

REVISTA



SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

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

ARTIGOS PUBLICADOS

PUBLICAÇÃO MENSAL
Nesta edição

A COLLAGE COMO CONSTRUÇÃO DA IDENTIDADE ÉTNICA NA TRILOGIA DO CÁUCASO, DE SERGEI PARADJANOV	
COLLAGE AS THE BUILDING OF ETHNIC IDENTITY IN THE SERGEI PARADJANOV'S CAUCASIAN TRILOGY – Carolina Silva de Almeida	07
AVALIAÇÃO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS EM BLOCOS DE ADOBE COMO ALTERNATIVA NA ESTABILIZAÇÃO PARA MORADIAS DE BAIXO CUSTO	
EVALUATION OF AGRICULTURAL RESIDUES IN ADOBE BLOCKS AS AN ALTERNATIVE FOR STABILIZATION IN LOW-COST HOUSING – Elizângela Dutra Marques; Ricardo Gabbay de Souza	15
O USO DA TEORIA DAS FILAS EM PROCESSOS DE MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS: APLICAÇÃO EM UMA EMPRESA DE PEQUENO PORTE	
THE USE OF QUEUING THEORY IN MACHINE MAINTENANCE PROCESSES: APPLICATION IN A SMALL COMPANY – Ricardo Daher Oliveira; Leila Cristina da Silva Oliveira; Jaqueline Ferreira da Silva	26
ORÇAMENTO E PLANEJAMENTO DE EDIFICAÇÃO UTILIZANDO A METODOLOGIA OPENBIM	
BUDGET AND BUILDING PLANNING USING THE OPENBIM METHODOLOGY – Rodolfo Mariano de Souza Seve; Bernardo Quinet Barra; Izabella Pessoa de Castro	39
ANÁLISE DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DO IFBAIANO E METODOLOGIA PARA ESTIMAR A GERAÇÃO DE ENERGIA	
ANALYSIS OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS AT IFBAIANO AND METHODOLOGY FOR ESTIMATING ENERGY GENERATION – Bruno Filgueiras Rebelo De Matos; Kleber Freire da Silva; Fernando Augusto Moreira	49
NANOTECHNOLOGY AND ITS POST-PANDEMIC PROGRESS IN THE FIELD OF HEALTH: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW	
NANOTECNOLOGIA E SEU PROGRESSO PÓS-PANDEMIA NO CAMPO DA SAÚDE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA BIBLIOGRÁFICA – Matheus Augusto Santos Antoniazzi; Emmanuel Zullo Godinho; Gabriela Teixeira Mazziero	59



Edição 216 de dezembro 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, UNIVESP.
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
 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 Fertoni, 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
 Fabrício Moraes de Almeida – UNIR



SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

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

Vol. 18 – Nº 216 – DEZEMBRO/ 2023

EDITORIAL

Na última edição do ano a Revista Sodebras está composta de seis artigos, das mais variadas áreas do conhecimento humano. Nesse interim, cabe ressaltar que, além de contribuir para o desenvolvimento nos setores da engenharia e da saúde, a ciência pode dialogar com questões políticas, econômicas, sociais e humanas.

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.

De acordo com a classificação dos periódicos avaliados pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (QUALIS / CAPES), somos extrato B2, o que demonstra a seriedade do trabalho realizado pela revista.

Neste ano, marcado por guerras, conflitos, alertas climáticos, e diversas questões de interesse internacional, a Sodebras manteve o fluxo de publicação mensal em pontualidade, o que facilita para a difusão do conhecimento e contribui para a divulgação científica.

Boa leitura

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

Área: Ciências Humanas e Sociais

8-2	<p>A COLLAGE COMO CONSTRUÇÃO DA IDENTIDADE ÉTNICA NA TRILOGIA DO CÁUCASO, DE SERGEI PARADJANOV</p> <p>COLLAGE AS THE BUILDING OF ETHNIC IDENTITY IN THE SERGEI PARADJANOV'S CAUCASIAN TRILOGY</p> <p>Carolina Silva de Almeida</p>
-----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

A COLLAGE COMO CONSTRUÇÃO DA IDENTIDADE ÉTNICA NA TRILOGIA DO CÁUCASO, DE SERGEI PARADJANOV

COLLAGE AS THE BUILDING OF ETHNIC IDENTITY IN THE SERGEI PARADJANOV'S CAUCASIAN TRILOGY

Carolina Silva de Almeida¹

Resumo – Este artigo é parte dos estudos da dissertação “O Arquétipo do Herói Trovador em O Kalevala e Ashik Kerib”. Nesta pesquisa, investigamos as narrativas tradicionais de povos do Cáucaso que aparecem na obra do cineasta georgiano Sergei Paradjanov através da técnica de collage na montagem dos filmes. Para isso, apresentaremos a trajetória do cineasta e sua proposta cinematográfica de criar um cinema que pudesse homenagear contos tradicionais e a identidade étnica de seu povo durante a homogeneização imposta pelo regime da URSS. Nos três filmes que compõem a Trilogia do Cáucaso: A Lenda da Fortaleza de Suram, A Cor da Romã e Trovador Kerib, percebemos o uso de imagens que dão outro sentido aos elementos narrativos apresentados, ressaltando a Romã como o símbolo do Cáucaso.

Palavras-chave: Sergei Paradjanov. Trilogia do Cáucaso. Collage.

Abstract - In this research we investigate how the elements and traditional tales of Caucasian people are present in the work of the Georgian movie director Sergei Paradjanov through the collage technique in his films. We will present the life trajectory of the film-maker and his cinematic intention of creating a cinema which could honor folk tales and the ethnic identity of his people during the homogenization imposed by the USSR regime. In the three movies that make the Caucasian Trilogy: The Legend of Suram Fortress, The Color of Pomegranates and Ashik Kerib, we perceive a use of images that give other meanings to the narrative elements presented, emphasizing the pomegranate as a symbol of Caucasus.

Keywords: Sergei Paradjanov. Caucasian Trilogy. Collage.

I. INTRODUÇÃO

Sergei Paradjanov (1924 – 1990) foi um cineasta georgiano, (por vírgula) que é considerado um dos mais importantes cineastas soviéticos do século XX. A Geórgia é um país da Europa Oriental localizado na região do Cáucaso (entre o Mar Negro e o Mar Cáspio), faz fronteira ao norte com a Rússia e ao sul com a Turquia, a Armênia e o

¹ Mestra em Literatura pelo Programa de Pós-Graduação em Estudos Literários da Universidade Federal de Uberlândia (2017). Professora de Inglês e Literatura na Educação Básica em Escolas da Cidade de Uberlândia. Contato: carolinaalmeida13@gmail.com.

Azerbaijão. O país passou a fazer parte do território Russo e em 1917 foi criada a República Socialista da Geórgia, que duraria até o final da União Soviética, em 1991.

Formado em direção no VGIK (Instituto Cinematográfico Gerasimov) em Moscou, uma das mais antigas escolas de cinema da Europa, foi mandado para a Ucrânia, onde trabalhou no estúdio Dovshenko em seus primeiros filmes, ainda alinhados à estética do Realismo Soviético, política de Estado imposta à arte pelo governo da URSS, caracterizada por exaltar a sociedade comunista e representá-la de maneira positiva e triunfal.

Após se desligar do instituto, o diretor passou a adotar uma estética cinematográfica diferente, com uma proposta mais artística e metafórica, e após seu primeiro sucesso, *Shadows of Forgotten Ancestors* (1965), desconsideraria seus trabalhos anteriores. Influenciado pelas concepções artísticas do também cineasta e amigo Andrei Tarkovsky, ele começou a subverter as concepções de tempo e as estruturas narrativas estatizadas até então no cinema soviético.

O cinema proposto por Tarkovsky e por Paradjanov não pensa em um fluxo temporal contínuo entre as imagens, mas em imagens densas e sequências desaceleradas, da ordem da imobilidade tão oposta à imagem-movimento no cinema ocidental (Deleuze, 1990, p.95). Para Tarkovsky, a montagem do filme não necessariamente deveria ser fluida (como deveria ser a filmagem), mas deveria reunir as filmagens, já dotadas de temporalidade, e organizá-las. Sobre isto, o diretor afirma:

“A montagem, em última instância, nada mais é que a variante ideal da junção das tomadas, necessariamente contidas no material que foi colocado no rolo de película. Montar um filme corretamente, com competência, significa permitir que as cenas e tomadas se juntem espontaneamente, uma vez que, em certo sentido, elas se montam por si mesmas, combinando-se segundo o seu próprio padrão intrínseco” (Tarkovsky, 1998, p.136).

Paradjanov passou a ser perseguido pelo governo da União Soviética tanto por sua estética provocativa quanto por sua vida pessoal. Em 1973, o diretor seria preso acusado de estupro, homossexualismo (crime pelo qual fora preso antes em 1948) e suborno, sendo solto em 1977, e preso novamente em 1982 por um período mais curto de tempo. Após inúmeros pedidos de seus amigos artistas para o governo, ele seria solto permanecendo sob vigilância, e voltaria a produzir apenas com a amenização da situação política, na metade dos anos de 1980, dirigindo *Trovador Kerib*, em 1988. Em 1990, Paradjanov faleceria, deixando incompleto seu filme *A Confissão*, confiando os negativos aos cuidados de seu amigo e também diretor Mikhail Vartanov.

O Cáucaso

Embora a região seja formada por diversos países e nações divididas diferentemente ao longo da história, para esta pesquisa traremos apenas informações sobre a Armênia, o Azerbaijão e a Geórgia, por sua relevância dentro da obra de Paradjanov para compreendermos a multiculturalidade que nos é apresentada.

O Cáucaso é uma região entre a Europa e a Ásia, situada entre o mar Negro e o mar Cáspio. A região foi explorada pelos gregos no século VIII a.C., e durante a antiguidade também foi povoada por romanos, persas e partas.

Durante a Idade Média, a civilização no Azerbaijão e na Geórgia prosperou com o comércio e a construção de fortalezas, com a queda de Constantinopla a região passou para o domínio otomano até o final do século XVIII, com a conquista da Geórgia e posteriormente de toda a região até o Azerbaijão.

Após a Revolução Russa, foram criadas as repúblicas socialistas da Armênia, Azerbaijão e Geórgia, que teriam sua independência em 1991, com a declaração de independência da União Soviética². Os processos de reestruturação da república nos três países não foram pacíficos, envolvendo conflitos entre grupos internos e com as nações vizinhas.

II. A IDENTIDADE ÉTNICA

A trilogia do Cáucaso, de Paradjanov – Identidade Nacional

Paradjanov retrata de maneira vívida os costumes e tradições do Azerbaijão em *Trovador Kerib*, assim como fizera com as culturas armênia e georgiana em *A Cor da romã* (1969) e *A Lenda da Fortaleza Suram* (1985), respectivamente. Exaltar as tradições dos povos do Cáucaso foi um ato arriscado considerando todas as tensões étnicas que aconteciam na União Soviética durante na época que precedeu a *glasnost*³. Como bem observa Amir Labaki:

“Ninguém melhor do que Paradjanov cantou as várias aldeias culturais mantidas artificialmente unidas pelo decadente império soviético. Foi ele, como escreveram Mira e Antonin Liehn, “o primeiro a indicar o quanto o folclore e as tradições artísticas locais podem novamente se tornar fonte de enriquecimento visual para o cinema soviético” (Labaki, 1991, p. 76).

Os mitos tratados nos filmes são uma forma de retomar a história e a identidade das noções sufocadas pelo domínio soviético. Relembrar os mitos é evocar a memória os feitos e grandes heróis de um povo, reafirmando a identidade cultural de um grupo.

Em *Trovador Kerib*, a cultura azerbaijana é representada pelo diretor de modo exuberante, em cores vívidas, com tapetes, tecidos e indumentárias que alimentam a noção de fantasia da obra. A trilha sonora e as cores têm um papel muito importante na construção dessa estética. A maquiagem dos atores também referencia os desenhos de mosaicos e tapeçarias tradicionais, com olhos bem delineados e o contraste intenso entre os tons das roupas, pele e cabelo.

“Para isso, são utilizados recursos artísticos que vão além do vocabulário cinematográfico, pois a construção de cada plano parte de sua plasticidade, sendo observados cor, forma, luz, movimento, etc., características predominantes da linguagem da pintura, por exemplo, enquanto narrativa, enredo, diálogo, movimentos de câmera, enquadramentos, etc. são subvertidos” (Notari, 2012, p.3).

Em *A Lenda da Fortaleza Suram*, somos apresentados à história da cidade de Suram, onde por mais que tentassem, nenhuma fortaleza durava mais do que uma noite. Vardo, a vidente, ao ser consultada pelos homens do rei que estavam precisavam construir a fortaleza em vista de um ataque, declara que era necessário o sacrifício de um jovem de olhos azuis. Zurab se prontifica e permite ser emparedado vivo na construção dos muros. No dia seguinte, a muralha permanece em pé, o povo lamenta a morte de Zurab, mas comemora o sucesso de seu sacrifício.

Neste filme, a narrativa evoca as tensões entre a fé cristã e a fé muçulmana, conflito intenso na região sobretudo durante a Idade Média antes do domínio otomano,

² Declaração nº124-H do Soviete Supremo da União Soviética

³ A *glasnost* foi a política de abertura política da União Soviética iniciada em 1986. No ocidente, a reconhecemos como o que permitiu o contato do país com outras nações, mas dentro da própria URSS, ela acabou intensificando a formação de grupos nacionalistas e disputas regionais de diversos grupos étnicos, o que culminaria na dissolução da URSS.

através de um dos personagens centrais. Também podemos perceber a presença de elementos similares à tradição helênica, como as estátuas que possuem forte similitude com as cariátides gregas.

Em *A Cor da Romã*, o enredo é baseado livremente na vida e na obra do poeta armênio Sayat-Nova de maneira extremamente simbólica, desde sua infância até sua velhice. Os elementos apresentados ao longo da narrativa são símbolos ligados a à poética de Sayat-Nova, e representam elementos e momentos marcantes em sua trajetória. Um dos símbolos mais potentes na obra é a romã, que traz tanto a ideia da fertilidade e sexualidade quanto a ligação com a terra natal.

Os aspectos culturais armênios perceptíveis na obra aparecem através da rica tapeçaria, dos mosaicos tradicionais, que inspiram inclusive a maquiagem dos atores, e da locação das filmagens. Dentre os locais de filmagem na Armênia se encontram igrejas medievais como o Mosteiro de Akhtala, o Mosteiro de Haghpat, o Mosteiro de Sanahin, todas do século X, e a igreja do Mosteiro de São João, em Arđvi, construída por volta do século VIII.

A opção de Paradjanov ao escolher contos tradicionais e não criar um herói para seu cinema não se dá ao acaso. Embora a estrutura da jornada do herói possa ser reproduzida num filme, trazer narrativas e elementos visuais marcantes de uma cultura é uma forma de trazer identidade à história apresentada. Não é apenas a jornada de um herói, é a jornada de um herói do Cáucaso.

A collage e o cinema de Paradjanov

A *collage* é um conceito amplamente observado nas artes visuais, percebidos na segunda metade do século XX na fotografia de Rodtchenko e na arte de Tátlin, por exemplo, mas presente desde o cubismo na distorção da figura e da perspectiva. O conceito de *collage* se aproxima muito do conceito de montagem, fundamental para o cinema. Tanto a montagem quanto a *collage* criam sequências narrativas, entretanto o sentido atribuído e a forma de construir essas sequências divergem entre elas.

Martin (2005), em *A Linguagem Cinematográfica*, dedica um capítulo inteiro para conceituar, exemplificar e discutir a montagem no cinema. Logo de início, a montagem é definida como “a organização dos planos de um filme segundo determinadas condições de ordem e duração”. O autor ainda diferencia a montagem narrativa da montagem expressiva, sendo a primeira aquela que ordena o filme em sequências lógicas e cronológicas, e a segunda, aquela produz um efeito de sentido através da justaposição de duas imagens. Sobre a montagem expressiva, o autor define:

“Neste caso, a montagem visa exprimir através de si própria um sentimento ou uma ideia; deixa então de ser um meio para constituir um fim. Longe de ter por finalidade ideal o apagar-se durante a continuidade, facilitando ao máximo as ligações flexíveis de um plano ao outro, tende, pelo contrário, a produzir, sem cessar, efeitos de ruptura no pensamento do espectador” (Martin, 2005, p. 167).

Podemos dizer então que a *collage* é uma forma de montagem que instaura um sistema próprio de significação dos elementos visuais e narrativos do filme. O sentido das cenas não deve ser buscado de maneira linear, uma vez que a narrativa se apresentará fragmentada e permitirá a ampliação dos significados que os elementos possuem e desempenham nela.

No cinema de Tarkovski e Paradjanov, percebemos colagens de elementos não necessariamente visuais (como a justaposição de imagens), mas da própria narrativa em si, na construção do tempo e da construção de realidade da obra. Notari (2012) afirma:

“[...] o cinema tarkovskiano é caracterizado pela “narrativa fragmentária”, pois fendas são abertas na realidade contínua do espaço e esses elementos de “quebra” ocupam, integram e se organizam no espaço e nele se deslocam, permutando posições, sendo, portanto, transformadores de visualidades” (Notari, 2012, p. 5).

Isso não quer dizer, entretanto, que suas obras possuam uma narrativa caótica, ou desestruturada, pelo contrário, como observa Notari (2012) sobre o filme *Trovador Kerib*, existem uma série de signos que anunciam algum elemento narrativo (uma situação, um personagem ou determinado foco narrativo, por exemplo). Em sua pesquisa, ela identifica esses anúncios como elementos visuais e auditivos, a música e as imagens como anunciadoras de eventos. Sobre a anúncio e a montagem, a autora comenta:

“A anúncio faz parte da montagem, que pode ser considerada como uma característica estilística, que nos apresenta uma visão de mundo e que nos faz participantes e cocriadores dessas imagens, testemunhas e cúmplices dessa história, que se localiza num certo tempo e espaço, mas que consegue dialogar com conceitos muito mais abrangentes e universais da inquietação humana” (Notari, 2012, p.13).

A imagem não só participa ou ilustra a narrativa, mas a constrói e a ressignifica ativamente, estabelecendo sentidos através da linguagem da *collage*. A narrativa fragmentada com cortes e saltos evidencia uma linguagem similar ao da poesia oral, dividida em capítulos e sessões, com histórias que não necessariamente começam e terminam, das quais só conhecemos uma parte do desenvolvimento diretamente ligada à presença dos personagens.

Um exemplo claro do uso da *collage* são os créditos iniciais de *Trovador Kerib*. Durante essa sequência de aproximadamente um minuto e meio, a tela alterna entre pinturas do Azerbaijão, representando mulheres e casais (com closes em alguns rostos), os créditos do filme e fotos de peças tradicionais como tapetes, artigos de ourivesaria e instrumentos musicais. O som também é um elemento de colagem nesta sequência: começamos ouvindo o som de instrumentos de cordas tradicionais e, abruptamente ele é substituído por um som ululante e grave ecoando.

A Romã como Símbolo Nacional

Um elemento muito importante presente nas três obras é a imagem da romã. Pfeifer (2015) observa que inicialmente a fruta estava relacionada à imagem de fertilidade, fartura e feminilidade, sendo um símbolo das deusas Inanna, Nana e Kubaba da mitologia suméria. Na Idade Média, os poetas da Pérsia passam a utilizar a fruta como símbolo de feminilidade e representação alegórica de características sexuais femininas, o que também pode ser percebido na poesia armênia, inclusive na obra de Sayat Nova cuja vida e obra inspiraram o filme *A Cor da Romã*.

Posteriormente, esta fruta se tornaria um símbolo para representar a região do Cáucaso, não num sentido nacionalista, mas identitária. Pfeifer nota sua presença nas obras de Paradjanov:

“In all three films, the fruit appears most often in the context of important celebrations or liminal moments, accompanying the protagonists’ passage to adulthood, marriage, journey or death. As we shall see, pomegranates have symbolized religious and civic rituals throughout much of their history in the Caucasus, which is well documented by literature, art and architecture. Most importantly, the origin and practice of these traditions are not exclusive to Armenia, uniting and predating longstanding traditions of Islam and Catholicism in the region” (Pfeifer, 2015).

III. CONCLUSÃO

Podemos perceber a exaltação de elementos culturais nas três obras que compõe a trilogia do Cáucaso tanto nos cenários, figurino e maquiagem dos atores quanto nos roteiros e nas imagens e símbolos selecionados para a *collage*. Durante o governo soviético, exaltar características culturais dos povos do Cáucaso ia contra a ideia vigente de estado-nação, por isso as imagens inseridas na montagem dos filmes, como pinturas tradicionais, tapeçarias, moedas, instrumentos, roupas e objetos, foram percebidos como transgressores ao reafirmar a identidade caucasiana.

No filme *A Lenda da Fortaleza de Suram*, vemos os personagens utilizando vestes tradicionais da Geórgia e cenários que valorizam as paisagens desérticas da Geórgia. Também são mostrados conflitos entre os diferentes povos da região no conflito principal da história (a invasão da cidade cristã pelos otomanos) e pela oposição entre o modo de vida das pessoas de Suram e dos nômades do deserto.

Em *A Cor da Romã* a imagem da fruta está fortemente ligada ao poeta Sayat Nova, sobretudo quando este se refere aos sentimentos românticos. Entretanto, a romã aparece novamente quando o poeta fala de sua terra natal. A forma como o poeta sofre em exílio é também comparável a história do próprio diretor, que também fora preso e exilado.

Em *Trovador Kerib*, vemos como traços islâmicos e cristãos coexistem na narrativa. A cultura Azerbaijiana é fortemente influenciada por essas duas religiões, por sua proximidade tanto da Europa católica ortodoxa quanto do Irã e da Turquia islâmica. O auxiliar, São Jorge, também é referido por seu nome muçulmano Haderiliaz, e é apresentado com elementos tradicionais de sua representação cristã e elementos da cultura muçulmana.

IV. REFERÊNCIAS

DELEUZE, Gilles. **Cinema II: A imagem-tempo**. Trad. Eloísa e Araujo Ribeiro. São Paulo: Brasiliense, 1990.

LABAKI, Amir. A "glasnot" no cinema soviético. **Revista USP**, n.10, p. 73-78, jul/ago. 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i10p73-78>. Acesso em 31 jul. 2017.

MARTIN, Marcel. **A linguagem cinematográfica**. São Paulo: Brasiliense, 2003.

NOTARI, Fabíola Bastos. **Anúnciação: Os indícios audiovisuais em Ashik Kerib**. In: Congresso de Estudantes de Pós-graduação em Comunicação, 5, 2012, Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2012.

PARADJANOV, Sergei. **A Cor da Romã (Sayat Nova)**. [Filme]. União Soviética, 1969. 84 min. Color. Som.

PARADJANOV, Sergei. **A lenda da Fortaleza de Suram (Ambavi Suramis tsikhitsa)**. [Filme]. União Soviética, 1984. 94 min. Color. Som.

PARADJANOV, Sergei. **Trovador Kerib (Ashugi Qaribi)**. [Filme]. União Soviética, Kartuli Pimli, 1988. 73 min. Color. Som.

PARADJANOV, Sergei. **Sergei Parajanov**. Interview with Ron Holloway. *Kinema: A Journal for Film and Audiovisual Media*: Spring, 1996. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20071206074545/http://www.kinema.uwaterloo.ca/hollo961.htm>. Acesso em 31 jul. 2019.

PFEIFER, Moritz. **Life History of a Fruit - Symbol and Tradition in Parajanov's Caucasian Trilogy**. *East European Film Bulletin*. Vol 58, 2015. Disponível em:

<https://eefb.org/retrospectives/symbol-and-tradition-in-parajanovs-caucasian-trilogy/>.
Acesso em: jul. 2023.

SILVA, Mateus Araújo. **O trovador Kerib**. Suplemento Literário, Belo Horizonte, Secretaria de Estado da Cultura de Minas Gerais, n. 14, p. 20-21, jun. 1996.

TARKOVSKY, Andrei. **Esculpir o Tempo**. 2ª ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

V. COPYRIGHT

Direitos autorais: A autora é a única responsável pelo material incluído no artigo.

Área: Ciências Exatas e Engenharias

3-1	<p>AVALIAÇÃO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS EM BLOCOS DE ADOBE COMO ALTERNATIVA NA ESTABILIZAÇÃO PARA MORADIAS DE BAIXO CUSTO</p> <p>EVALUATION OF AGRICULTURAL RESIDUES IN ADOBE BLOCKS AS AN ALTERNATIVE FOR STABILIZATION IN LOW-COST HOUSING</p> <p>Elizângela Dutra Marques; Ricardo Gabbay de Souza</p>
3-1	<p>O USO DA TEORIA DAS FILAS EM PROCESSOS DE MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS: APLICAÇÃO EM UMA EMPRESA DE PEQUENO PORTE</p> <p>THE USE OF QUEUING THEORY IN MACHINE MAINTENANCE PROCESSES: APPLICATION IN A SMALL COMPANY</p> <p>Ricardo Daher Oliveira; Leila Cristina da Silva Oliveira; Jaqueline Ferreira da Silva</p>
3-1	<p>ORÇAMENTO E PLANEJAMENTO DE EDIFICAÇÃO UTILIZANDO A METODOLOGIA OPENBIM</p> <p>BUDGET AND BUILDING PLANNING USING THE OPENBIM METHODOLOGY</p> <p>Rodolfo Mariano de Souza Seve; Bernardo Quinet Barra; Izabella Pessoa de Castro</p>
3-4	<p>ANÁLISE DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DO IFBAIANO E METODOLOGIA PARA ESTIMAR A GERAÇÃO DE ENERGIA</p> <p>ANALYSIS OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS AT IFBAIANO AND METHODOLOGY FOR ESTIMATING ENERGY GENERATION</p> <p>Bruno Filgueiras Rebelo De Matos; Kleber Freire da Silva; Fernando Augusto Moreira</p>
3-13	<p>NANOTECHNOLOGY AND ITS POST-PANDEMIC PROGRESS IN THE FIELD OF HEALTH: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW</p> <p>NANOTECNOLOGIA E SEU PROGRESSO PÓS-PANDEMIA NO CAMPO DA SAÚDE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA BIBLIOGRÁFICA</p> <p>Matheus Augusto Santos Antoniazzi; Emmanuel Zullo Godinho; Gabriela Teixeira Mazziero</p>

AVALIAÇÃO DE RESÍDUOS AGRÍCOLAS EM BLOCOS DE ADOBE COMO ALTERNATIVA NA ESTABILIZAÇÃO PARA MORADIAS DE BAIXO CUSTO

EVALUATION OF AGRICULTURAL RESIDUES IN ADOBE BLOCKS AS AN ALTERNATIVE FOR STABILIZATION IN LOW-COST HOUSING

Elizângela Dutra Marques¹
Ricardo Gabbay de Souza²

Resumo – *A escassez de moradia é um desafio que afeta principalmente a população mais pobre e impõe problemas econômicos e sociais significativos. Além disso, o uso de materiais convencionais, como o cimento, não apenas encarece a construção, mas também tem um impacto ambiental adverso. As construções tradicionais de terra, apresentadas ao longo da história, emergem como uma alternativa viável devido a abundância de materiais e apresentam viabilidade técnica e econômica. No entanto, a resistência dessas estruturas é limitada. Este artigo tem como objetivo principal avaliar o potencial uso de resíduos agrícolas como aditivos na estabilização de tijolos de adobe. A metodologia empregada neste estudo foi por meio de uma revisão sistemática da literatura (RSL), com ênfase na identificação de evidências relevantes ao tema da pesquisa. Os resultados dos estudos revisados indicam que a introdução de estabilizadores pode melhorar a resistência mecânica dos blocos de adobe, embora ainda haja uma lacuna em relação à durabilidade desses blocos quando expostos à água. Os estudos existentes revelam que o uso de resíduos agrícolas, juntamente com outros ligantes naturais como os biopolímeros, pode proporcionar melhorias significativas na resistência e durabilidade dos blocos de adobe. Essa abordagem sugere uma alternativa viável para a construção de habitações de baixo custo, destacando o potencial dos resíduos agrícolas na promoção da sustentabilidade no setor da construção.*

Palavras-chave: *Resíduos Agrícolas. Material de Construção. Adobe.*

Abstract: *Housing scarcity is a challenge that primarily affects the poorer population, imposing significant economic and social problems. Furthermore, the use of conventional materials, such as cement, not only increases construction costs but also has an adverse environmental impact. Traditional earth constructions, present throughout history, emerge as a viable alternative due to the abundance of materials and their technical and economic feasibility. However, the strength of these structures is limited. This article aims to assess the potential use*

¹ Mestranda em Engenharia Civil e Ambiental - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Engenharia, Bauru - SP; e-mail: elizangela.marques@unesp.br.

² Professor Associado - Universidade Estadual Paulista (Unesp) - Instituto de Ciência e Tecnologia, São José Dos Campos - SP; e-mail: ricardo.souza@unesp.br.

of agricultural residues as additives in stabilizing adobe bricks. The methodology employed in this study was through a systematic literature review (SLR), with a focus on identifying relevant evidence related to the research topic. The results of the reviewed studies indicate that the introduction of stabilizers can enhance the mechanical strength of adobe blocks, although there is still a gap regarding the durability of these blocks when exposed to water. Existing studies reveal that the use of agricultural residues, along with other natural binders such as biopolymers, can provide significant improvements in the strength and durability of adobe blocks. This approach suggests a viable alternative for low-cost housing construction, highlighting the potential of agricultural residues in promoting sustainability in the construction sector.

Keywords: *Agricultural Residues. Construction Material. Adobe.*

I. INTRODUÇÃO

O adobe (tijolo de terra crua) é um dos materiais de construção mais antigos do mundo, e sua composição basicamente leva terra, água, palha e fibras naturais. Porém, com a evolução das técnicas de arquitetura, este método de construção foi caindo em desuso e substituído por outros materiais de construção ditos modernos ou convencionais, tais como tijolos cerâmicos e os materiais cimentícios (Eires; Camões; Jalali, 2017).

Atualmente, o que se observa é um resgate desses materiais ao cenário construtivo, pois têm a vantagem de ser um material ecológico, sustentável e de baixo custo devido à facilidade de obtenção da matéria-prima (Velasco-Aquino *et al.*, 2020).

As construções com terra tornam-se uma alternativa viável e sustentável pela sua disponibilidade, uma vez que unem a viabilidade técnica à econômica e possuem baixo impacto ambiental. Além disso, as construções com adobes apresentam-se como opção ao déficit habitacional que atinge diversas populações pelo mundo (Danso *et al.*, 2015), e poderiam atender a demandas por moradias, pelo custo, e ainda aliar questões econômicas e ambientais satisfazendo os pilares da sustentabilidade (Guo *et al.*, 2017). Esse método construtivo pode ser realizado por qualquer pessoa, pois não exige uma técnica complexa. Ainda, utiliza materiais disponíveis localmente, além de ser uma construção de baixo impacto ambiental e de o solo possuir características que o tornam um bom isolante térmico e acústico (Oskouei; Mohammad; Madadipour, 2017; Serrano; Barreneche; Cabeza, 2016).

Os tijolos de terra crua têm a vantagem de serem de origem local e podem ser incorporados a projetos de construção com alterações mínimas. No âmbito da construção com terra, diversas técnicas são empregadas, sendo as mais comuns os blocos de adobe e bloco de terra comprimida (BTC) (Lachheb; Youssef; Younsi, 2023). Os tijolos ou blocos de terra comprimida (BTC) são uma versão do tradicional bloco de adobe e apresentam uma resistência e estabilidade dimensional maior, pois a mistura é compactada com uma densidade relativamente alta dentro de uma forma, diferentemente do adobe onde a mistura é apenas moldado em moldes de forma manual (Lachheb *et al.*, 2023; Minguela, 2017)

Porém é relevante notar que as construções em adobe proporcionam vantagens significativas nos âmbitos térmico, econômico e ambiental. Contudo, tais estruturas frequentemente trazem problemas devido à sua suscetibilidade à água e às percebidas limitações em termos de durabilidade (Minguela, 2017). Diferentes métodos de fabricação são propostos por pesquisadores, inclusive incorporando fibras naturais dos mais variados tipos: coco, sisal, banana, cânhamo, entre outras, além de resíduos de descartes das agroindústrias, tais como palhas, cascas e sementes (Serrano *et al.*, 2016; Oskouei *et al.*, 2017).

O uso de diferentes tipos de resíduos agrícolas em adobes melhora o desempenho, principalmente com relação às propriedades de resistência à compressão e flexão, e ainda ajuda no conforto térmico do ambiente (Palumbo *et al.*, 2016). A Figura 1 demonstra o processo simplificado da fabricação do adobe, segundo a norma NBR nº 61.814/2020 para adobe.



Fonte: Adaptado da ABNT, 2020.

A técnica de fabricar adobes faz parte da história, porém, trata-se de um tipo de construção frágil quanto ao intemperismo e, mais especificamente, em relação à água (Calatan *et al.*, 2020; Giroudon *et al.*, 2019). A desvantagem das construções com terra é a durabilidade, que pode estar associada a diversos fatores, tais como a qualidade inadequada do solo e uso de materiais inapropriados na composição, entre outros. Isso diminui a vida útil da construção, principalmente quando em contato com a água porque provoca sua deterioração com o passar do tempo (Eires; Camões; Jalali, 2017).

A estabilização dessas construções é um fator importante para o seu desempenho, uma vez que a função dos estabilizadores é melhorar algumas propriedades, tais como resistência mecânica e durabilidade (Losini *et al.*, 2021) Os estabilizadores podem ser utilizados na forma de reforço ou apenas como ligantes, e têm funcionalidades diferentes, conferindo melhoria a algumas propriedades dos blocos feitos com solos ou argilas (Danso *et al.*, 2015; Losini *et al.*, 2021). A combinação entre o reforço e os ligantes confere uma maior durabilidade aos blocos em relação à água (Danso *et al.*, 2015). As fibras são frequentemente utilizadas como estabilizante principal nos adobes, com o objetivo de melhorar a resistência à compressão; já os ligantes (cal ou cal viva e cimento) melhoram as propriedades de resistência à água e durabilidade (Danso *et al.*, 2015; Losini *et al.*, 2021). Embora a combinação de estabilizantes sintéticos (cal e cimento) favoreça uma melhoria nas propriedades dos adobes, há questões ambientais, pois, o uso de alguns componentes, como o cimento, reduz a reciclabilidade do solo, uma vez que transforma o solo em pedras artificiais (resíduos de construção civil classe A), gerando ainda o aumento com despesas para fabricação do tijolo (Losini *et al.*, 2021).

Os desafios ambientais como a redução do uso de novas matérias primas e o gasto energético na produção de materiais de construção incitam a valorizar os materiais locais e o uso de resíduos agrícolas, sua utilização pode ser uma estratégia para agregar valor ao resíduo que seria descartado (Oskouei *et al.*, 2017).

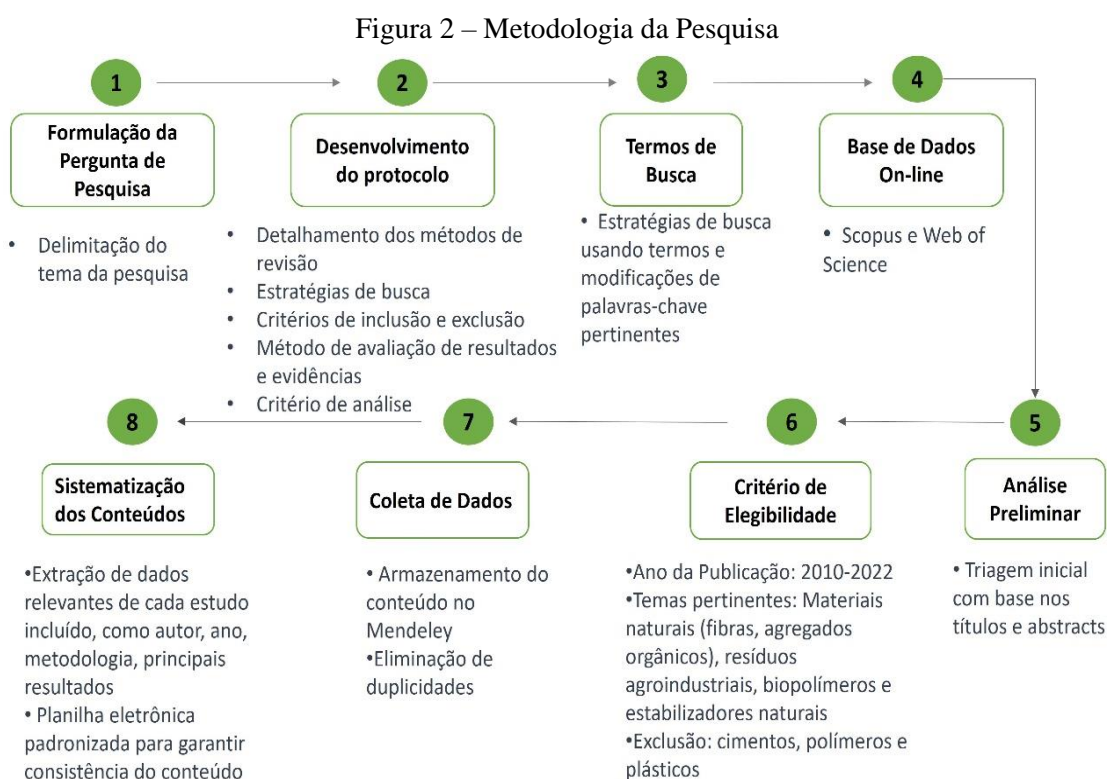
O objetivo deste artigo é avaliar a viabilidade do emprego de resíduos agrícolas como aditivos para estabilizar tijolos de adobe, apresentando-os como uma alternativa para a construção de moradias de baixo custo. Destacando-se o potencial desses resíduos na promoção da sustentabilidade no setor da construção civil.

II. METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo se baseia em uma revisão sistemática da literatura (RSL), realizada de acordo com um protocolo formalizado pelos autores para padronizar a busca de trabalhos científicos. O propósito desta abordagem metodológica é responder a perguntas de pesquisa específicas por meio da identificação, avaliação e síntese de evidências relevantes. Essa abordagem sistemática facilita a análise do estado

atual do conhecimento em um determinado campo de interesse, auxiliando os pesquisadores na obtenção de conclusões precisas. A revisão sistemática da literatura (RSL) envolve várias etapas organizadas de forma a garantir um rigor metodológico e a replicabilidade (Galvão; Pereira, 2014).

Neste trabalho, foram realizadas oito atividades para a seleção do tema, com foco na identificação de evidências relevantes para a pesquisa. As atividades abrangeram a delimitação do tema (atividade I), o desenvolvimento do protocolo (atividade II), a definição de termos de busca (atividade III), a escolha de bases científicas pertinentes (atividade IV), a análise preliminar de títulos e resumos (atividade V), os critérios de elegibilidade (atividade VI), a coleta de dados (atividade VII) e a sistematização do conteúdo (atividade VIII). A Figura 2 apresenta um resumo visual das etapas metodológicas, com os procedimentos detalhados descritos a seguir.



Fonte: Autora, 2023.

A atividade 1 teve como foco a definição do tema da pesquisa, com a delimitação centrada no uso de resíduos agrícolas em adobes e construções com terra. A partir dessa delimitação, estabeleceram-se os critérios de inclusão e exclusão, métodos de busca a serem utilizados e critérios de análise e seleção dos artigos, com o intuito de servir como um guia e garantir consistência ao longo do processo de pesquisa (atividade 2).

A atividade 3 consistiu na definição dos termos de busca a serem empregados na pesquisa e na identificação das bases de dados relevantes. Na atividade 4, foram efetuadas as buscas, utilizando as plataformas científicas "Scopus" e a "Web of Science". As palavras-chave aplicadas foram as seguintes:

- (adobe OR "bio brick" OR "earth brick" OR "raw earth construction" OR "earthen masonry" OR "bio-based earth brick" OR "earth block" OR "mud brick" OR "earth buildings") AND

- ("bio-waste" OR "organic waste" OR "organic fraction of municipal solid waste" OR "agricultural waste"; "bio-waste" OR "organic waste" OR "organic fraction of municipal solid waste" OR "agricultural waste" OR "organic fiber" OR "organic aggregate" OR "bio fiber" OR " bio aggregate" OR "rice husk" OR "coconut fiber" OR bagasse OR “sisal fiber waste” OR “agave fiber” OR corn OR straw OR “agro-industrial waste”) AND NOT
- (cement OR ash OR "synthetic fibers waste" OR "plastic waste" OR "geopolymer" OR polystyrene).

Na atividade 5, para a análise preliminar dos artigos, adotaram-se critérios específicos para inclusão e exclusão. Inicialmente, realizou-se a leitura prévia dos títulos, incluindo apenas os estudos que apresentavam termos relevantes à temática central da pesquisa. Esses artigos foram então submetidos à análise do abstract, buscando aprofundar o entendimento do tema, com especial atenção para os objetivos, resultados e conclusões.

A atividade 6 consistiu na seleção final dos artigos para estudo. Os critérios utilizados para essa escolha foram baseados em diferentes aspectos, incluindo o ano de publicação (priorizando os últimos 10 anos), temas pertinentes como materiais naturais (fibras, agregados orgânicos), resíduos agroindustriais, biopolímeros e estabilizadores naturais. A inclusão de trabalhos abrangeu também artigos que exploravam o uso de resíduos agrícolas em adobes e construções com terra. Para garantir a qualidade dos dados, aplicou-se um filtro excluindo trabalhos que envolviam o uso de cinzas e aditivos prejudiciais à reciclabilidade do solo, tais como cimentos, aditivos sintéticos e plásticos.

Com o objetivo de otimizar as referências bibliográficas e evitar duplicidades, os estudos foram organizados no software Mendeley, conforme descrito na atividade 7. Na atividade 8, procedeu-se à sistematização do conteúdo, com a extração de dados e informações relevantes de cada estudo selecionado. Foi elaborada uma planilha no Excel que incluiu detalhes como os nomes dos autores, ano de publicação, título, país de origem, objetivo da pesquisa, método utilizado, tipo de resíduo, parâmetros técnicos, principais resultados e possíveis lacunas identificadas.

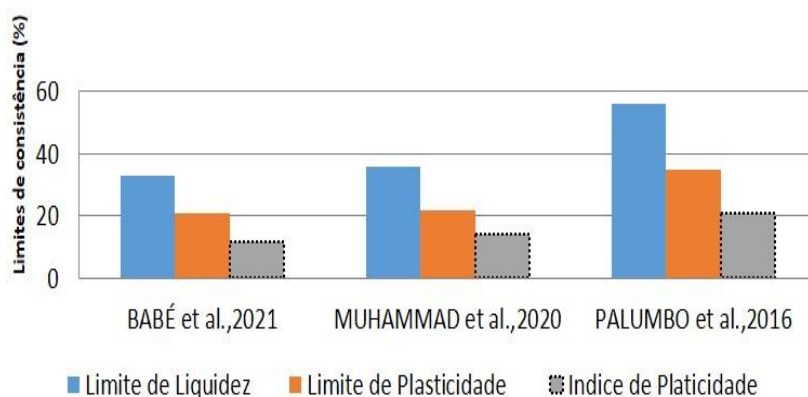
III. RESULTADOS

A quantidade de artigos obtidos na busca foi de 163. Na triagem foram selecionados 33 artigos para estudo, além de algumas referências adicionais retiradas desses artigos para fins de aprofundamento, seguindo o método conhecido como "snowball". Todos os artigos revisados realizaram testes de resistência mecânica, 9 deles ainda fizeram testes para durabilidade contra a água e propriedades térmicas.

Em análises detalhadas realizadas nos artigos, observou-se que os valores de caracterização do solo destinados à produção de blocos de adobe apresentaram variações notáveis. Para os limites de liquidez (LL), foram registrados percentuais de 33%, 36% e 56%, enquanto os limites de plasticidade (LP) exibiram valores de 21%, 22% e 35%. Quanto ao índice de plasticidade (IP), os resultados foram de 12%, 14% e 21%. Essas discrepâncias foram apontadas por Babé *et al.* (2021), Muhammad *et al.* (2020) e Palumbo *et al.* (2016), destacando a diversidade de características do solo em diferentes estudos.

A Figura 2, baseada em dados da literatura, visualiza graficamente os limites de Atterberg dos solos empregados na fabricação de blocos e construções de terra. Essa representação mostra a variabilidade desses limites encontrados nos solos.

Figura 2 - Variedade de Limites de Atterberg de solos utilizados em construções com terra



Fonte: Autora, 2023.

A norma NBR 16.814/2020, que estabelece requisitos e métodos de ensaios para blocos de adobe, não especifica valores para os Limites de Atterberg, incluindo o limite de liquidez (LL), o limite de plasticidade (LP) e o Índice de Plasticidade. Essa ausência de definição de valores é justificada pela considerável variação natural dos limites de consistência devido à diversidade dos solos existentes, fator que não exerce influência direta na produção do bloco de adobe (ABNT, 2020).

No entanto, a norma NBR 16.814/2020 impõe requisitos específicos para os parâmetros granulométricos, estabelecendo que a composição do solo para a fabricação de blocos deve atender aos seguintes critérios: areia entre 45% e 65%, silte até 30% e argila entre 25% e 35% (ABNT, 2020). Estudos anteriores demonstraram a viabilidade da produção de blocos de terra compactada (BTC) mesmo quando a distribuição dos grãos e os limites de consistência não se alinham com os critérios recomendados (Laborel-Préneron; Magniont; Aubert, 2018). Essa constatação ressalta a adaptabilidade do processo de fabricação, permitindo a utilização de uma ampla variedade de solos na produção de blocos de adobe, mesmo quando a norma não define valores específicos para os Limites de Atterberg.

Para realizar a estabilização do adobe, deve ser levada em conta a característica da matéria prima utilizada. A Tabela 1 mostra os trabalhos com os melhores desempenhos mecânicos de acordo com o tipo de estabilizador utilizado em blocos de terra (adobe e bloco de terra compactada - BTC).

Tabela 1 - Tipo de estabilizantes por peso seco de solo, porcentagem utilizada, melhor desempenho mecânico e técnica construtiva

Referência	Estabilizantes		Melhor Desempenho Mecânico		
	Tipo de aditivo	Quantidade utilizada (%)	(%)	Resistência Compressão	Técnica
Jamil <i>et al.</i> , 2021	Fibra de agave	1; 2; 3	2% de Fibra	2,30 MPa	BTC
	Cal	6; 10; 14	14% Cal		
Muhammad <i>et al.</i> , 2020	Casca de arroz	1; 4	1% de Casca de arroz	3,98 MPa	Adobe
	Palha de trigo	1;5			
	Casca +Palha	1;4	0% de Cal		
	Cal	15; 12 ;19			
Miguela, A.; 2017	Fibra de Cânhamo	25; 50; 75	25% de Fibra	3,10 MPa	BTC

Tabela 1 - Tipo de estabilizantes por peso seco de solo, porcentagem utilizada, melhor desempenho mecânico e técnica construtiva – Continuação

Referência	Estabilizantes		Melhor Desempenho Mecânico		
	Tipo de aditivo	Quantidade utilizada (%)	(%)	Resistência Compressão	Técnica
Giroudon <i>et al.</i> , 2019	Palha de cevada	3; 6	6% de Fibra	3,80 MPa	Adobe
	Talos de lavanda	3; 6	6% de Fibra	3,90 MPa	Adobe
Ige; Danso, 2022	Casca de arroz	0,25; 0,50; 0,75; 1,0	0,75% de Casca + 10% de Cal	5,17 MPa	Adobe
	Cal	10%			
Serrano; Barreneche; Cabeza, 2016	Palha de capim, palhas de trigo e palha de milho	1;2;3	3% de Palha de milho	3,25 MPa	Adobe
Jové-Sandoval; Barbero-Barrera; Flores Medina, 2018	Palha de Trigo; Fbra de pinus	0,3	0,3 % Pinus	3,3 MPa	Adobe
Costi De Castrillo; Ioannou; Philokyprou, 2021	Serragem e Palha de cereais	20; 30; 40; 70	40% de Serragem	4,25 MPa	Adobe
Quagliarini; Lenci, 2010	Palha de cereais	0,30; 0,60; 0,90	0,6% Palha	2,82 MPa	Adobe
Atalaya; Sarmiento, 2020	Fibra de coco	0,25;0,50;0,75	0,25% Fibra de coco	3,68 MPa	Adobe
Oskouei; Mohammad; Madadipour, 2017	Serragem Palha de cereais Casca de arroz Fibra de Palma	0,30; 0,60; 0,90	0,6% Fibra de palma	16,53 MPa	Adobe
Velasco-Aquino <i>et al.</i> , 2020	Fibra de coco Aloe Vera Cal	0,25; 0,50; 1,0 0,25; 0,50; 1,0 10%	0,5% Fibra de coco 10% de Cal	1,98 MPa	Adobe
Babé <i>et al.</i> , 2021	Fibras Neem	2; 3; 4	2,0 % de Fibra	6,35 MPa	Adobe
Lopez <i>et al.</i> , 2019	Fibra de agave	1,5; 1,75; 2; 2,5	1,75% de Fibra	3,26 MPa	Adobe

Os resultados observados no campo da estabilização de blocos de terra revelam o uso de diversos materiais como mostrado na Tabela 1. Fibras de palma e neem demonstraram destacada resistência mecânica, atingindo valores de 16,93 MPa e 5,98 MPa, respectivamente, superando o requisito da resistência mínima à compressão da norma internacional ASTM E2392/E2392M-10/2016 (Guia padrão para projeto de sistemas de construção de paredes de terra) que é de 2,68 MPa (Oskouei *et al.*, 2017) e da norma brasileira NBR 16814/2020 que é de 1,5 MPa (ABNT, 2020). A quantidade de fibras incorporadas nos blocos revelou ser um fator relevante, porcentagens adequadas de fibras de palma e neem demonstraram resultar em elevadas resistências mecânicas.

Em contrapartida, as fibras de coco e casca de arroz exibiram um desempenho inferior, especialmente em concentrações superiores às recomendadas. Também foi observado que a fibra de palma, quando combinada com agregados como cascalho e areia, houve um aumento expressivo de 256% na resistência à compressão em comparação com os adobes de controle compostos apenas por solo e agregados.

No contexto da estabilização com casca de arroz, as porcentagens relatadas nas pesquisas foi de até 1% de casca em peso seco de solo. A combinação de 0,75% de casca

de arroz e 10% de cal viva mostrou-se eficaz, alcançando uma resistência mecânica de até 5,17 MPa. Resultados satisfatórios também foram obtidos com 0,3% de casca de arroz, revelando uma resistência mecânica de 4,14 MPa (Ige; Danso, 2022; Oskouei *et al.*, 2017).

Embora haja uma escassez de estudos sobre o emprego de óleos ou gorduras em blocos de terra, algumas pesquisas, notadamente aquelas realizadas com óleo de linhaça e outras formas de gorduras, sugerem que esses elementos podem aprimorar a resistência à água quando combinados com cal. Isso se deve à capacidade de reação desses materiais (óleo e cal), adquirindo propriedades tanto hidrofóbicas (repelentes) quanto hidrofílicas (absorventes). Essas características são importantes para a durabilidade do bloco em relação à água (Eires *et al.*, 2017; Losini *et al.*, 2021). O uso de estabilizantes naturais ou biopolímeros provenientes de diversas fontes, como óleos, ceras e resinas, também contribui para melhorar a resistência à água nas construções com terra. Esses estabilizantes possuem características que podem modificar as cargas eletrostáticas da argila, influenciando as forças de repulsão e atração entre as cargas (Losini *et al.*, 2021).

Uma análise comparativa das propriedades geométricas das fibras de cânhamo, palha de cevada e casca de arroz em relação à condutividade térmica revelou que o tamanho das fibras adicionadas aos blocos desempenha um papel significativo. que quanto maior for a fibra utilizada na composição do bloco, menor será sua condutividade térmica. A casca de arroz, a 3%, revelou uma condutividade superior às outras fibras testadas, apresentando valor de $0,0261 \text{wm}^{-1} \cdot \text{k}^{-1}$, enquanto a fibra de cânhamo e a palha de cevada obtiveram valores de $0,056 \text{wm}^{-1} \cdot \text{k}^{-1}$ e $0,051 \text{wm}^{-1} \cdot \text{k}^{-1}$, respectivamente (Brás *et al.*, 2019). Nota-se ainda que é irrelevante a orientação das fibras para essa propriedade. Por outro lado, em estudos anteriores já foi especificado que a quantidade de fibras tem forte influência no comportamento mecânico e deve ser dosado de forma adequada (Laborel-Préneron *et al.*, 2018; Brás *et al.*, 2019).

Em suma, a pesquisa enfatiza que a escolha adequada da quantidade e as características dos materiais, incluindo as fibras e os estabilizantes, é essencial para obter resultados satisfatórios em termos de estabilidade, resistência e durabilidade dos blocos de terra. Essas descobertas contribuem para avanços significativos na compreensão e aprimoramento das técnicas de construção com materiais sustentáveis.

IV. CONCLUSÃO

Em conclusão, os resultados obtidos nesta pesquisa destacam a eficácia do uso de estabilizadores para aprimorar as propriedades de resistência à compressão em blocos de adobe e estruturas de terra. Embora haja um consenso na literatura sobre esse impacto positivo, nota-se a escassez de estudos dedicados à avaliação da durabilidade desses blocos em relação à água.

As fibras, desempenhando um papel importante como reforço, revelaram-se componentes importantes. Além disso, as propriedades mecânicas foram significativamente aprimoradas pela incorporação de fibras de palma e palha, superando os requisitos normativos.

A casca de arroz e a fibra de coco, apesar de influenciarem a condutividade térmica, demandam uma cuidadosa dosagem para evitar comprometer as propriedades mecânicas dos blocos. A quantidade ideal não deve exceder 1% de resíduo em peso seco de solo, como foi relatado nos estudos citados anteriormente. Apesar da menor resistência mecânica observada nas fibras de coco, sua resistência à água foi observada especialmente após o tratamento com óleo de linhaça, que reduziu a absorção de água pelos blocos. A introdução de óleos e gorduras como aditivos, combinados com materiais como cal, demonstrou potencial para melhorar as propriedades em relação à água.

Contudo, a quantidade e combinação de tais elementos devem ser cuidadosamente consideradas.

A qualidade do solo revelou-se como um fator crítico na fabricação de blocos de adobe. A conformidade com parâmetros estabelecidos pelas normas técnicas, em conjunto com estabilizadores, pode potencializar o desempenho dos blocos. Essas descobertas proporcionam uma base sólida para a viabilidade do uso de resíduos agrícolas e ligantes naturais em construções habitacionais de baixo custo. Destaca-se que a caracterização do solo, conforme preconizado pela norma ABNT NBR 16.814/2020, é um ponto relevante para a execução bem-sucedida do bloco de adobe, considerando as características granulométricas dos solos que influenciam diretamente a qualidade das estruturas construídas com esse material.

V. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 16814**: Adobe. Requisitos e Métodos de Ensaio. Rio de Janeiro, 2020.

ATALAYA, J. Y. C.; SARMIENTO, A. E. A. Physical and mechanical properties of compacted adobe with incorporation of coconut fibers. **Proceedings of the LACCEI International Multi-conference for Engineering, Education and Technology**, 2020.

BABÉ, C.; KIDMO, D. K.; TOM, A.; MVONDO, R. R. N.; KOLA, B.; JONGYANG, N. Effect of neem (*Azadirachta Indica*) fibers on mechanical, thermal and durability properties of adobe bricks. **Energy Reports**, v. 7, n. 5, p. 686–698, 2021.

BRÁS, A.; ANTUNES, A.; LABOREL-PRÉNERON, A.; RALEGAONKAR, R.; SHAW, A.; RILEY, M. Optimisation of bio-based building materials using image analysis method. **Construction and Building Materials**, v. 223, p. 544–553, 2019.

CALATAN, G.; HEGYI, A.; DICO, C.; SZILAGYI, H.; ALATAN, G. Opportunities regarding the use of adobe-bricks within contemporary architecture. *Procedia Manufacturing*. **Anais**. Elsevier, 2020.

COSTI DE CASTRILLO, M.; IOANNOU, I.; PHILOKYPROU, M. Reproduction of traditional adobes using varying percentage contents of straw and sawdust. **Construction and Building Materials**, v. 294, 2021.

DANSO, H.; MARTINSON, B.; ALI, M.; MANT, C. H. Performance characteristics of enhanced soil blocks: A quantitative review. **Building Research and Information**, v. 3, n. 2, p. 253–262, 2015.

EIRES, R.; CAMÕES, A.; JALALI, S. Enhancing water resistance of earthen buildings with quicklime and oil. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 3281–3292, 2017.

GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 23, n. 1, p. 183–184, 2014.

GIROUDON, M.; LABOREL-PRÉNERON, A.; AUBERT, J. E.; MAGNIONT, C. Comparison of barley and lavender straws as bioaggregates in earth bricks. **Construction and Building Materials**, v. 202, p. 254–265, 2019.

GUO, Z.; LI, T.; YU, D.; TANG, H.; ZHANG, Y.; LI, Z.; HE, D. Experimental study of admixture on soil's physical and mechanical characteristics. AIP Conference Proceedings. **Anais**. American Institute of Physics Inc., 2017.

IGE, O.; DANSO, H. Experimental characterization of adobe bricks stabilized with rice husk and lime for sustainable construction. **Journal of Materials in Civil Engineering**, v. 34, n. 2, p. 1–11, 2022.

JAMIL, Y.; NASLA, S.; BOUGTAIB, K.; GUERAOU, K.; CHERRAJ, M. The effect of the sisal fiber content of agave and/or lime on the mechanical and thermal characterizations of soil-based compressed earth blocks from the province of rehamna in morocco. **JP Journal of Heat and Mass Transfer**, v. 24, n. 2, p. 207–226, 2021.

JOVÉ-SANDOVAL, F.; BARBERO-BARRERA, M. M.; FLORES MEDINA, N. Assessment of the mechanical performance of three varieties of pine needles as natural reinforcement of adobe. **Construction and Building Materials**, v. 187, p. 205–213, 2018.

LACHHEB, M.; YOUSSEF, N.; YOUNSI, Z. A comprehensive review of the improvement of the thermal and mechanical properties of unfired clay bricks by incorporating waste materials. **Buildings**, v. 13, n. 9, p. 2314, 2023.

LOPEZ, X.; TORBISCO, D.; RODRIGUEZ, J.; EYZAGUIRRE, C. Benefits of cabuya fiber in the mechanical properties of compacted adobe. Proceedings 7th International Engineering, Sciences and Technology Conference, IESTEC 2019. **Anais**. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019.

LABOREL-PRÉNERON, A.; MAGNIONT, C.; AUBERT, J. E. Hygrothermal properties of unfired earth bricks: Effect of barley straw, hemp shiv and corn cob addition. **Energy and Buildings**, v. 178, p. 265–278, 2018.

LOSINI, A. E.; GRILLET, A. C.; BELLOTTO, M.; WOLOSZYN, M.; DOTELLI, G. Natural additives and biopolymers for raw earth construction stabilization: A review. **Construction and Building Materials**. v. 304, n. 8, p. 124507, 2021.

MINGUELA, A. F. Bio-Composites to tackle UK built environment carbon emissions: comparative analysis on load-bearing capacity, hygroscopic and thermal performance of compressed earth blocks with addition of industrial hemp waste. **The Open Construction and Building Technology Journal**, v. 11, n. 1, p. 395–412, 2017.

MUHAMMAD, M. A. S.; KAZMI, S. M. S.; MUNIR, M. J. Experimental study of fibre-reinforced interlocking mud bricks under compressive test. **Proceedings of Institution of Civil Engineers: Construction Materials**, v. 173, n. 4, p. 181–189, 2020.

OSKOU EI, A.; MOHAMMAD, A.; MADADIPOUR, M. Experimental investigation on mud bricks reinforced with natural additives under compressive and tensile tests. **Construction and Building Materials**, v. 142, p. 137–147, 2017.

PALUMBO, M.; MCGREGOR, F.; HEATH, A.; WALKER, P. The influence of two crop by-products on the hygrothermal properties of earth plasters. **Building and Environment**, v. 105, p. 245–252, 2016.

QUAGLIARINI, E.; LENCI, S. The influence of natural stabilizers and natural fibres on the mechanical properties of ancient Roman adobe bricks. **Journal of Cultural Heritage**, v. 11, n. 3, p. 309–314, 2010.

SERRANO, S.; BARRENECHE, C.; CABEZA, L. F. Use of by-products as additives in adobe bricks: Mechanical properties characterisation. **Construction and Building Materials**, v. 108, p. 105–111, 2016.

VELASCO-AQUINO, A. A.; ESPUNA-MUJICA, J. A.; PEREZ-SANCHEZ, J. F.;
ZUÑIGA-LEAL, C.; PALACIO-PEREZ, A.; SUAREZ-DOMINGUEZ, E. J.
Compressed earth block reinforced with coconut fibers and stabilized with aloe vera and
lime. **Journal of Engineering, Design and Technology**, v. 19, n. 3, p. 795–807, 2020.

VI. COPYRIGHT

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

O USO DA TEORIA DAS FILAS EM PROCESSOS DE MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS: APLICAÇÃO EM UMA EMPRESA DE PEQUENO PORTE

THE USE OF QUEUING THEORY IN MACHINE MAINTENANCE PROCESSES: APPLICATION IN A SMALL COMPANY

Ricardo Daher Oliveira¹
Leila Cristina da Silva Oliveira²
Jaqueline Ferreira da Silva³

Resumo - Esta pesquisa é desenvolvida em um no setor de manutenção da empresa FUJIBAG, situada na cidade de Coração de Maria-BA com o propósito de identificar a forma pela qual a Pesquisa Operacional poderia contribuir para a melhoria no processo de manutenção das máquinas. A metodologia empregada neste estudo é fundamentada em entrevistas com os profissionais da manutenção, além de análise de dados das máquinas buscando prioridades e problemas recorrentes. Ao final deste trabalho fica demonstrado a aplicabilidade da Teoria das Filas como ferramenta de auxílio para aumentar a confiabilidade e otimizar a produção visto que o uso da Pesquisa Operacional eliminou a possibilidade de criação de gargalos (filas) por ocasião da retirada das maquinas para a manutenção das mesmas.

Palavras-chave: Manutenção. Teoria das Filas. Aplicabilidade. Ajustes. Confiabilidade.

Abstract. This research is developed in the maintenance sector of the company FUJIBAG, located in the city of Coração de Maria-BA with the purpose of identifying the way in which Operational Research could contribute to improving the machine maintenance process. The methodology used in this study is based on interviews with maintenance professionals, as well as analysis of machine data looking for priorities and recurring problems. At the end of this work, the applicability of Queuing Theory is demonstrated as an aid tool to increase reliability and optimize production since the use of Operational Research eliminated the possibility of creating bottlenecks (queues) when removing machines for maintenance. the same.

Keywords: Maintenance. Queuing Theory. Applicability. Adjustments. Reability.

¹Pós Doutor Em Engenharia da Produção (HEC/Canada - CA); Docente da UNEB. Contato: ricardooliveira@uneb.br.

² Doutora em Desenvolvimento Regional pela Universidade Católica de Salvador - BA – Docente da Unifacs Contato: leilacris@gmail.com.

³ Bacharel em Engenharia da Produção (UNIFACS); Contato: jaquelineferreira376@gmail.com.

I. INTRODUÇÃO

A competitividade entre as empresas e a permanência das mesmas no mercado, acentuou a necessidade da busca permanente por técnicas e métodos que proporcionassem um diferencial em seus processos e produtos. Visto assim, inovações, formas de gestão diferenciadas, programas para melhoria de produtividade e eficiência incorporaram definitivamente as estratégias de organizações com o intuito de se adequarem às novas realidades da competição de mercado.

Neste contexto, as demandas dos consumidores passaram a se tornar cada vez mais exigente, fazendo com que a adoção de uma gestão empresarial mais profissionalizada, se tornasse fundamental para coordenação das políticas internas, das dinâmicas e das diretrizes a serem implementadas. Dentro das perspectivas dessas ações coordenadas, o estabelecimento de metas e a administração das ações empresariais, terão pouca efetividade se a função controle não estiver associada aos procedimentos que visam alcançar os objetivos planejados e mesmo, possibilitar a mensuração e avaliação dos resultados das ações empresariais planejadas.

Esta busca permanente, das organizações, pelo aperfeiçoamento de seus processos produtivos, visando atender as exigências do mercado, faz com que a minimização dos custos e a maximização das receitas sejam o foco permanente para o alcance da maior lucratividade. Dentro do universo de ações para aumentar receitas e/ou diminuir custos, uma das técnicas pouco utilizadas por pequenas e médias empresas está a Pesquisa Operacional (PO) que fornece um arcabouço de ferramentas quantitativas para a resolução de problemas reais tanto de gargalos de produção quando no ajuste das capacidades ociosas. A PO dará uma melhor capacidade na tomada de decisões de forma a contribuir na gestão dos recursos, sejam, humanos, materiais ou financeiros, entre outros.

A busca por soluções adequadas com a utilização da PO acontece por meio da modelagem matemática que, através de equações tratará as restrições existentes dentro do processo produtivo com a utilização de técnicas específicas que irão envolver principalmente a Programação Linear, a Análise de Decisão, a Simulação, PERT/CPM nos eventos descritos pelas Teoria das Filas, dos Jogos e dos Grafos.

Diante do exposto e das possibilidades oferecidas pelas técnicas utilizadas na PO, uma das áreas da empresa que pode se beneficiar com tais técnicas é a de que trata das manutenções de máquinas e equipamentos pois a redução de tempo de parada na produção pode afetar diretamente na produtividade e com isto a lucratividade.

Neste sentido, reconhecendo que a Pesquisa Operacional oferece um conjunto de ferramentas passíveis de serem utilizadas nos mais diversos setores das empresas, o presente artigo tem como problema de pesquisa: identificar a forma pela qual, a aplicação da Teoria das Filas poderá contribuir para os processos de manutenção de máquinas industriais. Contudo, tal questionamento há de requerer tanto, uma revisão bibliográfica quanto, a utilização de mecanismos de observação e coleta de informações capazes de permitir que, a temática investigada atinja o objetivo geral da pesquisa que é: demonstrar de que forma a utilização da Teoria das Filas em processos de manutenção de máquinas industriais contribui para a otimização dos processos produtivos.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para que o presente artigo atinja seus propósitos, é necessário que se faça uma contextualização acerca de teorias bem como uma revisão bibliográfica em livros e artigos com o propósito será de dar consistência técnica-científica a este trabalho. Neste sentido, faz-se uma abordagem considerando-se a empresa como um sistema; o uso da

Pesquisa Operacional para melhoria dos processos bem como aos processos de manutenção pois entende-se ser este, o caminho para a análise do problema suscitado neste artigo.

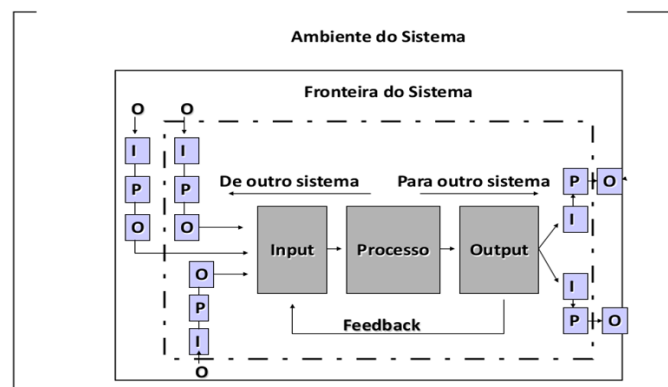
2.1- A Empresa como um Sistema

Segundo Bertalanffy (1969) em sua obra, intitulada Teoria de Sistemas, citado por Chiavenato (2008, p. 98), a ideia de sistemas nos remete a um conjunto de elementos interdependentes e interagentes ou um grupo de unidades que formam um todo organizado, esse autor ainda classifica os sistemas como fechados ou abertos:

- a. Sistemas Fechados: não recebem influência e não influenciam o ambiente.
- b. Sistemas Abertos: intercâmbio com o ambiente por meio entradas e saídas

Soares e Bandos (2012 p. 213) destacam que um sistema é constituído por inputs, que são as partes, elementos ou componentes que dão entrada ao sistema, processamento que é a interação entres essas partes, e as saídas, conhecidas como outputs. As saídas podem ser entradas do próprio sistema (via feedback) ou de outros sistemas, criando várias entidades. A Figura 1 ilustra um sistema.

Figura 1 - Ambiente do Sistema



Fonte: Cavalcanti, 2006.

Conforme Soares e Bandos (2012, *apud* CINTRA, SOUZA, CARRIJO, 2009, p. 213) os desafios do mundo globalizado demandam das organizações ajustes necessários aspirando sua sobrevivência. Com mercados cada vez mais dinâmico e competitivo, a demanda por inovação para garantir a melhor maneira de gerenciar e administrar as organizações tornou-se condição *sine qua non* o uso de técnicas e métodos para garantir esta competitividade. Segundo Chiavenato (2008, p. 342), um desses caminhos para a competitividade seria o planejamento, que é o processo de determinação dos caminhos pelos quais a organização alcançará os resultados esperados. Sendo, então, necessário o estabelecimento da função controle, cuja implantação permitirá o monitoramento para que o planejamento seja bem executado e os objetivos estabelecidos sejam alcançados.

2.1.1 - Sistema de Controle

Sobre a função controle, Chiavenato (2008, p. 377), entende tratar-se de uma função administrativa que se apresenta entre todos os níveis organizacionais, cabendo aos administradores a análise e avaliação do desempenho dos processos e fatores envolvidos, em todos os níveis organizacionais da empresa. Logo, os sistemas de controle podem ser classificados em três níveis organizacionais, de acordo com seu nível de aplicação. Assim o controle deverá ser pensado tanto no nível institucional, estratégico, no nível, nas atividades táticas e, principalmente no nível operacional.

2.1.2 - Controle Estratégico

Segundo Maximiano (2000, p. 471), o controle estratégico tem a finalidade de avaliar o desempenho da organização na realização de suas missões e acompanhar os fatores externos que influenciam na sua organização. Produz informações de análise interna e externa, permitindo corrigir o desempenho defeituoso. Além disso Oliveira (2007, p. 258) afirma que o controle estratégico é um tipo especial de controle organizacional que se concentra no monitoramento e avaliação do processo administrativo estratégico. Tendo por objetivo ajudar a alta administração a atingir metas organizacionais, além de fornecer informações gerenciais periódicas, para garantir uma intervenção rápida no desempenho do processo

2.1.3 - Controle Tático

De acordo com Chiavenato (2008, p. 381) o controle tático está no nível intermediário e refere-se a cada uma das unidades organizacionais, sejam elas departamentos, divisões ou equipes. Geralmente estão orientados para o médio prazo, isto é, para o exercício anual. Os tipos de controles táticos mais importantes são:

- a) Controle orçamentário
- b) Contabilidade de custos: custos fixos e variáveis

2.1.4 - Controle Operacional

Oliveira (2018, p. 8) declara que é no controle operacional que são executadas as tarefas de acordo com métodos e padrões estabelecidos pelo controle tático de modo a alcançar os objetivos traçados pelo controle estratégico. Para Chiavenato (2008, p. 382), o controle operacional da organização é projetado ao curto prazo. As ações corretivas de controle no nível operacional são realizadas sobre as pessoas ou seu desempenho, chamada de ação disciplinar. A ação disciplinar é realizada sobre o comportamento de pessoas para orientar e/ou corrigir desvios ou discrepâncias. Seu propósito é reduzir a discrepância entre os resultados atuais e os resultados esperados.

2.2 - O Uso da Pesquisa Operacional para Melhoria dos Processos Produtivos

Arenales *et al.* (2007, p. IX), define Pesquisa Operacional como “ a aplicação de métodos científicos a problemas, complexos para auxiliar no processo de decisões, tais como projetar, planejar e operar sistemas em situações que requerem alocações eficientes de recursos escassos”. E de acordo com Abensur (2018, p. 13) “(...) a pesquisa operacional pode ser usada sempre que houver uma necessidade de alocação eficiente de recursos limitados e que são disputados por atividades alternativas.”

A expansão do mercado e o aumento da competitividade, tornaram necessário a utilização de recursos que garantam a eficiência e viabilidade de investimento, e aplicações de métodos matemáticos que minimizem as incertezas nas decisões tomadas pelos administradores, no qual a uso das técnicas da Pesquisa Operacional são justificadas porque evidenciam e tornam amplo os estudos feitos na área (LEIGUS *et al.* 2009 apud SANTOS *et al.* 2008, p. 5). Silva (2017, p. 20) diz que a Pesquisa Operacional está sendo aplicada nas mais diversas áreas como indústrias e empresas prestadora de serviço, onde a PO consegue resolver problemas complexos, em tempos cada vez menores.

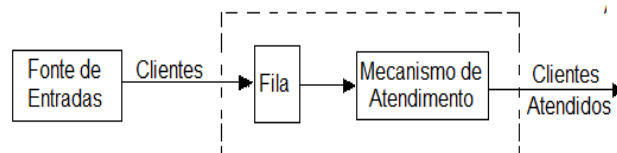
Segundo Hillier e Lieberman (2013, p. 7) para solucionar um problema através da Pesquisa Operacional, os seguintes passos devem ser considerados e seguidos: Definição do problema; Formulação do modelo representativo do problema; Desenvolver um procedimento computacional para solucionar o problema; Testar o modelo e redefini-lo caso seja necessário; Implementação da solução.

2.2.1 - Teoria das Filas

Alves (2013, p. 2) define fila como uma fileira de pessoas que são dispostas uma atrás da outra, por ordem cronológica de chegada em um ponto de embarque, ou ainda, uma estrutura de dados organizados onde estes são recuperados na mesma ordem em que foram inseridos. Filho (2005, p. 40) afirma que uma das motivações para se estudar as filas são os problemas econômicos embutidos em sua formação, que surgem em qualquer fila existente e geram dois custos, o da fila que representa o custo para abrigá-la dentro de um sistema e o de serviço, que se refere a construção e manutenção de uma estrutura mínima para garantir a entrega do serviço em questão.

De acordo com Carrión (2007, p. 15), a Teoria das Filas, foi desenvolvida para encontrar modelos matemáticos que simulassem e antecipassem o comportamento de sistemas que providenciam atendimento às demandas em contínuo crescimento aleatório. Sendo assim as filas de espera são estudadas através distribuições de probabilidade. Estas conduzem as atividades de chegada, atendimento e saída de um cliente num sistema de filas. Segundo Hillier e Lieberman (2013, p. 729) a figura 2 representa o sistema de Filas.

Figura 2 – Representação do Sistema de filas e o mecanismo de atendimentos



Fonte: Hillier e Lieberman, 2013.

2.2.2 - Notação de Kendall

De acordo com Filho (2005, p. 42) a notação de Kendall foi desenvolvida pelo professor D. G. Kendall, e consiste na forma A/B/c/K/Z, no qual A representa a distribuição do tempo entre chegadas, B a distribuição do tempo de serviço, c o número de servidores, K a capacidade da fila e Z a disciplina de atendimento. De acordo com Marins (2011, p. 155), quando utilizada a notação de Kendall em que a capacidade infinita e a disciplina FIFO, os dois últimos símbolos, K, e Z podem ser omitidos.

As distribuições mais comuns utilizadas nas distribuições do tempo de chegada e do tempo de atendimento são:

- D: Distribuição determinística ou degenerada
- M: Distribuição exponencial
- Ek: Distribuição de Erlang do tipo k
- U: Distribuição uniforme
- G: Distribuição geral (não específica)

2.2.3 - Distribuição de Poisson

Andrade (2015, p. 190) diz que a distribuição de Poisson é “aplicável quando a oportunidade para a ocorrência de um evento é grande, mas a ocorrência real tem baixa probabilidade.” Já Montgomery *et al.* (2012, p. 59) afirmam que “o número de eventos ao longo de intervalo é uma variável aleatória discreta que é frequentemente modelada por uma distribuição de Poisson.”

A probabilidade de que existam k ocorrências (k sendo um inteiro não negativo, k = 0, 1, 2,...) é expressa por:

$$P(x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \quad (1)$$

Onde:

P(x) = probabilidade de x chagadas em t período de tempo;

λ = taxa média de chegadas por unidade de tempo “t”;
 e = exponencial (2,7183)

2.2.4 - Distribuição Exponencial

De acordo com Montgomery et. al. (2012, p. 84) “a distribuição exponencial é frequentemente usada em estudos de confiabilidade como o modelo para o tempo de falha de um equipamento.” modelando o comprimento do intervalo entre eventos.

A função densidade de probabilidade de X é representada por:

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}, \text{ para } 0 \leq x < \infty \quad (2)$$

e o coeficiente de variação:

$$C_v = \frac{\delta x}{E[x]} = \frac{\sqrt{\text{var}(x)}}{E[x]} = \frac{\frac{1}{\lambda}}{\frac{1}{\lambda}} = 1 \quad (3)$$

2.2.5 - Modelos de Filas

Nas estruturas das filas, o fluxo dos itens a serem servidos podem seguir uma fila única, filas múltiplas ou mista, a escolha do formato depende parcialmente do volume de clientes atendidos e parcialmente das restrições impostas pela sequência que define a ordem pela qual o serviço deve ser realizado. O fator de utilização do sistema é representado por ρ , o número de atendentes c é determinante para o cálculo dessa taxa, que é dada pela seguinte expressão (ARENALES et.al, 2007, p. 441):

a) Único servidor

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (4)$$

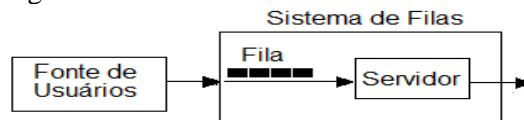
b) Mais de um servidor

$$\rho = \frac{\lambda}{c\mu} \quad (5)$$

Segundo Arenales et al. (2007, p. 435), o sistema de filas pode adotar os seguintes canais:

a) Fila única, e um servidor: consiste em um único atendente e uma única fila, sendo o tipo mais simples de estrutura da fila de espera, conforme ilustra a Figura 3:

Figura 3 - Sistema de fila única e um servidor



Fonte: Arenales et al., 2007.

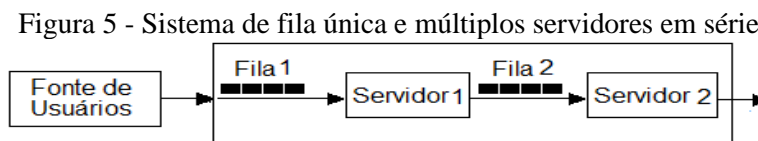
b) Fila única, e múltiplos servidores em paralelo: consiste em uma fila e vários atendentes, possuindo dificuldade nos diferentes tempos de serviço dedicados à cada cliente que resultam em velocidade e fluxo desigual entre as filas, além de alguns clientes serem atendidos antes de outros que chegaram mais cedo conforme ilustra a Figura 4:

Figura 4 - Sistema de fila única, e múltiplos servidores em paralelo



Fonte: Arenales et al., 2007.

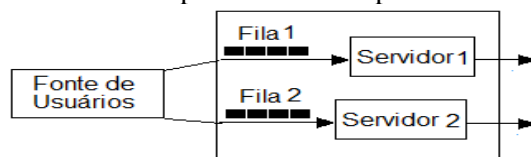
c) Fila única e múltiplos servidores em série: Consiste em vários atendentes e uma única fila para cada atendente, conforme ilustra a Figura 5:



Fonte: Arenales *et al.*, 2007.

d) Múltiplas filas e múltiplos servidores em paralelo: Consiste em vários canais e várias filas, sendo este caso similar ao anterior, exceto que dois ou mais serviços são realizados em sequência, conforme ilustra a Figura 6:

Figura 6 - Sistema de Múltiplas filas e múltiplos servidores em paralelo



Fonte: Arenales *et al.*, 2007.

2.2.6 - Disciplina das Filas

A disciplina da fila se refere à ordem na qual integrantes da fila são selecionados para atendimento (Hillier, Lieberman, 2013, p. 730). Marins (2011, p. 154) lista as disciplinas existentes como:

- FIFO (*first in, first out*): primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido;
- LIFO (*last in, first out*): último a chegar é o primeiro a ser atendido;
- ALEATÓRIO: atendimento sem preocupação com a ordem de chegada;
- COM PRIORIDADE: atendimentos de acordo com prioridades estabelecidas.

2.3 - Os Processos de Manutenção

A ABNT, define manutenção como a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. A manutenção deve ser uma parte ativa da organização, ajudando a minimizar os custos, garantindo a qualidade dos produtos e serviços oferecidos, e a disponibilidade dos equipamentos. Hoje, entende-se que a função manutenção é muito mais do que consertar ou manter equipamentos em condições de uso, a influência dessa função é percebida na segurança dos colaboradores e das instalações, bem como na qualidade do processo de produção ou serviço, com segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados (Sobrinho, 2012, p. 11).

Costa (2013, p. 22) diz que os tipos de manutenção se caracterizam de acordo com a intervenção que é feita no sistema, são elas: manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e engenharia de manutenção. Segundo Sobrinho (2012, *apud* Tecem, 2012, p. 18), o conhecimento correto de cada um dos conceitos permite definir qual o tipo ideal de manutenção para aplicar ao equipamento, instalação ou sistema.

2.3.1 - Manutenção Corretiva

Slack *et al.* (2002, p. 625) afirmam que aplicar a manutenção corretiva “significa deixar as instalações continuarem a operar até que quebrem [...]”. Já Koyano (2010, p. 30) diz que a manutenção corretiva significa restaurar ou corrigir o funcionamento da

máquina e, ressalta que uma quebra inesperada pode gerar altos custos para a empresa. Pois além do reparo, a interrupção no processo de fabricação pode gerar atrasos de entrega e perdas de clientes.

2.3.2 - *Manutenção Preventiva*

Pinto e Xavier (2009, p. 42), diz que “manutenção preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda no desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo”. De acordo com Almeida (2000, p. 3) “todos os programas de gerência de manutenção preventiva assumem que as máquinas degradarão com um quadro típico de sua classificação em particular”. As ações preventivas podem custar caro, pois a manutenção das instalações em intervalos de tempo pré planejados, mas, na maioria das vezes esse valor é inferior ao gasto referente a falha.

2.3.3 - *Manutenção Preditiva*

Para Koyano (2010, p. 34) a manutenção preditiva procura realizar ajustes no equipamento apenas quando eles precisarem, mas, sem deixá-los quebrar ou falhar. Já Souza (2008, p. 64) diz que “a manutenção preditiva, também conhecida por manutenção sob condição ou manutenção com base no estado do equipamento.” que tem como principal objetivo prevenir as falhas nos equipamentos ou sistemas através da análise dos parâmetros, permitindo a utilização do equipamento pelo maior tempo possível.

2.3.4 - *Manutenção Detectiva*

Segundo Costa (2013 *apud* Souza, 2008, p. 24) “o termo manutenção detectiva vem da palavra “detectar” e começou a ser referenciado a partir da década de 90.” De acordo com Souza (2008, p. 64) A manutenção detectiva pode ser descrita como uma intervenção nos sistemas a fim de detectar falhas ocultas ou não perceptíveis e assegurar a confiabilidade. Sendo aconselhado que as ações referentes a esse tipo de manutenção sejam executadas por uma equipe especializada do setor de manutenção

2.3.5 - *Engenharia da Manutenção*

De acordo com Pinto e Xavier (2009, p. 50) a Engenharia de Manutenção significa “perseguir benchmarks, aplicar técnicas modernas, estar nivelado com a manutenção do Primeiro Mundo”. Segundo Souza (2008, p. 20) A Engenharia da Manutenção deve elevar a disponibilidade dos equipamentos produtivos, com a intenção de elevar a receita da organização preservando o funcionamento do sistema produtivo.

III. METODOLOGIA DO TRABALHO

Assim como a pesquisa de Silva (2017, p. 43) esse artigo também possui natureza aplicada, no qual procura-se agregar conhecimentos para uma aplicação prática da pesquisa operacional a fim de melhorar o setor de manutenção de uma indústria de confecção de bolsas, que fica a 90 km de Salvador, na cidade de Coração de Maria – BA. Os resultados adquiridos poderão ser utilizados para gerar ajustes nos serviços, aumentar a confiabilidade e otimizar o processo da empresa. A abordagem da pesquisa se mostra qualitativa e quantitativa.

Neste trabalho foi utilizada a metodologia de estudo de caso, que permitiu o conhecimento amplo e detalhado sobre os objetos, para analisar o comportamento do fluxo de atendimento do setor em questão, aplicar um modelo de teoria das filas, detectar os possíveis problemas e contribuir com possíveis soluções. O estudo de caso seguiu o modelo de Andrade (2015, p. 33): Identificar o problema; Estabelecimento dos objetivos;

Coleta e preparação de dados; Formulação do modelo; Verificação/ Validação do modelo; Experimentação e interpretação dos resultados; Conclusão e Implementação.

3.1 - Coleta de Dados

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, foram realizadas visitas ao setor de manutenção para a coleta dos dados, registrando-se a quantidade de máquinas que chegavam, o intervalo de tempo entre os defeitos que cada equipamento apresentava, e de cada atendimento, por meio de observação e entrevistas com os seis funcionários do setor de manutenção. Os dados foram disponibilizados pela empresa e compreendem 200 dias de trabalho em um regime de 15 horas e 40 minutos por dia, separados em dois turnos de 8 horas, sendo que a cada turno ocorre um intervalo de 10 minutos. A empresa possui 82 máquinas, sendo 66 máquinas de costura, 10 máquinas de corte de tecido manuais, 2 máquinas de corte de tecido automáticas, 3 prensas hidráulicas e 1 coleiro.

IV. ANÁLISE DA PESQUISA

Os problemas mais frequentes apresentados pelas máquinas são as quebras de agulha, eixos desregulados e quebras de linhas dentro das caixas de bobina, que podem ser resolvidos rapidamente dentro da empresa. A empresa utiliza a manutenção corretiva e preventiva, tendo que terceirizar o serviço apenas da máquina de corte automática, sem a necessidade de deslocamento da mesma. A manutenção preventiva ocorre anualmente, de acordo com a necessidade das máquinas e a ordem do chefe do setor. Toda manutenção deve ser solicitada via OSM (Ordem de Serviço de Manutenção) e ocorrer conforme os fluxogramas que estão apresentados. Os dados foram organizados e armazenados em tabelas eletrônicas do Microsoft Excel®.

4.1 - Caracterização do Modelo de Chegadas

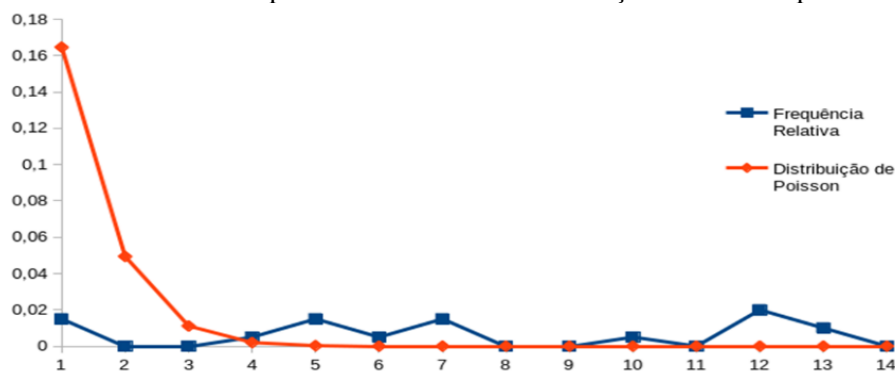
Após as observações e coleta de dados, conclui-se que o setor de manutenção segue uma Distribuição Exponencial e de Poisson, sendo sua fila única, com múltiplos canais de atendimento, logo, os dados mensurados como a taxa de chegada (λ) e a taxa de atendimento (μ), servem de parâmetros para o modelo. Na Tabela 1 é apresentada a frequência de solicitações recebidas por dia, respectivamente, de 0 e 15. A partir dos dados coletados obteve-se uma taxa média de chegada (λ) de 0,9, que foi utilizado para cálculo da distribuição de Poisson, representada no gráfico 1.

Tabela 1 - Frequência e distribuição do número de solicitações recebidas por dia

Tempo (dia)	Frequência Absoluta	Frequência relativa	Distribuição de Poisson
1	4	0,020	0,366
2	3	0,015	0,165
3	0	0,000	0,049
4	0	0,000	1,961E-56
5	1	0,005	7,404E-15
6	3	0,015	0,063
7	1	0,005	0,0216
8	3	0,015	7,213E-76
9	0	0,000	0,095
10	0	0,000	3,906E-08
11	1	0,005	3,196E-09
12	0	0,000	2,397E-10
13	4	0,020	1,659E-11
14	2	0,010	1,067E-12
15	0	0,000	6,401E-14

Fonte: Autores, 2023.

Gráfico 1 - Curvas da frequência relativa e da Distribuição de Poisson para $\lambda = 0,9$



Fonte: Autores, 2023.

4.2 - Caracterização do Tempo de Atendimento

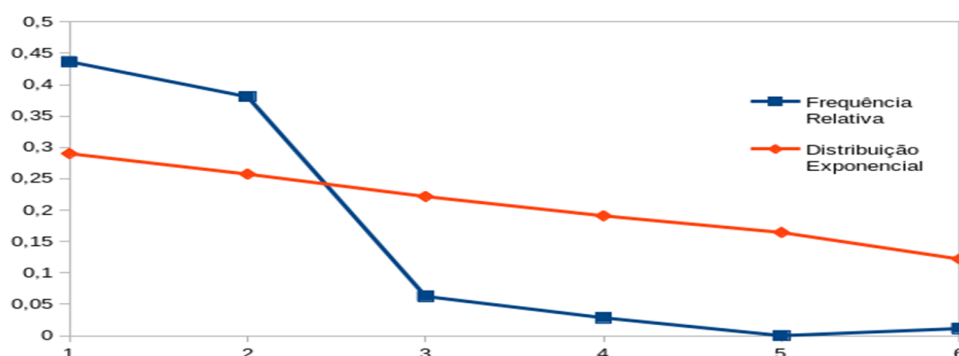
O atendimento das máquinas foi estabelecido de acordo a prioridade, sendo que as máquinas utilizadas na parte inicial da produção têm preferência. Com os dados de tempo de atendimento obteve-se uma média de tempo de atendimento de 0,299 dia por solicitação, os tempos de atendimento foram subdivididos nos intervalos destacados na Tabela 2, a partir da qual montou-se a curva dos dados de tempo atendimento no gráfico 2. A Distribuição Exponencial não pode ser observada através do gráfico devido a pequena quantidade de dados coletados.

Tabela 2- Dados de frequência e distribuição exponencial dos tempos de atendimento

Tempo de atendimento (dia)	Frequência Absoluta	Frequência Relativa	Distribuição Exponencial
0 – 0,1	93	0,437	0,290
0,1 – 0,5	67	0,381	0,257
0,5 - 1	11	0,063	0,221
1 – 1,5	5	0,028	0,191
1,5 - 2	0	0	0,164
2 - 3	2	0,011	0,122

Fonte: Autores, 2023.

Gráfico 2 - Curvas da frequência relativa e distribuição exponencial para tempo de atendimento



Fonte: Autores, 2023.

4.3 - Aplicação do Modelo Canais Múltiplos, Fase Única

Para calcular o estado de estabilidade do sistema, foi utilizada a equação (5) fator de utilização ρ como representado na Tabela 3.

Tabela 3 - Parâmetros do modelo

Parâmetros	Valores
λ	0,9
μ	0,299
c	6
$\rho = \frac{\lambda}{c\mu}$	0,502

Fonte: Autores, 2023.

Como o fator de utilização ρ é menor do que 1, é correto afirmar que os canais de atendimento existentes estão trabalhando dentro de sua capacidade de atendimento.

V. CONCLUSÃO

A proposta suscitada por esta pesquisa foi a de verificar a forma pela qual o uso da Pesquisa Operacional poderia contribuir com o processo de eliminação das filas do processo de produção por ocasião da manutenção das máquinas de uma empresa industrial. O uso da Teoria das Filas permitiu avaliar o desempenho dos sistemas e atividades realizadas dentro de uma empresa. Os modelos de filas auxiliam na caracterização da dinâmica empresarial, como na FUJIBAG em que o modelo Canais múltiplos, fase única permitiu o estudo da capacidade de atendimento do setor de manutenção. Ao utilizar a teoria das filas e as equações do modelo mais adequado para representar o cenário atual da empresa, ficou comprovado que os canais de atendimento utilizados para atender a demanda são suficientes e a metodologia utilizada na manutenção não está prejudicando a produtividade da fábrica neste sentido ficou evidente que o uso da pesquisa operacional no sistema produtivo da empresa permite a retirada das máquinas para manutenção de forma a não criar filas nas estações de produção.

VI. REFERÊNCIAS

- ABENSUR, Eder Oliveira. **Pesquisa Operacional para Cursos de Engenharia de Produção**, São Paulo: Blucher, 2018. 200p.
- ALMEIDA, Marcio Tadeu de. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**, 2000.
- ALVES, Letícia Fernanda Pires, REZENDE, Fabiane Avanzi, ALVES, Thiago Fernando Pires, BOIKO, Thays J. Perassoli, MORAIS, Márcia de Fátima. **Teoria das Filas: Conceitos e Aplicações**. Anais do VII Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial, nov./2013. Disponível em: http://www.fecilcam.br/anais/vii_eepa/data/uploads/artigos/3-03.pdf.
- ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. **Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para Análise de Decisões**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
- ARENALES, Marcos; ARMENTANO, Vinícius; MORABITO, Reinaldo; YANASSE, Horacio. **Pesquisa Operacional para Cursos de Engenharia**. Rio de Janeiro. Elsevier, 2007.
- CARRIÓN, Edwin Arturo. **Teoria das Filas como Ferramenta para Análise de Desempenho de Sistemas de Atendimento**: estudo do caso de um servidor da UECE. Dissertação de Mestrado do Programa da Universidade Estadual do Ceará, 2007. Disponível em: <https://boavista.ifrr.edu.br/pesquisa/pesquisa-e-inovacao/pibict-2014/publicacoes/uso-do-geogebra-no-ensino-de-matematica>

CAVALCANTI, Melissa Franchini; PAULA, Verônica. Angélica. de. Teoria Geral de Sistemas I. In: MARTINELLI, D. P.; VENTURA, C. A. A. (Orgs). **Visão Sistêmica e Administração**. Ed. Saraiva: São Paulo, 2006.

CHIAVENATO, Idalberto. **Administração Geral e Pública**. Ed. Elsevier. 2 ed. Rio de Janeiro, 2008.

COSTA, Mariana de Almeida. **Gestão Estratégica de Manutenção**: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional. Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013. Disponível em: https://www2.ufjf.br/ep//files/2014/07/2012_3_Mariana.pdf

FILHO, Virgílio José Martins Ferreira. **Processos Estocásticos e Teoria de Filas**. Apostila do Programa de Engenharia da Produção (PEP). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: https://www.academia.edu/22896509/PROCESSOS_ESTOC%C3%81STICOS_E_TEO_RIA_DE_FILAS

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introduction to Operations Research**. New York: McGraw-Hill, Inc. 9th edition, 2013. 1237p.

KOYANO, Mauricio. **Mobilizar - Programa Móvel de Treinamento Industrial**. Móvel chão de fábrica, 2010. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/18762670/manutencao> Acesso em: 17 de junho 2020.

LEIGUS, Alisson, FENERICH, Amanda Trojan, MORAIS, Márcia de Fátima. **Aplicações da Pesquisa Operacional**. Ed. Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, São Paulo. 2009.

MARINS, Fernando Augusto Silva. **Introdução a Pesquisa Operacional**. Ed. Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, São Paulo. 2011.

MAXIMIANO, Antonio Cesar Amaru. **Introdução à Administração**. 5. ed. Atlas: São Paulo, 2000.

MONTGOMERY, Douglas C., RUNGER, George C., HUBELE, Norma F. **Estatística Aplicada à Engenharia**. 2.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças. **Planejamento Estratégico**. Ed, São Paulo: Atlas, 2007.

OLIVEIRA, Mateus de Melo, VAZ, Taciana Altemari, LEITE, Luciano Admir Assunção, EDUARDO, Regis Eduardo, CASTRO, Tainara Rigotti de. **Principais Tipos de Planejamento e Controle Empresarial**. 2018.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio Nascif. **Manutenção**: função estratégica. 3ª.ed. Ed. Qualitymark: Rio de Janeiro, 2009.

SILVA, Jordilainy Queiroz Brasilino da. **Aplicação da Teoria das Filas no sistema de atendimento de um restaurante universitário**, Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) da Universidade Federal Da Paraíba. Centro De Tecnologia Departamento de Engenharia de Produção Curso Engenharia De Produção Mecânica 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/13713>

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. Ed. Atlas: São Paulo, 2002.

SOARES, Larissa, BANDOS, Melissa Franchini Cavalcanti. A Microempresa Analisada como um Sistema Aberto: uma reflexão teórica. **Revista Gestão & Conhecimento**. Edição Especial, Nov/2012, p.210-221. Disponível em: http://www.pucpcaldas.br/graduacao/administracao/revista/artigos/esp1_8cbs/artigos_8cbs_2012.html

SOBRINHO, João Carlos Flügel. **Manutenção x Produtividade**: A importância da gestão da manutenção para o aumento da produtividade em uma indústria de manufatura de madeira. Monografia de Especialização Universidade Tec. Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2013. Disponível: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/23446>

SOUZA, José Barrozo de. **Alinhamento das estratégias do planejamento e controle da manutenção (PCM) com as finalidades e funções do planejamento e controle da produção (PCP)**: uma abordagem analítica. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tec. Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2008. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/3625>

VII. COPYRIGHT

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

ORÇAMENTO E PLANEJAMENTO DE EDIFICAÇÃO UTILIZANDO A METODOLOGIA OPENBIM

BUDGET AND BUILDING PLANNING USING THE OPENBIM METHODOLOGY

Rodolfo Mariano de Souza Seve¹

Bernardo Quinet Barra²

Izabella Pessoa de Castro³

Resumo – *Novas tecnologias disponíveis no mercado têm gerado mudanças no procedimento tradicional de orçamentação e planejamento, disponibilizando novas ferramentas que podem facilitar e automatizar parte do processo. A Modelagem da Informação da Construção (MIC) é uma metodologia que propõe unificar as informações e projetos, tornando os dados obtidos mais confiáveis. Os objetivos deste trabalho consistiram no desenvolvimento dos modelos BIM 5D (orçamento) e 4D (planejamento) da estrutura de uma edificação residencial. As modelagens BIM 5D e 4D foram elaboradas usando a ferramenta AltoQi Visus. Neste trabalho, foi possível verificar que as ferramentas BIM 5D e 4D são facilitadoras das atividades de orçamentação e planejamento, respectivamente, visto que o orçamento concluído apresentou vínculo dos serviços constantes da Planilha de Preços Unitários (PPU) com os elementos modelados, possibilitando a atualização automatizada dos quantitativos do orçamento quando de revisões futuras do modelo, além da migração direta da Estrutura analítica do Projeto (EAP) e das Composições de Preço Unitário (CPU) para o planejamento dispensando a necessidade de elaboração do planejamento em softwares tradicionais com posterior exportação das informações para softwares BIM de planejamento para a elaboração da simulação tridimensional da construção.*

Palavras- *BIM 3D. BIM 4D. BIM 5D. Orçamento. Planejamento.*

Abstract – *New technologies available in the market have generated changes in the traditional budgeting and planning procedure, making available new tools that can facilitate and automate part of the process. Building Information Modeling (BIM) is a methodology that proposes to unify information and projects, making the data obtained more reliable. The objectives of this work were the development of the BIM 5D (budget) and 4D (planning) models of the structure of a residential building. The BIM 5D and 4D models were developed using the AltoQi Visus tool. In this work, it was possible to verify that the BIM 5D and 4D tools are facilitators of budgeting and planning activities, respectively, since the completed budget presented a link between the services*

¹ Pós-graduado em Gestão e Projetos em BIM pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). Contato: rodolfo.seve@eletrobras.com

² Mestrando em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense (UFF); Contato: bernardoqb@id.uff.br

³ Professora da Universidade Federal Fluminense (UFF); Doutora em Ciência dos Materiais pelo Instituto Militar de Engenharia (IME). Contato: izabellacastro@id.uff.br

contained in the Unit Price Sheet (PPU) with the modeled elements, making possible the automated update of the budget quantitative when future revisions of the model, besides the direct migration of the Analytical Structure of the Project (ASP) and the Unit Price Compositions (UPC) for the planning dispensed with the need to elaborate the planning in traditional software with later export of the information to BIM planning software for the elaboration of the three-dimensional simulation of the construction.

Keywords: *BIM 3D. BIM 4D. BIM 5D. Budget. Planning.*

I. INTRODUÇÃO

Na área da construção civil, a elaboração precisa de orçamentos desempenha papel vital para garantir o sucesso dos projetos e a estabilidade financeira das empresas construtoras. Com os avanços da tecnologia, surgiram metodologias para orçamentação que possibilitam maior automação aos processos de extração de quantitativos e cruzamento de dados com as tabelas de custo de bases de referência.

O *Building Information Modeling* (BIM) é uma destas metodologias, tendo sido desenvolvida pelo professor Chuck Eastman, do Instituto de Tecnologia da Geórgia, nos Estados Unidos da América (EUA), em 1970.

De acordo com Muraro, Lima e Castro (2023, p. 3), pode-se definir BIM como uma metodologia de trabalho colaborativa baseada em um modelo único, tridimensional, carregado com informações úteis e necessárias a todas as etapas do ciclo de elaboração de determinado projeto.

O BIM possui 10 dimensões que dizem respeito aos diferentes níveis de informação de um modelo BIM, que são: modelagem tridimensional (3D), planejamento (4D), orçamento (5D), sustentabilidade (6D), gerenciamento dos ativos (7D), segurança (8D), gestão Lean (9D) e industrialização (10D).

O uso da metodologia BIM torna possível gerar orçamentos vinculados aos modelos BIM 3D. Possibilita manter os itens quantificados do orçamento atrelados aos elementos modelados garantindo total rastreabilidade e confiabilidade da informação. No BIM 5D, a variável econômica é associada ao modelo BIM 3D possibilitando estimar os custos do projeto e controlá-los. Assim, o BIM 5D conecta o modelo digital de informação da edificação com as estimativas e processos de custo. A partir dessa integração, é obtida maior precisão da estimativa de custo da edificação. O orçamento BIM 5D, por extrair dados reais a partir da modelagem da informação das disciplinas de projeto, apresenta informações fidedignas relacionadas a quantidade de materiais e elementos construtivos, tornando possível aproximar a estimativa de custo do gasto real de execução da obra.

As ferramentas BIM têm como principal finalidade antecipar as tomadas de decisão para as etapas que precedem a execução da obra, com o intuito de minimizar erros construtivos que poderiam ser previstos com a realização do planejamento adequado da construção. O BIM 4D proporciona melhora substancial do gerenciamento de custos e prazos em todas as etapas da construção. Na elaboração do planejamento da obra, a plataforma BIM promete tornar o processo mais inteligente, exigindo cada vez menos intervenção humana. Com isso, erros decorrentes de interpretações incorretas do projeto ou mesmo da falta de informações são minimizados, visto que toda a modelagem é desenvolvida antes da execução da obra.

De acordo com Duarte *et al* (2021, p. 66), para tornar os trabalhos envolvendo o uso *softwares* BIM mais eficientes, pesquisas que auxiliem na interpretação dos resultados advindos dessas ferramentas podem trazer benefícios expressivos.

II. METODOLOGIA

2.1 – Seleção do modelo arquitetônico BIM 3D

O modelo arquitetônico BIM 3D selecionado para o desenvolvimento do trabalho, trata de uma edificação residencial unifamiliar de 3 (três) pavimentos, localizada na cidade do Rio de Janeiro, que foi previamente desenvolvido por um dos autores no *software Autodesk Revit*.

2.2 – Elaboração do modelo estrutural BIM 3D

No desenvolvimento do anteprojeto estrutural, foi utilizado o *software Autodesk Revit* para a modelagem volumétrica dos elementos de concreto que compõem a super e a infraestrutura, tais como pilares, vigas, lajes e radier, tomando como base projetos estruturais existentes com características semelhantes.

Foram incorporados aos elementos estruturais modelados parâmetros relativos à resistência do concreto de modo a atender aos parâmetros mínimos indicados na Norma Brasileira (NBR) 6118:2023 – Projetos de estruturas de concreto.

2.3 – Geração do arquivo ifc do modelo estrutural BIM 3D

A configuração do arquivo no formato ifc foi necessária para viabilizar sua importação pelo *software* de orçamento e planejamento AltoQi Visus.

De modo a possibilitar a geração do arquivo de forma adequada, foram seguidos os passos do tutorial “Como exportar o modelo IFC do *Revit* para o AltoQi Visus” disponibilizado no site da empresa Alto Qi. Cabe salientar que a geração de forma adequada do arquivo com extensão ifc é crucial no processo, pois afeta diretamente à qualidade da extração dos quantitativos.

2.4 – Importação do modelo estrutural BIM 3D no software AltoQi Visus

A importação do modelo estrutural BIM 3D com extensão .ifc no *software* AltoQi Visus possibilitou a visualização completa do modelo, inclusive o acesso as informações referentes aos elementos modelados, o que facilitou a compreensão e a identificação de cada componente.

A visualização tridimensional parametrizada auxiliou à análise da qualidade do modelo, possibilitando verificar possíveis inconsistências ou erros de modelagem e avaliar a qualidade das informações.

Os elementos modelados, quando necessário, tiveram suas informações geométricas verificadas, de forma a permitir a criação de fórmulas para associação de elementos não modelados. Importante ressaltar que as verificações no modelo podem ser promovidas sem que o orçamentista detenha conhecimentos de modelagem.

2.5 – Quantificação dos elementos modelados

A quantificação automatizada dos elementos modelados foi promovida no *software* AltoQi Visus, sendo que o modelo estrutural BIM 3D contemplou apenas a modelagem parametrizada dos elementos estruturais de concreto (pilares, vigas, lajes e radier).

Os elementos não modelados, mas necessários à orçamentação, foram associados ao modelo por meio de regras e fórmulas.

A lista de quantidades dos elementos modelados foi gerada inicialmente utilizando a EAP por pavimentos. Esta EAP inicial foi alterada para uma EAP por atividades, sendo que antes de alterá-la foi necessário inserir marcadores nos itens

quantificados de forma a identificar os elementos do mesmo tipo possibilitando o somatório adequado dos quantitativos.

2.6 – Detalhamento e cálculo da Bonificação e Despesas Indiretas

Para o cálculo da taxa de Bonificação e Despesas Indiretas (BDI) foram utilizadas as taxas mínimas de administração central, seguro, garantia, risco, despesa financeira e lucro para construção de edificações constantes do Acórdão N° 2622/2013 do Tribunal de Contas da União (TCU), aplicadas à fórmula publicada no Acórdão n° 2.369/2011 – TCU.

Os tributos considerados na composição do BDI foram os incidentes sobre o faturamento do contrato, ou seja, sobre o preço de venda da construção, que foram a Contribuição para Financiamento da Seguridade Social (COFINS), Programa de Seguridade Social (PIS) e o Imposto Sobre Serviço (ISS).

As taxas dos tributos federais referentes a PIS e COFINS, considerando lucro presumido, foram de 0,65% e 3,0% respectivamente. A taxa de ISS utilizada foi referente a cidade do Rio de Janeiro que corresponde a 3,4%. A Contribuição Previdenciária Sobre a Receita Bruta (CPRB) não foi contemplada na formação do BDI por não ter sido adotada a desoneração da folha de pagamento.

O detalhamento do BDI foi efetuado diretamente no *software* AltoQi Visus que possui recurso para o cadastramento das taxas e promove o cálculo da taxa do BDI de forma automática.

2.7 – Elaboração do orçamento

O orçamento foi elaborado no *software* AltoQi Visus que proporcionou acesso a representação visual completa do projeto, o que facilitou a compreensão e a identificação de cada componente e sua respectiva influência nos custos.

Foram utilizadas as bases de referência do Sistema Nacional de Pesquisa e Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), da Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro (EMOP) e da Secretaria de Infraestrutura do Estado do Ceará (SEINFRA-CE). Os serviços não existentes nas bases de referência elencadas tiveram suas Composições de Custo Unitário (CCU) criadas, com rastreabilidade, na base própria do orçamento.

2.8 – Geração e análise das curvas ABC

A evidenciação dos itens de serviço que apresentam maior impacto no custo total da obra foi possibilitada por meio da análise dos itens da classe A da curva ABC de serviços, que representam 80% do valor total da construção e da identificação dos materiais de maior influência no valor total orçado por meio da curva ABC de materiais.

As curvas ABC de materiais e de serviços foram geradas no *software* AltoQi Visus e possibilitaram a verificação do correto alinhamento destes itens com o sistema construtivo em concreto armado.

2.9 – Elaboração do Planejamento

O planejamento foi desenvolvido no *software* AltoQi Visus utilizando como dados de entrada o orçamento elaborado no mesmo *software*, sendo que foi verificado ser mais interessante, para a simulação construtiva do empreendimento, o retorno da EAP inicial por pavimentos.

No planejamento foram associados tempos de duração, além de informações de início e término para cada atividade da EAP viabilizando a geração do Gráfico de Gant, a curva S e os histogramas.

Para a visualização da evolução da construção em 3D foi necessário configurar informações relacionadas à simulação, como o tempo de duração da simulação, a demonstração na tela da descrição do serviço e seu avanço ao longo do tempo.

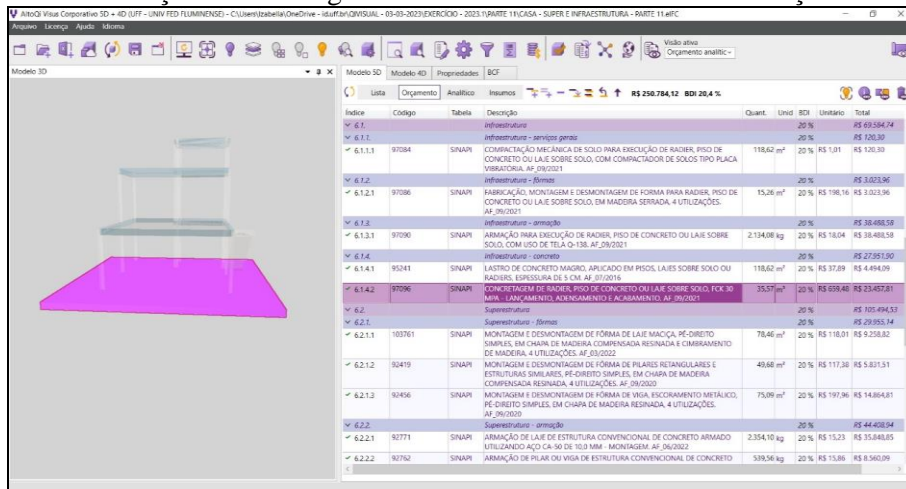
III. RESULTADOS

3.1 – Orçamento BIM 5D

Os orçamentos sintético e analítico para a construção da estrutura da edificação residencial foram elaborados, com sucesso, no *software* AltoQi Visus utilizando a metodologia de trabalho OpenBIM.

Na Figura 1 pode ser observada a interface do *software* AltoQi Visus apresentando o orçamento com a indicação do vínculo dos serviços contemplados na planilha orçamentária com os elementos modelados.


Figura 1 – Interface do *software* AltoQi Visus apresentando o orçamento com a indicação do vínculo do serviço de concretagem de radier com o elemento de fundação modelado



Fonte: autor, 2023.

O valor orçado para a construção da estrutura (super e infraestrutura) da edificação foi de R\$ 250.784,12 (Duzentos e cinquenta mil, setecentos e oitenta e quatro reais e doze centavos), adotando taxa de BDI de 20,37%, sendo o resumo do orçamento apresentado na Figura 2.

Figura 2 – Resumo do orçamento para a construção da estrutura da edificação

DADOS				
Título	ORÇAMENTO			
Obra	CONSTRUÇÃO DE ESTRUTURA (INFRA E SUPER) DE CASA			
Ciente	UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE - UFF			
Cidade	RIO DE JANEIRO			
Endereço	RUA DAS FLORES Nº 30			
Descrição	Obra BIM			
Tabela	RJ-2023-MAIO-NÃO DESONERADO-SINAPI			
UF	RJ			
				
RESUMO				
Tipo	Preço	Observação	BDI Aplicado	
Total	R\$ 250.784,12	Total da edificação	20,37%	
Total Sem BDI	R\$ 208.344,37	Total da edificação sem a aplicação do BDI	-	
Material	R\$ 158.687,82	Material	20,37%	
Mão de obra	R\$ 84.493,66	Mão de obra	20,37%	
Execução	R\$ 92.096,29	Mão de Obra, Transporte, Terceirizado, Comiss., Verba e Outro.	-	
Transporte	R\$ -	Transporte	20,37%	
Equipamento	R\$ 7.564,21	Equipamento	20,37%	
Terceirizado	R\$ -	Serviço/terceirizado	20,37%	
Verba	R\$ -	Licenciamento ou verba	20,37%	
Comissionamento	R\$ -	Administração ou comissionamento	20,37%	
Outro	R\$ 38,43	Outros tipos	20,37%	

Fonte: autor, 2023.

Foi verificado que 85,2% do total de itens de serviço que compõem a planilha orçamentária foram extraídos de forma automatizada do modelo BIM 3D com a

utilização do *software* AltoQi Visus, conferindo otimização de tempo à etapa de quantificação.

Dos 27 itens constantes da planilha apenas 4 não puderam ser associados diretamente ao modelo por tratar de itens não modeláveis, a exemplo da equipe de administração local.

Os serviços destinados à execução da estrutura da edificação, como armação, concretagem e fôrmas foram identificados, na análise da Curva ABC de serviços, como itens integrantes da classe A, corroborando com o sistema construtivo em concreto armado.

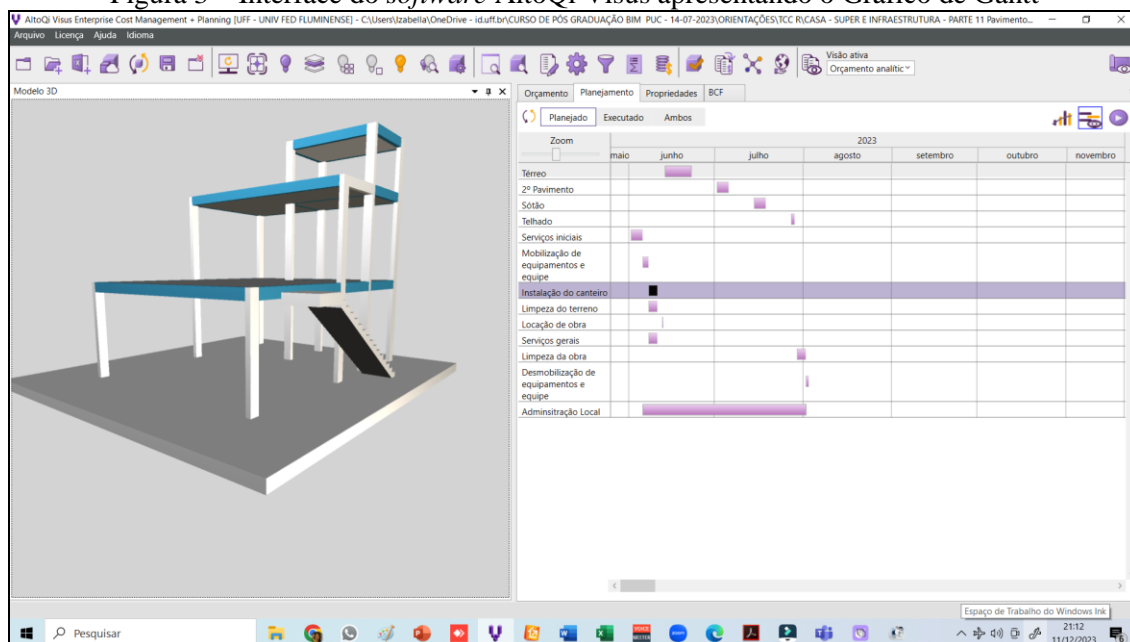
A equipe de administração local apresentou participação de 14,9% do custo total configurando-se como integrante da classe A. Esta taxa apresenta-se elevada indicando que a equipe de gerenciamento está superdimensionada para este empreendimento.

3.2 – Planejamento

Como resultado do planejamento no *software* AltoQi Visus foram gerados o Gráfico de Gantt, as curvas S (avanço físico acumulado e por tipo de custo), histograma de mão de obra e diversos relatórios para acompanhamento e controle (planejado, insumos por etapa da obra e orçamento por etapa da obra).

Na Figura 3 pode ser observada a interface do *software* AltoQi Visus na aba de planejamento. No lado esquerdo da figura é possível observar o modelo BIM 3D do empreendimento e do lado direito o Gráfico de Gantt, indicando a evolução prevista para cada atividade ao longo do tempo.

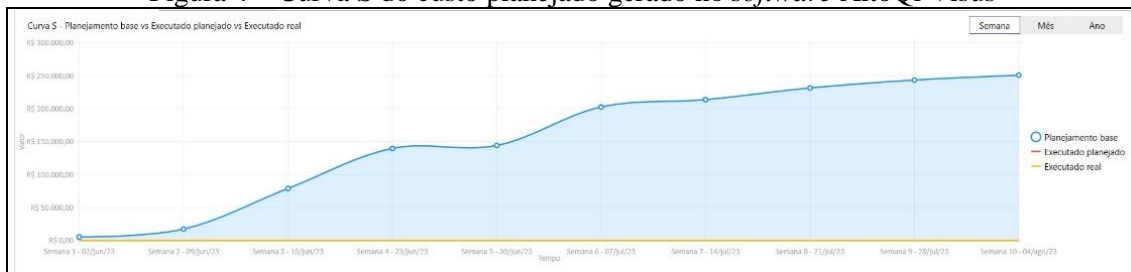
Figura 3 – Interface do *software* AltoQi Visus apresentando o Gráfico de Gantt



(Fonte: autor, 2023)

A Figura 4 ilustra a Curva S do custo planejado, por meio da qual é possível acompanhar a evolução real da execução da obra em relação ao cronograma planejado, no que diz respeito ao custo acumulado (eixo y) de acordo com o passar das semanas do empreendimento (eixo x).

Figura 4 – Curva S do custo planejado gerado no *software* AltoQi Visus



Fonte: autor, 2023.

A Figura 5 apresenta a curva S do custo planejado por tipo de recurso, ou seja, mostra a variação do custo acumulado em função do tempo, tanto para o valor total quanto por classe (material, equipamento, mão de obra e outros).

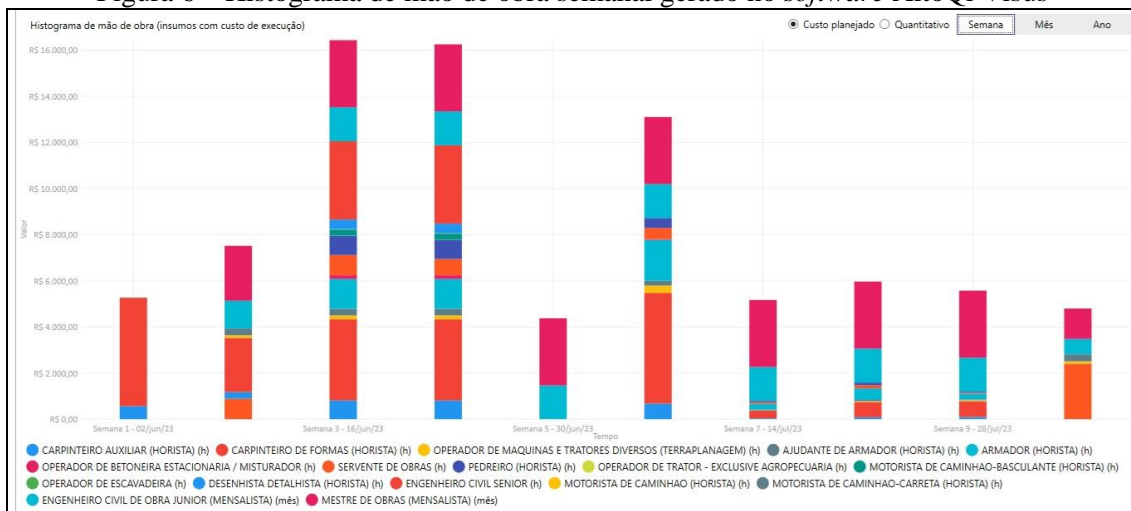
Figura 5 – Curva S de custo planejado por tipo de recurso gerado no *software* AltoQi Visus



Fonte: autor, 2023.

Na Figura 6 é apresentado o histograma de mão de obra expondo a participação, em termos de custo, de cada grupo de profissionais em função do tempo.

Figura 6 – Histograma de mão de obra semanal gerado no *software* AltoQi Visus



Fonte: autor, 2023.

A evolução de cada item da EAP pode ser acompanhada por meio do relatório apresentado na Figura 7, que apresenta as datas de início e término programadas para cada tarefa, além do tempo necessário para a execução.

Figura 7 – Relatório do planejamento gerado no *software* AltoQi Visus

PLANEJAMENTO				
Item	Descrição	Tempo Tarefa	Início Planejado	Fim Planejado
7.	Instalação do canteiro	3 dias	07/06/2023	10/06/2023
7.1.	Limpeza do terreno	3 dias	07/06/2023	10/06/2023
8.	Locação de obra	1 dias	12/06/2023	12/06/2023
9.	Serviços gerais	3 dias	07/06/2023	10/06/2023
10.	Limpeza da obra	2 dias	29/07/2023	01/08/2023
11.	Desmobilização de equipamentos e equipe	1 dias	01/08/2023	02/08/2023
12.	Administração Local	45,5 dias	05/06/2023	01/08/2023
1.	Térreo	8 dias	13/06/2023	22/06/2023
2.	2º Pavimento	3 dias	01/07/2023	05/07/2023
3.	Sótão	3 dias	14/07/2023	18/07/2023
4.	Telhado	2 dias	27/07/2023	28/07/2023
5.	Serviços iniciais	3 dias	01/06/2023	05/06/2023
6.	Mobilização de equipamentos e equipe	2 dias	05/06/2023	07/06/2023

Fonte: autor, 2023.

O relatório apresentado na Figura 8 é referente ao orçamento no tempo. Para cada item de serviço do orçamento foram adicionadas informações referentes as datas planejadas de início e término.

Figura 8 – Detalhe do relatório do orçamento no tempo gerado no *software* AltoQi Visus

ORÇAMENTO NO TEMPO										
Item	Referência	Codigo	Descrição	Unid.	Quantidade	BDI	Preço		Início Planejado	Fim Planejado
							Unitário	Total		
1			Térreo			20,37%			13/06/2023	22/06/2023
1.1	SINAPI	102039	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA PARA ESCADAS, COM 1 LANCE E LAJE PLANA, EM MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO. AF_11/2020	m²	9,32	20,37%	R\$ 803,52	R\$ 7.488,83	13/06/2023	22/06/2023
1.2	SINAPI	95946	ARMADÃO DE ESCADA, DE UMA ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_11/2020	kg	99,61	20,37%	R\$ 18,24	R\$ 1.817,00	13/06/2023	22/06/2023
1.3	SINAPI	94965	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2:3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_05/2021	m³	1	20,37%	R\$ 539,99	R\$ 539,99	13/06/2023	22/06/2023
1.4	SINAPI	103670	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_02/2022	m²	1	20,37%	R\$ 430,95	R\$ 430,95	13/06/2023	22/06/2023
1.5	SINAPI	95241	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EM PISOS, LAJES SOBRE SOLO OU RADIEIS, ESPESSURA DE 5 CM. AF_07/2016	m²	118,62	20,37%	R\$ 37,89	R\$ 4.494,09	13/06/2023	22/06/2023
1.6	SINAPI	103675	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	m³	1,41	20,37%	R\$ 697,38	R\$ 983,31	13/06/2023	22/06/2023
1.7	SINAPI	94965	CONCRETO FCK = 25MPA, TRAÇO 1:2:3:2,7 (EM MASSA SECA DE CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_05/2021	m³	1,22	20,37%	R\$ 539,99	R\$ 658,79	13/06/2023	22/06/2023
1.8	SINAPI	92419	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÓRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2020	m²	24,3	20,37%	R\$ 117,38	R\$ 2.852,37	13/06/2023	22/06/2023
1.9	SINAPI	103670	LANÇAMENTO COM USO DE BALDES, ADENSAMENTO E ACABAMENTO DE CONCRETO EM ESTRUTURAS. AF_02/2022	m²	1,22	20,37%	R\$ 430,95	R\$ 525,76	13/06/2023	22/06/2023
1.10	SINAPI	92762	ARMADÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	262,58	20,37%	R\$ 15,86	R\$ 4.165,81	13/06/2023	22/06/2023
1.11	SINAPI	97090	ARMADÃO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, COM USO DE TELA Q-138. AF_09/2021	kg	2134,08	20,37%	R\$ 18,04	R\$ 38.488,58	13/06/2023	22/06/2023

Fonte: autor, 2023.

Na Figura 9 pode ser observado o relatório de insumos no tempo apresentando as datas planejadas de início e término de consumo por insumo.

Figura 9 – Detalhe do relatório de insumos no tempo gerado no *software* AltoQi Visus

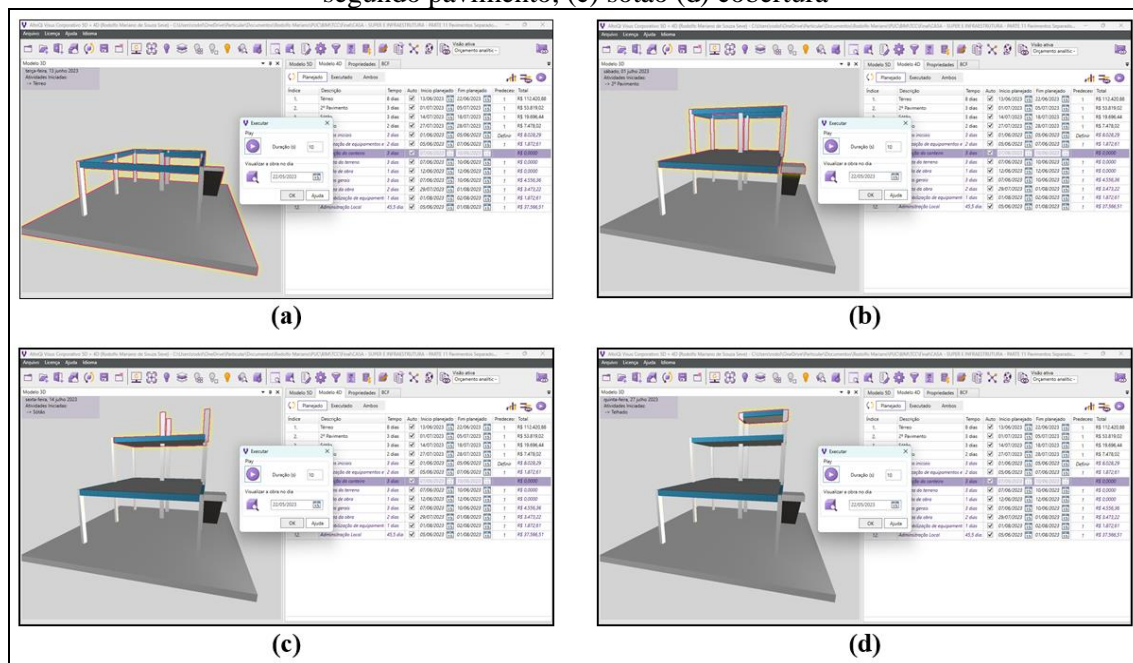
INSUMOS NO TEMPO											
Item	Referência	Tipo	Código	Descrição	Unid.	Quantidade	BDI	Preço		Início Planejado	Fim Planejado
								Unitário	Total		
2				2º Pavimento			20,37%			01/07/2023	05/07/2023
2.1	SINAPI	INSUMO	34	ACO CA-50, 10,0 MM, VERGALHAO	kg	1859,21	20,37%	R\$ 11,47	R\$ 21.327,43	01/07/2023	05/07/2023
2.2	SINAPI	INSUMO	6114	AJUDANTE DE ARMADOR (HORISTA)	h	9,94	20,37%	R\$ 20,97	R\$ 208,46	01/07/2023	05/07/2023
2.3	SINAPI	INSUMO	37370	ALIMENTACAO - HORISTA (COLETADO CAIXA - ENCARGOS COMPLEMENTARES)	h	306,65	20,37%	R\$ 4,79	R\$ 1.468,08	01/07/2023	05/07/2023
2.4	SINAPI	INSUMO	43132	ARAME RECOZIDO 16 BWG, D = 1,65 MM (0,016 KG/M) OU 18 BWG, D = 1,25 MM (0,01 KG/M)	kg	41,87	20,37%	R\$ 34,90	R\$ 1.461,20	01/07/2023	05/07/2023
2.5	SINAPI	INSUMO	378	ARMADOR (HORISTA)	h	61,54	20,37%	R\$ 28,80	R\$ 1.772,51	01/07/2023	05/07/2023
2.6	SINAPI	INSUMO	43489	EPI - FAMILIA PEDREIRO - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	h	84,83	20,37%	R\$ 1,41	R\$ 119,47	01/07/2023	05/07/2023
2.7	SINAPI	INSUMO	39017	ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO "4,2 A 12,5" MM, COBRIMENTO 20 MM	un	635,42	20,37%	R\$ 0,26	R\$ 168,27	01/07/2023	05/07/2023
2.8	SINAPI	INSUMO	37372	EXAMES - HORISTA (COLETADO CAIXA - ENCARGOS COMPLEMENTARES)	h	306,65	20,37%	R\$ 1,37	R\$ 420,79	01/07/2023	05/07/2023
2.9	SINAPI	INSUMO	43465	FERRAMENTAS - FAMILIA PEDREIRO - HORISTA (ENCARGOS COMPLEMENTARES - COLETADO CAIXA)	h	84,83	20,37%	R\$ 1,01	R\$ 85,77	01/07/2023	05/07/2023
2.10	SINAPI	INSUMO	37373	SEGURO - HORISTA (COLETADO CAIXA - ENCARGOS COMPLEMENTARES)	h	306,65	20,37%	R\$ 0,08	R\$ 25,84	01/07/2023	05/07/2023
2.11	SINAPI	INSUMO	37371	TRANSPORTE - HORISTA (COLETADO CAIXA - ENCARGOS COMPLEMENTARES)	h	306,65	20,37%	R\$ 1,20	R\$ 369,11	01/07/2023	05/07/2023
2.12	SINAPI	INSUMO	4433	CAIBRO NAO APARELHADO "6 X 6" CM, EM MACARANDUBA, ANGELUM OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	m	19,01	20,37%	R\$ 49,42	R\$ 939,33	01/07/2023	05/07/2023
2.13	SINAPI	INSUMO	6117	CARPINTEIRO AUXILIAR (HORISTA)	h	30,05	20,37%	R\$ 22,58	R\$ 678,54	01/07/2023	05/07/2023
2.14	SINAPI	INSUMO	1213	CARPINTEIRO DE FORMAS (HORISTA)	h	162,08	20,37%	R\$ 29,66	R\$ 4.807,18	01/07/2023	05/07/2023

Fonte: autor, 2023.

No módulo planejamento do *software* AltoQi Visus além dos relatórios gerenciais para acompanhamento e controle do empreendimento, também foi possível gerar a simulação tridimensional da construção do empreendimento.

Na Figura 10 podem ser observadas as imagens tridimensionais relativas à simulação da construção do empreendimento, por pavimento, realizada no módulo de planejamento *software* AltoQi Visus.

Figura 10 – Visualização da simulação da construção do empreendimento, sendo (a) térreo (b) segundo pavimento, (c) sótão (d) cobertura



Fonte: autor, 2023.

IV. CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo indicaram que o uso do *software* AltoQi Visus em conjunto com a modelagem no *software* AutoDesk Revit proporciona vantagens significativas na geração de orçamentos precisos e eficientes.

O orçamento apresentou vínculo dos serviços constantes PPU com os elementos modelados eliminando a possibilidade de erros de quantificação e possibilitando a atualização automatizada dos quantitativos do orçamento quando de revisões futuras do modelo.

No entanto, é importante reconhecer as limitações encontradas durante o processo, como a necessidade de conhecimento técnico avançado para utilizar efetivamente as duas ferramentas e a dependência da parametrização adequada dos elementos modelados.

Os orçamentos sintético e analítico, além das curvas ABC foram gerados com sucesso no *software* AltoQi Visus. O modelo BIM 5D apresentou 85,2% de vínculo dos serviços planejados com os elementos modelados, tendo sido necessária a inserção na planilha dos itens de serviço não modeláveis.

Ficou clara a necessidade do atendimento aos critérios de medição utilizados pelas bases de referência quando da elaboração dos modelos BIM 3D.

Em relação ao planejamento BIM 4D, foi verificada a otimização do processo, visto que foi possível a migração direta da EAP e das Composições de Preço Unitário (CPU) do orçamento para o planejamento dispensando a necessidade de elaboração do

planejamento em *softwares* tradicionais com posterior exportação das informações para *softwares* BIM de planejamento para a elaboração da simulação tridimensional da construção, visto que os *softwares* tradicionais não possuem essa funcionalidade.

Foi observado que o *software* AltoQi Visus possibilitou a geração de diversos relatórios gerenciais importantes para o controle do empreendimento, mas não gerou relatórios complementares de suma importância tais como: cronograma físico-financeiro, histogramas de materiais e equipamentos, além da indicação do caminho crítico executivo das atividades do empreendimento.

V. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro, ABNT, 2023.

BRASIL. **Tribunal de Contas União. Plenária nº 2.369**, TCU, 2011.

BRASIL. **Tribunal de Contas União. Acórdão nº 2.622**, TCU, 2013.

DUARTE, J. G. C. L.; ZEMERO, B. R.; TOSTES, M. E. L.; BEREZZA, U. H. **Uma metodologia para otimização do conforto visual e da eficiência energética utilizando a tecnologia BIM**. Revista SODEBRAS – Volume 16 N° 181, 2021, p. 61 - 67).

MURARO, A. A. G.; LIMA, D. V. F.; CASTRO, I. P. DE. **Casa de Relés de Subestação de Energia – Elaboração dos Modelos Arquitetônico, Estrutural e de Orçamento Utilizando a Metodologia BIM**. XVII CNEG - Congresso Nacional de Excelência em Gestão / INOVARSE - Simpósio de Inovação e Responsabilidade Social & ESD - Economic and Social Development Conference . **Anais...**Rio de Janeiro: nov. 2023.

VI. AGRADECIMENTOS

Este trabalho só foi possível devido ao apoio da empresa *AltoQi Education*, pela liberação das licenças de uso temporário do *software* AltoQi Visus.

VII. COPYRIGHT

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

ANÁLISE DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS DO IFBAIANO E METODOLOGIA PARA ESTIMAR A GERAÇÃO DE ENERGIA

ANALYSIS OF PHOTOVOLTAIC SYSTEMS AT IFBAIANO AND METHODOLOGY FOR ESTIMATING ENERGY GENERATION

Bruno Filgueiras Rebelo de Matos¹
Kleber Freire da Silva²
Fernando Augusto Moreira³

Resumo – Neste trabalho foram analisados dois sistemas fotovoltaicos (SFV's) instalados nos campi Guanambi e Uruçuca do Instituto Federal Baiano (IFBaiano), com o objetivo de calcular os atributos de impacto na geração de energia e as perdas desde a incidência da irradiação solar até a entrega da energia elétrica pelos inversores de frequência. Uma vez avaliados os impactos quantitativos de cada etapa foram então reunidos os dados de ambas as instalações a fim de propor um Modelo Aproximado para estimar a geração de energia de um Sistema Fotovoltaico. O resultado do Modelo foi satisfatório de modo que divergiu em menos de 10% entre os valores reais e os estimados.

Palavras-chave: Sistema fotovoltaico. Geração. Energia. Perdas.

Abstract - In this work, two photovoltaic systems installed on the Guanambi and Uruçuca campuses of IFBaiano were analyzed, with the objective of calculating the impact attributes on energy generation and the losses from the incidence of solar radiation to the delivery of electrical energy by frequency inverters. Once the quantitative impacts of each stage were considered, data from both installations were then gathered in order to propose an Approximate Method to estimate the energy generation of a Photovoltaic System. The result of the Method was satisfactory in that it differed by less than 10% between the actual and estimated values.

Keywords: Photovoltaic system. Generation. Energy. Losses.

¹ Especialista em Engenharia de Construção e Montagem (UFBA). Aluno do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Bahia. Contato: brunofilgueiras85@gmail.com.

² Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade de São Paulo; Professor da Universidade Federal da Bahia. Contato: kfreire@ufba.br.

³ Doutor em Engenharia Elétrica pela *University of British Columbia*, Canadá; Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Bahia. Contato: moreiraf@ufba.br.

I. INTRODUÇÃO

A instalação de sistemas fotovoltaicos (SFV's) tem sido um fato crescente no mundo. Os investimentos nessa área têm se mostrado muito rentáveis, mas ainda há muito o que melhorar, seja na capacidade de absorção das placas solares, seja no processo decisório de projeto e manutenção destes sistemas.

Os sistemas fotovoltaicos dos campi Guanambi e Uruçuca do Instituto Federal Baiano (IFBaiano) iniciaram suas gerações de energia em janeiro e fevereiro de 2017, respectivamente. Desde então a energia solar está sendo captada e transformada em energia elétrica para alimentação das cargas elétricas.

Nestes campi foram instalados sistemas fotovoltaicos de 70,225 kWp. O primeiro campus está localizado na zona rural, no distrito de Ceraíma a cerca de 25 km do centro de Guanambi, enquanto o segundo está no centro, a menos de 1km da prefeitura de Uruçuca. As placas solares foram do tipo silício monocristalino, os inversores de frequência podem ser configurados para dois MPPT's (*Maximum Power Point Tracking*) e foi realizada conexão do tipo *On-grid*, ou seja, com medidor bidirecional contabilizando o fornecimento de energia elétrica para a concessionária, no caso da energia gerada ser maior que a demanda instantânea do campus.

A formulação do projeto e definição dos equipamentos são muito similares, contribuindo para aprofundar com maior detalhamento os estudos de caso no que diz respeito aos impactos dos atributos de geração e perdas contidas nestes processos. Todos os fatores foram quantificados, ou estipulados a partir de outros estudos científicos, permitindo a comparação de cenários diferentes através de operações simplificadas e bem fundamentadas.

O conjunto de análises fomentou a proposta de um Modelo Aproximado para se estimar a geração de energia de um sistema fotovoltaico (SFV). As previsões podem ser feitas com poucas premissas básicas, bastando para isto alguns poucos dados a serem disponibilizados pelo interessado em instalar um sistema fotovoltaico. Uma boa previsão de estimativas de geração de energia, considerando as condições ambientais, com a possibilidade de analisar diferentes locais de instalação, variando-se a quantidade de placas, as orientações e as inclinações existentes entre os diversos telhados disponíveis, contribui bastante para que a negociação da compra e instalação de um sistema fotovoltaico seja bem-sucedida. Os clientes interessados em investir num SFV desejam otimizar seus recursos e, portanto, é interessante ter respostas rápidas para as diversas possibilidades de instalação. Responder brevemente, de forma bem embasada, calculada e justificada demonstra um maior domínio no assunto transmitindo confiança àquele que tem interesse em fazer um investimento.

II. DADOS DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Os estudos desenvolvidos neste trabalho foram voltados para os cinco primeiros anos desde o início da geração de energia destes dois sistemas fotovoltaicos. Em Guanambi todos os inversores entraram em funcionamento no fim de janeiro de 2017, completando cinco anos em janeiro de 2022, já em Uruçuca o sistema começou a gerar energia alguns dias depois, em fevereiro de 2017, encerrando o período de análise em fevereiro de 2022. A análise das instalações pôde ser desenvolvida, principalmente em função da qualidade e quantidade de informações devido ao acesso à plataforma on-line de acompanhamento da geração de energia dos sistemas.

III. DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

O sistema fotovoltaico de Guanambi é constituído por 5 inversores de frequência de potência nominal de 12,5kW e 265 placas solares de 265Wp. Quatro inversores de frequência são alimentados por 3 strings de 18 placas solares em paralelo. No quinto inversor foram instaladas 2 strings com 16 módulos cada e mais uma *string* com 17 módulos. Esta última *string* possui um módulo a mais para garantir que o sistema fotovoltaico como um todo, atingisse a potência de 70kWp especificada na contratação.

Os módulos estão instalados em 5 planos do telhado do Bloco do Pavilhão de Aulas 3, conforme Fig.1. Nesta foram inseridas setas amarelas para tornar mais fácil o entendimento de quais são as direções cartográficas e identificação do sentido de inclinação das placas solares.

Figura 1 - Telhado do Pavilhão de Aulas 3



Fonte: Autores, 2021.

Existem dois planos voltados para o Norte. Um se encontra no plano B e outro no plano D. Os planos A, C e E estão voltados para o Sul.

Nos planos A, B e C estão instalados 54 módulos fotovoltaicos para o Inversor-1, 54 para o Inversor-2 e mais 54 para o Inversor-3. Cada *array* que se liga a um destes 3 inversores é composto por 3 strings em paralelo com 18 módulos em cada *string*.

No plano D estão instalados 84 módulos, sendo 54 instalados no Inversor-4 e 30 no Inversor-5. Para este último, além dos 30, foram conectados outros 19 módulos do plano E, orientadas para o Sul, visto que não cabem todos os módulos no plano D.

O plano A é o que possui mais área disponível, mas com a pior orientação para a instalação das placas, uma vez que a instalação se encontra no hemisfério Sul e sua orientação está voltada para o Norte. Esta situação só não é tão ruim devido à pequena inclinação dos planos (4°), medido in-loco, de modo que se aproxima de um plano paralelo à superfície da Terra.

Em outros blocos do campus há disponibilidade de telhado cujas configurações permitiriam uma maior geração de energia, pois a orientação está mais alinhada com a direção Norte com inclinações similares.

Instalação do Inversor-1: Simulando-se a produção de energia no Global Solar Atlas, para a configuração instalada com inclinação 4° , ângulo azimutal 166° (próxima do sentido do alinhamento com o sentido Sul) e coordenada geográfica de $(-14,302^\circ, -42,693^\circ)$ foi obtida uma irradiação sobre as placas de $5,936 \text{ kWh/m}^2/\text{dia}$. Considerando que estas placas tivessem sido instaladas no Bloco Administrativo o sentido de instalação seria oposto, com um ângulo azimutal de 346° , ou seja, bem próxima do sentido para o Norte. Essa mudança resultaria em uma irradiação de $6,124 \text{ kWh/m}^2/\text{dia}$, um aumento pouco maior que 3%.

Instalação do Inversor-2: Os módulos do Inversor-2 estão no mesmo plano dos módulos do Inversor-1, portanto, voltados para o Sul na mesma inclinação e orientação

do primeiro inversor. Sua irradiação também é de 5,936 kWh/m²/dia e poderia ter sido de 6,124 kWh/m²/dia se o sistema estivesse instalado no Bloco Administrativo.

Instalação do Inversor-3: Parte dos módulos do Inversor-3 estão instalados no plano A, voltados para o Sul (ângulo azimutal de 166°) com uma inclinação de 4°. Outros módulos estão instalados no plano B voltados para o Norte (ângulo azimutal de 346°) com inclinação de 6° e uma terceira parte dos módulos está instalada no plano C, voltados para o Sul (ângulo azimutal de 166°) com uma inclinação de 6°. Como foi utilizado apenas um MPPT, a geração foi regulada pela pior condição. Para este inversor a pior situação de geração trata-se do plano C, pois está voltado para o Sul com uma inclinação de 6°. Neste caso a irradiação obtida foi de 5,877 kWh/m²/dia e poderia ter sido de 6,124 kWh/m²/dia se o sistema estivesse instalado no Bloco Administrativo. Uma diferença de 4%.

Instalação do Inversor-4: Os módulos deste inversor são os que se encontram mais bem posicionados. A instalação definida no plano D foi muito bem projetada de modo que não há sugestão de melhora para o *array* deste inversor de frequência. Em função de sua localização, orientação e inclinação a irradiação incidente é de 6,124 kWh/m² por dia.

Instalação do Inversor-5: Foram instalados 30 módulos no plano D com vista para o Norte e 19 no plano E com vista para o Sul. Estas definições foram condicionadas pela área existente. De forma adequada foi configurado para este inversor um segundo MPPT, maximizando a produção dos dois conjuntos sem que um restringisse a máxima produção do outro conjunto. Portanto aqui também não há sugestão de melhoria. Para as 30 placas voltadas para o Norte a irradiação é de 6,124 kWh/m²/dia, enquanto para as 19 placas conectadas ao MPPT 2, a irradiação é de 5,936 kWh/m²/dia. Para facilitar a análise foi considerada uma média ponderada, resultando numa irradiação de 5,984 kWh/m²/dia.

Uma vez obtidos os níveis de irradiação, a próxima etapa foi estimar a geração teórica máxima de energia destes sistemas na condição em que foram instalados.

Segundo o *datasheet* do fabricante (Jinko Solar) a eficiência da placa solar modelo JKM265PP-60, utilizada nestes sistemas é de 16,19%. Neste mesmo documento consta que as placas perdem 2,5% de sua capacidade no primeiro ano. Mesmo não se tendo uma garantia de decréscimo do desempenho de forma linear, o que se tem como dado é o valor inicial e o valor final, por isso será considerada a perda de desempenho utilizando-se valores médios.

Visto que a eficiência nominal inicial é de 16,19% e subtraindo-se 1,25%, ou seja, metade de sua queda de rendimento no primeiro ano, resulta em um rendimento médio de 15,99% para este período. Nos anos subsequentes há uma queda linear da performance numa taxa de 0,7% ao ano, atingindo o patamar de 80,7% no 25° ano. A partir deste ano o fabricante não assegura que a queda de desempenho siga uma queda linear, mas os módulos continuam gerando energia. Somando-se a geração de energia para cada um dos cinco primeiros anos e aplicando-se o devido rendimento das placas, resulta no valor de 715,42 MWh.

No campus Uruçuca os módulos estão instalados em apenas 1 plano do telhado do Centro de Tecnologia de Alimentos (CTA) com uma inclinação de 4°. Simulando no Global Atlas para uma inclinação de 4°, ângulo azimutal de 107° na posição geográfica de (-14,598°, -39,277°), verifica-se uma irradiação de 4,882 kWh/m²/dia, logo a energia máxima teórica de geração calculada para o sistema fotovoltaico do campus Uruçuca nos primeiros 5 anos é de 583,74 MWh.

IV. METODOLOGIA DE CÁLCULO DAS PERDAS DOS SFV'S

Perdas por desempenho das placas solares: As perdas de desempenho das placas em função da idade são advindas de dois fenômenos. O primeiro chama-se PID (*Potential Induced Degradation*) e tem como origem a degradação sofrida pelos materiais da placa fotovoltaica devido sua exposição a um potencial externo em relação à terra; já o segundo efeito, o LID (*Light Induced Degradation*), refere-se às pequenas perdas de eficiência em função da temperatura das placas (CARVALHO, 2018).

A temperatura também contribui para reduzir a geração das placas solares. Esta queda de rendimento será estimada em função da temperatura média a qual as placas estão expostas durante o período de geração da energia.

A irradiância e a temperatura de trabalho da célula solar são fatores que influenciam bastante a potência elétrica disponível em seus terminais. Na presença de alta irradiação, as células operam entre 20°C e 40°C acima da temperatura ambiente, provocando uma perda de energia, reduzindo a eficiência de geração das placas solares (HABERLIN, 2012).

Em cada um dos SFV's foram instalados dois termômetros, um junto a uma das placas solares e outro numa haste a cerca de 1,2 metro de altura, lendo a temperatura ambiente. No sistema on-line dos inversores de frequência é possível gerar gráficos da temperatura instantânea das placas e do ambiente. Fazendo-se uma análise visual dos gráficos gerados on-line foi possível verificar que a temperatura média das placas solares durante o ciclo de geração de um dia em Guanambi e Uruçuca são aproximadamente 20°C mais alta que a temperatura ambiente, ou seja, por volta de 46°C e 44°C, respectivamente.

No manual das placas solares está disponível um gráfico da corrente de curto-circuito, da tensão de circuito aberto e da potência máxima de geração da placa em função de sua temperatura. Para uma temperatura média em torno de 45°C a queda de desempenho da potência máxima do módulo cai em torno de 10%.

Perdas por *mismatch*: As perdas por *mismatch* referem-se aos descasamentos entre as placas solares, o que é bastante complexo analisar. Na literatura são variadas as estimativas na avaliação das perdas por *mismatch*. Segundo Macedo (2020), as perdas por *mismatch* variam entre 1% e 5%. Outros autores, como Rodrigues *et al.* (2019) desconsideraram estas perdas. Neste trabalho foi estipulado o valor de 1% como perdas por *mismatch* tanto para o campus Guanambi como para o campus Uruçuca.

Perdas por queda de tensão no cabeamento CC: A energia elétrica fornecida pelas placas é dada pela multiplicação entre a tensão elétrica e a corrente elétrica, multiplicados pelo tempo. Como em um circuito fechado a corrente se mantém a mesma, as perdas de energia no cabeamento serão consideradas no sistema elétrico através das quedas de tensão nestes cabeamentos como apresentado na equação 1.

$$\Delta V\% = \frac{\rho \cdot (L1+L2) \cdot I \cdot 100}{V \cdot S} \quad (1)$$

Onde: ρ = Resistividade do material (cobre); L1= Comprimento do cabo da primeira placa fotovoltaica do arranjo ao inversor; L2 = Comprimento do cabo da última placa fotovoltaica ao inversor; I= Corrente nominal do projeto; V= Tensão nominal; S= Bitola do cabeamento em mm.

A resistividade do cobre é de 0,0172 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ para uma temperatura de 20°C, variando segundo um coeficiente de temperatura de 0,004/°C. Ao longo do tempo a temperatura nos módulos varia e assim é necessário definir uma temperatura média. A resistividade do cobre varia em função da temperatura, então, primeiro será feita esta

análise, antes de prosseguir com o cálculo da queda de tensão. A Equação (2) pode ser utilizada para calcular a resistividade do cobre a 46°C.

$$\rho_n = \rho \cdot (1 + \Delta T \cdot \alpha) \quad (2)$$

Onde ρ_n = resistividade do material (cobre) para a temperatura desejada, no caso, 46°C; ρ = resistividade do material (cobre) padrão, a 20°C, igual a 0,0172 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$; α = coeficiente de temperatura da resistividade do cobre, igual a 0,004/°C; ΔT = Diferença de temperatura = 46-20=26°C.

O valor de resistividade na temperatura média das placas de Guanambi a 46°C é de 0,01898 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$. Voltando à Equação 1, o próximo passo é estipular a distância entre as placas fotovoltaicas e o inversor.

Levantando-se as variáveis para (1), relativa à instalação do *array* mais distante do Inversor-1, obteve-se que a queda de tensão para $\rho = 0,01898 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$; $L_1+L_2 = 50,04 \text{ m}$; $I = 4,22 \text{ A}$; $V = 517,72\text{V}$; $S = 6\text{mm}^2$ (bitola do cabo instalado) é de 0,13%. Ou seja, a tensão que seria inicialmente de 517,72V será na verdade de 517,05V na entrada do Inversor-1.

Fazendo uma análise da queda de tensão para outras *strings* do Inversor-1 e também das *strings* dos outros inversores do sistema fotovoltaico de Guanambi, verifica-se que a queda de tensão será baixa para todos estes casos, pois a resistividade ρ será a mesma e os outros parâmetros mudam pouco. Ampliando esta análise para o campus Uruçuca, as perdas no cabeamento CC também serão baixas, uma vez que os valores dos parâmetros estão no mesmo nível dimensional.

Perdas nos inversores de frequência: A eficiência dos inversores de frequência varia em função da tensão de entrada, da potência que está sendo fornecida a este equipamento e da temperatura. O impacto da temperatura só costuma ser efetivo se a tensão de entrada no inversor for razoavelmente baixa e a temperatura ambiente for acima de 45°C. Tanto em Guanambi como em Uruçuca é bastante raro a temperatura ambiente chegar a tais níveis e mesmo assim, caso isso ocorra, será acompanhado de um aumento de irradiação, gerando uma tensão de entrada maior nos inversores o que por si só anula o efeito das perdas por aumento de temperatura. Portanto as perdas nos inversores de frequência em função da temperatura serão desconsideradas.

A fim de analisar a eficiência do inversor de frequência no processo de transformação do sinal serão estimados os valores médios de tensão e potência fornecidas ao inversor da marca Fronius Symo, modelo 12.5-3-M. Como desenvolvido para o cálculo de tensão de entrada nos inversores, quando foi descrito o cálculo de perda de energia no cabeamento CC, esta possui um valor de 517V. Já a corrente fornecida, obtida pela soma das correntes médias das três *strings*, é de 12,66A. Multiplicando-se estas variáveis, resulta numa potência média fornecida aos inversores de 6545,22W. Em relação à potência nominal do inversor de frequência este valor representa 52%.

No manual do fabricante do inversor de frequência há uma tabela da eficiência deste em função da potência de entrada e da tensão de entrada. O valor mais próximo à potência de entrada tabelada é a de valor 50%, enquanto a tensão é a de 600V. A perda de eficiência do inversor de frequência para estes valores médios é de 2%.

No campus Uruçuca há uma diferença importante em relação ao campus Guanambi. O modelo do inversor de frequência utilizado é diferente, a saber modelo 15.0-3-M. Como as condições de instalação são similares pode-se adotar os mesmos critérios de potência e tensão. Desta forma, a perda de eficiência obtida para este modelo de inversor é de 1,9%. Quanto ao MPPT, os inversores utilizados possuem um rendimento bastante alto, maior que 99,9%, portanto será aproximado para 100% e não serão consideradas perdas de energia no rastreamento da máxima potência nos inversores.

Perdas por sujidade: Na visita técnica realizada para análise do sistema fotovoltaico de Guanambi foi identificada uma pequena quantidade de sujeira sobre as placas solares. Era visível a sujeira com aparência de barro sobre as placas, mas era pouco intensa. Já no campus Uruçuca a quantidade encontrada foi bastante grande com cor mais escura e aparentemente humosa.

Para medir o impacto da limpeza na geração de energia foi preciso normalizar a geração de energia em função da intensidade de irradiação sobre as placas solares. Sem uma normalização, qualquer aumento ou uma redução na irradiação solar pode interferir na análise de impacto da limpeza das placas. Como a intensidade de irradiação e a energia gerada por dia estão disponíveis no sistema *on-line* da empresa Fronius, então foram levantados estes valores durante um período pouco antes e pouco depois da lavagem das placas solares.

No campus Guanambi a lavagem ocorreu nos dias 21 e 22 de setembro de 2021. Avaliando-se a produção do campus Guanambi até 20 de setembro de 2021 a média de energia gerada para cada kWh/m² incidente em um dia era de 53,39kWh. Nos dias posteriores à lavagem, de 23/09/21 a 21/10/21, essa taxa passou para um valor médio de 53,81kWh gerados para cada kWh/m² incidente em um dia. A eficiência da geração aumentou bem pouco. Tomando-se o valor final como sendo o de referência, a perda em função da sujeira foi da ordem de 0,8%.

Até o dia anterior a lavagem das placas de Uruçuca, realizada em 28 de setembro de 2021, cada unidade de irradiação em kWh/m² incidido em um dia produzia entre 29kWh e 32kWh gerado por todas as placas. No dia 28 de setembro de 2021 as placas começaram a ser lavadas, sendo o serviço finalizado apenas no dia seguinte. Depois da lavagem este índice subiu bastante. Cada kWh/m² incidente sobre as placas passou a gerar energia em todo o sistema numa faixa entre 50kWh e 54kWh por dia.

A média até o dia 27 de setembro de 2021 era de 30,89kWh/dia. Do dia 30 de setembro de 2021 a 21 de outubro de 2021 essa média subiu para 51,76kWh/dia. Adotando-se este último valor como referência, é possível afirmar que a sujeira estava contribuindo para gerar uma perda de 40,35% da energia, sendo este um valor considerado muito elevado.

Perdas por placas solares danificadas: Placas danificadas geram perdas muito complexas de se estimar, pois o nível do dano pode variar bastante. No pior dos casos o módulo fotovoltaico quebrado pode impedir a passagem de corrente entre a placa solar a montante e a jusante, abrindo o circuito elétrico que alimenta o inversor. Ao realizar inspeções visuais no campus Guanambi não foram detectadas placas avariadas enquanto em Uruçuca foram identificadas duas unidades.

Quando danificada, a placa solar precisa ser trocada o mais breve possível. No campus Guanambi nenhuma das placas solares foi encontrada danificada, porém em Uruçuca foram identificadas duas. A partir do dia 6 de maio de 2020 a perda de geração foi de 1/3 da produção do Inversor-2, ou seja, 18 placas de 265 instaladas o que representa 6,79% de todas as placas deste SFV. Considerando que esta perda perdurou num intervalo de 22 meses, dos 60 meses (5 anos) em estudo, então a perda média por placas danificadas foi de 2,49%. Devido à complexidade de se avaliar corretamente como as placas danificadas podem afetar um sistema fotovoltaico, não é adequado estimar o seu impacto para se adotar como referência em um outro modelo genérico.

V. MODELO APROXIMADO DE ESTIMATIVA DA GERAÇÃO DE ENERGIA

Nesta seção o objetivo é propor um Modelo Aproximado para o cálculo da estimativa de geração e de perdas na etapa do projeto e especificação dos sistemas fotovoltaicos, baseado nos estudos realizados nos sistemas de Guanambi e Uruçuca.

Para os cálculos de perdas já descritos foi dado o nome de “Modelo Detalhado” e para o modelo com cálculos simplificados foi dado o nome de “Modelo Aproximado”.

No Modelo Aproximado foram consideradas taxas para um período de geração de 25 anos, porém as estimativas podem ser feitas para quaisquer períodos. Na definição de algumas taxas foram calculadas as médias obtidas entre os valores de Guanambi e Uruçuca e em outras foram estimadas segundo estudos científicos similares.

Para a definição das perdas por idade e em função da temperatura foi considerado o prazo de 25 anos com uma temperatura média de 20°C maior que a média local, ou seja, no valor aproximado de 45°C.

As perdas por *mismatch* foram estimadas e mantiveram-se no valor de 1%.

As perdas no cabeamento CC foram desconsideradas por terem sido calculadas como menor que 1%.

As perdas nos inversores de frequência foram definidas pela média entre Guanambi e Uruçuca, que resulta em 1,95%. Adotando-se apenas uma casa decimal este valor é aproximado para 2,0%.

A fim de estimar as perdas da geração de energia em função da sujeira serão feitas algumas considerações. No campus Guanambi a sujeira teve um impacto bem pequeno, calculada igual a 0,8%. Este valor será interpretado como um valor constante no período em estudo de 5 anos. Aplicando-se esta perda ao Modelo Detalhado de Guanambi, até então de 0,813 kWh/m²/dia, resulta em uma saída de energia de 0,806 kWh/m²/dia.

Em Uruçuca a perda por sujidade foi bastante alta. Portanto, parece mais condizente com a realidade supor que houve um aumento gradativo de sujeiras sobre as placas. Para uma taxa de crescimento linear no tempo, então o valor médio a ser considerado como taxa de perdas será definido pela metade da calculada, ou seja, metade de 40,35%, que é 20,18% até o mês de setembro de 2021.

Do dia que foram feitas as lavagens até o fim do período em análise de 5 anos (60 meses), ainda restavam 4 meses e meio. Supondo que a sujeira voltou a aumentar de forma linear na mesma tendência que nos primeiros 55 meses e meio então, no mês 60, a sujeira voltou a crescer e atingiu uma taxa de perdas de 3,27%. Novamente o valor a ser considerado é a média, portanto a perda média neste segundo período é a metade de 3,27%, logo 1,64%, calculando-se uma média ponderada relativa a estes dois períodos, então a perda por sujidade no Modelo Detalhado do campus Uruçuca é de 18,78%.

Rezende e Zilles (2018) afirmam que as taxas de perdas calculadas variaram bastante. No caso em que as limpezas ocorreram mensalmente a taxa foi igual a 0,6%; quando o intervalo de tempo foi de 7 meses a perda obtida foi de 4,0%; e quando a sujidade acumulada foi de 30 meses, a taxa foi de 10,5%. Para Soares Junior *et al.* (2018), as perdas de geração média por sujidade observadas no sistema avaliado foram de 20%.

Como o valor médio obtido para o campus Guanambi foi de 0,8% e no campus Uruçuca foi de 18,78%, então o valor médio entre eles é igual a 9,79%. A lavagem das placas solares precisa ser feita regularmente. Caso o contratante do SFV se comprometa a fazer limpeza a cada 6 meses a perda por sujidade aplicada pode ser de 4%. De outra forma, se identificado que seja improvável a ocorrência de limpeza das placas então é melhor manter a taxa de perdas em 9,79%.

As perdas por placas danificadas foram consideradas no Modelo Detalhado. Contudo, no Modelo Aproximado este valor é igual a 0% pois não se pode estimar o grau com que este dano pode ocorrer num sistema fotovoltaico.

A fim de validar os resultados é importante comparar os resultados do Modelo Aproximado com o que de fato foi gerado pelos SFV's de Guanambi e Uruçuca. A energia gerada no campus Guanambi no período de cinco anos, desde o dia exato da sua instalação e registro pelo inversor de frequência foi de 521,37MWh.

Na Tabela 1 encontra-se a energia estimada a ser gerada pelo Modelo Aproximado do campus Guanambi igual a 0,668 kWh/m²/dia. Multiplicando este valor pela área útil do somatório de todas as placas e pelo tempo de exposição em dias obtém-se 510,72MWh. Definindo o valor real gerado como a referência então a diferença para o Modelo Aproximado no campus Guanambi foi de 2,04%, o que representa uma boa precisão levando-se em conta um período de 5 anos.

Tabela 1 – Resumo dos fatores de impacto na geração de energia dos SFV's de Guanambi e Uruçuca

Fatores de Impacto na geração de Energia Elétrica dos SFV	Campus Guanambi		Campus Uruçuca	
	Modelo Detalhado	Modelo Aproximado	Modelo Detalhado	Modelo Aproximado
Irradiação média sobre as placas	5,984 kWh/m ² /dia	5,936 kWh/m ² /dia	4,882 kWh/m ² /dia	4,882 kWh/m ² /dia
Eficiência média considerando as perdas por Idade e as perdas em função da temperatura	14,02%	12,86%	14,02%	12,86%
Energia teórica média na saída das placas	0,839 kWh/m ² /dia	0,763 kWh/m ² /dia	0,684 kWh/m ² /dia	0,628 kWh/m ² /dia
Perdas por <i>Mismatch</i>	1,00%	1,00%	1,00%	1,00%
Perdas no cabeamento CC	0,13%	-	0,13%	-
Perdas nos Invers. de frequência	2,00%	2,00%	1,90%	2,00%
Perdas por sujidade	0,80%	9,79%	18,78%	9,79%
Perdas por placas danificadas	-	-	2,49%	-
Energia teórica média na saída das placas considerando as perdas anteriores	0,806 kWh/m ² /dia	0,668 kWh/m ² /dia	0,526 kWh/m ² /dia	0,550 kWh/m ² /dia

Durante os primeiros cinco anos de funcionamento do SFV do campus Uruçuca a energia gerada foi de 389,63MWh. Para o Modelo Aproximado deste campus foi calculada uma taxa de 0,526 kWh/m²/dia. Multiplicando este valor pela quantidade de placas, pela área útil destas placas e pela quantidade de dias, obtém-se 420,50MWh. A diferença percentual entre o Modelo Aproximado e a geração real foi de 7,92%, sendo, portanto, uma diferença menor que 10%.

Cristino *et al.* (2022) identificaram 23 barreiras principais que dificultam a adoção de SFVs integrados às edificações. Compreender as etapas do processo de geração e perdas de energia bem como da aplicação do Modelo Aproximado contribuem para derrubar alguns dos obstáculos entre as quais vale citar: a falta de conhecimento profissional, pois agrega uma maior consciência aos projetistas e instaladores de SFV's; a falta de experiência profissional, visto que são apresentadas instalações reais analisadas em detalhes; falta de conhecimento dos ocupantes, pois a simplificação das análises é de entendimento acessível até mesmo a pessoas de pouco domínio no assunto; dificuldade em encontrar informações, através da demonstração de dados confiáveis para avaliação da geração de energia; além de outras barreiras cujo artigo tem impacto em menor intensidade ou de forma indireta.

VI. CONCLUSÃO

Para os profissionais da área de sistemas fotovoltaicos é importante dominar cada uma das etapas de estimação da geração e perdas de energia. Neste artigo foram analisados e calculados os fatores de impacto na geração e perdas sobre os sistemas fotovoltaicos de Guanambi e Uruçuca do IFBaiano.

Tomando estes exemplos de referência foram desenvolvidos os cálculos de geração e perdas com uma modelagem Detalhada e uma modelagem Aproximada. A

Aproximada, trata-se da metodologia proposta neste artigo para estimativas de geração de energia na aplicação de outros modelos similares aos estudados.

Os resultados dos cálculos descritos por ambas as abordagens foram comparados com os dados reais de monitoramento dos sistemas, confirmando a qualidade destes dados, com uma diferença menor que 10% entre a geração real e a modelagem Aproximada, o que é bastante satisfatório.

A metodologia adotada pode ser desenvolvida sem que seja necessária uma visita técnica ao local onde se propõe instalar um sistema fotovoltaico. É importante ressaltar que se algumas informações forem de fácil acesso, o modelo pode recepcioná-las, retornando estimativas ainda mais precisas.

Acredita-se que o conteúdo deste trabalho tem muita utilidade a todos que desejam estimar a geração de um sistema fotovoltaico similar aos dois apresentados. Em alguns casos a metodologia poderá ser adaptada conforme a situação específica.

Tendo-se uma referência de cálculo, será mais rápido reconhecer quedas incompatíveis com a irradiação de energia de modo que poderão ser tomadas ações mais breves para corrigir uma possível falha. Estimativas condizentes com o resultado real deixarão mais confiantes os contratados e os contratantes de um SFV.

VII. REFERÊNCIAS

CRISTINO T. M. ; FARIA, A., Neto; OLIVEIRA O. J.; SOUZA T. M. Barreiras à adoção de painéis fotovoltaicos integrados às edificações: uma revisão sistemática da literatura. **Revista Sodebras [on line]**. v. 17, n. 193, Jan. 2022, p.113-127. ISSN 1809-3957. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.17.2022.193.113>.

HABERLIN, H. **Photovoltaics: system design and practice**. Reino Unido: Editora Wiley, 2012.

MACEDO, M. B. W. **Projeto Fotovoltaico: Homologação Copel**. Foz do Iguaçu: Universidade UNIAMÉRICA, 2020.

REZENDE, V. G. S.; ZILLES R. Análise das Perdas de Produtividade em Geradores Fotovoltaicos por Efeito de Sujidade. Gramado: **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar**, 2018.

RODRIGUES, H. H.; SPAGNOLO R.; SILVA G. M.; JUNIOR J. B. Automação de árvores solares. Curitiba: **Brazilian Journal of Development**, 2019.

SOARES JUNIOR, J. G.; Cruz, S. R.; Amaral, L. S. Impacto da Sujidade sobre o Desempenho de Sistemas Fotovoltaicos. Gramado: **Congresso Brasileiro de Energia Solar**, 2018.

WORLD BANK GROUP. Global Solar Atlas. Disponível em: <https://globalsolaratlas.info>. Acesso em 30 abr 2023.

VIII. COPYRIGHT

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

NANOTECHNOLOGY AND ITS POST-PANDEMIC PROGRESS IN THE FIELD OF HEALTH: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

NANOTECNOLOGIA E SEU PROGRESSO PÓS-PANDEMIA NO CAMPO DA SAÚDE: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA BIBLIOGRÁFICA

Matheus Augusto Santos Antoniazzi¹
Emmanuel Zullo Godinho²
Gabriela Teixeira Mazziero³

Abstract – Currently, we see that the health sector is looking for various treatments and improvements to existing treatments for a wide variety of diseases. Among this research, we can highlight nanotechnology, a very promising field when it comes to health. Nanotechnology covers a wide range of diseases, from fighting cancer to preventing Covid-19. The aim of this article is therefore to analyze the progress of nanotechnology in health literature, before, during and after the pandemic, using the Systematic Bibliographic Review methodology, attempting to prove that it is still a field that has been much studied and reviewed, as well as having great potential. The methodology used by the authors was a systematic literature review, using a step-by-step process to select articles in the PubMed database, also using filters to help find review articles published between 2019 and 2023, where we started with 952 articles after the search with the defined string and in the end we selected 17 to compose this work. We presented some types of disease such as Alzheimer's and cancer and their relation to nanotechnology, thus proving that nanotechnology continues to improve and bring significant results for the diagnosis and treatment of a wide range of diseases. This article demonstrates the current potential of this field and that expectations for the future of science are very positive.

Keywords: *Nanotechnology. Health. Applications. Systematic Bibliographic Review.*

Resumo – Atualmente, verificamos que o sector da saúde procura vários tratamentos e melhorias nos tratamentos existentes para uma grande variedade de doenças. Entre essas pesquisas, podemos destacar a nanotecnologia, um campo muito promissor no que diz respeito à saúde. A nanotecnologia abrange um vasto leque de doenças, desde a luta contra o cancro

¹Estudante de Bacharelado em Engenharia Química (UNISAGRADO/BAURU-SP); Estudante de Bacharelado em Física (UNIFRAN/Polo UVR Cruzeiro do Sul Virtual); Estudante de Licenciatura em Pedagogia (UNIFRAN/Polo UVR Cruzeiro do Sul Virtual). Contato: augustoantoniazzi04@gmail.com.

²Coordenador e Docente Pós-Graduação ESG UNISAGRADO; Pós-doutorando FZEA/USP; Doutor em Agronomia – Energia na Agricultura (FCA-UNESP/Botucatu-SP). Contato: emmanuel.godinho@unisagrado.edu.br.

³Estudante de Bacharelado em Letras – Tradutor (UNISAGRADO/BAURU-SP). Contato: gabitmazziero@gmail.com.

até à prevenção da Covid-19. O objetivo deste artigo é, portanto, analisar a evolução da nanotecnologia na literatura da saúde, antes, durante e depois da pandemia, utilizando a metodologia da Revisão Bibliográfica Sistemática, tentando provar que ainda é um campo muito estudado e revisto, além de ter um grande potencial. A metodologia utilizada pelos autores foi uma revisão sistemática da literatura, utilizando um processo passo a passo para selecionar artigos na base de dados PubMed, utilizando também filtros para ajudar a encontrar artigos de revisão publicados entre 2019 e 2023, onde iniciamos com 952 artigos após a busca com a string definida e no final selecionamos 17 para compor este trabalho. Apresentamos alguns tipos de doenças como Alzheimer e câncer e sua relação com a nanotecnologia, comprovando assim que a nanotecnologia continua se aprimorando e trazendo resultados significativos para o diagnóstico e tratamento das mais diversas doenças. Este artigo demonstra o potencial atual desta área e que as expectativas para o futuro da ciência são muito positivas.

Palavras-chave: *Nanotecnologia. Saúde. Aplicações. Revisão Sistemática Bibliográfica.*

I. INTRODUCTION

In recent years, nanotechnology has been studied and developed more and more, proving to be one of the most promising and multidisciplinary fields we know of. Within this field, nanoparticles are one of the most researched materials. They can be carbon nanotubes, magnetic nanoparticles, quantum dots, gold nanoparticles, among others. Each nanoparticle has its own function and can be applied in various areas of knowledge (Kanaoujiya *et al*, 2023).

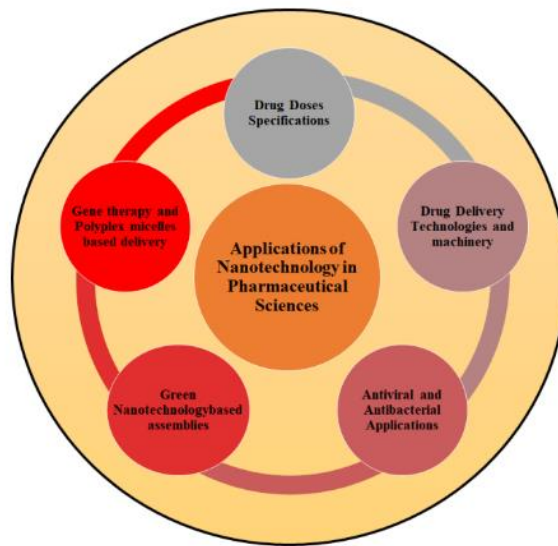
One of the areas in which nanotechnology is most present is healthcare, where nanoparticles are used to diagnose and treat various diseases, often diseases that don't have such effective treatments available, such as cancer, where depending on the area it can't be removed without causing additional damage (Antoniazzi; Godinho, 2023).

In line with Malik, Muhammad and Waheed (2023, p.1):

Nanotechnology is showing successful and beneficial uses in the fields of diagnostics, disease treatment, regenerative medicine, gene therapy, dentistry, oncology, aesthetics industry, drug delivery, and therapeutics. A thorough association of and cooperation between physicians, clinicians, researchers, and technologies will bring forward a future where there is a more calculated, outlined, and technically programed field of nanomedicine.

The authors cited in the previous paragraph show us the multidisciplinary of nanotechnology and how promising this field is today, providing evidence of its success and reasons to continue studying and researching it. Figure 1 shows an example of the applications in pharmaceutical sciences according to the same authors:

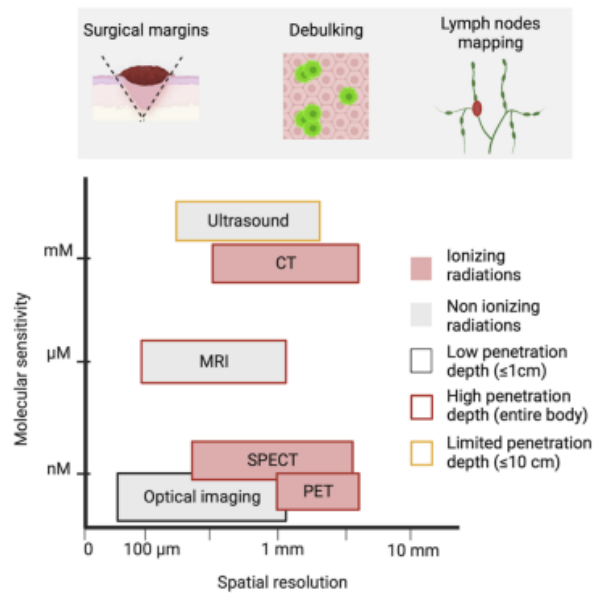
Figure 1 – Applications Diagram



Source: (Malik; Muhammad; Waheed, 2023).

In addition to their use in treatments and diagnostics, nanoparticles are also being used to assist in image-assisted surgery due to their characteristics (Bortot *et al.*, 2023). Figure 2 shows applications of nanoparticles in image-assisted cancer surgery.

Figure 2 – Surgical Applications



Source: (Bortot *et al.*, 2023)

The aim of this article is therefore to analyze the progress of nanotechnology in health literature, before, during and after the pandemic, using the Systematic Bibliographic Review methodology, attempting to prove that it is still a field that has been much studied and reviewed, as well as having great potential.

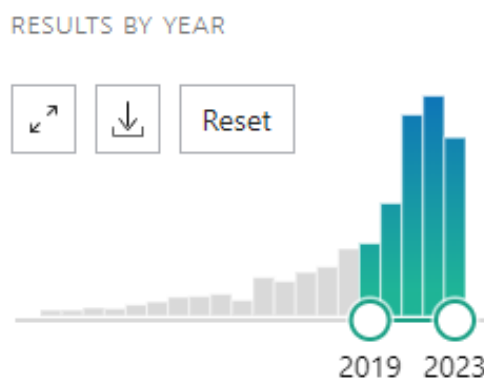
II. METHODOLOGY

The methodological tool used in this article was the Systematic Bibliographic Review, which in the words of Antoniazzi and Godinho (2023, p.142):

A systematic literature review is a process of collecting and analyzing data with the aim of supporting a scientific topic on the subject being researched, meaning it requires a guiding question and methods of analysis.

Therefore, the guiding question was "How is nanotechnology progressing in health field post-pandemic?", and through this question, keywords were defined to create search strings and use them in the databases that the authors defined. In this work, the keywords were combined to generate the string "Nanotechnology and application and health", which was used to search the PubMed database, with the filters "Free Full Text", "Review", and only articles published between 2019 and 2023. These filters helped to find only articles where their full content was available and at the same time only review articles, all of which were before and after the pandemic. We can see in Figure 3 the results between 2019 and 2023 that were found with the filters and string.

Figure 3 – Results by year

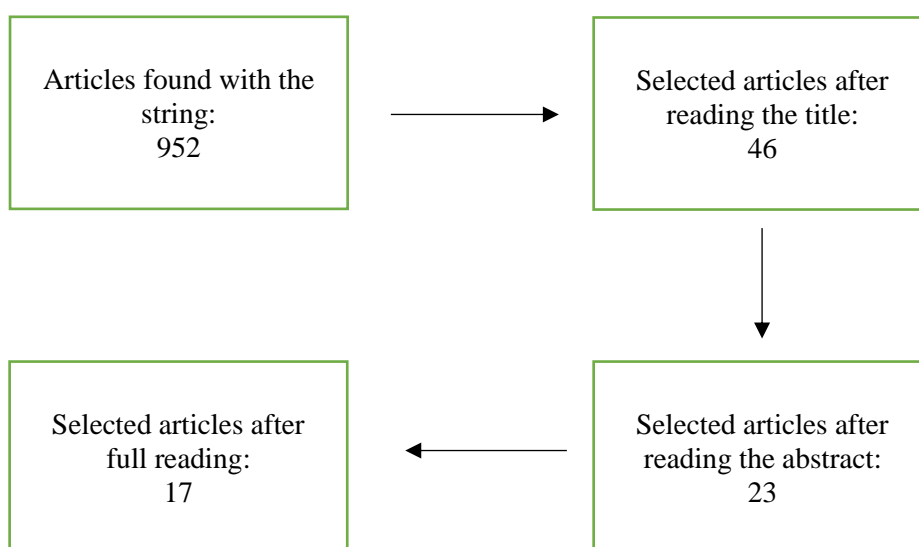


Source: (Authors, 2023).

As previously mentioned, a systematic literature review requires methods of analysis, so the authors defined some criteria for selecting articles. Firstly, the titles of the articles found with the string were read, selecting, and judging those that were consistent with the research. After this, the abstracts and keywords of the selected articles were read, again selecting the related ones. Finally, the remaining articles were read in their entirety to select the final articles and compose the work.

The results generated by this methodology are described in the Figure 4, where initially 952 articles were found with the string "Nanotechnology and application and health", after reading their titles and excluding the ones without relation we were left with 46 articles, following by the reading of the abstracts of these articles we selected 23 articles, which when fully read, were chosen 17 articles to make up this review.

Figure 4 - Article Selection Flowchart



Source: (Authors, 2023).

III. RESULTS

After researching and reading the articles, the authors tabulated the contributions of each one, along with the names of the authors and the titles of the articles for a better understanding of the research, as we can see in Board 1.

Board 1 – Articles Contribution

N	Author.	Title	Contribution
1	(Alshareeda; Nur Khatijah; Al-Sowayan, 2023)	<i>Nanotechnology: A revolutionary approach to prevent breast cancer recurrence.</i>	Use of nanotechnology against breast cancer.
2	(Amin <i>et al.</i> , 2019)	<i>The future application of nanomedicine and biomimicry in plastic and reconstructive surgery.</i>	Use of nanotechnology in plastic surgery.
3	(Bortot <i>et al.</i> , 2023)	<i>Image-guided cancer surgery: a narrative review on imaging modalities and emerging nanotechnology strategies.</i>	Example of image-guided surgery using nanotechnology.
4	(Gildiz; Minko, 2022)	<i>Nanotechnology-Based Nucleic Acid Vaccines for Treatment of Ovarian Cancer.</i>	Possible treatments for ovarian cancer using nanotechnology.
5	(Griego <i>et al.</i> , 2023)	<i>Nanoparticle delivery through the BBB in central nervous system tuberculosis.</i>	Use of nanoparticles to cross the BBB in the nervous system.
6	(Kanaoujiya <i>et al.</i> , 2023)	<i>Emerging application of nanotechnology for mankind.</i>	Introducing nanotechnology and its applications.
7	(Li <i>et al.</i> , 2023)	<i>Development and application of nanomaterials, nanotechnology and nanomedicine for treating hematological malignancies.</i>	Use of nanotechnology against hematological malignancies.
8	(Liu; Tang; Wang, 2023)	<i>Nanotechnology-Boosted Biomaterials for Osteoarthritis Treatment: Current Status and Future Perspectives.</i>	Use of nanotechnology against Osteoarthritis.

9	(Mahmoudi <i>et al.</i> , 2023)	<i>Application of nanotechnology in air purifiers as a viable approach to protect against Corona virus.</i>	Nanotechnology used in air purifiers against Corona virus.
10	(Malik; Muhammad; Waheed, 2023)	<i>Emerging Applications of Nanotechnology in Healthcare and Medicine.</i>	Introducing the emerging applications of nanotechnology in health
11	(Mir Najib Ullah <i>et al.</i> , 2023)	<i>Nanomedicine in the Management of Alzheimer's Disease: State-of-the-Art.</i>	Use of nanotechnology against Alzheimer's
12	(Ou; Aodeng; Ai, 2023)	<i>Advancements in the Application of the Fenton Reaction in the Cancer Microenvironment</i>	The relationship between nanomaterials, the Fenton reaction and cancer
13	(Pranav <i>et al.</i> , 2023)	<i>Biomolecule-functionalized nanoformulations for prostate cancer theranostics</i>	The relationship between nanotechnology and prostate cancer
14	(Sakthi <i>et al.</i> , 2022)	<i>Applications of Gold and Silver Nanoparticles in Theranostics</i>	Applications of silver and gold nanoparticles
15	(Shoab <i>et al.</i> , 2023)	<i>A Nanotechnology-Based Approach to Biosensor Application in Current Diabetes Management Practices</i>	Using nanotechnology to control Diabetes
16	(Yin <i>et al.</i> , 2020)	<i>The Antibacterial Mechanism of Silver Nanoparticles and Its Application in Dentistry.</i>	Use of nanoparticles in dentistry
17	(Zhong <i>et al.</i> , 2021)	<i>Recent applications and strategies in nanotechnology for lung diseases</i>	Using nanotechnology to combat lung diseases

Source: (Authors, 2023).

Nanotechnology is increasingly advancing the field of plastic surgery, where micro-surgeries used to be carried out, they have now become super-micro-surgeries, with the expectation that they will be carried out on an even smaller scale. The process of reconstructing various types of tissue is being made easier thanks to advances in nanotechnology (Amin *et al.*, 2019).

Nanotechnology is also present in the field of dentistry. Silver nanoparticles are one of the most common examples, as they have very interesting properties for treating dental diseases and are being studied as antimicrobial agents, for example (Yin *et al.*, 2020).

When it comes to lung diseases, nanoparticles with the incorporation of intelligent functions are generating great expectations for treatments and diagnoses, since through these functions the nanoparticles can cross lung barriers that previously could not be done without damaging the organ and the treatment process (Zhong *et al.*, 2021).

In terms of therapies and imaging, nanoparticles are present, from silver nanoparticles, as we saw earlier, to gold nanoparticles. Gold nanoparticles are gaining great prominence in biomedical applications, such as diagnostics and the aforementioned therapies (Sakthi *et al.*, 2022).

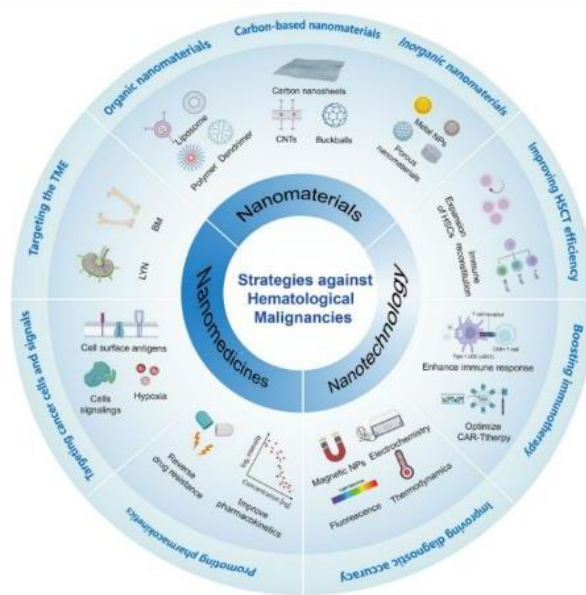
Even with the great advances in technology, prostate cancer still represents a major risk to men's health. Researchers are testing the functionality of nanoparticles for its treatment and diagnosis. No significant breakthroughs have yet been made, but the hope is to find new, more accurate and safer treatments and diagnostics (Pranav *et al.*, 2023).

In the case of women, the situation is also complex, such as breast cancer, which represents a major risk to their health, being one of the deadliest types of cancer, second only to lung cancer. Nanotechnology is also present in these studies for prevention and treatment, and in recent years nanoparticles have been used to help with implants (Alshareeda; Khatijah; Al-Sowayan, 2023).

Another type of cancer with a high risk for women is ovarian cancer, where anticancer vaccines are being studied with great potential and good expectations, with the help of nanomaterials for its prevention and treatment (Gildiz; Minko, 2023)

Hematological tumors also pose a great risk to the health of individuals, since their survival expectancy remains low (Li *et al.*, 2023). Therefore, new treatments are being sought, among which nanotechnology looks promising, as the Figure 5 shows us an example of treatments on hematological malignancies.

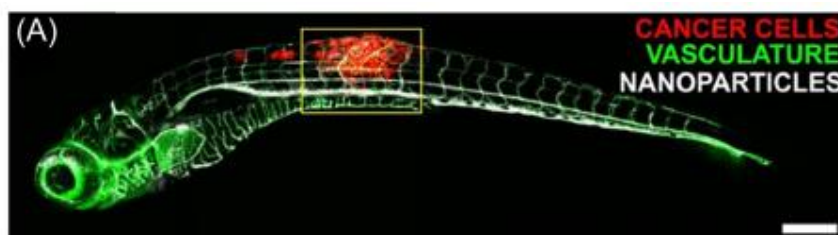
Figure 5 – Hematological malignancies and nanotechnology



Source: (Li *et al.*, 2023).

Brain cancer is also located in a hard-to-reach place, and nanomaterials are playing a surprising role when it comes to diagnosis and treatments (Griego *et al.*, 2023). Figure 6 shows nanoparticles accumulating on their own in the tumor region of the nervous system.

Figure 6 – Nanoparticles and cancer cells



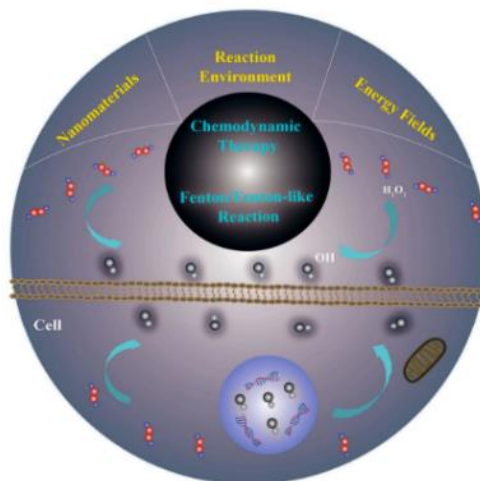
Source: (Griego *et al.*, 2023).

According to Ou, Aodeng and Ai (2023, p.1):

One promising avenue of investigation is the utilization of the Fenton reaction, a chemical process that involves the generation of highly reactive hydroxyl radicals ($\cdot\text{OH}$) through the interaction of hydrogen peroxide (H_2O_2) with ferrous ions (Fe^{2+}). The generated $\cdot\text{OH}$ radicals possess strong oxidative properties, which can lead to the selective destruction of cancer cells.

We can infer that the Fenton reaction, according to the authors, is a very promising way of fighting cancer. Figure 7 shows an environment of a tumor and the mediation processes through this reaction mentioned above.

Figure 7 – Tumor microenvironment mediated by Fenton

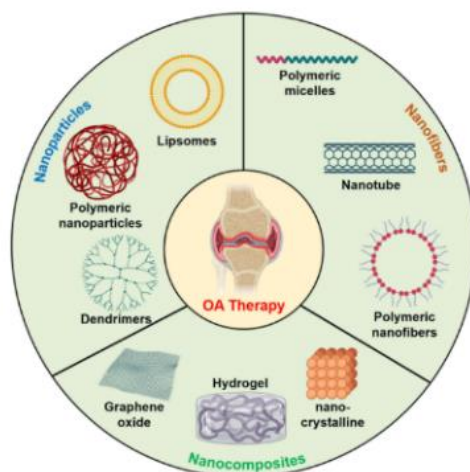


Source: (Ou; Aodeng; Ai, 2023).

Still related to the brain, we can also mention the use of nanotechnology to improve the bioavailability of drugs in the treatment of Alzheimer's, a disease that currently has no cure and affects 32 million people worldwide (Mir Najib Ullah *et al.*, 2023).

One of the health problems that represents a major global challenge is Osteoarthritis (Liu; Tang; Wang, 2023). Nanotechnology is also present in this field, as we can see in the Figure 8, which represents its applications in this treatment using nanoparticles, nanofibers and nanocomposites.

Figure 8 – Nanotechnology and Osteoarthritis



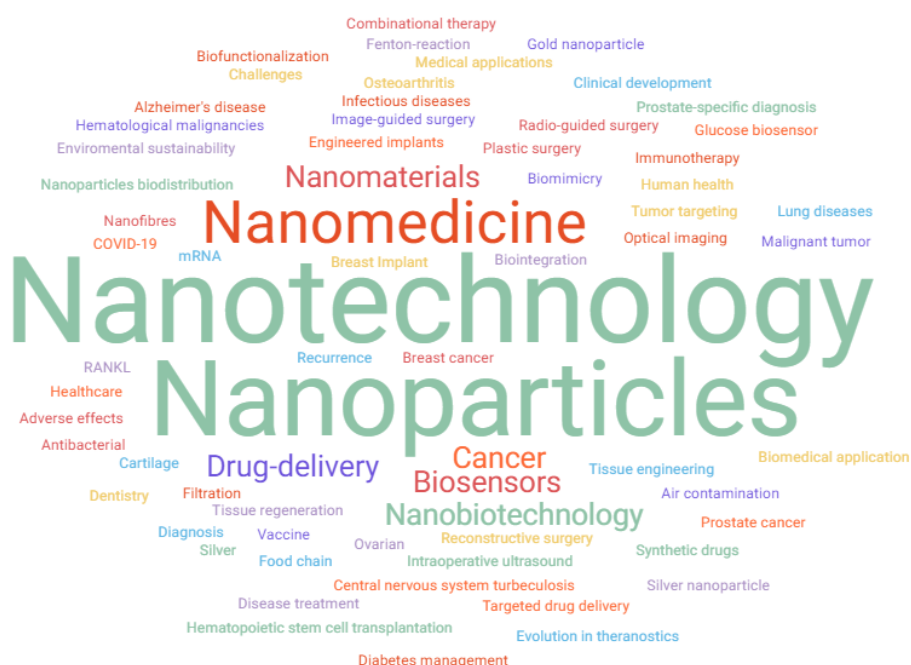
Source: (Liu; Tang; Wang, 2023).

Another serious health problem on a global scale is Diabetes, which affects millions of people and brings short and long-term complications. Therefore, nanomaterial biosensors are being studied to help in the therapeutic monitoring of the disease, and expectations are good, showing the potential of nanotechnology once again (Shoaib *et al.*, 2023).

Finally, nanomaterials are also being used to produce air purifiers to combat SARS-CoV-2., which are still in the experimental phase, but have great future potential (Mahmoudi *et al.*, 2023).

Figure 9 shows a word cloud of the keywords found during the search and their number of appearances in proportion to their size. We can highlight the words nanoparticles, nanotechnology, nanomedicine, nanomaterials, cancer, nanobiotechnology, biosensors and drug delivery.

Figure 9 – Word cloud



Source: (Authors, 2023).

IV. CONCLUSION

Although the pandemic has not stopped, studies into nanotechnology in the field of health have continued, with new treatments and diagnostics being developed and researched for a wide range of diseases, as we can see with the development of articles between 2019 and 2023. In this article, 100% of the articles selected are review articles, justifying the importance of reviews when it comes to health and nanotechnology.

In this way, we can see the potential of nanotechnology in health today and deduce that expectations for the future are very good, demonstrating the extensive range of possibilities in this area which is constantly being explored and developed.

V. REFERENCES

- ALSHAREEDA, A. T., NUR KHATIJAH, M. Z., AL-SOWAYAN, B. S. Nanotechnology: A revolutionary approach to prevent breast cancer recurrence. **Asian journal of surgery**, v. 46, n. 1, Jan. 2023, p. 13–17. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2022.03.002>
- AMIN, K., MOSCALU, R., IMERE, A., MURPHY, R., BARR, S., TAN, Y., WONG, R., SOROOSHIAN, P., ZHANG, F., STONE, J., FILDES, J., REID, A., WONG, J. The future application of nanomedicine and biomimicry in plastic and reconstructive

surgery. **Nanomedicine** (London, England), v. 14, n. 20, 2019, p. 2679–2696. DOI: <https://doi.org/10.2217/nmm-2019-0119>

ANTONIAZZI, M. A. S., GODINHO, E. Z. COMPREENSÃO E APLICAÇÃO DO NÚMERO DE EULER: Uma revisão sistemática bibliográfica. **Revista Sodebras [on line]**, v. 18, n. 213, Set. 2023, p. 139–148. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.2023.18.213.139>

ANTONIAZZI, M. A. S., GODINHO, E. Z. USO DE NANOMATERIAIS PARA IDENTIFICAÇÃO DE DISCREPÂNCIAS TUMORAIS EM ASTRÓCITOS: Uma revisão bibliográfica sistemática. **Revista Sodebras [on line]**, v. 18, n. 210, Jun. 2023, p. 191–198. DOI: <https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.18.2023.210.191>

BORTOT, B., MANGOGNA, A., DI LORENZO, G., STABILE, G., RICCI, G., BIFFI, S. Image-guided cancer surgery: a narrative review on imaging modalities and emerging nanotechnology strategies. **Journal of nanobiotechnology**, v. 21, n. 1, Maio. 2023, p. 155. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12951-023-01926-y>

GILDIZ, S., MINKO, T. Nanotechnology-Based Nucleic Acid Vaccines for Treatment of Ovarian Cancer. **Pharmaceutical research**, v. 40, n. 1, Nov. 2022, p. 123–144. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11095-022-03434-4>

GRIEGO, A., SCARPA, E., DE MATTEIS, V., RIZZELLO, L. Nanoparticle delivery through the BBB in central nervous system tuberculosis. **Ibrain**, v. 9, n. 1, Jan. 2023, p. 43–62. DOI: <https://doi.org/10.1002/ibra.12087>

KANAOUJIYA, R., SAROJ, S. K., RAJPUT, V. D., ALIMUDDIN, SRIVASTAVA, S., MINKINA, T., IGWEGBE, C. A., SINGH, M., and KUMAR, A. Emerging application of nanotechnology for mankind. **Emergent materials**, v. 6, n. 2, Jan. 2023, p. 439–452. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42247-023-00461-8>

LI, J., WANG, Q., HAN, Y., JIANG, L., LU, S., WANG, B., QIAN, W., ZHU, M., HUANG, H., QIAN, P. Development and application of nanomaterials, nanotechnology and nanomedicine for treating hematological malignancies. **Journal of hematology & oncology**, v. 16, n. 1, Jun. 2023, p. 65. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13045-023-01460-2>

LIU, L., TANG, H., WANG, Y. Nanotechnology-Boosted Biomaterials for Osteoarthritis Treatment: Current Status and Future Perspectives. **International journal of nanomedicine**, v. 18, Set. 2023, p. 4969–4983. DOI: <https://doi.org/10.2147/IJN.S423737>

MAHMOUDI, A., TAVAKOLY SANY, S. B., AHARI SALMASI, M., BAKHSHI, A., BUSTAN, A., HEYDARI, S., REZAYI, M., GHEYBI, F. Application of nanotechnology in air purifiers as a viable approach to protect against Corona virus. **IET nanobiotechnology**, v. 17, n. 4, Abril. 2023, p. 289–301. DOI: <https://doi.org/10.1049/nbt2.12132>

MALIK, S., MUHAMMAD, K., WAHEED, Y. Emerging Applications of Nanotechnology in Healthcare and Medicine. **Molecules** (Basel, Switzerland), v. 28, n. 18, Set. 2023, p. 6624. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28186624>

MIR NAJIB ULLAH, S. N., AFZAL, O., ALTAMIMI, A. S. A., ATHER, H., SULTANA, S., ALMALKI, W. H., BHARTI, P., SAHOO, A., DWIVEDI, K., KHAN, G., SULTANA, S., ALZHRANI, A., RAHMAN, M. Nanomedicine in the

Management of Alzheimer's Disease: State-of-the-Art. **Biomedicines**, v. 11, n. 6, Jun. 2023, p. 1752. DOI: <https://doi.org/10.3390/biomedicines11061752>

OU, R., AODENG, G., AI, J. Advancements in the Application of the Fenton Reaction in the Cancer Microenvironment. **Pharmaceutics**, v. 15, n. 9, Set. 2023, p. 2337. DOI: <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15092337>

PRANAV, LASKAR, P., JAGGI, M., CHAUHAN, S. C., YALLAPU, M. M. Biomolecule-functionalized nanoformulations for prostate cancer theranostics. **Journal of advanced research**, v. 51, Set. 2023, p. 197–217. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2022.11.001>

SAKTHI DEVI, R., GIRIGOSWAMI, A., SIDDHARTH, M., GIRIGOSWAMI, K. Applications of Gold and Silver Nanoparticles in Theranostics. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 194, n. 9, 2022, p. 4187–4219. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12010-022-03963-z>

SHOAIB, A., DARRAJ, A., KHAN, M. E., AZMI, L., ALALWAN, A., ALAMRI, O., TABISH, M., KHAN, A. U. A Nanotechnology-Based Approach to Biosensor Application in Current Diabetes Management Practices. **Nanomaterials** (Basel, Switzerland), v. 13, n. 5, Fev. 2023, p. 867. DOI: <https://doi.org/10.3390/nano13050867>

YIN, I. X., ZHANG, J., ZHAO, I. S., MEI, M. L., LI, Q., CHU, C. H. The Antibacterial Mechanism of Silver Nanoparticles and Its Application in Dentistry. **International journal of nanomedicine**, v. 15, 2020, p. 2555–2562. DOI: <https://doi.org/10.2147/IJN.S246764>

ZHONG, W., ZHANG, X., ZENG, Y., LIN, D., WU, J. Recent applications and strategies in nanotechnology for lung diseases. **Nano research**, v. 14, n. 7, 2021, p. 2067–2089. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12274-020-3180-3>

VI. COPYRIGHT

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