanças climáticas, justificam-se os

¹ Graduando em Engenharia Mecânica (Unesp/ Campus Guaratinguetá). Contato: jonas.neto@unesp.br.

² Graduado em Engenharia Elétrica (UFJF), Pós-doutor em materiais e metalurgia (Université Paris XIII). Contato: teofilo.souza@unesp.br.

diversos esforços, governamentais e industriais, para controlar os impactos dos veículos no meio ambiente.

Mais especificamente na mobilidade urbana, todavia, as inovações não apenas ampliam a eficiência dos veículos, como também alteram os conceitos inerentes aos carros. Segundo Pervaiz *et al.* (2021), o peso implica, diretamente, 75% do consumo de combustível do automóvel. Por conseguinte, o estilo, as especificações e os equipamentos tendem a se transformar para disponibilizar aquilo que é necessário em termos de conforto e segurança, sem consumir exageradamente os recursos ambientais. Criam-se carros, então, com propulsão elétrica e tamanho compacto, que atendem à maior parte das necessidades diárias da população. Paralelamente, Buberger *et al.* (2022) afirma que, num ciclo de vida, automóveis elétricos à bateria reduzem as emissões de GEEs em 54%, utilizando fontes de eletricidade convencionais, comparando a veículos motorizados à combustão interna, de massa e potência semelhantes.

Nesse âmbito, as indústrias deparam-se com novos meios de fabricação, como é o caso da manufatura aditiva, apresentando benefícios relevantes quando comparada aos métodos fabris convencionais. Inicialmente, nesse caso, nota-se que o ferramental é primordialmente o mesmo para geometrias radicalmente diferentes, dada a natureza do processo de fabricação por camadas e a liberdade de direções no movimento da máquina. Logo, para Easter *et al.* (2013), a agilidade da técnica permite produção e verificação dos designs CAD de forma rápida e sem modificação do arranjo de manufatura e de ferramentas, capacitando a criação de um modelo em escala ou apenas um componente de uma montagem, com custo e tempo reduzidos em comparação aos métodos tradicionais.

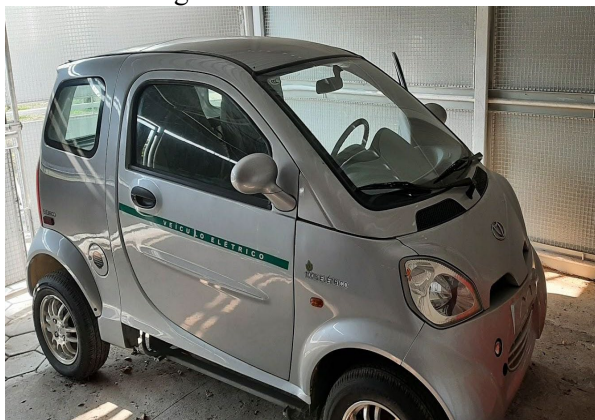
No presente projeto, propõe-se a criação do modelo CAD da carroceria de um veículo elétrico, projetando e evoluindo designs de acordo com os estilos contemporâneos e modernos da indústria automotiva. Ademais, exploram-se e indicam-se formas de manufaturar essa estrutura, com seus componentes, utilizando a manufatura aditiva.

II. METODOLOGIA

Objetivando a criação da carroceria com dimensões reais e práticas, que pode comportar todo o sistema de *powertrain* de um carro propulsado eletricamente, foi utilizado como base o veículo modelo EV5010, da montadora chinesa Kandi. Esse carro, apesar de possuir design desatualizado, apresenta algumas características importantes, como a disposição do motor e das baterias, bem como as dimensões compactas.

Na figura 1, nota-se que o carro modelo tem dimensões pequenas, apenas duas portas, e espaço para apenas dois passageiros, além de geometrias muito curvas, dissonante das retas modernas. Na parte inferior, abaixo da porta, há o suporte para baterias.

Figura 1 – Carro EV5010.



Fonte: Jonas Neto, 2021

Ademais, complementando os preceitos de design, observam-se, na figura 2, ideias para elaboração do veículo, mostrando as principais tendências atuais, como as formas curvas da carroceria, faróis pequenos e espaço reduzido para o motor.

Figura 2 – Pesquisa de design



Fonte: NSD Project, 2021.

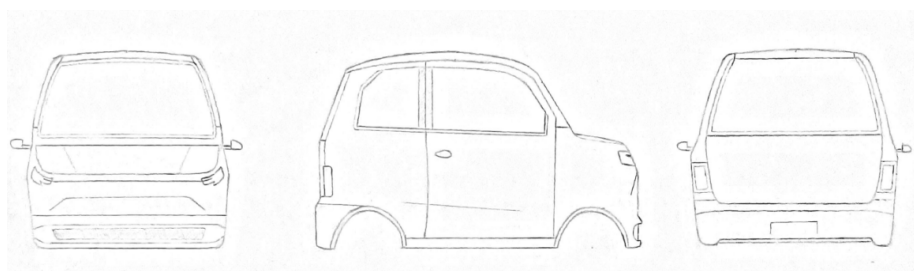
III. RESULTADOS

Os resultados podem ser divididos em cinco partes, que envolvem os desenhos planos, o modelo computadorizado e os itens referentes à proposta de manufatura, como método, material e configuração da impressora.

3.1 – Elaboração dos desenhos

Na figura 3 visualiza-se o design final do carro, compacto nas dimensões, de acordo com os modelos preponderantes de mobilidade urbana. As entradas e saídas de ar são menores, acompanhando as exigências reduzidas do *powertrain* elétrico. As linhas gerais são simplificadas, pouco curvas e sóbrias, revelando um formato geral mais aerodinâmico, adaptado para os ideais de eficiência energética, diminuindo o arrasto.

Figura 3 – Vistas principais concluídas

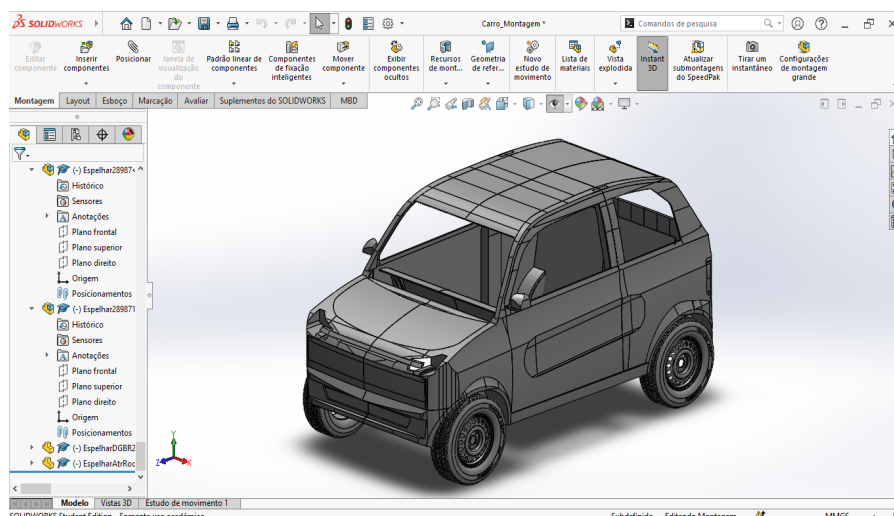


Fonte: Jonas Neto, 2022.

3.2 – Criação do modelo CAD

Nota-se, pela figura 4, que o modelo é semelhante aos apresentados na pesquisa de design, fornecida na imagem 2. Logo, o modelo apresenta as características principais dos carros elétricos modernos, compacto e simplificado em detalhes.

Figura 4 – Carroceria computadorizada



Fonte: Jonas Neto, 2022.

3.3 – Método de Impressão

Kristiawan *et al.* (2021) definiu o processo FDM (*Fusion Deposition Modelling*) como o derretimento controlado de filamento por um bico aquecido, o qual é guiado ao longo da superfície da impressora de acordo com o modelo CAD. Logo, o modelo 3D é construído por camadas sucessivas, com propriedades previamente definidas.

Já o método SLA (*stereolithography*) realiza a prototipagem a partir da cura de um fotopolímero líquido por luz ultravioleta (UV), criando objetos sólidos camada por camada. No entanto, Goh *et al.* (2016) percebeu que as peças impressas pela tecnologia SLA tendem a ceder com o próprio peso depois de alguns meses, e possuem sua força diminuída em 25% a 30°C, e 50% a 40°C. A técnica SLS (*selective laser sintering*) funciona pela fundição do material em pó por laser de onda de dióxido de carbono, permitindo produção com termoplásticos, metais e cerâmicas. Todavia, para Goh *et al.* a rugosidade superficial das peças SLS é muito maior que as de SLA, exigindo maiores esforços de pós-processamento do material e acabamento superficial.

Portanto, segundo os dados expostos, nota-se que o processo de FDM é o mais interessante para a execução do presente projeto. Para Easter *et al.* o processo de deposição de material fundido produz partes mais fortes e duráveis que os outros métodos, sendo mais resistentes em casos de tensões dinâmicas, que podem gerar falhas por fadiga nos materiais impressos. Ademais, Kristiawan *et al.* reitera a semelhança do FDM com o tradicional moldagem por injeção, capacitando a customização e a produção em massa.

3.4 – Material de impressão

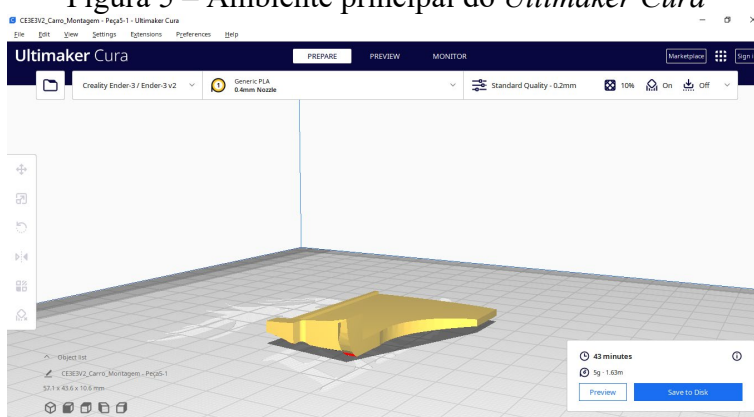
De acordo com Kristiawan *et al.*, PLA (ácido polilático) é um termoplástico sintético formado por polímeros biodegradáveis. Possui propriedades mecânicas superiores aos polímeros derivados do petróleo. Ademais, ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno) são copolímeros formados por três monômeros diferentes, cujas proporções definem o material. Segundo Pereira (2019), o ABS possui excelente resistência ao impacto, boa resistência mecânica e elevada estabilidade, sendo, todavia, pouco resistente a solventes e exige temperaturas controladas durante impressão. Não obstante, Valvez *et al.* (2022) adiciona o PETG (*polyethylene terephthalate glycol*) como um ótimo material para impressão, reiterando a durabilidade, as altas resistência química e ao impacto, além da facilidade de operação.

Outrossim, em aplicações semelhantes, Tudose (2018) confirma a preferência pela multiformidade de polímeros de alta resistência, mutuando entre nylon, PLA e TPU (thermoplastic polyurethane).

3.5 – Configuração e Simulação da Manufatura

A partir do software fatiador *Ultimaker Cura*, de código aberto, foram simulados, individualmente, os processos de manufatura por impressão 3D. Na figura 5 nota-se um dos componentes da carroceria do veículo, devidamente posicionado sobre a superfície de trabalho da impressora. Özen *et al.* (2022) salienta a importância dos parâmetros de impressão, configuráveis por software. A altura e a largura das camadas, logo, impactam, diretamente, na resistência da peça e no tempo de impressão. Resultado das simulações, a manufatura de toda a carroceria consome cerca de 56,6 kg de PETG.

Figura 5 – Ambiente principal do *Ultimaker Cura*



Fonte: Jonas Neto, 2022.

IV. CONCLUSÃO

A eletrificação assume, atualmente, responsabilidades inalienáveis quanto à descarbonização da tecnologia. O desenvolvimento de veículos elétricos, então, depende de várias mudanças que estão ocorrendo na indústria. Nota-se, pelo trabalho de design apresentado, que os próximos carros devem ser voltados, majoritariamente, à mobilidade urbana. Assim, é mister a necessidade da criação de modelos que apresentem soluções unindo sustentabilidade e praticidade, aumentando a qualidade de ofertas para os consumidores.

O modelo desenvolvido, a fim de se tornar mais fácil de se produzir, pode utilizar a manufatura aditiva para diminuir os custos iniciais de instalação de uma pequena empresa automotiva, estimulando a produção regional. Ademais, são observadas oportunidades futuras, principalmente na evolução e no barateamento das impressoras 3D, que podem permitir a fabricação de peças mais versáteis e com materiais mais comuns na indústria, como metais e compósitos.

Além disso, acrescida a demanda, a manufatura aditiva pode ter reduções significativas dos custos de operação, viabilizando projetos maiores e mais complexos.

V. REFERÊNCIAS

BUBERGER, Johannes; KERSTEN, Anton; KUDER, Manuel; ECKERLE, Richard; WEYH, Thomas; THIRINGER, Torbjörn. **Total Co2-Equivalent Life-Cycle Emissions From Commercially Available Passenger Cars**. Universität der Bundeswehr München, Werner-Heisenberg-Weg 39, 85577 Neubiberg, Germany

EASTER, Steven; TURMAN, Jonathan; SHEFFLER, David; BALAZS, Michael e ROTNER, Jonathan. **Using advanced manufacturing to produce unmanned aerial vehicles: a feasibility study**. Proc. SPIE 8742, Ground/Air Multisensor Interoperability, Integration, and Networking for Persistent ISR IV, 874204 (2013).

GOH, G. D. *et al.* **Additive Manufacturing In Unmanned Aerial Vehicles (Uavs): Challenges And Potential**. 2016, Singapura.

IPCC, 2014: **Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.

KRISTIAWAN, Ruben Bayu; IMADUDDIN, Fitriani; ARIAWAN, Dody; UBAIDILLAH; ARIFIN, Zainal. **A review on the fused deposition modeling (FDM) 3D printing: Filament processing, materials, and printing parameters**. *Open Engineering*, vol. 11, no. 1, 2021, pp. 639-649.

NSD PROJECT. **EV Development**. Contagem, MG, 2021.

ÖZEN, Arda; GANZOSCH, Gregor; VÖLLMECKE, Christina; AUHL, Dietmar. **Characterization and Multiscale Modeling of the Mechanical Properties for FDM-Printed Copper-Reinforced PLA Composites**. *Polymers* 2022, 14(17), 3512

PEREIRA, Felipe Caixeta. **Caracterização Do Comportamento Em Fadiga Do Plástico Abs Produzido Por Extrusão E Manufatura Aditiva**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília – UnB, Faculdade UnB Gama – FGA , 2019. CDU 02:141:005.6.

PERVAIZ, Salman; QURESHI, Taimur Ali; KASHWANI, Ghanim; KANNAN, Sathish. **3D Printing of Fiber-Reinforced Plastic Composites Using Fused Deposition Modeling: A Status Review**. *Materials* 2021, 14(16), 4520.

TERNEL, Cyprien; BOUTER, Anne; MELGAR, Joris. **Life cycle assessment of mid-range passenger cars powered by liquid and gaseous biofuels: Comparison with greenhouse gas emissions of electric vehicles and forecast to 2030**. IFP *Energies nouvelles*, 1 et 4 avenue de Bois-Préau, 92852 Rueil-Malmaison, France. 1361-9209.

TUDOSE, Sergiu. **Chinese Firms Will Build You A 3D-Printed Electric Car In 3 Days For \$10,000**. Carscoops, 2018.

VALVEZ, Sara; SILVA, Abilio P.; REIS, Paulo N. B. **Optimization of Printing Parameters to Maximize the Mechanical Properties of 3D-Printed PETG-Based Parts**. *Polymers*. 2022; 14(13):2564. <https://doi.org/10.3390/polym14132564>

VI. AGRADECIMENTOS

Agradeço à CNPq pelo fomento à pesquisa pela bolsa PIBIC.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

DETERMINAÇÃO DO ESTADO DE CARGA DE BATERIAS DE LÍTIU, UMA ANÁLISE DOS DIFERENTES MÉTODOS

DETERMINATION LI-ION BATTERIES STATE OF CHARGE, AN ANALYSIS OF DIFFERENT METHODS

André Luiz Zamponi Ribeiro¹
Teófilo Miguel de Souza²

Resumo – Veículos elétricos, híbridos ou totalmente elétricos, utilizam as baterias de lítio como meio de armazenamento de energia. A eficiência das baterias, determinam, entre outras coisas, a autonomia dos veículos. Com isso, os estudos relacionados ao aumento da eficiência das baterias de lítio que já eram relevantes se intensificaram. O presente trabalho é parte de um estudo mais abrangente e se refere a sistemas de gerenciamento de bateria fazendo uma comparação entre os diversos modelos propostos em diversos estudos incluindo os que utilizam aprendizado de máquinas para determinação do estado de carga das baterias, e assim identificar qual modelo consegue melhor reproduzir o seu comportamento com maior facilidade de implementação para eventual aplicação em um sistema real de carregamento veicular.

Palavras-chave: Baterias. Estado de carga. Sistema de gerenciamento de carga.

Abstract – Electric vehicles, hybrid or 100% electric, use li-ion batteries as the energy storage system. These batteries efficiency determines, among other parameters, the vehicle autonomy. Due to this, studies related to li-ion batteries efficiency improvement which were already relevant, have been intensified. The present work is part of a broader study and refers to battery management systems, comparing the various models proposed on different papers including machine learning models to determine the state of charge (SoC) and therefore identify the model that can better reproduce the battery behavior and with simpler implementation for an eventual EV charging real system.

Keywords: Batteries. State of Charge. Battery Management system.

¹ Engenheiro Eletricista (UNIFEI/MG), Mestre em Engenharia Mecânica (UNITAU/SP) e Doutorando (UNESP/SP). Contato: alz.ribeiro@unesp.br

² Professor Titular da UNESP (2019). Graduado em Eng Elétrica-UFJF (1983), Eng Aeronáutica-UNITAU (2015) e Ciências Aeronáuticas-UNISUL (2018); Especialização em Automação-Centro de Desenv de Recursos Humanos(1995), Mestre em Eng de Materiais-EEL-USP(1994), Doutor em Eng de Materiais-EEL-USP (1998), Pós-Doutor em Materiais e Metalurgia - Université Paris XIII (2000) e Livre-Docência em Materiais Elétricos- UNESP(2008. Contato: teofilo.souza@unesp.br

I. INTRODUCTION

Due to environmental and sustainability matters, renewable power plants, home solar and wind power generation systems, and the production of electric vehicles (EVs) are increasing worldwide each year. Because of the stated, it can be observed that the efforts on development of renewable energy systems as well as EVs (FAN Y., *et al.*, 2020), are very extensive nowadays. Although they are becoming more popular, the cost and technical limitations as storage capacity, are some of the challenges to be addressed, therefore, a big part of the research focus is on these systems' efficiency, especially on batteries.

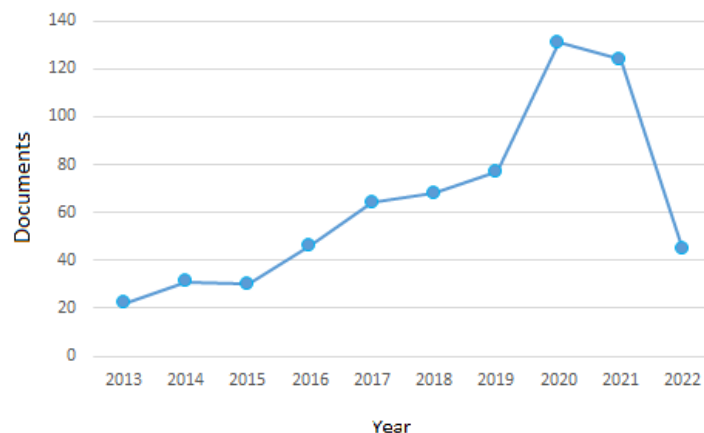
With the development of portable devices as smartphones, notebooks, watches, etc. the use of li-ion batteries grew over the years because they have some advantages as high energy density, low self-discharge (WANG X., *et al.*, 2021). EVs, whether they are hybrid or 100% electric, use li-ion batteries which are one of the most important components of the system as they relate to safety, cost and EV performance. Hence, the development of new types of batteries, new materials, constructions, etc., have a lot of attention currently. In this scenario, the battery control systems also play an important role as they have a direct impact on system's performance and efficiency.

When talking about battery control systems, two parameters are extremally important to be able to design them, the state of charge (SoC) and the state of health (SoH). The state of charge information allows the control system to maximize its performance and charge and discharge the battery pack without creating extra stress which can lead to early degradation and permanent damage as it will ensure the battery will be working on its safe range. (WU M., *et al.*, 2020). The SoC is also important to avoid running out of power. Degradation is linked to the second parameter mentioned, state of health, which is extremally important not only for charging/discharging purposes but also to be able to plan schedules maintenance, replacements and even improvements.

II. METHODOLOGY

The approach for this analysis was, first, look for relevant papers regarding li-on batteries using SoC, SoH, battery management systems models and deep learning as keywords on platforms as Scopus, ScienceDirect, IEEE Xplore and Google Academic. After that an evaluation of the paper relevance regarding the subject was carried out. Figure 1 is an example of the search done in IEEE Xplore platform using the keywords, SoC, SoH and battery models on energy related papers. In this case the deep learning keyword was left out of the search.

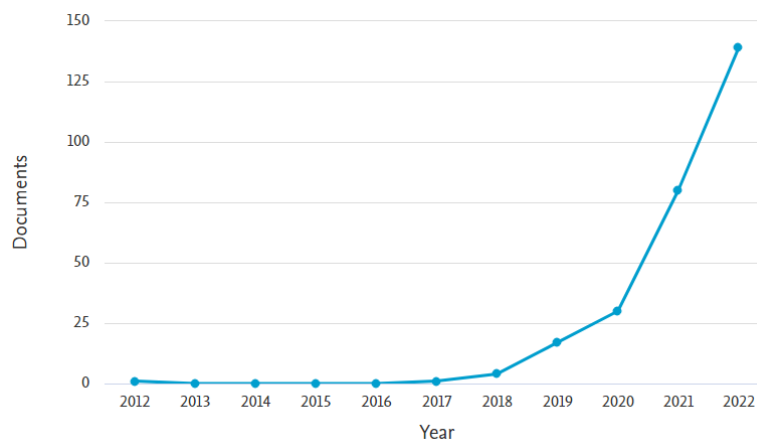
Figure 1 – Number of papers published when using SoC, SoH, battery models keywords on IEEE Xplore platform.



Observing the results, it is clear the increase of papers related to battery models, confirming the relevance of these subject that can be explained by the development of EVs. It can be also noticed that in 2022 there was a decrease, and it might be related to a shift on technology as artificial machine learning (ML) based systems have more focus now.

The second search carried out is shown on figure 2. It is an example of the results for the search carried out on Scopus platform after searching for SoC, SoH, battery management systems and deep learning keywords and filtering for energy related papers.

Figure 2 – Number of papers published when using SoC, SoH, deep learning and battery management system keywords on Scopus platform.



It is clear the big increase of the studies using deep learning algorithms when looking at the graphic.

About 500 papers were evaluated and filtered. After this first filtering, a more in-depth analysis of those papers was done looking specially for applicability and performance considering primarily when implemented on an EV battery management system. With that done, 17 papers were selected as a sample for the analysis.

It is worth mentioning that this work found relevant more papers than the ones listed here and this was done to keep this paper concise and comply to the journal size requirements.

III. RESULTS

It is not easy task to determine for all types of batteries the parameters, dynamics and relations between them that have influence on SoC and to do so, many different methods are used. It is worth start by mentioning two most common direct measurement methods, the coulomb counting and open circuit voltages methods described by Chauhan B. (2020) and Qian Y., et al. (2022) respectively. The coulomb counting method or also known as ampere hour or current integration is a function of the released capacity which is an integration of the current with the rated capacity of the battery. This method has some precision issues if not taking in account some parameters as self-discharging rate, for example. The OCV implementation difficulty is related to the fact that the battery must reach the internal equilibrium, and this requires several hours or days (QIAN Y., et al., 2022). In general, these methos have a fair precision but when compared to the most recent deep learning and model-based methods, the accuracy is not as good.

The battery models used as per Tomasov M., et al. (2019), can be classified as:

- Electrochemical models.
- Electrical models.
- Thermal models.
- Mechanical models.
- Molecular models.
- Combinations of interdisciplinary models (electro-thermal, etc.).

Those models have a good performance in general but as they must deal with non-linearities they are not always the most efficient option.

In addition to the models mentioned above, the use of ML and especially deep learning is not new to approach non-linear problems and has been largely explored on BMS systems. As shown on figure 2, many papers where CNN, LTSM, FNN, and other deep learning algorithms are used for this purpose have been published and it increases every year as it shows a good potential to reproduce the physics of the li-ion batteries.

A summary is presented on table one mentioning the paper, method, error and the algorithm and remarks on implementation.

Table 1 – Methods comparison

Paper	Method	RSME	Remarks
BABAEIYAZDI I., REZAEI-ZARE A., SHOKRZADEH S. (2021)	Gaussian Process Regression (GPR)	1,4602	Excellent regression for non-linear systems. Time consuming, computational complexity.
CHANDRAN V., et al. (2021)	Artificial Neural Network (ANN)	0,02329	Simple implementation, not always stable.
FAN Y., et al (2020)	Long Short-Term Memory - LSTM (constant current)	0,02	Can provide a large range of parameters. Long training time and complexity.
GAO Y., et al (2021)	Electrochemical-thermal model	15,8 mV	Simpler implementation. Accuracy can be lower than ML methods
HEINRICH F., KLAPPER P., PRUCKNER M. (2021)	Feed-forward Neural Network (FNN)	5,57 mV	Simpler architecture but usually does not perform well on time series problems.
MANOHARAN A., et al. (2022)	nonlinear autoregressive network with exogenous inputs (NARX)-Recurrent Neural Networks (RNN) with lightning search algorithm (LSA)	0,0062	Eliminates gradient vanishing problems. Filters needed to reduce noise.
TIAN J., et al. (2022)	Bidirectional Long Short Term Memory (BiLSTM)	0,0096	Can learn forward and backwards. Complex structure.
QIAN Y., et al. (2022)	Open Circuit Current (OCV) + Genetic Algorithm (GA)	1,8 mv	OCV is simpler and GA has excellent parallel capabilities.
SHABARISH P. R., et al (2020)	Extended Kalmann Filter (EKF) + Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)	0.01132	Computationally efficient (EKF). Doesn't work well with big non-linearities (EKF). ANFIS can handle the non-

VIDAL C., et al. (2020)	Feed Forward Network (FNN)	0,0062	linearities. Simpler architecture but usually does not perform well on time series problems.
WU M., et al. (2020)	Principal Component Analysis (PCA)+Multivariate Linear Regression (MIR)	0,025	A linear system was established.
SONG Y., et al. (2019)	Open Circuit Current OCV + Coulombs Counting (CC)	0,0379	Low SoC regions the error was much higher.

The comparison is not an easy task as the type of batteries used on each work are not always the same as well as the experiments conditions. It can also be mentioned that the batteries are not identical even if they are from the same manufacturer and batch and the charge/discharge rate will also vary according to the driving profile. However, observing the results obtained on each paper, a qualitative evaluation can be done taking in account not just the results achieved but also known challenges when implementing them. The only conditions established here was to evaluate tests done at 25 °C and error given in root mean square error (RSME) and if the paper uses more than one algorithm the best performance one was selected.

Two main factors can be learned from this analysis, the first one is that deep learning methods are in general more accurate than the other ones as they can handle nonlinear system better, but as a downside they depend on big datasets and the understanding of the battery internal physics is not very clear. The second one is that apart from the knowledge of which ML algorithm suits better time series, pattern recognition, image recognition problems, there are no recipes when dealing with ML algorithms, so the best one will be determined almost on a case-by-case evaluation.

Even so, deep learning shows a great potential and should be the preferred method for SoC estimation as there is room for improvement and eventually, many of the downsides mentioned will be solved.

IV. CONCLUSION

After evaluating the models used to determine the SoC for li-ion batteries, although the deep learning algorithms have challenges to be implemented as they do not have a complete understanding of the battery parameters variations (ZHANG D., et al., 2022) and the computational burden are not always low, when properly designed its efficiency is higher than the ones delivered by conventional models, therefore it is worth to invest some time and effort on these algorithms. For further studies deep learning algorithms will be used for SoC estimation purposes, especially the LSTM algorithm, which will be the preferred one.

V. REFERENCES

- BABAEIYAZDI I., REZAEI-ZARE A., SHOKRZADEH S. **State of charge prediction of EV Li-ion batteries using EIS: A machine learning approach.** Energy 223, 120116, Elsevier, 2021.
- CHANDRAN V., et al. **State of Charge Estimation of Lithium-Ion Battery for Electric Vehicles Using Machine Learning Algorithms.** World Electr. Veh. J. 2021, 12, 38.
- CHAUHAN B., Matlab/Simulink Based Model and Simulation of a Battery Charging & Discharging. **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**, vol. 7, issue 8, 2020.

- FAN Y., et al. Data-driven state-of-charge estimation of lithium-ion batteries. 2020 8th **International Conference on Power Electronics Systems and Applications (PESA)**, IEEE, 2020.
- GAO Y., et al. Implementation and evaluation of a practical electrochemical thermal model of lithium-ion batteries for EV battery management system. **Energy** 221, 119688, Elsevier, 2021.
- HEINRICH F., KLAPPER P., PRUCKNER M. A comprehensive study on battery electric modeling approaches based on machine learning. **Energy Inform** 4 (Suppl 3), 17, 2021.
- LIPU H., et al. Deep learning enabled state of charge, state of health and remaining useful life estimation for smart battery management system: Methods, implementations, issues and prospects. **Journal of Energy Storage** 55, 105752, Elsevier, 2022.
- MANOHARAN A., et al. Artificial Neural Networks, Gradient Boosting and Support Vector Machines for electric vehicle battery state estimation: A review. **Journal of Energy Storage** 55, 105384, Elsevier, 2022.
- MARIN-GARCIA G., et al. Battery Types and Electrical Models: A Review. 2020 **IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC)**, 2020, pp. 1-6.
- QIAN Y., et al. **Fast Open Circuit Voltage Estimation of Lithium-Ion Batteries Using a Relaxation Model and Genetic Algorithm**. IEEE Access, September 2022.
- SHABARISH P. R., et al. **SOC Estimation of battery in Hybrid Vehicle Using Adaptive Neuro-Fuzzy Technique**. International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC 2020), 2020.
- SONG Y., et al. **Improved SOC estimation of lithium-ion batteries with novel SOC-OCV curve estimation method using equivalent circuit model**. 2019 4th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech), IEEE, 2019.
- TIAN J., et al. **Battery state-of-charge estimation amid dynamic usage with physics-informed deep learning**. Energy Storage Materials 50, 718-729, Elsevier, 2022.
- TOMASOV M., et al. **Overview of Battery Models for Sustainable Power and Transport Applications**. Transportation Research Procedia 40, 548–555, Elsevier, 2019.
- VIDAL C., et al. **Machine Learning Applied to Electrified Vehicle Battery State of Charge and State of Health Estimation: State-of-the-Art**. IEEE Access, IEEE, 2020.
- WANG X., et al. **A Novel Prediction Process of the Remaining Useful Life of Electric Vehicle Battery Using Real-World Data**. Processes, 9, 217, MDPI, 2021.
- WU M., et al. **State of Charge Estimation of Lithium-ion Battery Based on a New Linear Online Model**. 2020 39th Chinese Control Conference (CCC), IEEE, 2020, pp. 5282-5286.
- ZHANG D., et al. **Deep Learning in the State of Charge Estimation for Li-Ion Batteries of Electric Vehicles: A Review**. Machines, 10, 912, 2022.

VI. COPYRIGHT

The authors are solely responsible for the material included in the article.

GERAÇÃO DISTRIBUIDA COMPARTILHADA NO BRASIL: BARREIRAS E INCENTIVOS

SHARED DISTRIBUTED GENERATION MODE IN BRAZIL: BARRIERS AND INCENTIVES

Jéssica Rodrigues dos Santos¹
Jorge Henrique Zanetti Paiva²
Carmen Luisa Barbosa Guedes³
Juliani Chico Piai Paiva⁴

Resumo – O presente trabalho aborda os pontos da Lei 14.300/2022, conhecida como o Marco Legal da Geração Distribuída no Brasil, que trouxe mais segurança para investimentos no setor. A geração distribuída compartilhada se consolida com este novo marco. O presente artigo apresenta as características de constituição das modalidades de figura societária apresentadas no Marco Legal: cooperativas, consórcios de pessoas físicas e jurídicas, condomínio voluntário, condomínio edilício e associação civil. São então analisadas as barreiras e os incentivos relacionados a escolha da figura societária. Observou-se que os condomínios (voluntário e edilício) não são modalidades atrativas para a implantação de Geração Distribuída Compartilhada (GDC) quando comparados as outras modalidades. Além disso, a GDC ganhará maior visibilidade a partir de janeiro de 2023, devido a chamada taxaço do sol.

Palavras-chave: Marco Legal. Figuras Societárias. Fontes Renováveis.

Abstract - The present work addresses the points of Law 14.300/2022, known as the Legal Framework for Distributed Generation in Brazil, which brought more security to investments in the sector. Shared distributed generation is consolidated with this new Law. This article presents the characteristics of corporate figure presented in the Legal Framework: cooperatives, consortia of individuals and legal entities, voluntary condominium, building condominium and civil association. Barriers and incentives, related to the choice of corporate figure, are then analyzed. It was observed that condominiums (volunteer and building) are not

¹ Mestranda em Bioenergia pela UEL. Engenheira civil graduada pela UNIPAR. Contato: jessica.rodrigues@uel.br.

² Especialista em Gestão financeira, Controladoria e Auditoria pela FGV. Contador e Bacharel em Direito pela FACCAR. Sócio gerente do Escritório Comercial Ipiranga em Rolândia- PR. Contato: jorgeh.adm@escipirangacontabil.com.br.

³ Doutora em Química pela UFRJ. Professora Associada do Departamento de Química da UEL. Coordenadora do Programa de Mestrado em Rede em Bioenergia na UEL. Contato: carmen@uel.br.

⁴ Doutora em Planejamento de Sistemas Energéticos pela UNICAMP. Professora Associada do Departamento de Engenharia Elétrica da UEL. Professora do Mestrado em Rede em Bioenergia na UEL. Contato: jpiai@uel.br.

attractive modalities for the implementation of Shared Distributed Generation (GDC) when compared to other modalities. In addition, the GDC will gain greater visibility from January 2023, due to the so-called sun taxation.

Keywords: *Legal Framework. Corporate Figures. Renewable sources.*

I. INTRODUÇÃO

A Geração Distribuída (GD) de energia elétrica trata-se da geração próxima ou no local de consumo, diferente da Geração Centralizada (GC), quando a energia elétrica é produzida por grandes geradores, normalmente hidrelétricas ou termoelétricas, e necessitam ser transmitidas até os centros de distribuição e unidades consumidoras (EPE, 2021). De acordo com Castillo et al. (2021), tecnicamente a geração local reduz as perdas de energia e, simultaneamente, adia investimentos em infraestrutura de transmissão e distribuição. Sob o ponto de vista financeiro, os autores afirmam que o fato da implantação do autoconsumo envolver recursos advindos de consumidores, ajuda a diversificar os investimentos. Analisando socioeconomicamente, a GD aumenta o número de consumidores que compartilham os benefícios associados à geração de eletricidade.

Considerando as dimensões continentais e a intensidade da irradiação solar no Brasil, a Geração Distribuída Fotovoltaica tem se consolidado como uma alternativa interessante para atender à crescente demanda por energia elétrica no país. De acordo com a Associação Brasileira de Geração Distribuída (ABGD), o país alcançou 12 gigawatts (GW) de potência instalada em 2022, quase o dobro do que havia em 2021, e está próximo de atingir 1,5 milhão de Unidades Consumidoras (UCs) (ABGD, 2022). Dentre as classes de consumidores, a GD avançou principalmente na classe residencial (46,1%) e comercial (31,4%). Ainda segundo o BEN (2022), a Micro e Mini Geração Distribuída (MMGD) apresentaram significativo crescimento, contribuindo para a diversificação da matriz elétrica e segurança energética brasileira. A MMGD respondeu por 5.346GWh em 2020, e 9.810GWh em 2021, um aumento de 84%, distribuídos principalmente em biomassa e biogás (7,6%) e solar fotovoltaica (88,3%), concentrados no Centro-Sul do país.

Dentre as modalidades possíveis da GD está a Geração Distribuída Compartilhada (GDC), criada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) na Resolução Normativa nº 482/2012 (ANEEL, 2012), que mais tarde foi revisada e publicada como Resolução Normativa nº 687/2015 (ANEEL, 2015) e está descrita no Marco Legal da Micro e Minigeração Distribuída (MLGD), sancionado em janeiro de 2022 (BRASIL, 2022). A GDC é responsável por possibilitar o compartilhamento de energia, de micro ou mini geração, entre um grupo de consumidores que estejam na mesma área de concessão ou permissão, reduzindo custos e tempo. Ainda, permite o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, com as condições gerais de fornecimento de energia (ANEEL, 2021).

Segundo Chang et al. (2022), a implementação dos recursos energéticos distribuídos estão sendo cada vez mais utilizados em todos os países, porém tal implementação se dá em maior parte no armazenamento individual de energia e não no compartilhamento de energia em uma comunidade. Entretanto, a GDC é uma alternativa interessante, uma vez que pode ser utilizado o telhado de um prédio público da comunidade para sua instalação, possui menor valor de investimento inicial e manutenção se comparado a GD individualizada, e pode ser subsidiado por políticas públicas e financiamentos mais atrativos. A GDC passará a ser ainda mais interessante para aqueles que desejam instalar um sistema de geração de energia elétrica a partir de janeiro de 2023. Por conta da Lei nº 14.300 (BRASIL, 2022), quem instalar a própria geração fotovoltaica, passará a pagar pelo uso da infraestrutura disponibilizada pela distribuidora nos períodos em que não há geração simultânea.

Por tudo, o presente estudo se propõe a realizar um levantamento bibliográfico sobre o tema da Geração Distribuída Compartilhada no Brasil, apontando as principais barreiras e oportunidades para o desenvolvimento da modalidade.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente estudo consiste numa revisão bibliográfica em uma abordagem qualitativa (Alves, 2007). Os dados do estudo devem fornecer informações sobre a legislação brasileira a respeito da implantação do sistema de geração distribuída compartilhada fotovoltaica. Para isso foram empregados os descritores: energia compartilhada, geração solar fotovoltaica e energia distribuída, no banco de dados bibliográficos SciVerse Scopus, no ano de 2022. A coleta sobre a legislação brasileira ocorreu por meio do Portal do Governo Brasileiro, e pela Empresa de Pesquisa Energética, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, que tem o intuito de realizar pesquisas para subsidiar o planejamento do setor energético brasileiro. O artigo não se preocupa com a representatividade numérica, mas sim com o conteúdo abordado.

De acordo com o Marco Legal da Micro e Minigeração Distribuída (MLGD), e alinhado com o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), a geração compartilhada está organizada na forma de consórcio, cooperativa, condomínio voluntário, condomínio edilício e Associação Civil, descritos no Art. 1, inciso X, com o limite de potência instalada de 5MW até 31 de dezembro de 2045.

A estrutura das cooperativas está consolidada no Brasil, especialmente no setor agrícola (OCB, 2021). A sociedade cooperativa rege-se pelo disposto nos Artigos 1.093 a 1.096 da Lei nº 10.406/2002 (Código Civil) e suas principais características são: variabilidade ou dispensa do capital social, número mínimo de sócios para compor a administração da sociedade, limitação do valor da soma de quotas do capital social que cada sócio poderá tomar e a intransferibilidade das quotas do capital a terceiros estranhos à sociedade, ainda que por herança. Tal figura societária possibilita o acesso de pessoas jurídicas, físicas e Micro Empreendedor Individual (MEI). Porém, para a sua constituição, a cooperativa precisa ser composta por 20 pessoas físicas, para posteriormente possibilitar o ingresso da pessoa jurídica, de acordo com a Lei nº 5.764 de 16 de dezembro de 1971 art. 6º, inciso I. São exigidos no mínimo 13 diretores, que não tenham parentesco, e renovação a cada 4 anos sem repetição dos membros. Este fato gera um enorme fluxo de pessoas na direção da cooperativa. Ainda, é exigida a manutenção de um conselho fiscal permanente. O Conselho Brasileiro de Cooperativas e a Organização das Cooperativas do Brasil (OCB) são os órgãos fiscalizadores desta figura societária.

Já o consórcio tradicionalmente não é de personalidade jurídica própria e as consorciadas obrigam-se somente às condições previstas no contrato, respondendo cada uma por suas obrigações, sem pretensão solidária, se tornando um modelo limitado em comparação à cooperativa. A Lei do consórcio nº 11.795/2008 tem o intuito de proteger o consumidor e garantir que o investimento seja confiável, permitindo que os consorciados tenham acesso a bens e serviços por intermédio de um modelo de poupança conjunta. De acordo com o Marco Legal da Micro e Minigeração Distribuída (Inciso III), o consórcio pode ser definido como:

“Consórcio de consumidores de energia elétrica: a reunião de pessoas físicas e/ou jurídicas consumidoras de energia elétrica instituído para a geração de energia destinada ao consumo próprio, com atendimento de todas as unidades consumidoras pela mesma distribuidora.”

O modelo de consórcio deve ser constituído mediante contrato, aprovado pelo órgão da sociedade competente para autorizar a alienação de bens do ativo não circulante. Uma das características do consórcio de sociedade é que quando ocorre a falência de uma

consorciada, tal fato não é estendida às demais, permanecendo o consórcio com as outras contratantes. Os créditos da falida, porventura existentes, serão apurados e pagos pela forma prevista no contrato de consórcio.

A associação está descrita no art. 53 da Lei nº10.406/02 como uma organização de pessoas para a realização de fins cujo objetivo não seja a obtenção/distribuição de lucro. A associação tem um amplo acesso ao mercado, o processo é mais simples de ser implantado podendo ser entre duas pessoas ou mais (MEI, físicas ou jurídica), o registro é feito em cartório civil. Na modalidade da associação existem tópicos a serem analisados, como a sede da associação (as unidades consumidoras devem estar presentes na mesma área de concessão da distribuidora de energia elétrica), não ter empecilhos para que as associações possam ser abrangidas nacionalmente (desde que pertencentes a mesma área de concessão da distribuidora de energia elétrica). As associações criadas para a geração de energia têm a necessidade da criação de órgãos deliberativos para ter uma gestão adequada da associação. Um ponto positivo da associação da GDC vem de encontro com o art. 53 “não há, entre os associados, direitos e obrigações recíprocos”, ou seja, a responsabilidade dos associados é limitada perante as obrigações pela organização. A respeito dos direitos dos associados, devem ter direitos iguais, mas podem existir níveis diferentes entre os associados. Já a manutenção do modelo da associação da GDC vem da contribuição dos associados, onde os custos são divididos conforme seu benefício recebido (LOPES et al., 2022).

Para os condomínios não existe personalidade jurídica, mas sim, denominasse um direito exercido sobre um bem por duas ou mais pessoas físicas e/ou jurídicas. O condomínio voluntário, diferente da cooperativa, consórcio e associação que tratam da união para objetivos sociais, trata da propriedade do bem. Por isso, esta modalidade se torna instável no mercado. Isto pode gerar conflitos jurídicos, pois em havendo desistência, a forma de desfazer o acordo seria por meio da aquisição da parcela da cogeração qualificada do condômino desistente por outro condômino, ou por meio do artigo Nº 1.320 do Código Civil, que traz a possibilidade de qualquer condômino sem justificativa, requerer o rompimento do condomínio. Outro ponto negativo é a parcela do bem que pode gerar transtornos tributários tanto para o empreendedor, quanto para os consumidores. De acordo com Santos (2022), o condomínio voluntário de geração compartilhada deixou várias inseguranças jurídicas por falta da possibilidade da instituição de condomínio voluntário sobre bens móveis em geral.

Por fim, o condomínio edilício, mais conhecido como condomínios verticais, segundo o Código Civil Brasileiro (artigos 1.331 a 1.358) se diferencia do condomínio comum porque pode haver partes que são propriedade exclusiva, e partes que são propriedade comum dos condôminos. O condomínio de edifícios não é pessoa jurídica e, quando houver consumidores inadimplentes é necessária a venda ou cota ideal do bem por parte do condômino. Outro ponto que deve ser levado em consideração é a objeção do modelo ser compreendido pelo Cartório de Registro de Imóveis podendo gerar um aumento do custo para a implantação da GDC no condomínio edilício (DANTE, 2022).

III. ANÁLISES E DISCUSSÕES

Existem políticas de incentivo governamental à implementação de micro e minigeração distribuída no Brasil. Porém, a geração compartilhada está sendo implantada aos poucos nos estados brasileiros. Poder integrar o sistema de compensação a partir de uma instalação coletiva, e não especificamente em sua propriedade, resulta em economia de projeto, execução e manutenção, entre outros benefícios. Por isso, com base na legislação e nas políticas públicas existentes, foram levantadas possíveis barreiras para o avanço da GDC, bem como incentivos existentes.

3.1 – Barreiras

Uma primeira barreira seria a dificuldade de diferenciar as instalações entre cooperativas, consórcios, etc, uma vez que a ANEEL não coleta esse tipo de informação das concessionárias de energia. Ou seja, somente a distribuidora de energia local conhece a figura societária adotada em cada GDC instalada. Esta é uma informação importante para que o planejamento energético nacional possa definir políticas públicas, conhecendo as experiências das unidades da federação, para alavancar o uso de renováveis e a geração distribuída no país.

Além disso, verificando as possibilidades de figuras societárias apontadas no MLGD, é possível identificar algumas dificuldades e até inviabilidades. Observou-se que o condomínio voluntário e o condomínio edilício não são boas alternativas para a implantação de Geração Distribuída Compartilhada porque tratam da propriedade de um bem, ou seja, uma parte da Usina deve ser transferida ao sócio. Além disso, a posse de parcela do empreendimento pode gerar tributação. Já o condomínio edilício pode tornar o processo mais caro uma vez que também envolve o Cartório de Registro de Imóveis. Ainda, se um dos sócios se tornar inadimplente, o processo de cobrança pode gerar instabilidade jurídica ao empreendimento.

Já em uma cooperativa, os cooperados são os donos do patrimônio e beneficiários dos ganhos obtidos. Por isso, participar de uma cooperativa exige um aporte financeiro para a aquisição da cota parte. Tal fator inviabiliza a participação de pessoas com baixo poder aquisitivo. Entretanto, na associação, o aporte inicial pode ser inexistente e o associado assume uma parcela mensal de contribuição para o uso da energia elétrica. Para que a associação atraia o interesse das pessoas é necessário que esta mensalidade seja inferior às suas despesas atuais com eletricidade. Sendo assim, o valor dessa despesa mensal pode ser uma barreira ao avanço da GDC.

Por fim, o consórcio é a figura societária mais burocrática. Regime por contrato entre as partes, exige aporte igualitário e pode ser transitório, ou seja, possuir previsão de término.

3.2 – Incentivos

O Marco Legal é certamente um mecanismo que vai incentivar a geração distribuída compartilhada, principalmente a partir de janeiro de 2023, devido à chamada taxa do sol.

Analisando as opções de figura societária para a adesão a GDC, observou-se que a cooperativa possibilita o rateio das despesas de instalação e manutenção entre os cooperados, tornando a opção economicamente mais interessante. Ainda, possibilita a compra de energia elétrica mais barata através do mercado livre.

Outro incentivo vem através da associação, principalmente para as famílias que não possuem disponibilidade financeira para investir na GD. Um terceiro pode realizar o aporte para construção da geração fotovoltaica, e o associado paga uma parcela mensal para usufruir do benefício. Além disso, é possível se desligar da associação apenas manifestando sua vontade, sem prejuízos.

O consórcio, por outro lado, pode incentivar as pessoas jurídicas a se juntarem para elaborarem a GDC como investimento, podendo receber um percentual de faturamento do negócio, sem descaracterizar a sua atividade produtiva inicial.

IV. CONCLUSÃO

Considerando tais fatores e as experiências de GDC no território nacional, o Marco Regulatório poderia limitar as opções de figuras societárias em cooperativa, consórcio e associação. Além disso, poderiam ser produzidos materiais para orientar a

população baixa renda sobre a possibilidade de compartilhar uma pequena geradora de energia elétrica. Desta forma, haveria a redução das despesas das famílias que, consequentemente, deixariam a inadimplência e as conexões irregulares com a rede de distribuição, promovendo melhoria na qualidade do fornecimento e maior segurança.

V. REFERÊNCIAS

ABGD, Associação Brasileira de Geração Distribuída.; **Geração própria de energia elétrica atinge 12 GW no Brasil**, 2022. Disponível em: <https://abgd.com.br/portal/geracao-propria-de-energia-eletrica-atinge-12-gw-no-brasil/>

ALVES, M. **Como escrever teses e monografia: um roteiro passo a passo**. Rio de Janeiro: elsevier, 2007.

ANEEL. Resolução Normativa nº 482 de 17 de abril de 2012. Agência Nacional de Energia Elétrica, Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>

ANEEL. Resolução Normativa nº 687 de 24 de novembro de 2015. Agência Nacional de Energia Elétrica, Rio de Janeiro. 2015. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>.

ANEEL. Resolução Normativa nº 1.000 de 7 de dezembro de 2021. Agência Nacional de Energia Elétrica, Rio de Janeiro. 2021. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-normativa-aneel-n-1.000-de-7-de-dezembro-de-2021-368359651>

BRASIL. Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. 2022. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2019-2022/2022/lei/L14300.htm

CHANG H., GHADDAR B., NATHWANI J. **Shared community energy storage allocation and optimization**, 2022.

CASTILLO, C.; HELENO, M.; VICTORIA, M.; **Self-consumption for energy communities in Spain: A regional analysis under the new legal framework**. 2021.

DANTE, P. **Modelos de Geração compartilhada potencializam a GD e democratizam o mercado**. 29 de março de 2022. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/modelos-de-geracao-compartilhada-potencializam-a-gd-e-democratizam-o-mercado/>

LOPES, M.; MELCOP, L.; CHOI, M. **Exploração de geração distribuída através de associações: Considerações à luz da lei 14.300/22**. 08 de julho, 2022.

OCB. Anuário do Cooperativismo Brasileiro, 2021. Disponível em: <https://anuario.coop.br/brasil/cooperativas>

RELATÓRIO SÍNTESE BEN 2021. EPE Empresa de pesquisa energética, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>

SANTOS, M. **O condomínio voluntário e a geração compartilhada de energia elétrica**. 26 de fevereiro de 2022.

VI. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES pelo financiamento da pesquisa.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

REQUISITOS E RESTRIÇÕES PARA USO DO ÓLEO DE CRAMBE (*Crambe Abyssinica Hoechst*) EM TRANSFORMADORES ELÉTRICOS

REQUIREMENTS AND RESTRICTIONS FOR THE USE OF CRAMBE OIL (Crambe Abyssinica Hoechst) IN ELECTRIC TRANSFORMERS

Ana Claudia Cabral dos Santos Reis¹
Marcio Rogério Nordi²
Juliani Chico Piai Paiva³
Carmen Luisa Barbosa Guedes⁴

Resumo – Os óleos de origem vegetal estão cada vez mais ganhando espaço no mercado de fluidos isolantes para utilização em transformadores nos sistemas elétricos e o crambe (*Crambe Abyssinica Hoechst*) enquanto matéria-prima é uma alternativa a ser avaliada. Estudos preliminares indicaram que o óleo de crambe possui ótima estabilidade oxidativa. O óleo foi testado como fluido isolante, extraído pelo método STHT (Short Time High Temperature) e em seguida submetido ao processo de refino (filtração, degomagem, neutralização, secagem, branqueamento e aditivação). Foram realizados testes para avaliação de compatibilidade com os componentes internos do transformador elétrico, sendo que os resultados obtidos indicaram que óleo testado está de acordo com as especificações técnicas da ABNT NBR 15422. Nos testes relacionados à inflamabilidade do óleo foi possível observar que este apresenta elevadas temperaturas de ponto de fulgor, sugerindo uma maior segurança quando em operação no equipamento. Contudo, quando submetido a testes de compatibilidade com os componentes internos, após ser submetido ao envelhecimento acelerado na presença dos materiais internos do transformador (papel kraft, aço silício, fio de cobre, elastômero e tinta de revestimento interno), apresentou variação acima do permitido pela ABNT NBR 16431. Esses resultados são indicativos de baixa estabilidade elétrica do óleo de Crambe, que acarretou variação no fator de perdas dielétricas, bem como, uma possível incompatibilidade do óleo com os componentes internos que tiveram perdas dielétricas ao longo do tempo de utilização.

¹Doutora em Química pela UEL/Londrina-PR no Programa de Pós-graduação em QUÍMICA (UEL/UEPG/UNICENTRO). Contato: anareis@uel.br.

²Mestrando em Bioenergia pela UEL/Londrina-PR no Programa de Pós-Graduação em BIOENERGIA (UEL/UEM/UEPG/UNICENTRO/UNIOESTE/UFPR). Contato: marcio.rogerio.nordi@uel.br.

³Doutora em Planejamento Energético pela UNICAMP-SP e Professora Adjunto no Departamento de Engenharia Elétrica – CTU - UEL/Londrina-PR. Contato: jpiai@uel.br.

⁴Doutora em Química Orgânica pelo Instituto de Química da UFRJ e Professora Associada no Departamento de Química – CCE - UEL/Londrina-PR. Contato: carmen@uel.br.

Palavras-chave: Envelhecimento. Refino de Óleo Vegetal. Transformadores Elétricos.

Abstract - Vegetable oils are increasingly gaining ground in the insulating fluid market for use in transformers in electrical systems and crambe (*Crambe Abyssinica* Hoechst) as a raw material is an alternative to be evaluated. Preliminary studies indicated that crambe oil has excellent oxidative stability. The oil was tested as an insulating fluid, extracted by the STHT method (Short Time High Temperature) and then submitted to the refining process (filtration, degumming, neutralization, drying, bleaching and additives). Tests were carried out to evaluate compatibility with the internal components of the electrical transformer, and the results obtained indicated that the tested oil complies with the technical specifications of ABNT NBR 15422. In the tests related to the flammability of the oil, it was possible to observe that it presents high flash point temperatures, suggesting greater safety when operating the equipment. However, when subjected to compatibility tests with the internal components, after being subjected to accelerated aging in the presence of the transformer's internal materials (kraft paper, silicon steel, copper wire, elastomer and internal coating paint), it showed variation above the permitted by ABNT NBR 16431. These results are indicative of low electrical stability of the Crambe oil, which caused variation in the dielectric loss factor, as well as a possible incompatibility of the oil with the internal components that had dielectric losses over time of use.

Keywords: Aging. Vegetable Oil Refining. Electrical Transformers.

I. INTRODUÇÃO

O óleo de crambe tem sido *usado* como isolante líquido para transformadores de potência e distribuição (GÁRCIA et. al., 2021). Os transformadores estão entre os equipamentos mais importantes em uma rede de energia elétrica (RAO et. al., 2019). este equipamento é responsável por elevar ou diminuir a tensão elétrica das linhas de transmissão e redes de distribuição (NOGUEIRA & ALVES, 2009; OLIVEIRA, 2009).

Os óleos minerais à base de petróleo têm sido amplamente utilizados como isolantes fluidos desde 1887 devido ao seu bom desempenho e custo razoável. no entanto, devido ao baixo ponto de fulgor e de combustão desses óleos, ficam muito aquém do requisito de segurança do transformador (SHEN et. al., 2021).

Nas últimas décadas, o uso de fluidos de origem vegetal e outros líquidos biodegradáveis sintéticos aumentaram significativamente. um tipo de líquido natural biodegradável usado como alternativa ao óleo mineral são os ésteres naturais (óleos vegetais isolantes) obtidos de diferentes sementes de hortaliças (GÁRCIA et al., 2021).

Além de derivar de uma fonte renovável de energia, os ésteres naturais, ainda, são materiais biodegradáveis, portanto o risco e o impacto ambiental, bem como os custos com os descartes dos líquidos são minimizados. além disso, o ponto de fulgor dos ésteres é muito maior do que o dos óleos minerais isolantes, o que significa que o risco de incêndio de transformadores preenchidos com éster é drasticamente menor, e ainda, podem absorver quantidades mais significativas de água, permitindo que o papel isolante do transformador opere de forma mais seca, o que pode prolongar a vida útil do equipamento (GÁRCIA et al., 2021).

O crambe é uma planta oleaginosa que tem boa adaptabilidade a solos quentes e frios, sendo resistente a pragas e doenças, com um teor de óleo cerca de 35% (ROSA et. al., 2014). o óleo extraído do crambe pode ser aproveitado para diversos fins, como, produção de biodiesel (BASSEGIO et. al., 2016; WAZILEWSKI et. al., 2013; MELLO et. al., 2017), lubrificante (SANTOS et. al., 2015; SANTOS et. al., 2013), inibidor (SANTOS et. al., 2013), fabricação de borracha (SANTOS et. al., 2013), na indústria de

plástico e adesivos (ROGÉRIO et. al., 2013; SANTOS et. al., 2015) e como isolante elétrico (ROGÉRIO et. al., 2013).

O óleo de Crambe apresenta em sua composição cerca de 50 a 60% de ácido erúico (LARA-FIOREZE et. al., 2013; BASSEGIO et. al., 2016; ROGÉRIO et. al., 2013) que contém 22 átomos de carbono na cadeia e apenas uma ligação dupla (Figura 1). O ácido erúico (C22:1) apresenta diversas aplicabilidades na indústria química devido a propriedades como, ponto de inflamação baixo, boa qualidade de combustão e lubrificação (BASSEGIO et. al., 2016). Devido à elevada concentração de ácido erúico em sua composição, o óleo de Crambe não é adequado para consumo humano.

O óleo foi submetido ao teste de cor, viscosidade cinemática, fator de fluidez, ponto de fulgor e de combustão, índice de acidez, teor de água, enxofre corrosivo e teor de PCBs (bifenilas policloradas).

Outro teste que foi realizado com o óleo de crambe é o teste de compatibilidade com os componentes internos do transformador (papel kraft, borracha nitrílica, tintas de revestimento interno, aço silício e fio de cobre) segundo a ABNT NBR 16431.

Os testes de compatibilidade com os componentes internos do transformador visam avaliar o comportamento do óleo quando em contato com os componentes de um equipamento, simulando as condições de funcionamento para prever se este causará algum dano ou degradação aos componentes e, se irá alterar alguma de suas características quando estiver sendo utilizado como fluido isolante.

Considerando o exposto, este trabalho visa avaliar o uso do óleo vegetal de Crambe como fluido isolante em transformadores elétricos por meio dos testes de caracterização físico-química e dielétrica, conforme ABNT NBR 1542. E, avaliar a compatibilidade do óleo de Crambe com os componentes internos do transformador elétrico, conforme ABNT NBR 16431.

II. METODOLOGIA

Para a produção do óleo de Crambe foi utilizado o processo de extração mecânica, utilizando uma prensa com um sistema mecânico, que realiza a extração de óleo no sistema contínuo a frio e a seco, ou seja, sem uso de vapor ou cozimento e sem uso de solventes. A extrusão empregada nesta etapa do projeto é denominada de STHT (*Short Time High Temperature*). Para tal, os grãos de crambe entram na extrusora através de uma caixa alimentadora e passam por um conjunto de roscas helicoidais com uma série de restrições, o que proporciona um aumento de pressão e temperatura, ocorrendo a extrusão dos grãos e formando uma espécie de massa efervescente.

Após o processo de extrusão, a massa de grãos efervescente é transportada para uma prensa onde sofrem o processo de compressão (prensagem). O óleo obtido desse processo flui para o decantador e é bombeado para tanques de armazenamento.

Para realizar o refino do óleo bruto de crambe, ele foi filtrado através do filtro prensa com vazão de aproximadamente 200 L/h para retiradas de impurezas sólidas e bombeado para o reator aberto onde foi realizada a degomagem. Dentro do reator aberto, o óleo foi aquecido até uma temperatura de 80 °C. Para aquecer o óleo utilizou-se o vapor proveniente de uma caldeira que circula na serpentina do reator. Ao atingir a temperatura de 80 °C, adicionou-se um volume de água com 2% do volume de óleo e agitou-se a mistura durante alguns minutos até a formação de uma “goma”.

Para separar a goma formada do óleo utilizou-se uma centrífuga. Esse procedimento foi repetido quatro vezes para retirar o máximo de impurezas possível do óleo bruto. Após a degomagem, o óleo foi então neutralizado. No laboratório uma amostra de cerca de 100mL do óleo degomado é neutralizado com diferentes concentrações de NaOH para determinar a melhor quantidade a ser adicionada no

volume maior de óleo. Dentre as quantidades avaliadas, observou-se que uma quantidade de 3 a 4% de NaOH para neutralizar o óleo seria o ideal, contudo, para a neutralização total da amostra de óleo no reator, foi necessário dividir o processo em duas etapas e, em cada uma adicionou-se 2% de NaOH ao óleo pré-aquecido a 80 °C. Formou-se uma borra (com aspecto de sabão) que foi retirado por centrifugação. Após, o óleo é submetido a aquecimento superior a 100 °C no reator fechado. A umidade formada é retirada pela bomba de vácuo. O óleo neutralizado e desumidificado foi armazenado em reator fechado até iniciar a etapa de branqueamento.

O branqueamento do óleo de crambe foi realizado empregando uma percoladora preenchida com terra *filler* (ultra *clear*). O óleo foi aquecido a 50 °C e, então, passou pelo material adsorvente que é uma etapa que visa remover algumas impurezas solúveis do óleo, como, corantes, gomas residuais, sabões e fosfolípidos.

Nessa etapa foi avaliado o fator de perdas do óleo, quando não atingido o valor especificado na NBR 15422, o material adsorvente era substituído e o óleo circulava novamente pela percoladora. Para retirada de água remanescente no óleo, este foi aquecido a 60 °C e circulado no termovácuo até que o teor de água ficasse inferior a 200 ppm.

Para saber o teor de água do óleo nesta etapa do refino, uma alíquota do óleo de Crambe era retirada e levada ao laboratório para realizar o teste Karl Fisher. Após atendido esses parâmetros o óleo foi aditivado com TBHQ (tert-Butylhydroquinone) para melhorar a sua estabilidade termo-oxidativa. Nesta etapa, o antioxidante era pesado em balança analítica e a quantidade referente a 3% do peso do óleo a ser aditivado, era adicionada ao óleo que foi agitado para a mistura com o antioxidante e, então, o óleo estava pronto.

Após as etapas de refino, foram realizadas análises físico-químicas e dielétricas para avaliar se o óleo atende as especificações determinadas pela norma ABNT NBR 15422 e ASTM D6871 e ser utilizado como fluido isolante em transformadores elétricos.

Após a validação das características físico-químicas do óleo, realizou-se os testes de compatibilidade com os componentes internos do transformador, conforme descrito na norma ABNT NBR 16431 (Equipamento Elétrico – Determinação da compatibilidade de materiais empregados com óleo vegetal isolante).

Os componentes internos testados foram o papel kraft, a borracha nitrílica, o aço silício, a tinta de revestimento interno e fio de cobre, que foram secos em estufa a 105°C durante 16 horas. Após, colocados em dessecadores por um período de 4 horas para resfriamento à temperatura ambiente, conforme descrito na NBR 16431.

Os materiais secos foram imersos nos frascos âmbar contendo o óleo vegetal de Crambe e borbulhou-se gás nitrogênio grau super seco com pureza de 99,96% por 10 minutos em cada frasco, a uma vazão de 1 L/min, conforme NBR 16431. Os frascos foram fechados e levados à estufa para envelhecimento que foi realizado a uma temperatura de 100 °C por 164 horas. Realizou-se os testes em duplicata e preparou-se, também, uma prova em branco (sem os materiais internos), apenas com óleo.

Ao final do envelhecimento, os frascos foram retirados da estufa, aguardou-se até atingir a temperatura ambiente e retirou, com auxílio de pinças, os materiais de dentro dos frascos. Cada material ficou imerso em um frasco diferente contendo o óleo. As amostras de óleos foram submetidas aos testes de acordo com NBR 15422 e ASTM D6871.

III. RESULTADOS

Os resultados dos testes físico-químicos realizados para caracterizar o óleo de crambe antes dos testes de compatibilidade estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Características físico-químicas do óleo vegetal isolante, de acordo com NBR 15422 e ASTM D6871

ENSAIOS	UNIDADES	METODO	METODO	ASTM	RESULTADO
		ASTM D6871	NBR 15422	D6871/ NBR 15422	
Aspecto visual	-	D1524	Visual	Claro, límpido e isento de materiais em suspensão	Apresenta tonalidade clara e sem materiais em suspensão
Bifenilas Policloradas (PCB)	mg/kg	D4059	13882	Não detectável	-
Densidade a 20/4°C	g/cm ³	ISO3675	7148	0,96 máximo	0,919
Viscosidade cinemática a 20 °C	cSt	D445	10441	150 máximo	96,33
Viscosidade cinemática a 40 °C	cSt	D445	10441	50 máximo	41,68
Viscosidade cinemática a 100 °C	cSt	D445	10441	15 máximo	8,38
Fator de Perdas a 25°C	%	D924	12133	0,2 máximo	0,09
Fator de Perdas a 90°C	%	D924	12133	3,6 máximo	1,65
Fator de Perdas a 100°C	%	D924	12133	4,0 máximo	2,10
Índice de neutralização	mg KOH/g	D974	14248	0,06 máximo	0,06
Ponto de combustão	°C	D92	11341	300 mínimo	354
Ponto de fluidez/ nevoa	°C	D97	11349	-10 máximo	-12
Ponto de Fulgor	°C	D92	11341	275 mínimo	321
Rigidez dielétrica (Calota)	Kv/2,5 mm	IEC60156	60156	42 mínimo	64
Rigidez dielétrica (Disco)	Kv/2,5 mm	D877	6869	30 mínimo	48
Teor de água	ppm	D1533	10710-B	200 máximo	71
Enxofre Corrosivo		D1275	10505	Não corrosivo	Não corrosivo

Fonte: o próprio autor.

Segundo a Norma ABNT NBR 16431, os valores dos testes realizados com as amostras de óleo antes de iniciar o aquecimento e os valores obtidos a partir dos testes realizados após o aquecimento acelerado podem ter um valor máximo de variação conforme detalhado na Tabela 2 para ser considerado compatível.

Cabe ressaltar que o teor de água não é um teste exigido pela Norma utilizada, contudo, realizou-se o teste de umidade nas amostras para observar se houve em algum momento contaminação por água, o que pode acarretar numa degradação do óleo devido a umidade e não pela incompatibilidade com o componente testado e um teste em branco também foi realizado a fim de ter um parâmetro de comparação.

Tabela 2 - Variações permitidas pela ABNT NBR 16431 em relação à prova do branco

Testes	Teor de água	Viscosidade	Índice de Acidez	Fator de Perdas	Cor	Rigidez dielétrica
Variações permitidas	200ppm máximo	0,4 cSt	0,03 mg(KOH)/g	3%	0,5	10%
Branco	91	0,0	0,00	3,5	0,0	2,2
Papel Kraft	123	0,2	0,00	4,3	0,0	4,3
Borracha Nitrílica	131	0,7	0,00	56,2	0,0	2,2
Tinta	106	0,4	0,00	30,4	0,0	8,7
Fio de Cobre	118	0,4	0,03	4,6	0,0	0,0
Aço Silício	113	0,4	0,01	1,9	0,0	8,7

Fonte: o próprio autor.

O fator de perdas teve alteração em todos os componentes internos acima dos valores da normativa, exceto no aço silício, podendo sugerir que houve alguma contaminação das amostras, o que acarretou nessa variação. É possível observar que no teste do óleo com a borracha nitrílica foi o que apresentou maior teor de água e, também, o que apresentou maior variação do fator de perdas dielétricas. É possível observar que foi nesse mesmo teste em que a viscosidade sofreu alteração acima do permitido pela norma. Porém, deve-se ressaltar que o limite permitido de umidade no óleo isolante é de 200 ppm. Assim, mesmo tendo sido o teste que mais aumentou o teor de umidade do óleo (131 ppm), ainda assim esteve abaixo do limite máximo exigido para o óleo isolante.

Segundo Moreira (2000), do ponto de vista químico, a corrente dissipada através do líquido, fornece indiretamente a porcentagem de produtos polares e de partículas metálicas e está, também, relacionada com a quantidade de energia dissipada pelo material sob a forma de calor. Um fator que pode influenciar na alteração do fator de perdas dielétricas de um isolante pode ser o teor de umidade presente no óleo ou no meio. A umidade, mesmo que em pequenas quantidades, pode prejudicar as características isolantes dos líquidos, diminuindo a sua rigidez dielétrica e aumentando o fator de perdas dielétricas (MOREIRA, 2000).

Mesmo tendo aquecido os componentes internos antes de realizar os testes de envelhecimento, pode ser que tenha permanecido resquícios de água na borracha nitrílica que em contato com o óleo pode ter acelerado a sua degradação alterando o fator de perdas dielétricas.

Contudo, é importante destacar que as demais propriedades do óleo, como o índice de neutralização, cor e rigidez dielétrica, se mantiveram dentro do esperado e permitido pela normativa, assim, o maior teor de água encontrado no teste com a borracha nitrílica pode ser a possibilidade de elevação do fator de perdas dielétricas e viscosidade baixa do óleo.

IV. CONCLUSÃO

O óleo vegetal de crambe surge no cenário de energias renováveis como uma fonte alternativa e com aplicações para produção de biodiesel e, como fluido isolante para transformadores elétricos. Considerando os resultados obtidos constatou-se que, após passar pelas etapas de refino, o óleo apresentou características físico-químicas, como índice de acidez, umidade, viscosidade, fluidez, ponto de fulgor e combustão; assim como, propriedades dielétricas, como rigidez e fator de perda compatíveis com óleo mineral isolante utilizado em transformadores, com a vantagem ambiental de não conter bifenilas policloradas.

Após submetido ao envelhecimento acelerado para teste de compatibilidade conforme NBR 16431, em contato com os materiais no interior do transformador, o óleo apresentou bom desempenho nos testes de acidez, na rigidez dielétrica sem nenhuma variação de cor. Para avaliação da viscosidade apresentou bons resultados, exceto para a borracha nitrílica e para as análises de variação do fator de perdas apresentou 4,3% com o papel kraft, 56,23% com a borracha nitrílica (elastômero), 30,4% com a tinta de revestimento interno e 4,6% com o fio de cobre, acima da variação máxima permitida pela norma ABNT NBR 16431. Conforme o disposto por essa norma, a variação máxima permitida é de 3% em comparação ao teste em branco.

Esses dados podem sugerir uma baixa estabilidade do óleo de Crambe, o que acarretou variações no seu fator de perdas quando em contato com o papel kraft, a tinta, a borracha nitrílica e o fio de cobre, contudo, cabe ressaltar que no caso de uma baixa estabilidade térmica e oxidativa, os testes de acidez, rigidez, cor e viscosidade também teriam sido afetados. Ou, ainda, como o fator de perdas alterado sugere a presença de impurezas no óleo, as variações observadas, podem sugerir uma contaminação das amostras, como a presença de substâncias formadas durante o ensaio de compatibilidade ou pela presença de umidade e contato com o ar atmosférico durante os ensaios.

V. REFERÊNCIAS

ABDELMALIK, A.A.; ABBOTT, A.P.; FOTHERGILL, J.C.; DODD, S.; HARRIS, R.C. Synthesis of a base-stock for electrical insulating fluid based on palm kernel oil. **Industrial Crops and Products**, v. 33, p. 532-536, Janeiro, 2011.

ALMEIDA, L. S.; MUNIZ, P. R.; Análise de desempenho do transformador de potência isolado a óleo vegetal em relação ao transformador de potência isolado a óleo mineral. **Revista Ifes Ciências**. v.6, n.2, p.28-41, 2020.

Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 15422. Óleo vegetal isolante para equipamentos elétricos. 2015.

Associação Brasileira de Normas Técnicas: NBR 16431. Equipamento elétrico - Determinação da compatibilidade de materiais empregados com óleo vegetal isolante. 2016.

BASSEGIO, Douglas; ZANOTTO, Maurício Dutra; SANTOS, Reginaldo Ferreira; WERNCKE, Ivan; DIAS, Patrícia Pereira; OLIVO, Mateus. Oilseed crop crambe as a source of renewable energy in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 66, p. 311-321, Agosto, 2016.

BASSO, R. C.; MEIRELLES, A. J. A.; BATISTA, E. A. C.; Liquid-liquid equilibrium of pseudoternary systems containing glycerol + ethanol + ethylic biodiesel from crambe oil (*Crambe abyssinica*) at T/K= (298.2, 318.2, 338.2) and thermodynamic modeling. **Fluid Phase Equilibria**, v.333, p.55-62, 2012.

BASHI, S. M. ABDULLAHI, U. U. YUNUS, R. NORDIN, A. Use of natural vegetable oils as alternative dielectric transformer coolants. **The Institution of Engineers**. Malasya, 2006.

BERTRAND, Yves; LAUZEVIS, Patrick. Low Viscosity Insulating Liquid based on Natural Esters for Distribution Transformers. In: **Electrical Insulation Conference**. 2013, Ottawa, Canada.

BEZERRA, C. M. S.; Estimativa de custo para o tratamento de óleo mineral isolante em transformadores de energia: estudo de caso da copel. 2009. 74 folhas. Dissertação -

Programa de pós-graduação em tecnologia do PRODETEC (IEP-LACTEC). Curitiba, 2009.

CALDAS, L. F. S.; PAULA, C. E. R.; BRUM, D. M.; LEPRI, F. G.; CASSELA, R. J.; Avaliação de diferentes métodos para a determinação de cobre em óleo mineral isolante por espectrometria de absorção atômica com forno de grafite. **Química Nova**, v.37, n.5, p.776-782, 2014.

COSTA, E.; ALMEIDA, M. F.; FERRAZ, M. C. A.; DIAS, J. M.; Effect of Crambe abyssinica oil degumming in phosphorus concentration of refined oil and derived biodiesel. **Renewable Energy**, v.124, p.27-33, 2018.

EBERHARDT, R.; MUHR, H.M.; LICK, W.; WIESER, B.; SCHWARZ, R.; PUKEL, G. Partial discharge behaviour of an alternative insulating liquid compared to mineral oil. In: **IEEE International Symposium on Electrical Insulation**, 2010, p. 1–4.

EVANGELISTA, J. M. G.; ARAUJO, E.; COELHO, F. E. B.; FERRAZ, V. **Estudo do envelhecimento acelerado de um novo óleo vegetal isolante, à base de pinhão-manso, para uso em transformadores elétricos.** Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.7, n.4, p. 359- 382, 2018.

FRANCH, V. S. **Avaliação da compatibilidade de óleos vegetais isolantes com materiais internos do transformador.** Curitiba, 2010. 128 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais) – Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

FANG, Yuan; LUO, Yunbai; YU, Ping. Determination of antioxidants in vegetable insulating oils by HPLC. **Journal of Renewable and Sustainable Energy**, Melville, NY, v. 8, p. 01-10, Junho 2016.

FERNÁNDEZ, Inmaculada; ORTIZ, Alfredo; DELGADO, Fernando; RENEDO, Carlos; PÉREZ, Severiano. Comparative evaluation of alternative fluids for power transformers. **Electric Power Systems Research**, v. 98, p. 58-69, Fevereiro 2013.

FONSECA, M. M.; YOSHIDA, M. I.; Análise térmica do óleo de linhaça natural e oxidado. **Vértices**, v.11, n.1/3, p.61-75, 2009.

FRIEDENBERG, L. E.; SANTANA, R. M.; Propriedades de óleos isolantes de transformadores e a proteção do meio ambiente. In: **IX Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental**, 2014, Porto Alegre – RS.

GASSER, Hans Peter; WEIDMANN, Christoph Krause; LASBROOK, Mark; MARTIN, Russel. Aging of Pressboard in Different Insulating Liquids. In: **IEEE 17th International Conference on Dielectric Liquids**, 2011, Norway.

GARCIA, B.; ORTIZ, A.; RENEDO, C.; GARCIA, D. F.; MONTERO, A.; Use Performance and Management of Biodegradable Fluids as Transformer Insulation. **Energies**. v.14. p.1-18, 2021.

GOMES, A. L. **Desenvolvimento e aplicação de espumas uretânicas para a adsorção de bifenilas policloradas em óleo mineral isolante.** Curitiba, 2006. 101 p. Dissertação (Mestrado Profissionalizante - PRODETEC) - Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento e Instituto de Engenharia do Paraná.

GÓMEZ, N. A.; WILHELM, H. M.; SANTOS, C. C.; STOCCO, B. Dissolved Gas Analysis (DGA) of Natural Ester Insulating Fluids with Different Chemical Compositions. **IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation**, v. 21, p. 1071-1078, Junho, 2014

- KAMAL, M. S. Ahmad; BASHIR, N.; MUHAMAD, N. A. Insulating Properties of Vegetable Oils and Their Blends. In: **IEEE 7th Internacional Power Engineering and optimization conference**. Malasya, Junho, 2013.
- KANOH, Takaaki; IWABUCHI, Hiroyuki; HOSHIDA, Yoshiyuki; YAMADA, Junichi; HIKOSAKA, Tomoyuki; YAMAZAKI, Akina; HATTA, Yasunori; KOIDE, Hidenobu. **Analyses of Electro-Chemical Characteristics of Palm Fatty Acid Esters as Insulating Oil**. 2008.
- LARA-FIOREZE, A.C.C.; TOMAZ, C.A.; FIOREZE, S.L.; PILON, C.; ZANOTTO, M.D. Genetic diversity among progenies of *Crambe abyssinica* Hochst for seed traits. **Industrial Crops and Products**, v. 50, p. 771-775, Julho, 2013.
- LEÃO, F. E.; SANTOS, J. F.; BARBOSA, R. M.; VIEIRA, R. D.; Accelerated ageing as a vigour test for *Crambe abyssinica* seeds. **AJCS**, v.10, n.5, p.660-665, 2016.
- LEOPOLDINO, Reginaldo. Estudo sobre gases dissolvidos em óleos vegetais isolantes – influência de arco elétrico e superaquecimento. 2011. 87 folhas. **Dissertação – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo**. São Carlos, 2011.
- MALLÉGOL, J.; LEMAIRE, J.; GARDETTE, J. L. Drier Influence in the curing of linseed oil. **Progress in Organic Coatings**, London, v. 39, n. 2, p. 107 – 113, 2000.
- MANDARINO, J. M. G.; Tecnologia para produção do óleo de soja: descrição das etapas, equipamentos, produtos e subprodutos / José Marcos Gontijo Mandarino, Antônio Carlos Roessing. - Londrina: **Embrapa Soja**, 2001 40p.
- MARTINS, M. Augusta G. Será o óleo vegetal um possível substituto do óleo mineral para transformadores? Comparação da degradação térmica do sistema óleo vegetal /papel kraft com a do óleo mineral/ papel kraft. **Ciência & Tecnologia dos Materiais**, v. 20, p. 15-20, 2008.
- MELLO, Bruna Tais Ferreira de; GONÇALVES, Jose Eduardo; RODRIGUES, Giovana de Menezes; CARDOZO-FILHO, Lucio; SILVA, Camila da. Hydroesterification of *Crambe* oil (*Crambe abyssinica* H.) under pressurized conditions. **Industrial Crops and Products**. v, 97, p. 110-119, 2017.
- MELO, Maria Andrea Mendes Formiga. Avaliação das Propriedades de Óleos Vegetais visando a Produção de Biodiesel. 2010. 114 folhas. **Dissertação –Universidade Federal da Paraíba**. João Pessoa, Outubro 2010.
- MESSIAS, Karina L. da Silva. Dôssie Antioxidantes. **Food e ingredientes do brasil**. n. 6, p. 16-30, 2009.
- MEYERS, S. D.; KELLY, J.J.; PARRISH, R.H. A guide to transformer maintenance. Ohio: **Transformer Maintenance Institute**, 1982.
- MÓDENES, A. N.; SANDERSON, K.; TRIGUEROS, D. E. G.; SCHUELTER, A. R.; QUINONES, F. R. E.; NEVES, C. V.; ZANÃO, L. A. Jr.; KROUMOV, A. D.; Insights on the criteria of selection of vegetable and mineral dielectric fluids used in power transformers on the basis of their biodegradability and toxicity assessments. **Chemosphere**, v.199, p.312-319, 2018.
- MOHAMAD, N. A.; AZIS, N.; JASNI, J.; AB KADIR, M. Z. A.; YUNUS, R.; ISHAK, M. T.; Z. YAAKUB, Z. A Study on the Dielectric Properties of Palm Oil and Coconut Oil. In: **IEEE International conference Power & Energy**. 2014.

OLIVEIRA, R. C. de; REIS, A. C. C. S.; AGUIAR, C. G.; VIECELLI, C. A.; PRIMIERI, C.; TOMASI, G. A.; BLEIL Jr, H. G.; ANDRADE, M. A. A.; VIANA, O. H. **Boletim Técnico: Agroindustrialização do Crambe**. 2ª Ed. Cascavel: Gráfica Assoeste e Editora Ltda. 2015.

Oommen, T. V.; Claiborne C. C.; **US Patent 5, 949, 017** 1999. ABB Power T&D Company Inc. (Raleigh, NC). Electrical transformers containing electrical insulation fluids comprising high oleic acid compositions.

PUKEL, G.J.; EBERHARDT, R.; MUHR, H.M.; BAUMANN, F.; LICK, W. Large power transformers for alternative insulating fluids. In: **Proceedings of the 16th International Symposium on High Voltage Engineering**, 2009, p. 1–4.

RAFIQ, M.; LV, Y. Z.; ZHOU, Y.; MA, K. B.; WANG, W.; LI, C. R.; WANG, Q. Use of vegetable oils as transformer oils – a review. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 52, p. 308-324, Agosto, 2015.

RAO, M. U.; FOFANA, I.; JAYA, T.; CELIS, E. M. R.; JALBERT, J.; PICHER, P.; Alternative Dielectric Fluids for Transformer Insulation System: Progress, Challenges, and Future Prospects. **IEEE Access**. v.7, p.184552-184571, 2019.

ROGÉRIO, Flávia; SILVA, Tiago Roque Benetoli da; SANTOS, Juciléia Irian dos; POLETINE, Juliana Parisotto. Phosphorus fertilization influences grain yield and oil content in crambe. **Industrial Crops and Products**, v. 41, p. 266-268, 2013.

ROSA, Helton Aparecido; WAZILEWSKI, Willian Tenfen; SECCO, Deonir; CHAVES, Luiz Inácio; VELOSO, Gustavo; SOUZA, Samuel Nelson Melegari de; SILVA, Marcelo José da; SANTOS, Reginaldo Ferreira. Biodiesel produced from crambe oil in Brazil - A study of performance and emissions in a diesel cycle engine generator. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v, 38, p. 651-655, Julho, 2014.

SANTOS, Katia Andressa; BARICCATTI, Reinaldo Aparecido; CARDOZO-FILHO, Lucio; SCHNEIDER, Ricardo; PALU, Fernando; SILVA, Camila da; SILVA, Edson Antonio da. Extraction of crambe seed oil using subcritical propane: Kinetics, characterization and modeling. **The Journal of Supercritical Fluids**. v, 104, p. 54-61, Junho, 2015.

SANTOS, Juciléia Irian dos; SILVA, Tiago Roque Benetoli da; ROGÉRIO, Flávia; SANTOS, Reginaldo Ferreira; SECCO, Deonir. Yield response in crambe to potassium fertilizer. **Industrial Crops and Products**, v. 43, p. 297-300, 2013.

SHEN, Z.; WANG, F.; WANG, Z.; LI, J.; A critical review of plant-based insulating fluids for transformer: 30-year development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v.141, p.1-19, 2021.

SILVA, Claudia R.; CARVALHO, Maria W. N. C.; CONRADO, Líbia de S.; FOOKS, Marcus V. L.; LEITE, Krsthianna P. dos S. Caracterização físico-química e dielétrica de óleos biodegradáveis para transformadores elétricos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p. 229-234, Campo Grande, 2012.

SILVEIRA, E. V.; VILELA, L. S.; CASTRO, C. F. S.; LIÃO, L. M.; NETO, F. F. G.; OLIVEIRA, P. S. M.; Chromatographic characterization of the crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) oil and modeling of some parameters for its conversion in Biodiesel. **Industrial Crops and Products**, v.97, p.545–551, 2017.

SIMONE, G.; **O uso de óleo vegetal em transformadores de distribuição de energia elétrica**. 2017. 40f. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá – SC, 2017.

SINGHA, Santanu; ASANO, Roberto Jr.; FRIMPONG, George; CLAIBORNE, C. Clair; CHERRY, Don. Comparative Aging Characteristics between a High Oleic Natural Ester Dielectric Liquid and Mineral Oil. **IEEE Transactions on dielectrics and electrical insulation**, v. 21, p. 149-158, Fevereiro, 2014.

SITORUS, Henry B.H.; SETIABUDY, Rudy; BISMO, Setijo; BEROUAL, Abderrahmane. Jatropha Curcas Methyl Ester Oil Obtaining as Vegetable Insulating Oil. **IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation**. v, 23, p.2021-2028, Agosto, 2016.

SZMATOŁA, M.; CHROBAK, J.; GRABOWSKI, R.; ILOWSKA, J.; WOCH, J.; SZWACH, I.; SEMENIUK, I.; DRABIK, J.; WRONA, M.; KOZDRASH, R.; ORLINSKA, B.; GRYMEL, M.; Spectroscopic Methods in the Evaluation of Modified Vegetable Base Oils from *Crambe abyssinica*. **Molecules**, v.23, p.1-18, 2018.

SOUČEK, Jakub; HORNAK, Jaroslav; SVOBODA, Michal; GUTTEN, Miroslav; KOLTUNOWICZ, Tomasz. Comparison of the Electrical Properties of Canola Oil with Commercially Available Mineral Oil. **IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation**, 2015.

STOCCO, M. B. C. Avaliação do potencial de aplicação de óleos vegetais como fluido isolantes em transformadores de distribuição de rede elétrica. 2009. 129 folhas. **Dissertação (Mestrado em engenharia e ciência dos materiais)**, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 2009.

THOMAZ, Marcos Surian; LIMA, Isaura Alberton; ROMANO, Cezar Augusto; OLIVEIRA, Ivanir Luis de; STADLER, Carlos Cezar; GUEIBER, Daniel. Aspectos sobre responsabilidade ambiental e tratamento de resíduos de óleo isolante mineral em uma empresa de energia elétrica do sul do brasil: um estudo de caso. In: **IX Simpósio Internacional Processo Civilizador**, 2005, Ponta Grossa – PR.

TRENTINI, C. P.; POSTAUE, N.; FILHO, L. C.; SILVA, C.; Waste oil/crambe oil blends for ethyl ester production under supercritical conditions. **Journaul of Supercritical Fluids**, v.163, p.1-8, 2020.

TRNKA, Pavel; MENTLIK, Vaclav; HORNAK, Jaroslav; CEJKOVÁ, Anna; TOTZAUER, Pavel. Natural Esters as Insulating Fluids – Some Other Features. **IEEE Transactions on dielectrics and electrical insulation**, p. 641-644, 2016.

TULIO, L. Estudo do envelhecimento acelerado de óleo vegetal isolante em escala laboratorial. 2008. 123 folhas. **Dissertação – Instituto de tecnologia para o desenvolvimento (LACTEC)**, Curitiba, PR. 2008.

VIANA, O. C.; **Cultivo de Crambe na região oeste do paraná**. Dissertação (Mestrado). 2012. 62 f. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 2012.

VIECELLI, C. A.; TOMASI, G. F.; SANTOS, A. C. C.; AGUIAR, C.; PRIMIERI, C.; BLEIL, H. G.; ANDRADE, M. A.; VIANA, O. H.; Produtividade do Crambe em diferentes adubações, época de semeadura e densidade de plantas. **Revista Varia Scientia Agrárias**. v.5, n.2, p.69-78, 2017.

WAZILEWSKI, Willian Tenfen; BARICCATTI, Reinaldo Aparecido; MARTINS, Gislaine Iastiaque; SECCO, Deonir; SOUZA, Samuel Nelson Melegari; ROSA, Helton

Aparecido; CHAVES, Luiz Inácio. Study of the methyl crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) and soybean biodiesel oxidative stability. **Industrial Crops and Products**, v. 43, p. 207-212, 2013.

WILHELM, H. M.; FEITOSA, L.; SILVA, L. L.; CABRINO, A.; RAMOS, L. P. Evaluation of In-service Oxidative Stability and Antioxidant Additive Consumption in Corn Oil Based Natural Ester Insulating Fluid. **IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation**, v. 22, p. 864-869, Abril, 2015.

WILHELM, H. M., GRANATO, R. C., TULIO, BATISTA, D. A., STOCCO, G. B., SABEC, D., OLIVEIRA, J., UHREN, W., JASINSKI, R., NUNO G. ADONIS, N. G., JÚNIOR, S. B. G. Desempenho de óleo vegetal isolante frente ao envelhecimento acelerado. **Anais do Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica**, Outubro, 2007.

WILHELM, H. M.; TULIO, L.; UHREN, W. **Produção e uso de óleos vegetais isolantes no setor elétrico**. 2009. Disponível em: <www.brasilengenharia.com.br> Acesso em: 09 Mar 2017.

YANG, Lijun; LIAO, Ruijin; CAIXIN, Sun; ZHU, Mengzhao. Influence of Vegetable Oil on the Thermal Aging of Transformer Paper and its Mechanism. **IEEE Transactions on dielectrics and electrical insulation**, v. 18, p. 692-700, Julho 2011.

ZANINI, B. K.; **Análise comparativa entre o uso de transformadores a seco e a óleo em subestações de média tensão**. Monografia (Graduação). 2016. 67 f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS. 2016.

ZIRBES, R.; ROLIM, J. G.; ZURN, H. H.; **Metodologias para avaliação e diagnóstico do estado de isolamentos de papel impregnado com óleo mineral**. *Sistemas de Potência: Sba Controle & Automação*. v.16, n.3, 2005.

VI. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e a Fundação Araucária/PR

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS E TÉCNICAS DE PERFURAÇÃO DE POÇOS PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA GEOTÉRMICA, PETRÓLEO E GÁS

COMPARATIVE ANALYSIS OF WELL DRILLING COSTS AND TECHNIQUES FOR WATER AND GEOTHERMAL ENERGY PRODUCTION

Thales Maluf¹
Nazem Nascimento²

Resumo – O desenvolvimento da sociedade atual depende da exploração de fontes energéticas das mais diferentes naturezas. Ao longo dos últimos anos, as jazidas de petróleo foram o principal foco de exploração por conta do elevado conteúdo energético associado a esse recurso. No entanto, em função de uma série de problemas que impactaram diretamente o meio ambiente e a qualidade de vida da população, passou-se a buscar fontes alternativas para geração de energia que causassem um impacto reduzido. Nesse contexto, surgiu a energia geotérmica, que, assim como o petróleo e gás, exige uma perfuração do solo para que possa ser extraída, o que proporcionou uma colaboração entre especialistas das duas áreas para um possível desenvolvimento nos processos de extração. Nesse sentido, o principal objetivo do presente trabalho é a ampliação no conhecimento acerca da exploração dessas fontes energéticas através realização de uma comparação técnico-econômica entre os processos de perfuração associados.

Palavras-chave: Comparação. Petróleo. Gás. Energia Geotérmica.

Abstract - The development of today's society depends on the exploitation of a variety of energy sources from different natures. Over the past few years, oil deposits have been the focus of exploration because of the high energy content associated with this resource. However, due to a series of problems that directly impacted the environment and the population's well-being, alternative sources for energy generation with reduced impact were sought. In this context, geothermal energy emerged, and like oil and gas, requires drilling processes to be extracted, which made a collaboration between specialists from both areas possible to achieve development in the extraction processes. In this sense, the main goal of

¹ Estudante de graduação em Engenharia Mecânica (UNESP/Guaratinguetá-SP). Contato: t.maluf@unesp.br

² Doutor em Mecânica (Technische Hochschule Darmstadt/Darmstadt-Alemanha); Pesquisador Visitante do Programa PRH-ANP/Finep 34.1 e professor do departamento de Engenharia Mecânica (UNESP/Guaratinguetá-SP). Contato: nazem.nascimento@unesp.br

this work is the expansion of knowledge about the exploration of these energy sources through a costs and technical comparative analysis between the associated drilling processes.

Keywords: *Comparative Analysis. Oil. Gas. Geothermal Energy.*

I. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da sociedade atual gira em torno do montante de energia possuída e seu consequente consumo (GOLDEMBERG; VILLANUEVA, 2003). A obtenção dessa energia passa diretamente pela exploração de recursos naturais, definidos por Brito (2006) como recursos que se originam sem qualquer intervenção humana, os quais se constituem não apenas como matéria prima para a geração de energia, mas como importantes elementos para manutenção da vida da população. Alguns desses recursos que se apresentam como soluções energéticas importantes em diferentes ocasiões são a geotermia, o petróleo e o gás.

O petróleo e o gás são recursos naturais não renováveis e que, portanto, não podem ser recolocados pelo homem ou renovados pelo próprio ambiente após a exploração, o que torna necessário que seu processo exploratório seja equilibrado a ponto de preservar a existência desses recursos (OECD, 2021). Tanto o petróleo quanto o gás são constituídos por cadeias de hidrocarbonetos misturados com não hidrocarbonetos formados em reservatórios de subsuperfície, apresentando como principal diferença sua consistência física, uma vez que o petróleo se apresenta em estado líquido, enquanto o gás natural se apresenta em estado gasoso ou em solução com o petróleo (SELLEY; SONNENBERG, 2016). Esses recursos, muitas vezes tratados como um único recurso por conta de sua mesma origem e composição, são formados a partir da degradação, por parte de bactérias, de matéria orgânica e inorgânica depositada em regiões sedimentares ficando armazenados em rochas reservatório de baixa permeabilidade no subsolo (FARAH, 2013). Sua principal utilização na atualidade é para a geração de energia, especialmente para a movimentação de automóveis, trens, aviões e navios pelo processo de combustão de seus derivados, embora sejam empregados em outras áreas como na lubrificação, pavimentação de estradas e na área industrial no caso do petróleo bruto, e na área residencial no caso do gás natural (FARAH, 2013; TEIXIERA, 2015).

A geotermia, ou energia geotérmica, é um recurso natural renovável, ou seja, que possui um processo natural de reabastecimento e crescimento após serem explorados (OECD, 2021), que consiste na energia térmica extraída do interior do planeta a partir da água existente nas bacias subterrâneas, que absorvem esse calor proveniente das camadas mais interiores da terra a ponto de sofrerem alteração de estado (ANJOS, 2021). O recurso hídrico subterrâneo aquecido em geral fica confinado em rochas porosas sendo cercadas por rochas impermeáveis dando origem aos reservatórios subterrâneos, embora existam manifestações naturais de água aquecida na superfície como é o caso dos *hot springs* e dos gêiseres (BLODGETT; SLACK, 2009). Segundo Blodgett e Slack (2009), a energia geotérmica é aproveitada de três formas: para utilização direta, onde o recurso dos reservatórios é usado diretamente para determinadas atividades, para geração de energia elétrica, onde o vapor d'água é utilizado para a movimentação das turbinas ligadas a geradores, e para o controle térmico de ambientes através das bombas de calor.

De forma geral, o processo de construção dos poços para a extração de energia geotérmica, petróleo e gás consiste em uma mesma sequência de operações. A perfuração é iniciada após um processo de planejamento do poço, estudo da geologia do local através de métodos geofísicos, preparação da área a ser perfurada (instalação de

fontes de abastecimento de água, construção de estradas de acesso, construção de áreas de descarte, dentre outros processos) e instalação da sonda de perfuração em conjunto com todas as estruturas adicionais. O processo de perfuração é feito em etapas de modo a garantir a integridade estrutural do poço. Nesse processo, são perfuradas seções de dimensões pré-definidas as quais são revestidas e cimentadas completamente para que a próxima seção possa ter sua perfuração iniciada. Em seguida, é feito um processo de completação, possibilitando a entrada dos recursos para o interior do poço, e a extração que pode ocorrer de maneira natural ou através de bombeamento (PURBA et al., 2022; DIPIPO, 2012).

No entanto, apesar do procedimento ser extremamente semelhante, algumas modificações nos elementos das sondas e nos materiais utilizados para auxiliar a perfuração devem ser realizadas por causa nas diferenças entre as configurações geológicas. Enquanto petróleo e gás são encontrados em reservatórios sedimentares, a energia geotérmica é encontrada em solos abrasivos, fraturados de elevada dureza (LUKAWSKI et al., 2014). Desse modo, o objetivo do presente trabalho é ampliar o conhecimento acerca desses procedimentos de perfuração através de uma comparação técnico-econômica entre eles.

II. METODOLOGIA

Para a realização da análise comparativa das técnicas de perfuração, tomou-se como base uma revisão bibliográfica detalhada de livros, artigos de alta relevância, dissertações, dentre outras fontes. Ao longo dessa revisão, foi dado um enfoque nos métodos de perfuração mais comumente empregados, nos tipos de broca utilizados, nos fluidos de perfuração, no revestimento, na cimentação e nas dimensões do poço (profundidade e diâmetro).

Para a realização da análise de custos, foram buscadas informações estruturais de poços em bases de dados disponíveis para acesso na internet, de forma a serem selecionados 16 poços perfurados para a extração de petróleo e gás e 16 poços perfurados para a extração de energia geotérmica, todos verticais e perfurados em ambiente terrestre (*onshore*). A partir de estudos realizados por Lukawski et al. (2014), onde foram desenvolvidos experimentalmente modelos matemáticos que fornecem uma previsão média de custos de perfuração e completação de poços, foram obtidas equações capazes de estimar custos da construção de poços de produção com base em sua profundidade. Para estimar os custos de perfuração e completação de poços para a exploração de petróleo e gás os autores desenvolveram a equação (1):

$$CTOG = 1,65 \times 10^{-5} \times (PM)^{1,607} \quad (1)$$

, onde CTOG se refere ao custo total do poço em milhões de dólares americanos e PM se refere à profundidade medida em metros. Para estimar os custos de perfuração e completação de poços para a exploração de energia geotérmica os autores desenvolveram a equação (2):

$$CTG = 1,72 \times 10^{-7} \times (PM)^2 + 2,3 \times 10^{-3} \times PM - 0,62 \quad (2)$$

, onde CTG se refere ao custo total para a construção do poço em milhões de dólares americanos e PM a profundidade medida em metros.

As equações matemáticas explicitadas pela equação (1) e pela equação (2) foram desenvolvidas para custos referentes ao ano de 2009. Portanto, para poços perfurados em anos anteriores, foi necessário utilizar um índice de custo que permitisse uma atualização desses valores para o ano de 2009. No presente trabalho, o índice utilizado foi o Cornell Energy Institute Index (CEI Index), o qual é válido apenas para poços petrolíferos, de modo, que para os poços geotérmicos, por conta da inexistência de um índice de custo apropriado, não foram feitas correções.

É válido ressaltar também que esse método, por falta de dados disponíveis, não leva em consideração fatores relacionados à complexidade da perfuração em função das formações rochosas, apenas a profundidade perfurada.

III. RESULTADOS

3.1 – Comparação de técnicas

A partir do estudo de revisão realizado, algumas comparações técnicas relativas a perfuração de poços petrolíferos e geotérmicos puderam ser desenvolvidas, dando origem à Tabela 1.

Tabela 1 – Análise Comparativa de Técnicas de Perfuração

	Métodos de perfuração	Brocas	Fluido de Perfuração	Revestimento	Cimentação	Profundidades	Diâmetro
Geotermia	Majoritariamente rotopercussivo (com martelo DTH)	Majoritariamente tricônicas ou "drag bits" com insertos diamantados (diamante natural)	Fluidos a base de água com soda caustica e potássio caustico e fluidos a base de ar (lamas aeradas e espumas)	Termoplásticos, fibra de vidro com aditivos e aço inox. Revestimento em <i>casing strings</i> .	Limitar deformação do revestimento por conta da alta pressão	Centenas de metros (uso direto e para controle térmico) a milhares de metros (para produção de energia), usualmente abaixo de 5 km	Superficial: 40 a 120 cm Produção: 18 a 24.5 cm
Petróleo e Gás	Majoritariamente rotativo com circulação direta	Sem partes móveis com PDC ou tricônicas com insertos de carbeto de tungstênio	Lama bentonítica majoritariamente	Revestimento metálico e feito em <i>casing strings</i> .	Proteção contra corrosão do revestimento	Apenas em milhares de metros, podendo alcançar profundidades de até 10 km (usualmente abaixo de 7 km)	Superficial: 40 a 120 cm Produção: 11.5 a 13 cm

Com relação aos métodos de perfuração mais empregados para a exploração desses recursos, há uma influência muito grande das características das formações onde são usualmente armazenados. Em função dos recursos geotérmicos serem armazenados em formações mais duras e abrasivas, a perfuração por métodos rotopercussivos com uso do martelo *down-the-hole* são mais comuns, uma vez que foi comprovado empiricamente que esses métodos garantem maior taxa de penetração nesse tipo de formação (SAPINSKA SLIWA et al., 2015). Já o petróleo e o gás são encontrados em formações sedimentares de caráter um pouco menos exigente em termos de dureza e abrasão, de modo que o método rotopercussivo acaba por gerar constantes problemas exigindo constante manutenção do sistema, tornando o método rotativo com circulação direta de fluido de perfuração o método mais comum. As brocas também são elementos diretamente influenciados pelas características das formações rochosas, sendo que para as formações abrasivas e duras onde os recursos geotérmicos são encontrados o tipo de broca mais recomendado é o tipo sem partes móveis com insertos de diamante natural,

os quais possuem elevada resistência à variação térmica. Para formações sedimentares, as brocas sem partes móveis com insertos de diamante policristalino (PDC) ou as brocas tricônicas com insertos de carbeto de tungstênio são as mais eficientes muito por garantirem um melhor custo-benefício e não poderem ser empregadas em formações abrasivas serem terem sua composição química comprometida (THOMAS, 2001).

Os fluidos de perfuração, o revestimento e a cimentação também são influenciados diretamente pela formação rochosa do local de armazenamento, pois necessitam garantir não somente a proteção do poço, mas também a sua sustentação. Os fluidos de perfuração particularmente, ainda são fundamentais para garantir a eficiência da perfuração resfriando a broca e carregando dejetos para a superfície. Na perfuração de poços geotérmicos, fluidos a base de ar são preferíveis de serem empregados, primeiramente por conta de as formações serem mais consolidadas e não exigirem uma sustentação elevada, pelo fato de se adaptar melhor em condições de elevada temperatura e pressão e por não causar problemas como entupimento na saída do fluido, o que para os métodos rotoperçussivos que utilizam fluidos a base de água é muito comum (CULVER, 1991; DIPIPO, 2012). Na perfuração de poços petrolíferos a lama bentonítica, que seria uma mistura de água com bentonita, é o fluido mais empregada por conta de sua elevada viscosidade, que garante o carregamento de partículas com mais facilidade, e elevada densidade, que garante uma pressão hidrostática em níveis ideais para a previsão contra o desmoronamento (THOMAS, 2001). Já o revestimento é definido principalmente com base nas solicitações previstas durante a descida no poço e solicitações durante sua vida em operação (THOMAS, 2001). No caso dos poços petrolíferos os revestimentos mais empregados são os metálicos e de aços especiais por se adaptarem melhor as solicitações impostas por formações sedimentares, embora exijam películas para impedir corrosão e contaminação da água (SOUZA; VELOSO, 2017). No caso de poços para exploração de energia geotérmica além de aços inox, materiais como termoplásticos e fibras de vidro com aditivos são empregados como materiais por conta do seu bom comportamento em elevadas temperaturas, a resistência à chamada *burst pressure* e especialmente à elevada resistência a corrosão em função da elevada produção de H₂S e de fluidos com elevada concentração de sal (CULVER, 1991; FINGER; BLANKENSHIP, 2010). Já a cimentação, que consiste no bombeamento de uma pasta de cimento pelo interior do poço preenchendo o espaço anular entre o revestimento e a formação, tem papel essencial na sustentação (SOUZA; VELOSO, 2017). No entanto, em poços petrolíferos, uma de suas principais funções, além das essenciais, é a proteção contra a corrosão por parte de fluidos vindos da formação rochosa para o interior do poço, enquanto nos poços geotérmicos, ela tem a principal função de evitar o colapso do poço por conta da elevada pressão e temperatura (PURBA et al., 2022).

Com relação a profundidade dos poços, a partir da análise das bases de dados de diferentes países, foi observado que, em média, as profundidades perfuradas com maior frequência tanto para poços petrolíferos verticais onshore e poços geotérmicos ficam entre 1 e 4 km de profundidade. No entanto, foi observado que os poços petrolíferos verticais onshore atingem profundidades próximas aos 7 km, o que, até o presente momento, não foi conseguido na perfuração de poços geotérmicos, os quais já atingiram, no máximo, profundidades próximas aos 5 km.

3.2 – Comparação de Custos

A determinação dos custos de perfuração a partir do uso das equações (1) e (2) desenvolvidas por Lukawski et al. (2014) e dos dados coletados em bases de dados

disponíveis em sites de diferentes países garantiu resultados que foram organizados na Tabela 2 e na Tabela 3.

Tabela 2 – Custos de perfuração de poços para extração de petróleo e gás

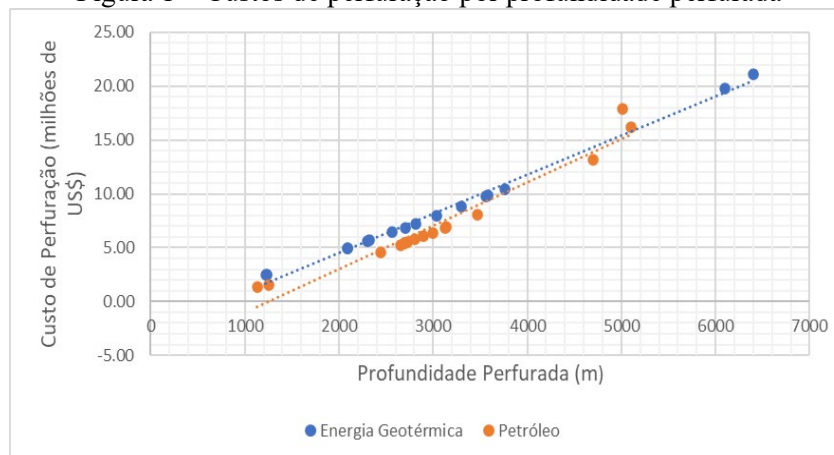
Nome	País	Profundidade total (pés)	Profundidade total (m)	Ano	Custo Total (Milhões US\$)	Custo/m (US\$/m)
Cypress 28 Federal #H001	EUA	10275	3132	2009	6.84	2184.98
7-SE-58-RN	Brasil	10295	3138	2007	6.91	2203.47
Cypress 33 Federal #H002	EUA	11400	3475	2009	8.09	2327.25
Frye 11	EUA	4135	1260	2007	1.55	1230.33
Federal 9-12-9-18	EUA	15433	4704	2009	13.16	2796.87
Myox 16 State COM #007	EUA	8836	2693	2009	5.37	1993.60
Wyat Draw 29 State COM #001	EUA	9850	3002	2009	6.39	2129.47
Boomerang BTR State #002	EUA	9500	2895	2009	6.03	2083.07
Banjo BNO Federal #001	EUA	8700	2652	2009	5.24	1975.12
Wild Cap State #005H	EUA	9223	2811	2009	5.75	2046.17
Cholla 1 Federal #014	EUA	8950	2728	2009	5.48	2009.28
Caprock 35 State #001H	EUA	8859	2700	2009	5.39	1996.74
Mobil Federal #010	EUA	8024	2446	2009	4.60	1880.52
7-CAM-1278-RN	Brasil	3708	1130	2009	1.33	1176.80
Judd Estate State	EUA	19140	5009	2007	17.89	3571.04
Benedict	EUA	19488	5100	2008	16.16	3169.44

Tabela 3 – Custos de perfuração de poços para extração de energia geotérmica

Nome	País	Profundidade total (pés)	Profundidade total (m)	Ano	Custo Total (US\$)	Custo/m (US\$/m)
AWI 7-8	Indonésia	9250	2819	2008	7.23	2564.93
AWI 20-1	Indonésia	8872	2704	2008	6.86	2535.80
US-1	EUA	10825	3299	2009	8.84	2679.49
US-2	EUA	8425	2568	2009	6.42	2500.26
US-3	EUA	7622	2323	2009	5.65	2432.66
IDDP-1	Islândia	6877	2096	2009	4.96	2364.71
US-10	EUA	11753	3582	2010	9.83	2743.02
US-11	EUA	12340	3761	2010	10.46	2782.04
US-12	EUA	11687	3562	2010	9.75	2738.60
US-13	EUA	9976	3041	2010	7.96	2619.17
New Zeland 1	Nova Zelândia	7566	2306	2008	5.60	2427.77
New Zeland 2	Nova Zelândia	6847	2087	2008	4.93	2361.89
New Zeland 3	Simulação	20001	6096	2008	19.79	3246.81
LC-US-3	EUA	4050	1234	2009	2.48	2009.82
LC-US-2	EUA	4010	1222	2009	2.45	2002.82
Impact Tech 1	Simulação	21001.681	6401	2012	21.15	3304.11

A Figura 1 a seguir ilustra graficamente os resultados obtidos a partir da análise.

Figura 1 – Custos de perfuração por profundidade perfurada



Fonte: Autores, 2022

Através da Tabela 2 e da Tabela 3 é possível observar que, de forma geral, a perfuração de poços dentro do intervalo de profundidade mais comum entre poços petrolíferos e geotérmicos, que seria de 1 a 4 km aproximadamente, o custo de perfuração por metro perfurado de poços geotérmicos, que seria de 2483,07 US\$/m em média, é superior ao custo de perfuração por metro perfurado de poços para extração de petróleo e gás, que seria de 1941,29 US\$/m em média.

No entanto, através da Figura 1, é possível verificar que, para profundidades próximas dos 5500 metros, há uma tendência de cruzamento entre as retas, indicando que, a partir dessa faixa de profundidade, os custos de poços para extração de petróleo e gás se tornam superiores aos custos referentes a extração de energia geotérmica.

IV. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, foi observado que existem similaridades evidentes entre os mecanismos referentes aos processos extrativos, visto que todos passam por, praticamente, os mesmos procedimentos. No entanto, em função das diferenças entre a composição química dos recursos analisados, e principalmente das características dos reservatórios onde são encontrados, surgem diferenças em termos de métodos de perfuração mais empregados, tipos e materiais de brocas, fluidos de perfuração, revestimento, função principal da cimentação e diferenças estruturais.

Em se tratando dos custos associados, a análise demonstrou que para intervalos de profundidade mais comuns entre poços petrolíferos e geotérmicos (1 a 4 km), os poços geotérmicos apresentaram custo médio por unidade de comprimento superior ao custo médio de poços petrolíferos. Isso está diretamente associado às condições excessivamente exigentes em que a exploração de energia geotérmica se dá, tornando-se necessário uma tecnologia mais avançada e conseqüentemente mais custosa. No entanto, foi observada uma tendência de que, para poços de profundidade próxima dos 5500 metros, os poços petrolíferos se tornem mais caros do que os poços geotérmicos.

V. REFERÊNCIAS

ANJOS, Henrique Vilela Pinto dos. **Estimativa do Potencial Mundial e Brasileiro do Aproveitamento de Energia Geotérmica para Geração de Eletricidade e Uso Direto.** Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10024896.pdf>. Acesso em 20 set 2021.

- BLODGETT, Leslie; SLACK, Kara. **Geothermal 101: basics of geothermal energy production and use**. Washington, 2009.
- BRITO, Maria Campos Alves de. **Desenvolvimento compartilhado de reservatórios comuns entre Estados**. Rio de Janeiro, 2006.
- CULVER, Gene. **Geothermal Direct Use Engineering and Design Handbook**. Idaho, 1991.
- DIPIPO, Ronald. **Geothermal Power Plants: principles, applications, case studies and environmental impact**. Dartmouth, 2012.
- FARAH, Marco Antônio. **Petróleo e seus Derivados: definição, constituição, aplicação, especificações, características de qualidade**. Rio de Janeiro, 2013.
- FINGER, John; BLANKENSHIP, Doug. **Handbook of Best Practices for Geothermal Drilling**. Albuquerque, 2010.
- GOLDEMBERG, José; VILLANUEVA, Luz Dondero. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento**. São Paulo, 2003.
- LUKAWSKI, Maciej Z.; Anderson, Brian J.; AUGUSTINE, Chad; CAPUANO JR., Louis E.; BECKERS, Koenraad F.; LIVESAY, Bill; TESTER, Jefferson W. Cost analysis of oil, gas and geothermal well drilling. **Journal of Petroleum Science and Engineering [on-line]**. v. 118, Jun/2014, p. 1-14. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0920410514000813>. Acesso em 16 set 2022.
- OECD. **Glossary of Environment Statistics, Studies in Methods**. Disponível em: <http://stats.oecd.org/glossary/>. Acesso em 20 out 2021.
- PURBA, Dorman; Adityatama, W. Daniel; Ferdino, R. Fadhillah; Al-Asyari, M. Rizqi; IVANA, Jessica; TIYANA, Rasis Abi; LARASATI, Triwening; GUMELAR, Panji; GUNAWAN, Ari; SHAFAR, Nurfikri Abdurrozaq; ANUGRAH, Andi Novita Mama; NUGRAHA, Rony P. **A Discussion on Oil & Gas and Geothermal Drilling Environment Differences and Their Impacts to Well Control Methods**. Disponível em: <https://pangea.stanford.edu/ERE/db/GeoConf/papers/SGW/2022/Purba.pdf>. Acesso em 15 mai 2022.
- SAPINSKA-SLIWA, Aneta; WISNIOWSKI, Rafal; KORZECK, Michal; GAJDOSZ, Artur; SLIWA, Tomasz. Rotary-Percussion Drilling Method: historical review and current possibilities of application. **Agh Drilling Oil Gas Journal**. v. 32, n.2, Jan, 2015 p. 313-323.
- SELLEY, Richard C.; SONNENBERG, Stephen A. **Geologia do Petróleo**. Rio de Janeiro, 2016.
- SOUZA, Helena Mariana de; VELOSO, Alex Viana. Utilidade do Revestimento e da Cimentação na Indústria Petrolífera. **Revista Ciências Exatas e Tecnológicas**. v.4, n.2, Out. 2017, p. 11-24.
- TEIXEIRA, João Pedro Braga. **Gás Natural: o energético mais competitivo**. Rio de Janeiro, 2015.
- THOMAS, José Eduardo. **Fundamentos da Engenharia do Petróleo**. Rio de Janeiro, 2001.

VI. AGRADECIMENTOS

Este trabalho tem o apoio financeiro da ANP, FINEP e MCTI, através do programa PRH 34.1 FEG/UNESP.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

ESTUDO COMPARATIVO DE VÁRIOS MÉTODOS DE PRODUÇÃO DE HIDROGÊNIO BASEADO EM CUSTOS E IMPACTO AMBIENTAL

COMPARATIVE STUDY OF VARIOUS METHODS OF HYDROGEN PRODUCTION BASED ON COSTS AND ENVIRONMENTAL IMPACT

Gustavo Henrique Romeu da Silva¹
Nazem Nascimento²

Resumo – O hidrogênio é uma fonte de energia secundária limpa e renovável. Desenvolver a tecnologia da energia do hidrogênio é um objetivo comum perseguido por muitos países para combater o aquecimento global. O referente estudo tem por objetivo comparar e avaliar os vários métodos de produção de hidrogênio existentes (produção a partir de combustível fóssil, biomassa, eletrólise, termólise e ciclos termoquímicos). Primeiramente, revisa-se sobre o atual cenário de desenvolvimento, avanços e desafios de diferentes tecnologias de produção de hidrogênio. Por fim, compara-se os diferentes métodos de produção de hidrogênio baseando-se nos custos e no impacto gerado no meio ambiente. A tendência global atual é obter hidrogênio através da reforma do gás natural, também chamada de hidrogênio cinza, com foco nos setores de refino e fertilizantes que, em geral, utilizam processos com alta emissão de dióxido de carbono. No entanto, métodos de eletrólise e ciclos termoquímicos, em paralelo com outras fontes de energia, demonstram elevado potencial para o desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Hidrogênio. Energia Renovável. Combustível Alternativo.

Abstract – Hydrogen is a clean and renewable secondary energy source. Developing hydrogen energy technology is a common goal pursued by many countries to combat global warming. The reference study aims to compare and evaluate the various existing hydrogen production methods (production from fossil fuel, biomass, electrolysis, thermolysis and thermochemical cycles). First, it is reviewed on the current development scenario, advances, and challenges of different hydrogen production technologies. Finally, the different methods of hydrogen production are compared based on costs and the impact generated on the environment. The current global trend is to obtain hydrogen through the reform of natural gas, also called gray hydrogen, focusing on the refining and fertilizer sectors that generally use processes with high carbon dioxide emissions. However, electrolysis methods and thermochemical cycles, in parallel with other energy sources, demonstrate high potential for sustainable development.
Keywords: Hydrogen. Renewable Energy. Alternative Fuel.

¹ Graduando em Engenharia Mecânica na FEG/UNESP. E-mail: gustavo.romeu@unesp.br

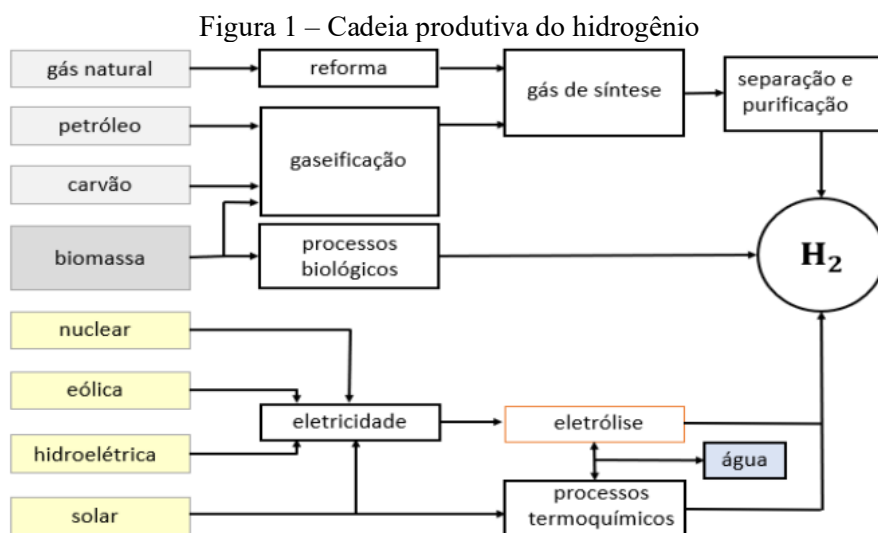
² Doutor em Mecânica (Technische Hochschule Darmstadt - Alemanha). Professor aposentado da FEG/UNESP. E-mail: nazem.nascimento@unesp.br

I. INTRODUÇÃO

No atual cenário nacional, o Brasil segue a tendência global de produção de hidrogênio através da reforma do gás natural, com foco nos setores de refino e fertilizantes que, em geral, utilizam processos com alta emissão de dióxido de carbono (chamado de hidrogênio cinza). Grande parte das usinas utilizadas para a produção de H_2 estão localizadas em regiões costeiras próximas à rede de gasodutos do Brasil (OLIVEIRA, 2022).

O desenvolvimento da tecnologia do hidrogênio é um objetivo comum de diversos países, sendo considerada a aposta mundial para a descarbonização das fontes de energia. Como o hidrogênio é adequado para uma variedade de aplicações de energia e é neutro em carbono no uso, como um portador de energia "verde", ele oferece uma oportunidade única em todo o sistema para mudanças profundas no cenário energético (AL-QAHTANI et al., 2021).

Existem vários métodos de geração de hidrogênio, como visto na Figura 1, sendo o método mais aplicado baseado na reforma a vapor do gás natural. No entanto, um subproduto deste método é o dióxido de carbono CO_2 . Suas emissões aumentam em um ritmo alarmante (NOWOTNY; VEZIROGLU, 2011). Nesse sentido, torna-se relevante estudar e analisar, baseando-se em custos e impactos ambientais, os métodos convencionais encontrados na literatura de obtenção de hidrogênio: a partir de combustíveis fósseis, biomassa, eletrólise termólise e ciclos termoquímicos.



Fonte: Romeu da Silva (2021).

II. METODOLOGIA

O trabalho é desenvolvido a partir da análise de dados obtidos por meio da leitura e coleta de informações em artigos científicos. Para o estudo, foi analisado o custo de produção de H_2 para os seguintes métodos: reforma a vapor do metano (RVM) e gaseificação do carvão (GC), com e sem captura de carbono (ou do inglês CCS – Carbon Capture and Storage) e reforma autotérmica (RAT); gaseificação, biofotólise e fermentação da biomassa; eletrólise; termólise e ciclos termoquímicos.

III. RESULTADOS

Segundo o estudo feito por Ji e Wang (2021), atualmente a tecnologia mais econômica e adequada para a produção de hidrogênio em larga escala é a partir da conversão de combustíveis fósseis, sendo a gaseificação do carvão o processo mais

econômico, representando um custo de 1,34 dólares por quilograma de hidrogênio gerado, como visto na Tabela 1. No entanto, acarreta sérios problemas ambientais devido aos altos índices de dióxido de carbono emitidos no processo.

Para os custos dos parâmetros de produção de hidrogênio por meio de energia limpa, adotou-se faixas de máximo e mínimo, pois existe uma elevada variação dos dados obtidos na literatura.

Tabela 1 – Análise tecno-econômica de vários métodos de produção de hidrogênio

	Método	Custos (\$/kg H ₂)
Combustível fóssil para hidrogênio	RVM	2,08
	RVM com CCS	2,27
	GC	1,34
	GC com CCS	1,63
	RAT	1,48
Biomassa para hidrogênio	Gaseificação da biomassa	1,77 - 2,77
	Biofotólise direta	2,13
	Biofotólise indireta	1,42
	Fermentação de fotos	2,83
	Fermentação escura	2,57 - 6,98
Eletrólise	Eletrólise de rede	5,73 - 8,54
	Eletrólise fotovoltaica	5,78 - 23,27
	Eletrólise do vento	5,27 - 9,37
	Eletrólise nuclear	3,56 - 7,00
	Eletrólise de alta temperatura	2,89 - 6,03
Termólise e ciclos termoquímicos	Termólise nuclear	2,17 - 2,63
	Termólise solar	7,98 - 8,40
	Ciclo S-I	1,99 - 14,85
	Ciclo Cu-Cl	1,71 - 14,20
	Clico Ca-Br	7,06
	Clico Mg-Cl	3,67

Fonte: Adaptado de JI e WANG (2021).

Uma alternativa para produzir hidrogênio de modo mais sustentável é a partir da gaseificação da biomassa, uma vez que possui custo aceitável e emite muitos menos carbono na atmosfera que o uso do carvão. Além disso, possibilita a obtenção do hidrogênio azul, pois é muito mais barato capturar e estocar o dióxido de carbono gerado por biomassa do que o carbono oriundo de fontes fósseis. O custo que envolve a gaseificação da biomassa está na faixa de 1,77 a 2,77 \$/kg de H₂.

A eletrólise da água é um caminho promissor para alcançar a produção eficiente de hidrogênio em termos de conversão e armazenamento de energia, na qual a catálise ou eletrocatalise desempenha um papel crítico (WANG; LU; ZHONG, 2021). Além disso, quando a energia utilizada para romper a molécula de água é oriunda de fontes renováveis, como fotovoltaica, solar e eólica, decorre no hidrogênio verde, combustível renovável e cuja combustão completa é ausente de gases poluentes. No entanto, atualmente trata-se de um processo com elevado custo, da ordem de 7 dólares por quilo de hidrogênio gerado.

O hidrogênio gerado a partir de combustíveis fósseis com CCUS é um processo mais econômico do que o hidrogênio verde. Nesse sentido, muitos países propuseram promover o desenvolvimento da tecnologia do hidrogênio azul, pois é um método economicamente vantajoso e exequível que pode ser implementado na indústria (YU;

WANG; VREDENBURG, 2021). Assim, atualmente é mais viável produzir hidrogênio azul do que hidrogênio verde, pois a tecnologia verde ainda tem muito a ser desenvolvida para chegar a preços competitivos.

Por fim, os últimos métodos avaliados foram os de quebra da molécula de água por termólise e ciclos termoquímicos. A principal vantagem do uso de ciclos termoquímicos é que ele opera a uma temperatura muito mais baixa do que a necessária para a termólise da água. À medida que a temperatura de decomposição da molécula de água diminui, as dificuldades relacionadas ao desempenho, custos materiais e financeiros são reduzidas (FERREIRA et al., 2015).

Os custos da eletrólise e termólise da água estão relacionados às fontes de energia primária, com processos de base nuclear tendo custos geralmente relativamente baixos. O ciclo termoquímico baseado na energia nuclear tem baixo custo e baixo impacto ambiental. Eletrólise e termólise com energia nuclear são mais competitivas em termos de custo do que com outras fontes de energia (JI; WANG, 2021).

IV. CONCLUSÃO

Com base nos resultados, constata-se que os objetivos propostos foram alcançados. Verifica-se, que a tendência global atual de produção de hidrogênio é através da reforma do gás natural, também chamada de produção de hidrogênio cinza, com foco nos setores de refino e fertilizantes que, em geral, utilizam processos com alta emissão de dióxido de carbono. Comparando-se e avaliando os vários métodos de produção de hidrogênio existentes, podemos inferir que a alternativa mais viável atualmente para produzir hidrogênio de modo mais sustentável é a partir da gaseificação da biomassa, uma vez que possui custo aceitável e emite muitos menos carbono na atmosfera que o uso do carvão. Outro caminho promissor para alcançar a produção eficiente de hidrogênio em termos de conversão e armazenamento de energia é a partir da eletrólise da água, em contrapartida, trata-se de um processo com elevado custo, da ordem de 7 dólares por quilo de hidrogênio gerado. Hoje em dia, é mais viável produzir hidrogênio azul do que hidrogênio verde, pois o hidrogênio gerado a partir de combustíveis fósseis com CCUS é um processo mais econômico do que a tecnologia verde, que ainda tem muito a ser desenvolvida para alcançar preços competitivos. Infere-se também que, embora os processos de eletrólise e ciclos termoquímicos sejam, atualmente, os métodos mais caros de produzir hidrogênio, apresentam-se como alternativa eficaz aos combustíveis fósseis e, em paralelo com outras fontes de energia, demonstram elevado potencial para o desenvolvimento sustentável.

V. REFERÊNCIAS

AL-QAHTANI, A. et al. Uncovering the true cost of hydrogen production routes using life cycle monetisation. **Applied Energy**, v. 281, 1 jan. 2021.

FERREIRA, V. et al. Considerações sobre o desenvolvimento de algumas tecnologias de produção e armazenamento do hidrogênio como vector energético. **III Conferência Nacional em Mecânica de Fluidos, Termodinâmica e Energia (MEFTE - BRAGANÇA 09)**, n. June, p. 1–11, 2015.

JI, M.; WANG, J. Review and comparison of various hydrogen production methods based on costs and life cycle impact assessment indicators. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 46, n. 78, p. 38612–38635, 11 nov. 2021.

NOWOTNY, J.; VEZIROGLU, T. N. Impact of hydrogen on the environment. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 36, n. 20, p. 13218–13224, 2011.

OLIVEIRA, R. C. DE. Panorama do hidrogênio no brasil. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada**, p. 1–61, 2022.

ROMEU DA SILVA, G. H. ANÁLISE DA CADEIA PRODUTIVA DO HIDROGÊNIO VERDE E AVALIAÇÃO DA POSSIBILIDADE 2 Metodologia e Materiais 3 Resultados e Discussões. **Revista de Pesquisa Aplicada e Tecnologia - REPATEC**, v. 3, n. 5, p. 77–79, 2021.

WANG, S.; LU, A.; ZHONG, C. J. Hydrogen production from water electrolysis : role of catalysts. **Nano Convergence**, 2021.

YU, M.; WANG, K.; VREDENBURG, H. Insights into low-carbon hydrogen production methods: Green, blue and aqua hydrogen. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 46, n. 41, p. 21261–21273, 2021.

VI. AGRADECIMENTOS

Este trabalho tem o apoio financeiro da ANP, FINEP e MCTI, através do programa PRH 34.1 FEG/UNESP.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

OS EFEITOS DA TRANSFORMAÇÃO DIGITAL E DE SMART CITIES SOBRE O PLANEJAMENTO URBANO COM ABORDAGEM SUSTENTÁVEL

THE EFFECTS OF DIGITAL TRANSFORMATION AND SMART CITIES ON URBAN PLANNING WITH A SUSTAINABLE APPROACH

Andreia de Castro e Silva¹
Elpidio Oscar Benitez Nara²
Osiris Canciglieri Junior³
Guilherme Brittes Benitez⁴
Izamara Cristina Palheta Dias⁵
Camila Piovesan⁶

Resumo – Este estudo tem como objetivo revisar a literatura sobre práticas sustentáveis, planejamento urbano em cidades inteligentes e transformação digital, publicada de 2015 a 2023, e apresentar insights e direções para pesquisas futuras. Além disso, oferece uma proposta inicial para a construção de um arcabouço preliminar de práticas sustentáveis, transformação digital, cidades inteligentes e planejamento urbano, com foco na realidade brasileira. Como a tentativa é pesquisar os efeitos e impactos que cada uma dessas variáveis exerce uma sobre a outra com efeitos positivos, negativos ou mediadores para verificar o desempenho sustentável do planejamento urbano, o que se percebe é uma lacuna na pesquisa sobre os efeitos e impactos entre eles. Nesse contexto, foi realizado um ensaio teórico baseado na revisão sistemática de artigos atuais na base de dados Scopus. O estudo seleciona 86 artigos de forma objetiva e

¹ Doutoranda em Engenharia de Produção na Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR
Contato: andreiacsilva@gmail.com

² Pesquisador e Prof. Adjunto no Mestrado e Doutorado do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, na Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR Contato: elpidio.nara@pucpr.br

³ Pesquisador e Prof. Titular no Mestrado e Doutorado do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, na Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR Contato: osiris.canciglieri@pucpr.br

⁴ Pesquisador e Prof. Adjunto no Mestrado e Doutorado do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, na Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR Contato: guilherme.benitez@pucpr.br

⁵ Doutoranda em Engenharia de Produção na Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR
Contato: izamara.dias@pucpr.edu.br

⁶ Graduanda em Engenharia de Produção na Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR. Contato: piovesancamila@hotmail.com

realiza análise de metadados, constatando preliminarmente que o bom funcionamento e os efeitos e impactos entre as variáveis são muito mais complexos. Portanto, requer uma versão de abordagem sistêmica de parâmetros e critérios comumente aceitos em suas dimensões, buscando ampliar e aprofundar os temas uma vez que a análise possibilitou identificar uma relativa escassez de pesquisas científicas sobre o tema e sua divulgação no Brasil.

Palavras-chave: *Práticas Sustentáveis. Cidades Inteligentes. Transformação Digital. Planejamento Urbano.*

Abstract - This study aims to review the literature about sustainable practices, urban planning on smart cities, and digital transformation, published from 2015 to 2023, and present insights and directions for future research. In addition, it offers an initial proposal to build a preliminary framework of sustainable practices, digital transformation, smart cities, and urban planning, focusing on the Brazilian reality. Since the attempt is to research the effects and impacts that each of these variables exerts on each other with positive, negative, or mediating effects to verify the sustainable performance of urban planning, what is perceived is a gap in research on the effects and impacts between them. In this context, a theoretical essay was carried out based on the systematic review of current articles on the database Scopus. The study selects 86 papers objectively and conducts metadata analysis, finding preliminarily that the proper functioning and the effects and impacts between the variables are much more complex. Therefore, it requires a version of a systemic approach of parameters and criteria commonly accepted in its dimensions, seeking to broaden and deepen the themes once the analysis made it possible to identify a relative scarcity of scientific research on the subject and its dissemination in Brazil.

Keywords: *Sustainable Practices. Smart Cities. Digital Transformation. Urban Planning.*

I. INTRODUÇÃO

Para acompanhar a rápida evolução tecnológica e garantir maiores índices de sustentabilidade, o planejamento urbano precisa incorporar mudanças transformadoras no contexto econômico, social e ambiental (Castro e Silva *et al.*, 2022; Moreno *et al.*, 2021). É necessário envolver múltiplos domínios interconectados de energia, água, transporte, resíduos e habitação, variáveis que compõe o conceito de cidades inteligentes (Ferreira *et al.*, 2022, Newton e Frantzeskaki, 2021). Esse conceito envolve muitas áreas de pesquisas convergentes e é considerado um fenômeno social e econômico estimulado por questões ambientais e de bem-estar humano (PÉREZ *et al.*, 2020). O arquétipo de cidade inteligente está inteiramente ligado a aspectos sustentáveis, sendo sua implementação influenciada pelo contexto local (Aina, 2017; Belli *et al.*, 2020). De acordo com o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11 das Nações Unidas, é fundamental construir cidades mais seguras, resilientes, sustentáveis e inclusivas (Moreno *et al.*, 2021).

A cidade inteligente exerce um papel fundamental não apenas na cidade sustentável, como também no crescimento da economia nacional, na redução do impacto ambiental das atividades urbanas, na otimização da gestão dos recursos energéticos e concepção de serviços e soluções inovadoras para os cidadãos (Belli *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2016). É um conceito que compreende múltiplas definições, oscilando com base nos elementos dos quais uma cidade precisa para ser vista como inteligente, os recursos de que necessita, suas características erísticas, objetivos, propósito e escopo (Toli e Murtagh, 2020).

As tecnologias de cidades inteligentes tornaram-se recentemente objeto de extensa pesquisa na literatura e a transformação digital pode impulsionar estratégias de desenvolvimento sustentável para garantir que a mudança aconteça de forma gradual, mas rapidamente (Pérez *et al.*, 2020). O processo de transformação digital das cidades

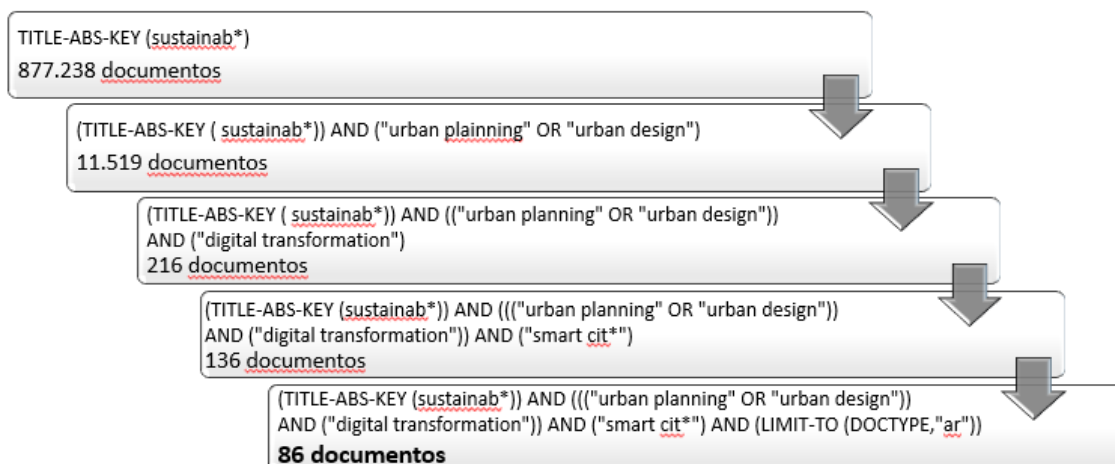
inteligentes tem diferentes aspectos e outras publicações destacam os componentes e arquiteturas digitais das cidades inteligentes (Mora e Deakin, 2017). A transformação digital das cidades é específica do ecossistema e o seu ritmo varia de acordo com o ecossistema: evolui rapidamente em energia e transportes e é mais lenta nos setores da habitação e da indústria tradicional (Anthony *et al.*, 2021). Os fluxos de interação são considerados inteligentes pois fazem uso estratégico de infraestrutura, comunicação, serviços e informação para realizar o planejamento e gestão urbana e responder às necessidades sociais e econômicas da sociedade (Lazzaretti *et al.*, 2017).

Nesse contexto, o objetivo da presente pesquisa é realizar uma análise bibliométrica da literatura sobre transformação digital, smart cities e planejamento urbano, verificando possíveis relações entre os temas, utilizando uma abordagem sustentável. Além disso, propor um framework e formular hipóteses das possíveis relações entre os temas.

II. METODOLOGIA

Para atingir o objetivo proposto realizou-se uma revisão sistemática da literatura utilizando a base de dados Scopus. As palavras-chave escolhidas foram utilizadas na sequência mostrada na Figura 1, com a estratégia de partir com palavras que geraram os resultados mais abrangentes para os menos abrangentes.

Figura - Sequência de palavras-chave e quantidade de documentos



Fonte: Autores, 2023.

Baseadas em uma abordagem quantitativa, a técnica de análise bibliométrica é utilizada para identificar, descrever e avaliar pesquisas publicadas (Bretas e Alon, 2021). A confiabilidade dos dados é aumentada a partir do uso de processo de busca e revisão transparentes e reduz o viés subjetivo das revisões de literatura (Maditati *et al.*, 2018; Apriliyanti e Alon, 2017). Para visualização e análise dos dados, utilizou-se o pacote Bibliometrix em R. A Tabela 1 apresenta os dados predominantes da amostra de artigos:

Tabela 1 - Principais informações sobre os dados

Descrição	Resultados
Período	2016:2023
Fontes (revistas, livros, etc)	49
Documentos	86
Taxa de Crescimento Anual %	16,99
Idade média do documento	1,84
Média de citações por doc	12,84
Referências	9026
CONTEÚDO DO DOCUMENTO	
Palavras-chave do autor	391
Autores	335
Autores de documentos de autoria única	10

Fonte: Autores, 2023.

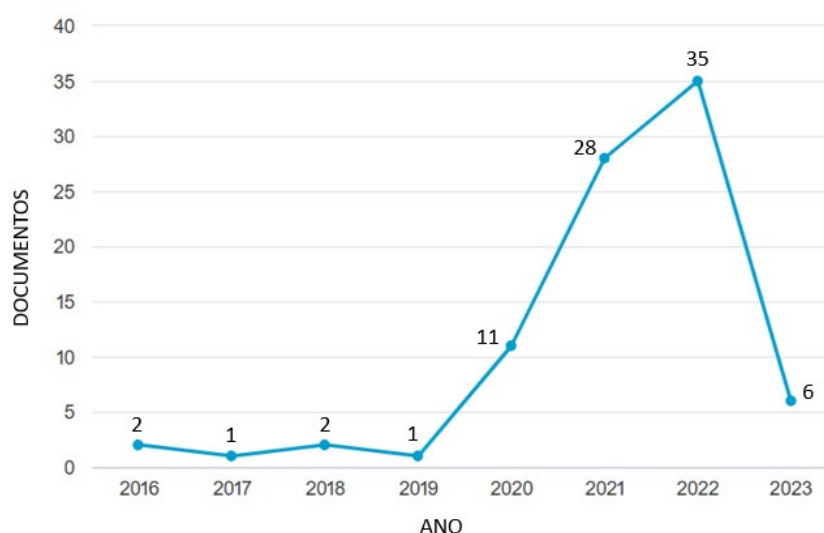
III. RESULTADOS

O estudo apresenta a revisão da literatura existente, realizando análise descritiva dos metadados, bem como oferece insights baseados na análise de conteúdo. A análise de dados revela autores influentes, revistas populares, publicações por ano e os principais países. A seguir serão expostos alguns dos possíveis resultados e análise de metadados e insights, feito com base em 86 artigos atuais no banco de dados Scopus:

3.1 - Publicações por ano

A Figura 2 mostra um crescimento das publicações desde 2020. Além disso, a linha de tendência também indica um padrão crescente, o que implica que a literatura sobre Cidades Inteligentes e outras palavras-chave aplicadas neste estudo ainda está crescendo.

Figura 2 - Artigos publicados por ano



Fonte: Autores, 2023.

Pela Figura 2 percebe-se um grande aumento das publicações em 2021, 28 artigos publicados, mais que o dobro de artigos publicados no ano anterior, representado um

aumento significativo comparado a relação aos anos anteriores. Em 2022 ainda há um aumento de publicações. Conclui-se que há preocupações e interesses crescentes no tópico Cidades Inteligentes, paralelamente às questões de sustentabilidade, transformação digital e planejamento urbano.

3.2 – Palavras-chave mais usadas

Figura 5 - Nuvem de palavras

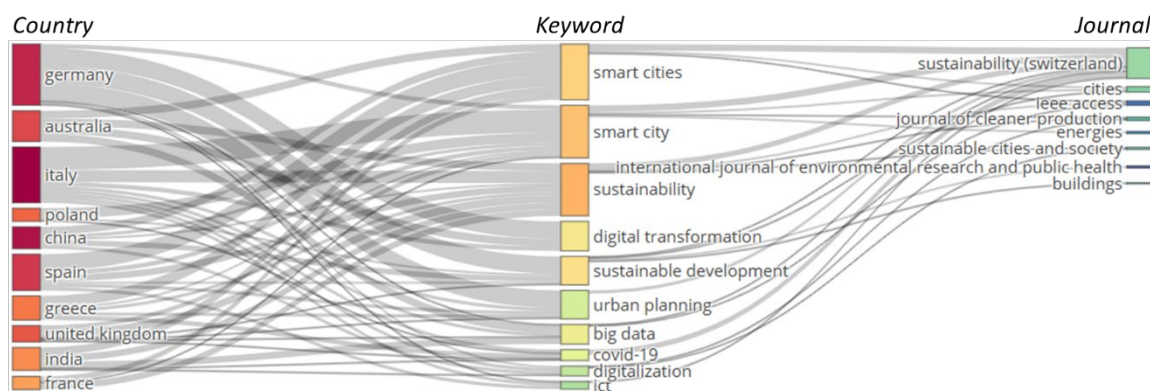


Fonte: Autores, 2023.

3.3 – Diagrama de Sankey – países x, palavras-chave e journal

O Diagrama de Sankey (Figura 4) é uma ferramenta gráfica avançada de exibição de dados bibliométricos com base nas características dos artigos relacionados (Li *et al.*, 2022, Yang *et al.*, 2022), e apresenta as proporções dos três tópicos analisados (Riehmman *et al.*, 2005). A partir deste diagrama, um gráfico de 3 campos foi gerado entre os 10 países mais importantes, 10 palavras-chave mais importantes e 10 periódicos mais importantes. Demonstrando que a Alemanha tem a maior proporção de publicações sobre o tema "transformação digital", com 16 trabalhos publicados na amostra. Os temas "cidades inteligentes" e "cidade inteligente" são citados em todos os 10 países e a revista que mais publica sobre os temas é "Sustainability (Suíça)".

Figura 4 – Diagrama de Sankey

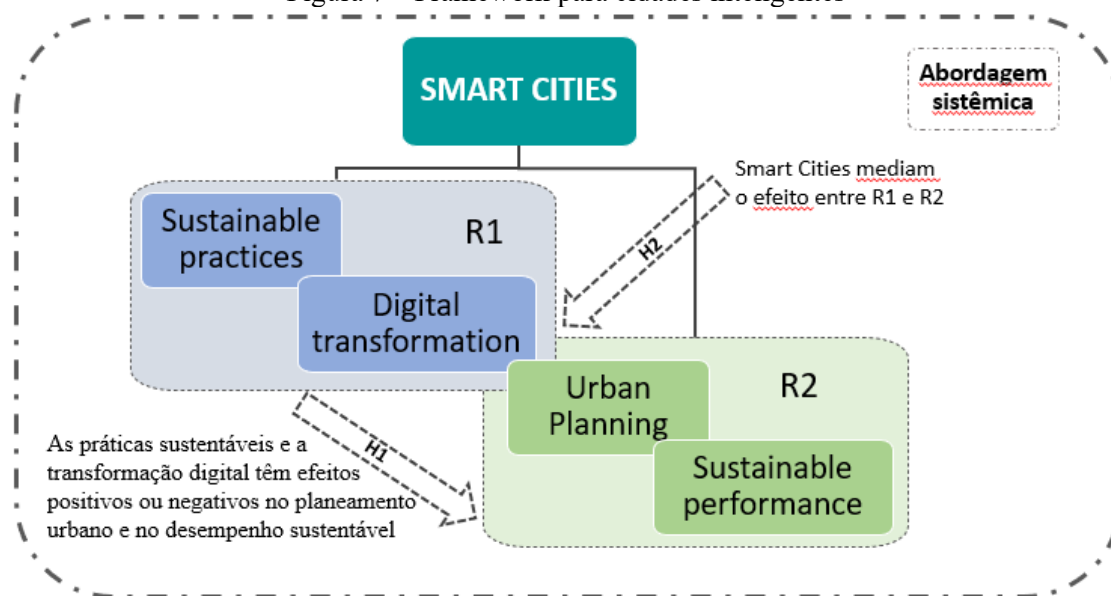


Fonte: Autores, 2023.

3.4 – Framework para Cidades Inteligentes

Após algumas reflexões acerca da literatura existente sobre as possíveis relações entre sustentabilidade, cidades inteligentes, transformação digital e planejamento urbano, foi proposto um mapa conceitual para indicar as possíveis análises das variáveis com base em uma abordagem sistêmica, com o objetivo de averiguar as possíveis conexões entre elas (Figura 7). Algumas hipóteses foram levantadas, as quais sugerimos que sejam avaliadas em futuras análises e estudos.

Figura 7 – Framework para cidades inteligentes



Fonte: Autores, 2023.

H1: As práticas sustentáveis e a transformação digital têm efeitos positivos ou negativos no planejamento urbano e no desempenho sustentável.

H2: As cidades inteligentes mediam o efeito entre a relação R1 (Práticas sustentáveis e transformação digital) e a relação R2 (planejamento urbano e desempenho sustentável).

IV. CONCLUSÃO

A análise dos dados revela periódicos populares, palavras chaves mais utilizadas e principais países e instituições contribuintes. É possível identificar que a revista Sustainability foi o periódico mais popular em relação a impacto e número de artigos que publica nessa área. Além disso, a Itália e Espanha são os países que mais publicam sobre Cidades Inteligentes.

Além da revisão da literatura, propusemos um quadro conceitual com base nos temas de pesquisa e identificamos algumas hipóteses que podem ser testadas em estudos futuros, com a intenção de investigar as possíveis relações entre as variáveis que fizeram parte da análise da literatura. Uma limitação deste trabalho é utilizar apenas o banco de dados Scopus.

V. REFERÊNCIAS

Aina, Y. A. Achieving smart sustainable cities with GeoICT support: The Saudi evolving smart cities. *Cities*, 71, 49-58, 2017.

- Anthony, Jr. Digital transformation with enterprise architecture for smarter cities: a qualitative research approach. **Digital policy, regulation and governance**, 23(4) 355-376, 2021.
- Belli, L., Cilfone, A., Davoli, L., Ferrari, G., Adorni, P., Di Nocera, F., ... & Bertolotti, E.: IoT-enabled smart sustainable cities: Challenges and approaches. **Smart Cities**, 3(3), 1039-1071 (2020).
- Bretas, V.P.G; Alon, I.: Franchising research on emerging markets: Bibliometric and content analyses. **J. Bus. Res.** 133, 51–65, 2021.
- Caragliu, A., Del Bo, C., Nijkamp, P.: Smart Cities in Europe. **Journal of Urban Technology**, 18(2) 65-82 (2011).
- Castro e Silva, A. D., Seleme, R., Silva, W. A., Zattar, I. C., Nara, E. O. B., Júnior, O. C., Benitez, L. B.: Evaluation and Choice Criteria of Sustainable Suppliers in the Construction Industry: A Comparative Study in Brazilian Companies”. **Sustainability**, 14(23) 1-17 (2022).
- Ferreira, P. G. S., Lima, E. P., Costa, S. E. G., Monteiro, N. J., Castro e Silva, A. D.: Key performance measurement capabilities for managing distributed teams, **Total Quality Management and Business Excellence**, 1-25 (2022).
- Hollands, R. G.: Will the real smart city please stand up? **City: analysis of urban trends, culture, theory, policy, action**, 12(3) 303-320 (2008).
- Kim, K., Jung, J. K., Choi, J. Y.: Impact of the smart city industry on the Korean national economy: Input-output analysis. **Sustainability**, 8(7), 649 (2016).
- Lazzaretti, K., Sehnem, S., Bencke, F. F., Machado, H. P. V.: Smart Cities: Insights and Contributions from Brazilian Research. *Urbe*. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 11 (2019).
- Li, Meng-Ju MDa,b; Chien, Tsair-Wei MBAC; Liao, Kuang-Wen PhDd; Lai, Feng-Jie MD, PhDf,: Using the Sankey diagram to visualize article features on the topics of whole-exome sequencing (WES) and whole-genome sequencing (WGS) since 2012: Bibliometric analysis. **Medicine** 101(38) 30682 (2022).
- Maditati, D. R., Munim, Z. H., Schramm, H. J., Kummer, S.: A review of green supply chain management: From bibliometric analysis to a conceptual framework and future research directions. *Resources*, **Conservation and Recycling**, 139, 150-162 (2018).
- Mora, L., Bolici, R., Deakin, M.: The First Two Decades of Smart-City Research: A Bibliometric Analysis, **Journal of Urban Technology** 24: 1 3–27 (2017).
- Moreno, C., Allam, Z., Chabaud, D., Gall, C., Pratlong, F.: Introducing the “15-Minute City”: Sustainability, resilience and place identity in future post-pandemic cities. **Smart Cities**, 4(1), 93-111 (2021).
- Pérez, L. M., Oltra-Badenes, R., Oltra Gutiérrez, J. V., Gil-Gómez, H.: A bibliometric diagnosis and analysis about smart cities. **Sustainability**, 12(16), 6357 (2020).
- Riehmman, P., Hanfler, M., Froehlich, B.: Interactive Sankey Diagrams. **Conference paper in IEEE Xplore**, Germany (2005).
- Toli, A. M., Murtagh, N.: The concept of sustainability in smart city definitions. **Frontiers in Built Environment**, 6, 77 (2020).

VI. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE RISCO E BENEFÍCIO EM CIRURGIA BARIÁTRICA

SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE ON RISK AND BENEFIT IN BARIATRIC SURGERY

Erica Luisa Correa¹
Elpidio Oscar Benitez Nara²
Osiris Canciglieri Junior³
Rodrigo Strobel⁴
Luís Fernando Paulista Cotian⁵

Resumo – *A obesidade é uma doença grave que tem impacto global, a cirurgia bariátrica (CB) atualmente é considerada um método eficaz para reverter esse quadro, contudo o procedimento oferece diversos riscos, um processo de tomada de decisão robusto pode minimizar tais riscos, modelos preditivos de risco e benefícios da CB baseados em aprendizado de máquina (ML) e o método de tomada de decisão multicritério (MCDM) podem ser ajudar a tornar esse processo mais robusto e assertivo, com isso a presente revisão da literatura visa recuperar a literatura atual sobre aprendizado de máquina e decisão multicritério que foram aplicados à cirurgia bariátrica e investigar possíveis aplicações.*

Palavras-chave: *Obesidade. Cirurgia bariátrica. Aprendizado de máquina. Tomada de decisão multicritério.*

Abstract - *Obesity is a serious disease that has a global impact, bariatric surgery (BC) is currently considered an effective method to reverse this situation, however the procedure offers several risks, a robust decision-making process can minimize such risks, predictive models of risk and benefits of BC based on machine learning (ML) and the multicriteria decision-making method (MCDM) can be helped to make this process more robust and*

¹Graduated in Production Engineering (PUCPR); master's student at the Graduate Program PPGEPS/PUCPR. Contact: erica.correa1739@gmail.com.

² PhD in Quality Management and Productivity (UFSC); Professor researcher and Adjunct Professor of the PPGEPS/PUCPR. Contact: elpidio.nara@pucpr.br.

³ PhD in Manufacturing Automation (Loughborough University - LU); Professor and Coordinator of the PPGEPS/PUCPR. Contact: osiris.canciglieri@pucpr.br.

⁴ Masters in clinical surgery (UFPR); Surgeon Responsible for the Service of General Surgery and Digestive System and the Service of Bariatric Surgery of the GASTROVIDA Clinic Surgeon Responsible for the Center of Bariatric and Metabolic Surgery of the Hospital Nossa Senhora das Graças. Contact: Rstrobel1402@gmail.com.

⁵ Masters in production engineering (UTFPR – Ponta Grossa campus); PhD student of the Graduate Program PPGEPS/PUCPR. Contact: luis.cotian@gmail.com.

assertive, so the present literature review aims to recover the current literature on machine learning and multicriteria decision that have been applied to bariatric surgery and investigate possible applications.

Keywords: *Obesity. Bariatric surgery. Machine Learning. Multicriteria decision making.*

I. INTRODUCTION

The World Health Organization (2022) classifies obesity as a chronic, progressive and relapsing disease, as it currently affects more than 1 billion people. With this, the World Organization of Gastroenterology (WGO) in partnership with the International Federation of Obesity and Metabolic Disorders Surgery (IFSO) declared the theme of the 2021 global public health campaign as "Obesity: An ongoing Pandemic" on World Digestive Health Day (WDHD). This generates great concern since obesity is a risk factor for the development of chronic diseases such as type 2 diabetes mellitus (DM2), cardiovascular diseases, respiratory diseases, diseases of the gastrointestinal tract, strokes and neoplasia (CAMPOS, 2016).

According to Mancini (2021) obesity is a complex disease that is associated with several conditions that reduce the quality of life and is mainly associated with serious diseases that significantly reduce the years of life of the individual.

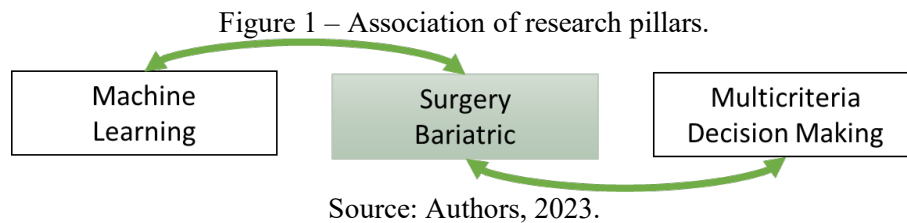
With bariatric surgery it is possible to reverse the general picture of obesity since it offers several benefits. According to Ribas-Filho (2021) bariatric surgery is the most effective long-term treatment for obesity, because in addition to weight loss, it helps in the control of numerous comorbidities that are related to the mortality of obese patients, advances in techniques and technologies in bariatric surgery have made the process a safe and efficient obesity treatment alternative. However, there is a large evasion of patients from the surgical process after the evaluation consultation, according to Martins (2022), in a Canadian study, 50% of patients evaded bariatric surgery before the multidisciplinary evaluation and optimization process and 15% self-withdraw in the middle of the process, the reason for such evasion was associated with anxiety and fear of surgical risks and post-surgical complications. The most common surgical risks of bariatric surgery are the surgical emergencies of the operated patient that brings together 4 major groups of complications being these perforations, intestinal obstructions, stenoses and hemorrhages (MANCINI, 2021).

To reduce the evasion rate we see the need for patients to be adequately informed about the surgical process and to ensure that the risks are minimal in order to reduce the patient's anxiety and fear, the present literature review seeks to explore methods that assist in the decision-making process, to this end, a research was carried out regarding machine learning and multicriteria decision-making models in bariatric surgery, because with machine learning it is possible to develop predictive models on the risks and benefits associated with surgery for a given patient and the multicriteria decision-making method can assist the bariatric surgeon in choosing the most appropriate procedure for a given patient in order to reduce the risks associated with surgical emergencies.

II. METHODS

The systematic review of the literature was carried out in the scientific databases Scopus and PubMed, to carry out the research sought the association of research pillars being them bariatric surgery, multicriteria decision making and machine learning, where the main pillar of the research is bariatric surgery, the research was carried out in this

way to understand how machine learning is being approached within bariatric surgery as well as the multicriteria decision. Figure 1 shows the association of pillars.



For the research were determined the syntaxes for each pillar, first for the pillar of bariatric surgery the syntaxes used were Weight Loss Surgery and Metabolic Surgery, for machine learning was used Artificial Intelligence and Intelligence Artificial already for multicriteria decision making was used Multiple Criteria Decision Making, MCDA, MCDM, AHP, PROMETHEE, ELECTRE, VIKOR, MOORA, TOPSIS.

Firstly, the research was carried out associating the three pillars with all the syntaxes, secondly the research was conducted associating only two pillars, that is, machine learning and bariatric surgery and then multicriteria decision making and bariatric surgery. Also, for the research we used filters being the year of publication, last 5 years, type of document, only articles, type of source, only journal and language, English.

III. RESULTS AND DISCUSSION

The first research with the association of three pillars resulted in 0 articles, while the association of only two pillars resulted in 109 articles, because the association of the machine learning (ML) pillar with bariatric surgery (BS) resulted in 106 articles, while the association of bariatric surgery with multicriteria decision making resulted in 3 articles, For this second association, the application of filters was not performed, because it is a limited quantity, the 3 however did not enter the content analysis because they did not fit in the context of the present research. For the association of ML and BS, the filters were applied, resulting in 57 articles. The 57 articles were read in full, however only 15 entered the systematic review of the literature because they fit the proposal of the present study.

3.1 – Search results

After selecting the main articles related to the topics of bariatric surgery and machine learning, the 15 articles were extensively analyzed. Table 1 shows the articles, journals, authors, year of publication, including the number of citations of the article.

Table 1 – Categorization of articles by author, year, journal and number of citations.

N°	Authors	Title	Year	Journal	N° of citation
1	Aminian, A. et al.	Predicting 10-year risk of end-organ complications of type 2 diabetes with and without metabolic surgery: A machine learning approach	2020	Diabetes Care	36

2	Cao, Y. et al.	A comparative study of machine learning algorithms in predicting severe complications after bariatric surgery	2019	Journal of Clinical Medicine	34
3	Nudel, J. et al.	Development and validation of machine learning models to predict gastrointestinal leak and venous thromboembolism after weight loss surgery: an analysis of the MBSAQIP database	2021	Surgical Endoscopy	23
4	Johnston, S.S. et al.	Using Machine Learning Applied to Real-World Healthcare Data for Predictive Analytics: An Applied Example in Bariatric Surgery	2019	Value in Health	23
5	Razzaghi, T. et al.	Predictive models for bariatric surgery risks with imbalanced medical datasets	2019	Annals of Operations Research	20
6	Sheikhtaheri, A. et al.	A Clinical Decision Support System for Predicting the Early Complications of One-Anastomosis Gastric Bypass Surgery	2019	Obesity Surgery	15
7	Shi, J. et al.	Deciphering CT texture features of human visceral fat to evaluate metabolic disorders and surgery-induced weight loss effects	2021	EBioMedicine	11
8	Cao, Y. et al.	Predicting long-term health-related quality of life after bariatric surgery using a conventional neural network: A study based on the Scandinavian obesity surgery registry	2019	Journal of Clinical Medicine	10
9	Zhang, W. et al.	Connectome-Based Prediction of Optimal Weight Loss Six Months after Bariatric Surgery	2021	Cerebral Cortex	8
10	Assaf, D. et al.	Improving pre-bariatric surgery diagnosis of hiatal hernia using machine learning models	2022	Minimally Invasive Therapy and Allied Technologies	4
11	Pantelis, A.G.	Metabolomics in Bariatric and Metabolic Surgery Research and the Potential of Deep Learning in Bridging the Gap	2022	Metabolites	1

12	Cao, Y. et al.	Using a convolutional neural network to predict remission of diabetes after gastric bypass surgery: Machine learning study from the Scandinavian obesity surgery register	2021	JMIR Medical Informatics	1
13	Höskuldsdóttir, G. et al.	The Bariatric surgery Substitution and nutrition (BASUN) population: a data-driven exploration of predictors for obesity	2021	BMC Endocrine Disorders	1
14	Lappa, D. et al.	Self-organized metabotyping of obese individuals identifies clusters responding differently to bariatric surgery	2023	PLoS ONE	0
15	Parrott, J.M. et al.	What We Are Missing: Using Machine Learning Models to Predict Vitamin C Deficiency in Patients with Metabolic and Bariatric Surgery	2023	Obesity Surgery	0

Source: Authors, 2023.

The journals that most plead in the area are Journal of Clinical Medicine and Obesity Surgery, and author that most Publication is Cao, Y, of the 15 articles 3 are by the author.

3.2 – Content analysis

After the primary analysis of relevant authors and journal on the subject, a content analysis was performed considering the contribution and limitations of the study regarding the context of the research, where we sought to verify the applicability of machine learning in bariatric surgery to help support the decision, the identification of the articles is given by numbering from 1 to 15 according to Table 1. Table 2 shows the contribution and limitation of the article.

Table 2 – Construction and limitation of the study.

Nº	Contribution	Limitations
1	Using random forest machine learning along with regression models to develop a risk calculator for patients with type 2 diabetes and obesity.	The study is limited to a risk prediction model, that is, it does not address how to use this model to make decisions about the procedure to be performed for a given patient with certain characteristics.
2	Comparison of different machine learning algorithms to highlight which has better accuracy to predict post-surgical risks, where despite no algorithm achieving an acceptable sensitivity, it was possible to verify the superiority of ensemble algorithms over basic algorithms.	The work is limited to the comparison of algorithms, not developing predictive models of risks or decision support models.

- 3 Comparison between machine learning (ML) strategies, artificial neural networks (ANNs), and gradient enhancement machines (XGBs) with conventional models using logistic regression (LR) in predicting post-surgical complications. ML strategies proved to be superior to conventional models. The work is limited to the comparison of algorithms, not developing predictive models of risks or decision support models.
- 4 Machine learning model with logistic regression algorithm. The study is limited to a risk prediction model, that is, it does not address how to use this model to make decisions about the procedure to be performed for a given patient with certain characteristics.
- 5 Models predictive of complications after bariatric surgery, using machine learning techniques and methods for unbalanced medical data. The study is limited to performing a frequency analysis of certain risks, even considering that the characteristics of the patients generate different results is not performed an analysis of what is the best procedure for a given patient.
- 6 A model for predicting early complications after gastric bypass surgery using artificial neural networks (ANNs). The study is limited to only the use of a predictive risk model for a surgical method, the gastric bypass.
- 7 Development of a neural network machine learning model to predict the risk of metabolic complications based on the texture characteristics of visceral fat. The study is limited to a risk prediction model, that is, it does not address how to use this model to make decisions about the procedure to be performed for a given patient with certain characteristics.
- 8 It proposes that a neural network model is effective for predicting long-term health-related quality of life after bariatric surgery. The work is limited to a comparison of traditional models with the neural network model to predict benefits of bariatric surgery.
- 9 Development of a machine learning model to accurately predict a patient's weight loss based on their brain connectivity before surgery, using as optimal weight loss classifiers Siamese and k-nearest neighbor neural networks. The study is limited to a risk prediction model, that is, it does not address how to use this model to make decisions about the procedure to be performed for a given patient with certain characteristics.
- 10 Proposes the use of an artificial neural network model to predict the presence of hiatal hernia based on clinical and imaging variables in patients undergoing bariatric surgery. The work is limited to performing a comparison to the conventional method of diagnosing hiatal hernia with machine learning models.
- 11 The paper discusses how metabolomics can help identify biomarkers of response to bariatric surgery and how deep learning can be used to analyze large metabolomics datasets to identify patterns that can be used to predict surgical outcomes. The paper is limited to the discussion of how deep learning can be used and does not address the use of this learning in the process of prediction or decision-making.

12	It proposes a convolutional neural network (CNN) to predict diabetes remission after gastric bypass surgery.	The work is limited to a risk prediction model, that is, it does not address how to use this model for the decision making of the procedure to be performed for a given patient with certain characteristics, in addition to considering only one surgical procedure the gastric bypass.
13	The article deals with the use of machine learning techniques to explore and predict risk factors for severe obesity in a specific population to select patients for bariatric surgery.	The study is limited to a risk prediction model, that is, it does not address how to use this model to make decisions about the procedure to be performed for a given patient with certain characteristics.
14	It uses machine learning techniques to identify different metabolic profiles in obese individuals and how these profiles may respond differently to bariatric surgery.	The work is limited to the identification of distinct effects of bariatric surgery depending on the metabolic profile of the patient, and this can help in the personalization of treatment for everyone, however it does not address how to perform this personalization.
15	Develops a predictive machine learning model to identify predictors of vitamin C deficiency in patients who have undergone metabolic and bariatric surgery.	The study is limited to a risk prediction model, that is, it does not address how to use this model to make decisions about the procedure to be performed for a given patient with certain characteristics.

Source: Authors, 2023.

With the content analysis it was identified that the authors approached only predictive models to predict risks or benefits of bariatric surgery, or compare methods, however in the studies it is possible to identify that for each patient the results achieved depend on their clinical characteristics and the surgical procedure chosen, which highlights the need for studies that use machine learning to predict the risks and benefits associated with the types of procedures surgical considering the characteristics of each patient and the use of multicriteria methods to classify which of these procedures is the best for that particular patient, because metrics such as weight loss rate, disease remission and surgical risks can be used as criteria and the types of procedure can be used as alternatives, supporting the bariatric surgeon in the decision-making process.

IV. CONCLUSION

The study resulted in 15 articles referring to the use of machine learning in bariatric surgery, where the author who most publishes on the subject is Cao, Y. and the journal that has the most interest in the area is Obesity Surgery, the research also resulted in 0 articles on multicriteria method used for the decision-making process in bariatric surgery, Being thus an opportunity of study area the application of the method in the area.

4.1 – Final considerations

The technique used in this study evidenced the need for models that facilitate the process of risk prediction in bariatric surgery and evidenced the importance of machine learning technologies as a means to perform such a process, in addition to demonstrating that although the authors affirm that predictive models of machine

learning can be useful to support the decision, no author addressed how to perform this support, just as no author brought multicriteria decision-making as a method of decision support, even if the surgical process has criteria that can be used as a means of choosing the most appropriate procedure for a given patient.

V. REFERENCES

AMINIAN, A. *et al.* Predicting 10-year risk of end-organ complications of type 2 diabetes with and without metabolic surgery: A machine learning approach. **Diabetes Care**. v. 43, n. 4, 2020. ISSN 0149-5992. Available at: <<https://diabetesjournals.org/care/article/43/4/852/35751/Predicting-10-Year-Risk-of-End-Organ-Complications>>. Accessed 18 April 2023.

ASSAF, D. *et al.* Improving pre-bariatric surgery diagnosis of hiatal hernia using machine learning models. **Minimally Invasive Therapy and Allied Technologies**. v. 31, n. 5, 2022. ISSN 1364-5706. Available at: <<https://www.tandfonline.ez433.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1080/13645706.2021.1901120>>. Accessed 18 April 2023.

CAMPOS, Josemberg M. *et al.* **Gastroenterology and Therapeutic Bariatric Endoscopy**. Rio de Janeiro: Thieme Brasil, 2016.

CAO, Y. *et al.* A comparative study of machine learning algorithms in predicting severe complications after bariatric surgery. **Journal of Clinical Medicine**. v. 8, n. 5, 2019. ISSN 2077-0383. Available at: <<https://www.mdpi.com/2077-0383/8/5/668>>. Accessed 18 April 2023.

CAO, Y. *et al.* Predicting long-term health-related quality of life after bariatric surgery using a conventional neural network: A study based on the scandinavian obesity surgery registry. **Journal of Clinical Medicine**. v. 8, n. 12, 2019. ISSN 2077-0383. Available at: <<https://www.mdpi.com/2077-0383/8/12/2149>>. Accessed 18 April 2023.

CAO, Y. *et al.* Using a convolutional neural network to predict remission of diabetes after gastric bypass surgery: Machine learning study from the scandinavian obesity surgery register. **JMIR Medical Informatics**. v. 9, n. 8, 2021. ISSN 2291-9694. Available at: <<https://medinform.jmir.org/2021/8/e25612>>. Accessed 18 April 2023.

HÖSKULDSDÓTTIR, G. *et al.* The BAriatic surgery SUbstitution and nutrition (BASUN) population: a data-driven exploration of predictors for obesity. **BMC Endocrine Disorders**. v. 21, n. 183, 2021. ISSN 1472-6823. Available at: <<https://bmcendocrdisord-biomedcentral-com.ez433.periodicos.capes.gov.br/articles/10.1186/s12902-021-00849-9>>. Accessed 18 April 2023.

IFSO. **IFSO Newsletter May 2021**. Available at: <https://www.ifso.com/pdf/ifso-newsletter-may-2021.pdf>. Accessed 16 April 2023.

JOHNSTON, S.S. *et al.* Using Machine Learning Applied to Real-World Healthcare Data for Predictive Analytics: An Applied Example in Bariatric Surgery. **Value in Health**. v. 22, n. 5, 2019. ISSN 1098-3015. Available at: <<https://www.sciencedirect.ez433.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1098301519300737?via%3Dihub>>. Accessed 18 April 2023.

LAPPA, D. *et al.* Self-organized metabotyping of obese individuals identifies clusters responding differently to bariatric surgery. **PLoS ONE**. v. 18, n. 3, 2023. ISSN 1932-6203. Available at: <<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0279335>>. Accessed 18 April 2023.

MANCINI, Marcio C. *et al.* **Obesity Treaty**. 3rd edition. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2021.

MARTIN, M. I. Self-withdrawal from scheduled bariatric surgery: Qualitative study exploring patient and healthcare provider perspectives. **Clinical Obesity**. v. 13, n. 1, 2023. ISSN 1758-

8103. Available at: <<https://onlinelibrary-wiley.ez433.periodicos.capes.gov.br/doi/10.1111/cob.12558>>. Accessed 18 April 2023.

NUDEL, J. Development and validation of machine learning models to predict gastrointestinal leak and venous thromboembolism after weight loss surgery: an analysis of the MBSAQIP database. **Surgical Endoscopy**. v. 35, n. 1, 2021. ISSN 0930-2794. Available at: <<https://link-springer-com.ez433.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s00464-020-07378-x>>. Accessed 18 April 2023.

PANTELIS, A.G. Metabolomics in Bariatric and Metabolic Surgery Research and the Potential of Deep Learning in Bridging the Gap. **Metabolites**. v. 12, n. 5, 2022. ISSN 2218-1989. Available at: <<https://www.mdpi.com/2218-1989/12/5/458>>. Accessed 18 April 2023.

PARROTT, J.M. *et al.* What We Are Missing: Using Machine Learning Models to Predict Vitamin C Deficiency in Patients with Metabolic and Bariatric Surgery. **Obesity Surgery**. 2023. ISSN 0960-8923. Available at: <<https://link-springer-com.ez433.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s11695-023-06571-w>>. Accessed 18 April 2023.

RAZZAGHI, T. Predictive models for bariatric surgery risks with imbalanced medical datasets. **Annals of Operations Research**. v. 280, n. 1-2, 2019. ISSN 0254-5330. Available at: <<https://link-springer-com.ez433.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s10479-019-03156-8>>. Accessed 18 April 2023.

RIBAS-FILHO, Durval; NOGUEIRA-DE-ALMEIDA, Carlos A. **Obesity textbook: a clinical and comprehensive view of ABRAN**. São Paulo: Manole Publishing, 2021.

SHEIKHTAHERI, A. *et al.* A Clinical Decision Support System for Predicting the Early Complications of One-Anastomosis Gastric Bypass Surgery. **Obesity Surgery**. v. 29, n 7, 2019. ISSN 0960-8923. Available at: <<https://link-springer-com.ez433.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s11695-019-03849-w>>. Accessed 18 April 2023.

SHI, J. *et al.* Deciphering CT texture features of human visceral fat to evaluate metabolic disorders and surgery-induced weight loss effects. **EBioMedicine**. v. 69, 2021. ISSN 2352-3964. Available at: <<https://www.sciencedirect.ez433.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S2352396421002644?via%3Dihub>>. Accessed 18 April 2023.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **World Obesity Day 2022 – Accelerate action to stop obesity**. Available at: <https://www.who.int/news/item/04-03-2022-world-obesity-day-2022-accelerating-action-to-stop-obesity>. Accessed 18 April 2023.

ZHANG, W. *et al.* Connectome-Based Prediction of Optimal Weight Loss Six Months after Bariatric Surgery. **Cerebral Cortex**. v. 31, n 5, 2021. ISSN 1047-3211. Available at: <<https://academic.oup.com/cercor/article/31/5/2561/6043815?login=true>>. Accessed 18 April 2023.

VI. ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like immensely to thank the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq/MAI-DAI), the Graduate Program in Production and Systems Engineering of the Pontifical Catholic University of Paraná (PPGEPS/PUCPR) for the support and financial support for the realization of this research.

VII. COPYRIGHT

The authors are solely responsible for the material included in the article.

UM FRAMEWORK DE GERENCIAMENTO INTEGRADO DA INFORMAÇÃO NO CICLO DE VIDA DO PRODUTO BASEADO NOS CONCEITOS DA INDÚSTRIA 4.0: REVISÃO SISTEMATICA

AN INTEGRATED INFORMATION MANAGEMENT FRAMEWORK IN THE PRODUCT LIFECYCLE BASED ON INDUSTRY 4.0 CONCEPTS: A SYSTEMATIC REVIEW

Carlos Eduardo Maran Santos¹
Elpídio Oscar Benitez Nara²
Osiris Canciglieri Junior³
Anderson Luis Szejka⁴

Resumo – O crescimento exponencial na geração de dados nas áreas das ciências e da tecnologia também crescem em volumes incriveis, sendo este um crescimento que merece um desenvolvimento inevitável em todas as áreas. Acontece que, o gerenciamento destas informações para transformá-las em conhecimento ainda é um dos grandes desafios das gestões empresariais, uma vez que, as empresas ainda carecem do conhecimento de como usar esses dados a seu favor e assim produzir uma melhoria de seu Desempenho no mercado. Desta forma, percebe-se que a comunidade científica em geral passou a realizar uma abordagem sistêmica, todavia, uma lente teórica deve ser aplicada de forma ampla e consagrada no mundo das pesquisas, e deve ter transversalidade dos temas a serem tratados. Os temas tratados são os conceitos da indústria 4.0, o Gerenciamento do Ciclo de Vida dos Produtos (PLM), os Sistemas Integrados de Gerenciamento da Informação (SGII) e Desempenho de Mercado (D.M) através de uma revisão sistemática que nos apontam várias lacunas a serem pesquisados e explicados.

Palavras-chave: Indústria 4.0. Gerenciamento do Ciclo de Vida dos Produtos. Sistemas Integrados de Gerenciamento da Informação. Desempenho de Mercado.

¹ Mestre em Engenharia de produção (UFSC/Santa Catarina-SC); Docente do Centro Universitário de Ensino, Ciência e Tecnologia do Paraná – UNIENSINO/PR . Contato: carlos.maran@pucpr.edu.br.

² Doutor em Gestão da Qualidade e Produtividade pela Universidade Federal de Santa Catarina/SC; Docente na Pontifícia Universidade Católica do Paraná/PR.. Contato: elpidio.nara@pucpr.br

³ .Doutor em Automação da Manufatura na Universidade de Loughborough - LU (Inglaterra); Docente na Pontifícia Universidade Católica do Paraná/PR. Contato: osiris.canciglieri@pucpr.br.

⁴ Doutor em Automatique, Traitement du Signal et des Images, Génio Informatique pela Université de Lorraine (França); Docente na Pontifícia Universidade Católica do Paraná/PR. Contato: anderson.szejka@pucpr.br.

Abstract - Exponential growth in data generation in the fields of science and technology also grows at incredible volumes, and this growth deserves inevitable development in all areas. However, managing this information to turn it into knowledge is still one of the great challenges of business management, as companies still lack the knowledge of how to use this data to their advantage and thus improve their performance in the market. Therefore, it is evident that the scientific community, in general, has adopted a systemic approach. However, a theoretical lens should be applied broadly and consecrated in the world of research, and it should have transversality of the topics to be addressed. The topics addressed are the concepts of industry 4.0, Product Lifecycle Management (PLM), Integrated Information Management Systems (IIMS), and Market Performance (MP) through a systematic review that points out several gaps to be researched and explained.

Keywords: *Industry 4.0. Product Lifecycle Management. Integrated Information Management Systems. Market Performance.*

I. INTRODUÇÃO

A tradução literal da palavra “Framework” é “Estrutura”, esta estrutura se trata de um modelo para organizar e estruturar um determinado conteúdo, a fim de facilitar a análise dos dados nele contidos. Um Framework pode ser teórico ou conceitual (ROCCO et al., 2009), que pode ser representado por uma figura, planilha, desenho, foto, entre outros. O Framework é utilizado em revisões sistemáticas de literatura para garantir que a análise dos dados seja organizada, estruturada e consistente, facilitando à análise e síntese dos dados encontrados pelos pesquisadores.

O avanço tecnológico tem disponibilizado volumes massivos de dados em diferentes fases do ciclo de vida do produto, que podem ser usados para melhorar toda a cadeia produtiva, incluindo participantes externos (LIU et al, 2020). Porém, as interpretações equivocadas desses dados podem gerar prejuízos, tornando essencial o gerenciamento inteligente das informações geradas em sistemas e métodos gerenciais. Quando o gerenciamento de informações é integrado ao Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto (PLM) desde o início do projeto e desenho do produto, reduzem-se significativamente os erros de fabricação, resultando em redução de custos e despesas (SERUMENA et al, 2019).

O compartilhamento de informações entre os envolvidos em um projeto é fundamental para melhorar a interação, a velocidade do compartilhamento, a detecção de erros e equívocos (LEGARDEUR et al, 2006). Para alcançar isso, as empresas devem gerenciar o ciclo de vida de seus produtos, desde a modelagem inicial até sua retirada do mercado. Lembrando sempre na produção de diversos produtos que acontecem em momentos diversos (LIM et al, 2020). Com as tecnologias da Indústria 4.0, como a Inteligência Artificial, Computação em nuvem, Internet das Coisas e Automação, entre outras, é possível obter informações em tempo real e melhorar a interação de todos os agentes do processo (MEINDL et al, 2021). A base de conhecimento extraída de cada fase do ciclo de vida pode ser compartilhada rapidamente para tomadas de decisões com melhores fundamentos.

A figura 1 esquemática abaixo ilustra como a informação deve transitar em tempo real, que deve buscar a interconexão entre os diversos elementos, como sensores, dispositivos móveis, servidores, nuvem e usuários finais. A informação flui rapidamente entre esses elementos, permitindo a coleta, processamento, análise e tomada de decisão em tempo real. Essa figura demonstra a importância da tecnologia e da conectividade na era da Indústria 4.0 e como elas podem melhorar a eficiência e eficácia da gestão empresarial

Figura 1 - Fluxo de informações em tempo real



Fonte: adaptado de HOU, Ting et al., (2020).

O artigo propõe um estudo detalhado sobre a gestão da informação do ciclo de vida do produto, utilizando conceitos da indústria 4.0, com o objetivo de propor um framework preliminar que possa auxiliar na tomada de decisão inteligente baseada em dados e conhecimento durante todo o ciclo de vida do produto. O estudo envolve a análise de artigos e citações de alta relevância e impacto, autores mais citados, países que mais publicam, diagrama de Stankey para fluxo de artigos, componentes de HCP para determinar a importância dos artigos, nuvens de concentração do tema, métodos de Agrupamento por Acoplamento Bibliográfico e Análise da relação e lacunas a serem pesquisados.

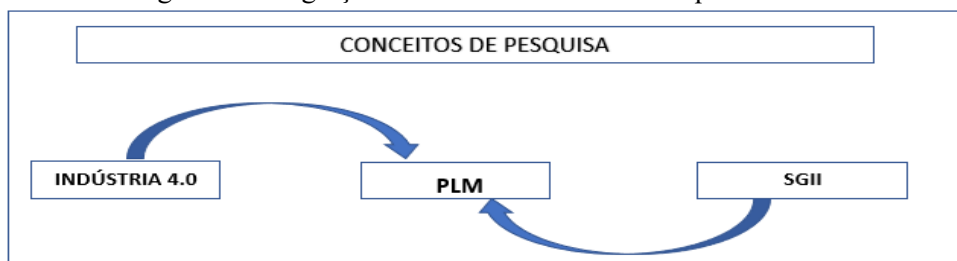
A proposta do framework preliminar é baseada em uma abordagem sistêmica voltada a analisar os efeitos no desempenho de mercado, e busca integrar informações de todas as fontes participantes ao longo das fases do ciclo de vida do produto, desde a gestão da cadeia de suprimentos até a sustentabilidade (DOS SANTOS et al, 2021). A ideia é promover o compartilhamento de dados e conhecimento entre os atuantes nas diversas fases do ciclo de vida dos produtos, facilitando a tomada de decisões com base em informações precisas e confiáveis.

Com a implementação do framework proposto, espera-se que as empresas possam obter agilidade e economia na gestão do ciclo de vida do produto, melhorando seu desempenho de mercado. Além disso, a pesquisa contribuirá para o desenvolvimento de novos estudos e ferramentas que possam auxiliar na gestão da informação do ciclo de vida do produto, utilizando conceitos da indústria 4.0 e tecnologias inteligentes (ZHENG et al, 2022).

II. REFERENCIAL TEÓRICO.

O artigo discute a importância de adotar tecnologias digitais para melhorar a performance de mercado das organizações. Para isso, o artigo discute três temas principais: a Indústria 4.0, que busca incentivar a adoção de tecnologias digitais; o Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto (PLM), que integra informações sobre produtos ao longo de seu ciclo de vida para agilizar a tomada de decisões; e os Sistemas Integrados de Gestão da Informação (DE JESUS PACHECO, 2021), que integram todos os sistemas em sistemas ciberfísicos para melhorar o desempenho de mercado. Todos esses temas estão interligados e buscam melhorar a eficiência e eficácia das organizações em um mercado cada vez mais competitivo.

Figura 2 - Integração entre os Conceitos de Pesquisa



Fonte: Autores.

Este framework busca demonstrar a interação/autuação dos conceitos da indústria 4.0 e do SGII junto a PLM, conforme figura 2 acima, com o intuito de atuar em todas as suas fases e por fim verificar a melhora no desempenho de mercado das organizações.

A Indústria 4.0 é uma revolução digital que incentiva as organizações a adotar tecnologias digitais, como computação em nuvem, IA, IoT e automação, para obter automação e eficiência em seus processos (MEINDL et al, 2021). Além disso, a Indústria 4.0 está se integrando à economia circular, tornando a produção mais sustentável e diminuindo o desperdício em toda a cadeia produtiva (CHOFREH et al, 2020). A implementação dessas tecnologias pode ajudar a minimizar o desperdício de recursos e tornar o processo de produção mais eficiente e verde (PILLONI, 2018).

O Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto (PLM) é fundamental para as organizações e deve ser integrado às tecnologias emergentes da Indústria 4.0, como IoT, IA, automação e computação em nuvem, para construir uma estrutura de mineração de dados e possibilitar um conhecimento ágil que ajude a lidar com incertezas e erros no processo produtivo (DOS SANTOS et al, 2018). O PLM é utilizado em todas as fases do produto e é estratégico para manter a confiabilidade e integridade das informações e gerenciar processos de negócios (TERZI et al, 2010). A integração do PLM com outras tecnologias da Indústria 4.0 fornecerá uma base substancial de dados e informações para o desenvolvimento e fortalecimento das organizações em seu desempenho de mercado (DOS SANTOS et al, 2021).

O Sistema Integrado da informação ligado ao PLM é fundamental para criar fábricas inteligentes e melhorar a cadeia de suprimentos e processos industriais (LENZ et al, 2020). O compartilhamento de informação deve ter rastreabilidade (AHMAD, 2007). A implementação de sistemas ciberfísicos integrados permite a troca de informações em tempo real e tomada de decisões mais precisas. Os gestores devem utilizar ferramentas e tecnologias de informação para construir sistemas de gestão integrados, buscando alocar efetivamente recursos produtivos para atingir a excelência produtiva e os objetivos da Indústria 4.0 (XIA et al, 2021).

III. METODOLOGIA

A base de dados utilizada para a busca foi a Scopus. A equação de busca foi formulada de acordo com a lógica de pesquisa da própria base Scopus. Os termos selecionados para a equação de pesquisa foram as palavras-chave: indústria 4.0, Gerenciamento do Ciclo de Vida dos Produtos, Sistemas Integrados de Gerenciamento da Informação.

A busca inicial com as palavras chaves e sinônimos, parametrizada para buscar apenas “artigos” na língua inglesa, resultou em 0 (zero) documentos.

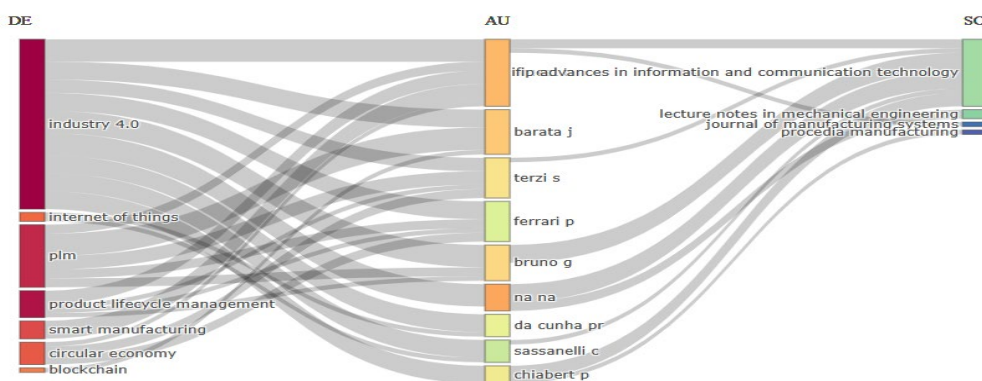
Foi realizada a busca seguinte, usando como protocolo a junção de 2 (duas) a 2 (duas) chaves, e seus sinônimos, que também foi parametrizada para “artigos” na língua inglesa, que resultou em um total de 85 (oitenta e cinco) artigos.

documentos de autoria única, o que gera um índice de autores por documento de 3,00, obtido pelo cálculo da divisão do número de autores (790) pelo número total de documentos da amostra (263). A rede de colaboração é formada por pequenos clusters.

O artigo mais citado foi “PEREIRA, Ana C.; ROMERO, Fernando. A review of the meanings and the implications of the industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, v. 13, p. 1206-1214, 2017.”, com 388 citações, seguido por “WAN, Jiafu et al. A manufacturing big data solution for active preventive maintenance. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, v. 13, n. 4, p. 2039-2047, 2017.” com 302 citações e “BORTOLINI, Marco; GALIZIA, Francesco Gabriele; MORA, Cristina. Reconfigurable manufacturing systems: Literature review and research trend. *Journal of manufacturing systems*, v. 49, p. 93-106, 2018.” com 244 citações.

O autor com maior número de publicações e maior fator de impacto na amostra foi NA com 10 Artigos, seguido de WUEST T, com 7 Artigos.

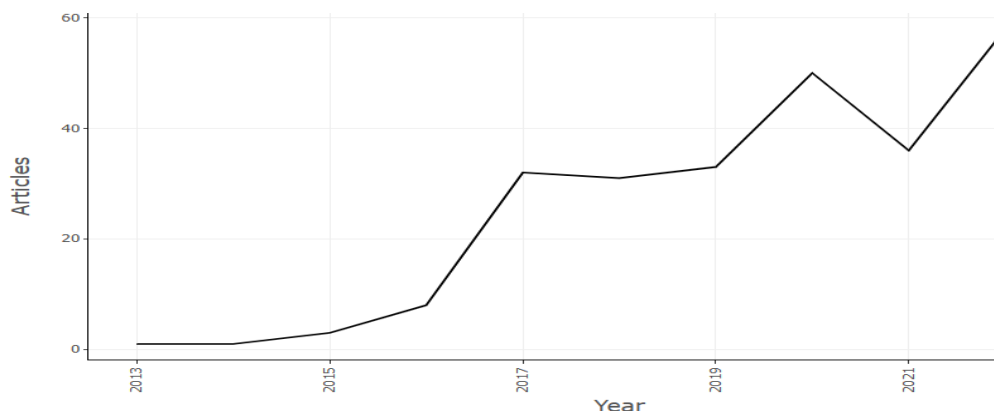
Figura 4 - Diagrama de Sankey com ligação entre Palavras – Autores - Journals



Fonte: Biblishiny (2023)

A partir do diagrama de Sankey, foram utilizados na figura 4 como base de pesquisas Palavras chave, autores e periódicos constatou-se que o periódico com maior publicação não tem um grande fator de impacto, porém há uma publicação do autor de maior relevância no jornal “Journal of Manufacturing Systems” com um índice SJR de 2.95, classificado como “Q1”, e o país com maior volume de publicação foi a Itália.

Figura 5 – Resultado das buscas por palavras-chaves



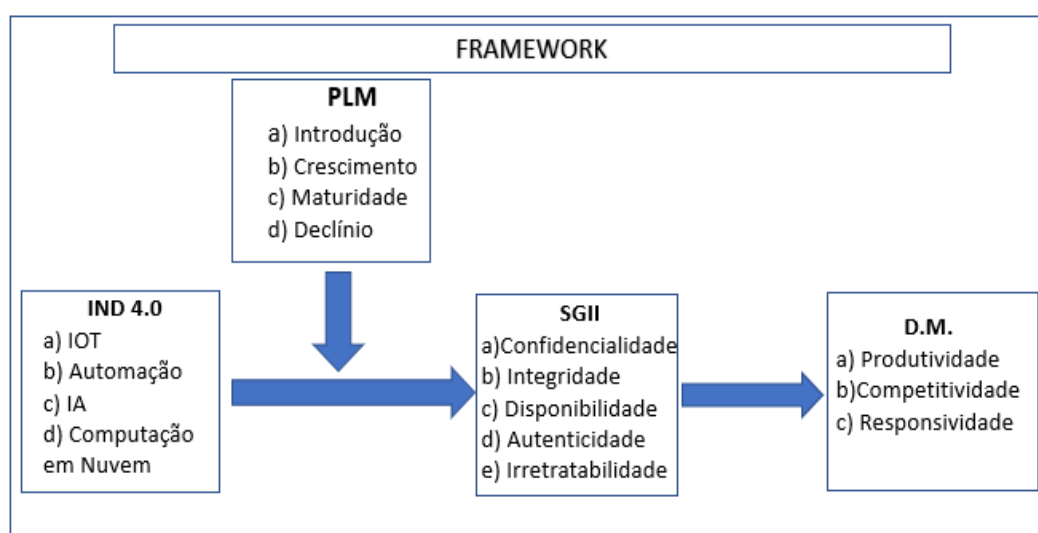
Strings: (TITLE-ABS-KEY ("product lifecycle") OR TITLE-ABS-KEY ("plm") AND TITLE-ABS-KEY ("industry 4.0"))

Fonte: Bibliometrix (2023)

Conforme demonstra o gráfico apresentado na figura 5, o Resultado demonstra uma tendência de crescimento das pesquisas nestes pilares

A análise de conteúdo realizada na pesquisa permitiu concluir que não existe um modelo organizacional de Desempenho de Mercado que considere simultaneamente as três áreas de interesse da pesquisa: Indústria 4.0, Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto-PLM e Gerenciamento do Sistema Integrado de Informação. Diante disso, foi proposto um framework, conforme figura 6, que busca identificar se essas variáveis independentes, Indústria 4.0 e Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto-PLM, têm efeito no desempenho organizacional, tendo como variável interveniente o Gerenciamento do Sistema Integrado de Informação.

Figura 6 - Framework preliminar de pesquisas



Fonte: Autores.

Portanto, os conceitos da indústria 4.0 e suas capabilities para se montar uma indústria inteligente (ENRIQUE, 2022), o uso das ferramentas de gerenciamento de informação, IOT e outros, para se criar fábricas inteligentes (PARK et al, 2020), bem como, a integração de informações as fases do ciclo de vida do produto (MENON et al, 2019), como introdução, crescimento, maturidade e declínio, em busca de melhores e inteligentes decisões (DOS SANTOS et al, 2018), se mostra um excelente tema a ser explorado, tanto pelas lacunas existentes nos estudos, como no crescimentos de metodologias que auxiliem a integração dos pilares deste estudo.

V. CONCLUSÃO

Compreendemos que a gestão eficiente do ciclo de vida do produto, através da utilização de tecnologias inteligentes como as relacionadas aos conceitos da Indústria 4.0, do Gerenciamento do Ciclo de Vida dos Produtos e dos Sistemas Integrados de Gerenciamento da Informação, pode ser fundamental para o sucesso empresarial. No entanto, é importante ressaltar que há lacunas na literatura científica sobre os estudos dos efeitos entre cada variáveis citadas das tecnologias, especialmente em relação à sua interseção com a gestão do desempenho de mercado (DOS SANTOS et al, 2021).

Para preencher essas lacunas, sugerimos que estudos futuros se concentrem em explorar essas tecnologias e seus efeitos e impactos na gestão empresarial, com foco para a gestão do desempenho de mercado. É fundamental que esses estudos considerem também os desafios e riscos associados ao uso dessas tecnologias, tais como segurança

e privacidade dos dados, necessidade de capacitação e treinamento, e impacto na força de trabalho.

Assim, a pesquisa científica pode fornecer insights valiosos para as empresas e gestores que buscam melhorar seu desempenho no mercado através da aplicação dessas tecnologias inteligentes. A análise bibliométrica e a revisão sistemática da literatura são metodologias importantes para identificar as lacunas na literatura científica e guiar pesquisas futuras sobre o tema.

VI. REFERÊNCIAS

AHMAD, Riaz et al. **Closing information loops with extended PLM**. *WSEAS Transactions on Systems*, v. 6, n. 2, p. 304, 2007.

CHOFREH, Abdoumohammad Gholamzadeh et al. **Development of guidelines for the implementation of sustainable enterprise resource planning systems**. *Journal of Cleaner Production*, v. 244, p. 118655, 2020.

DE JESUS PACHECO, Diego Augusto; JUNG, Carlos Fernando; DE AZAMBUJA, Marcelo Cunha. **Towards industry 4.0 in practice: a novel RFID-based intelligent system for monitoring and optimisation of production systems**. *Journal of Intelligent Manufacturing*, p. 1-17, 2021.

DOS SANTOS, Kássio Cabral Pereira et al. **Product lifecycle management maturity models in Industry 4.0**. In: *Product Lifecycle Management to Support Industry 4.0: 15th IFIP WG 5.1 International Conference, PLM 2018, Turin, Italy, July 2-4, 2018, Proceedings 15*. Springer International Publishing, 2018. p. 659-669.

DOS SANTOS, Leonardo Moraes Aguiar Lima et al. **Industry 4.0 collaborative networks for industrial performance**. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 32, n. 2, p. 245-265, 2021.

ENRIQUE, Daisy Valle et al. **Industry 4.0 enabling manufacturing flexibility: technology contributions to individual resource and shop floor flexibility**. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 2022.

HOU, Ting et al. **Developing Industry 4.0 with systems perspectives**. *Systems Research and Behavioral Science*, v. 37, n. 4, p. 741-748, 2020.

LEGARDEUR, Jérémy; MERLO, Christophe; FISCHER, Xavier. **An integrated information system for product design assistance based on artificial intelligence and collaborative tools**. *International Journal of Product Lifecycle Management*, v. 1, n. 3, p. 211-229, 2006.

LENZ, Juergen et al. **Optimizing smart manufacturing systems by extending the smart products paradigm to the beginning of life**. *Journal of manufacturing systems*, v. 57, p. 274-286, 2020.

LIM, Kendrik Yan Hong et al. **A digital twin-enhanced system for engineering product family design and optimization**. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 57, p. 82-93, 2020.

LIU, Yang et al. **How can smart technologies contribute to sustainable product lifecycle management?**. *Journal of Cleaner Production*, v. 249, p. 119423, 2020.

MEINDL, Benjamin et al. **The four smarts of Industry 4.0: Evolution of ten years of research and future perspectives**. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 168, p. 120784, 2021.

MENON, Karan et al. **Industrial internet platforms: A conceptual evaluation from a product lifecycle management perspective**. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, v. 233, n. 5, p. 1390-1401, 2019.

PARK, Yangho; WOO, Jungyub; CHOI, SangSu. **A cloud-based digital twin manufacturing system based on an interoperable data schema for smart manufacturing**. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, v. 33, n. 12, p. 1259-1276, 2020.

PILLONI, Virginia. **How data will transform industrial processes: Crowdsensing, crowdsourcing and big data as pillars of industry 4.0**. Future Internet, v. 10, n. 3, p. 24, 2018.

SERUMENA, DEDY RICARDO; SANTOSO, Albertus Joko; KRISTYANTO, Bernadus. **SAP ERP analysis as the key of the company's procurement process in the use of social media**. International Journal of Supply Chain Management, v. 8, n. 2, p. 460-467, 2019.

TERZI, Sergio et al. **Product lifecycle management—from its history to its new role**. International Journal of Product Lifecycle Management, v. 4, n. 4, p. 360-389, 2010. ERBER, Pietro. “Gasolina e Tomada”: o carro elétrico está perto. Rio de Janeiro: Revista do Empresário da ACRJ, maio/junho, 2010.

XIA, Kaishu et al. **A digital twin to train deep reinforcement learning agent for smart manufacturing plants: Environment, interfaces and intelligence**. Journal of Manufacturing Systems, v. 58, p. 210-230, 2021.

ZHENG, Xiaochen; LU, Jinzhi; KIRITSIS, Dimitris. **The emergence of cognitive digital twin: vision, challenges and opportunities**. International Journal of Production Research, v. 60, n. 24, p. 7610-7632, 2022.

VII. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam imensamente de agradecer ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq/MAI-DAI), ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PPGEPS/PUCPR) pelo apoio e suporte financeiro para a realização desta pesquisa.

VIII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.

WHY DEFINING THE BEST APPROACH IN PROJECTS IS SO HARSH? A MULTICRITERIA FRAMEWORK PROPOSITION FOR PROJECT MANAGEMENT APPROACHES

Márcio Leandro do Prado¹
José Maurício Mottin de Andrade¹
Gilberto Reynoso-Meza¹
Guilherme Brittes Benitez¹

Abstract – One of project management's biggest challenges is establishing an adequate methodology. It is challenging to achieve tremendous success in planning and simultaneously bring the stakeholders the greatest satisfaction. Consequently, this is a paradigm because it is a decision that must be taken at the beginning of the activities when there is still no materialization of the project scope's product, service, or object. Regarding technology, we have even greater complexity in the theme because, often, the systemic evolution and visibility impacts occur only during the execution of the project. Thus, our goal is to deliver and validate an MDCM (Multiple-Criteria Decision Analysis) framework to support the selection of a project management methodology. The currently available literature on influence factors for project management was extracted to achieve such a goal. We then provide a multicriteria framework to select the best approach for project managers with the most relevant influence factors.

Keywords: Project management. Hybrid approach. Technology.

I. INTRODUCTION

The research on project management topics is mainly based on more traditional literature, which does not always bring an adequate methodology or investigation of flow to solve or bring a workaround solution for the management problems. The PMBOK® itself is diffuse and multidisciplinary (Pollack & Adler, 2015) and it is a fact that management is the sustainable basis of any project, always depending on a well-planned process (Kai et al., 2017; Frank et al., 2022). The dynamic nature of projects involves many parallel streams of investigation, as Padalkar & Gopinath (2016) suggested. Constant comparisons must be made to observe quick changes in how terms are used in the literature to identify emerging trends and avoid fads (Pollack & Adler, 2015). More traditional methodologies have a standard framework, which needs to be adapted to each area to increase management efficiency and address the numerous

¹ Pontifical Catholic University of Paraná (PUCPR) - Industrial and Systems Engineering Graduate Program (PPGEPS) - Curitiba – Paraná - CEP: 80215-901 – Brazil. Main contact: guilherme.benitez@pucpr.br

complex problems that companies, and other organizations face daily (Jovanovic & Beric, 2018).

From the research point of view, there is an excellent opportunity to explore methods and spaces created by the traditional model. This does not mean those new theories or models will replace traditional techniques, but they can help to develop a hybrid approach to those solutions. The historical concept has relevance, but new management philosophies are welcome, as they will shape the representation of the investigated phenomenon. Projects are constantly changing concerning their resources, chronograms, and goals, and these changes are influenced by the main factors that define each project (Hwang & Yoon, 1981; Afonso Storch et al., 2013). Technology is constantly evolving, doing these projects challenging, especially with the advent of the 4th Industrial Revolution (Kai et al., 2016; Benitez et al., 2019; Lerman et al., 2022). Thus, investing in technological projects with disruptive technologies such as the Internet of Things, Artificial Intelligence, and Cloud Computing is high-risky, given their uncertain nature and the difficulty of measuring the return on investments (ROI) (Almeida et al., 2022). Furthermore, defining the scope of systems development is a hard job. Although there are several possible applications, the customer cannot always imagine the details, making the pre-sales and implementation areas more challenging to understand what the customer wants (Kai et al., 2016; Antunes, 2018). In technology projects, in almost all cases, we will only materialize a product in the integrated testing phases (most advanced TRL levels), where practically all developments will be completed (Lenfle, 2014; Copola Azenha et al., 2021). The choice of the appropriate methodology depends on the characteristics of each project, and, in this statement, technology projects are included, where their distinct nature increases the complexity in project management (Copola Azenha et al., 2021).

II. METHODOLOGY

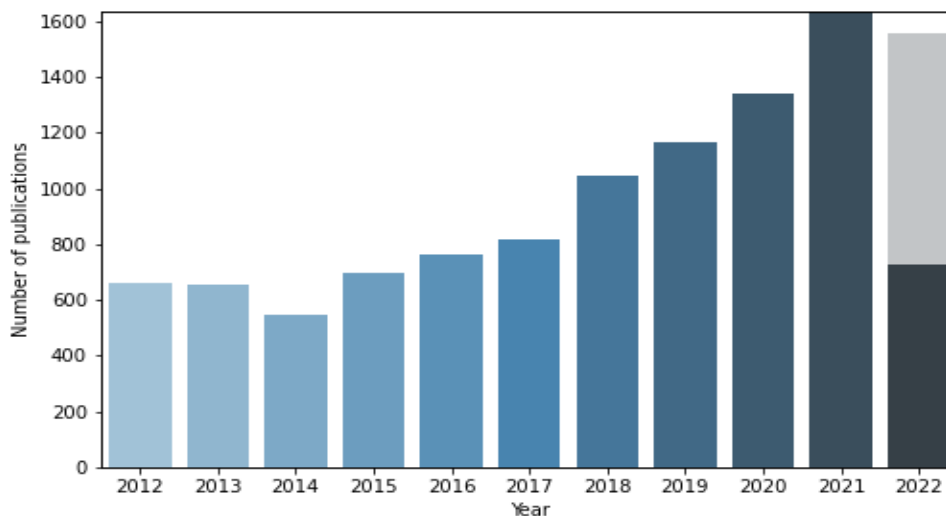
The main objective of this article is to propose and validate a framework with a multi-criteria approach to define the degree of priority, selection, and application of a technology project management method, depending on its influencing factors. To achieve this objective, qualitative-quantitative applied research was performed. The methodology for building the framework was a literature review on the conceptual foundations of project management approaches with the application of experimental cases in the technological area.

The framework was developed by applying the MDCM (Multiple-Criteria Decision Analysis) algorithm to support the selection and prioritization of the project management approach according to the factors that influence it, allowing these factors to be evaluated individually in terms of their method of management. Multi-criteria decision-making support methods are being increasingly adopted by managers in the political, organizational, and financial fields, being a critical support tool for solving increasingly complex problems where there are many risks and uncertainty criteria to be considered and possible alternatives to be adopted (Wątróbski et al., 2019).

III. BIBLIOMETRICS

This topic aims to explain the flow adopted for the research to determine the decision framework for choosing a methodology for application in technology projects. The research started by consulting keywords typically used in projects, forming a bank of 41,449 articles. We have noticed an evolution in the number of searches increasing significantly in recent years, as shown in Figure 1.

Figure 1 – Number of publications per year



The next step focused on applying inclusion and exclusion criteria, as shown in Table 1, to focus on the methodology approach theme, as well as segmenting for specific projects in the technology area.

Table 1 – Exclusion and Inclusion Criteria.

I/E	CRITERIA	JUSTIFICATION
Exclusion	CRE-01	Papers with project management topics for specific products and services that do not address applied methodologies.
	CRE-02	Papers not available in full.
	CRE-03	Papers without interchange between project management chapters.
Inclusion	CRI-01	Papers including uncertain and complexities in project management.
	CRI-02	Papers including project management methodologies in technology products or services.
	CRI-03	Papers including changes and evolution of project management over the time.
	CRI-04	Papers including practical experience in project management methodologies.

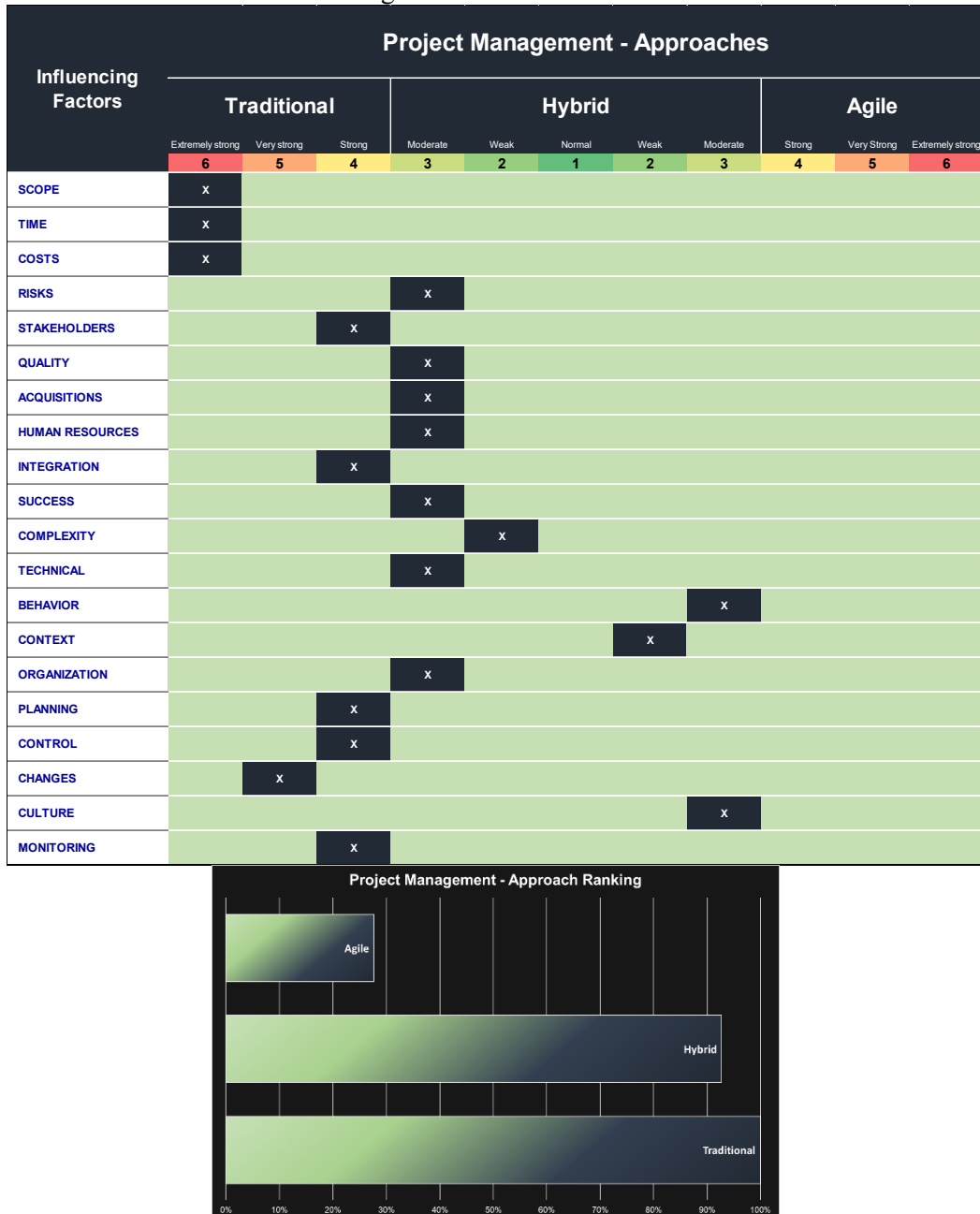
After the exclusion and inclusion criteria, our final basket resulted in 27 prioritized articles, which served as the basis for the framework’s application through the main influence factors found in project management literature. The summary of these main prioritized articles can be found in the Supplemental File A of this research. In the next step, Wordclouds was used to rank the importance of keywords according to the number of appearances, in addition to a grouping of similarities and translations, which shaped the influencing factors contained in the framework (Figure 2).

IV. RESULTS

The purpose of this section is to apply the proposed framework practically, as well as to verify its effectiveness. A technology development project was analysed, with different natures, as described below. This project is about the technological update of the communication channels of satellite systems with the ERP of a company. Technical upgrade projects are typically carried out through the application of specific technical

notes, extensively tested, and with a low risk of significant distortions. All stages of the project are mapped and one of the main assumptions is agility in implementation, especially in the go-live stage, to eliminate the downtime window. End users are not needed for integrated tests, only technology professionals, as there is no need for data quality tests. Figure 2 presents the framework exercise for this case.

Figure 2 – ERP Interface



There is a response from the framework prioritizing a traditional methodology. Although, as usual, in upgrade projects, there is no change of paths, and the influence of the end user is not very representative, the waterfall model is presented more appropriately, proving the framework's efficiency in this case. The proposed framework combines decision-making support methods, project management approaches, and their influencing factors, which allows flexibility and versatility in choosing an approach depending on the specific characteristics of a project, enabling more fantastic

alternatives for project managers (Nara et al., 2019; Schaefer et al., 2021; Baierle et al., 2021). As a continuation proposal for future studies, the presented framework can be applied in other case studies to select the project management approach in other areas of development. In addition, some multicriteria techniques could be integrated with such a framework for high technological context, as proposed by Almeida et al. (2022), to associate monetary values to each influence factor and support decision-makers in the following steps.

V. CONCLUSION

The present study aimed to build and present a framework based on multi-criteria method, which serves as a tool and guide for the project manager to select the most appropriate approach to be applied in the development of a given project or even in a portfolio of projects. This is because considering the various influencing factors relevant to each management approach makes this choice difficult. The literature review on project management approaches made it possible to identify their main influencing factors, which will be considered as criteria in the TOPSIS method for selecting and prioritizing the most appropriate approach to a given project. With the application of the proposed framework in cases of real projects, it was possible to verify the best approach to be adopted depending on the nature of the project, which facilitates the project manager's decision. Furthermore, the proposed framework, due to its versatility in the configuration and choice of influencing factors that serve as evaluation criteria, allows the manager to adapt new criteria and new approaches without specific limitations to a specific area of projects. In this sense, our main contribution is in the practical field for project managers, despite we considered the most relevant influence factors on project management literature.

Thus, the framework allows the continuity of application for future studies by sharing knowledge with the scientific and academic community and with industry to bring both together in managing projects of any nature. Nevertheless, it is worth highlighting the limitations found in the development of this study about the lack of scientific studies that relate the factors of influence in the projects according to their management approach. The scientific contribution of this work is in the tool to support the selection of the approach to be adopted in managing a project based on its influencing factors since the current models do not have this characteristic.

VI. REFERENCES

- AFONSO STORCH, Luiz; OSCAR BENITEZ NARA, Elpídio; MAHLMANN KIPPER, Liane. The use of process management based on a systemic approach. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 62, n. 7, p. 758-773, 2013.
- ALMEIDA, Rodrigo Pessotto et al. How to assess investments in industry 4.0 technologies? A multiple-criteria framework for economic, financial, and sociotechnical factors. **Production Planning & Control**, p. 1-20, 2022.
- BAIERLE, Ismael Cristofer et al. Worldwide innovation and technology environments: research and future trends involving open innovation. **Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity**, v. 7, n. 4, p. 229, 2021.
- BENITEZ, Guilherme Brittes et al. Understanding Industry 4.0: Definitions and insights from a cognitive map analysis. **Brazilian Journal of Operations & Production Management [recurso eletrônico]**. Rio de Janeiro, RJ. Vol. 16, no. 2 (June 2019), p. 192-200, 2019.
- COPOLA AZENHA, Flávio; APARECIDA REIS, Diane; LEME FLEURY, André. The role and characteristics of hybrid approaches to project management in the development of

technology-based products and services. **Project Management Journal**, v. 52, n. 1, p. 90-110, 2021.

FRANK, Alejandro Germán et al. Effects of open innovation breadth on industrial innovation input–output relationships. **European Journal of Innovation Management**, v. 25, n. 4, p. 975-996, 2022.

HWANG, Ching-Lai et al. Methods for multiple attribute decision making. **Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey**, p. 58-191, 1981.

JOVANOVIĆ, Petar; BERIĆ, Ivana. Analysis of the available project management methodologies. **Management: Journal of Sustainable Business and Management Solutions in Emerging Economies**, v. 23, n. 3, p. 1-13, 2018.

KAI, Dalton Alexandre et al. Additive manufacturing: A new paradigm for manufacturing. In: **Proceedings of the 2016 Industrial and Systems Engineering Research Conference, Availability, Development**. 2016. p. 102.

KAI, Dalton Alexandre et al. Influence of organisational characteristics in sustainability corporate strategy. **International Journal of Agile Systems and Management**, v. 10, n. 3-4, p. 231-249, 2017.

KAI, Dalton Alexandre et al. Influence of Organizational Characteristics in the Sustainability Strategy. In: **ISPE TE**. 2016. p. 176-185.

LERMAN, Laura V. et al. Smart green supply chain management: A configurational approach to enhance green performance through digital transformation. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 27, n. 7, p. 147-176, 2022.

NARA, Elpidio Oscar Benitez et al. Sourcing Research Papers on Small-and Medium-Sized Enterprises' Competitiveness: An approach based on authors' networks. **Revista Espanola de Documentacion Cientifica**, v. 42, n. 2, p. 1-16, 2019.

PADALKAR, Milind; GOPINATH, Saji. Are complexity and uncertainty distinct concepts in project management? A taxonomical examination from literature. **International journal of project management**, v. 34, n. 4, p. 688-700, 2016.

POLLACK, Julien; ADLER, Daniel. Emergent trends and passing fads in project management research: A scientometric analysis of changes in the field. **International Journal of Project Management**, v. 33, n. 1, p. 236-248, 2015.

SCHAEFER, J. L. et al. Competitiveness scale as a basis for Brazilian Small and Medium-Sized Enterprises. **Engineering Management Journal**, v. 33, n. 4, p. 255-271, 2021.

WĄTRÓBSKI, Jarosław et al. Generalised framework for multi-criteria method selection: Rule set database and exemplary decision support system implementation blueprints. **Data in brief**, v. 22, p. 639-642, 2019.

VII. COPYRIGHT

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.