



Tópicos Especiais em **ENGENHARIA:**

inovações e avanços tecnológicos

Adriano Mesquita Soares
(Organizador)

Direção Editorial

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Organizador

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Capa

AYA Editora

Revisão

Os Autores

Executiva de Negócios

Ana Lucia Ribeiro Soares

Produção Editorial

AYA Editora

Imagens de Capa

br.freepik.com

Área do Conhecimento

Engenharias

Conselho Editorial

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Andréa Haddad Barbosa

Universidade Estadual de Londrina

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos

Instituto Federal do Amapá

Prof.º Dr. Carlos López Noriega

Universidade São Judas Tadeu e Lab. Biomecatrônica - Poli - USP

Prof.º Me. Clécio Danilo Dias da Silva

Centro Universitário FACEX

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria De Genaro Chirolí

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis

Universidade do Estado de Minas Gerais

Prof.ª Ma. Denise Pereira

Faculdade Sudoeste – FASU

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig

Universidade Federal do Paraná

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos

Universidade Federal do Amapá

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva

Universidade Estadual de Londrina

Prof.º Dr. Gilberto Zammar

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso

Universidade de Santa Cruz do Sul

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Me. Jorge Soistak

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara

Prof.º Me. José Henrique de Goes

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti

Universidade Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim

Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.ª Ma. Lucimara Glap

Faculdade Santana

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues

Universidade Norte do Paraná

Prof.º Dr. Milson dos Santos Barbosa

Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP

Prof.º Me. Myller Augusto Santos Gomes

Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Me. Pedro Fauth Manhães Miranda

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes

Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Parauapebas

Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira

Instituto Federal do Acre

Prof.ª Ma. Rosângela de França Bail

Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

Universidade Federal do Piauí

Prof.ª Ma. Silvia Aparecida Medeiros

Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda

Santos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues

Instituto Federal de Santa Catarina

Prof.º Dr. Valdoir Pedro Wathier

Fundo Nacional de Desenvolvimento Educacional, FNDE

© 2022 - **AYA Editora** - O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição *Creative Commons* 4.0 Internacional (**CC BY 4.0**). As ilustrações e demais informações contidas nos capítulos deste Livro, bem como as opiniões nele emitidas são de inteira responsabilidade de seus autores e não representam necessariamente a opinião desta editora.

T757 Tópicos especiais em engenharia inovações e avanços tecnológicos [recurso eletrônico]. / Adriano Mesquita Soares (organizador). -- Ponta Grossa: Aya, 2022. 154 p.

Inclui biografia
Inclui índice
Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
ISBN: 978-65-5379-055-1
DOI: 10.47573/aya.5379.2.84

1. Engenharia – Estudo e ensino. 2. Energia solar. 3. Energia - Fontes alternativas. 4. Pavimentos de asfalto. 5. Borracha. 6. Sustentabilidade. I. Soares, Adriano Mesquita. II. Título

CDD: 620.007

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

International Scientific Journals Publicações de Periódicos e Editora EIRELI

AYA Editora©

CNPJ: 36.140.631/0001-53
Fone: +55 42 3086-3131
E-mail: contato@ayaeditora.com.br
Site: <https://ayaeditora.com.br>
Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557
Ponta Grossa - Paraná - Brasil
84.071-150

SUMÁRIO

Apresentação.....8

01

O desenvolvimento de um sistema de otimização para roteamento.....9

Déborah Aparecida Souza dos Reis

Jorge von Atzingen dos Reis

Marcus Antonio Viana Duarte

DOI: 10.47573/aya.5379.2.84.1

02

Análise do impacto do controle financeiro no processo de colheita da cultura da soja: Um estudo de caso de uma propriedade rural do estado de Mato de Grosso17

Mario Matsuda Neto

Silvana Nascimento de Araujo

Heloise Daniele Silva Magalhães

Kesia Kerlen Dos Santos Costa

Raphaela de Andrade Narciso

Odair Henrique de Paulo Dias

DOI: 10.47573/aya.5379.2.84.2

03

O uso de contratos inteligentes no comércio exterior: Via Blockchain28

Davi Dos Santos Oliveira

Elias Limone Nunes

Mellissa Christine Rocha dos Santos

Rogério Armando Lima Rubio

Evandro Cleber da Silva

DOI: 10.47573/aya.5379.2.84.3

04

Sistema de Tratamento Wetland Construído: análise de efluente doméstico proveniente dos

banheiros da Estação Cidade Jardim de Trem após tratamento em sistema Wetland francês 52

Guilherme Mileo Garcia Festa

DOI: 10.47573/aya.5379.2.84.4

05

Estudo comparativo de orçamentos de um empreendimento público na cidade de Alta Floresta D'Oeste/RO59

Sandro Waters Prado Nunes Menacho

Airton Durand Miranda

Igor Sales Alencar

Nickson Gutierrez Nascimento

Marlon John Lopes Correia

Benício de Moraes Lacerda

Alex Gomes Pereira

DOI: 10.47573/aya.5379.2.84.5

06

Eucalipto: histórico, seleção e problemas87

Luis Carlos da Silva Soares

Antoniele Maria Neves Pinho

Philippe Guilherme Corcino Souza

Ana Caroline de Oliveira Herculano

Sarah Dieckman Assunção Rodrigues

Rafaela Carla Santos Perpétuo

Isadora Azevedo Perpétuo

DOI: 10.47573/aya.5379.2.84.6

07

Energia renovável: os fundamentos da energia solar102

Elizabeth Soares Vieira

João Pedro Lemos Morais

Fernando José Figueiredo Agostinho D'Abreu Mendes

Ana Angélica Mathias Macêdo

DOI: 10.47573/aya.5379.2.84.7

08

Utilização da borracha na pavimentação asfáltica, associado a sustentabilidade ambiental.....110

Fernando da Costa Barros
Thiago Pastre Pereira

DOI: 10.47573/aya.5379.2.84.8

09

Análise das propriedades elétricas do Grafeno para utilização em próteses Biônicas com intuito de melhorar o tempo de resposta.....120

Matheus Marques Assis
Thais Firmino Campos

DOI: 10.47573/aya.5379.2.84.9

10

Uma arquitetura para processamento automatizado e manipulação multimodal de imagens médicas em ambiente de realidade misturada135

Arthur Augusto Bastos Bucioli
Edgard Afonso Lamounier Jr
Gerson Flavio Mendes de Lima

DOI: 10.47573/aya.5379.2.84.10

Organizador150

Índice Remissivo151

Apresentação

A publicação de um texto técnico ou científico é uma das formas mais utilizadas para transmitir à comunidade o conhecimento adquirido durante o desenvolvimento de um projeto ou de uma pesquisa. O compartilhamento de conhecimento promove o acelerado desenvolvimento da sociedade, além de um crescimento pessoal e profissional através das trocas de aprendizados.

Portanto, neste livro intitulado “**Tópicos Especiais em Engenharia: inovações e avanços tecnológicos**” são compartilhados conhecimentos interdisciplinares adquiridos por cada autor durante o desenvolvimento de seus estudos. A abrangência deste volume envolve diversos temas voltados as engenharias, onde os pesquisadores apresentam os resultados obtidos através da aplicação de diferentes técnicas e tecnologias.

A fim de proporcionar uma experiência de leitura agradável, esta obra encontra-se organizada em dez (10) capítulos abordando diversas temáticas e discussões, demonstrando a evolução proporcionada através do compartilhamento do conhecimento técnico e científico nas áreas da engenharia. Os estudos abordam discussões como: sistema de otimização para roteamento; impacto do controle financeiro no processo de colheita da cultura da soja; contratos inteligentes no comércio exterior; sistema de Tratamento Wetland construído; comparativo de orçamentos; Eucalipto; energia renovável; utilização da borracha na pavimentação asfáltica; propriedades elétricas do Grafeno e por fim, um estudo sobre a arquitetura para processamento automatizado e manipulação multimodal de imagens médicas em ambiente de realidade misturada.

Espero que através deste livro você possa aprender novas técnicas e tecnologias para seu desenvolvimento pessoal e profissional e que também promova o compartilhamento destes conhecimentos com todos ao seu redor, impulsionando assim o desenvolvimento de nossa sociedade.

Boa leitura!

Prof.º Dr.º Adriano Mesquita Soares

01

O desenvolvimento de um sistema de otimização para roteamento

Déborah Aparecida Souza dos Reis

UEMG – Universidade do Estado de Minas Gerais

Jorge von Atzingen dos Reis

UFU – Universidade Federal de Uberlândia

Marcus Antonio Viana Duarte

UFU – Universidade Federal de Uberlândia

DOI: 10.47573/aya.5379.2.84.1

RESUMO

Este estudo trata do desenvolvimento de um sistema de otimização para minimizar a exposição ao ruído por inspetores e lubrificadores. Sabe-se da literatura que a exposição contínua a altos níveis de ruído pode ocasionar sobrecarga no coração, estresse, fadiga e aumento na quantidade de acidentes numa linha de produção. Faz-se necessário o desenvolvimento de soluções acústicas a nível industrial para minimizar a ocorrência de falhas e acidentes que podem custar vidas. As normas que regulamentam a exposição permitem uma avaliação do grau de exposição e correção posterior. Assim, pode-se modelar um sistema de roteamento para fábricas menores com o uso do PCV – Problema do Caixeiro Viajante, ou seja, considera-se um inspetor para o roteamento de manutenção. Para o caso de grandes instalações fabris pode-se implementar o PRV – Problema de Roteamento de Veículos, isto é, utiliza-se dois ou mais inspetores para o roteamento da fábrica devido às suas dimensões. Ambas as modelagens foram apresentadas neste trabalho. Como continuidade se pretende aplicar o PCV e o PRV em unidades fabris para a validação dos modelos apresentados.

Palavras-chave: sistema. otimização. roteamento.

ABSTRACT

This study deals with the development of an optimization system to minimize noise exposure by inspectors and lubricators. It is known in the literature that continuous exposure to high levels of noise can cause heart overload, stress, fatigue and an increase in the number of accidents on a production line. It is necessary to develop acoustic solutions at an industrial level to minimize the occurrence of failures and accidents that can cost lives. The standards that regulate exposure allow an assessment of the degree of exposure and subsequent correction. Thus, a routing system for smaller factories can be modeled using the PCV – Traveling Salesman Problem, that is, it is considered an inspector for the maintenance routing. In the case of large manufacturing facilities, the VRP – Vehicle Routing Problem can be implemented, that is, two or more inspectors are used to route the factory due to its dimensions. Both models were presented in this work. As a continuation, it is intended to apply the PCV and the PRV in manufacturing units for the validation of the models presented.

Keywords: system. optimization. routing.

INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresenta-se as bases para o desenvolvimento do sistema de otimização para roteamento de funcionários de forma a minimizar o Nível de Exposição Sonora (NES). O roteamento pode ser definido como um sequenciamento para solucionar um problema de distribuição. Segundo Gerges (2000), o NES pode ser definido como o Leq normalizado para um segundo tempo de integração. O Leq é o nível sonoro médio integrado durante uma faixa de tempo especificada conforme Equação 1.1.

$$Leq = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{P^2(t)}{P_0^2} dt \quad (1.1)$$

Na Equação 1.1 T representa o tempo de integração, P(t) a pressão acústica instantânea, Po pressão acústica de referência ($2 \cdot 10^{-5}$ N/m) e o Leq constitui o nível contínuo (estacionário) equivalente em dB(A), que possui o mesmo potencial de lesão auditiva que o nível variado considerado.

Pesquisa Operacional e Programação Linear

Para Arenales *et al.* (2007), a pesquisa operacional pode ser definida como a aplicação de métodos científicos a problemas complexos com o objetivo de auxiliar o processo de tomada de decisão, seja para projetar, planejar ou operar sistemas em situações, nas quais requer-se o uso eficiente de recursos do processo. Para tal, utiliza-se modelos matemáticos determinísticos ou probabilísticos de métodos de solução e algoritmos para melhor compreensão, análise e solução de problemas de decisão. Dessa forma, pode-se citar técnicas como a otimização linear (programação linear), otimização discreta (programação linear inteira), otimização em redes (fluxos), programação dinâmica (determinística e estocástica) e teoria das filas.

No caso deste trabalho, optou-se pela otimização linear, ou seja, a programação linear, devido às condições do problema mecânico acústico para se resolver, que são a necessidade de se obter uma solução ótima, a necessidade de obtenção de uma solução de forma rápida e uma solução matemática exata. Para Hillier e Lieberman (2006), o objetivo da programação linear é obter uma alocação eficiente dos recursos às atividades conforme a Equação 1.2.

$$\text{Maximizar } Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n \quad (1.2)$$

Para um problema generalizado tem-se m recursos a serem alocados a n atividades, onde o nível da atividade j para x_j , sendo $j = 1, \dots, n$ e a medida do desempenho global Z conforme a Equação 1.1. Dessa forma, o modelo objetiva obter os valores ser alocados para x_1, x_2, \dots, x_n de forma a maximizar o desempenho global Z. A função a ser maximizada ou minimizada é denominada função objetivo ou função de avaliação. As limitações para o problema são denominadas restrições e podem ser observadas nas Equações 1.3 à 1.8. As restrições 1.3, 1.4 e 1.5 são conhecidas como restrições funcionais ou estruturais, pois apresentam uma função com todas as variáveis do lado esquerdo da equação. Já as 1.6, 1.7 e 1.8 são conhecidas como restrições de não-negatividade ou condições não-negativas da forma $x_j \geq 0$, para $j = 1, 2, \dots, n$.

$$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + a_{1n} x_n \leq b_1 \quad (1.3)$$

$$a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + a_{2n} x_n \leq b_2 \quad (1.4)$$

$$a_{m1} x_1 + a_{m2} x_2 + a_{mn} x_n \leq b_m \quad (1.5)$$

$$x_1 \geq 0 \quad (1.6)$$

$$x_2 \geq 0 \quad (1.7)$$

$$x_n \geq 0$$

(1.8)

Outras formas legítimas para modelos de programação linear são por exemplo, minimizar em vez de maximizar, algumas restrições funcionais com uma desigualdade do tipo maior do que ou igual a e algumas restrições funcionais na forma de equação. Além destas variedades, pode ocorrer a eliminação das restrições não-negativas para algumas das variáveis de decisão.

Para Hillier e Lieberman (2006), uma solução é qualquer especificação de valores para as variáveis de decisão (x_1, x_2, \dots, x_n) independente de a solução encontrada ser desejável ou factível ao problema a ser solucionado. Dessa forma, existem diferentes tipos de soluções. Uma solução factível ou uma solução viável é encontrada quando todas as restrições são atendidas. Ao passo que uma solução inviável ou uma solução não factível constitui em uma solução encontrada para a qual ocorre a violação de uma ou mais restrições. O conjunto de todas as soluções viáveis é denominado espaço de soluções viáveis ou espaço de soluções factíveis.

O espaço de soluções viáveis é um hiperplano com n dimensões (onde n é o número de variáveis de decisões) compreendido entre as retas formadas pelas equações das restrições do problema delimitando a região na qual as soluções viáveis estão compreendidas. A solução ótima, quando existir, sempre estará contida em um dos vértices do espaço de soluções viáveis. O vértice que contém a solução ótima é o vértice que é tangenciado pela equação formada pela reta da função de avaliação na direção do crescimento de seu gradiente.

Segundo Miyazawa (2019), de forma geral, problemas de otimização possuem o objetivo de maximizar ou minimizar uma função definida em um certo domínio. A teoria clássica de otimização aborda os problemas nos quais o domínio é infinito. Por outro lado, existem os problemas de otimização combinatorial, para os quais o domínio é tipicamente finito e pode-se enumerar os seus elementos e também testar se um dado elemento pertence a esse domínio. O problema abordado neste trabalho é combinatorial não polinomial.

Para Lenstra e Rinnooy (1981), o problema estudado é caracterizado como um problema do tipo *NP-hard* ou *NP-difícil* (Não Polinomial difícil) devido à sua complexidade computacional que cresce de forma não polinomial em relação aos dados de entrada. Dessa forma, a utilização de métodos exatos para resolver problemas *NP-hard* é computacionalmente inviável devido ao elevado número de combinações e conseqüentemente o elevado tempo de processamento computacional necessário para se obter uma solução matemática exata. Para tal, faz-se o uso de meta-heurísticas conforme Sosa *et al.* (2007).

META-HEURÍSTICAS

Para Silva (2019), o objetivo de uma meta-heurística é encontrar soluções boas ou até mesmo soluções ótimas. Dessa forma, uma meta-heurística consiste na aplicação iterativa de uma heurística subordinada, busca local e utiliza-se de mecanismos para evitar-se ótimos locais (vales). Existem dois tipos de meta-heurísticas, meta-heurísticas com uma única solução e meta-heurísticas com várias soluções.

As meta-heurísticas com uma única solução desenvolvem a exploração do espaço das

soluções por meio de movimentos a cada iteração sobre uma solução corrente. Exemplos deste tipo de meta-heurística são: *Multi-Start*, GRASP, VNS, ILS, Busca Tabu e *Simulated Annealing*.

O outro grupo de meta-heurísticas são aquelas com várias soluções que exploram o espaço de soluções viáveis através de uma busca populacional. Neste caso, mantém-se um conjunto de boas soluções e realiza a combinação dessas soluções com o objetivo de produzir soluções ainda melhores. Entre as meta-heurísticas deste grupo, pode-se citar algoritmos genéticos, colônia de formigas, colônia de abelhas e enxame de partículas.

De forma geral, as meta-heurísticas com uma única solução se diferenciam pelo critério adotado para a escolha da solução inicial, a definição da vizinhança, o critério adotado para seleção de uma solução vizinha e a estratégia utilizada com o objetivo de escapar de ótimos locais.

Ao passo que as meta-heurísticas populacionais iniciam com uma população inicial, que é um conjunto de soluções diferentes. Cada indivíduo da população representa uma solução. De forma iterativa, gera-se uma nova população e troca-se a população corrente por uma nova população de soluções. O processo tem continuidade até que seja atingido o critério de parada ou a população se estabilize, ou seja, todas as soluções sejam aproximadamente iguais.

Devido às dimensões e ao grau de complexidade das instâncias do problema estudado não foi necessária a aplicação de uma meta-heurística.

MODELAGEM MATEMÁTICA – PROBLEMA DO CAIXEIRO VIAJANTE

O PCV (Problema do Caixeiro Viajante) pode ser definido como um veículo que deve visitar todas as cidades e retornar à origem, passando uma única vez em cada cidade e minimizando a distância percorrida (Costa, 2011).

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij} x_{ij} \quad (1.9)$$

A Equação 1.9 representa a função objetivo a ser minimizada, na qual r_{ij} são os valores de dose, na planta industrial que o funcionário ficará exposto ao se deslocar entre o equipamento i e o equipamento j , e x_{ij} é uma variável de decisão binária que recebe o valor 1 caso o funcionário se desloque entre o equipamento i e o equipamento j ou 0 caso contrário. O ato do funcionário se deslocar entre os diversos equipamentos será considerado a rota a ser percorrida.

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j \quad (1.10)$$

A restrição imposta pela Equação 1.10 garante que o funcionário vá ao equipamento j somente uma vez em cada rota percorrida.

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (1.11)$$

A restrição presente na Equação 1.11 impõe que o funcionário deixe somente uma vez o equipamento i em cada rota.

$$\sum_{i=1}^n f_{ij} - \sum_{i=1}^n f_{ji} = 1 \quad \forall j \text{ com } j \neq 1 \quad (1.12)$$

$$f_{ij} \leq (|\text{nós}| - 1) x_{ij} \quad \forall i, j \quad (1.13)$$

As restrições das Equações 1.12 e 1.13 funcionam em conjunto para evitar a formação de subrotas. Uma subrota seria uma rota na qual o funcionário não inspeciona todos os equipamentos da fábrica antes de retornar ao ponto inicial. A variável de decisão f_{ij} representa o fluxo entre os equipamentos i e j , o fluxo entra em um nó j (equipamento j) deve ser uma unidade maior do que o fluxo que sai do mesmo nó j . Desta forma, o funcionário deve deixar uma unidade de fluxo em cada equipamento visitado permitindo que o modelo matemático diferencie os equipamentos inspecionados dos não inspecionados. O fluxo máximo é limitado ao número máximo de nós para evitar que o funcionário possa percorrer alguma subrota utilizando o fluxo excedente.

$$\begin{aligned} x_{ij} &\in \{0,1\} \quad \forall i, j \\ f_{ij} &\in \mathbb{Z} \quad \forall i, j \\ f_{ij} &\geq 0 \quad \forall i, j \end{aligned} \quad (1.14)$$

A Equação 1.14 é uma restrição que garante que o x seja binário e o fluxo seja inteiro e não negativo.

MODELAGEM MATEMÁTICA – PROBLEMA DE ROTEAMENTO DE VEÍCULOS

Para Lima *et al.* (2015), a solução para o problema de roteamento de veículos (PRV) deve conter um conjunto de rotas a serem utilizadas por uma frota de veículos homogêneos, no caso deste trabalho, funcionários para atendimento de um conjunto de clientes, equipamentos. Dessa forma, busca-se minimizar o custo da operação, o ruído. O PRV é baseado em algumas premissas. Primeiro, as rotas devem iniciar e terminar no mesmo ponto da operação, ou seja, no biombo de operação no caso deste trabalho. A segunda premissa consiste em cada equipamento deve ser inspecionado uma única vez e solucionado integralmente por um único funcionário. A soma das demandas de uma rota não pode exceder a capacidade de atendimento de cada funcionário. Sabe-se da literatura que problemas desta magnitude são classificados como *NP-hard*, pois a ordem de complexidade é não polinomial.

Laporte (1992) aponta que no PRV a demanda dos clientes (equipamentos) deve ser previamente definida e que deve ser atendida de forma completa por um único veículo (funcionário). A capacidade dos veículos é homogênea e deve ser definida de forma prévia também e os veículos partem de um mesmo ponto (biombo de operação). Há a restrição de capacidade do veículo a qual determina que a soma das demandas dos equipamentos da rota não pode, de forma alguma, exceder a capacidade do funcionário.

Na modelagem realizada para a planta industrial de geração de energia, utilizou-se dois funcionários, sendo a capacidade de cada funcionário foi definida como 5 equipamentos. No total, devem ser inspecionados 10 equipamentos da planta industrial. A Equação 1.15 representa a função objetivo a ser minimizada, na qual d_{ij} são os valores da dose aos quais o funcionário ficará exposto ao se deslocar entre o equipamento i e o equipamento j , e x_{ij} é uma variável de decisão binária que recebe o valor 1 caso o funcionário se desloque entre o equipamento i e o equi-

pamento j ou 0 caso contrário. O ato do funcionário se deslocar entre os diversos equipamentos será considerado a rota a ser percorrida. Para facilitar o entendimento das fórmulas utilizou-se a abreviatura “equip” para representar o conjunto dos equipamentos disponíveis.

$$\text{minimizar } \sum_{i \in \text{equip}} \sum_{j \in \text{equip}} d_{ij} x_{ij} \quad (1.15)$$

A restrição presente na Equação 1.16 impõe que um único funcionário deixe somente uma vez o equipamento i em cada rota.

$$\sum_{j \in \text{equip}} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in \text{equip} | i \neq 1 \quad (1.16)$$

A restrição imposta pela Equação 1.17 garante que um único funcionário vá ao equipamento j somente uma vez em cada rota percorrida.

$$\sum_{i \in \text{equip}} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in \text{equip} | j \neq 1 \quad (1.17)$$

As restrições das Equações 1.18 e 1.19 funcionam em conjunto para evitar a formação de subrotas. Uma subrota seria uma rota na qual um funcionário não inspeciona todos os equipamentos da fábrica designados a ele antes de retornar ao ponto inicial. A variável de decisão representa o fluxo entre os equipamentos i e j , o fluxo entra em um nó j (equipamento j) deve ser uma unidade maior do que o fluxo que sai do mesmo nó j .

Desta forma, um funcionário deve deixar uma unidade de fluxo em cada equipamento visitado permitindo que o modelo matemático diferencie os equipamentos inspecionados dos não inspecionados. O fluxo máximo é limitado ao número máximo de nós para evitar que o funcionário possa percorrer alguma subrota utilizando o fluxo excedente. A demanda representa a necessidade do equipamento de ser inspecionado em tempo, ou seja, uma demanda igual a 6 significa que uma máquina necessita de 6 minutos para ser inspecionada. Nesta simulação, utilizou-se o tempo igual a 1 unidade adimensional.

$$\sum_{i \in \text{equip}} f_{ij} - \sum_{i \in \text{equip}} f_{ji} = \text{demanda}_j \quad \forall j \in \text{equip} | j \neq 1 \quad (1.18)$$

$$f_{ij} \leq x_{ij} \text{ capacidade} \quad \forall i, j \in \text{equip} \quad (1.19)$$

O termo capacidade que aparece na Equação 1.19 representa o tempo disponível para inspecionar todas as máquinas.

Na Equação 1.20, observa-se que a quantidade de funcionário que sai deve ser igual ao que entra no posto para inspecionar o equipamento, ou seja, saem 6 funcionários, voltam 6 funcionários, o que sai é igual ao que entra, $i = 1$ e $j = 1$.

$$\sum_{j \in \text{equip}} x_{1j} = \sum_{j \in \text{equip}} x_{j1} \quad (1.20)$$

Além disso, x_{ij} é uma variável de decisão binária que recebe o valor 1 caso o funcionário

se desloque entre o equipamento i e o equipamento j ou 0 caso contrário e o fluxo é inteiro não negativo conforme Equação 1.21.

$$\begin{aligned}x_{ij} &\in 0,1 & \forall i, j \in \text{equip} \\f_{ij} &\geq 0 & \forall i, j \in \text{equip}\end{aligned} \quad (1.21)$$

CONCLUSÕES E CONTINUIDADE DA PESQUISA

Pode-se aplicar as modelagens matemáticas desenvolvidas para unidades fabris de quaisquer segmentos. Assim, propõe como continuidade da pesquisa o uso de algoritmos adaptados a algumas empresas para validar as modelagens desenvolvidas.

Cabe ressaltar que para o caso de empresas que trabalhem somente com um inspetor para a realização das rotas de manutenção deve-se utilizar uma modelagem baseada no PCV – Problema do Caixeiro Viajante.

Por outro lado, caso a unidade fabril possua maiores dimensões, com vários andares é interessante que tenha, por exemplo, dois inspetores e dessa forma, deve-se utilizar uma implementação baseada no PRV – Problema de Roteamento de Veículos.

REFERÊNCIAS

ARENALES, M.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. Pesquisa Operacional. Rio de Janeiro: Elsevier. 2007.

COSTA, P. P. Teoria de Grafos e Suas Aplicações. Rio Claro – SP, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2011, 79 p. Dissertação de Mestrado.

GERGES, S. N. Y. Ruído Fundamentos e Controle. NR: Florianópolis, 2000.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. Introdução à Pesquisa Operacional. São Paulo: Mc Graw Hill. 2006.

LAPORTE, G. The Vehicle Routing Problem: an overview of exact and approximate algorithms. European Journal of Operational Research, v. 59, n. 3., p. 345-358. 1992.

LENSTRA, J.; RINNOOY, K. A. Complexity of vehicle routing and scheduling problems. Networks. Vol. 11. p. 221-227. 1981.

LIMA, S. J. A.; SANTOS, R. A. R.; ARAUJO, S. A. Otimização do Problema de Roteamento de Veículos Capacitado Usando Algoritmos Genéticos e as Heurísticas de Gillet e Miller e Descida de Encosta. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2015.

MIYAZAWA, F. K. Otimização Combinatória. Universidade Estadual de Campinas. Unicamp. Disponível em: <<https://www.ic.unicamp.br/~fkm/problems/combopt.html>>. Acesso em 03 de Fevereiro de 2019.

SILVA, P. G. Meta-heurísticas. DECOM. Universidade Federal de Ouro Preto. Disponível em <<http://www.decom.ufop.br/gustavo/bcc342/Metaheurísticas.pdf>>. Acesso em 10 de Fevereiro de 2019.

SOSA, N. G. M.; GALVÃO, R. D.; GANDELMAN, D. A. Algoritmo de busca dispersa aplicado ao problema clássico de roteamento de veículos. Pesqui. Oper. vol. 27. no. 2. Rio de Janeiro. May/Aug. 2007. Print version ISSN 0101-7438 On-line.

Análise do impacto do controle financeiro no processo de colheita da cultura da soja: Um estudo de caso de uma propriedade rural do estado de Mato de Grosso

Mario Matsuda Neto

Graduando em Agronomia pela UFMT- CUIABÁ

Silvana Nascimento de Araujo

Graduando em Agronomia pela UFMT- CUIABÁ

Heloise Daniele Silva Magalhães

Graduando em Agronomia pela UFMT- CUIABÁ

Kesia Kerlen Dos Santos Costa

Graduando em Agronomia pela UFMT- CUIABÁ

Raphaela de Andrade Narciso

Graduando em Agronomia pela UFMT- CUIABÁ

Odair Henrique de Paulo Dias

DOI: 10.47573/aya.5379.2.84.2

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo caracterizar a distribuição dos Custos Operacionais Econômicos na etapa de colheita para as safras 17/18 e 19/20 de uma propriedade da rede de fazenda alfa do AgriHub. A fazenda está situada no município de Poconé no estado de Mato Grosso, na safra 17/18 a área total era de 1503 ha e na safra 19/20 a área de cultivo era de 1473 ha. A fim de se obter dados concretos para a análise de custos econômicos, uma filtragem foi feita nos dados contidos no Software de gestão agrícola utilizado na fazenda, do qual organizam os dados de investimento e os processos produtivos da fazenda, estes foram separados, filtrados e analisados para o estudo do COE da propriedade.

Palavras-chave: colheita. soja. custo ABC. COE.

ABSTRACT

This study aims to characterize the distribution of Economic Operating Costs in the harvest stage for the 17/18 and 19/20 harvests of a property in the AgriHub alpha farm network. The farm is located in the municipality of Poconé in the state of Mato Grosso, in the 17/18 crop the total area was 1503 ha and in the 19/20 crop the area of cultivation was 1473 ha. In order to obtain concrete data for the analysis of economic costs, a filtering was made on the data contained in the agricultural management software used on the farm, from which the investment data and the productive processes of the farm are organized, these were separated, filtered and analyzed for the study of the property's COE.

Keywords: harvest. soy. cost ABC. COE.

INTRODUÇÃO

Cabe notar que a Contabilidade Rural tem sua relevância e utilidade. Trata-se de um grande instrumento do processo de tomada de decisões, com vantagens e benefícios. A sua implantação e utilização, adequadas, proporcionará aos gestores maior eficiência e melhoria significativa da lucratividade e rentabilidade (SILVA,2019). É necessário que o produtor encare a Contabilidade como um instrumento de apoio ao processo de tomada de decisão nas propriedades rurais.

Segundo a Conab, na safra 2020/21 a produção de soja obteve uma produção recorde estimada em 135,9 milhões de toneladas, aumento de 8,9% em relação à safra 2019/20. (CONAB, 2021). O Brasil é um dos maiores produtores de soja no mundo e sua contribuição para o mercado nacional e internacional é de indubitavelmente essencial.

A partir do uso do software de gestão, em especial na etapa de colheita da implantação da soja, notou-se a importância de realizar um mapeamento de dados a fim de verificar e analisar os dados ali inseridos, aliados a metodologia de custeio ABC, para que se obtenha o investimento feito pelo produtor.

O objetivo é a caracterização de distribuição dos custos operacionais econômicos na etapa colheita para as safras 17/18 e 19/20 de uma propriedade membro da Rede de Fazenda Alfa do Instituto Agri Hub.

REFERENCIAL TEÓRICO

O agronegócio tem uma representatividade considerável na composição do Produto Interno Bruto brasileiro (PIB), uma vez que sua representação anualmente fora aumentando com o passar dos anos, chegando a cerca de 27% do total do PIB brasileiro, de acordo com a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA).

O Brasil perde aproximadamente 1,5 milhão de toneladas com a colheita de soja, sendo parte dessas perdas provocada pela presença de plantas daninhas que, dependendo do nível de infestação, pode aumentar a quantidade de material estranho colhido, dificultando a trilha, separação e limpeza no processo de colheita. Além disso, as plantas daninhas podem provocar vibração nas plantas de soja no recolhimento, pelo fato de se entrelaçam nessas plantas durante a ação giratória do caracol. Essas plantas daninhas podem ocasionar até 80% das perdas totais da colhedora durante a colheita (SALES & CONSTANTIN, 2000).

Diante de um cenário baseado em transformações, a agricultura passou por grandes modificações, e o produtor rural, necessita de maiores conhecimentos e agilidade na busca pela competitividade e, por que não dizer, pela sua sobrevivência (SILVA, 2019).

Os índices de produção de alimentos e a demanda dessa produção continuam em alta e vêm consolidando a soja como a maior proteína vegetal produzida no país, uma vez que oferece diferentes formas de uso em diversos segmentos da cadeia agroindustrial (CONAB, 2022).

Podendo ser utilizada como alimento humano e em grande escala para a produção de rações destinadas à nutrição animal. Tal importância está relacionada ao fato de que a cultura apresenta grãos com alto teor de lipídeos e proteínas, sendo importante matéria-prima para produção de farelo para agroindústria, alimentação humana, ração animal, óleo vegetal e biocombustíveis (COSTA e SANTANA, 2013).

A soja vem apresentando índices de crescimento consideráveis ao longo das décadas, chegando a 49% da área plantada com grãos no país (BRASIL, 2014). Dando assim ao Brasil, o título de um dos maiores produtores mundiais de soja. Segundo a Conab, na safra 2020/21 o cultivo de soja obteve uma produção recorde estimada em 135,9 milhões de toneladas, com aumento de 8,9% em relação à safra 2019/20. (CNA, 2021). A safra 2021/22 apresenta crescimento de 3,8% na área a ser semeada, 40.399,2 mil hectares para o plantio e uma produção estimada de 140,5 milhões de toneladas, em relação à safra 2020/21, mantendo o país como o maior produtor mundial da oleaginosa (CONAB, 2022).

A modernização da agricultura brasileira teve consequências positivas sobre o processo produtivo, entre as quais a necessidade de maximizar o uso dos fatores de produção, ou seja, a eficiência produtiva, obtendo maiores níveis de produtividade e rentabilidade. Nesse sentido, a administração rural representa uma alternativa ao identificar os principais obstáculos, dentro dos sistemas produtivos, coletando informações que possam gerar intervenções a fim de aumentar sua eficiência (VIANA; SILVEIRA, 2008).

É essencial conhecer as exigências edafoclimáticas, como condições de fotoperíodo, temperatura e umidade e também o manejo de cultura que expressam o melhor desempenho agrônômico da soja em cada época e locais adequados de cultivo (GLASENAPP *et al.*, 2015; SILVA; SEDIYAMA; BORÉM, 2015). Assim como considerar alguns fatores de risco iminente a qualquer produção agrícola, como: Clima; Hora certa de colher; Adubação e fertilização na medida correta; Valor de mercado; Doenças e pragas (David MARCUSSI).

Alguns fatores foram considerados decisivos para o sucesso do cultivo da soja no Brasil, o país apresenta clima e temperatura favorável ao cultivo em determinadas regiões viabilizando a aptidão da produção, outro fator é o período de produção que se diferencia do período de produção dos países do exterior, e por último mais não menos importante é a alta adaptabilidade da planta de soja nas regiões brasileiras de baixa latitude, levando a mesma a ser cultivada em regiões consideradas tropicais.

O método adotado para obtenção de resultados numéricos no presente trabalho é o custeio ABC (Activity Based Costing). O custeio ABC é uma metodologia que visa entender toda a parte financeira para produção de um determinado produto ou serviço, de maneira que se obtenham seus gastos e lucratividades a fim de resolver os problemas e alinhá-los para aumento de lucratividade final da produção, parte do princípio de análise de custo específico de cada atividade realizada, possibilitando uma visão clara sobre o impacto de cada atividade em relação ao todo.

METODOLOGIA

Os dados trabalhados foram disponibilizados pelo proprietário da fazenda Lagoa Dourada e estes se encontravam inseridos no software da Aegro, software de gestão do qual o proprietário optou pelo uso. Após a verificação dos dados disponíveis no software, fez-se a exportação de todos os dados para uma planilha de Excel, posteriormente, os dados da etapa referente ao processo de colheita foram filtrados e localizados por datas de execução da ação e assim identificados como os dados referente a etapa em questão.

Com os dados localizados e identificados a partir do calendário agrícola da espécie trabalhada, iniciou-se o processo de montagem do COE- Custo Operacional Econômico da Fazenda Lagoa Dourada.

A partir do processo de mapeamento feito nas etapas referentes ao processo de implantação da soja como cultura de produção, houve a separação desses processos e a filtragem das informações contidas no software de gestão. A etapa de referência deste presente artigo é a colheita + pastagem, a pastagem foi inserida aos dados analisados juntamente com o processo de colheita devido a forma da qual os dados relacionados a pastagem foram inseridos no software de forma que se tornou inviável a separação para estudo, tendo, portanto, a necessidade de serem analisadas juntas. As safras estudadas correspondem a safra 2017/2018 e 2019/2020, as safras em questão apresentavam dentro do software estudado um gama maior de informações, sendo, portanto, as mais completas em dados e conteúdo a serem analisados.

Dentro da metodologia adotada para apuração dos dados, usou-se a metodologia ABC. A metodologia ABC aborda em seus custos de produção o COE (Custo Operacional Efetivo), o

COT (Custo Operacional Total) e o CT (Custo Total). Os custos estudados na área de pesquisa se tratam do COE - Custo Operacional Efetivo, o COE são todos os desembolsos feitos pelo produtor rural ao longo do ano agrícola são considerados um custo em curto prazo.

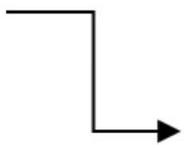
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esse estudo se caracteriza como quantitativo descritivo. Foram utilizados dados acerca das safras 17/18 e 19/20, a fazenda está situada no município de Poconé no estado de Mato Grosso, na safra 17/18 a área total era de 1503 ha e na safra 19/20 a área de cultivo era de 1473 ha. Os dados foram recolhidos e tratados no Excel, e, posteriormente, foram transformados em gráficos para melhor compreensão (PAVÃO, 2020).

Os custos com o custeio – geralmente vinculado a bancos de fomento, através de recursos constitucionais, Fundo Constitucional de Financiamento do Norte (FNO) e o Fundo de Financiamento do Centro-Oeste (FCO), representam gastos significativos para o produtor rural, uma vez que são gastos a longo prazo e devem ser contabilizados de forma clara, para que o produtor não acumule custos e acabe não otimizando seus lucros(PAVÃO, 2020).

A compra e manutenção do maquinário também tem que ser contabilizado como custo fixo, uma vez que os gastos da aquisição de novos maquinários – devido a deterioração, resultam em um custo permanente ao produtor (PAVÃO, 2020).

Além disso, existem os custos da inicialização do plantio – uma vez que o solo mato-grossense necessita de correção química para otimizar a produtividade. Outrossim, a produção pode sofrer com adversidades biológicas, como pragas e intemperismos climáticos, por conta disso, há necessidade da utilização de defensivos agrícolas e fertilizantes – e isso representa gastos relevantes na contabilidade do produtor rural (PAVÃO, 2020).

A. Custeio		1. Semente
B. Manutenção		2. Fertilizantes
C. Impostos e Taxas		3. Defensivos
D. Financeiras		4. Outros Insumos
E. Pós-Produção		5. Operações Mecanizadas
F. Outros Custos		6. Serviços terceirizados
G. Arrendamento		7. Mão de Obra

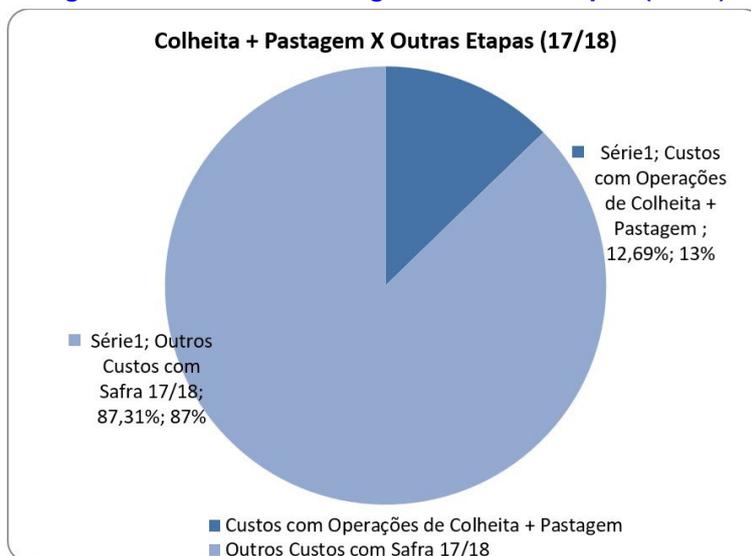
O sistema de trilha na colheita da soja provoca quebra de pequenos fragmentos nos grãos e que, muitas vezes, esses danos não são percebidos nos restos culturais ou até em medições de perdas. As perdas com a quebra dos grãos representam de 1,7% a 14,5% das perdas na colheita (MESQUITA *et al.*, 1998)

Contabilidade Rural como a que tem normas baseadas na orientação, controle e registro dos atos e fatos ocorridos e praticados por uma empresa cujo objeto de comércio ou indústria seja agricultura ou pecuária (CALDERELLI, 2003).

Na atividade agrícola, um aspecto importante é considerar o ano agrícola x exercício social, pois a receita concentra-se, normalmente, durante ou logo após a colheita, ao contrário de outras atividades que se distribui ao longo dos 12 meses (MARION, 2002).

Os investimentos feitos na fazenda Lagoa Dourada durante o período referente à safra 2017/2018 para as etapas Colheita+Pastagem (FIGURA 01), atingiram os custos totais para essa etapa de 12,69% do total de custos efetuados na fazenda nesse período.

Figura 1- Colheita + Pastagem x Outras Etapas (17/18)

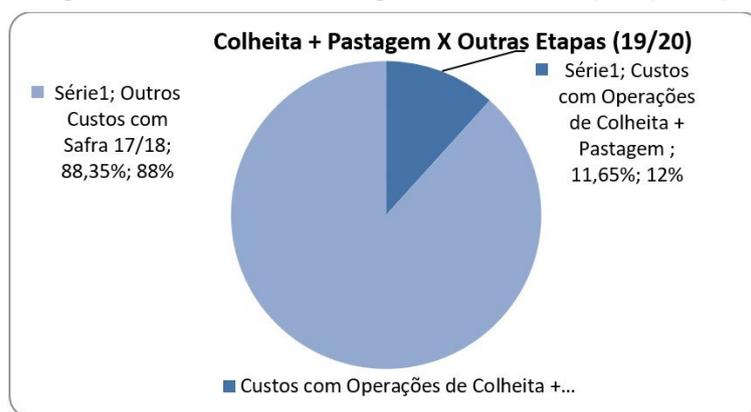


Fonte: Elaboração Própria.

Nota-se, portanto, que custos operacionais com a colheita + pastagem representam custos significativos para o produtor rural, assim, a otimização dos processos nessa etapa pode resultar na maior eficiência na lucratividade.

Já para a safra 2019/2020 a etapa de Colheita + Pastagem atingiu uma porcentagem de 11,65% do total dos custos da fazenda nesse ano agrícola.

Figura 2 - Colheita + Pastagem x Outras Etapas (19/20)

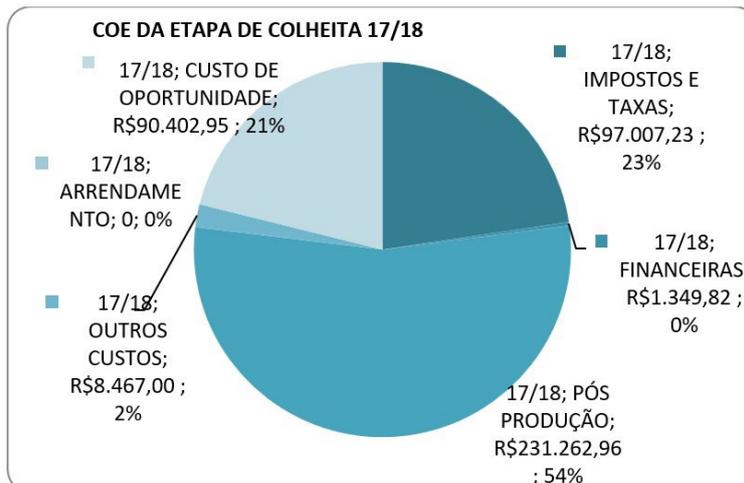


Fonte: Elaboração Própria.

O COE referente à safra 17/18 implica nos gastos feitos pelo produtor dentro do ano agrícola referido na etapa de Colheita Pastagem. É notório que os gastos mais significativos nesse período são os relacionados ao item custeio onde estão inseridos gastos com sementes, fertilizantes, defensivos, outros insumos, operações mecanizadas, serviços terceirizados e mão

de obra. Seguido de pós-produção que tem ligação com os fretes feitos durante o processo de execução da etapa em questão. Os demais custos somam um total de 33%, ou seja, não atingem 50% do total da produção na etapa referida.

Figura 3 - COE da Etapa de Colheita da Safra 2017/2018



Fonte: Elaboração Própria.

O item de maior investimento nos índices do COE é o Custeio, no gráfico a seguir os subitens listados dentro do item custeio são apresentados seguida das porcentagens gastas em cada safra.

As operações de gestão agrária são consideradas sob um tríplice aspecto: técnico, econômico e financeiro. No aspecto técnico, estuda a possibilidade de determinada cultura vegetal ou criação de gado na área rural, a escolha das sementes, os implementos a serem usados, os tipos de alimentação do gado, a rotação de culturas, as espécies de fertilizantes, o sistema de trabalho etc. No aspecto econômico observam os custos e os resultados das várias operações a serem executadas, isto é, o custo de cada produção e sua recuperação. Quanto ao aspecto financeiro, estudam as possibilidades de obtenção de recursos monetários necessários e o modo de sua aplicação, ou seja, o movimento de entradas e saídas de numerários para manter o equilíbrio financeiro do negócio (VALLE, 1987).

A Contabilidade Rural como a que tem normas baseadas na orientação, controle e registro dos atos e fatos ocorridos e praticados por uma empresa cujo objeto de comércio ou indústria seja agricultura ou pecuária (CALDERELLI, 2003).

Os custos variáveis são os custos relacionados diretamente à quantidade produzida. Quanto maior a quantidade a ser fabricada (produzida) num determinado período, maior será o seu consumo. Na atividade agrícola não é diferente, pois os custos considerados variáveis são aqueles que variam de acordo com o montante a ser cultivado. Os custos fixos não são influenciados pelo volume de produção num determinado período. Assim, mesmo que seus valores sejam alterados entre um e outro período, não estão relacionados à quantidade produzida. Por exemplo, o aluguel da fábrica em certo mês é de determinado valor, independentemente de aumentos ou diminuições naquele mês do volume elaborado de produtos. (MARTINS, 2003).

Figura 4 - Custos da Safra 2017/2018



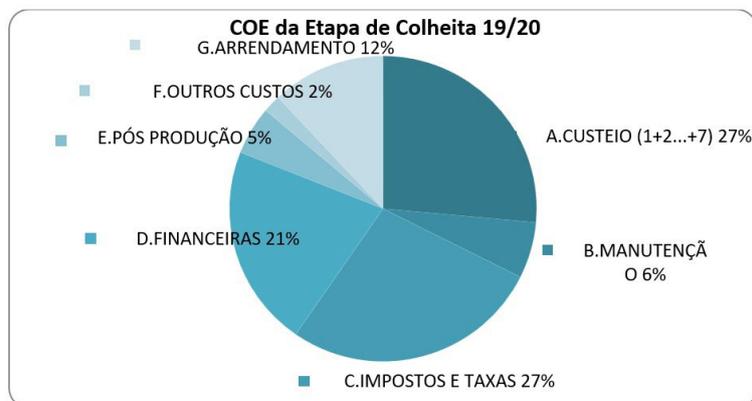
Fonte: Elaboração Própria.

Os serviços terceirizados atingem aproximadamente 55% do total do custeio da safra, seguido de 23% de defensivos e 21% de mão de obra, ainda existe uma porcentagem pequena de gastos relacionados com fertilizantes e defensivos.

Os demais itens não apresentaram custos listados nos dados obtidos para que fossem contabilizados.

Avaliando a safra de 2019/2020 é notório que os impostos juntamente com o custeio obtiveram as maiores porcentagens nesse ano agrícola, os custos com armazenagem e logística devido à alta dos combustíveis causaram a inflação dos preços desse setor.

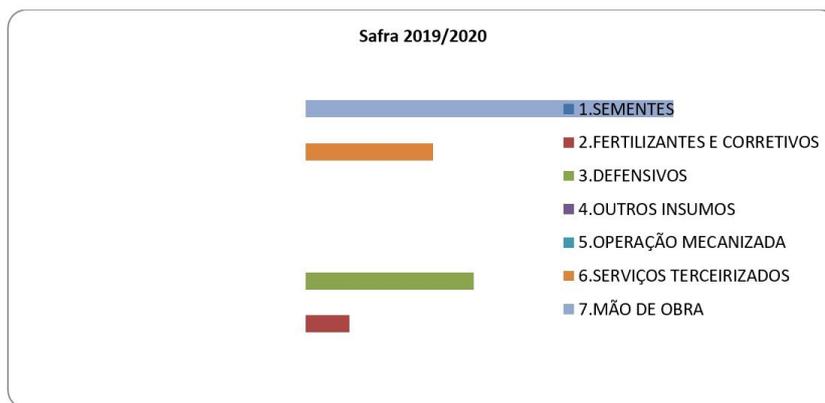
Figura 5 - COE da Etapa de Colheita 2019/2020



Fonte: Elaboração Própria.

O arrendamento dos financiamentos é um custo a longo prazo, e que é relevante na contabilidade do produtor rural. Já os impostos + custeio, representam mais da metade dos gastos do produtor, aquisição de máquinas, insumos, sementes, são fatores primordiais para serem otimizados, para fomentar o lucro.

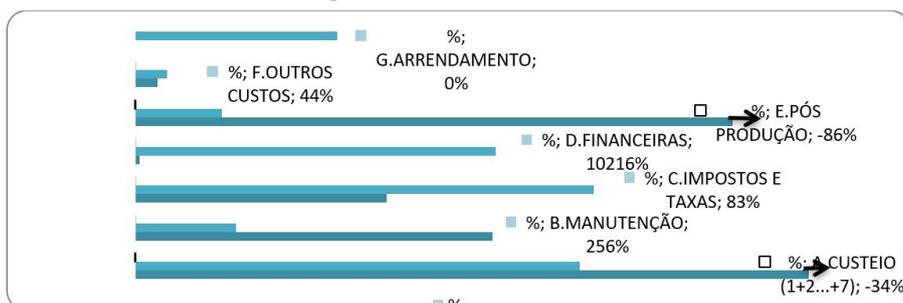
Figura 6- Custos da Safra 2019/2020



Fonte: Elaboração Própria.

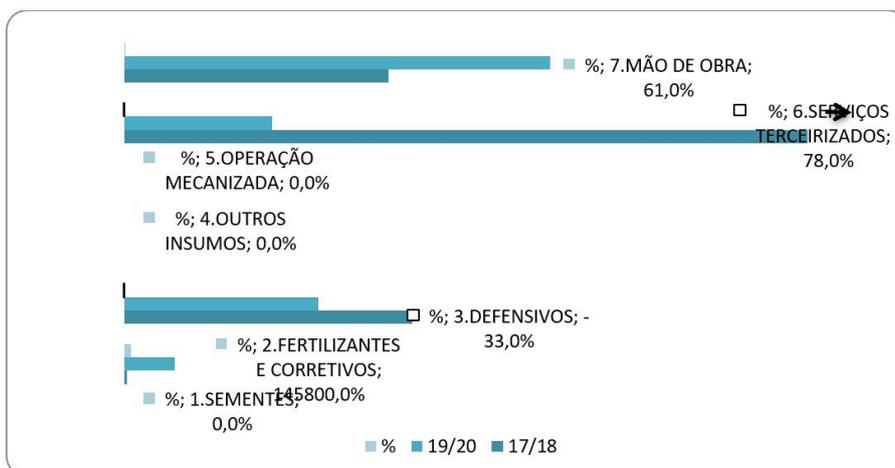
A finalidade da Contabilidade Rural é orientar as operações agrícolas e pecuárias; medir e controlar o desempenho econômico-financeiro da empresa e de cada atividade produtiva; apoiar as tomadas de decisões no planejamento da produção, das vendas e investimentos; auxiliar nas projeções de fluxos de caixas, permitir comparações à performance da empresa com outras; conduzir as despesas pessoais do proprietário e de sua família; justificar a liquidez e capacidade de pagamento junto aos credores (CREPALDI,2005).

Figura 7 - Custos Gerais



Fonte: Elaboração Própria.

Figura 8 - Custos Gerais Parte 02



Fonte: Elaboração Própria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo teve como objetivo fazer uma análise do impacto do controle financeiro no processo de colheita da cultura da soja, através de um estudo de caso de uma propriedade rural do estado de Mato de Grosso para as safras 17/18 e 19/20. Por meio de análises estatísticas, pode-se concluir que existem setores da produção essenciais para a potencialização dos lucros.

Os princípios básicos de gestão e mensuração das informações contábeis que compreendem a coleta de dados, geração de informações, processo de tomada de decisão e devidas ações. Foi identificado que a otimização dos setores terceirizados, de custeio e de pós colheita, são fatores basilares nos gastos do produtor rural, e se essas partes se tornarem mais eficientes e, por conseguinte, potencializam a lucratividade do produtor rural.

REFERÊNCIAS

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA. Projeções do Agronegócio: Brasil 2013/2014 a 2023/2024. Brasília: MAPA/ACS, 2014. 100 p.

CALDERELLI, A. Enciclopédia contábil e comercial brasileira. 28. ed. São Paulo: CETEC, 2003.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. O último levantamento da safra 2020/21 confirma redução na produção de grãos. 10.11.6. [S. l.], 9 set. 2021.

Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4234-ultimo-levantamento-da-safra-2020-21-confirma-reducao-na-producao-de-graos>. Acesso em: 14 out. 2021.

CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. Brasília, DF, v. 9, safra 2021/22, n. 4 quarto levantamento, janeiro. 2022

COSTA, N. L.; SANTANA, A. D. Poder de mercado e desenvolvimento de novas cultivares de soja transgênicas e convencionais: análise da experiência brasileira. Revista de Ciências Agrárias, v. 56, n. 1, p. 61-68, 2013. Disponível em: <<http://ajaes.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/598>>. Acesso em: 18 de jan. 2022.

CREPALDI, S. A. Contabilidade rural: uma abordagem decisória. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

DA SILVA, Maria do Rosário; DA CONCEIÇÃO SANTOS, Leane; DA COSTA SANTOS, Marcos Igor. Desafios e perspectivas da contabilidade agrícola: um olhar sobre os pequenos produtores rurais do município de Tanque D'Arca. Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas, p. 130-144, 2019. Disponível em: <<https://periodicos2.uesb.br/index.php/ccsa/article/view/5836>>. Acesso em: 06 jan. 2022.

GLASENAPP, J.S.; SEDIYAMA T.; MATSUO, E. Estresse Abiótico. In: SEDIYAMA, T (Ed.). Melhoramento Genético da Soja. Londrina: Mecenias, 2015 a. Cap. 8. p. 103- 126.

MARTINS, E. Contabilidade de custos: inclui o ABC. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARION, José Carlos. Contabilidade rural, contabilidade agrícola, contabilidade da pecuária, imposto de renda, pessoa jurídica. Atlas, 1999.

MESQUITA, C. de M. *et al.* Perfil da colheita mecânica da soja no Brasil: safra 1998/1999. Engenharia

Agrícola, v. 22, n. 3, p. 398-406, 2002.

OLIVEIRA, Wallace. O que é mapeamento de processos. Conheça seus benefícios. [S. l.], 3 nov. 2014. Disponível em: <https://www.venki.com.br/blog/o-que-e-mapeamento-de-processos/>. Acesso em: 13 out. 2021.

PAVÃO, Juliane Andressa; VOESE, Simone Bernardes. ANÁLISE DOS CUSTOS E DA PRODUTIVIDADE DA SOJA CONVENCIONAL E TRANSGÊNICA NO BRASIL NOS ANOS DE 2017 E 2018. Singular. Sociais e Humanidades, v. 1, n. 3, 2020. Disponível em: <http://ulbra-to.br/singular/index.php/SingularSH/article/view/70>. Acesso em: 11 de f=jan. 2022.

SALES, J. G. C. Interferência de plantas daninhas na colheita mecânica da soja (*Glycinemax* (L.) Merrill). Maringá, PR (Brazil), 1999.

SILVA, D. B. *et al.* Trigo para abastecimento familiar: do plantio à mesa. Brasília: Embrapa SPI, 1996.

VALLE, F. Manual de contabilidade agrária. São Paulo: Atlas, 1987

VIANA, J. G. A.; SILVEIRA, V. C. P. Análise econômica e custos de produção aplicados aos sistemas de produção de ovinos. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, XLVI, Anais... SOBER: Rio Branco, 2008. Disponível em: <https://ageconsearch.umn.edu/record/109525/>. Acesso em: 21 de jan. 2022.

O uso de contratos inteligentes no comércio exterior: Via Blockchain

Davi Dos Santos Oliveira

Elias Limone Nunes

Mellissa Christine Rocha dos Santos

Rogério Armando Lima Rubio

Evandro Cleber da Silva

Orientador, Prof. Dr.

DOI: 10.47573/aya.5379.2.84.3

INTRODUÇÃO

O mundo está mudando continuamente, impulsionado por inovações tecnológicas que afetam a forma como vivemos e fazemos negócios. A história da economia mundial está intimamente ligada a progresso tecnológico. A primeira implementação da *Blockchain* como a tecnologia que sustenta o Bitcoin, levou muitos a associar *Blockchain* com *Bitcoin*. No entanto, o uso potencial de *Blockchain* vai muito além do mundo das criptomoedas. Para alguns, é uma tecnologia que irá mudar nossas vidas, enquanto para outros é uma utopia; nenhuma tecnologia despertou tanto debate desde o advento da internet (GANNE, 2018, p. 8 e 18).

De acordo com Pierluigi Martino (2019), a *Blockchain* é uma tecnologia revolucionária que permite às pessoas registrar transações em um livro-razão digital, descentralizado e distribuído, sem qualquer autoridade central. Alguns consideram essa tecnologia como “a máquina de confiança” e a criptomoeda é, sem dúvida, o subproduto mais notável da revolução da *Blockchain*.

Os Contratos inteligentes são um componente crítico de muitas plataformas e aplicativos que estão sendo construídos usando a *Blockchain* ou tecnologia de razão distribuída, trata-se de um termo usado para descrever o código de computador que executa automaticamente todo ou parte de um contrato e é armazenado em uma plataforma baseada em *Blockchain*. O código pode ser a única manifestação do acordo entre as partes ou pode complementar um contrato tradicional baseado em texto e executar certas disposições, como a transferência de fundos da Parte A para a Parte B. Com isso, o contrato inteligente se beneficia da segurança, permanência e imutabilidade que uma *Blockchain* oferece. (LIPTON, 2018).

Segundo uma publicação realizada pela *World Trade Organization* (2018), o uso dessas novas tecnologias tem o potencial de transformar profundamente o comércio exterior, podendo até mesmo reduzir os custos comerciais e afetar a composição do comércio, aumentando o componente de serviços, promovendo o comércio de certos bens, como produtos urgentes, mudando os padrões de vantagem comparativa e afetando a complexidade e a extensão das cadeias de valor globais etc.

Riley Nixon (2021), destaca que, a tecnologia atualmente é o que torna possível o comércio e os negócios internacionais prósperos, sem ela, os negócios internacionais seriam lentos, tediosos e demorados. Quando a tecnologia é revolucionária, acaba criando uma espécie de convergência nas preferências e gostos dos consumidores e uma cultura global na qual diferentes países começam a ter listas semelhantes de desejos e demandas. De acordo com Stuart D. Levi (2018), como componente crítico de muitas plataformas e aplicativos que estão sendo construídos usando a *Blockchain*, tendo como um dos principais atributos sua capacidade de executar transações de forma automática e implacável, sem a necessidade de intervenção humana, o uso dos contratos inteligentes no comércio internacional é uma das tecnologias com maior potencial nas últimas décadas.

Este trabalho será realizado para entender o uso desses contratos inteligentes no comércio exterior, através da *Blockchain*. Para isso, será realizado um estudo através da pesquisa bibliográfica. No qual, será abordado assuntos como: A tecnologia *Blockchain* e suas características, contratos tradicionais e inteligentes, entre outros. O intuito é de analisar o uso e a viabilidade desse tipo de contrato no comércio internacional.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Apresentar a evolução dos contratos tradicionais e analisar a *Blockchain*, destacando os contratos digitais autoexecutáveis, exibindo sua influência no comércio internacional como uma ferramenta tecnológica simplificadora nas transações.

Objetivos específicos

- Apresentar a *Blockchain* e seu funcionamento;
- Evidenciar os tipos de *Blockchain*;
- Expor a evolução dos contratos tradicionais;
- Analisar os contratos inteligentes via *Blockchain*;
- Ponderar sobre o uso de contratos inteligentes via *Blockchain* no comércio internacional.

JUSTIFICATIVA

Com o avanço tecnológico e surgimento de novas tecnologias da informação, o mundo vem passando por evoluções e adaptações sobre a era digital, não sendo diferente no âmbito comercial que permeia as negociações internacionais. Nesse contexto, a monografia apresentada tem como objetivo discorrer sobre os aspectos pertinentes em sua ideia central, sendo ela, a exploração no desenvolvimento e aplicação dos *smart contracts* e tecnologia adotada nas ações mercantis a nível global.

Entretanto, apesar de todo interesse pela tecnologia citada, vale ressaltar que o processo de implementação no mercado, devido a sua complexidade e regulamentação, encontra-se na fase inicial, o que leva a várias questões não serem devidamente respondidas, podendo assim, tornar os impactos mais amplos que o estimado.

Deste modo, o trabalho justifica-se através do estudo de implementação e utilização de contratos inteligentes no comércio exterior via *Blockchain*, visando a viabilidade e relevância em sua funcionalidade no comércio, verificando assim, os benefícios que acercam este novo recurso disposto para agilidade e automatização de processos comerciais.

REFERENCIAL TEÓRICO

Blockchain

A tecnologia *Blockchain* é um banco de dados de todas as transações em uma rede de ponta a ponta, conhecida como a principal inovação tecnológica de criptomoedas, especialmente ao seu precursor *Bitcoin*. Segundo Ribeiro (2017), a *Blockchain* é um sistema de base de dados, mantido de modo descentralizado, em que todos são responsáveis por armazenar ou manter as

informações contidas (uma diferença importante entre um banco de dados típico e a *Blockchain* é a maneira como os dados são estruturados).

Breve história da *Blockchain*

De acordo com Luke Conway (2021), desde a década de 1990 se há a existência desta tecnologia por trás dos bancos de dados e fluxos de trabalho. Entre os anos de 1991 e 2008, os primeiros passos foram traçados por Stuart Haber e W. Scott Stornetta que desenvolveram os blocos criptografados para proteção de dados, como data e hora de registro de documentos, sem a possibilidade de adulteração. Sendo conceituada por Satoshi Nakamoto em 2009 aplicando-a à criptomoeda e outros usos.

O famoso *Bitcoin* foi a primeira implementação completa de uma *Blockchain*, tornando-se um complemento indispensável na discussão de sua história. “*Blockchain* está para o *Bitcoin*, o que a Internet está para o e-mail”. Um grande sistema eletrônico, sobre o qual você pode construir aplicativos”, disse Sally Davies, repórter da *FT Technology*.

Originando-se em meados de 2008 e lançado como *Open Source* em 2009, esta criptomoeda representa um ativo digital de ponta a ponta e um sistema de pagamentos sem pontos de falha. Anteriormente, as tentativas de sistema financeiro digital foram falhas em razão das cópias que poderiam ser feitas em suas transações que permitia aos usuários o gasto do mesmo dinheiro mais de uma vez. O problema de gastos duplos então foi solucionado com o *Bitcoin* através dos seus processos de registro e confirmações universais da *Blockchain*.

Esta ferramenta proporcionou ao *Bitcoin* um conjunto fixo de regras mecânicas para que as transações pudessem acontecer entre usuários de modo privado, sem intermediários. À medida que o *Bitcoin* conquistou a sua popularidade, outras moedas digitais passaram a realizar as suas próprias implementações de *Blockchain*. E conforme essa tecnologia colaborativa foi ganhando novas práticas de utilidade, houve o crescimento de sua notoriedade, objetivando num aumento de seu interesse em diversas indústrias e para diversas aplicações além do propósito fiduciário.

Nos anos de 2010 a 2013 discorreu-se a primeira transação de *Bitcoin* utilizando a tecnologia e evolução com a criação de diversos aplicativos financeiros. E por volta de 2014, quando os empreendedores entenderam o poder da dessa plataforma, houve uma onda de investimentos e descobertas para ver como a *Blockchain* poderia impactar as cadeias de suprimentos, saúde, seguros, transporte, votação, gerenciamento de contratos e muito mais.

Na sua essência, trata-se de um processo aberto, registrando as transações entre duas partes de uma forma cronológica e permanente, sem a necessidade de autenticação de terceiros. Isso cria um processo extremamente eficiente com previsão de redução drástica de custo de transação.

Desde então, vivemos a segunda onda de desenvolvimento, marcada pela ampliação no uso da *Blockchain* para negócios. Sendo apresentados novos testes baseados no uso da tecnologia através da *Nasdaq*.

Como funciona a *Blockchain*

De forma introdutória será abordado o funcionamento da tecnologia *Blockchain* nos aspectos elementares de sua estrutura, deste modo serão apresentados de forma menos densa os elementos funcionais da cadeia de blocos. Mantendo subsídios fundamentais para que a compreensão do leitor no decorrer do trabalho seja alcançada, sendo mantida também a coerência e coesão do tema proposto.

Sendo assim, podemos definir que a *Blockchain* funciona como um banco de dados bem distribuído, com alto nível de compartilhamento, com código criptografado e localizado num repositório público de forma incorruptível. Há de se salientar que o bloco pode ser formatado de maneira pública, privada ou híbrida (SIBA, PRAKASH, 2016).

A *Blockchain*, em sua natureza, é um *ledger*, isto é, um livro-razão digital público que permite em sua cadeia de blocos o registro imutável de dados armazenados. Segundo Faye (2017), seu funcionamento tem os seguintes aspectos:

“*Blockchain* é um registro contábil de operações digitais divididos e atribuídos a múltiplos *stakeholders* e só pode ser atualizado com um acordo entre a maior parte dos participantes do sistema. É a informação que, uma vez escrita, nunca mais pode ser sobrescrita, de tal modo que a *Blockchain* contém um registro certo e verificável de cada transação já efetuada”.

Vale ressaltar que não há um único dono e nem um único controlador das informações inseridas na *Blockchain*, pois a cada sequência o bloco em cadeia se replica em distintos servidores, formando uma rede desassociada, o que será abordado mais adiante nos aspectos de descentralização da rede.

Sob a perspectiva do fator segurança, devido sua peculiaridade estrutural, seu funcionamento de forma segura possui como aspecto central a combinação de três pilares de segurança de sistemas modernos que são, confidencialidade, integridade e disponibilidade, (BRANDON, 2016).

Similar a tecnologia de armazenamento em nuvens, a *Blockchain* tem a descentralização como peça-chave para o seu desenvolvimento. Tornando as transações e os dados mais seguros dentro de um banco de dados permanente e inviolável, isto é, o que distingue ambos, é o modo de empregar a tecnologia de blocos de cadeia para registrar transações, por ser registrado de forma linear e cronológica, a *Blockchain* se torna imutável.

Para melhor compreensão de seu funcionamento é preciso tomar conhecimento das seguintes etapas:

- a) Início da Transação – Etapa em que duas partes decidem dar início à troca de um dado, seja uma moeda digital, um ativo ou outra informação, como contraparte na operação;
- b) Desenvolvimento do bloco – Etapa em que a transação é agrupada a outras transações pendentes, formando assim um bloco. Ao ser desenvolvido, este entra na rede da cadeia de blocos do sistema, com os outros computadores;
- c) Verificação – Etapa em que os demais participantes (chamados de mineradores) fazem a avaliação e os cálculos da transação. Nesse momento, tais cálculos determinam

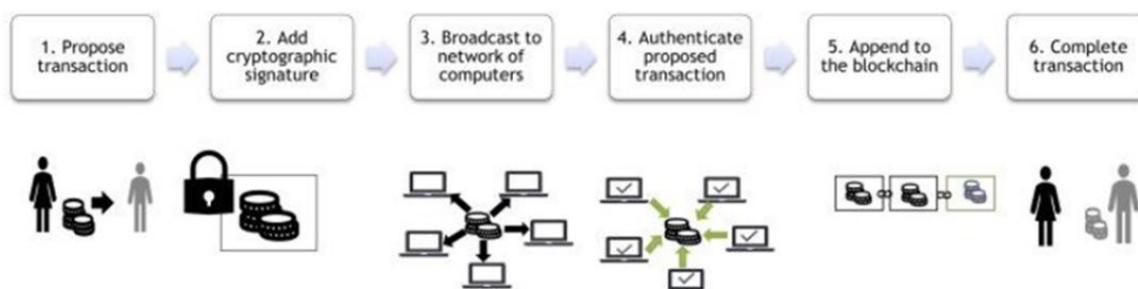
a validade da transação com base em um conjunto de regras preestabelecidas;

d) Aceitação - Caso haja um consenso dos demais participantes (normalmente mais da metade dos computadores da cadeia);

e) *Hash* – Em criptografia, é necessário que dados complexos possam ser mapeados. O algoritmo matemático responsável por este mapeamento é chamado função Hash. Onde cada bloco de transação verificado é identificado por um Hash criptografado. Ademais, individualmente cada um dos blocos possui uma referência do bloco anterior, por este motivo sendo denominado cadeia de blocos;

f) Execução – Etapa final, onde o valor é enfim transferido entre as partes relacionadas.

Figura 1- Funcionamento interno da Blockchain



Fonte: Morkunas; Paschen; Boon (2019).

De fato, a complexidade do tema exige a necessidade de condensar os conceitos elementares da *Blockchain*, de forma resumida será apresentado adiante um quadro que descreve os principais elementos para uma melhor compreensão dos termos utilizados:

Tabela 1 - Quadro de resumo dos principais elementos da Blockchain

ELEMENTO	DESCRIÇÃO	AUTORES
Ledger Livro-Razão	Trata-se de um banco de dados onde estão mantidos os registros de transações da rede através do armazenamento em computadores conectados. Sua manutenção é essencial para que não haja duplicidade da mesma unidade inserida.	WORKI, JAIN, 2017 NAKAMOTO, 2008
P2P Peer-to-Peer Ponto a Ponto	É a cadeia de blocos caracterizada, como um modelo descentralizado em função da utilização da rede de ponto a ponto, deste modo, não há exigência de um servidor dedicado/centralizado. A descentralização deve-se ao fato de não haver um único servidor ou autoridade central no controle e gerenciamento dos dados, deste modo, cada ponto ou nó pode compartilhar dados com outros nós.	LI, SUN 2016. NAKAMOTO, 2008.
Hash	É a criptografia em si, isto é, considera-se uma operação de entrada e saída, com dados originais da transação ou do bloco, consolidados num algoritmo matemático, de forma que sua escrita depois de validada se torna irreversível.	BADZAR, 2016
Validação	São protocolos de segurança da rede, no qual os usuários, antes de aprovarem a inserção de um novo bloco, devem solucionar um enigma matemático criptografado ou os nós devem estar em consenso com a operação.	DI GREGORIO, NUSTAD, 2017. NAKAMOTO, 2008
Mineração	É a solução do enigma matemático criptografado da cadeia de blocos, sendo necessário identificar o hash anterior à transação atual, os dados do bloco atual e o destinatário a ser creditado.	EYAL, GUN SIRER, 2018.

Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado de GEPROS (2019).

No que tange ao rápido desenvolvimento da *Blockchain*, percebe-se que a tecnologia apresenta inovações em quatro modelos de aplicações que segundo Alves; et al (2018), são:

- a) Criptomoedas e serviços financeiros;
- b) Contratos Inteligentes;
- c) Gestão de Identidade e Proveniência;
- d) Transparência Pública.

Modelos de transação de nível de *Blockchain*

Sendo a *Blockchain* uma base de dados distribuída e inviolável como foi citado antes, que tem por objetivo transacionar dados entre participantes da rede, de maneira confiável e sem intermediários. Surgem nesse contexto, novos modelos de transação, de acordo com sua rápida evolução e adesão na sociedade de forma geral, podemos categorizar os modelos atuais de transação em uso da *Blockchain* da seguinte forma, (DIGITAL, 2021):

- a) *Blockchain* para C2C (*Consumer to Consumer*)
- b) *Blockchain* para B2C (*Business to Consumer*)
- c) *Blockchain* para B2B (*Business to Business*).

***Blockchain* versus tecnologia de razão distribuída (DLT)**

Partindo da mesma ideia existencial e princípios da *Blockchain*, a tecnologia de *ledger* (registro contábil) distribuído é um banco de dados digital que compartilha informações de forma descentralizadas por via de pontos de acesso, nós ou nodes da rede, porém, uma das principais diferenças entre as tecnologias são o grau de descentralização do sistema operativo. Enquanto a tecnologia *Blockchain* dispõe-se do *open source* (*software* de código aberto) que permite qualquer usuário se tornar um nó e ter acesso as transações e participações das operações realizadas nesse espaço virtual, as DLTS distinguem-se por atender interesses de um grupo reduzido, limitando o uso e acesso da rede, permitindo apenas participantes selecionados para utilização de suas funcionalidades, o que define o seu tamanho em questão. (EXAME, 2021).

Tendo em vista que a rede descentralizada e distribuída se constitui dos mesmos aspectos tecnológicos e razões de existência, ambas tecnologias têm potencial incomparável para o desenvolvimento nos setores financeiros, destacando-se através de seu crescimento e busca de usuários por transparência e autonomia em sistemas inteligentes contábeis que propõe soluções operacionais encontrados na rede centralizada. (EXAME, 2021).

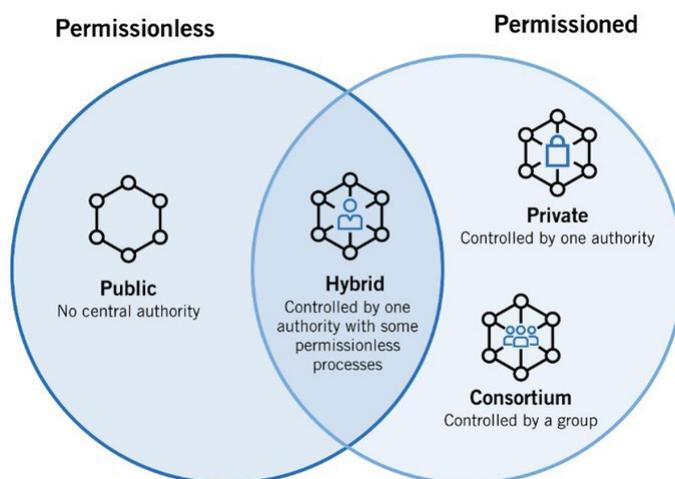
Tipos de *Blockchain*

A tecnologia *Blockchain* pode ser dividida basicamente em quatro subcategorias. Existem as *Blockchains* abertas ou públicas, que basicamente não tem uma autoridade central; temos a *Blockchain* com permissão corporativa ou com transações fechadas, também chamada de *Blockchain* privada, que é controlada por uma autoridade; temos a *Blockchain* de consórcio, que

detém recursos da rede pública e privada e é controlada por um grupo; e por fim, a *Blockchain* híbrida, que é controlada por uma única organização, mas com um nível de supervisão realizado através da *Blockchain* pública, que é necessário para realizar certas validações de transação. Vale destacar que mesmo em uma *Blockchain* aberta as transações podem ser executadas sem a intermediação de um terceiro. (ROSSI, 2020).

Os tipos de *Blockchain* que podem ser observados na figura abaixo:

Figura 2- tipos de *Blockchains*



Fonte: Foley (2021).

***Blockchain* sem permissão versus com permissão**

Para entrar na rede e adicionar blocos à cadeia sequencial é necessário ou não uma validação dependendo de qual *Blockchain* está sendo utilizada. Então, a *Blockchain* pode ser classificada em dois tipos, que são com permissão ou sem permissão.

A *Blockchain* com permissão é a mais usual para fins de negócios, para participar é necessário que os demais os usuários sejam convidados, isso contribui para evitar que participantes anônimos participem.

Para o uso comercial legítimo da *Blockchain*, as leis que combatem a lavagem de dinheiro exigem que as empresas saibam com quem estão fazendo negócios. Sendo assim uma *Blockchain* com permissão é desenvolvida para suportar essa exigência. O *Hyperledger Fabric* da *Linux Foundation* é um exemplo de uma modalidade com permissão. Ele foi projetado desde o início para atender às necessidades das empresas.

Já as *Blockchains* sem permissão permitem que qualquer pessoa participe da rede e a atualize. Isto pode ser uma debilidade ou um ponto forte. Permitir que qualquer pessoa participe significa geralmente que não há requisitos de identidade, por isso os usuários muitas vezes tentam ser anônimos e alguns utilizam pseudônimos. A *Bitcoin* é um exemplo de uma *Blockchain* pública sem permissão. (SALESFORCE, 2021).

***Blockchain* pública versus privada/ consórcio**

A principal diferença entre a *Blockchain* pública e a privada, é que a primeira seja amplamente acessível, enquanto a privada está confinada a um determinado grupo de pessoas, já as

de consórcio pode mesclar ambas as características de diversas formas.

A *Blockchain* pública é um sistema de contabilidade distribuído sem permissão e não restritivo, o que significa que qualquer pessoa conectada à Internet pode ingressar em na rede de cadeia de blocos e fazer parte dela.

Ao contrário da rede pública, uma *Blockchain* privada possui uma permissão em uma *Blockchain* restritiva que opera em uma rede fechada. Essas são usadas principalmente dentro de uma organização onde apenas membros específicos são participantes de uma rede de *Blockchain*. (SHARMA, 2021).

Blockchain pública.

Popularizada devido ao seu sistema descentralizado, a tecnologia *Blockchain* veio a surgir com o propósito de proporcionar autonomia, transparência e segurança fora de um sistema centralizado, geridos por instituições regulamentadoras, viabilizando o compartilhamento de dados em tempo real para verificação e possível auditoria de transações executadas na rede, onde foi inicialmente originada através do primeiro tipo de tecnologia *Blockchain*, sendo a pública. Não havendo regulamentação de entrada, a participação na rede torna-se aberta para qualquer pessoa que deseja participar, possuindo somente como limitações fatores de natureza técnicas, como o acesso à internet e compatibilidade no dispositivo de operação para a *Blockchain*. Atendendo esses poucos requisitos, o usuário vem a ter acesso a plataforma e os seus registros, tornando-o ativo autorizado para condução de atividades mineradoras e para prevenção e manutenção da rede, onde pode vir propor alterações para soluções de bugs sobre o código-fonte disposto na plataforma. (CRIPTO, 2021).

Características predominantes em redes de *Blockchain* pública;

- Rede aberta (pública);
- Não concessionada;
- Descentralizada;
- Utiliza criptomoedas.

Principais vantagens;

- Independentes de organizações ou autoridades;
- Transparência na rede.

Principais desvantagens;

- Lentidão na rede devido ao número de usuários;
- Maior possibilidade de invasão de hackers.

Blockchain privada

Designado para o controle privativo em redes de *Blockchains*, o artifício utilizado tem como por finalidade regulamentar o acesso de informações contidas em sua cadeia de armaze-

namento, disponibilizando-as somente através de permissões que são concedidas pela instituição portadora do acesso à rede que determina quem pode participar do processo de consenso, permitindo a visualização e realização de transações (P2P). Deste modo, as concessões, responsabilidades e punições vêm a ser definidas por meio do conjunto de regras implementadas inicialmente de forma centralizada, ponderando assim, o seu cumprimento para validação de ingresso dos solicitantes, cabendo-os a contribuição na manutenção da *Blockchain* (se aprovados).

Vale ressaltar que, a autoridade reguladora junto aos participantes existentes vem a delimitar os futuros membros por meio dos mecanismos de controle, variando de acordo com as emissões de licenças para participação ou mediante a um consórcio para tomada de decisão. (CRIPTO, 2021).

Características predominantes em redes de *Blockchain* privadas;

- Rede fechada (privada);
- Concessionada;
- Centralizada;
- Não utiliza criptomoedas.

Principais vantagens;

- Otimização em transações;
- Controle sobre a rede e usuários.

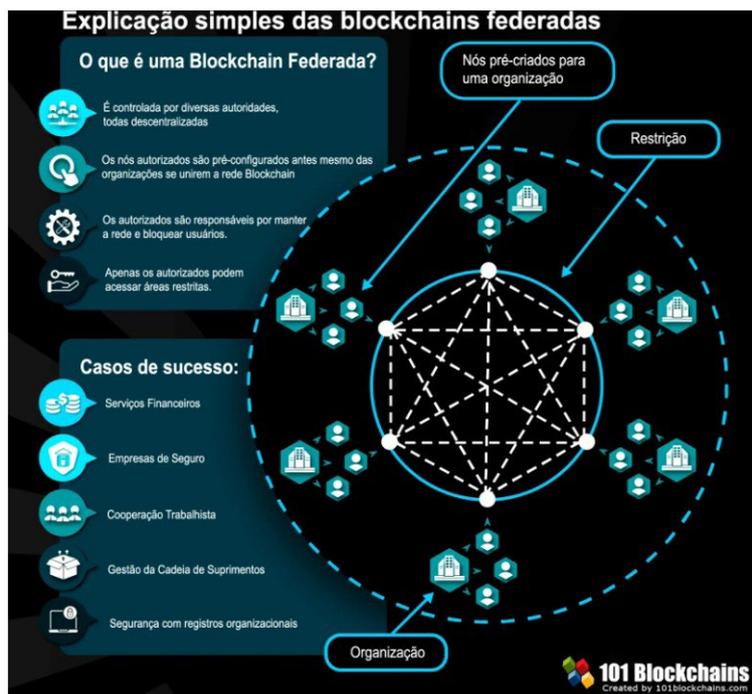
Principais desvantagens;

- Controversa no reconhecimento de “*Blockchain* verdadeira”;
- Não anonimato.

***Blockchain* de consórcio**

Detendo recursos de *Blockchain* público e privado, este modelo de consórcio ou federado é constituído por diversas entidades ou organizações, predefinindo os nós (nodes) para controlar os procedimentos de consenso, valendo-se de um nó validador para validação e recebimento das transações, podendo-a tornar pública ou compartilhada somente entre membros. Deste modo, o modelo de consórcio surgiu devido a necessidade de manter algum poder de controle sobre a rede e ainda manter a transparência, descentralização e facilidade dispostas na *Blockchain* pública, eliminando também a dependência de uma só instituição regulamentadora que vem a ter característica da rede privada. (CRIPTO, 2021).

Figura 3- Infográfico: *Blockchain* de consórcio em Detalhes



Fonte: 101 blockchains (2018).

Contratos tradicionais

Segundo Sidney W. DeLong (2015), contrato é uma espécie de negócio jurídico que se perfaz pela manifestação da vontade de duas ou mais partes. No código civil temos basicamente três tipos de obrigações, os contratos, as manifestações de vontade unilaterais e as atitudes ilícitas dolosas ou culposas. Eros Roberto Grau (2001), destaca que, a diferença do contrato entre eles, é que o contrato é uma manifestação de vontade, sendo essa a fonte ética do contrato. Dentro dos contratos, a manifestação de vontade é a declaração dos interesses das partes. E esse plural, é a diferença entre contrato e uma manifestação unilateral, ou seja, é exatamente a vinculação de duas ou mais partes no contrato.

As manifestações unilaterais acabam manifestando seus interesses e gerando os seus efeitos exclusivamente segundo a vontade de uma parte, não necessariamente se vinculando a nenhuma outra, nesse contexto a manifestação de vontade é de uma só.

Já nos contratos, é preciso de duas ou mais partes. É por isso que os contratos são bi ou plurilaterais, porque se pode ter inclusive mais do que duas pessoas envolvidas nas declarações de vontade. Nesse ínterim, é importante dizer que a manifestação de vontade simples pode ser tanto considerada o contrato, quanto o contrato pode ser um instrumento pelo qual essa vontade se materializa.

Então, nessa situação, acaba-se dividindo o contrato em algumas espécies: temos os contratos que podem ser verbais ou escritos, eles podem ser onerosos ou gratuitos, podem ser principais ou acessórios, dentre muitas outras categorias e subcategorias de contratos.

Ainda segundo DeLong (2015), o contrato só pode ser fonte de obrigações entre os contratantes, isso significa que não se pode vincular e prejudicar um terceiro fora da relação jurídica estabelecida, no entanto, quando se trata de beneficiar um terceiro, sim, é possível incluí-lo

como fonte de obrigações naquele contrato, mas ele não tem por lógica a obrigação de exercer qualquer atividade se isso lhe causar algum prejuízo. Isso também se vincula diretamente ao objeto do contrato, o objeto do contrato também está vinculado entre as partes.

E ao próprio instrumento particular, por exemplo, não se pode ter como obrigação entregar uma coisa que não é pertencente as partes contratantes, por isso, é imprescindível que o objeto esteja diretamente vinculado entre as partes.

Validade e eficácia dos contratos

DeLong (2015), descreve que os requisitos para a validade de um contrato estão divididos em três categorias: requisitos objetivos, subjetivos e os formais.

Os requisitos objetivos dizem respeito aos objetos do contrato, sendo o objeto desse contrato nada mais do que a coisa ou serviço sobre o qual trata esse contrato, que necessariamente precisa ter algumas condições: o contrato precisa ser lícito, possível, e determinado ou determinável.

Lícito, pois não dá para fazer um contrato de uma coisa ilegal, por exemplo, não se faz contrato de venda de entorpecentes. Possível, porque não pode ser uma coisa impossível, como por exemplo, a venda de um terreno no meio da rua. E determinável ou determinado, porque tem que ser no mínimo definido esse objeto, nem que seja apenas em gênero e quantidade, precisa-se ter uma definição mínima para que seja possível fazer esse contrato.

O requisito subjetivo diz respeito às pessoas que estão firmando esse contrato, ou seja, a capacidade dessas pessoas. Quando se fala em capacidade, existe a capacidade genérica e a capacidade específica. De acordo com Eros Roberto Grau (2001), a capacidade genérica é a capacidade das pessoas em cima, um exemplo claro disso é de que um menor de idade não tem capacidade para firmar um contrato, sendo assim ele precisa de um representante. Então, em alguns momentos ou situações da vida, as pessoas precisam ser representadas ou assistidas por não estarem em plena capacidade. Já a capacidade específica, aparece em algumas ocasiões, como por exemplo, quando se firma um contrato com uma empresa e no contrato social dessa empresa está determinado que só um diretor pode assinar um contrato com valor acima de 20 mil reais, ou seja, se o contrato tiver um valor acima de 20 mil reais, a única pessoa com capacidade para assiná-lo será o diretor. Na venda de um imóvel, por exemplo, a pessoa que está vendendo tem que ter capacidade para isso, ainda que o proprietário tenha outorgado e passado poderes para uma outra pessoa, essa pessoa que está vendendo o imóvel precisa ter poderes para realizar a venda.

Os requisitos formais dizem respeito as formas desse contrato, esse contrato necessariamente tem que estar prescrito ou não defeso em lei. Os contratos que têm forma prescrita, ou seja, descrita e específica na lei, precisam que sejam feitos da maneira que a lei prevê para que eles tenham validade, como por exemplo, o casamento ou a venda e escritura da compra e venda de um imóvel, que tem que ser público, caso contrário não tem validade. Então, para esses tipos de contratos, a lei determina uma forma de ser feito, uma forma pelo qual esse ato vai ser solene, e só através dessa forma ele vai ter validade. Para todos os outros que são os não defeso em lei, ou seja, não sendo proibido pela lei e não estando em forma específica, a forma é livre, ele pode ser: escrito, verbal, público, privado etc.

O mais importante de acordo com DeLong (2015), sendo outro requisito formal, é na verdade que haja a manifestação inequívoca da vontade das partes, e que as partes tenham consentimento sobre o objeto, das determinações desse contrato e que haja o conhecimento desse contrato. Sendo assim, todo tipo de negócio jurídico ou contrato, precisa que seja claro e que não reste dúvida de que as partes aceitaram as condições do contrato. Então, mesmo nos contratos que não são físicos, e que não são escritos, como por exemplo, acordos que são feitos por e-mail, é muito importante de que esteja claro de que as partes estão de acordo com aquilo, para que haja validade e para que não haja problemas no futuro. Sendo assim, a validade de um contrato depende de qual tipo de contrato está sendo feito. Porém, o mais importante é de que esteja tudo muito claro para todas as partes envolvidas no contrato.

Evolução dos contratos

Para adentrarmos aos *smarts contracts* é necessário contextualizar como a evolução dos contratos se molda através da transformação científica tecnológica, isto é, todo o amparo jurídico é influenciado pelo contexto socioeconômico ao compasso do avanço tecnológico que a sociedade alcança ao longo da história, sem exceção os contratos. Para que este instrumento de confiança corresponda às demandas das atividades humanas é necessário que sua forma, suas regras, conteúdo e peculiaridades estejam contemporâneos ao tempo de uso no meio social onde está inserido.

Quanto aos contratos, vale ressaltar a origem etimológica da palavra que vem do verbo *contrahere*, que guarda relação com ajuste, pacto ou convenção entre mais de um indivíduo. (MIRANDA, 2008).

Sendo o contrato inerente à própria sociedade humana, pois é uma necessidade oriunda do relacionamento social desde o início da civilização. (LOPES, 2016).

Uma amostra de contrato que podemos citar que faz jus ao comércio exterior, pois foi através desse exemplo que se originou a prática do comércio internacional, podemos exemplificar que um dos modelos mais antigo de se fazer um contrato é através da troca de bens ou favores, isto é, pode-se dizer que todo ato de compra e venda é um contrato bilateral, pois é oneroso e consensual mediante que ambas as partes reconhecem suas obrigações, vide o vendedor assume a incumbência de transferir bem ou objeto alienável e de valor econômico ao comprador, que por sua parte firma a obrigação de pagar o preço determinado ou determinável em dinheiro ou algo que o vendedor julgue como de valor para si.

Nas palavras de Venosa (2013), a respeito dessa estrutura, a compra e venda é um contrato oneroso, translativo, bilateral ou sinalagmático (de prestações correspectivas) e geralmente comutativo.

“Nos grupos primitivos, quando não era conhecido o valor fiduciário, ou seja, a moeda, a troca (permuta ou escambo) era o contrato mais importante. A partir da criação da moeda, a compra e venda passa a desempenhar o papel mais proeminente no campo contratual”.

Para Nalin (2005), o viés pós-moderno da ideia de contratos, cuja particularidade principal é a solidariedade constitucional, que tem o condão de produzir efeitos patrimoniais e existenciais não só entre os pactuantes, mas também perante terceiros.

Seguindo o raciocínio do autor acima, deve-se observar que nem sempre um contrato

estará inserido no campo das obrigações, pois existem diversas formas de contratos privados, tal como o casamento, e de contratos públicos, como os celebrados pela administração pública (LOPES, 2016).

Com base em Tartuce (2016) nessa perspectiva, o contrato deixa de ser interpretado de forma literal, com base apenas naquilo que foi pactuado pelas partes, e passa a se relacionar com a sociedade e seu meio, atentando à finalidade coletiva deste instrumento.

Deste modo, os contratos estão corriqueiramente conectados com as ações humanas de forma coletiva ou individual em seu cotidiano, das ações mais simples como pegar um táxi onde assume-se um acordo em troca de um serviço até as ações mais complexas como a sistemática do comércio internacional ou ações que permeiam o ordenamento jurídico.

No que tange comércio exterior, congruente as necessidades e expectativas da sociedade em cada época na esteira da evolução digital, onde vivencia os impactos das grandes transformações tecnológicas, ainda continua atrelado a documentação física e processos manuais que estão sujeitos ao erro humano que pode ocasionar falhas e atrasos na cadeia de fornecimento. Porém, tais ferramentas críticas e a elevada burocracia criada para gerenciá-las não acompanharam a transformação digital da economia (IANSITI; LAKHANI, 2017).

Do ponto de vista legal, o comércio internacional perante os aspectos jurídicos por sua peculiaridade e complexidade, exige a intervenção através de instrumentos normativos que harmonizem, amenizem ou subtraem empecilhos oriundos de uma casual incompatibilidade de diferentes ordenamentos jurídicos e suas interpretações, isto é, esses instrumentos constituem como característica principal o contrato internacional.

Com a eminente transformação das relações comerciais transfronteiriças faz-se necessário o incentivo a criação e evolução de técnicas que viabilizem e favoreçam as relações de negócios. Sendo fundamental na atualidade frente à era virtual, adaptação dos processos aplicados aos meios de tecnologias digitais que vão surgindo.

Para Käercher (2019), conforme a percepção do progresso que a sociedade pode atingir com uso e combinação de novas tecnologias, será possível iniciar a descoberta de novas formas de desenvolvimento econômico com maior equilíbrio.

A internet da informação transformou de fato a sociedade nas duas décadas anteriores e o mundo está entrando em uma fase na qual a *Blockchain* pode fazer o mesmo, introduzindo um novo paradigma no que se refere a internet de valor, que em síntese é o espaço digital da internet como um meio para transferir e armazenar valores de todos os tipos por exemplo: moedas, valores mobiliários, propriedade intelectual.

Embora o setor de serviços financeiros tenha sido pioneiro ao estimular e adotar essa tecnologia, as demais aplicações também são frequentes em outras áreas que vão além de pagamentos. A *Blockchain* poderá ser uma ferramenta transformadora para toda a cadeia global de negócios. (DELOITTE, 2018).

Segundo Tapscott (2017), a sociedade adentrando na era da internet de valor, onde a tecnologia *Blockchain* também é chamada de tecnologia de contabilidade distribuída vai ser possível reinventar novas formas de negócios, indústrias, relacionamentos e gestão de processos.

De acordo com Azevedo (2017), as novas formas de tecnologias envolvidas nesse processo de transformação trazem mudanças profundas em todos os setores da sociedade, afetando modelos de negócios, novos hábitos de consumo, cadeia produtiva, transporte e telecomunicação e o modo de viver.

Deste modo, as mudanças relacionadas à nova realidade da era digital vem marcando presença na vida humana, a sociedade está em constante evolução, porém essa atual revolução tecnológica será a mais disruptiva de todas.

É compreensível que quanto maior o fluxo de negócios internacionais, mais intermediários entram na cadeia de processos nas transações internacionais, sendo necessário maior transparência e responsabilidade por parte dos participantes envolvidos. Atualmente compradores e vendedores utilizam essa estrutura para transacionar bens e valores além das fronteiras através de terceiros como por exemplo, bancos, operadores logísticos, jurídico entre outros que garantem a execução adequada dos processos.

Porém, a tecnologia *Blockchain* pode prover métodos e ferramentas capazes de maximizar os resultados já que é uma tecnologia de desintermediação. Sendo assim, há um enorme potencial e necessidade da aplicabilidade da *Blockchain* nas transações internacionais. (MCDANIEL; NORBERG, 2019).

Portanto, o impacto que o desenvolvimento tecnológico dispôs para a cadeia de gestão do comércio internacional é explícito de forma positiva em todos os sentidos, aumentando a ampla competitividade entre as empresas, essas que almejam otimização, redução de custos e sofisticação no sentido de mitigar os riscos na segurança, sendo necessário a plena consciência de se fazer investimentos que contribuem para esses efeitos positivos que por si só evitam atritos na uniformidade da gestão.

Gupta (2017), através do artigo da IBM cita a resolução de conflitos com a ajuda da tecnologia da *Blockchain*:

“O comércio global tem sido o maior criador de riqueza da história humana e o atrito no mercado é o maior obstáculo à riqueza. Ao longo dos anos, as empresas superaram várias fontes de atrito. Instituições e instrumentos de confiança surgiram para reduzir o risco nas transações comerciais. Inovações tecnológicas ajudaram a superar distâncias e ineficiências. Ainda assim, muitas transações comerciais permanecem ineficientes, caras e vulneráveis. A tecnologia *Blockchain* tem o potencial de remover grande parte da fricção restante no mercado - os atritos que limitam o ritmo dos negócios. À medida que o atrito se dissipa, uma nova ciência da organização surgirá, revolucionando o modo como as indústrias e as empresas estão estruturadas. Com transparência, a norma, uma base sólida para a confiança pode se tornar o trampolim para uma maior evolução do ecossistema. Participantes e ativos, uma vez excluídos dos mercados, podem participar, desencadeando um fluxo acelerado de capital e oportunidades sem precedentes para criar riqueza”.

Contratos inteligentes via *Blockchain*

Defronte ao extenso uso de criptomoedas e a ampla difusão da tecnologia *Blockchain* a partir dos anos 2000 e na atualidade, foi durante a guerra-fria em meados de 1965 que foi desenvolvido um sistema de troca de informações eletrônicas na sigla em inglês (EDI) num acordo entre Washington e Berlim, na qual se permitia com que acordos/pactos realizados de forma física (papel), fossem traduzidos para a linguagem digital, mesmo de forma limitada e com restrições que naquela época era inerente a sua exata aplicação, este sistema conseguiu evoluir por

outros meios, sendo o precursor no que se diz a respeito chamado posteriormente de contratos inteligentes.

Ao final dos anos 90, foi o cientista computacional e criptógrafo Nick Szabo que através de seus estudos identificou tais limitações na EDI e configurou uma nova abordagem na execução de contratos eletrônicos. Através do seu artigo publicado em 1996 chamado “*Smart Contracts: Building Blocks for Digital Free Markets*”, ele idealizava evitar que as partes contratantes mantivessem litigando sobre os aspectos unicamente objetivos do contrato, ou de campos que fossem interpretativos que culminariam a margem de interpretações ambíguas.

Conceitua-se que o ponto de ignição para os contratos inteligentes é a ideia de máquinas de venda automática, por exemplo as de refrigerantes, isto é, após inserir o dinheiro e este for reconhecido, de imediato é efetuada a entrega do produto, deste modo trata-se de uma operação automática e sem atravessadores.

Nas palavras de Divino (2018, p. 2782):

Szabo nesse contexto idealizou um contrato eletrônico capaz de ser autoexecutável e autônomo, a fim de eliminar a figura de intermediários, utilizando-se de códigos criptografados, fórmulas matemáticas e algoritmos que seriam as bases deste novo modelo.

Contudo, Szabo elencou quatro melhorias proporcionadas pelos contratos Inteligentes, a verificabilidade, o acompanhamento, a privacidade e a exigibilidade (CAMPOS, 2018, p. 107).

Nesse sentir, pode-se dizer que os *smarts contracts* nada mais são que contratos típicos que foram criptografados e inseridos em um banco de dados com execução automática de negócios. Baseados num conjunto juridicamente constituído ou mesmo de contratos mais simples, cuja formação pode se dar de forma verbal, mas que deverão obedecer a legislação para a sua elaboração. (CAMPOS, 2018, p. 109).

Contratos Inteligentes são negócios jurídicos unilaterais ou bilaterais, dificilmente invioláveis, imperativos, pactuados entre as partes de modo escrito ou verbal e resumidos em algoritmos complexos, de execução autônoma e imediata. Cabe citar a natureza condicional na interpretação e execução, utilizando-se de proposições equivalentes e lógica proposicional, eis que são realizados prioritariamente com as condições “se” e “então”.

Dessa maneira a execução de imperativos nos contratos garantem o cumprimento forçado da obrigação, tendo como única arbitrariedade o próprio código escrito. Quando ao satisfazer uma condição “se” por meio de uma ação, preenche-se o resultado “então”, dando origem ao pacto firmado. (CAMPOS, 2018, p. 109).

No raciocínio de Divino (2018, p. 2789 - 2791), sintetiza-se que os contratos inteligentes se caracterizam pela necessidade de uma assinatura digital, sendo essencialmente contrato de modo eletrônico, que necessita de um *software* para programar suas cláusulas e um *hardware* capaz de executá-las.

Desse modo, eventuais termos, condições e demais cláusulas estarão todos codificados no contrato em si, podendo se integrar a *Blockchain* que permite a execução de seus códigos nessa base de dados descentralizada. (DIVINO, 2018, p. 2788).

De forma provocativa sobre a nomenclatura de contratos inteligentes e não menos im-

portante sobre a relevância dessa ferramenta, considera-se também a linha de raciocínio de Bergquist (2018), no sentido de qualificá-los como algoritmos aptos para desempenhar deliberada ação, adotando preferentemente a nomenclatura de protocolos inteligentes:

“O nome contratos inteligente é indiscutivelmente um nome impróprio, uma vez que na verdade eles não são inteligentes, nem contratos no senso comum. Contratos inteligentes são, no contexto de banco de dados, simplesmente lógicas que é publicada em uma Blockchain, que pode receber ou executar transações como qualquer endereço (transações podem ser rejeitadas ou requerem argumentos especiais para funcionar) e que podem atuar como um acordo imutável. O objetivo dos contratos inteligentes é atuar como um ‘protocolo de transação computadorizado que executa os termos de um contrato’ e foi criado pela primeira vez pelo criptógrafo Nick Szabo.”

Ao longo do tempo, somando-se os esforços de Szabo (1990), idealizador de contratos inteligentes nos negócios, Nakamoto (2008), pai da tecnologia *Blockchain* e Buterin (2013), inventor da primeira plataforma *Blockchain* denominada *Ethereum* que permite a elaboração e execução de contratos inteligentes (códigos complexos como citado anteriormente) na cadeia de blocos descentralizada.

Pode-se afirmar que tal plataforma dispõe da utilização de sua *Blockchain* privada para o comércio e serviços que necessitem de uma forma de conectar as partes com eficiência e confiabilidade digital que são exigidos nos *smarts contracts*. Esses protocolos computacionais que agem autonomamente sem intermediários para executar propósitos específicos (códigos algoritmos, que seguem a uma programação desencadeando um evento).

Assim sendo, por meio da transformação física de documentos para o meio digital, como é o caso dos contratos inteligentes, permite-se a validação de sua originalidade e autenticidade de conteúdo. (BADZAR, 2016).

Dessa forma com a gradativa adoção da tecnologia *Blockchain* como meio transacional e fiduciário iniciado pelo *Bitcoin* de Nakamoto, outros sistemas baseados nessa tecnologia de cadeia de blocos descentralizados, estão surgindo num maior interesse para distintas aplicações na sociedade, como por exemplo no comércio exterior, em virtude dos *smarts contracts* dentro da *Ethereum* de Buterin, que transformam contratos em códigos computadorizados, deste modo, a evolução tecnológica proporcionou enfim a concretização das ideias retratadas por Szabo no final do século passado.

Portanto, em vários aspectos os *smart contracts* não são diferentes de acordos tradicionais escritos, as partes envolvidas devem inicialmente negociar os termos, do acordo até que haja um consenso nos princípios da boa-fé, feito isso uma vez que cheguem nesse equilíbrio, elas registram todo ou parte do consenso em um código de *smart contract* de forma segura sem a presença de intermediários, menos burocrática e custosa.

Adotar essa tecnologia para o campo de comércio exterior não é apenas reduzir a papelada burocrática, mas sim uma transformação na natureza dos acordos de forma que sejam executados de maneira automática e padronizadas, assim que as condições entre as partes estejam satisfeitas nas condições preestabelecidas e pactuadas.

Da mesma maneira que os contêineres de carregamento marítimo aumentaram o comércio global ao padronizar o transporte, os contratos inteligentes poderiam padronizar as formas de trocar e processar os dados do comércio internacional. (KNIGHT, 2017).

Consideravelmente importante dentro desse contexto, deve-se salientar que as organizações se indaguem quanto aos modelos de negócios que podem ser afetados pela *Blockchain* de contratos inteligentes, no objetivo de extrair o melhor desempenho para distintas situações da realidade organizacional, gerando vantagens competitivas para os negócios.

Ethereum

Permitindo a criação, execução e armazenamento de contratos inteligentes de forma automatizada via P2P (*Peer-to-peer*), a plataforma de multiusuário ETHEREUM utiliza da tecnologia *Blockchain* para torna-se uma rede de internet descentralizada onde permite os usuários fazerem transações em um cenário mais seguro livre de censura, fraudes ou interferências de um sistema centralizado. De acordo com Robbins e Coutler (1998), os aspectos de centralização de descentralização de autoridade refere-se aos direitos inerentes à posição de um administrador que se relacionam com dar ordens e esperar que elas sejam cumpridas.”

Neste contexto, a plataforma vem oferecer operações a partir da sua própria moeda o Ether, que tem como razão de existência ser um ativo para recompensar os desenvolvedores que se utilizam da rede *Ethereum*, dando-os autonomia para elaboração e execução de projetos dispostos ao sistema operativo. No entanto, vale ressaltar que para execução ou até mesmo alteração de um programa ou aplicativo vinculados ao *Ethereum* é necessário pagar uma taxa de transação que é calculada automaticamente sobre o poder computacional exigido pela ação e quanto tempo levará para ser executado, caracterizando assim, a moeda Ether como um recurso de suporte digital para realização e conclusão de operações decorrentes desse ciclo.

Com isto, a plataforma *Ethereum* através de sua tecnologia permite aos desenvolvedores (usuários) a implementação e criação de aplicativos descentralizados, podendo também descentralizar qualquer serviço centralizado utilizando a rede, tornando-os não limitados por instituições ou órgãos regulamentadores, mediando-se somente a criatividade dos criadores.

Vantagens e riscos da rede *ETHEREUM*:

Vantagens:

- Descentralização do sistema;
- Rede programável (permite os desenvolvedores a criação de aplicativos descentralizados como serviços financeiros, contratos inteligentes, jogos, entre outros).
- Transparência e eficiência para transações via contratos inteligentes;

Riscos:

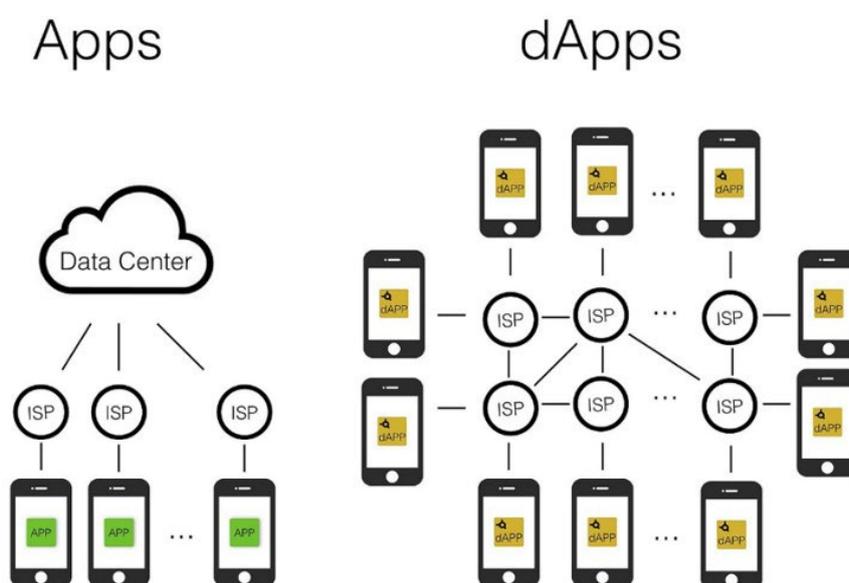
- Falha humana (codificação da rede);
- Invasão de hackers;
- Iteração de usuários (compreensão dos contratos dispostos).

DApPs e Defi

De acordo com Gustavo Bertolucci (2021), os aplicativos descentralizados (*DApPs*) são aplicativos independentes de autoridades centrais. Deste modo, possuem código aberto auditá-

veis e operam de forma autônomas em redes descentralizadas como na plataforma *Ethereum*, onde suas informações ficam armazenadas em um banco de dados público (*Blockchain*) que conecta usuários e provedores de maneira direta sem a necessidade de intermediários, diferenciando-se assim, dos tradicionais Apps que contém seus códigos salvos na nuvem por meio de uma interface.

Figura 4 - Apps x DApps



Fonte: Livecoins (2018).

Nesse sentido os *Dapps* vem oferecer maior acessibilidade, flexibilidade e segurança aos desenvolvedores, podendo conceder transparência e confiança para utilização.

Finanças descentralizadas;

Partindo do conceito de sistemas financeiros descentralizados, a *Defi* (finanças descentralizadas) vem coexistir no mesmo universo da *Bitcoin* que tem como objetivo retificar as tradicionais transações financeiras que por sua vez vem ser geridas por instituições centralizadas como bancos ou até mesmo corretoras de criptomoedas, deste modo, proporcionando um ambiente de negociações de pessoa para pessoa sem a exigência de terceiros.

À vista disso, os aplicativos *Defi* são implementados como contratos inteligentes que tem como lógica/regras a codificação aberta aos usuários que podem vir acessá-los em sua plataforma, podendo ser utilizado por outros contratos inteligentes ou aplicativos mais complexos que constituem o sistema financeiro acessível e transparente diante essas circunstâncias.

Alguns exemplos de *Defis* são plataformas de créditos descentralizadas (*Maker Dao*), e a plataforma de derivativos no *Ethereum* que é utilizada para criar ativos sintéticos, sendo ativos com valor indexado em ações, cotação do ouro e outros tokens na *Blockchain* (*DeFi Synthetix*).

Desenvolvimento de smarts contracts

Para entender o funcionamento dos contratos inteligentes, vamos considerar um cenário regular para qualquer empresa, como o executar do ciclo da folha de pagamento todos os meses para distribuir o salário aos funcionários. Desde séculos, esta tarefa tem sido executada

manualmente, necessitando de profissionais para processar salários, levando em consideração feriados e licenças, computando reduções de impostos, mantendo um livro-razão para registrar essas entradas, fazer cálculos, entre outros fatores. (MEDIUM, 2020).

Nos dias atuais esta tarefa é possível ser automatizada através do desenvolvimento de um contrato inteligente para gerar e processar folhas de pagamento para empresas. Eles funcionam basicamente com base no princípio “if..then”. Um contrato inteligente programado para ser executado a cada 28 dias do mês é criado, onde, contém um código que obriga a empresa a transferir o valor do salário para a conta da pessoa. Da mesma forma, os códigos para cada funcionário estão contidos no contrato inteligente. A lógica de negócios é usada para deduzir valores para feriados, cortes de impostos e outros que estão programados na tecnologia. Assim que o sistema marca o dia 28 de cada mês, o contrato inteligente é acionado automaticamente e o ciclo da folha de pagamento é processado. (MEDIUM, 2020).

Este tipo de aplicação é considerado básico no desenvolvimento de contratos inteligentes, o aplicativo não beneficia apenas o setor financeiro, mas pode ser estendido a qualquer setor, seja ele governamental, de saúde, seguros, e demais áreas. Podem ser utilizados para possivelmente qualquer transação comercial para implementar a negociação de criptomoeda entre clientes, transferência de ativos digitais, gerenciamento de ativos tokenizados, dentre outros no espaço criptográfico. (MEDIUM, 2020).

METODOLOGIA

Segundo Antônio Carlos Gil, a pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em materiais já existentes, sendo utilizado principalmente livros e artigos científicos. A pesquisa documental é parecida com a bibliográfica, mas sua diferença consiste na natureza das fontes utilizadas, nesse tipo de pesquisa pode-se utilizar fontes que ainda não passaram por um tratamento analítico, podendo ser relatórios de empresas, tabelas etc. E por último a pesquisa exploratória que envolve levantamento bibliográfico e entrevistas com pessoas experientes na área e pode assumir a forma de pesquisa bibliográfica e/ou estudo de caso.

O método utilizado nessa pesquisa será a bibliográfica, pois neste trabalho vai ser analisado como o setor de comércio exterior pode se beneficiar das tecnologias 4.0 para importação e exportação. Para tal, a investigação se concretizará por meio de pesquisas bibliográficas a fim de possibilitar o conhecimento das ferramentas tecnológicas para empresas que estejam planejando trilhar esse caminho.

Os resultados obtidos com essa pesquisa serão qualitativos, com a ideia de verificar como essas ferramentas podem auxiliar as empresas na redução do custo operacionais e financeiro, de produção, aumento das vendas e formatação de preço de venda mais competitivo.

CRONOGRAMA

Tabela 2 – Cronograma

ATIVIDADE	MESES				
	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
ENCONTROS COM O ORIENTADOR	x	x	x	x	
PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	x				
ANÁLISE DE DADOS COLETADOS	x	x			
ELABORAÇÃO DA MONOGRAFIA	x	x	x	x	
ENTREGA DA MONOGRAFIA				x	
APRESENTAÇÃO À BANCA					x

Fonte: Elaborado pelo grupo (2021).

REFERÊNCIAS

ALVES, P. H.; LAIGNER, R.; NASSER, R. Desmistificando Blockchain: Conceitos e Aplicações. *Computação e Sociedade*, n. August, p. 1–24, 2018.

AZEVEDO, M. *Transformação Digital na Indústria: Indústria 4.0 e a Rede de Água inteligente no Brasil*, São Paulo, 2017. 177 p.

BADZAR, A. Blockchain for securing sustainable transport contracts and supply chain transparency: An explorative study of blockchain technology in logistics. Department of Service Management and Service Studies, Lund University. 2016.

ETHEREUM. [Home]. [S.l.], 2018. Disponível em: <<https://www.ethereum.org>>. Acesso em: 20 out. 2021.

BERGQUIST, Jonatan H. Blockchain technology and smart contracts: privacy-preserving tools. 2017. 62 l. Master Thesis (Master Programme in Engineering Physics) -- Uppsala University, Uppsala, Sweden, 2017. Disponível em: <<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:uu:diva-323826>>. Acesso em: 20 out. 2021.

BRANDON, D. The Blockchain: the future of business information systems? *International Journal of the Academic Business World*, v. 10, n. 2, p. 33-40, 2016. Brasil, v. 2, nº 2, 2008. Disponível em: <<http://www.direitobrasil.adv.br/>>. Acesso em: 04 out. 2021.

CAMPOS, Emília Malgueiro. *Criptomoedas e Blockchain: O Direito no Mundo Digital*. Lumen Juris: Rio de Janeiro, 2018. 109 pg.

CONWAY, Luke. *Blockchain Explicado*. Investopedia, 2021. Disponível em: <<https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp>>. Acesso em: 19 de set. 2021.

CRIPTO Fácil. *Blockchain pública, privada e híbrida: entenda as diferenças entre elas*. Investing. 2021. Disponível em: <<https://br.investing.com/news/cryptocurrency-news/blockchain-publica-privada-e-hibrida-entenda-as-diferencas-entre-elas-855631>>. Acesso em: 20 set. 2021.

DELOITTE. *Blockchain in the Public Sector: Transforming Government Services through Exponential Technologies*. 2018. Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/in/Documents/>>

public-sector/in-ps blockchain-noexp.pdf>. Acesso em: 04 out. 2021.

DELONG, Sidney. What Is a Contract. 2015. Disponível em: <<https://scholarcommons.sc.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4155&context=sclr>>. Acesso em: 4 out. 2021.

DI GREGORIO, R.; NUSTAD, S. Blockchain Adoption in the Shipping Industry: A study of adoption likelihood and scenario-based opportunities and risks for IT service providers. Master Thesis in International Business, 2017.

DIGITAL Future. Conectividade modelos de transação. Disponível em: <<https://digital.futurecom.com.br/conectividade/voc-conhece-os-modelos-de-redes-de-comercio-de-blockchain>>. Acesso em: 21 ago. 2021.

DIVINO, Sthéfano. Smart contracts: conceitos, limitações, aplicabilidade e desafios. Revista Jurídica Luso-Brasileira, Ano 4 (2018), Nº 6. 2782, 2788,2789, 2791 pgs. Disponível em: <<https://www.cidp.pt/publicacao/revista-juridica-lusobrasileira-ano-4-2018-n6/182>>. Acesso em: 19 out. 2021.

EYAL, I; GÜN SIRER, E. Majority Is Not Enough: Bitcoin Mining Is Vulnerable. Communications of the ACM, v. 61, n. 7, p. 95-102, 2018.

EXAME. As diferenças entre blockchain e DLTs: Conheça as principais distinções entre tecnologias distribuídas de ledger e blockchains. Exame Future of Money, 2020. Disponível em: <<https://exame.com/future-of-money/blockchain-e-dlts/as-diferencas-entre-blockchain-e-dlts/>>. Acesso em: 10 out. 2021.

FAYE, P. S. Use of blockchain technology in agribusiness: transparency and monitoring in agricultural trade. In: International Conference on Management Science and Management Innovation (MSMI), 4., 2017, Wuhan, China. [Proceedings ...]. Wuhan: Wuhan University of Technology (WHUT), 2017.

GANNE, Emmanuelle. Can Blockchain revolutionize international trade?. 2018. Disponível em: <https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/blockchainrev18_e.pdf>. Acesso em: 24 out. 2021.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GRAU, Eros Roberto. Um novo paradigma dos contratos?. 2001. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rfdusp/article/download/67510/70120>>. Acesso em: 13 out. 2021.

GUPTA, Manav. Compliments of IBM: blockchain for dummies. IBM Limited Ed. Hoboken: John Wiley, 2017. p. 19. Disponível em: <http://gunkelweb.com/coms465/texts/ibm_blockchain.pdf>. Acesso em: 10 out. 2021.

IANSTITI, Marco; LAKHANI, Karim R. The truth about blockchain. Harvard Business Review, v. 95, n. 1, p. 118-127, 2017. Disponível em: <<https://hbr.org/2017/01/the-truth-about-blockchain>>. Acesso em: 04 out. 2021.

KÄERCHER, Itarotí. CRIPTOMOEDAS E BLOCKCHAIN: impacto da tecnologia da informação nos negócios e no comércio internacional. 2019. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Direito, Unisinos, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <<http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/9069>>. Acesso em: 08 out. 2021.

KNIGHT, Rob. We don't need Political Solutions for Global Trade: We need Practical Ones. Harvard Business Review, 2017. Disponível em: <<https://hbr.org/2017/03/we-dont-need-political-solutions-for-global-trade-weneed-practical-ones>>. Acesso em: 19 out.2021.

LEVI, Stuart D. An Introduction to Smart Contracts and Their Potential and Inherent Limitations. 2018. Disponível em: <<https://corpgov.law.harvard.edu/2018/05/26/an-introduction-to-smart-contracts-and-their-potential-and-inherent-limitations/>>. Acesso em: 28 out. 2021.

LI, S; SUN, W. A mechanism for resource pricing and fairness in peer-to-peer networks. Electronic Commerce Research, v. 16, n.4, p. 425-451, 2016.

LIPTON, Alex. An Introduction to Smart Contracts and Their Potential and Inherent Limitations. 2018. Disponível em: <<https://corpgov.law.harvard.edu/2018/05/26/an-introduction-to-smart-contracts-and-their-potential-and-inherent-limitations/>>. Acesso em: 24 out. 2021.

LOPES, Diego Nunes. Cláusulas abusivas nos contratos virtuais: as violações do

direito do consumidor na aceitação dos termos de uso de serviço online. Repositório. 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufsm.br/handle/1/12017>>. Acesso em: 20 out. 2021.

LYRA, J. G. M.; MEIRINO, M. J. Bitcoin e blockchain: aplicações além da moeda virtual. 2017. Disponível em: <<https://www.blockchainbrasil.org/wp-content/uploads/2017/11/artigo-Blockchain.pdf>>. Acesso em: 12 ago. 2021.

MARTINO, Pierluigi. Chapter 7: An Introduction to Blockchain, Cryptocurrency and Initial Coin Offerings. 2019. Disponível em: <https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/9789811202766_0007>. Acesso em: 24 out. 2021.

MEDIUM. Tutorial de desenvolvimento de contrato inteligente para iniciantes. Medium, 2020. Disponível em: <https://medium.com/@blockchain_simplified/smart-contract-development-tutorial-for-beginners-540c2e8e7afa>. Acesso em: 16 de out. de 2021.

MCDANIEL, Christine A.; NORBERG, Hanna C. Can Blockchain Technology Facilitate International Trade? Ssrn Electronic Journal, [s.l.], p. 1-23, 25 abr. 2019. Elsevier BV. Disponível em: <https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3377708>. Acesso em: 08 out. 2021.

MIRANDA, Maria Bernadete. Teoria Geral dos Contratos. Revista Virtual Direito

MORKUNAS, V.; PASCHEN, J.; BOON, E. How blockchain technologies impact your business model. Business Horizons, 01 fev. 2019.

NAKAMOTO, S. Bitcoin: A peer-to-Peer Electronic Cash System. 2008. Disponível em: <<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2021.

NALIN, Paulo. Do Contrato. Curitiba: Juruá, 2005. 255 p.

NIXON, Riley. How is technology affecting the growth of international business. 2021. Disponível em: <<https://realbusiness.co.uk/technology-affecting-growth-international-business>>. Acesso em: 28 out. 2021.

RIBEIRO, Sérgio Luis. Tecnologia Blockchain: aplicações e iniciativas. Campinas: Rio de Janeiro: Forense. São Paulo: Método, 2016.

ROBBINS, S. e COULTER, M. Administração, Prentice Hall do Brasil, 5 ed. 1998. 213 p.

ROSSI, Luiza Shchramm. Blockchain e o comércio internacional. 2020. Disponível em: <<https://>

repositorio.uces.br/xmlui/bitstream/handle/11338/8652/TCC%20Luiza%20Schramm%20Rossi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 19 set. 2021.

SALESFORCE, Trailhead. Blockchain basics. 2021. Disponível em: <<https://trailhead.salesforce.com/pt-BR/content/learn/modules/blockchain-basics/blockchain-network-types>>. Acesso em: 21 set. 2021.

SHARMA, Toshendra Kumar. Types of blockchains explained- public vs. Private vs. Consortium. Blockchain Council, 2021. Disponível em: <<http://www.blockchain-council.org/blockchain/types-of-blockchains-explained-public-vs-private-vs-consortium/#:~:text=The%20major%20difference%20between%20the,single%20authority%20maintains%20the%20network>>. Acesso em: 21 set. 2021.

SIBA, T.K.; PRAKASH, A. Block-Chain: An Evolving Technology. Global Journal of Enterprise Information System, v. 8, n. 4, p. 29-35, 2016.

SZABO, Nick. Formalizing and Securing Relationships on Public Networks. Firstmondey, v. 2, n. 9 – 1, set. 1997. Disponível em: <<https://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/548/469>>. Acesso em: 19 out. 2021.

TAPSCOTT, Don; TAPSCOTT, Alex. Blockchain Revolution: como a tecnologia por trás do Bitcoin está mudando o dinheiro, os negócios e o mundo. São Paulo: Senai-SP, 2016.

TARTUCE, Flávio. Manual de direito civil: volume único. 6. ed. rev. atual., e ampl. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande.

VENOSA, Silvio de Salvo. Direito Civil Contratos em Espécie – 13ª Ed. – São Paulo: Atlas, 2013, p. 24 e 25.

WORKIE, H.; JAIN, K. Distributed ledger technology: Implications of blockchain for the securities industry. Journal of Securities Operations & Custody, v. 9, n. 4, p. 347-355, 2017.

WORLD Trade Organization. World Trade Report 2018: The future of world trade: How digital technologies are transforming global commerce. 2018. Disponível em: <https://www.wto.org/english/res_e/publications_e/wtr18_e.htm>. Acesso em: 24 out. 2021.

Sistema de Tratamento Wetland Construído: Análise de efluente doméstico proveniente dos banheiros da Estação Cidade Jardim de Trem após tratamento em sistema Wetland francês

Guilherme Mileo Garcia Festa

Graduado em Engenharia Civil e Ciências Biológicas

DOI: 10.47573/aya.5379.2.84.4

RESUMO

Este trabalho demonstra o desempenho de um sistema de wetland francês, implantado na estação de trem Cidade Jardim. O sistema em questão é composto por 5 tanques (leitos filtrantes), dispostos em 3 tanques de primeiro estágio com fluxo vertical (VF) e 2 tanques de segundo estágio também com fluxo vertical (VF). A eficiência na redução dos índices DBO foram de aproximadamente 94,91% do efluente bruto de entrada para o efluente de saída. Após o processo de passagem pelos leitos filtrantes, o sistema também possui um pós-tratamento composto por um ozonizador (30g/h) e um filtro de resíduos sólidos(3000l/h). Foram realizadas duas coletas de efluente e o sistema se mostrou mais eficiente na segunda coletas, realizada após 7 meses da implantação.

Palavras-chave: Wetland francês. fluxo vertical. pós-tratamento. leitos filtrantes.

ABSTRACT

This work demonstrates the performance of a French wetland system, deployed at the Cidade Jardim train station. The system in question is composed of 5 tanks (filter beds), arranged in 3 first stage tanks with vertical flow (VF) and 2 second stage tanks also with vertical flow (VF). The efficiency in reducing the BOD indices was approximately 94,91% of the raw inlet effluent to the outlet effluent. After passing through the filter beds, the system also has a post-treatment consisting of an ozone generator (30g/h) and a solid waste filter (3000l/h). Two effluent samples were analyzed, and the system proved to be more efficient in the second sample, analyzed 7 months after implantation.

Keywords: French wetland. vertical flow. after-treatment. filter beds.

INTRODUÇÃO

A escassez hídrica é uma problemática de diversas regiões brasileiras, no Brasil possuímos grandes reservas de água, mas ainda assim são insuficientes para satisfazer demandas elevadas de consumo (HESPANHOL, 2002). A água de reuso dentro dos padrões específicos definidos pela norma brasileira 13.969(ABNT,1997) possibilita que a água potável seja destinada para fins essenciais, e a água de reuso seja utilizada para outros fins, como irrigação, limpeza urbana, águas de descarga e até manutenções prediais condizentes. (PINTO et al., 2014). A água de reuso muitas vezes é descrita como um recurso hídrico com a possibilidade de reutilização por uma ou mais vezes, em alguma atividade que supra as atividades humanas. (LAVRADOR FILHO, 1987).

A água de reuso é um produto de um recurso hídrico já utilizado pelos seres vivos, obtido após algum tipo específico de tratamento. (BARROS,2015). Dentre os processos de tratamento, temos diversas técnicas, como, estações de tratamento de esgoto (ETE), etapas de tratamento de água de reuso (ETAR), sistemas baseados na natureza (SBN). Diversas tecnologias alternativas, como Wetland construído, sistema amplamente consolidado em países do ocidente, vem sendo estudados em território brasileiro, estes apresentam grande potenciais de remoção das

características de um efluente bruto, e o enquadrando na categoria de água de reuso.

Tratamentos de refinamento da água de reuso, como a adsorção em carvão ativado, a oxidação com ozônio e dióxido de cloro são as principais tecnologias no que se refere ao refinamento das águas residuárias para reuso (MANCUSO; SANTOS, 2013; HESPANHOL, 2008)

A estação cidade jardim de trem, no ano de 2021 passou por um processo de revitalização, financiada pela iniciativa privadas, dentre todas as alterações uma delas foi o projeto de tratamento de efluentes domésticos, proveniente dos sanitários da estação.

Diariamente 170 mil passageiros transitam dentro das dependências da estação cidade jardim, produzindo cerca de 10 mil litros de efluentes diários.

No cenário brasileiro de consumo de água per capita, para realização de higiene pessoal, temos relatórios que apontam um consumo de 110 l/dia podendo chegar em até 200 l/dia . Porém como a estação de trem é um local de passagem de pessoas, as quais não desempenham todas as atividades de higiene, é considerado um consumo de aproximadamente 20 litros per capita, e considerando que nem todos os passageiros utilizam os banheiros da estação.

O consumo real de água em todas as dependências da estação, foi levantado com a implantação de um hidrômetro analógico, instalado diretamente na caixa de passagem final, a qual era ligada na rede de coleta da SABESP-SP.

O projeto de implantação do sistema de wetland construído foi dimensionado para tratar um volume de 10m³/dia, levando em consideração que os resultados obtidos da leitura do hidrômetro analógico (Figura 1) foram de aproximados 9M³/dia, valores obtidos de uma média mensal por um período de 4 meses.

Figura 1- Hidrômetro analógico 100mm marca Hidrometer



Fonte: Arquivo pessoal.

O sistema de wetland construído implantado na estação é composto por 5 tanques de vertical, e foram baseados na metodologia de construção de wetland francês. Os tanques possuem plantas macrófitas emergentes plantadas, sendo elas as espécies: *Heliconia pssitacorum*, *Canna indica*, *Hedychium coronarium*, *Cyperus papyrus*, *Colocasia esculenta*, *Pontederia cordata* (Figura 2).

Figura 2 - Plantas Macrófitas emergentes plantadas no tanque de estágio 2.



Fonte: Arquivo pessoal

O intuito da implantação deste sistema foi o abastecimento do sistema de irrigação dos jardins verticais naturais (Figura 3) e paisagismo horizontal com água de reuso dentro dos parâmetros da norma 13.969(ABNT,1997).

Foi implantado como sistema de pós-tratamento do efluente, após a saída do sistema de wetland construído, um sistema de ozonização que produz 30g/h, o qual desempenha processos oxidativos no efluente pós-tratamento. Também foi implantado um filtro de resíduos sólidos com vazão de 3000 l/h, que possui 12 camadas de filtragem, incluído duas camadas de carvão ativado.

Figura 3 - Jardins verticais abastecidos com água de reuso



Fonte: Arquivo pessoal

METODOLOGIA

A metodologia adotada neste trabalho, foi a contratação de um laboratório com certificação (ISO/IEC 17025), para a realização das análises do efluente bruto proveniente dos sanitários da Estação de Trem Cidade Jardim e a análise do mesmo efluente após a passagem pelo sistema de wetland construído.

Foram realizadas 4 coletas, sendo duas coletadas na data de 06/08/2021 e as outras

duas realizadas em 15/03/2022.

As coletas foram divididas em esgoto bruto e esgoto pós-tratamento, os pontos de coleta foram definidos previamente, e nos locais de entrada e saída do efluente.

O tempo de análise dos resultados em todos os testes foi de 28 dias, e os parâmetros analisados foram: PH, Fósforo total, Alcalinidade, DBO Solúvel, DQO Solúvel, Nitrogênio Amiacal Total, Nitrogênio Kjeldahl Total, Nitrogênio Nitrato Total, Nitrogênio Nitrito Total, Nitrogênio Total, Óleos e Graxas, Sólidos Sedimentáveis, Sólidos Suspensos Totais, Sólidos Suspensos Voláteis, Sólidos Voláteis e Fenol Total.

RESULTADOS

Os resultados obtidos foram entregues pelo laboratório contratado, por meio de laudos, e apresentam todas as análises físico-químicas. A amostra 1 se refere a coleta realizada em 06/08/2021 e a amostra 2 realizada em 15/03/2022. Ambas coletas foram feitas antes do efluente ser tratado e após o tratamento via wetland.

Tabela 1- Resultados de PH antes do tratamento e pós-tratamento.

ANO	AMOSTRA	PH PRÉ-TRATAMENTO	PH PÓS-TRATAMENTO
2021	1	8,99± 0,037 UpH	7,750 ± 0,037 UpH
2022	2	8,180 ± 0,037 UpH	7,430 ± 0,037 UpH

(DIGIMED,2021/22)

Tabela 2 - Resultados de DBO antes do tratamento e pós-tratamento.

ANO	AMOSTRA	DBO (Mg/l) PRÉ-TRATAMENTO	DBO (Mg/l) PÓS-TRATAMENTO	REMOÇÃO DE DBO(%)
2021	1	232,8 ± 6,8	34,83 ± 0,98 mg/L	84,89%
2022	2	195,7 ± 9,0 mg/L	9,96 ± 0,98 mg/L	94,91%

(DIGIMED,2021/22)

TABELA 3 - Resultados de DQO antes do tratamento e pós-tratamento.

ANO	AMOSTRA	DQO (Mg/l) PRÉ-TRATAMENTO	DQO (Mg/l) PÓS-TRATAMENTO	REMOÇÃO DE DQO(%)
2021	1	474,2 ± 8,6	83,89 ± 8,6	82,3%
2022	2	378,7 ± 6,8 mg/L	<LQ*	>86%

*LQ=Limite de Quantificação (DIGIMED,2021/22)

Tabela 4 - Resultados de Fósforo total antes do tratamento e pós-tratamento.

ANO	AMOS-TRA	Fósforo total (Mg/l) PRÉ-TRATAMENTO	Fósforo total (Mg/l) PÓS-TRATAMENTO	REMOÇÃO DE Fósforo total(%)
2021	1	14,76 ± 0,23 mg/L	2,39 ± 0,0053mg/L	83,8%
2022	2	5,566 ± 0,078 mg/L	0,3759 ± 0,0053mg/L	93,2%

(DIGIMED,2021/22)

Tabela 5 - Resultados de Sólidos Suspensos Totais (SST) antes do tratamento e pós-tratamento.

ANO	AMOSTRA	SST (Mg/l) PRÉ-TRATAMENTO	SST (Mg/l) PÓS-TRATAMENTO	REMOÇÃO DE SST(%)
2021	1	176,0 ± 5,3mg/L	23,5 ± 5,3mg/L	76,4%
2022	2	155,4 ± 14 mg/L	15,7 ± 6,2 mg/L	84,2%

(DIGIMED,2021/22)

Tabela 6 - Resultados de Nitrogênio total antes do tratamento e pós-tratamento.

ANO	AMOSTRA	Nitrogênio total (Mg/l) PRÉ-TRATAMENTO	Nitrogênio total (Mg/l) PÓS-TRATAMENTO	REMOÇÃO DE Nitrogênio total (%)
2021	1	298,0 ± 23	38,3 ± 5,3mg/L	87,2%
2022	2	178,0 ± 14 mg/L	22,1 ± 1,8 mg/L	87,9%

(DIGIMED,2021/22)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante os resultados obtidos, é possível observar grandes reduções nos parâmetros iniciais do efluente bruto provindo dos sanitários. Foi verificada porcentagens de até 94,91% de redução do parâmetro de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), indicativo de boa eficiência no tratamento do efluente.

As reduções dos parâmetros de Nitrogênio total e Fósforo total se mostraram mais eficientes na segunda coleta, e a possibilidade de tal ocorrência pode ser devido ao melhor desenvolvimento das macrófitas emergentes plantadas nos leitos filtrantes, as quais proporcionaram melhor absorção de tais nutrientes.

O resultado obtido em sólidos suspensos totais (SST) apresenta grande margem de erro a ser considerada, devido as técnicas de análise do laboratório, logo não é possível definir com esta grande margem a eficiência por completo, sendo sugerido a utilização do teste Imhoff, o qual apresenta melhor eficiência nos resultados e pode ser executado com maior frequência.

A NBR13.969 de 1997 classifica as possíveis utilizações de águas de reuso, dentro das seguintes classes.

Classe 1 – Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes:

Classe 2 – Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes:

Classe 3 – Reuso nas descargas dos vasos sanitários:

Classe 4 – Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos.

REFERÊNCIAS

HESPANHOL, I. (2002) Potencial de Reuso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 4, p. 75-95.

HESPANHOL, I. (2008) Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, p. 131-158.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação : NBR 13969. Rio de Janeiro, Set. 1997. 58p

PINTO, G. M. F. *et al.* Estudo do descarte residencial de medicamentos vencidos na região de Paulínia (SP), Brasil. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, v.19, n.3, p. 219-224, 2014.

LAVRADOR FILHO, J. (1987) Contribuição para o entendimento do reuso planejado de água e algumas considerações sobre a suas possibilidades no Brasil Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

BARROS, H.M.M.; VERIATO, M.K.L.; SOUZA, L.P.; CHICÓ, L.R.; BAROSI, K.X.L. (2015) Reuso de água na agricultura. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 10, n. 5, p. 11-16.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS H.F. (2013) Reuso de Água Barueri: Manole

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaios e calibração. 2. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2005. 31 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaios e calibração. 3. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 2017. 32 p.

Estudo comparativo de orçamentos de um empreendimento público na cidade de Alta Floresta D'Oeste/RO

Comparative study of budgets of a public enterprise in the city of Alta Floresta D'Oeste/RO

Sandro Waters Prado Nunes Menacho

(Centro Universitário São Lucas)

Airton Durand Miranda

(Centro Universitário São Lucas)

Igor Sales Alencar

(Centro Universitário São Lucas)

Nickson Gutierrez Nascimento

(Centro Universitário São Lucas)

Marlon John Lopes Correia

(Centro Universitário São Lucas)

Benício de Moraes Lacerda

(UNESC)

Alex Gomes Pereira

(Centro Universitário São Lucas)

DOI: 10.47573/aya.5379.2.84.5

RESUMO

O trabalho faz um estudo comparativo entre os insumos praticados no mercado da cidade de Porto Velho, capital de Rondônia (RO) e os principais insumos da composição oriunda do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices (SINAPI Mês de referência), de um orçamento elaborado pelo Departamento Estadual de Trânsito (DETRAN), da licitação modalidade concorrência pública nº 001/2021, empreendimento este que se trata da construção da Sede da Circunscrição Regional de Trânsito (CIRETRAN), pista de testes de direção e pátio de veículos em Alta Floresta D'Oeste/RO, objetivando avaliar se a tabela de referência de preço disponibilizada pela Caixa Econômica Federal acompanhou o encarecimento dos materiais da construção civil. Aumento este que começou a se iniciar no final do segundo semestre de 2020 por conta do período de pandemia da Covid-19 pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2). O estudo foi realizado no final do segundo semestre de 2021 e foram analisadas as composições de preço da tabela SINAPI de setembro de 2021 em comparação aos insumos praticados no mercado de Porto Velho/RO, no mesmo período. Os resultados mostram que três dos itens estudados, tiveram variações significativas no preço de mercado em relação à SINAPI.

Palavras-chave: orçamento. composições. obras públicas. empreendimento. SINAPI.

ABSTRACT

The work makes a comparative study between the inputs practiced in the market of the city of Porto Velho, capital of Rondônia (RO) and the main inputs of the composition coming from the National System of Research of Costs and Indexes (SINAPI Month of reference), of a budget prepared by the State Department of Traffic (DETRAN), of the public bidding modality No. 001/2021, this undertaking is about the construction of the Headquarters of the Regional Traffic Circuit (CIRETRAN), driving test track and vehicle yard in Alta Floresta D'Oeste/RO, in order to assess whether the price reference table provided by Caixa Econômica Federal followed the rise in civil construction materials. This increase began at the end of the second half of 2020 due to the Covid-19 pandemic period caused by the new coronavirus (SARS-CoV-2). The study was carried out at the end of the second half of 2021 and the price compositions of the SINAPI table of September 2021 were analyzed in comparison to the inputs practiced in the Porto Velho/RO market in the same period. The results show that three of the items studied had significant variations in the market price in relation to SINAPI.

Keywords: budget. compositions. public works. enterprise. SINAPI.

INTRODUÇÃO

Para Zdanowicz (1984), um orçamento é caracterizado como uma ferramenta que tem como finalidade orientar o processo de tomada de decisões econômicas de uma empresa. González (2008) explica que um orçamento é uma estimativa do custo ou do preço de uma obra, sendo o custo total da obra correspondente à soma de todos os gastos necessários para sua execução.

Neste mesmo contexto, Souza (1980) explica que a elaboração do orçamento de uma

construção pressupõe a coleta de dados que devem com maior precisão, confirmar a análise preliminar da variabilidade do empreendimento. O orçamento de uma obra, portanto, parte de uma análise estática de todos os elementos que deverão influenciar o custo da construção e visa estabelecer seu valor provável como se fosse integralmente executada sob condições em que se baseou aquela análise.

Deste modo, ao realizar um orçamento de uma obra civil, o orçamentista na maioria das vezes faz a utilização de tabelas (composição de custos unitários) de referência de preço. Uma das mais utilizadas é o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), tabela essa que é disponibilizada para cada unidade da federação.

Orçar empreendimento requer atenção, uso de ferramentas, técnicas e experiência do orçamentista. O orçamento eficiente é fator primordial para o sucesso do construtor, a inobservância pode acarretar frustrações, má qualidade do serviço, problemas com cumprimentos de prazos e até comprometer a conclusão da obra. Mesmo não sendo um valor exato, o orçamento deve ser o mais próximo possível da realidade, conforme assegura Mattos (2014).

O trabalho tem como objetivo principal avaliar as alterações dos custos de uma obra de um processo licitatório da modalidade de concorrência pública de construção civil, utilizando o comparativo entre os insumos das composições unitárias oriundas do SINAPI, e os custos reais dos insumos praticados no mercado de Porto Velho, capital do estado de Rondônia (RO).

JUSTIFICATIVA

Diante do período de pandemia, um aspecto muito importante que se observa dentro da indústria da construção civil, é o aumento dos preços dos materiais básicos de obra. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Índice Nacional da Construção Civil (SINAPI), apresentou variação de 1,94% em dezembro de 2020, superando em 0,12% a taxa de novembro, que tinha sido de 1,82%. No acumulado anual, o índice acumulou alta de 10,16%, o que significa 6,13% em relação a 2019, o qual registrou 4,03%, fechando o ano com a maior taxa da série com desoneração desde de 2013.

Também foram observadas variações significativas nas parcelas dos materiais e parcela da mão de obra. A parcela dos materiais apresentou em dezembro a maior variação mensal de 2020 (3,39%), aumento de 0,24% em relação ao mês de novembro (3,15%) e 3,52% em comparação a dezembro de 2019 (-0,13%). Já a parcela da mão de obra foi registrada taxa de 0,18% em dezembro, caindo 0,07% em comparação ao mês de novembro, o qual apresentou uma variação de 0,25% e 0,41% em relação à taxa de dezembro de 2019 (0,59%). Em geral, houve um acumulado no ano de 2020 de 17,28% para os materiais, enquanto em 2019, a parcela dos materiais fechou em 4,54%.

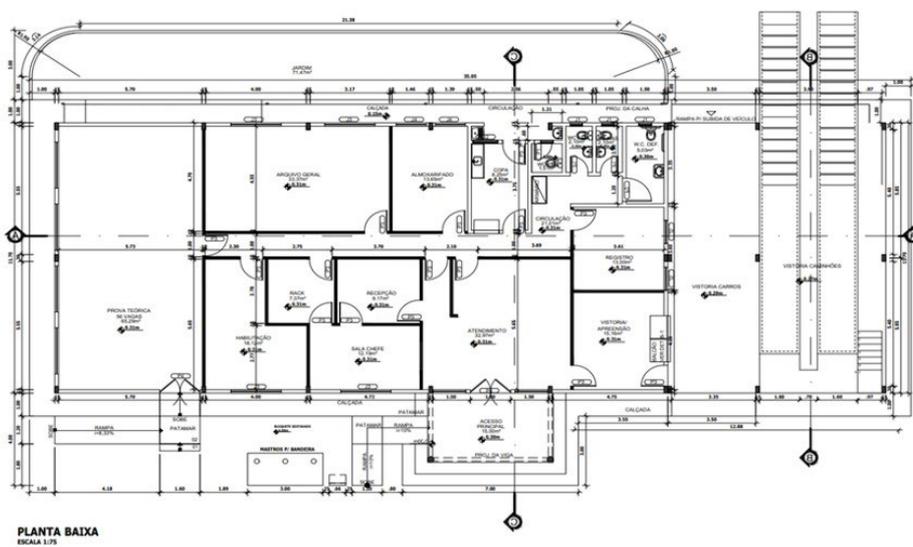
Diante desse cenário, é importante verificar a confiabilidade do SINAPI quando se trata de valores de mercado regionais. Para isto, este estudo consiste no comparativo de dois orçamentos, um sendo realizado por meio dos preços do SINAPI e outro com os custos praticados no mercado de Porto Velho/RO, de um empreendimento do departamento estadual de trânsito.

METODOLOGIA

Características do empreendimento

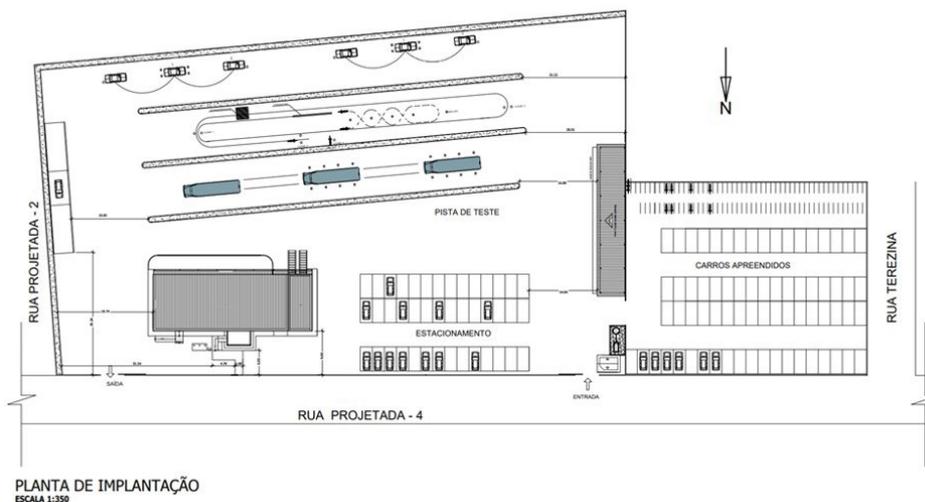
O empreendimento em estudo, chamado Construção da Sede da Circunscrição Regional de Trânsito (CIRETRAN), Pista de Testes de Direção e Pátio de Veículos, com área total de 10.413,63 m², localizada no lote urbano nº 01, quadra 60, setor 05; localizado à rua Terezina esquina com a rua Projetada 04; na cidade de Alta Floresta D'Oeste/RO, esta licitação encontra-se formalizada e autorizada por meio do Processo Administrativo 0010.333808/2021-94, atendendo a solicitação do Departamento Estadual de Trânsito (DETRAN) do estado de RO, conforme os memoriais descritivos e de cálculo, projetos, orçamentos e cronogramas de execução, do processo. Na Figura 1 e Figura 2 são apresentadas as plantas do empreendimento em estudo.

Figura 1 - Projeto arquitetônico do empreendimento



Fonte: Autores (2022).

Figura 2 - Projeto de implantação do empreendimento



Fonte: Autores (2022).

Programas computacionais de auxílio

Para elaboração das planilhas orçamentárias foram utilizados o Microsoft Excel. Também foram empregados os softwares AutoCAD® e Revit® Architecture como ferramentas para manuseio dos projetos arquitetônicos e contabilização de quantitativos.

Obtenção dos dados

Para atingir os objetivos propostos neste trabalho, foram adotados para estudo os seguintes itens da planilha do processo licitatório:

- Pavimentação

Item (4.1.8) - Execução de pavimento em piso intertravado, com bloco sextavado de 25 x 25 cm, espessura 6 cm. af_12/2015.

- Instalações do Canteiro de Obras

Item (2.10) - Tapume com telha metálica. af_05/2018.

- Alvenaria de Vedação

Item (9.3.2) - Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x-19cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida maior ou igual a 6m² sem vãos e argamassa de assentamento com preparo manual. af_06/2014.

- Drenagem Pluvial

Item (5.1.14) - Tubo de concreto para redes coletoras de águas pluviais, diâmetro de 800 mm, junta rígida, instalado em local com baixo nível de interferências - fornecimento e assentamento. af_12/2015.

- Pintura

Item (9.6.3) - Aplicação manual de pintura com tinta látex acrílico em paredes, duas demãos. af_06/2014.

- Instalações Elétricas

Item (15.2.3) - Cabo de cobre flexível isolado, 10 mm², antichama 0,6/1,0 Kv, para distribuição - fornecimento e instalação. af_12/2015.

- Revestimento de Piso

Item (10.11.5) - Revestimento cerâmico para piso com placas tipo porcelanato de dimensões 60x60 cm aplicada em ambientes de área maior que 10 m². af_06/2014.

- Revestimento de Parede

Item (10.10.3) - Massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicada manualmente em faces internas de paredes, espessura de 20mm, com execução de taliscas. af_06/2014.

- Forro

Item (10.9.1) - Forro em régulas de PVC, frisado, para ambientes comerciais, inclusive estrutura de fixação. af_05/2017_p.

Os nove itens acima, foram escolhidos por meio da análise da Curva ABC, princípio de Pareto elaborada pelos autores que retiraram o Benefícios e despesas indiretas (BDI) de toda a planilha orçamentária, elaborada pelo DETRAN, e atualizado a referência SINAPI que estava no mês de junho de 2021, para o mês de setembro de 2021. Onde foi retirada por meio da seleção dos itens A, que correspondem a aproximadamente 80% do valor global da planilha, salientando os itens mais comuns em uma construção civil. Os nove itens escolhidos são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Tabela de peso, classificação e seleção de itens

Item	Serviços	Quant.	P. Unit.	P. Total	% Ind.	% Acum.	Classificação
4.1.8	Execução de pavimento em piso intertravado, com bloco sextavado de 25 x 25 cm, espessura 6 cm. af_12/2015	8.649,24	61,06	528.122,59	13,29%	13,29%	A
2.10	Tapume com telha metálica. af_05/2018	1.036,02	77,61	80.405,51	2,02%	37,94%	A
9.3.2	Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida maior ou igual a 6m ² sem vãos e argamassa de assentamento com preparo manual. af_06/2014	891,74	62,44	55.680,25	1,40%	40,99%	A
5.1.14	Tubo de concreto para redes coletoras de águas pluviais, diâmetro de 800 mm, junta rígida, instalado em local com baixo nível de interferências - fornecimento e assentamento. af_12/2015	123,34	324,55	40.030,00	1,01%	49,06%	A
5.2.4	Execução de sarjeta de concreto usinado, moldada in loco em trecho reto, 45 cm base x 10 cm altura. af_06/2016	774,60	48,33	37.436,42	0,94%	50,99%	A
9.6.3	Aplicação manual de pintura com tinta látex acrílico em paredes, duas demãos. af_06/2014	2.585,37	13,58	35.109,32	0,88%	54,60%	A
10.9.1	Forro em régulas de PVC, frisado, para ambientes comerciais, inclusive estrutura de fixação. af_05/2017_p	363,44	66,07	24.012,48	0,60%	55,20%	A
15.2.3	Cabo de cobre flexível isolado, 10 mm ² , antichama 0,6/1,0 Kv, para distribuição - fornecimento e instalação. af_12/2015	2.618,00	12,39	32.437,02	0,82%	56,88%	A
10.11.5	Revestimento cerâmico para piso com placas tipo porcelanato de dimensões 60x60 cm aplicada em ambientes de área maior que 10 m ² . af_06/2014	239,76	132,37	31.737,03	0,80%	58,48%	A

10.10.3	Massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicada manualmente em faces internas de paredes, espessura de 20mm, com execução de taliscas. af_06/2014	955,69	30,79	29.425,70	0,74%	60,76%	A
---------	---	--------	-------	-----------	-------	--------	---

Fonte: Autores (2022).

Cada item de estudo teve sua composição destrinchada por meio do catálogo de composições do SINAPI de referência setembro de 2021, sendo destacado o principal insumo da composição do serviço como a cor verde nas Tabela 2 a 10.

Tabela 2 - Composição analítica de serviço de pavimentação

Item	SINAPI	Descrição	Unid.	Coef.	Custo (R\$)	Total (R\$)
01.02		Execução de pavimento em piso intertravado, com bloco sextavado de 25 x 25 cm, espessura 6 cm. af_12/2015.	m²			R\$ 63,38
I	370	Areia média - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte).	m ³	0,0568000	85,00	4,83
I	711	Bloquete/piso intertravado de concreto - modelo sextavado / hexagonal, 25 cm x 25 cm, e = 6 cm, resistência de 35 MPa (NBR 9781), cor natural.	m ²	1,0174000	51,82	52,72
I	4741	Pó de pedra (posto pedreira/fornecedor, sem frete).	m ³	0,0064000	125,35	0,80
C	88260	Calceteiro com encargos complementares.	H	0,1259000	19,95	2,51
C	88316	Servente com encargos complementares.	H	0,1259000	16,68	2,10
C	91277	Placa vibratória reversível com motor 4 tempos a gasolina, força centrífuga de 25 KN (2500 kgf), potência 5,5 cv - CHP diurno. Af_08/2015.	CHP	0,0041000	9,88	0,04
C	91278	Placa vibratória reversível com motor 4 tempos a gasolina, força centrífuga de 25 KN (2500 kgf), potência 5,5 cv - chi diurno. Af_08/2015.	CHI	0,0589000	0,54	0,03
C	91283	Cortadora de piso com motor 4 tempos a gasolina, potência de 13 hp, com disco de corte diamantado segmentado para concreto, diâmetro de 350 mm, furo de 1" (14 x 1") - CHP diurno. Af_08/2015.	CHP	0,0135000	22,83	0,31
C	91285	Cortadora de piso com motor 4 tempos a gasolina, potência de 13 hp, com disco de corte diamantado segmentado para concreto, diâmetro de 350 mm, furo de 1" (14 x 1") - chi diurno. Af_08/2015.	CHI	0,0495000	0,90	0,04
					Custo (mão de obra)	5,03
					Custo (material)	58,35
					Preço Total	63,38

Fonte: Autores (2022).

Tabela 3 - Composição analítica de serviço de instalações de canteiro de obras

Item	SINAPI	Descrição	Unid.	Coef.	Custo (R\$)	Total (R\$)
02.02		Tapume com telha metálica. af_05/2018.	m²			R\$ 85,54
I	3992	Tabua aparelhada *2,5 x 30* cm, em maçaranduba, angelim ou equivalente da região.	m	1,0000000	16,24	16,24
I	4433	Caibro não aparelhado *7,5 x 7,5* cm, em maçaranduba, angelim ou equivalente da região - bruta.	m	1,2273000	13,68	16,79
I	5061	Prego de aço polido com cabeça 18 x 27 (2 1/2 x 10).	kg	0,0428000	17,09	0,73
I	7243	Telha trapezoidal em aço zincado, sem pintura, altura de aproximadamente 40 mm, espessura de 0,50 mm e largura útil de 980 mm.	m ²	0,5853000	61,91	36,24
C	88239	Ajudante de carpinteiro com encargos complementares.	H	0,1897000	16,75	3,18
C	88262	Carpinteiro de formas com encargos complementares.	H	0,5691000	19,88	11,31
C	91692	Serra circular de bancada com motor elétrico potência de 5hp, com coifa para disco 10" - CHP diurno. Af_08/2015	CHP	0,0044000	24,20	0,11
C	91693	Serra circular de bancada com motor elétrico potência de 5hp, com coifa para disco 10" - chi diurno. Af_08/2015	CHI	0,0191000	21,64	0,41
C	94974	Concreto magro para lastro, traço 1:4,5:4,5 (em massa seca de cimento/ areia média/ brita 1) - preparo manual. Af_05/2021	m ³	0,0012000	438,35	0,53
					Custo (Mão de Obra)	15,54
					Custo Material)	70,00
					Preço Total	85,54

Fonte: Autores (2022).

Tabela 4 - Composição analítica de serviço de alvenaria de vedação

Item	SINAPI	Descrição	Unid.	Coef.	Custo (R\$)	Total (R\$)
03.02		Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida maior ou igual a 6m² sem vãos e argamassa de assentamento com preparo manual. Af_06/2014	m²			R\$ 62,73
I	7266	Bloco cerâmico vazado para alvenaria de vedação, de 9 x 19 x 19 cm (l x a x c).	mil	0,0279300	610,71	17,06
I	34557	Tela de aço soldada galvanizada/zincada para alvenaria, fio d = *1,20 a 1,70* mm, malha 15 x 15 mm, (c x l) *50 x 7,5* cm.	m	0,4200000	2,95	1,24
I	37395	Pino de aço com furo, haste = 27 mm (ação direta).	Cento	0,0050000	40,03	0,20
C	87369	Argamassa traço 1:2:8 (em volume de cimento, cal e areia média úmida) para emboço/massa única/assentamento de alvenaria de vedação, preparo manual. Af_08/2019	m ³	0,0098000	592,42	5,81
C	88309	Pedreiro com encargos complementares.	H	1,3700000	19,70	26,99
C	88316	Servente com encargos complementares.	H	0,6850000	16,68	11,43
					Custo (mão de obra)	38,42
					Custo (material)	24,31
					Preço Total	62,73

Fonte: Autores (2022).

Tabela 5 - Composição analítica de serviço de drenagem pluvial

ITEM	SINAPI	Descrição	Unid.	Coef.	Custo (R\$)	Total (R\$)
04.02		Tubo de concreto para redes coletoras de águas pluviais, diâmetro de 800 mm, junta rígida, instalado em local com baixo nível de interferências - fornecimento e assentamento. Af_12/2015	m ²			R\$ 341,67
C	5631	Escavadeira hidráulica sobre esteiras, caçamba 0,80 m ³ , peso operacional 17 t, potência bruta 111 HP – CHP diurno. Af_06/2014	CHP	0,1360000	155,20	21,11
C	5632	Escavadeira hidráulica sobre esteiras, caçamba 0,80 m ³ , peso operacional 17 t, potência bruta 111 hp - chi diurno. Af_06/2014	CHI	0,2870000	59,03	16,94
I	7750	Tubo de concreto armado para águas pluviais, classe pa-1, com encaixe ponta e bolsa, diâmetro nominal de 800 mm.	m	1,0300000	252,90	260,49
C	88246	Assentador de tubos com encargos complementares.	H	0,6400000	22,12	14,16
C	88316	Servente com encargos complementares.	H	1,2800000	16,68	21,35
C	88629	Argamassa traço 1:3 (em volume de cimento e areia média úmida), preparo manual. Af_08/2019.	m ³	0,0120000	634,74	7,62
Custo (mão de obra):						73,56
Custo (material):						268,11
Preço Total:						341,67

Fonte: Autores (2022).

Tabela 6 - Composição analítica de serviço de pintura

Item	SINAPI	Descrição	Unid.	Coef.	Custo (R\$)	Total (R\$)
05.02		Aplicação manual de pintura com tinta látex acrílico em paredes, duas demãos. af_06/2014	m ²			R\$ 13,57
I	7356	Tinta Acrílica Premium, Cor Branco Fosco.	L	0,3300000	25,90	8,55
C	88310	Pintor Com Encargos Complementares.	H	0,1870000	20,71	3,87
C	88316	Servente Com Encargos Complementares.	H	0,0690000	16,68	1,15
Custo (mão de obra):						5,02
Custo (material):						8,55
Preço Total:						13,57

Fonte: Autores (2022).

Tabela 7 - Composição analítica de serviço de instalação elétrica

Item	SI-NAPI	Descrição	Unid.	Coef.	Custo (R\$)	Total (R\$)
06.02		Cabo de cobre flexível isolado, 10 mm ² , antichama 0,6/1,0 Kv, para distribuição - fornecimento e instalação. af_12/2015	m ²			R\$ 11,89
I	1020	Cabo de cobre, flexível, classe 4 ou 5, isolamento em PVC/a, antichama BWF-B, cobertura PVC-st1, antichama BWF-B, 1 condutor, 0,6/1 Kv, seção nominal 10 mm ² .	m	1,0270000	11,21	11,51
I	21127	Fita isolante adesiva antichama, uso até 750 v, em rolo de 19 mm x 5 m.	UN	0,0100000	3,49	0,03

C	88247	Auxiliar de eletricista com encargos complementares.	H	0,0090000	16,81	0,15
C	88264	Eletricista com encargos complementares.	H	0,0090000	21,77	0,20
					Custo (mão de obra):	0,35
					Custo (material):	11,54
					Preço Total	11,89

Fonte: Autores (2022).

Tabela 8 - Composição analítica de serviço de revestimento de piso

Item	SINAPI	Descrição	Unid.	Coef.	Custo (R\$)	Total (R\$)
07.02		Revestimento cerâmico para piso com placas tipo porcelanato de dimensões 60x60 cm aplicada em ambientes de área maior que 10 m². af_06/2014	m³			R\$ 140,09
I	34357	Rejunte cimentício, qualquer cor.	kg	0,1400000	3,81	0,53
I	37595	Argamassa colante tipo AC-III.	kg	8,6200000	1,99	17,15
I	38195	Piso porcelanato, borda reta, extra, formato maior que 2025 cm².	m²	1,0700000	102,65	109,84
C	88256	Azulejista ou ladrilhista com encargos complementares.	H	0,4400000	20,97	9,23
C	88316	Servente com encargos complementares.	H	0,2000000	16,68	3,34
					Custo (mão de obra):	12,57
					Custo (material):	127,52
					Preço Total:	140,09

Fonte: Autores (2022).

Tabela 9 - Composição analítica de serviço de revestimento de parede

Item	SINAPI	Descrição	Unid.	Coef.	Custo (R\$)	Total (R\$)
08.02		Massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicada manualmente em faces internas de paredes, espessura de 20mm, com execução de taliscas. af_06/2014	m²			R\$ 30,53
C	87292	Argamassa traço 1:2:8 (em volume de cimento, cal e areia média úmida) para emboço/massa única/assentamento de alvenaria de vedação, preparo mecânico com betoneira 400 l. Af_08/2019.	m³	0,0376000	489,82	18,42
C	88309	Pedreiro com encargos complementares.	H	0,4700000	19,70	9,26
C	88316	Servente com encargos complementares.	H	0,1710000	16,68	2,85
					Custo (mão de obra):	12,11
					Custo (material):	18,42
					Preço Total:	30,53

Fonte: Autores (2022).

Tabela 10 - Composição analítica de serviço de forro

Item	SINAPI	Descrição	Unid.	Coef.	Custo (R\$)	Total (R\$)
09.02		Forro em régua de PVC, frisado, para ambientes comerciais, inclusive estrutura de fixação. af_05/2017_p	m²			R\$ 66,02

I	36238	Forro de PVC, frisado, branco, régua de 20 cm, espessura de 8 mm a 10 mm e comprimento 6 m (sem colocação).	m ²	1,0956000	25,41	27,84
I	39427	Perfil canaleta, formato c, em aço zincado, para estrutura forro drywall, e = 0,5 mm, *46 x 18* (l x h), comprimento 3 m	m	3,8499000	6,04	23,25
I	39430	Pendural ou presilha reguladora, em aço galvanizado, com corpo, mola e rebite, para perfil tipo canaleta de estrutura em forros drywall	UN	1,3265000	2,27	3,01
I	39443	Parafuso drywall, em aço zincado, cabeça lenticular e ponta broca (lb), largura 4,2 mm, comprimento 13 mm.	UN	2,1912000	0,14	0,31
I	40547	Parafuso zincado, autobrocante, flangeado, 4,2 mm x 19 mm.	Cento	0,0132000	15,90	0,21
I	40552	Parafuso, auto atarrachante, cabeça chata, fenda simples, 1/4" (6,35 mm) x 25 mm.	Cento	0,0333000	27,27	0,91
I	43131	Arame galvanizado 6 bwg, d = 5,16 mm (0,157 kg/m), ou 8 bwg, d = 4,19 mm (0,101 kg/m), ou 10 bwg, d = 3,40 mm (0,0713 kg/m).	kg	0,0426000	24,72	1,05
C	88278	Montador de estrutura metálica com encargos complementares.	H	0,4994000	18,90	9,44
					Custo (mão de obra):	9,44
					Custo (material):	56,58
					Preço Total:	66,02

Fonte: Autores (2022).

Com intuito de melhorar o entendimento do insumo destacado de verde no item 08.02 (Tabela 9), foi utilizada uma composição auxiliar (Tabela 11).

Tabela 11- Composição analítica da composição auxiliar do item 08.02

Item	SINAPI	Descrição	Unid.	Coef.	Custo (R\$)	Total (R\$)
Aux. 08.02.02	87292	Argamassa traço 1:2:8 (em volume de cimento, cal e areia média úmida) para emboço/massa única/assentamento de alvenaria de vedação, preparo mecânico com betoneira 400 l. Af_08/2019	m³			R\$ 489,84
I	370	Areia média - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte).	m ³	1,1600000	85,00	98,60
I	1106	Cal hidratada CH-I para argamassas.	kg	174,1000000	0,88	153,21
I	1379	Cimento Portland composto CP II-32.	kg	195,8600000	0,83	162,56
C	88377	Operador de betoneira estacionária/misturador com encargos complementares.	H	4,5000000	16,11	72,50
C	88830	Betoneira capacidade nominal de 400 l, capacidade de mistura 280 l, motor elétrico trifásico potência de 2 cv, sem carregador - CHP diurno. Af_10/2014	CHP	1,0500000	1,65	1,73
C	88831	Betoneira capacidade nominal de 400 l, capacidade de mistura 280 l, motor elétrico trifásico potência de 2 cv, sem carregador - chi diurno. Af_10/2014	CHI	3,4500000	0,36	1,24
					Custo (mão de obra):	75,47
					Custo (material):	414,37
					Preço Total:	489,84

Fonte: Autores (2022).

Após a análise das composições, foram feitas três cotações na cidade de Porto Velho,

capital de RO no mês de setembro de 2021 de cada insumo, cotação A, B, e C e retirada a média aritmética das mesmas como é descrito na Tabela 12.

Tabela 12 - Composição analítica de cotações dos insumos

Cotação de insumos estudados					
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
01		Pavimentação			R\$ 80,00
Cotação	A	Bloquete/piso intertravado de concreto - modelo sextavado/hexagonal, 25cm x 25cm, e=6cm, resistência de 35 MPa (NBR 9781), cor natural.	m ²	1,0000	80,00
Loja/em-presa:		Casa Fácil Concreto e Eng.			
Vende-dor:		Heberson			
Data:		Quinta-feira, 11 de setembro de 2021			
Hora:		14:00:00			
Valor:		80,00			
Valor Unitário	R\$ 80,000				
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
01		Pavimentação			R\$ 54,00
Cotação	B	Bloquete/piso intertravado de concreto - modelo sextavado/hexagonal, 25cm x 25cm, e=6cm, resistência de 35 MPa (NBR 9781), cor natural.	m ²	1,0000	54,00
Loja/em-presa:		Pre moldeados PVH			
Vende-dor:		Ane			
Data:		Quinta-feira, 11 de setembro de 2021			
Hora:		14:30:00			
Valor:		54,00			
		Valor Unitário	R\$ 54,000		
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
01		Pavimentação			R\$ 65,00
Cotação	C	Bloquete/piso intertravado de concreto - modelo sextavado/hexagonal, 25cm x 25cm, e=6cm, resistência de 35 MPa (NBR 9781), cor natural.	m ²	1,0000	65,00
Loja/em-presa:		Industria e Comércio			
Vende-dor:		Silvani			
Data:		Quinta-feira, 11 de setembro de 2021			
Hora:		15:00:00			
Valor:		65,00			
Valor Unitário					R\$ 65,000
Cotação	A	Bloquete/piso intertravado de concreto - modelo sextavado/hexagonal, 25cm x 25cm, e=6cm, resistência de 35 MPa (NBR 9781), cor natural.	Valor Unitário		R\$ 80,0000
Cotação	B	Bloquete/piso intertravado de concreto - modelo sextavado/hexagonal, 25cm x 25cm, e=6cm, resistência de 35 MPa (NBR 9781), cor natural.	Valor Unitário		R\$ 54,0000
Cotação	C	Bloquete/piso intertravado de concreto - modelo sextavado/hexagonal, 25cm x 25cm, e=6cm, resistência de 35 MPa (NBR 9781), cor natural.	Valor Unitário		R\$ 65,0000
Média Aritmética					R\$ 66,3333

Cotação de insumos estudados					
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
02		Instalações do Canteiro de Obras			R\$ 133,33
Cotação	A	Telha trapezoidal em aço zincado, sem pintura, altura de aproximadamente 40mm, espessura de 0,50 mm e largura útil de 980mm.	m ²	1,0000	133,33
Loja/em-presa:		Fortaleza			
Vendedor:		Messias			
Data:		Quinta-feira, 11 de setembro de 2021			
Hora:		15:30:00			
Valor:		133,33			
		Valor Unitário	R\$ 133,330		
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
02		Instalações do Canteiro de Obras			R\$ 176,04
Cotação	B	Telha trapezoidal em aço zincado, sem pintura, altura de aproximadamente 40mm, espessura de 0,50 mm e largura útil de 980mm.	m ²	1,0000	176,04
Loja/em-presa:		Rondo Aço			
Vendedor:		Pablo			
Data:		Quinta-feira, 11 de setembro de 2021			
Hora:		16:00:00			
Valor:		176,04			
		Valor Unitário	R\$ 176,040		
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
02		Instalações do Canteiro de Obras			R\$ 106,25
Cotação	C	Telha trapezoidal em aço zincado, sem pintura, altura de aproximadamente 40mm, espessura de 0,50 mm e largura útil de 980mm.	m ²	1,0000	106,25
Loja/em-presa:		Aço Ron			
Vendedor:		Raize			
Data:		Quinta-feira, 11 de setembro de 2021			
Hora:		16:30:00			
Valor:		106,25			
Valor Unitário					R\$ 106,250
Cotação	A	Telha trapezoidal em aço zincado, sem pintura, altura de aproximadamente 40mm, espessura de 0,50 mm e largura útil de 980mm.	Valor Unitário		R\$ 133,3300
Cotação	B	Telha trapezoidal em aço zincado, sem pintura, altura de aproximadamente 40mm, espessura de 0,50 mm e largura útil de 980mm.	Valor Unitário		R\$ 176,0400
Cotação	C	Telha trapezoidal em aço zincado, sem pintura, altura de aproximadamente 40mm, espessura de 0,50 mm e largura útil de 980mm.	Valor Unitário		R\$ 106,2500
Média Aritmética					R\$ 138,5400
Cotação de insumos estudados					
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
03		Alvenaria de Vedação			R\$ 900,00

Cotação	A	Bloco cerâmico vazado para alvenaria de vedaco, de 9 x 19 x 19 cm (l x a x c).	Milheiro	1,0000	900,00
Loja/empresa:		Cerâmica Santa Catarina			
Vendedor:		Mauricio			
Data:		Quinta-feira, 11 de setembro de 2021			
Hora:		17:00:00			
Valor:		900,00			

Valor Unitário R\$ 900,000

Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
03		Alvenaria de Vedação			R\$ 820,00
Cotação	B	Bloco cerâmico vazado para alvenaria de vedaco, de 9 x 19 x 19 cm (l x a x c).	Milheiro	1,0000	820,00
Loja/empresa:		Cerâmica Monte Belo			
Vendedor:		Henrique			
Data:		Quinta-feira, 11 de setembro de 2021			
Hora:		17:30:00			
Valor:		820,00			

Valor Unitário R\$ 820,000

Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
03		Alvenaria de Vedação			R\$ 770,00
Cotação	C	Bloco cerâmico vazado para alvenaria de vedaco, de 9 x 19 x 19 cm (l x a x c).	Milheiro	1,0000	770,00
Loja/empresa:		Cerâmica SK			
Vendedor:		Laciara			
Data:		Quinta-feira, 11 de setembro de 2021			
Hora:		18:00:00			
Valor:		770,00			

Valor Unitário R\$ 770,000

Cotação	A	Bloco cerâmico vazado para alvenaria de vedaco, de 9 x 19 x 19 cm (l x a x c).	Valor Unitário	R\$ 900,0000
Cotação	B	Bloco cerâmico vazado para alvenaria de vedaco, de 9 x 19 x 19 cm (l x a x c).	Valor Unitário	R\$ 820,0000
Cotação	C	Bloco cerâmico vazado para alvenaria de vedaco, de 9 x 19 x 19 cm (l x a x c).	Valor Unitário	R\$ 770,0000

Média Aritmética R\$ 830,0000

Cotação de insumos estudados

Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
04		Drenagem Pluvial			R\$ 290,00
Cotação	A	Tubo de concreto armado para águas pluviais, classe pa-1, com encaixe ponta e bolsa, diâmetro nominal de 800 mm (macho/fêmea).	m	1,0000	290,00
Loja/empresa:		Pre Moldados PVH			
Vendedor:		Anel			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			

Hora:		08:00:00			
Valor:		290,00			
Valor Unitário					R\$ 290,000
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
04		Drenagem Pluvial			R\$ 160,00
Cotação	B	Tubo de concreto armado para águas pluviais, classe pa-1, com encaixe ponta e bolsa, diâmetro nominal de 800 mm (macho/fêmea).	m	1,0000	160,00
Loja/empresa:		Pre Moldados JD de Souza			
Vendedor:		Roberto			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		08:30:00			
Valor:		160,00			
Valor Unitário					R\$ 160,000
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
04		Drenagem Pluvial			R\$ 280,00
Cotação	C	Tubo de concreto armado para águas pluviais, classe pa-1, com encaixe ponta e bolsa, diâmetro nominal de 800 mm (macho/fêmea).	m	1,0000	280,00
Loja/empresa:		Industria e Comércio			
Vendedor:		Silvani			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		09:00:00			
Valor:		280,00			
Valor Unitário					R\$ 280,000
Cotação	A	Tubo de concreto armado para águas pluviais, classe pa-1, com encaixe ponta e bolsa, diâmetro nominal de 800 mm (macho/fêmea).	Valor Unitário		R\$ 290,0000
Cotação	B	Tubo de concreto armado para águas pluviais, classe pa-1, com encaixe ponta e bolsa, diâmetro nominal de 800 mm (macho/fêmea).	Valor Unitário		R\$ 160,0000
Cotação	C	Tubo de concreto armado para águas pluviais, classe pa-1, com encaixe ponta e bolsa, diâmetro nominal de 800 mm (macho/fêmea).	Valor Unitário		R\$ 280,0000
Média Aritmética					R\$ 243,3333
Cotação de insumos estudados					
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
05		Pintura			R\$ 19,44
Cotação	A	Tinta acrílica premium, cor branco fosco.	L	18,0000	349,90
Loja/empresa:		Barriga Verde			
Vendedor:		Adriano			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		09:30:00			
Valor:		349,90			
Valor Unitário					R\$ 19,439
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)

05		Pintura			R\$ 32,11
Cotação	B	Tinta acrílica premium, cor branco fosco	L	18,0000	578,00
Loja/em- presa:		Dismonza			
Vende- dor:		Clenilson			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		10:00:00			
Valor:		578,00			
Valor Unitário					R\$ 32,111
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
05		Pintura			R\$ 32,22
Cotação	C	Tinta acrílica premium, cor branco fosco.	L	18,0000	580,00
Loja/em- presa:		Pintão			
Vende- dor:		Elias			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		10:30:00			
Valor:		580,00			
Valor Unitário					R\$ 32,222
Cotação	A	Tinta acrílica premium, cor branco fosco.	Valor Unitário		R\$ 19,4390
Cotação	B	Tinta acrílica premium, cor branco fosco.	Valor Unitário		R\$ 32,1110
Cotação	C	Tinta acrílica premium, cor branco fosco.	Valor Unitário		R\$ 32,2220
Média Aritmética					R\$ 27,9240
Cotação de insumos estudados					
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
06		Instalações Elétricas			R\$ 12,50
Cotação	A	Cabo de cobre, flexível, classe 4 ou 5, isolamento em PVC/a, antichama BWF-B, cobertura PVC-st1, antichama BWF-B, 1 condutor, 0,6/1 Kv, seção nominal 10 mm ² .	m	1,0000	12,50
Loja/em- presa:		Barriga Verde			
Vende- dor:		Adriano			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		09:30:00			
Valor:		12,50			
Valor Unitário					R\$ 12,500
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
06		Instalações Elétricas			R\$ 8,85
Cotação	B	Cabo de cobre, flexível, classe 4 ou 5, isolamento em PVC/a, antichama BWF-B, cobertura PVC-st1, antichama BWF-B, 1 condutor, 0,6/1 Kv, seção nominal 10 mm ² .	m	1,0000	8,85
Loja/em- presa:		Barbosa			
Vende- dor:		Leandro			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		11:00:00			

Valor:		8,85			
Valor Unitário					R\$ 8,850
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
06		Instalações Elétricas			R\$ 9,12
Cotação	C	Cabo de cobre, flexível, classe 4 ou 5, isolamento em PVC/a, antichama BWF-B, cobertura PVC-st1, antichama BWF-B, 1 condutor, 0,6/1 Kv, seção nominal 10 mm ² .	m	1,0000	9,12
Loja/empresa:		Petel			
Vendedor:		Furtado			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		11:30:00			
Valor:		9,12			
Valor Unitário					R\$ 9,120
Cotação	A	Cabo de cobre, flexível, classe 4 ou 5, isolamento em PVC/a, antichama BWF-B, cobertura PVC-st1, antichama BWF-B, 1 condutor, 0,6/1 Kv, seção nominal 10 mm ² .	Valor Unitário		R\$ 12,5000
Cotação	B	Cabo de cobre, flexível, classe 4 ou 5, isolamento em PVC/a, antichama BWF-B, cobertura PVC-st1, antichama BWF-B, 1 condutor, 0,6/1 Kv, seção nominal 10 mm ² .	Valor Unitário		R\$ 8,8500
Cotação	C	Cabo de cobre, flexível, classe 4 ou 5, isolamento em PVC/a, antichama BWF-B, cobertura PVC-st1, antichama BWF-B, 1 condutor, 0,6/1 Kv, seção nominal 10 mm ² .	Valor Unitário		R\$ 9,1200
Média Aritmética					R\$ 10,1567
Cotação de insumos estudados					
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
07		Revestimento de Piso			R\$ 78,90
Cotação	A	Piso porcelanato, borda reta, extra, formato maior que 2025 cm ² .	m ²	1,0000	78,90
Loja/empresa:		Barriga Verde			
Vendedor:		Leonardo			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		12:00:00			
Valor:		78,90			
Valor Unitário					R\$ 78,900
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
07		Revestimento de Piso			R\$ 81,90
Cotação	B	Piso porcelanato, borda reta, extra, formato maior que 2025 cm ² .	m ²	1,0000	81,90
Loja/empresa:		Fada			
Vendedor:		Graziel			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		14:00:00			
Valor:		81,90			
Valor Unitário					R\$ 81,900

Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
07		Revestimento de Piso			R\$ 94,00
Cotação	C	Piso porcelanato, borda reta, extra, formato maior que 2025 cm ² .	m ²	1,0000	94,00
Loja/empresa:		Agroboi			
Vendedor:		Adriano			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		14:30:00			
Valor:		94,00			
Valor Unitário					R\$ 94,000
Cotação	A	Piso porcelanato, borda reta, extra, formato maior que 2025 cm ² .	Valor Unitário		R\$ 78,9000
Cotação	B	Piso porcelanato, borda reta, extra, formato maior que 2025 cm ² .	Valor Unitário		R\$ 81,9000
Cotação	C	Piso porcelanato, borda reta, extra, formato maior que 2025 cm ² .	Valor Unitário		R\$ 94,0000
Média Aritmética					R\$ 84,9333
Cotação de insumos estudados					
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
08		Revestimento de Parede			R\$ 50,00
Cotação	A	Areia média - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte).	m ³	1,0000	50,00
Loja/empresa:		Porto Velho Material Básico para Const.			
Vendedor:		Denilsen			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		16:30:00			
Valor:		50,00			
Valor Unitário					R\$ 50,000
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
08		Revestimento de Parede			R\$ 39,00
Cotação	B	Areia média - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte).	m ³	1,0000	39,00
Loja/empresa:		Base Sólida			
Vendedor:		Tania			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		17:00:00			
Valor:		39,00			
Valor Unitário					R\$ 39,000
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
08		Revestimento de Parede			R\$ 39,00
Cotação	C	Areia média - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte).	m ³	1,0000	39,00
Loja/empresa:		Base Sólida			
Vendedor:		Tania			

Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		17:00:00			
Valor:		39,00			
Valor Unitário					R\$ 39,000
Cotação	A	Areia média - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte).	Valor Unitário		R\$ 50,0000
Cotação	B	Areia média - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte).	Valor Unitário		R\$ 39,0000
Cotação	C	Areia média - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte).	Valor Unitário		R\$ 39,0000
Média Aritmética					R\$ 42,6667
Cotação de insumos estudados					
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
08		Revestimento de Parede			R\$ 1,58
Cotação	A	Cal hidratada CH - Q para argamassas.	kg	20,0000	31,50
Loja/em-presa:		Agroboi			
Vendedor:		Adriano			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		17:15:00			
Valor:		31,50			
Valor Unitário					R\$ 1,575
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
08		Revestimento de Parede			R\$ 0,99
Cotação	B	Cal hidratada CH - Q para argamassas.	kg	20,0000	19,80
Loja/em-presa:		Leo Mat			
Vendedor:		Agnaldo			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		17:30:00			
Valor:		19,80			
Valor Unitário					R\$ 0,990
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
08		Revestimento de Parede			R\$ 1,10
Cotação	C	Cal Hidratada CH - Q para argamassas.	kg	20,0000	22,00
Loja/em-presa:		Fada			
Vendedor:		Cortes			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		17:45:00			
Valor:		22,00			
Valor Unitário					R\$ 1,100
Cotação	A	Cal hidratada CH - Q para argamassas.	Valor Unitário		R\$ 1,5750
Cotação	B	Cal hidratada CH - Q para argamassas.	Valor Unitário		R\$ 0,9900
Cotação	C	Cal hidratada CH - Q para argamassas.	Valor Unitário		R\$ 1,1000
Média Aritmética					R\$ 1,2217

Cotação de insumos estudados					
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
08		Revestimento de Parede			R\$ 0,85
Cotação	A	Cimento Portland composto CP II-32.	kg	50,0000	42,50
Loja/em- presa:		Agroboi			
Vende- dor:		Raimundo			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		18:00:00			
Valor:		42,50			
Valor Unitário					R\$ 0,850
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
08		Revestimento de Parede			R\$ 0,76
Cotação	B	Cimento Portland composto CP II-32.	kg	50,0000	38,00
Loja/em- presa:		Leo Mat			
Vende- dor:		Douglas			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		18:10:00			
Valor:		38,00			
Valor Unitário					R\$ 0,760
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
08		Revestimento de Parede			R\$ 0,80
Cotação	C	Cimento Portland composto CP II-32.	kg	50,0000	40,00
Loja/em- presa:		Cimec Mat. Const.			
Vende- dor:		Raissa			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		18:20:00			
Valor:		40,00			
Valor Unitário					R\$ 0,800
Cotação	A	Cimento Portland composto CP II-32.	Valor Unitário		R\$ 0,8500
Cotação	B	Cimento Portland composto CP II-32.	Valor Unitário		R\$ 0,7600
Cotação	C	Cimento Portland composto CP II-32.	Valor Unitário		R\$ 0,8000
Média Aritmética					R\$ 0,8033
Cotação de insumos estudados					
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
09		Forro			R\$ 24,50
Cotação	A	Forro de PVC, frisado, branco, régua de 20 cm, espessura de 8 mm a 10 mm e comprimento 6 m (sem colocação).	m ²	1,0000	24,50
Loja/em- presa:		Barriga Verde			
Vende- dor:		Adriano			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		15:00:00			

Valor:		24,50			
Valor Unitário					R\$ 24,500
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
09		Forro			R\$ 26,00
Cotação	B	Forro de PVC, frisado, branco, régua de 20 cm, espessura de 8 mm a 10 mm e comprimento 6 m (sem colocação).	m ²	1,0000	26,00
Loja/em-presa:		Barbosa			
Vende-dor:		Leandro			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		15:30:00			
Valor:		26,00			
Valor Unitário					R\$ 26,000
Item	Cot.	Descrição	Unid.	Qt.	Total (R\$)
09		Forro			R\$ 25,60
Cotação	C	Forro de PVC, frisado, branco, régua de 20 cm, espessura de 8 mm a 10 mm e comprimento 6 m (sem colocação).	m ²	1,0000	25,60
Loja/em-presa:		Petel			
Vende-dor:		Furtado			
Data:		Sexta-feira, 12 de setembro de 2021			
Hora:		16:00:00			
Valor:		25,60			
Valor Unitário					R\$ 25,600
Cotação	A	Forro de PVC, frisado, branco, régua de 20 cm, espessura de 8 mm a 10 mm e comprimento 6 m (sem colocação).	Valor Unitário		R\$ 24,5000
Cotação	B	Forro de PVC, frisado, branco, régua de 20 cm, espessura de 8 mm a 10 mm e comprimento 6 m (sem colocação).	Valor Unitário		R\$ 26,0000
Cotação	C	Forro de PVC, frisado, branco, régua de 20 cm, espessura de 8 mm a 10 mm e comprimento 6 m (sem colocação).	Valor Unitário		R\$ 25,6000
Média Aritmética					R\$ 25,3667

Fonte: Autores (2022).

A partir disso das cotações, foi elaborada a planilha sintética comparativa, que avalia a variação do valor unitário de cada serviço, onde cada serviço foi enumerado por item na primeira coluna como é mostrado na Tabela 13.

Tabela 13: Sintética comparativa entre composições

Comparativo de Preços								
Item	Cód. SINAPI	Cód. CPU	Cód. do Orçamento Orig.	Discriminação	Unid.	Quant.	P. Unit.	Preço Total
01				Pavimentação				

01.01	92393	CPU-01.01	4.1.8	Execução de pavimento em piso intertravado, com bloco sextavado de 25 x 25 cm, espessura 6 cm. af_12/2015	m ²	1,00	78,14	R\$ 78,14
01.02	92393	CPU-01.02	4.1.8	Execução de pavimento em piso intertravado, com bloco sextavado de 25 x 25 cm, espessura 6 cm. af_12/2015	m ²	1,00	63,38	R\$ 63,38
Diferença item 01								R\$ 14,76
02				Instalações do Canteiro de Obras				
02.01	98459	CPU-02.01	2.10	Tapume com telha metálica. af_05/2018	m ²	1,00	130,39	R\$ 130,39
02.02	98459	CPU-02.02	2.10	Tapume com telha metálica. af_05/2018	m ²	1,00	85,54	R\$ 85,54
Diferença item 02								R\$ 44,85
03				Alvenaria De Vedação				
03.01	87504	CPU-03.01	9.3.2	Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida maior ou igual a 6m ² sem vãos e argamassa de assentamento com preparo manual. af_06/2014	m ²	1,00	68,85	R\$ 68,85
03.02	87504	CPU-03.02	9.3.2	Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x19cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida maior ou igual a 6m ² sem vãos e argamassa de assentamento com preparo manual. af_06/2014	m ²	1,00	62,73	R\$ 62,73
Diferença item 03								R\$ 6,12
04				Drenagem Pluvial				
04.01	92214	CPU-04.01	5.1.14	Tubo de concreto para redes coletoras de águas pluviais, diâmetro de 800 mm, junta rígida, instalado em local com baixo nível de interferências - fornecimento e assentamento. af_12/2015	m ²	1,00	331,81	R\$ 331,81
04.02	92214	CPU-04.02	5.1.14	Tubo de concreto para redes coletoras de águas pluviais, diâmetro de 800 mm, junta rígida, instalado em local com baixo nível de interferências - fornecimento e assentamento. af_12/2015	m ²	1,00	341,67	R\$ 341,67

Diferença item 04								-R\$ 9,86
05				Pintura				
05.01	88489	CPU-05.01	9.6.3	Aplicação manual de pintura com tinta látex acrílico em paredes, duas demãos. af_06/2014	m ²	1,00	14,23	R\$ 14,23
05.02	88489	CPU-05.02	9.6.3	Aplicação manual de pintura com tinta látex acrílico em paredes, duas demãos. af_06/2014	m ²	1,00	13,57	R\$ 13,57
Diferença item 05								R\$ 0,66
06				Instalações Elétricas				
06.01	92980	CPU-06.01	15.2.3	Cabo de cobre flexível isolado, 10 mm ² , anti-chama 0,6/1,0 Kv, para distribuição - fornecimento e instalação. af_12/2015	m ²	1,00	10,81	R\$ 10,81
06.02	92980	CPU-06.02	15.2.3	Cabo de cobre flexível isolado, 10 mm ² , anti-chama 0,6/1,0 Kv, para distribuição - fornecimento e instalação. af_12/2015	m ²	1,00	11,89	R\$ 11,89
Diferença item 06								-R\$ 1,08
07				Revestimento de Piso				
07.01	87263	CPU-07.01	10.11.5	Revestimento cerâmico para piso com placas tipo porcelanato de dimensões 60x60 cm aplicada em ambientes de área maior que 10 m ² . af_06/2014	m ³	1,00	121,13	R\$ 121,13
07.02	87263	CPU-07.02	10.11.5	Revestimento cerâmico para piso com placas tipo porcelanato de dimensões 60x60 cm aplicada em ambientes de área maior que 10 m ² . af_06/2014	m ³	1,00	140,09	R\$ 140,09
Diferença item 07								-R\$ 18,96
08				Revestimento de Parede				
08.01	87529	CPU-08.01	10.10.3	Massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicada manualmente em faces internas de paredes, espessura de 20mm, com execução de taliscas. af_06/2014	m ²	1,00	30,69	R\$ 30,69

08.02	87529	CPU-08.02	10.10.3	Massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicada manualmente em faces internas de paredes, espessura de 20mm, com execução de taliscas. af_06/2014	m ²	1,00	30,53	R\$ 30,53
Diferença item 08								R\$ 0,16
09				Forro				
09.01	96116	CPU-09.01	10.9.1	Forro em régua de PVC, frisado, para ambientes comerciais, inclusive estrutura de fixação. af_05/2017_p	m ²	1,00	65,98	R\$ 65,98
09.02	96116	CPU-09.02	10.9.1	Forro em régua de PVC, frisado, para ambientes comerciais, inclusive estrutura de fixação. af_05/2017_p	m ²	1,00	66,02	R\$ 66,02
Diferença item 09								-R\$ 0,04

Fonte: Autores (2022).

Os itens enumerados como .01 são as composições com os valores dos principais insumos substituídos pela média aritmética das cotações A, B e C, enquanto os itens enumerados como .02 são as composições originais SINAPI.

RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS

Na Tabela 14 e Figura 3 são apresentadas as amplitudes de variação de preços entre o SINAPI e o cotado. Os resultados encontrados foram obtidos por meio de uma análise de percentual da variação de preços da composição modificada, com a média aritmética das cotações A, B e C, em relação às composições originais SINAPI.

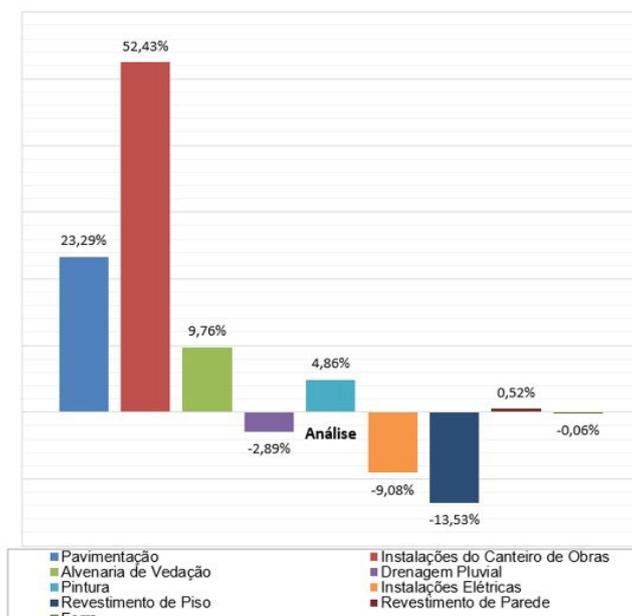
Tabela 14- Análise de variação (%)

Item	Cód. SINAPI	Cód. CPU	Código do Orçamento Orig.	Discriminação	Variação (%)	Conclusão
01 Pavimentação						
01.02	92393	CPU-01.02	4.1.8	Execução de pavimento em piso intertravado, com bloco sextavado de 25 x 25 cm, espessura 6 cm. af_12/2015	23,29%	Mais caro em relação ao preço SINAPI.
02 Instalações do Canteiro de Obras						
02.02	98459	CPU-02.02	2.10	Tapume com telha metálica. af_05/2018	52,43%	Mais caro em relação ao preço SINAPI.
03				Alvenaria de Vedação		

03.02	87504	CPU-03.02	9.3.2	Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x19x-19cm (espessura 9cm) de paredes com área líquida maior ou igual a 6m ² sem vãos e argamassa de assentamento com preparo manual. af_06/2014	9,76%	Mais caro em relação ao preço SINAPI.
04 Drenagem Pluvial						
04.02	92214	CPU-04.02	5.1.14	Tubo de concreto para redes coletoras de águas pluviais, diâmetro de 800 mm, junta rígida, instalado em local com baixo nível de interferências - fornecimento e assentamento. af_12/2015	2,89%	Mais barato em relação ao preço SINAPI.
05 Pintura						
05.02	88489	CPU-05.02	9.6.3	Aplicação manual de pintura com tinta látex acrílico em paredes, duas demãos. af_06/2014	4,86%	Mais caro em relação ao preço SINAPI.
06 Instalações Elétricas						
06.02	92980	CPU-06.02	15.2.3	Cabo de cobre flexível isolado, 10 mm ² , anti-chamas 0,6/1,0 Kv, para distribuição - fornecimento e instalação. af_12/2015	9,08%	Mais barato em relação ao preço SINAPI.
07 Revestimento De Piso						
07.02	87263	CPU-07.02	10.11.5	revestimento cerâmico para piso com placas tipo porcelanato de dimensões 60x60 cm aplicada em ambientes de área maior que 10 m ² . af_06/2014	13,53%	Mais barato em relação ao preço SINAPI.
08 Revestimento de Parede						
08.02	87529	CPU-08.02	10.10.3	massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400l, aplicada manualmente em faces internas de paredes, espessura de 20mm, com execução de taliscas. af_06/2014	0,52%	Mais caro em relação ao preço SINAPI.
09 Forro						
09.02	96116	CPU-09.02	10.9.1	forro em régua de PVC, frisado, para ambientes comerciais, inclusive estrutura de fixação. af_05/2017_p	0,06%	Mais barato em relação ao preço SINAPI.

Fonte: Autores (2022).

Figura 3 - Variação de preço em Relação ao SINAPI (%)



Fonte: Autores (2022).

Conforme é possível observar na Tabela 14 e Figura 3, os serviços de pavimentação, instalações do canteiro de obras, alvenaria de vedação, pintura e revestimento de parede apresentaram valores superiores quando comparado em relação SINAPI. Os resultados foram na ordem de 23,29%, 52,43%, 9,76%, 4,86% e 0,52%, para os serviços de pavimentação, instalações do canteiro de obras, alvenaria de vedação, pintura e revestimento de parede, respectivamente.

Verifica-se ainda que os itens que mais diferiram comparando o SINAPI e o valor de mercado foram os serviços de pavimentação e instalações do canteiro de obras. Sendo que, para a foram os serviços de pavimentação o valor obtido no SINAPI foi R\$ 48,62 mais caro do que o SINAPI, enquanto a diferença nas instalações do canteiro de obras foi de R\$ 40,69. Essas diferenças podem ser justificadas pelo fato de o SINAPI considerar valores de materiais de pior qualidade. Ou seja, na prática o banco de dados SINAPI não pode ser utilizada com referência exata para serviços, visto que seu uso indiscriminado sem a correta avaliação e refinamento pode incidir em imprecisões orçamentárias.

Ainda analisando os resultados, percebe-se que os materiais drenagem pluvial, instalações elétricas, revestimento de piso e forro apresentaram valores mais baixos do que o SINAPI, as diferenças foram 2,89%, 9,08%, 13,53% e 0,06%, respectivamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho, teve como objetivo principal comparar os valores da ferramenta SINAPI e o valor de mercado de diferentes serviços. Para isto, foram elaborados dois tipos orçamentos empregando as ferramentas orçamentárias de um projeto de um empreendimento da CIRETRAN.

Como pode ser analisado neste trabalho, a tabela SINAPI, disponibilizada pela caixa econômica federal, não deve ser utilizada como verdade absoluta em virtude de algumas incompatibilidades com valor praticado em mercado, no entanto O SINAPI contém índices de produtivi-

dade e coeficientes dos serviços que permitem assegurar um orçamento mais seguro. Como já é de conhecimento público, a caixa já define no seu livro de metodologias e conceitos que a tabela deve ser usada como referência de preço, para obras públicas que irão utilizar recursos da união.

Contudo, é válido o estudo preliminar para elaboração de um orçamento ao menos nos itens de maior peso como foi exemplificado neste trabalho, para que não haja incongruência de valores, implicando em prejuízos e perdas.

REFERÊNCIAS

AVILA, A. V.; LIBRELOTTO, L. I.; LOPES, O. C. Orçamento de obras. Florianópolis: Unisul, 2003.

BERWANGER, C. Estudo sobre controle de custos em obra utilizando orçamento paramétrico e orçamento analítico para residência tipo padrão normal na cidade de Foz Do Iguaçu – PR. 2008. 59f. Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Engenharia Civil - Faculdade União Dinâmica das Cataratas. Foz do Iguaçu. 2008

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. SINAPI. Metodologias e Conceitos: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil / Caixa Econômica Federal. 7ª Ed. Brasília: CAIXA, 2019.

CARDOSO, R. S. Orçamento de obras em foco. São Paulo, PINI, 2009.

CERON, L. C. Notas sobre concepções de preço e valor nos custos da Arquitetura. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em: < <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-07072011-104055/publico/MESTRADO.pdf> >. Acessado em: 28 de fevereiro de 2022.

DIAS, P. R. V. Engenharia de custos. Estimativa de Custo de Obras e, 2001.

DIAS, P. R. V. Engenharia de Custos: Estimativa de Custo de Obras e Serviços de Engenharia. 1º Edição. Rio de Janeiro, 2004.

DIAS, P. R. V. Estimativa de Custo de Obras e Serviços de Engenharia: Engenharia de Custos – uma ciência. 2. ed. Rio de Janeiro. 2010. 79 p.

GONZÁLEZ, M. A. S. Noções de orçamento e planejamento de obras. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2008.

LIMMER, C. V. Planejamento Orçamentação e Controle de Projetos e

Obras. Livros Técnicos e Científicos Editora S/A, 1997.

LOSSO, I. R., Utilização das características geométricas das edificações na elaboração de estimativas preliminares de custos: estudo de caso de uma empresa de construção. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC, 1995.

MACHADO, K. Orçamento Público: A Crise e o Equilíbrio Orçamentário. Contabilidade em Pauta, v. 4, 2015.

MATTOS, Aldo Dórea. Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso e exemplos. São Paulo: Editora Pini, 2006.

MATTOS, A. D. Planejamento e Controle de Obras. São Paulo: Pini, 2010. MATTOS, A. D. Como Preparar Orçamentos de Obras: Dicas para orçamentistas, estudo de caso, exemplos. São Paulo: Pini, 2014.

SCOTTI, M. G. Orçamento e planejamento de uma residência unifamiliar. Universidade Federal de Santa Catarina, 2014.

SINAPI, Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/precos/sinapi/default.shtm>;

SOUZA, R. Evolução e industrialização da construção no Brasil. Monografia (Pós-graduação em Arquitetura) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1980.

TIEFENSEE, M. Integração entre o orçamento e gestão de custos em construtoras de pequeno

TISAKA, M. Orçamento na construção civil: consultoria, projeto e execução. São Paulo: Editora Pini, 2006.

TISAKA, M. Norma Técnica para elaboração de orçamento de obras de construção civil. Instituto de Engenharia, 2011.

TORRES, G. S., THOMÉ FILHO, R. U., BARROS, T. M. Diretrizes para apoio da elaboração de indicadores de desempenho orçamentários. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Goiás. Orientadora: Maria Carolina Gomes de Oliveira Brandstetter.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO-TCU. ACORDÃO TC 025.990/2008-2.

ZANCHETTIN, F; CHAEBO, G. Seleção de amostras de auditoria: complementariedade entre curva abc e lei de benford. Revista Evidenciação Contábil & Finanças, v. 8, n. 2, 2020.

ZDANOWICZ, J. E. Orçamento Operacional: uma abordagem prática. Revista e atualizada Porto Alegre: Sagra Luzzatto, n. 2. p. 208, 1984.

Eucalipto: histórico, seleção e problemas

*Luis Carlos da Silva Soares
Antoniele Maria Neves Pinho
Philippe Guilherme Corcino Souza
Ana Caroline de Oliveira Herculano
Sarah Dieckman Assunção Rodrigues
Rafaela Carla Santos Perpétuo
Isadora Azevedo Perpétuo*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.84.6

RESUMO

O Brasil é o país com maior produtividade de eucalipto no mundo. Tal performance é fruto de investimento da similaridade edafoclimática do Brasil com o seu centro de origem, avanços em práticas silviculturais e intensivos investimentos em pesquisas no melhoramento do gênero. O melhoramento florestal baseia-se majoritariamente nos princípios da experimentação permitindo estimar os componentes genéticos e selecionar os materiais de interesse. Durante a história do melhoramento florestal várias pesquisas foram desenvolvidas a fim de se estimar o número de plantas ideais por parcela e a quantidade ideal de repetições. Entretanto, hoje têm-se uma nova abordagem que visa compreender a influências de competição dos materiais em campo o que provoca estimativas viesadas impactando na seleção dos materiais. Propostas de melhorias vem sendo comentadas, porém ainda se tem dificuldade em controlar ou isolar tal fenômeno. Embora seja de conhecimento dos melhoristas que tal fenômeno incorra isso não tem sido um fator impeditivo para o avanço do melhoramento no setor florestal.

Palavras-chave: clones. silvicultura. estatística.

KEYWORDS

Brazil is the country with the highest eucalyptus productivity in the world. This performance is the result of investment in Brazil's edaphoclimatic similarity with its center of origin, advances in silvicultural practices and intensive investments in research on gender improvement. Forest processing is mainly based on the principles of experimentation that allow better estimation of genetic components and selection of materials of interest. During the history of forest processing, several researches were found in order to estimate the number of plants per best plot and the ideal amount of repetitions. However, today there is a new approach that aims to understand the influence of the competition of materials in the field, which causes biased estimates impacting the selection of materials. Improvement proposals have been commented, but it is still difficult to control or isolate this phenomenon. Although it is known to the best that such a phenomenon occurs, this has not been an impediment to the advancement of improvement in the forestry sector.

Keywords: clones. forestry. statistics.

INTRODUÇÃO

O gênero *Eucalyptus* L'Hér corresponde a um grupo de mais de 600 espécies arbóreas e arbustivas pertencentes à família Myrtales oriundos da Austrália, Indonésia, Papua Nova Guiné e Tasmânia (ANDRADE, 1961). Em suas regiões de origem, o gênero representa 80% da área de florestas nativas (VALE *et al.*, 2014), ocupando uma ampla gama de ambientes, variando entre locais semiáridos à úmidos e do Trópico de Capricórnio (23°S) à latitude de 43°S (GRATTAPAGLIA; KIRST, 2008). Esse fato denota a plasticidade de adaptação a diferentes ambientes que algumas espécies do gênero possuem, desta forma, as empresas aproveitam dessa característica plantando nas mais diversas condições (REIS; SANTOS; PACHECO, 2021).

Os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* são os principais responsáveis pelo abastecimento de

produtos silviculturais no mundo. No Brasil, as espécies de *Eucalyptus* correspondem a 78% de áreas silviculturais, estimulando o desenvolvimento da economia (IBÁ, 2021). A similaridade edafoclimática com as regiões endêmicas e o avanço em melhoramento genético e em práticas de manejo tornou o Brasil o país com as maiores áreas de florestas plantadas de *Eucalyptus* com os menores ciclos de corte e maiores produtividades em volume de madeira em relação ao mundo (IBÁ, 2021).

O objetivo principal do melhoramento genético é obter plantas que atendam cada vez mais a demanda da indústria e do consumidor. Comumente, a obtenção de melhores genótipos com espécies de eucalipto se baseia no cruzamento de plantas, nas suas avaliações, seleção dos melhores indivíduos e no seu intercruzamento. Com isso é possível se obter ganhos genéticos de maneira contínua ao passo que, realiza a manutenção da base genética dos programas de melhoramento (RESENDE *et al.*, 2005). Para tanto, é necessário que a etapa das avaliações apresente boa precisão permitindo que o máximo do ganho genético no programa possa ser alcançado.

Para se avaliar genótipos e realizar a seleção, é importante que estes estejam dispostos em experimentos seguindo algum delineamento estatístico. Isso possibilita decompor o fenótipo em efeitos genotípicos e efeitos ambientais e realizar a seleção com base nas informações genéticas inerentes a cada genótipo (RESENDE, 2002). Dentro de todas as variáveis intrínsecas aos delineamentos estatísticos o formato da parcela nos experimentos florestais quando se visa a seleção de progênes/clones é algo pouco explorado.

O GÊNERO EUCALYPTUS

O gênero possui sete subgêneros politípicos (*Angophora*, *Corymbia*, *Blakella*, *Eudessmia*, *Symphyomyrtus*, *Minutifruca* e *Eucalyptus*) e seis subgêneros monotípicos (*Acerosa*, *Cruciformes Alveolata*, *Cuboidea*, *Idiogenes* e *Primitiva*) (BROOKER, 2000). Destes, o subgênero *Symphyomyrtus* corresponde à subdivisão mais importante do ponto de vista silvicultural, uma vez que detêm as principais espécies cultivadas no mundo (*E. grandis*, *E. urophylla*, *E. globulus*, *E. camaldulensis*, *E. nitens*, *E. pellita*, *E. saligna*, *E. tereticornis*, *E. dunnii*). Em algumas classificações o subgênero *Corymbia* não é retratado como pertencente ao gênero *Eucalyptus*. Estudos moleculares apresentam maior aproximação genética entre os gêneros *Corymbia* com o *Angophora* do que com o *Eucalyptus* (HILL; JOHNSON, 1995).

Em suas regiões de origem, o gênero representa 80% da área de florestas nativas (VALE *et al.*, 2014), ocupando uma ampla gama de ambientes, variando entre locais semiáridos à úmidos e do trópico de capricórnio à latitude de 43°S (GRATTAPAGLIA; KIRST, 2008). Isso resulta em diferenciações na formação florestal, onde há a presença de diferentes fitofisionomias como florestas de savana aberta, floresta xerófita de esclerófitas, “Malle” e floresta higrófita de esclerófilas (VALE *et al.*, 2014).

O interesse de se utilizar espécies do gênero, em plantios, para o uso humano, é justificado pelas suas características de crescimento rápido e a plasticidade de adaptação à diversos ambientes. Os registros mais antigos datados do início 1800 apontam a criação de povoamentos florestais de *Eucalyptus* na África do Sul, Chile, França, Índia e Portugal para a utilização humana (DOUGHTY, 2000).

O gênero *Eucalyptus* é um dos principais responsáveis no abastecimento de madeira e seus derivados no mundo (IBÁ, 2021). No Brasil 78% da produção florestal é sustentada por *Eucalyptus* sp., fomentando os setores de celulose, carvão e produtos madeireiros. Em 2020, o setor florestal obteve 1,0 % de participação no Produto Interno Bruto (PIB) movimentando a economia interna e gerando 2,9 milhões de postos de trabalho (IBÁ, 2021). Para a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura–FAO (2015), o setor florestal deve se expandir em de cerca de 40% até o ano de 2050 impulsionado pela inflação da população mundial aumentando a demanda de recursos madeireiros. Esse fato, configura-se, como uma oportunidade para o Brasil aumentar o seu desenvolvimento econômico, incrementando suas receitas e gerando novos empregos.

O sucesso da produção florestal nacional é vinculado a adoção de boas práticas de manejo, ao melhoramento genético e as condições edafoclimáticas do país. Esse conjunto de fatores possibilitaram uma alta produtividade brasileira em volume de madeira produzido por área ao ano e ao mesmo tempo menores ciclos entre o plantio e colheita em relação ao resto do mundo. Atualmente, a produtividade média dos plantios de eucalipto no Brasil é 36,8 m³.ha-1. ano-1 (IBÁ, 2021).

Os programas de melhoramento de *Eucalyptus* tem focado no melhoramento de diversas características além da produtividade, a fim de proporcionar maior rentabilidade e qualidade para os produtos no fim da cadeia produtiva (OLIVEIRA, 2021). Características como uma melhor qualidade da madeira, tolerâncias à estresses abióticos, adaptabilidade a uma ampla diversidade de regiões tropicais e subtropicais bem como boas propriedades físicas e químicas da madeira vem sendo exploradas com o intuito de fomentar o abastecimento de setores de celulose, energia e produtos madeireiros (PALUDZYSZYN FILHO; SANTOS, 2011; OLIVEIRA, 2021).

Alguns estudos vêm sendo realizados com *Eucalyptus* a fim de verificar o seu potencial para usos além dos seguimentos tradicionais. Bragatto (2010) constatou um potencial na casca *Eucalyptus* para a produção de etanol mostrando que o resíduo é duas vezes mais produtivo que a cana-de-açúcar. Além disso, a casca possui potencial para a produção de taninos o qual pode ser utilizado na produção de adesivos para a colagem de madeira (SANTIAGO, 2016) e como coagulante no tratamento de água (KLUMB; LUÍS; FARIA, 2012). Ademais, as espécies do gênero têm potencial de produção de nanocristais de celulose podendo ser utilizados no reforço de materiais como filmes de quitosana (SOUZA, 2015), adesivos de madeira (DAMÁSIO *et al.*, 2017) e cimento (SANTOS; SILVA; PEREIRA, 2014), uma vez que possui resistência semelhante ao do aço.

BREVE HISTÓRICO DO MELHORAMENTO DE EUCALYPTUS

As primeiras espécies de *Eucalyptus* foram introduzidas no Brasil no final do século XIX com o objetivo de utilizá-las no paisagismo, quebra-ventos e obtenção de óleos essenciais. Os primeiros experimentos de natureza silvicultural com eucalipto começaram a ser desenvolvidos no Brasil em 1904, com o intuito de avaliar o potencial da espécie em suprir a demanda de madeira para a construção ferroviária e carvão para as locomotivas (BERTOLA, 2013; OLIVEIRA, 2021).

Graças aos estudos de Edmundo Navarro subsidiado pela Companhia Paulista de Es-

tradas de Ferro e Fluvial, pouco a pouco, as florestas de *Eucalyptus* foram crescendo no país, substituindo parte do consumo de madeira nativa. Em 1966, estima-se que no Brasil havia uma área plantada de cerca de 400 mil hectares com espécies do gênero (BERTOLA, 2013; SANTORA; PENTEADO; JÚNIOR, 2014).

Os primeiros esforços de um programa de melhoramento genético de *Eucalyptus* se iniciam em 1941, com uma parceria de Navarro e o pesquisador do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) Carlos Arnaldo Krug. O principal objetivo era propor mecanismos que contornassem a heterogeneidade observada nos plantios. Contudo, foi apenas em 1967 que surgiu oficialmente o primeiro programa de melhoramento de *Eucalyptus* no Brasil, cujo objetivo era obter sementes melhoradas para a propagação de povoamentos florestais (FERREIRA; SANTOS, 1997; CASTRO *et al.*, 2016).

Os resultados das primeiras tentativas do melhoramento de *Eucalyptus* demonstravam que as sementes possuíam baixa qualidade genética e fisiológica. Para solucionar tal problema, as empresas Champions e Duratex convidaram o Professor LD Pryor, que recomendou a introdução de novos materiais genéticos da Austrália visando a ampliação a base genética nacional (FERREIRA, 1993; FERREIRA; SANTOS, 1997; CASTRO *et al.*, 2016).

No final dos anos 1960, os materiais genéticos plantados no Brasil apresentavam problemas de heterogeneidade dos plantios, baixa produtividade e alta susceptibilidade ao cancro causado por *Chrysosporthe cubensis*. Para resolver esses problemas iniciou-se o processo de obtenção de híbridos a partir do cruzamento de indivíduos contrastantes visando aproveitar o melhor potencial de cada genitor (ASSIS; BAUER; TAFAREL, 1999). O cruzamento de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* rapidamente se tornou o principal híbrido a ser propagado de maneira seminal no território brasileiro. O chamado *Eucalyptus urograndis* apresentava maior vigor em relação aos materiais genéticos utilizados na época o que fez as empresas voltarem os olhos para essa espécie sintética (FERREIRA, 1983).

Embora vários avanços no melhoramento tenham sido feitos até década de 70 o principal problema que era a heterogeneidade das florestas ainda persistia. Em 1979 a empresa Aracruz Celulose S.A iniciou a estratégia de propagação vegetativa de seus melhores materiais genéticos o que culminou em plantios homogêneos e aumento da produtividade (FERREIRA; SANTOS, 1997). Hoje, a grande maioria dos plantios de eucalipto no Brasil é feita via propagação clonal de plantas híbridas (IBÁ, 2021; OLIVEIRA, 2021).

Durante os anos de 1980 a 1995 a eucaliptocultura no Brasil, se voltou para estratégias de propagação clonal via estaquia de híbridos interespecíficos de *E. urograndis* (FERREIRA; SANTOS, 1997; CASTRO *et al.*, 2016). Esse período ainda foi marcado por tentativas de melhorias na predição de ganhos e da estimativa de parâmetros genéticos (MCCUTCHAN; OU; NAMKOONG, 1985), estudos em situações de experimentos desbalanceados (MCCUTCHAN; OU; NAMKOONG, 1985), avaliações de diferentes espaçamentos (VALERA; KAGEYAMA, 1988) e testes de genótipos em diferentes locais (SANTOS *et al.*, 1990).

Durante a trajetória do melhoramento genético de eucalipto várias estratégias de seleção e cruzamentos foram realizadas. Dentre elas a seleção recorrente é uma das mais sólidas e empregadas no melhoramento apresentando bons resultados para os programas. Ela consiste em um processo cíclico de melhoramento que envolve a obtenção de progênies, avaliação e in-

tercruzamento das melhores árvores. Esse processo favorece o aumento progressivo da média da característica de interesse por permitir uma congregação de alelos favoráveis à característica no indivíduo. Atualmente, o melhoramento de eucalipto utiliza estratégias de seleção recorrente recíproca (SRR) e seleção recorrente intrapopulacional (SRIPS) (RESENDE *et al.*, 2005; OLIVEIRA, 2021) para a obtenção de clones elites.

EXPERIMENTAÇÃO NO MELHORAMENTO GENÉTICO FLORESTAL

Em programas de melhoramento florestal a montagem de bons experimentos é crucial para a seleção de genótipos superiores e estudo do controle genético das características de interesse (PETERNELLI; RESENDE, 2015). A seleção dos melhores genótipos praticada seguindo uma boa experimentação se baseia nos valores genéticos de cada genótipo ao passo que o efeito do ambiente sobre esse, seja minimizado (RESENDE, 2002).

O fator fundamental para se ter sucesso em avaliações de experimentos é se ter bons dados os quais podem ser conseguidos seguindo os processos de experimentação proposto por Fisher. Deste modo, os experimentos devem atender a três principais princípios, sendo eles repetição, casualização e controle local (CARGNELUTTI FILHO; LÚCIO; LOPES, 2009).

O princípio da repetição consiste em dispor determinado tratamento algumas vezes com o intuito de se estimar o erro experimental e o efeito de cada tratamento (CARGNELUTTI FILHO; LÚCIO; LOPES, 2009). Com a repetição é possível se estimar o erro médio dos tratamentos o que permite realizar a inferência do efeito ambiental e dos parâmetros genotípicos.

A acurácia dos parâmetros genéticos de um caráter é relacionada com o número de repetições (FALCONER, 1981). Assim, é importante se realizar um número mínimo de repetições para que o valor do erro e a acurácia dos parâmetros seja satisfatória. O número de repetições em programas de melhoramento genético de eucalipto tem variado em função da quantidade de plantas por parcela. Em experimentos que adotam a parcela linear tem sido visto o uso de cinco a seis repetições (SCARPINATI, 2007; HENRIQUES *et al.*, 2017; AMÂNCIO *et al.*, 2020) enquanto para experimentos em Single Tree Plot (STP) vem sendo relatado o uso de 20 a 30 repetições (SCARPINATI, 2007; ARAÚJO *et al.*, 2015; NUNES *et al.*, 2018; AMÂNCIO *et al.*, 2020).

Um outro princípio importante na montagem dos experimentos é a casualização cujo objetivo é garantir a aleatoriedade dos tratamentos. Esse princípio evita que se tenha um favorecimento de determinado tratamento em relação aos demais por parte do pesquisador. Com a casualização é possível obter-se a independência dos erros que é um componente dos modelos estatísticos para a inferência probabilística dos resultados (CARGNELUTTI FILHO; LÚCIO; LOPES, 2009).

Quando as condições do ambiente de experimentação não são uniformes é aconselhado o uso do controle local visando diminuir o erro experimental. O controle local pode ser realizado pela formação de blocos no ambiente visando agrupar unidades experimentais que sejam similares, formando assim blocos com maior homogeneidade. No melhoramento florestal devido a heterogeneidade das condições ambientais é comumente adotado o delineamento casualizado em blocos completos (DBCC) (SCARPINATI, 2007; MASSARO *et al.*, 2010; ARAÚJO *et al.*, 2015; HENRIQUES *et al.*, 2017; NUNES *et al.*, 2018; AMÂNCIO *et al.*, 2020). Ele consiste em

subdividir a área experimental em blocos com a finalidade de controlar os efeitos do ambiente sobre tratamentos. Em cada bloco, os tratamentos são distribuídos de forma aleatória respeitando o princípio da casualização. Cada bloco representa uma repetição e o fato de subdividir uma área heterogênea em subunidades homogêneas, caracteriza o controle local (GUIMARÃES *et al.*, 2017).

Os tratamentos dentro dos blocos se encontram aplicados em parcelas ou unidades experimentais onde estes terão seus efeitos avaliados. Para que faça uma boa análise é importante que cada parcela apresente uniformidade garantindo que os resultados não fiquem viesados. Além disso, o tamanho e a forma da parcela são variáveis importantes na montagem de um experimento podendo variar em função do tipo de pesquisa a ser desenvolvida, da cultura, do espaçamento utilizado e da característica a ser avaliada (GUIMARÃES *et al.*, 2017).

FORMATOS DE PARCELA NO MELHORAMENTO DE EUCALYPTUS SPP.

O interesse pelo formato de parcela em experimentos florestais tem sido relatado desde o século passado. No âmbito do melhoramento florestal alguns formatos de parcelas tornaram-se mais comuns na experimentação como as parcelas de uma única planta (STP), parcelas lineares, parcelas retangulares, parcelas quadradas e o plantio piloto (SCARPINATI, 2007; MUNIZ *et al.*, 2009; NUNES *et al.*, 2018; AMÂNCIO *et al.*, 2020).

A maioria dos antigos estudos relacionados às parcelas na experimentação com *Eucalyptus spp* buscavam definir a quantidade de plantas ideais para cada formato. O foco dos trabalhos era determinar a quantidades mínima de plantas por parcela para selecionar com maior confiabilidade bons clones ao passo que otimizava os recursos dos programas. Essas pesquisas se embasam no princípio de que o tamanho da parcela influencia diretamente no efeito da variabilidade experimental, no controle do erro e na melhoria da acurácia do experimento permitindo discriminar melhor os genótipos sob teste (MUNIZ *et al.*, 2009) .

Visando determinar a quantidade de plantas ideal por parcela algumas metodologias foram criadas e adaptadas. No setor florestal as principais metodologias empregadas são a da máxima curvatura (ZANON; STORCK, 2000) máxima curvatura modificado, o método da correlação intraclasse para plantas perenes (PIMENTEL GOMES, 1984) o método de Smith (1938) e o método de otimização (PABLOS; CASTILLO, 1966).

Diversas propostas do tamanho ótimo de parcelas para *Eucalyptus* já foram relatados. Para parcelas retangulares Wright e Baldwin (1956) sugerem o uso de 200 árvores enquanto Silva (1977) sugerem o emprego de apenas 50 árvores. Simplicio *et al* (1996) sugere que para experimentos com mais de dez tratamentos e seis repetições o uso de dez plantas é suficiente para detectar diferenças mínimas de 15% entre as médias dos tratamentos com um coeficiente de variação de até 20%. Contudo, à medida que o ambiente vai se tornando mais homogêneo a quantidade de plantas por parcela decai. Essas flutuações com relação ao número de plantas podem decorrer da espécie vegetal estudada, variação da característica analisada, da época e local do experimento (BAKKE, 1988).

Estudo similar ao de Simplicio *et al.* (1996) foi conduzido por de Muniz *et al* (2009) no qual propuseram determinar a quantidade de plantas ideais para experimentos em parcela linear.

Tomando como fixos a repetição e a diferença mínima entre os tratamentos quanto mais heterogêneo for o ambiente mais plantas dentro da parcela são requeridas. À medida que a repetição é aumentada, menos plantas dentro das parcelas são necessárias sendo o mesmo relatado para a diferença entre os genótipos. Os autores concluíram que para áreas com coeficiente de variação de até 15% as parcelas lineares com mais de dez tratamentos e quatro repetições e cinco plantas são suficientes. Para ambiente com até 10% de coeficiente de variação é recomendado parcelas lineares com duas plantas e quatro repetições considerando as mesmas diferenças significativas dos genótipos que o caso anterior. Por fim, os autores recomendam o uso de parcelas com uma única planta para situações que a diferença entre os genótipos a ser detectada é grande.

Atualmente os estudos buscam comparar a eficiência das diferentes formas de parcelas empregadas em *Eucalyptus* spp. Trabalhos de Scarpinati et al (2009); Nunes et al (2018); Amâncio et al (2020) compararam o STP com outros tipos de parcelas. Estes autores verificaram que as variâncias genéticas para caracteres inerentes à produção de madeira em delineamentos em STP e a amplitudes foram maiores que as encontradas em outros tipos de parcelas. Os autores justificam esses comportamentos à alocompetição que é maior em STP o que provoca diferentes respostas nos clones inflando a sua variabilidade.

O erro experimental também varia em função do tipo de parcela empregado. Trabalhos de Scarpinati et al (2009) e Amâncio et al (2020) mostram que parcelas lineares podem apresentar um erro experimental maior que o STP. Em parcelas lineares em cada bloco um clone compete com apenas dois outros clones sendo que no próximo bloco os competidores podem mudar. Assim, o comportamento de um mesmo clone pode variar ao longo de todos os blocos do experimento. Esse fato faz com que a média das parcelas fiquem sub ou superestimada aumentando a variância entre as parcelas. Embora o STP apresente oito competidores por bloco espera-se que a heterogeneidade para o comportamento competicional entre eles varie menos (SCARPINATI; 2007).

As herdabilidades no sentido amplo encontradas para ensaios que empregam STP são melhores que as encontradas em parcelas maiores. Scarpinati (2007), Nunes et al (2018) e Amâncio et al (2020) observam o decréscimo da herdabilidade à medida que a parcela cresce. Esses dois últimos autores relatam o mesmo fato para a herdabilidade média dos clones e a acurácia de seleção. O aumento da herdabilidade no sentido amplo em STP também é justificado por esse delineamento apresentar melhores estimativas e controle do erro ambiental devido a um maior número de repetições (SCARPINATI *et al.*, 2009).

A seleção de clones também é influenciada pelo tipo de parcela adotado. Estudos comparativos do ranqueamento de formatos de parcela de Scarpinati (2007); Nunes et al (2018); Amâncio et al (2020) têm mostrado diferenças nos ranques em função da parcela assim como a presença de clones não coincidentes entre os clones selecionados. Os autores atribuem esse comportamento ao fato de os diferentes tipos de parcelas causam diferentes tipos de competição nos clones, influenciando no desempenho da característica.

Nunes et al (2018) demonstraram que os genótipos mais produtivos em STP caem sua produtividade quando implantados em delineamentos de parcelas quadradas. Além disso, genótipos pouco produtivos em STP apresentam ganhos de produtividade quando utilizados em parcelas quadradas. A diferença de desempenho dos genótipos em sistemas em STP dos que se aproximam de um sistema comercial é discutido pelo autor. Os genótipos com melhores ranque-

amentos em STP são tidos como bons competidores e podem ser sugeridos em plantios multi-clonais o que resultaria em uma maior produtividade quando comparado em sistemas monoclonais. O mesmo fato pode acometer experimentos com parcela linear uma vez que ele também seleciona clones competidores (SCARPINATI; 2007).

Para selecionar clones em STP e parcela linear pode ser recomendado a seleção de clones homeostáticos (NUNES *et al.*, 2018). Esses clones não variam a sua produção quando implantados em sistemas monoclonais o que poderia evitar que testes futuros com parcelas maiores sejam requeridos. Uma outra opção seria aplicar um fator de correção de 26% nos primeiros e últimos clones do ranque ajustando a sua média de produção para valores próximos de plantios monoclonais.

Hoje a maioria dos melhoristas florestais usam testes de parcelas de árvore única (STP) devido a possibilidade de testagem de vários genótipos simultaneamente com um bom número de repetições e uma boa precisão estatística (FU; YANCHUK; NAMKOONG, 1999; WHITE *et al.*, 2003; STANGER; GALLOWAY; RETIEF, 2011). Além disso, o STP representa uma otimização para os programas uma vez que permite a testagem de mais genótipos em uma mesma unidade de área que outros tipos de parcela. Contudo, o uso de parcelas de uma única planta pode apresentar estimativas tendenciosas de genótipo, mascarando o desempenho real dos indivíduos quando comparado aos sistemas de plantios comerciais devido a acentuação da competição intergenotípica (PAVAN *et al.*, 2011).

O uso de parcelas maiores apresenta baixo número de repetição e requer uma maior área caso se queira testar muitos genótipos podendo aumentar a heterogeneidade da área experimental, na precisão do experimento além de aumentar os custos dos programas (SCARPINATI, 2007). Contudo, experimentos com mais plantas por parcela podem permitir menores erros de plantios de clones, bem como facilitar a avaliação para análises visuais deles, por estarem dispostos sequencialmente no campo (FONSECA *et al.*, 2010).

Assim, ponderando as vantagens e desvantagens inerentes à STP e parcelas maiores recomenda-se a utilização de parcelas menores em fases iniciais de programa de melhoramento devido a qualidade experimental e a testagem de muitos genótipos. Já as parcelas maiores devem ser utilizadas em fases mais avançadas dos programas de melhoramento a fim de se estimar o rendimento clonal em sistemas semioperacionais (NUNES *et al.*, 2018).

SELEÇÃO

Os programas de melhoramento genético de eucalipto visam obter genótipos produtivos ao passo que apresentem outras características de interesse de acordo com o uso, como fuste retilíneo, adequada espessura de galhos, boa densidade, teor adequado de lignina e de extrativos, maior poder calorífico da madeira, menor umidade, boa orientação das fibras ou grã direita, ausência de excentricidade da medula, ausência manchas e nós, maior relação cerne/alburno, ausência (ou baixo grau) de defeitos de secagem como torções, contrações ou retrações da madeira, rachaduras, empenamentos, abaulamentos e colapso, menor proporção de madeira juvenil, coloração da madeira em consonância com as demandas do mercado consumidor, boa qualidade da superfície usinada e resistência aos ataques de fungos e insetos e resistência à doenças e pragas (ASSIS, 2001; REIS; TELLES DOS SANTOS; PALUDZYSZYN FILHO, 2014;

REZENDE; DE RESENDE; DE ASSIS, 2014; HENRIQUES *et al.*, 2017). O ideal é selecionar genótipos que congregem o maior número de características de interesse que atendam os requisitos da empresa e a demanda do consumidor.

Em decorrência da seleção ser baseada em várias características o uso de um índice de seleção para classificação e escolha das melhores árvores pode ser recomendado. Contudo, deve se atentar para o fato de que quanto maior o número de caracteres envolvidos na seleção, menor o ganho de seleção obtido. Em algumas fases do melhoramento genético florestal pode-se lançar mão do uso da seleção em tandem ou de níveis independentes de eliminação (RESENDE, 2002).

Embora algumas métricas utilizadas nas avaliações de genótipos sejam obtidas com a ajuda de equipamentos outras são obtidas de maneira empírica. Comumente, a avaliação de alguns caracteres como formato do fuste, resistência a doenças e densidade de galhos se baseiam na distribuição de notas e conceitos a partir de escores visuais por parte do avaliador (JUNGHANS *et al.*, 2003; REIS; TELLES DOS SANTOS; PALUDZYSZYN FILHO, 2014).

Um assunto pouco explorado no melhoramento florestal é a seleção de genótipos em relação do formato de parcelas experimentais utilizados. De acordo com Bouvet (1997) parcelas com um maior número de plantas podem facilitar a seleção fenotípica precoce, uma vez que com o adensamento aumenta-se há a acentuação da competição por recursos à medida que as árvores envelhecem. Para Pavan (2009) situações que apresentem autocompetição, tendem a ter uma menor variabilidade genética e uma menor estimativa do erro entre parcelas. Para Fonseca *et al* (2010) o uso de parcelas lineares pode facilitar a observação de plantas de uma mesma família ou o comportamento de um clone por estarem dispostas sequencialmente em uma parcela.

Um outro ponto que deve ser levado em consideração em estudos do formato da parcela para a seleção é o caráter sob estudo. O estudo de Pavan (2009) apresentou significância do formato da parcela para a seleção com base no DAP. Entretanto, Silva *et al.*, (2016) sugere que o formato da parcela não interfere na seleção de genótipos para a forma de fuste. Para outras características não é visto estudos que relacionassem a forma da parcela com os atributos de interesse.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A performance atual do setor florestal brasileiro é uma consequência do investimento do setor público e privado em pesquisas voltadas ao melhoramento genético de eucalipto. É iminente a contribuição de processos experimentais na consolidação do apogeu florestal nacional. Baseando-se na experimentação e em técnicas de clonagem foi possível selecionar as melhores árvores, cruzá-las e cloná-las garantindo uma alta produtividade.

Embora a experimentação tenha permitido a seleção de bons materiais genéticos a competição dos indivíduos inerentes à experimentação que podem influenciar a sua seleção. Ainda que existam propostas de ajustes com covariáveis nos modelos o seu trade off torna-se algo impeditivo. Os esforços de tempo, recursos e poder computacional frente aos resultados obtidos não justificam suas utilizações.

Hoje com a agricultura de precisão aliada à técnicas de aprendizados de máquinas po-

dem ajudar a construir soluções para ajudar a selecionar melhores árvores frente à competição. Entretanto, essa é uma abordagem que precisa ser avaliada e estudada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

ASSIS, T. F. de. Estratégias de melhoramento para obtenção de madeira de qualidade para laminação e serraria. In: SEMINÁRIO DE MADEIRA DE EUCALIPTO: TENDÊNCIAS E USOS, 2001, Curitiba. Anais. Curitiba, 2001. p. 1-18.

AMÂNCIO, M. R.; ANDRADE, M. C.; PALUDETO, J. G. Z.; PEREK, M.; BISON, O.; VERGANI, A. R.; DIAS, A. N.; TAMBARUSSI, E. V. Accuracy of genetic parameters estimation and prediction of genotypic values in eucalyptus using different plot types. *Cerne*, v. 26, n. 4, p. 482–490, 2020. doi: 10.1590/01047760202026042710.

ANDRADE, E. M. O Eucalipto. 1. ed. São Paulo: IPEF, 1961. v. 1

ARAÚJO, M. J. de; DIAS, D. da C.; SCARPINATI, E. A.; PAULA, R. C. Número de repetições, de plantas por parcela e de avaliações para testes clonais de eucalipto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 50, n. 10, p. 923–931, 2015. doi: 10.1590/S0100-204X2015001000008.

ASSIS, T. F. de; BAUER, J. F. dos S.; TAFAREL, G. Sintetização de híbridos de *Eucalyptus* por cruzamentos controlados. *Ciência Florestal*, v. 3, n. 1, p. 161, 1999. doi: 10.5902/19805098291.

BAKKE, O. A. TAMANHO E FORMA OTIMOS DE PARCELAS EM DELINEAMENTOS EXPERIMENTAIS. 1988. Piracicaba, 1988.

BERTOLA, A. Eucalipto - 100 anos de Brasil - "Falem mal, mas continuem falando de mim!" Setor de Inventário Florestal, 2013. .

BOUVET, J.-M. Effect of spacing on juvenile growth and variability of *Eucalyptus* clones. *Canadian Journal of Forest Research*, v. 27, n. 2, p. 174–179, 1997. doi: 10.1139/cjfr-27-2-174.

BRAGATTO, J. Avaliação do potencial da casca de *Eucalyptus* spp . para a produção de bioetanol. 2010. Piracicaba, 2010.

BROOKER, M. I. H. A new classification of the genus *Eucalyptus* L'Her. (Myrtaceae). *Australian Systematic Botany*, v. 13, n. 1, p. 79–148, 2000. doi: 10.1071/SB98008.

CARGNELUTTI FILHO, A. C.; LÚCIO, A. D.; LOPES, S. J. Experimentação Agrícola E Florestal Santa Maria - RSUFMS, , 2009. .

CASTRO, C. A. de O.; RESENDE, R. T.; BHERING, L. L.; CRUZ, C. D. Brief history of *Eucalyptus*

breeding in Brazil under perspective of biometric advances. *Ciência Rural*, v. 46, n. 9, p. 1585–1593, 2016. doi: 10.1590/0103-8478cr20150645.

DAMÁSIO, R. A. P.; CARVALHO, A. G.; GOMES, F. J. B.; CARNEIRO, A. D. C. O.; FERREIRA, J. C.; COLODETTE, J. L. Effect of CNC interaction with urea-formaldehyde adhesive in bonded joints of *Eucalyptus* sp. *Scientia Forestalis/Forest Sciences*, v. 45, n. 113, p. 169–176, 2017. doi: 10.18671/scifor.v45n113.17.

DOUGHTY, R. W. *The Eucalyptus: a natural and commercial history of the gum tree*. 1. ed. [s.l.] The Johns Hopkins University Press, 2000.

FALCONER, D. S. *Introduction to Quantitative Genetic-DS Falconer.pdf*, 1981. .

FAO. *The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 International hunger targets: taking stock of uneven progress*. Rome: FAO, 2015. v. 1

FERREIRA, M. Melhoria florestal e silvicultura intensiva com eucalipto. In: *Simpósio IUFRO em melhoria genética e produtividade de espécies florestais de rápido crescimento*. 1. ed. são paulo: Fast Growing tress, 1983. 1. 1983.

FERREIRA, M. a Contribuição Do Setor De Sementes Do Lcf / Ipef Para. *IPEF*, v. 46, p. 8–31, 1993.

FERREIRA, M.; SANTOS, P. T. E. dos. MELHORAMENTO GENÉTICO FLORESTAL DOS *Eucalyptus* NO BRASIL BREVE HISTÓRICO E PERSPECTIVAS. *BRAZIL-BRIEF REVIEW AND PERSPECTIVES*, p. 14–34, 1997.

FONSECA, S. M. da; RESENDE, M. D. V. de; ALFENAS, A. C.; SILVA, L. M. da. *Manual Prático de Melhoria Genética do Eucalipto*. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2010. v. 1

FU, Y. B.; YANCHUK, A. D.; NAMKOONG, G. Spatial patterns of tree height variations in a series of Douglas-fir progeny trials: Implications for genetic testing. *Canadian Journal of Forest Research*, v. 29, n. 6, p. 714–723, 1999. doi: 10.1139/x99-046.

GRATTAPAGLIA, D.; KIRST, M. *Eucalyptus applied genomics: From gene sequences to breeding tools*. *New Phytologist*, v. 179, n. 4, p. 911–929, 2008. doi: 10.1111/j.1469-8137.2008.02503.x.

GUIMARÃES, A.; FRANCISCO, R.; CHAGAS, D.; NETO, V.; SILVA, D.; LUIZ, M.; LOPES, A.; FERNANDO, S.; HAWERROTH, J.; ALBERTO, C.; TANIGUCHI, K.; VAGNER, M.; MARTINS, V.; XAVIER, F.; MARLOS, S.; BEZERRA, A. *Orientações para instalação, condução e avaliação de experimentos de campo*. Embrapa Agroindústria Tropical-Documentos (INFOTECA-E), p. 85, 2017.

HENRIQUES, E. P.; DE MORAES, C. B.; SEBBENN, A. M.; FILHO, M. T.; DE MORAES, M. L. T.; MORI, E. S. Estimativa de parâmetros genéticos para caracteres silviculturais e densidade do lenho em teste de progênies de *Eucalyptus urophylla*. *Scientia Forestalis/Forest Sciences*, v. 45, n. 113, p. 119–128, 2017. doi: 10.18671/scifor.v45n113.11.

HILL, K. D.; JOHNSON, L. A. S. *Systematic studies in the eucalypts 7. A revision of the bloodwoods, genus Corymbia (Myrtaceae)*. *Telopea*, v. 6, n. 2–3, p. 185–504, 1995. doi: 10.7751/telopea19953017.

IBÁ. *RELATÓRIO ANUAL IBÁ 2021*. 1. ed. São Paulo: Industria Brasileira de Àrvore, 2021. v. 1

JUNGHANS, D. T.; ALFENAS, A. C.; MAFFIA, L. A.; FINANCEIRO, A.; FINEP, ; FAPEMIG, /; SUZANO,

/; SUL, B. Escala de Notas para Quantificação da Ferrugem em Eucalyptus. *Fitopatologia Brasileira*, v. 1, 2003.

KLUMB, A. K.; LUÍS, O.; FARIA, V. PRODUÇÃO DE COAGULANTE VEGETAL CATIONICO A PARTIR DE CASCAS DE EUCALIPTO (*Eucalyptus tereticornis*) PRODUCTION OF VEGETABLE CATIONIC COAGULANT FROM EUCALYPTUS BARK (*Eucalyptus tereticornis*). *Vetor*, p. 71–80, 2012.

MASSARO, R. A. M.; BONINE, C. A. V.; SCARPINATI, E. A.; DE PAULA, R. C. Viabilidade de aplicação da seleção precoce em testes clonais de eucalyptus spp. *Ciencia Florestal*, v. 20, n. 4, p. 597–609, 2010. doi: 10.5902/198050982418.

MCCUTCHAN, B. G.; OU, J. X.; NAMKOONG, G. A comparison of planned unbalanced designs for estimating heritability in perennial tree crops. *Theor Appl Genet*, v. 71, p. 536–544, 19 jul. 1985.

MUNIZ, J. A.; AQUINO, L. H. de; SIMPLÍCIO, E.; SOARES, A. R. Determination of the size of experimental plots in *Eucalyptus grandis* hill populations using linear plots. *Ciênc. agrotec*, v. 33, n. 4, p. 1002–1010, 2009.

NUNES, A. C. P.; DOS SANTOS, O. P.; DOS SANTOS, G. A.; DE RESENDE, M. D. V. Statistical strategies design based on competition classes of *Eucalyptus* clones. *Industrial Crops and Products*, v. 124, n. March, p. 66–73, 2018. doi: 10.1016/j.indcrop.2018.07.026.

OLIVEIRA, E. B. de. *O Eucalipto e a Embrapa: Quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento*. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2021.

PABLOS, S. L.; CASTILLO, A. Determinación del tamaño de parcela experimental óptimo mediante la forma canónica. [s.l.: s.n.].

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T. dos. Program de melhoramento genético de eucalipto da Embrapa Florestas: resultados e perspectivas. *Embrapa Florestas*, v. Documentos, n. ISSN 1980-3958, p. 68, 2011.

PAVAN, B. E. *COMPETIÇÃO EM TESTES DE PROGÊNIES DE EUCALIPTO E SUAS IMPLICAÇÕES NA SELEÇÃO E NO MELHORAMENTO*. 2009. Jaboticabal, 2009.

PAVAN, B. E.; DE PAULA, R. C.; PERECIN, D.; CANDIDO, L. S.; SCARPINATI, E. A. Minimizing inter-genotypic competition effects to predict genetic values and selection in forestry genetic tests. *Scientia Agricola*, v. 68, n. 6, p. 671–678, 2011. doi: 10.1590/S0103-90162011000600011.

PETERNELLI, L. A.; DE RESENDE, M. D. V. Experimental Designs for Next Generation Phenotyping. In: *Phenomics*. 1. ed. Cham: Springer International Publishing, 2015. p. 15–32. 2015.

PIMENTEL GOMES, F. O PROBLEMA DO TAMANHO DAS PARCELAS EM EXPERIMENTOS COM PLANTAS ARBÓREAS 1. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 1, p. 1507–1512, 1984.

REIS, C. A. F.; SANTOS, A. M.; PACHECO, A. R. Potencialidades e desafios para o melhoramento genético de eucaliptos aos sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF). [s.l.: s.n.].

REIS, C. A. F.; TELLES DOS SANTOS, P. E.; PALUDZYSZYN FILHO, E. Avaliação de clones de eucalipto em Ponta Porã, Mato Grosso do Sul. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 34, n. 80, 31 dez. 2014. doi: 10.4336/2014.pfb.34.80.569.

RESENDE, M. D. V.; BARBOSA, M. H. P.; REZENDE, G. D. S. P.; AGUIAR, A. M.; DIAS, L. A. dos S.; STURION, J. A. Métodos e Estratégias de Melhoramento de Espécies Perenes: Estado da Arte e Perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS. 1. ed. Gramado: Sociedade Brasileira de Melhoramento de Plantas, 2005. 1. 2005.

REZENDE, G. D. S. P.; DE RESENDE, M. D. v.; DE ASSIS, T. F. Eucalyptus Breeding for Clonal Forestry. In: Challenges and Opportunities for the World's Forests in the 21st Century. 81. ed. Online: Forestry Sciences, 2014. 1 p. 393–424. 2014.

SANTIAGO, S. B. TANINOS DA CASCA DE EUCALIPTO E SUA EFICIÊNCIA NA COLAGEM DE MADEIRA. 2016. 2016.

SANTORA, E.; PENTEADO, J. F.; JÚNIOR, I. C. G. R. Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: Diversificação da produção e renda. 1. ed. Brasília: Embrapa Florestas, 2014. v. 1

SANTOS, P. E. T. DOS; GARCIA, C. H.; MORI, E. S.; MORAES, M. L. T. DE. POTENCIAL PARA PROGRAMAS DE MELHORAMENTO, ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E INTERAÇÃO PROGÊNIES X LOCAIS EM POPULAÇÕES DE *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake PAULO. Ipef, v. 43, n. 44, p. 11–19, 1990.

SANTOS, H. G.; GONÇALVES, F. M. A.; LIMA, J. L.; AGUIAR, A. M.; REZENDE, G. D. S. P.; DE LIMA, B. M.; RAMALHO, M. A. P. Strategies for the analysis of single-tree plot experiments in *Eucalyptus* plantations. *Journal of Forestry Research*, 2021. doi: 10.1007/s11676-021-01322-y.

SANTOS, M. H.; SILVA, R. M.; PEREIRA, F. V. COMPOSITOS DE CIMENTO IONOMÉRICO MODIFICADOS COM FIBRAS CELULÓSICAS: PRODUTO, PROCESSO E USO. Diamantina: UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI, 2014. .

SCARPINATI, E. A. INFLUÊNCIA DO MODELO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA E DA FORMA DAS PARCELAS EXPERIMENTAIS NA SELEÇÃO DE CLONES DE *Eucalyptus* spp. 2007. Jaboticabal, 2007.

SCARPINATI, E. A.; PERECIN, D.; PAULA, R. C. de; BONINE, C. A. V.; PAVAN, B. E.; CANDIDO, L. S. Influência do modelo de análise estatística e da forma das parcelas experimentais na seleção de clones de *Eucalyptus* spp. *Revista Árvore*, v. 33, n. 4, p. 769–776, 2009. doi: 10.1590/s0100-67622009000400020.

SILVA, L. B. X. da. "TAMANHOS E FORMAS DE UNIDADES DE AMOSTRA EM AMOSTRAGEM ALEATÓRIA E SISTEMÁTICA PARA FLORESTAS PLANTADAS DE *EUCALYPTUS ALBA* REWIEN." 1977. Curitiba, 1977.

SILVA, W. D. M.; DE MORAES, M. L. T.; PUPIN, S.; DA SILVA, J. M.; SEBBENN, A. M.; PAVAN, B. E. Influência do tamanho de parcelas experimentais na seleção de progênies de *E. camaldulensis* Dehnh. *Scientia Forestalis/Forest Sciences*, v. 44, n. 112, p. 979–986, 2016. doi: 10.18671/scifor.v44n112.19.

SIMPLICIO, E.; MUNIZ, J. A.; AQUINO, L. H.; SOARES, A. R. DETERMINAÇÃO DO TAMANHO DE PARCELAS EXPERIMENTAIS EMPOVOAMENTOS DE *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden1 . I- PARCELAS RETANGULARES. 1996.

SMITH, H. F. An empirical law describing heterogeneity in the yields of agricultural crops. *The Journal of Agricultural Science*, v. 28, n. 1, p. 1–23, 27 jan. 1938. doi: 10.1017/S0021859600050516.

SOUZA, V. C. de. Nanocristais de celulose como fase de reforço para filmes de quitosana: obtenção, caracterização e aplicação. 2015. Florianópolis, 2015.

STANGER, T. K.; GALLOWAY, G. M.; RETIEF, E. C. L. Final results from a trial to test the effect of plot size on Eucalyptus hybrid clonal ranking in coastal Zululand, South Africa. *Southern Forests*, v. 73, n. 3–4, p. 131–135, set. 2011. doi: 10.2989/20702620.2011.639492.

VALE, A. B. do; MACHADO, C. C.; PIRES, J. M. M.; BARBOSA, M. Capítulo 5. In: *A eucalipultura no Brasil*. Viçosa: SIF, 2014. 2014.

VALERA, F. P.; KAGEYAMA, P. Y. Interação genótipo x espaçamento em progênies de Eucalyptus saligna Smith. *Ipef*, v. cil, n. 39, p. 5–16, 1988.

WHITE, T. L.; HUBER, D. A.; WHITE, T. L.; POWELL, G. L. Age-Five Results from the Cooperative Forest Genetics Research Program Slash Pine Polymix Trials. [s.l.: s.n.].

WRIGHT, J. W.; BALDWIN, H. I. The 1938 International Union Scotdi Pine Provenance Test in New Hanipshire. *Silvae genetica*, v. 44, p. 2–14, 1956.

ZANON, M. L. B.; STORCK, L. TAMANHO ÓTIMO DE PARCELAS EXPERIMENTAIS PARA Eucalyptus saligna SMITH EM DOIS ESTÁDIOS DE DESENVOLVIMENTO. *Cerne*, v. 6, n. 2, p. 104–111, 2000.

Energia renovável: os fundamentos da energia solar

Renewable energy: the fundamentals of solar energy

Elizabeth Soares Vieira

Instituto Federal do Maranhão, Laboratório de Pesquisa, Imperatriz – MA – Brasil

João Pedro Lemos Moraes

Instituto Federal do Maranhão, Laboratório de Pesquisa, Imperatriz – MA – Brasil

Fernando José Figueiredo Agostinho D'Abreu Mendes

Politécnico de Coimbra – ESTeSC – UCPCBL, Coimbra – Portugal.

Ana Angélica Mathias Macêdo

Instituto Federal do Maranhão, Laboratório de Pesquisa, Imperatriz – MA – Brasil

DOI: 10.47573/aya.5379.2.84.7

RESUMO

Dentre as tecnologias empregadas na geração distribuída proveniente de fontes renováveis, o uso da geração solar tem crescido consideravelmente nos sistemas de geração de energia elétrica em todo o mundo. A energia solar apresenta um forte potencial como fonte energética por diversas razões, a principal pelo alto valor de irradiância solar incidente na Terra. O princípio de funcionamento de uma célula fotovoltaica consiste na conversão direta da luz solar incidente em energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico. Entretanto, a energia solar apresenta alto custo em comparação a métodos convencionais de geração de eletricidade, limitando o uso em larga escala. Considerando os benefícios da energia solar, é necessário expandir a acessibilidade e eficiência, e o desenvolvimento de novas tecnologias na área fotovoltaica requer, a princípio, uma análise do funcionamento e dos fundamentos do método de geração de energia elétrica. Neste sentido, apresenta-se as interações que permitem a geração e consumo da energia solar, compondo uma visão do uso da luz solar para a geração de energia elétrica por meio de células solares.

Palavras-chave: energia solar. eletricidade. energia renovável.

ABSTRACT

Among the technologies used in distributed generation from renewable sources, the use of solar generation has grown considerably in electric energy generation systems around the world. Solar energy presents a strong potential as an energy source for several reasons, the main one being the high solar irradiance value on Earth. The working principle of a photovoltaic cell consists in a direct conversion of incident solar light in electric energy via photovoltaic effect. However, solar energy still presents a high cost in comparison to conventional methods of electricity generation, limiting its use in large scale. Considering the benefits of solar energy, it's necessary to expand its accessibility and efficiency, and the development of new technologies in photovoltaics require, at first, an analysis of the fundamentals and working principles of this electric energy generation method. In this sense, the present paper presents, in detail, the interactions that allow the generation and consumption of solar energy, composing, at the end, an expanded vision on the usage of solar light to electric energy generation through solar cells.

Keywords: solar energy. electricity. renewable energy.

INTRODUÇÃO

Com o aumento da demanda energética mundial e o expressivo crescimento populacional, o uso de equipamentos que consomem energia elétrica aumentou drasticamente. Dada a natureza não renovável dos combustíveis fósseis, fez-se necessário a busca por fontes de energia sustentáveis para aumentar a capacidade energética (WU *et al.*, 2017). A energia solar apresenta um forte potencial como fonte de energia devido a irradiação solar anual sobre a Terra ser aproximadamente dez vezes maior que a energia total armazenada em combustíveis fósseis, sendo praticamente inesgotável e não poluente (PALZ, 2010).

A necessidade de explorar recursos renováveis que tragam flexibilidade e sustentabilida-

de para a geração de energia trouxe a energia solar para o centro das discussões e definições de política energética de diversos países desenvolvidos e emergentes, já que seu uso pode reduzir o consumo de combustíveis fósseis, as emissões de gases de efeito estufa, fomentar o desenvolvimento tecnológico, e contribuir com vetores da sustentabilidade ambiental, social e econômica (AHMADI *et al.*, 2018).

Entretanto, a energia solar possui alto custo em comparação aos métodos convencionais de produção de eletricidade, limitando o uso em larga escala (SETHI *et al.*, 2015), havendo necessidade de explorar os fundamentos para otimizar a eficiência.

Diante deste cenário, pretende-se abordar a energia solar a partir do princípio de funcionamento e dos fundamentos físico-químicos que a tornam possível.

FUNDAMENTOS DA ENERGIA SOLAR

Teoria das bandas

Devido à natureza dual da matéria, que se comporta simultaneamente como partícula e como onda a nível microscópico, não é possível determinar simultaneamente com exatidão a posição e o momento de partículas microscópicas. Entretanto, Erwin Schrödinger (1887 - 1961), após estudo matemático-estatístico, afirmou que há regiões do espaço que circunda o núcleo, denominadas orbitais, nas quais há uma maior probabilidade de se encontrar um elétron, levando ao surgimento do conceito de níveis e subníveis (BROWN, 2009).

Os elétrons tendem a ocupar posições de menor energia. A distribuição eletrônica se dá de forma crescente com base nos subníveis das camadas eletrônicas do átomo, conforme o diagrama de Linus Pauling (Figura 1).

Figura 1- Diagrama de Linus Pauling. Fonte: Autoral.

Camadas		Nível	Número máximo de elétrons por nível	Subníveis
K	1s ²	1	2	s
L	2s ² 2p ⁶	2	8	p d
M	3s ² 3p ⁶ 3d ¹⁰	3	18	f
N	4s ² 4p ⁶ 4d ¹⁰ 4f ¹⁴	4	32	
O	5s ² 5p ⁶ 5d ¹⁰ 5f ¹⁴	5	32	
P	6s ² 6p ⁶ 6d ¹⁰	6	18	
Q	7s ²	7	2	

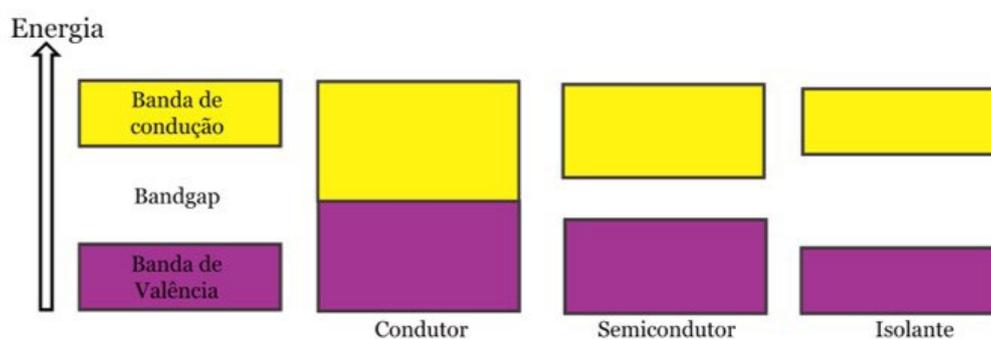
Independente do material, os elétrons ficam restritos aos orbitais no processo de união dos átomos e subsequente formação de moléculas. E, conforme o princípio da exclusão de Pauli, um orbital pode comportar até dois elétrons com spins contrários (isto é, momento angular intrínseco com sinais opostos), pois o spin dos elétrons gera um campo magnético que se opõe à repulsão eletrostática gerada por suas cargas elétricas (BROWN, 2009).

Em substâncias cristalinas (nas quais os átomos estão arranjados de forma regular e

estruturada), os elétrons tendem a ocupar os menores níveis de energia, localizados próximos ao núcleo atômico (PETRUCCI, 2017). Quanto maior a distância do elétron ao núcleo atômico, maior o nível de energia. O orbital de energia mais baixa vazio é denominado LUMO (*Lowest Unoccupied Molecular Orbital*), enquanto o orbital de energia mais alto ocupado é denominado HOMO (*Highest Occupied Molecular Orbital*) (HAGBERG *et al.*, 2007).

No processo de união das moléculas para a formação da estrutura cristalina de um semiconductor, há sobreposição dos níveis de energia, gerando bandas de energia (Figura 2). Tais bandas se dividem em: banda de valência (BV), que contém a faixa de elétrons presos às ligações covalentes entre os átomos; a banda de condução (BC), que corresponde a faixa de elétrons de valência com livre movimento após o rompimento da ligação covalente; e o gap de energia (do inglês *bandgap*), conhecida como banda proibida e definida como a região que um elétron precisa saltar para transitar entre as bandas de valência e a de condução, pois ela não permite a presença de elétrons (BACCARO; GUTZ, 2018).

Figura 2 - Bandas de energia. Fonte: Autoral.



Os condutores apresentam uma banda de valência preenchida e uma banda de condução vazia. Por não haver um intervalo entre BV e BC, os materiais condutores facilitam a condução elétrica entre os átomos, devido à pequena quantidade de energia necessária para liberar elétrons em sua estrutura (PHILLIPS, 2012). Já os isolantes apresentam um *bandgap* largo, visto que os elétrons estão bem próximos do núcleo e presos em seus orbitais por uma ligação covalente que dificulta sua liberação para a banda de condução, exigindo o fornecimento de uma grande quantidade de energia capaz de fazê-los saltar a *bandgap* e chegar à banda de condução (BACCARO, GUTZ, 2018).

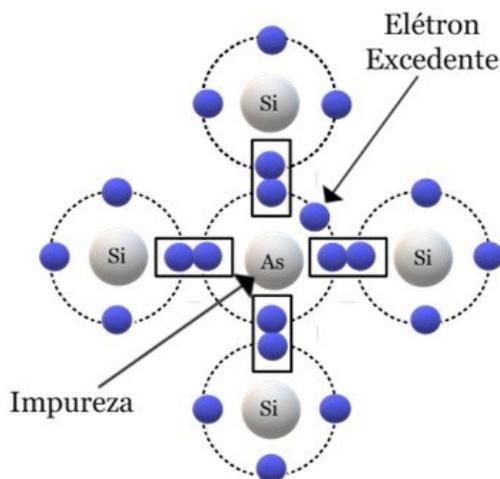
Nos semicondutores, há uma banda de valência completamente preenchida, uma banda de condução vazia e um gap entre elas. No entanto, esse *gap* é bem menor que nos isolantes. Desse modo, os semicondutores agem como isolantes em baixas temperaturas, pois os elétrons não possuem energia suficiente para se transportarem para a BC. Porém, em temperaturas mais altas, alguns elétrons obtêm energia suficiente para transpor a *bandgap* e chegar à banda de condução (LIU *et al.*, 2016).

Para que um elétron semiconductor saia da camada de valência, ultrapasse a *bandgap* e alcance a banda de condução, ele precisa absorver energia por meio de fótons. A quantidade de elétrons livres presentes na banda de condução deve ser igual a quantidade de vacâncias na banda de valência (CHAVES, 2001). Como o gap não permite a presença de elétrons, os fótons devem apresentar energia igual ou superior a ela para que os elétrons da banda de valência possam absorvê-los. Ao absorverem o fóton, os elétrons do semiconductor mudam de nível de energia, ganhando liberdade de locomoção na estrutura do semiconductor.

Quando um elétron absorve um fóton com energia suficiente e vai para a banda de condução, forma-se um par elétron-buraco entre o átomo doador e o átomo receptor. Materiais semicondutores intrínsecos, como o silício (Si), não são bons condutores devido à ausência de elétrons livres. Todavia, a adição de átomos de elementos diferentes do elemento principal do material semiconductor – denominada dopagem – permite aumentar sua condutividade. Os dopantes, adicionados como impurezas, alteram a condutividade do material por meio da alteração do nível de Fermi, que corresponde ao nível eletrônico mais alto que pode ser alcançado espontaneamente por um elétron da banda de valência com 50% de probabilidade na temperatura de 0 K, localizado no centro da bandgap em materiais semicondutores (LUKASIAK; JAKUBOWSKI, 2010).

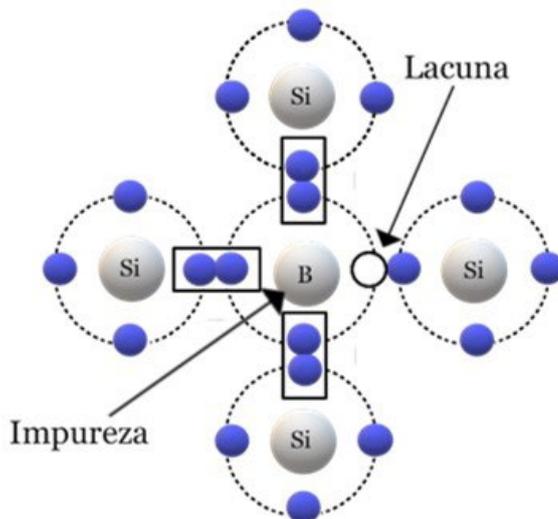
Um dos métodos de dopagem envolve a adição de elementos com cinco elétrons na camada de valência, gerando quatro ligações covalentes e resultando em um elétron dissociado fracamente ligado ao átomo, o qual pode se locomover até a banda de condução. Esta dopagem é tipo n, onde átomo pentavalente é denominado doador, por ceder um elétron para a banda de condução, resultando no aumento da quantidade de elétrons de valência (Figura 3).

Figura 3 - Dopagem tipo n com um átomo de impureza de arsênio (As). Fonte: Autoral.



Já a dopagem do tipo p é feita com elementos trivalentes (três elétrons na camada de valência), os quais formam três ligações covalentes com o elemento principal do semiconductor, resultando em uma lacuna causada pela ausência de um quarto elétron (Figura 4).

Figura 4 - Dopagem tipo p com um átomo de impureza de Boro (B). Fonte: Autoral.

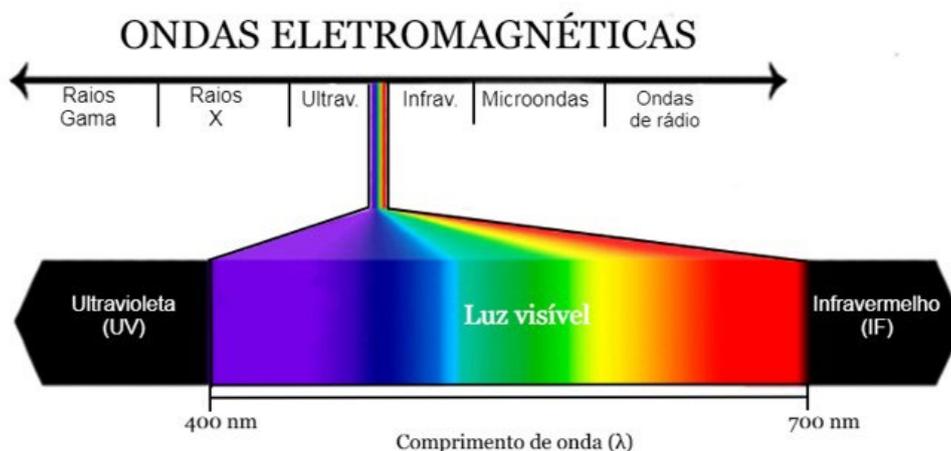


Nesta dopagem, o átomo trivalente é denominado receptor, pois recebe um elétron da banda de condução para preencher a lacuna. Enquanto na banda de condução, há aumento dos portadores negativos, na banda de valência há aumento da quantidade de lacunas, que se comportam como portadores positivos (WANG *et al.*, 2012).

Efeito fotovoltaico

A conversão da energia luminosa em energia elétrica de células fotovoltaicas em semicondutores é feita por meio do efeito fotovoltaico (YANG; KIM; ALEXE, 2018), que consiste na geração de uma corrente elétrica em um semicondutor quando exposto a luz (fótons) (FURCHI *et al.*, 2014). Tais fótons podem apresentar diversos valores de energia, correspondentes aos diversos comprimentos de onda do espectro solar (Figura 5).

Figura 5 - Espectro de radiação eletromagnética. Fonte: Autoral.



As células fotovoltaicas de silício são formadas pela junção de dois materiais semicondutores com dopagens p e n (junção p-n), nas quais os níveis de Fermi se igualam, gerando uma barreira de potencial entre o semicondutor com dopagem tipo n e com dopagem tipo p (FONASH, 2012). Diante disso, a saída de um elétron da banda de condução do lado n para banda de valência do lado p requer a inserção de uma energia adicional.

O efeito fotovoltaico é gerado conforme fótons atingem a célula fotovoltaica e são absorvidos internamente pelos elétrons, gerando pares elétron-buracos. Neste processo, a barreira de potencial impede a união entre elétron e buraco, transportando-os em direções opostas na célula.

Quando se conecta uma carga elétrica entre os dois terminais da célula, ocorre a movimentação dos elétrons ao longo do circuito formado, originando uma corrente elétrica (SHARMA, 2015). Em síntese, quando há incidência de luz sobre a célula fotovoltaica, os fótons com energia menor que a energia do bandgap não são absorvidos pelos elétrons no dispositivo fotovoltaico, enquanto os que possuem energia igual ou superior são absorvidos e geram corrente elétrica.

Cada elétron livre deixa um buraco no seu lugar, que se comporta como um portador de carga positiva e possui liberdade de locomoção na estrutura do cristal (SZE *et al.*, 2001). O campo elétrico resultante da junção p-n transporta os elétrons para o lado n e os buracos para o lado p. Ao ligar os terminais da célula a um circuito externo, o efeito fotovoltaico gera uma corrente elétrica capaz de fornecer energia elétrica.

Efeito fotoeletroquímico

O efeito fotoeletroquímico se baseia na habilidade de materiais absorverem fótons e desencadear processos químicos em interfaces por meio da excitação eletrônica subsequente. Neste efeito, a energia solar atua como a força eletromotriz agindo no intuito de promover reações eletroquímicas (SIVULA; VAN DE KROL, 2016).

Este processo funciona de forma análoga a uma pilha fornecendo energia a partir das descargas elétricas de seus reagentes químicos. Em células solares sensibilizadas por corante, os sensibilizadores adsorvidos sobre a superfície de um semicondutor absorvem luz, gerando elétrons excitados que são transferidos para o semicondutor (GRATZEL, 2011).

Em suma, no processo de conversão de energia, a luz incidente absorvida pelo sensibilizador promove elétrons do nível de mais baixa energia para o mais alto e os elétrons são transferidos para a banda de condução do semicondutor, nos quais se movem em direção a um eletrodo coletor, onde são utilizados para gerar energia elétrica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desde a descoberta da possibilidade de geração de energia elétrica através da energia solar, diversas tecnologias foram desenvolvidas com o intuito de aumentar a escala e a eficiência desse método de geração de energia. O aumento do consumo de energia elétrica e dos problemas ambientais causados principalmente pela queima de combustíveis fósseis implica em uma maior necessidade de inserir fontes renováveis de energia na matriz energética mundial

Deste modo, a conversão de energia solar em energia elétrica por meio de células fotovoltaicas, tornou-se uma alternativa promissora. Ao analisar o funcionamento e os fundamentos desse método de geração é possível observar que, aumentando a acessibilidade, a tecnologia pode compor grande parte da matriz energética, de forma sustentável.

REFERÊNCIAS

- AHMADI, M. H.; GHAZVINI, M.; SADEGHZADEH, M.; ALHUYI NAZARI, M., KUMAR, R., NAEIMI, A.; MING, T. Utilization of hybrid nanofluids in solar energy applications: a review. In: Nano-structures & nano-objects, v. 20, p. 100386, 2019.
- BACCARO, A. L. B.; GUTZ, I. G. R. Photoelectrocatalysis on semiconductors: from the fundamentals to its conformation at the nanoscale level. In: Química nova, v. 41, n. 3, p. 326-339, 2018.
- BROWN, T. L. Chemistry: the central science. Pearson Education, 2009.
- CHAVES, A. Física. Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso, v. 4, 2001.
- FONASH, S. Solar cell device physics. Elsevier, 2012.
- FURCHI, M. M.; POSPISCHIL, A.; LIBISCH, F.; BURGDÖRFER, J.; MUELLER, T. Photovoltaic effect in an electrically tunable van der Waals heterojunction. In: Nano letters, v. 14, n. 8, p. 4785-4791, 2014.

- GHANN, W.; KANG, H.; SHEIKH, T.; YADAV, S.; CHAVEZ-GIL, T.; NESBITT, F.; UDDIN, J. Fabrication, optimization and characterization of natural dye sensitized solar cell. In: Scientific reports, v. 7, n. 1, p. 1-12, 2017.
- GRÄTZEL, M. Photoelectrochemical cells. In: Materials for sustainable energy: a collection of peer-reviewed research and review articles from nature publishing group, p. 26-32, 2011.
- HAGBERG, D. P.; MARINADO, T.; KARLSSON, K. M.; NONOMURA, K.; QIN, P.; BOSCHLOO, G.; SUN, L. Tuning the HOMO and LUMO energy levels of organic chromophores for dye sensitized solar cells. In: The journal of organic chemistry, v. 72, n. 25, p. 9550-9556, 2007.
- LIU, Q.; ZHANG, X.; WAUGH, J. A.; DESSAU, D. S.; ZUNGER, A. Orbital mapping of energy bands and the truncated spin polarization in three-dimensional Rashba semiconductors. In: Physical review B, v. 94, n. 12, p. 125207, 2016.
- LUKASIAK, L.; JAKUBOWSKI, A. History of semiconductors. In: Journal of telecommunications and information technology, p. 3-9, 2010.
- PALZ, W. Power for the world: the emergence of electricity from the Sun. Pan Stanford Publishing, 2010.
- PETRUCCI, R. H. General chemistry: principles and modern applications. Pearson, 2017.
- PHILLIPS, J. Bonds and bands in semiconductors. Elsevier, 2012.
- SETHI, V. K.; PANDEY, Mukesh; SHUKLA, Priti. Cost Boundary in Silicon Solar Panel. In: International journal of chemical engineering and applications, v. 2, n. 5, p. 372, 2011.
- SHARMA, S., SIWACH, B., GHOSHAL, S. K., & MOHAN, D. Dye sensitized solar cells: from genesis to recent drifts. In: Renewable and sustainable energy reviews, v. 70, p. 529-537, 2017.
- SHARMA, B. L.; PUROHIT, R. K. Semiconductor heterojunctions. Elsevier, 2015.
- SIVULA, K.; VAN DE KROL, R. Semiconducting materials for photoelectrochemical energy conversion. In: Nature reviews materials, v. 1, n. 2, p. 1-16, 2016.
- WANG, J.; CHEN, X.; ZHU, B. F.; ZHANG, S. C. Topological p-n junction. In: Physical review B, v. 85, n. 23, p. 235131, 2012.
- WU, J.; LAN, Z.; LIN, J.; HUANG, M.; HUANG, Y.; FAN, L.; WEI, Y. Counter electrodes in dye-sensitized solar cells. In: Chemical society reviews, v. 46, n. 19, p. 5975-6023, 2017.
- YANG, M.; KIM, D. J.; ALEXE, M. Flexo-photovoltaic effect. In: Science, v. 360, n. 6391, p. 904-907, 2018.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e a FAPEMA.

Utilização da borracha na pavimentação asfáltica, associado a sustentabilidade ambiental

*Fernando da Costa Barros
Thiago Pastre Pereira*

DOI: 10.47573/aya.5379.2.84.8

RESUMO

Hoje, a reciclagem de resíduos industriais é uma condição necessária para proteger o meio ambiente, reduzindo o custo de produção e o consumo de energia de materiais e componentes de construção. Resíduos de pneus descartados no meio ambiente podem causar sérios problemas ambientais e, devido à sua natureza química, esses resíduos levam em média 600 anos para se decompor na natureza. Portanto, o manuseio adequado dos pneus pode evitar danos à natureza e à saúde pública. O reaproveitamento da borracha de resíduos de pneus para a geração de novas estradas, o chamado asfalto de borracha, é a solução para esse problema. Este trabalho propõe um estudo bibliográfico com o objetivo de compreender o uso da borracha na pavimentação asfáltica voltada para a sustentabilidade ambiental, melhorando a flexibilidade e tornando a mistura mais resistente ao envelhecimento, deformação, trincas e ainda a reutilização de pneus trazendo condições melhores ao meio ambiente. Além disso a compreensão relacionada ao impacto ambiental causada pelo descarte inadequado de pneus inservíveis que produz transtornos à qualidade de vida, à saúde, e a natureza, e outros procedimentos que tragam vantagens ecológicas, ambientais e sociais, proporcionando uma destinação adequada para os pneus inservíveis.

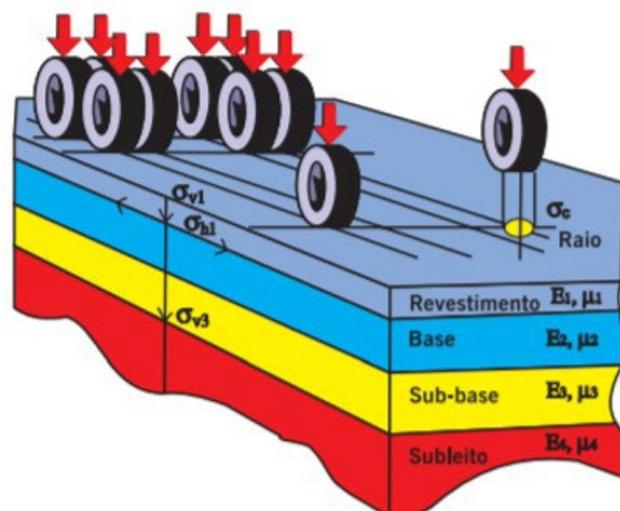
Palavras-chave: borracha. pavimentação. asfáltica. sustentabilidade. ambiental. bibliográfica.

PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA

O procedimento de pavimentação asfáltica é um dos mais importantes quando falamos em infraestrutura das cidades e transporte viário. Entretanto, devido ao crescente fluxo de veículos no Brasil, nas últimas décadas, a pavimentação asfáltica passou a empregar novos componentes capazes de fazer com que tenha maior resistência e durabilidade para circulação de veículos. (Exati, 2020)

O Pavimento pode ser denominado como uma estrutura composta por múltiplas camadas de espessuras finitas, construída sobre a superfície final de terraplenagem, destinada a resistir aos esforços oriundos do tráfego de veículos e do clima, e a propiciar aos usuários melhoria nas condições de rolamento, com conforto, economia e segurança (Bariani Bernucci et. al., 2008)

Imagem 1- Ilustração do sistema de camadas de um pavimento e tensões solicitantes.



Fonte: Albernaz, 1997.

De modo geral, podemos classificar o pavimento rodoviário tradicional em dois tipos básicos: rígidos e flexíveis. Entretanto, com os avanços tecnológicos da engenharia de materiais, a pavimentação asfáltica passou a ter novos componentes, capazes de agregar durabilidade e aumentar a resistência. (EXATI,2020)

Mais recentemente há uma tendência de usar-se a nomenclatura pavimentos de concreto de cimento Portland (ou simplesmente concreto-cimento) e pavimentos asfálticos, respectivamente, para indicar o tipo de revestimento do pavimento. Para Bariani Bernucci et. al. (2008) os pavimentos podem ser classificados como:

Os pavimentos de concreto-cimento são aqueles em que o revestimento é uma placa de concreto de cimento Portland. Nesses pavimentos a espessura é fixada em função da resistência à flexão das placas de concreto e das resistências das camadas subjacentes. Os pavimentos asfálticos são aqueles em que o revestimento é composto por uma mistura constituída basicamente de agregados e ligantes asfálticos. É formado por quatro camadas principais: revestimento asfáltico, base, sub-base e reforço do subleito (BARIANI BERNUCCI ET. AL.,2008, P.9).

Para Medina (1997) os revestimentos asfálticos são constituídos por associação de agregados e materiais asfálticos como forma de ligamento da malha, podendo ser de duas maneiras, podendo ser aplicado por penetração ou por mistura. Por penetração refere-se aos executados através de uma ou mais aplicações de material asfáltico e de idêntico número de operações de espalhamento e compressão de camadas de agregados com granulometrias apropriadas. No revestimento por mistura, o agregado é pré-envolvido com o material asfáltico, antes da compressão. (MEDINA, 1997)

Uma ótima opção que tem sido testada atualmente é o asfalto borracha, feito a partir do extrato de pneus reciclados com outros materiais. Além de acabar com o excesso desses objetos no ambiente, a borracha garante um bom desempenho, mais durável e com maior conservação, se comparado com a tipo de pavimentação atual, adotado no Brasil.

ASFALTO BORRACHA

O uso dos asfalto-borracha ou asfalto-ecológico de pneus inservíveis em revestimentos de asfalto em pavimentos tem sido empregado há algumas décadas na América Latina. No Brasil já vem sendo usada frequentemente pela engenharia segundo a Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos (ANIP). O asfalto de borracha é um ligante asfáltico em que há a inserção do polímero BMP (Borracha moída de pneu) na composição de CAP (Cimento asfáltico de petróleo) é efetuada a quente, sob condições controladas, onde o teor da borracha varia de 15 % a 25% em relação ao peso total da mistura, diluente e alguns aditivos especiais. Essa borracha é proveniente de pneus inservíveis que seriam descartados na natureza. Além de dar destino aos pneus inservíveis de uma forma ecológica, o uso da borracha moída de pneus melhora muito as propriedades e o desempenho do revestimento asfáltico

Imagem 2 - Asfalto borracha



Fonte: Greca asfalto, 2020.

Para Medina (1997), o pavimento e o subleito estão sujeitos a uma solicitação dinâmica provenientes de cargas de diferentes intensidades e variadas frequências ao longo do dia que impacta diretamente a camada de aderência do solo.

Vantagens

A pavimentação com asfalto-borracha varia em média de 30% mais cara do que o asfalto comum, mas traz muitos benefícios, vida útil nas estradas, diminui o nível de ruídos causados pelos veículos e evita derrapagens na chuva. (LIEDI *et al*, 2006)

- Melhora as condições de saúde, meio ambiente e segurança (SMS).
- Diminui a emissão de poluentes.
- Gera menor propagação de trincas.
- Prorroga os intervalos entre as intervenções na pista.
- Provoca menos ruído.
- Reduz o spray causado pelos pneus dos veículos em dias de chuva.
- O pó borracha proveniente de pneus reciclados garante maior flexibilidade e resistência.
- Melhoria na aderência entre o pneu e o pavimento, diminuindo assim o risco de acidentes.
- Entre outros.

Desvantagem

O asfalto borracha apesar de ser uma das fontes de recursos renováveis ele tem seus pontos negativos que causa alguns malefícios a natureza. (LIEDI *et al*, 2006)

- Maior dificuldade operacional e executiva: necessidade de equipamentos especiais, trabalho com temperaturas mais elevadas

- Estocagem, que exige recirculação constante do asfalto-borracha
- Controle tecnológico e de qualidade eficiente, principalmente no fornecimento do asfalto borracha

Aplicação do asfalto borracha

O asfalto borracho é obtido como resíduo da destilação do petróleo bruto disperso em água, gerando uma emulsão asfáltica, um cimento utilizado para emulsor de uma mistura, como: pedra, concreto, metal, esses agregantes gera uma característica de coesão, insolubilidade e isolamento térmico e acústico.

Vários serviços de pavimentação têm sido aplicados o ligante asfalto borracho, onde não fica restrito às atividades de reabilitação, sendo utilizado em tratamento superficial, transição entre pavimento existente, camada de reforço e revestimento de concreto asfáltico. O asfalto borracho torna-se viável economicamente, se levamos em conta sua durabilidade maior.

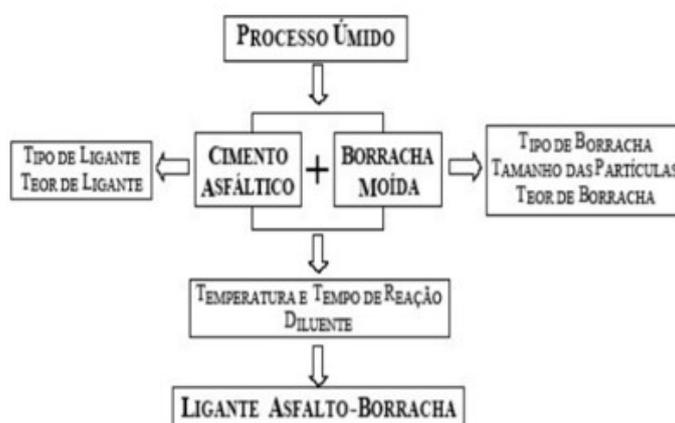
Ligante Asfáltico

É um ligante betuminoso que é gerado pela destilação do petróleo e que tem a propriedade de ser um adesivo, impermeável à água e pouco reativo.

O ligante asfalto-borracha é uma adição da borracha moída ao ligante asfáltico, em um tanque de reação, sob temperaturas entre 175 e 200°C. O teor de borracha normalmente utilizado no asfalto borracha é de 15% a 20% em peso. O teor varia em função das características que se deseja obter no ligante modificado final.

Após o período de reação, o produto obtido fica armazenado em outro tanque, que deve conter um sistema mecânico de agitação constante, a fim de manter a mistura dispersa, de forma a evitar a deposição das partículas, que não reagiram parcial ou completamente, com o ligante asfáltico.

Imagem 3 - Processo do ligante asfáltico.

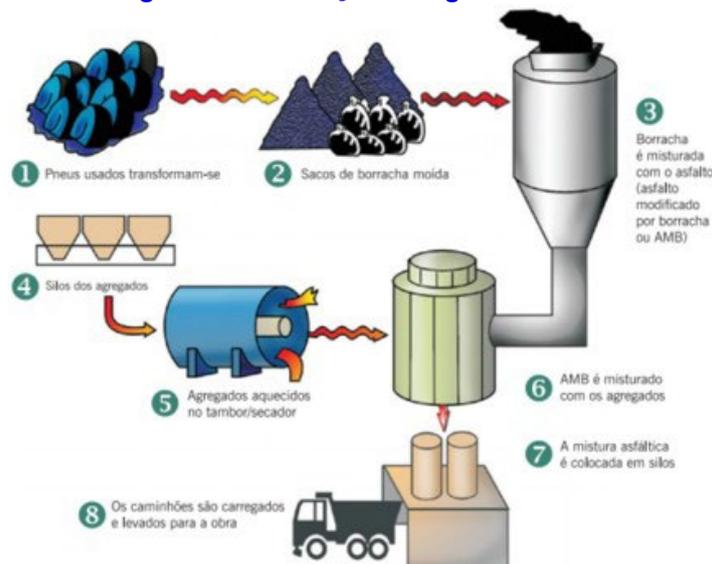


Fonte: Educadores dia a dia, 2010.

Equipamento utilizados na fabricação do ligante asfáltico

- Fornos de aquecimento do material betuminoso: aquece e mantém dentro dos limites especificados de temperatura;
- Equipamento de secagem e aquecimento de agregado: elimina a umidade do mesmo, de aquecê-lo e mantê-lo dentro dos limites especificados de temperatura;
- Moedor ou triturador de borracha.
- Tambores magnéticos: separa os metais que constituem os pneus.
- Termômetro para o controle de temperatura do material betuminoso e do agregado;
- Equipamento misturador capaz de efetuar uma mistura homogênea e intimamente ligada, entre o agregado mineral, a borracha moída e o material betuminoso;
- Silos para armazenagem dos agregados minerais e da borracha moída.
- Tanques para armazenagem de Cimento Asfáltico de Petróleo (CAP).
- Tanques térmicos para armazenagem da mistura já pronta.

Imagem 4 - Fabricação do ligante asfáltico.



Fonte: Monografia Brasil Escola, 2018

No entanto, para que se obtenham resultados melhores entre o asfalto e o ligante de borracha usam-se um óleo de expansão para diminuir sua viscosidade, caso as temperaturas não sejam monitoradas, futuras patologias podem aparecer e uma diminuição na vida útil do asfalto borracha.

SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Destinação da borracha

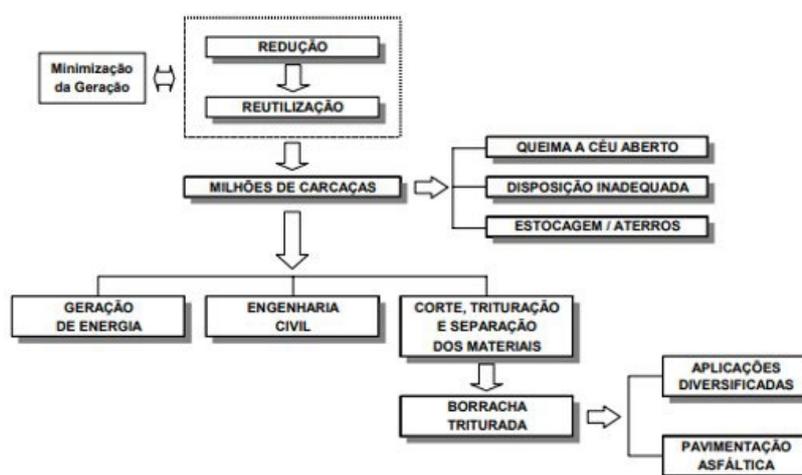
A disposição final dos pneus requer que seja feita de maneira adequada, não sendo viável ser feito em aterros sanitários, pois os mesmos apresentam baixa compressibilidade e uma

degradação muito lenta. Quando feito o descarte contaminação do solo, liberando substâncias tóxicas, causando enchentes e de forma inadequada acarreta impactos negativos ao meio ambiente, tais como doenças.

A Resolução CONAMA nº 416/2009, no art. 1º, fala que os fabricantes e os importadores de pneus novos, com peso unitário superior a 2 kg, ficam obrigados a coletar e dar a destinação adequada aos pneus inservíveis existentes no território nacional.

A destinação ambientalmente adequada de pneus inservíveis como procedimentos técnicos, onde os pneus são descaracterizados, seus elementos constituintes são reaproveitados, reciclados ou processados por outras técnicas admitidas pelos órgãos ambientais, deve-se observar a legislação de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e a segurança, e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Imagem 5 - Destino final dos pneus inservíveis



Fonte: Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002

Desafio da Reciclagem

A reciclagem é a recuperação, reprocessamento ou reutilização de materiais descartados à disposição final.

Pneus inservíveis são pneus que apresentam danos irreparáveis e precisam ser descartados de forma adequada, para evitar impactos ambientais. Porém existem algumas formas de recuperar um pneu, sendo:

- **Recapagem:** processo em que o pneu é reformado pela substituição de sua banda de rodagem;
- **Recauchutagem:** processo em que o pneu é reformado pela substituição de sua banda de rodagem e dos ombros;
- **Remoldagem:** processo em que o pneu é reformado pela substituição de sua banda de rodagem, ombros e toda a superfície de seus flancos.

Como o pneu não é constituído apenas de borracha, é necessário um processo para separar a borracha dos outros componentes (metais, tecidos e etc.). Então, os metais são recuperados como sucata de ferro, e o tecido de nylon é recuperado para utilizar como reforço em

embalagens de papelão.

Contaminação do Meio Ambiente

Quando faz a queima de pneus, além das emissões atmosféricas, pode gerar resíduos líquidos e sólidos, contaminando o solo e os recursos hídricos. Além disso, a queima gera subprodutos, como o óleo pirolítico e as cinzas, ambas são de grandes riscos para o meio ambiente.

A Resolução CONAMA nº 416, no Art. 15, diz que é vedada a disposição final de pneus no meio ambiente, tais como o abandono ou lançamento em corpos de água, terrenos baldios ou alagadiços, a disposição em aterros sanitários e a queima a céu aberto.

Imagem 6 - Pneus descartados em locais indevidos



Fonte: Jornal Gazeta São Mateus, 2018.

Quando são jogados em córregos ou rios, os pneus podem provocar enchentes, inundações, além das doenças eminentes. Os pneus podem reter gases em seu interior, fazendo com que eles vão para a superfície do aterro quebrando a camada de cobertura. Ao trincar a camada, os resíduos ficam expostos, atraindo insetos roedores, permitindo que os gases saiam sem o devido controle.

A queima dos pneus em céu aberto, contamina o ar com uma fumaça muito tóxica composta de carbono e dióxido de enxofre, além de poluir o solo com o óleo que é infiltrado e também contaminando o lençol freático. Os pneus não devem ser descartados em aterros sanitários, pois geram grande volume e dificultam o recobrimento e a compactação.

Imagem 7 - Queima de pneus em céu aberto



Fonte: Blog 2 Engenheiros, 2017.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi apresentado anteriormente, o pneu no meio ambiente é um grande problema pois pode causar a degradação da área, sem contar o acúmulo de água pode causar a proliferação de mosquitos transmissores de doença.

Por esse motivo a utilização do asfalto borracha, é muito interessante e viável ao meio ambiente pois o mesmo é mais resistente e apesar de seu custo elevado para a produção traz mais benefícios que o asfalto comum, diminui ruídos, tem mais resistência quanto às fissuras entre outros que foi mostrado acima.

A reciclagem e reutilização do material é de grande importância para a população brasileira, pois o material pode ser utilizado na produção de asfalto, onde alguns milhares de quilômetros pavimentados com asfalto borracha representa uma parcela da destinação da carcaça de pneus.

Sendo assim o intuito deste trabalho foi mostrar uma reciclagem para pneus que não servem mais para sua utilização primária, na pavimentação de estradas, que é uma tecnologia que vem sendo muito usada e evitando assim a poluição e a propagação de doenças por meio destes.

REFERÊNCIAS

AECweb. ASFALTO COM ADIÇÃO DE BORRACHA DE PNEUS INUTILIZADOS. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/asfaltoborracha-garante-vias-mais-seguras-e-duraveis/15935>. Acesso em: 20 jul 2021.

ALVES, Luan Correa de Macedo. ESTUDO DO REAPROVEITAMENTO DA BORRACHA DE PNEUS INSERVÍVEIS EM PAVIMENTOS ASFÁLTICOS NA CIDADE DE CARATINGA-MG. 2013 FIC. Disponível em: <http://dspace.doctum.edu.br:8080/bitstream/123456789/1182/1/MONOGRAFIA%20A%20FAZER%20%282%29%20-%20PDF.pdf>. Acesso em: 20 jul 2021.

BERNUCCI, LIEDI LÉGI BARIANI; MOTTA, LAURA MARIA GORETTI DA; CERATTI, JORGE AUGUSTO PEREIRA; SOARES, JORGE BARBOSA. PAVIMENTAÇÃO ASFÁLTICA: FORMAÇÃO BÁSICA PARA ENGENHEIROS. [S.L: S.N.], 2008.

BLOG 2 ENGENHEIROS: Engenharia Ambiental e Divulgação Científica. Disponível em: <http://2engenheiros.com/2017/04/28/por-que-voce-nao-deve-queimar-pneus/>. Acesso em: 19 jul. 2021.

BRÁULIO Celso A. M., RINALDI Fábio Nunes. ASFALTO BORRACHA - MINIMIZANDO OS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELO DESCARTE DE PNEUS INSERVÍVEIS NO MEIO AMBIENTE. FACULDADE BRASILEIRA – UNIVIX. http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/2010/Biologia/monografias/2asfalto.pdf. Acesso em 20 jul 2021.

CONGRESSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Disponível em: <http://www.limpezapublica.com.br/textos/Reciclagem%20de%20pneus.pdf>. Acesso em: 12 jul 2021.

Exati. Pavimentação asfáltica e o impacto nas cidades. Disponível em: < <https://blog.exati.com.br/pavimentacao-asfaltica/> > Acesso em 15 jul. 2021.

GRECA Asfalto. Disponível em: <https://www.grecaasfaltos.com.br/asfalto-borracha-ecoflex-asfalto-ecologico/>. Acesso em 20 jul 2021.

JESUS, Marcelo. Tecnologia avançada para aplicação de asfalto-borracha na construção de rodovias. Disponível em: <https://roadexpertsia.com/pt-br/experts/detalheArtigo/tecnologia-avancada-para-aplicacao-de-asfalto-borracha-na-construcao-de-rodovias>. Acesso em: 20 jul 2021.

JORNAL GAZETA SÃO MATEUS. Disponível em: <https://www.gazetasaomateus.com.br/as-principais-consequencias-do-descarte-de-pneus-no-meio-ambiente/>. Acesso em: 19 jul 2021.

LIEDI; BARIANI; BERNUCCI... [et al.]. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros, Rio de Janeiro: PETROBRAS: Abeda, 2006.

MEDINA, J., 1997, Mecânica dos Pavimentos. 1ª edição, 380 p. Rio de Janeiro-RJ, Editora UFRJ

MOURA, Rita Fortes. ASFALTO BORRACHA: VANTAGENS E DESVANTAGENS. Evento: Workshop: A economia de energia na pavimentação asfáltica. 14 de out 2014. Disponível em: https://www.academia.edu/31110170/ASFALTO_BORRACHA_VANTAGENS_E_DESVANTAGENS. Acesso em: 18 jul 2021.

RESOLUÇÃO CONAMA 416, DE 30 DE SETEMBRO DE 2009. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=616>. Acesso em: 12 jul 2021.

Análise das propriedades elétricas do Grafeno para utilização em próteses Biônicas com intuito de melhorar o tempo de resposta

Matheus Marques Assis

Faculdade Estácio de Sá

Thais Firmino Campos

Faculdade Estácio de Sá

DOI: 10.47573/aya.5379.2.84.9

RESUMO

Embora as próteses datem de muitos séculos, e mesmo com tantas descobertas e inovações de materiais e tecnologias, é um campo pouco explorado. A recuperação de um membro perdido sempre foi essencial para realocação social, assim como bem-estar próprio, tendo a independência para realizar os movimentos comuns de um ser humano saudável sem precisar de auxílio. Tendo em vista essa prerrogativa, este estudo tem como objetivo aplicar as características do grafeno em próteses biônicas avançadas, com intuito de recuperar um tempo resposta reflexiva e sensação tátil mais próximos possíveis do comum. Utilizando um software de simulação de elementos finitos, aplicamos as características do grafeno que possui qualidades singulares, afim de simular o comportamento do grafeno à um determinado esforço, para determinar se o grafeno consegue replicar o tempo de resposta próximo ou igual ao de uma ação comum.

Palavras-chave: grafeno. próteses. simulação numérica. recuperação tátil. método de elementos finitos.

INTRODUÇÃO

As próteses datam e são referenciadas desde períodos muito antigos, seja em um poema hindu escrito entre 3500 a.C. e 1800 a.C. que conta a história de uma rainha guerreira que perdeu a perna no campo de batalha e colocou uma prótese de ferro para voltar à guerra, ou as próteses ortopédicas descobertas nas múmias no Cairo, que têm a forma de dedão do pé e datam de aproximadamente 600 a.C. (BRASKEM, 2015). E em meio à tantas inovações e descobertas, tais como impressão 3D, nanotecnologia, estudos de materiais, comandos elétricos e softwares mais avançados, o público com deficiências motoras parece estar vislumbrando dias melhores.

Segundo a Sociedade Internacional de Próteses e Órteses, em conjunto com a Organização Mundial da Saúde, estima-se que as pessoas que necessitam de próteses, órteses ou serviços afins representam 0,5% da população de países desenvolvidos, e que 30 milhões de pessoas na África, Ásia e América Latina necessitam um número estimado em 180.000 profissionais de reabilitação (OMS, 2012).

De acordo com a Cartilha do Censo, disponibilizada em 2010, 45.606.048 de pessoas no Brasil, ou seja, 23,9% da população total, apresentam algum tipo de deficiência. O percentual de pessoas com deficiência motora (7%) é o segundo maior (S.N.P.D.P.D., 2012).

As próteses totais de membros inferiores são utilizadas no caso de amputações na dearticulação no quadril decorrentes de acidentes automobilísticos ou do trabalho, doenças vasculares, desordem congênita e desastres naturais (APLEY, 1998), visando a independência do usuário ao substituir a função do membro perdido (LIANZA, 1995), pois esta perda implica em uma mudança radical nas atividades cotidianas e no estado psicológico do amputado (PAVON, 1975; PAVANI, 2015).

Essas próteses são constituídas por componentes, como encaixe e articulação de quadril, articulação de joelho e pé, que devem suportar o peso do usuário e absorver a energia cinética decorrente do movimento (BOCOLIN, 2000), devendo ser construídas com materiais leves e

resistentes para evitar seu abandono pelo usuário (PAVANI, 2015).

A amputação, ou seja, a remoção cirúrgica, parcial ou total, de um membro, busca manter o máximo comprimento possível do coto, pois quanto mais distal for a remoção do membro, menor será o gasto energético do amputado ao efetuar suas tarefas, facilitando o seu retorno ao convívio social e profissional (CARVALHO, 2003; PAVANI, 2015).

Apesar de tais notícias, pesquisas recentes mostram um grande avanço no rumo das próteses. Conforme a professora da Universidade ETH de Zurique, Stanisa Raspopovic, destaca, em comunicado, “Desenvolvemos a primeira perna com alta sensibilidade para amputados acima do joelho que são altamente incapacitados” (SOARES, 2019).

Simultaneamente, tem-se um dos acidentes mais bem vindos da história da humanidade: o grafeno. Descoberto acidentalmente, na sua forma estável e bidimensional (pois sua existência já era conhecida desde 1930), em 2004 pelos físicos André Geim e Konstantin Novoselov, o alótropo do carbono, grafeno, é uma maravilha da humanidade. O material dos sonhos, além de extremamente leve, tem ótima condutividade elétrica e térmica, bem como alta resistência mecânica e excelentes propriedades ópticas.

O campo de estudo ganhou bastantes avanços, visto que atualmente as próteses conseguem interpretar impulsos elétricos promovidos pelos músculos, proporcionando uma experiência mais aproximada, às pessoas amputadas, de ter os movimentos recuperados. Porém, é uma área ainda pouco explorada, que teve atenção apenas das últimas duas décadas para cá e que precisa de muitos avanços, visto que a maioria das próteses comerciais ainda são simples e apenas auxiliam a movimentação.

Tão somente em 2008 começou a busca pela recuperação do tato, como mostram os estudos dos professores Jeremy Fishel e Nicholas Wetzel, da Universidade do Sul da Califórnia, os quais apresenta o projeto de um sensor que permite que a mão robótica tenha uma resposta quanto à pressão que deve exercer para que o objeto não caia (SITE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA, 2008).

Tal como o neurologista do Hospital Santa Helena, em Brasília, Cláudio Carneiro, fala que deram atenção à uma área pouco explorada, e diz:

“É algo que geralmente não é pensado, que, ao ter a amputação, essa mobilidade do membro novo pode ser um problema devido à falta de sensibilidade. E isso tem muita lógica, pois precisamos saber onde estamos pisando para ter a força e a segurança de caminhar, como no caso dos pacientes testados” (SCIENCE TRANSLATIONAL MEDICINE, 2019).

Este estudo tem como justificativa, tendo em vista a prerrogativa de um campo de estudos ainda pouco explorado e um material com propriedades extraordinárias, “unir o útil ao agradável”, explorando os aspectos do grafeno e sua aplicação em próteses biônicas, afim de obter resultados quanto à recuperação de tempo ágil e sensibilidade de um membro perdido.

OBJETIVOS

Este estudo tem como objetivo geral analisar as propriedades mecânicas, térmicas e elétricas do grafeno com intenção de aplicá-lo em próteses biônicas, e verificar a possibilidade

de recuperar a sensibilidade completa ou mais aproximada possível do natural.

Como objetivos específicos tem-se:

- Utilizar o grafeno para diminuir o tempo de resposta da tradução dos comandos entre o cérebro e o software da prótese.
- Aplicar o grafeno para melhorar as propriedades mecânicas e térmicas em próteses biônicas.
- Empregar o grafeno para recuperar sensibilidade através de sensores instalados na prótese, bem como sensações térmicas, de texturas e de pressão.

GRAFENO

Considerado o material mais fino do mundo, o grafeno é um material que consiste de uma folha plana de átomos de carbono, formando uma camada monoatômica bidimensional organizados em estruturas hexagonais, cuja altura é equivalente à de um átomo. Esse material pode ser produzido por meio da extração de camadas superficiais do grafite, um mineral abundante na Terra e um dos mais comuns alótropos do carbono

Sua estrutura eletrônica resulta em propriedades que traduzem uma resistência mecânica maior que a do aço, mobilidade eletrônica mais elevada que o silício, condutividade térmica mais alta que o cobre, área superficial maior que a observada para o grafite e ainda um material mais leve que tantos outros (J. E. D. 2016).

Propriedades mecânicas

O grafeno é o material mais resistente já conhecido, tendo a maior resistência intrínseca, sendo capaz de suportar pressões de até 130 gigapascal (130×10^9 Pa), e ainda conta com um módulo de Young extremamente elevado (1 TPa), indicando que, além de resistente, esse material é bastante elástico e, por isso, retorna ao seu tamanho original com relativa facilidade. Tamanha resistência decorre das fortes ligações químicas formadas entre seus átomos de carbono, pois, os elétrons em uma única camada de grafeno comportam-se como partículas sem massa, deslocando-se a uma velocidade de aproximadamente 10^6 m/s. É o material mais fino já conhecido e o mais forte já medido. Materiais largamente utilizados na construção civil, como o aço, suportam apenas um terço dessa pressão (J. E. D. 2016; WEI, 2013; CHEN, 2010).

As pequenas áreas de cada hexágono de carbono são responsáveis pela alta impermeabilidade do grafeno, que pode ser usado como uma pequena rede capaz de segurar gases que vazam muito facilmente de seus recipientes, como o gás hidrogênio. Além de extremamente resistente, o grafeno é muito leve: sua densidade é de $0,77$ g/m², cerca de mil vezes mais leve que uma folha de papel.

Propriedades térmicas

A condutividade térmica do grafeno, em temperatura ambiente, pode atingir entre 4840~5300 W/m.K (para comparação, a do cobre é 400 W/m.K), o que sugere usos potenciais para gerenciamento térmico em uma variedade de aplicações. Apresenta área superficial muito

elevada (2600 g/m^2), muito maior do que as áreas superficiais do grafite (10 g/m^2) e nanotubos de carbono (1300 g/m^2) (J. E. D. 2016).

Em virtude das suas propriedades eletrônicas, o grafeno é um excelente condutor térmico. Esse material é capaz de dissipar calor mais rápido que qualquer outro conhecido. Além disso, alguns estudos sugerem que sua temperatura de fusão seja de 4125 K , cerca de 3851° C .

Propriedades elétricas

Os elétrons conseguem propagar-se no grafeno quase livremente sem sofrerem desvios ou colisões. Em virtude da estrutura hexagonal das ligações de carbono, os elétrons deslocam-se no interior dessas finas camadas em velocidades relativísticas, próximas à velocidade da luz.

A condutividade elétrica (até $2 \times 10^4 \text{ S/cm}$) e a mobilidade eletrônica ($2 \times 10^5 \text{ cm}^2/\text{V.s}$, o que é mais de 100 vezes superior à do silício) elevadas na monocamada de grafeno resultam de uma pequena massa efetiva. Em temperatura ambiente, a resistividade elétrica do grafeno é a mais baixa conhecida (cerca de $10^{-6} \Omega.m$), menor que a resistividade da prata, o melhor condutor metálico conhecido (J. E. D. 2016).

PRÓTESES

A prótese (do grego antigo “prósthesis” que significa “acessório, adição, aplicação”), é um elemento que tem como finalidade restituir a mobilidade ou compensar a perda funcional de uma pessoa que teve a perda parcial ou integral de um membro, afim de garantir adaptação e autonomização no seu retorno ao convívio social e profissional (KANG *et al*, 2016).

Prótese objeto do estudo

Próteses endosqueléticas ou modulares são construídas por tubos e componentes modulares com acabamento cosmético, conforme as medidas do membro contralateral, sendo utilizadas em todos os níveis de amputação, com exceção das amputações parciais de pé e tornozelo. Os joelhos modulares são facilmente encontrados no mercado, inclusive com unidades hidráulicas e pneumáticas.

Nas próteses robóticas (biônicas), a marcha do amputado se aproxima de uma pessoa com ambas as pernas, pois a velocidade e a força de propulsão de cada passada podem ser programadas. Apesar de serem um bom exemplo de integração humano-máquina, essas próteses não são distribuídas a população em geral devido ao seu alto custo.

Materiais comumente utilizados

Os materiais utilizados em próteses externas podem ser caracterizados pela sua resistência a corrosão, resistência mecânica e leveza. Os materiais mais comumente utilizados na confecção das próteses mecânicas são o titânio, a liga cobalto-cromo-molibdênio, o aço inoxidável e a fibra de carbono, entre os quais destacam-se:

- Metais como aços inoxidáveis (alta resistência a corrosão, alta resistência mecânica e alto peso), ligas de titânio (alta resistência a corrosão, alta resistência mecânica e baixo

peso) e ligas de alumínio (resistência a corrosão, resistência mecânica e baixo peso) (SMITH, 2008);

- Polímeros como o polietileno que são compostos orgânicos, formados por grandes estruturas moleculares baseadas em carbono e hidrogênio, geralmente, apresentando baixa densidade e grande flexibilidade (CALLISTER, 1991).

TEMPO DE REAÇÃO

Tempo de reação é o tempo decorrido entre uma pessoa que está sendo apresentada com um estímulo e a pessoa que inicia uma resposta motora ao estímulo. Geralmente é da ordem de 200 ms (WONG, 2014). Os processos que ocorrem durante esse breve período permitem ao cérebro perceber o ambiente circundante, identificar um objeto de interesse, decidir uma ação em resposta ao objeto e emitir um comando motor para executar o movimento. Esses processos abrangem os domínios da percepção e do movimento e envolvem tomada de decisão perceptiva e planejamento motor (JENSEN, 2006).

Um exemplo rápido é nossa reação ao sentir ou ver uma mosca pousando em nosso braço. A reação se dá em relação à capacidade do cérebro de detectar, processar e responder a esse estímulo.

O tempo de reação depende de vários fatores:

- Percepção: Ver, ouvir ou sentir um estímulo com a certeza de que é essencial para ter um tempo de reação adequado. Quando a mosca pousa no braço, os olhos capturam a imagem da mosca ou a pele sente a mosca pousando, percebendo o estímulo.

- Processamento: Para ter um tempo de resposta adequado, é necessário prestar atenção e entender bem a informação. Seguindo o exemplo anterior, a pessoa será capaz de distinguir o que está vendo ou sentindo, e saber que deve agir de alguma forma, portanto, processando o estímulo.

- Resposta: A agilidade motora é necessária para agir e ter um tempo de resposta adequado. Quando a pessoa percebe e processa corretamente o estímulo, ela espanta a mosca com as mãos ou simplesmente mexe seu braço, respondendo ao estímulo.

Se alguma parte desses processos é alterada, o tempo de reação será afetado em consequência. Portanto, se uma pessoa tem alguma dessas etapas alterada, o tempo de reação será deficiente.

Pesquisadores americanos revelaram que nosso cérebro é capaz de interpretar imagens captadas pelos olhos em apenas 13 milissegundos. Essa velocidade se mostrou quase 8 vezes superior aos 100 milissegundos que haviam sido determinados em um estudo anterior (TRAF-TON, 2013).

ANÁLISE NUMÉRICA

O estudo e simulação baseou-se em quatro trabalhos científicos que explanam acerca

do Método de Elementos Finitos (MEF) aplicado em biomecânica, e um que aborda a análise numérica em engenharia mecânica e de materiais (ROESLER *et al*, 2004; ARAÚJO, 2002; RODRIGUES, 2017).

Um dos estudos, utiliza como ferramenta o elemento finito tetraédrico, para estudar a biomecânica da mão por aplicação do MEF (GASPAR, 2010).

Outro trabalho reúne informações acerca de dimensões, tecidos e partes do corpo humano para serem inseridos em um software de MEF e posteriormente, utilizam um software de impressão 3D, afim de obter bioimpressões para utilizar como próteses (KANG *et al*, 2016).

Em suma, os trabalhos acerca da biomecânica reúnem os dados necessários para o estudo e os inserem em softwares que utilizam MEF, para realizar os cálculos de forma hábil e precisa, e conseguir de forma mais segura os resultados do estudo.

METODOLOGIA

A análise pelo Método de Elementos Finitos deve seguir uma ordem operacional que é dividida em três etapas: pré-processamento, processamento e pós-processamento. O pré-processamento é a etapa em que se dá a geração e modelagem da geometria tridimensional (3D) por um software de Desenho Assistido por Computador (CAD). Em seguida o modelo de elementos finitos é criado com as definições das condições e propriedades das estruturas, e com a geração de uma malha de elementos finitos.

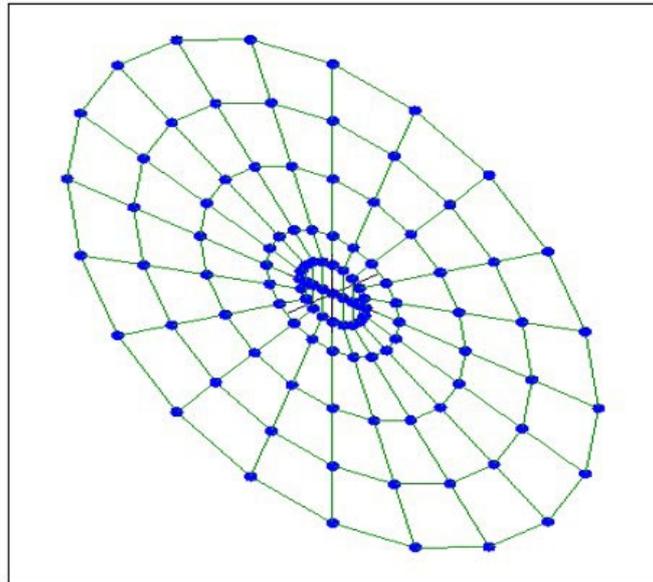
Após a criação do modelo de elementos finitos, um software específico de simulação computacional realiza cálculos das condições de simulação desejadas, etapa chamada de processamento. Tais cálculos convergem para a solução de uma simulação que envolve: propriedades dos materiais, condições de contorno, forças, apoios, e diversas outras possibilidades.

Finalmente, os resultados da simulação são analisados na etapa chamada de pós-processamento. Os resultados são trabalhados e expressos em gráficos e tabelas, e analisados quantitativamente.

O protótipo, e fase de pré-processamento é feito com uma modelagem 3D de um fio de grafeno utilizando o software de elementos finitos *Lisa Fea – Finite Element Technologies 2013* (figuras 1,2,3 e 4).

Usando medidas próprias, desenhou-se um fio de grafeno de 100 cm de comprimento (simulando um comprimento na hipótese de a prótese ser projetada para o braço inteiro, e ter uma ligação com a rede neural ou tendões, afim de fazer testes de resposta e reflexo) e 2 cm de diâmetro (essa medida foi utilizada para facilitar os cálculos e visualização da modelagem).

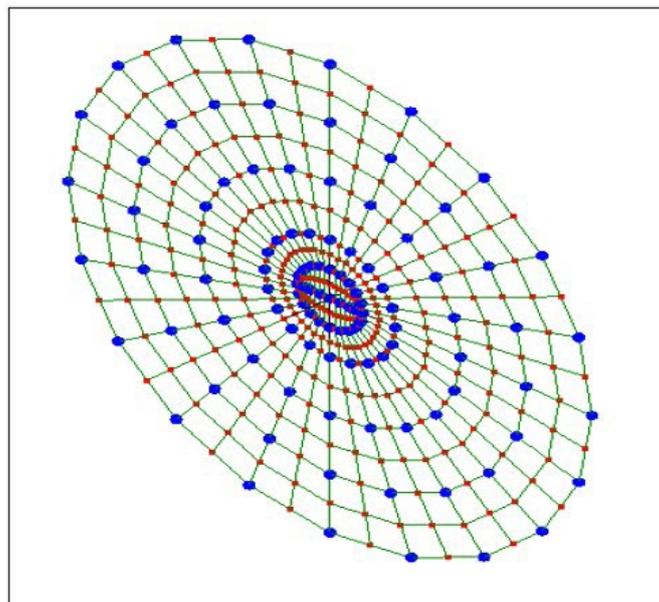
Figura 1 - Modelagem do fio de grafeno



Fonte: Acervo próprio.

As malhas de elementos finitos precisam ser refinadas para que os resultados não tenham discrepâncias além de um pequeno valor percentual (LISA, 2013). Assim, foi feito um refinamento de malha para seguridade nos resultados (figura 2).

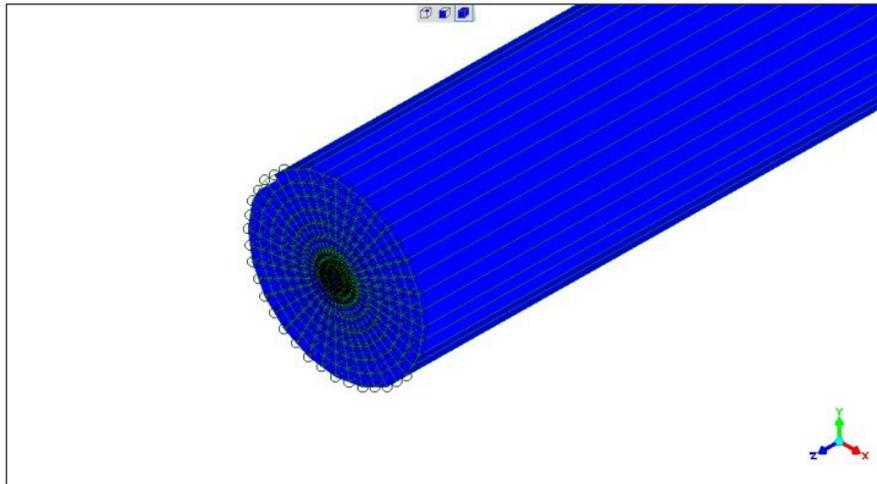
Figura 2 - Refinamento de malha.



Os pontos vermelhos são os novos nós advindos do refinamento de malha, enquanto os pontos azuis são os que já haviam na modelagem.

Fonte: Acervo próprio.

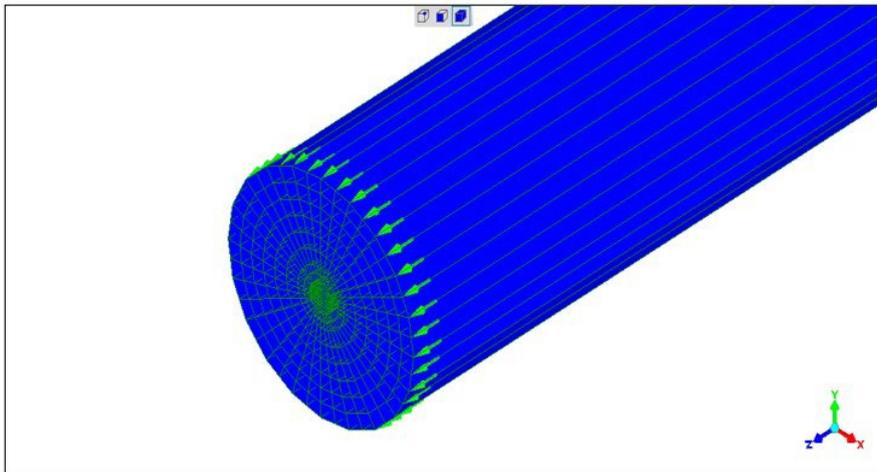
Figura 3 - Modelagem do fio de grafeno, etapa da resposta elétrica.



Os círculos pretos são os "nós" onde foi-se colocado a voltagem que percorre o corpo humano.

Fonte: Acervo próprio.

Figura 4 - Modelagem do fio de grafeno, etapa da resposta dinâmica.



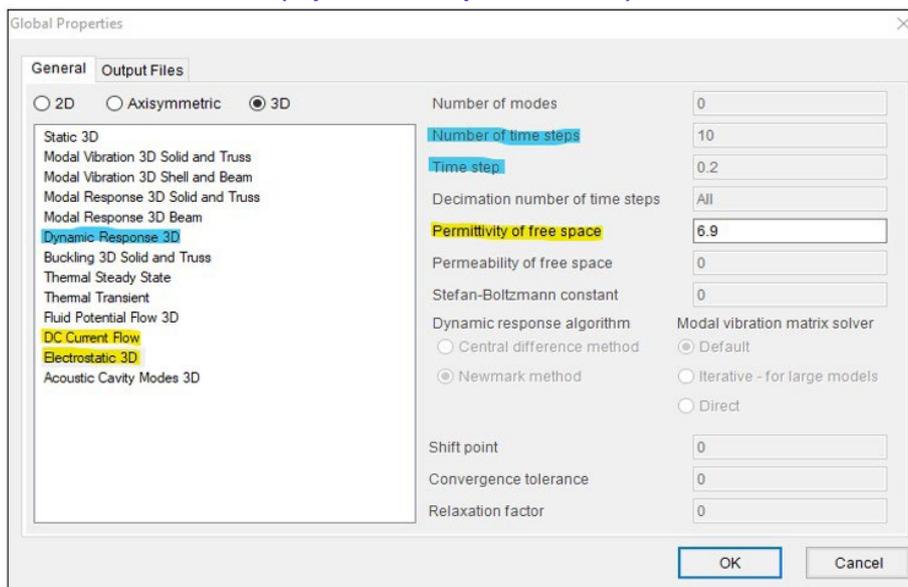
As setas verdes representam a força aplicada durante um aperto de mão.

Fonte: Acervo próprio.

Optou-se por deixar o valor de 10 no "number of time steps" para melhor visualização e 0,2 em "time step", referente ao tempo de reação (LISA, 2013).

A permissividade dielétrica do grafeno é cerca de $6,9\epsilon$ (com margem de erro de $\pm 0,1$), valor esse necessário e utilizado para calcular a etapa da resposta eletrostática na simulação (FANG, 2016).

Figura 5 - Configurações da etapa dinâmica (representada pela cor amarela) e da etapa elétrica (representada pela cor azul).

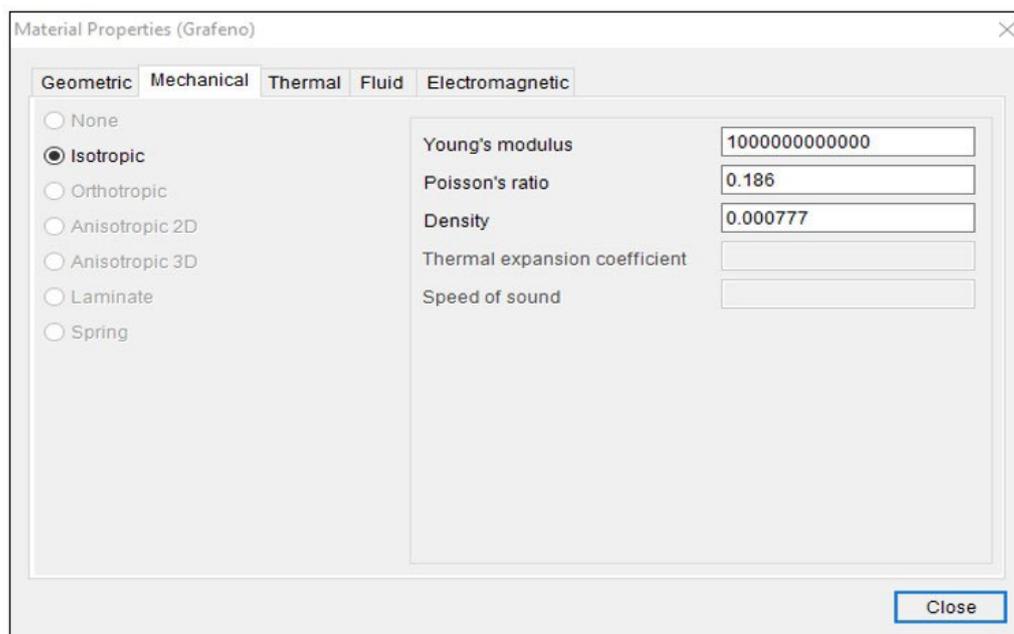


Na aba “Global Properties” é colocado o valor da permissividade, citada anteriormente.

Fonte: Acervo próprio.

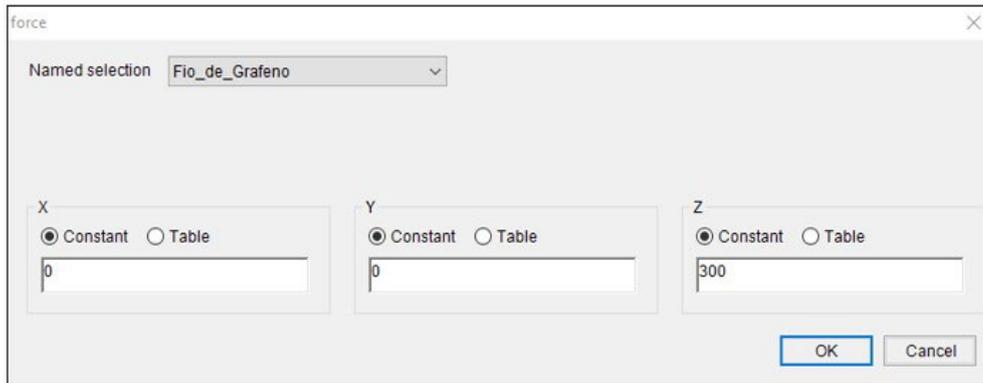
Posteriormente, aplicando os dados obtidos por meio da pesquisa acerca do grafeno e tempo de resposta entre o estímulo, cérebro e reação. Acerca do grafeno, tem-se o módulo de Young com valor de 1 TPa (1×10^{12}) (figura 6), coeficiente de Poisson de 0,186 (figura 6) (LIU, 2007) e densidade de 0,77 g/m³ (0,000777 kg/m³ pois o software utiliza essa medida) (figura 6); A condutividade elétrica é de 2×10^4 ($\frac{S}{cm}$) (figura 8). A respeito da permissividade, tem-se o valor de 6,9 (figura 8). Sobre a força utilizada, usou-se o exemplo de um aperto de mão, de ± 30 Kgf (300N) (figura 7).

Figura 6 – Configuração das características do grafeno na etapa da resposta dinâmica (Módulo de Young, coeficiente de Poisson e densidade).



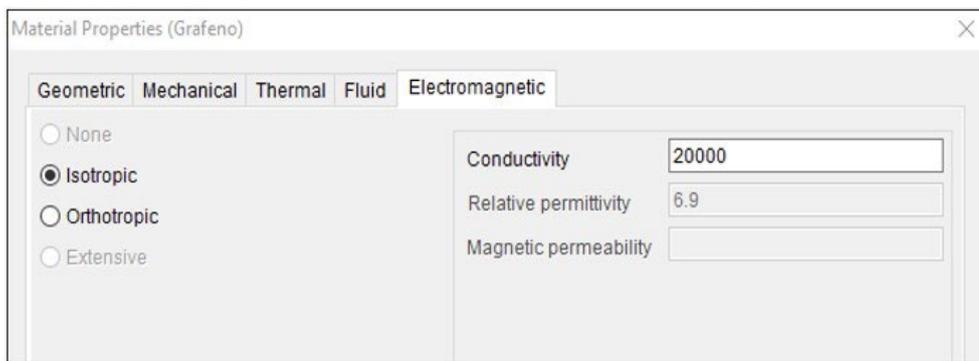
Fonte: Acervo próprio.

Figura 7 - Configuração da força aplicada (a força de um aperto de mão).



Fonte: Acervo próprio.

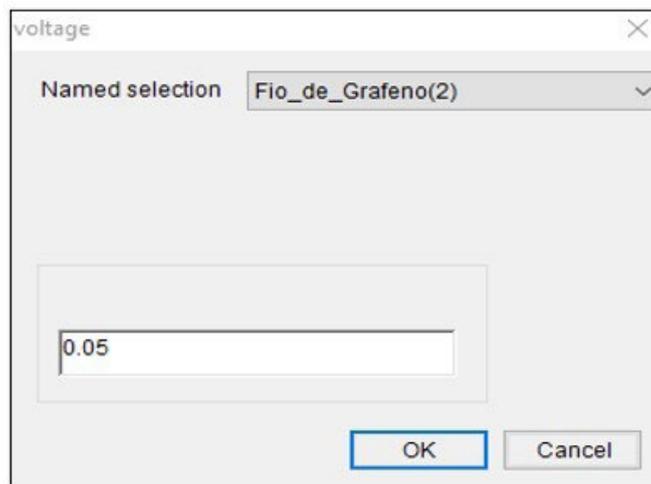
Figura 8 - Configuração das características do grafeno na etapa da resposta elétrica (Condutividade e Permissividade relativa).



Fonte: Acervo próprio.

Em relação à voltagem/tensão elétrica (ou ainda bioeletricidade) do corpo humano, o valor que corre nas células, é cerca de *50 milivolts* (50×10^{-3} ou $0,05V$) (ROBINSON, 2016). Tal informação é configurada no software (figura 9).

Figura 9 - Configuração da voltagem/tensão elétrica/bioeletricidade



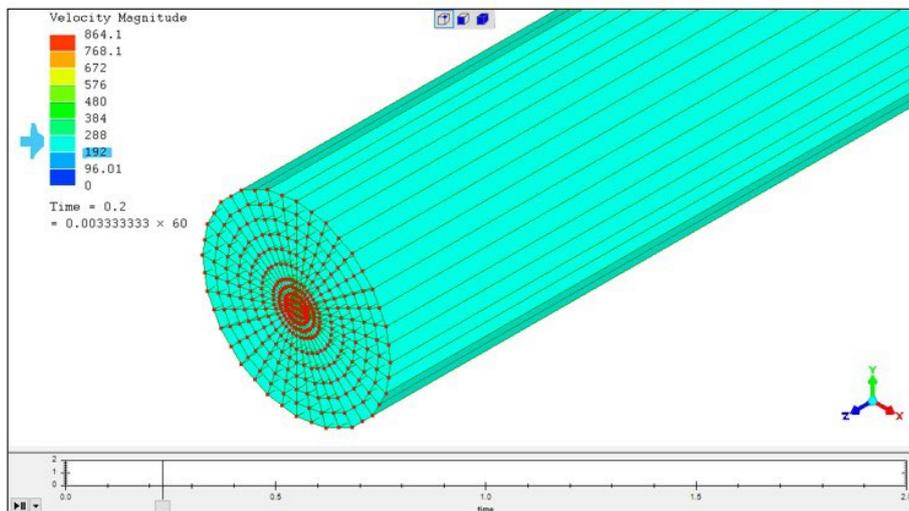
Fonte: Acervo próprio.

RESULTADOS

Os resultados foram além do esperado, com o grafeno se comportando de forma satisfa-

tória, não tendo deformações ou anomalias. O tempo de reação médio é aproximadamente 200 milissegundos ($200 \times 10^{-3} \text{ ms}$ ou ainda 0,2 segundos) em cerca de 200 cm de comprimento (considerando o tempo do estímulo até o cérebro (100 cm) e o retorno para reação (mais 100 cm)), e durante a simulação, o grafeno se mostrou extremamente eficaz alcançando valores como 192 m (19200 cm) em 0,2 segundos (figura 10). Sendo assim, valor esse melhor que o tempo de reação humano, cerca de 96 vezes mais rápido (tabela 1).

Figura 10 - Velocidade do grafeno (marcado em azul) na marca de 0,2 segundos.



Fonte: Acervo próprio.

Tabela 1 - Relação de cm/s entre o cérebro e o grafeno.

	Comprimento	Tempo
Cérebro	200 cm	0,2 segundos
Grafeno	19200 cm	0,2 segundos

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O grafeno se mostrou extremamente eficaz, podendo, com a programação, equipamentos e software adequados, criar uma prótese de ponta, capaz de restaurar o tempo de resposta igual ao normal. Infelizmente, por conta do alto preço e alta complexidade da produção de grafeno, não seria possível a produção em massa de próteses assim, sendo focada para um público restrito.

Para estudos futuros, podem ser feitas simulações para recuperação da sensação de temperatura, pressão e textura, vista as demais características do grafeno.

REFERÊNCIAS

1. APLEY, A. G. Ortopedia e Fraturas em Medicina e Reabilitação. 6 ed, Atheneu: São Paulo. 1998.
2. ARAÚJO, Adérito Luís Martins. Análise Numérica. Engenharias mecânica e de materiais. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Portugal, 2002
3. BRASKEM. As próteses. SA. Online. Disponível em: <https://www.braskem.com.br/paratletismo->

- infografico. Acesso em: 16 mai. 2020.
4. BOCOLIN, F. Reabilitação - Amputados, Amputações e Próteses. 2 ed, Robe: São Paulo. 2000.
 5. CALLISTER, William D. Jr. Materials Science and Engineering An Introduction. John Wiley & Sons, USA. 1991.
 6. CARVALHO, J. A. Amputacoes de Membros Inferiores. 2 ed, Manole: Sao Paulo. 2003.
 7. CHEN, Da; TANG, Longhua; LI, Jinghong. Graphene-based materials in electrochemistry. Chemical Society Reviews, 2010.
 8. COGNIFIT. Tempo de reação. SA. Online. Disponível em: <https://www.cognifit.com/br/habilidade-cognitiva/tempo-de-resposta>. Acesso em: 05 jun. 2020.
 9. DAVIDSON, C.; SANTORELLI, M. The impact of broad band on people with disabilities. Washington: United States Chamber of Commerce, 2009.
 10. GASPAS, Hélia Maria da Silva. Estudo da biomecânica da mão por aplicação do Métodos de Elementos Finitos. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2010.
 11. HELERBROCK, Rafael. GRAFENO. SA. Online. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/grafeno.htm>. Acesso em: 15 abr. 2020.
 12. IBGE. Atlas do Censo Demografico. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/bibliotecacatalogo?view=detalhes&id=264529>. Acesso em: 14 mar. 2020.
 13. J. E. D.Vieira Segundo; E. O. Vilar. Grafeno: Uma revisão sobre propriedades, mecanismos de produção e potenciais aplicações em sistemas. Revista Eletrônica de Materiais e Processos / ISSN 1809-8797 / v. 11, n. 2. 2016.
 14. JENSEN, A. R. Clocking the mind: Mental chronometry and individual differences. Amsterdam: Elsevier, 2006.
 15. JUNIOR, Reinaldo Batista; MIRLISENA, Giuseppe; RAIA, Fábio. Próteses mecânicas para amputados de membros inferiores com ênfase no pé. Universidade Vale do Paraíba.
 16. KANG, Hyun-Wook; LEE, Jing Sang; KO, In Kap; KENGLA, Carlos; YOO, James J.; ATALA, Anthony. A 3D bioprinting system to produce human-scale tissue constructs with structural integrity. Nature Biotechnology, 2016.
 17. LIANZA, S. Medicina de Reabilitação. 2 ed, Guanabara Koogan: Rio de Janeiro. 1995.
 18. LISA Finite Elements Analysis. Tutorials and Reference Guide. 2013.
 19. LIU, Fang; MING, Pingbing; LI, Ju. Ab initio calculation of ideal strength and phonon instability of graphene under tension. Physical Review, 2007.
 20. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. Relatório mundial sobre a deficiência. São Paulo: SEDPCD, 2012. p. 334.
 21. PAVANI, Gilberto; PAVANI, Ricardo; RIBEIRO, Jerry. Ressignificando o uso de materiais em

- próteses totais de membros inferiores. Minas Gerais: ENEBI – Encontro Nacional de Engenharia Biomecânica. 2015.
22. PAVON, Salvador J. Implantes em Ortopedia y Traumatologia. Editorial Médica Panamericana. 1975.
 23. POLIS, E. J. Projeto e construção de parte estrutural de prótese de mão humana com movimentos. Campinas: Universidade Estadual de Campinas. 2009.
 24. POLITANO, Antonio; CHIARELLO, Gennaro; Probing the Young's modulus and Poisson's ratio in graphene/metal interfaces and graphite: a comparative study. Nano Research, 2015.
 25. PRENTICE, William E.; VOIGHT, Michael L. Techniques of Musculoskeletal Rehabilitation. McGraw-Hill, USA. 2001.
 26. ROBINSON, Frank Neville H.; SUCKLING, Eustace E.; KASHY, Edwin. Electricity – Photoelectric Conductivity. Corporate Encyclopædia Britannica, 2016.
 27. ROESLER, C. R. M.; BENTO, D. A.; FANCELLO, E. A.; DA ROSA, E.; Algumas aplicações de simulação numérica em biomecânica óssea. IV Workshop de Informática aplicada à Saúde – CBComp, 2004.
 28. RODRIGUES, Yriu Lourenço. Análise biomecânica de diferentes dimensões de próteses temporomandibulares personalizadas: um estudo de elementos finitos. Natal, Rio Grande do Norte, 2017.
 29. SCIENCE TRANSLATIONAL MEDICINE. Enhancing functional abilities and cognitive integration of the lower limb prosthesis. Vol. 11. 02 Oct 2019. Online. Disponível em <https://stm.sciencemag.org/content/11/512/eaav8939>. Acesso em: 16 mai. 2020.
 30. SECRETARIA NACIONAL DE PROMOÇÃO DOS DIREITOS DA PESSOA COM DEFICIÊNCIA. Cartilha do censo 2010. Brasília: SDH-PR/SNPD, 2012. p. 32.
 31. SENSORIAL SPORTS. Dentro do cérebro – O tempo para reagir. Online. Disponível em: <https://sensorialsports.com/dentro-do-cerebro-o-tempo-para-reagir/>. Acesso em: 05 jun. 2020.
 32. SITE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. Mãos biônicas ganham tato e um toque de sensibilidade. 09 out. 2008. Online. Disponível em: www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=maos-bionicas-ganham-tato-e-um-toque-de-sensibilidade. Acesso em: 17 mai. 2020.
 33. SME - Society of Manufacturing Engineers. Fundamentals of Composites Manufacturing. 2 ed, USA. 2008.
 34. SMITH, William; HASHEMI, Javad. Foundations of Materials Science and Engineering. 5 ed, McGraw-Hill, USA. 2008.
 35. SOARES, Vilhena. Ajuda da tecnologia: pesquisa permite maior sensibilidade em perna biônica. 03 out. 2019. Online. Disponível em: https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/ciencia-e-saude/2019/10/03/interna_ciencia_saude,794324/ajuda-tecnologia-pesquisa-permite-maior-sensibilidade-perna-bionica.shtml. Acesso em: 16 mai. 2020.
 36. TRAFTON, Anne. In the blink of an eye: MIT neuroscientists find the brain can identify images seen for as little as 13 milliseconds. MIT news office, 2014.

37. WEI, Di; KIVIOJA, J. Graphene for energy solutions and its industrialization. DOI: 10.1039/C3NR03312K. *Nanoscale*, 2013.
38. WONG, Aaron L.; HAITH, Adrian M.; KRAKAUER, John W. Motor planning. *The Neuroscientist*, 2014.

10

Uma arquitetura para processamento automatizado e manipulação multimodal de imagens médicas em ambiente de realidade misturada

An architecture to automated processing and multimodal manipulation of medical images on mixed reality environment

Arthur Augusto Bastos Bucioli

Universidade Federal de Uberlândia

<http://lattes.cnpq.br/2682514620803979>

Edgard Afonso Lamounier Jr

Universidade Federal de Uberlândia

<http://lattes.cnpq.br/0239619592699303>

Gerson Flavio Mendes de Lima

Universidade Federal de Uberlândia

<http://lattes.cnpq.br/0543030295058301>

DOI: 10.47573/aya.5379.2.84.10

RESUMO

O desenvolvimento das imagens médicas contribuiu significativamente para o processo clínico de diagnóstico e planejamento pré-operatório, possibilitando melhores tratamentos, cirurgias menos invasivas e com tempos de recuperação reduzidos. No entanto, ainda existem grandes desafios para viabilizar a utilização dos conteúdos dessas imagens também no ambiente cirúrgico, onde podem continuar a auxiliar os cirurgiões, com dados úteis para a cirurgia, como locais de incisões, geometria dos órgãos e sinais vitais do paciente. A Realidade Misturada investiga formas de como mesclar elementos virtuais com o ambiente real, criando uma experiência mais completa e ao mesmo tempo mantendo as metáforas naturais de interação do usuário, como gestos e inspeção visual. Atualmente, é necessário utilizar hardware especializado para ter essa experiência, sendo que as capacidades dos dispositivos atuais são modestas para processar e visualizar imagens médicas em tempo real, uma vez que as técnicas de visualização volumétrica comumente utilizadas para esse tipo de imagens apresentam alto custo computacional. Assim, este trabalho apresenta uma arquitetura para Processamento e Visualização de Imagens Médicas em ambiente de Realidade Misturada, que permite desde o processamento inicial das imagens até a sua visualização e manipulação em tempo real, com técnicas otimizadas para o perfil dos dispositivos disponíveis atualmente. Também é apresentado um estudo de caso implementando a arquitetura, com testes de processamento e visualização das imagens médicas, medindo a qualidade gráfica obtida e a responsividade do sistema, avaliando assim a viabilidade de aplicação da solução em ambientes clínicos.

Palavras-chave: realidade misturada. cirurgia. imagens médicas. DICOM, .

ABSTRACT

The development of medical imaging has contributed significantly to the clinical process of diagnosis and preoperative planning of various surgical modalities, allowing for better treatment options, less invasive surgeries, and reduced recovery times. However, there are still great challenges to extend the use of the contents of these images also to the surgical environment, where they can continue to assist surgeons with useful data for surgery in real time, such as incision locations, vital signs of the patient, and visualization of tissues to be removed. The main technology capable of performing this kind of integration is Mixed Reality, which investigates ways of how to blend virtual elements with the real environment in order to create a more complete experience, while maintaining natural user interaction metaphors such as gestures and visual inspection, as well as enabling additional metaphors that are simple to learn, such as voice commands for example. Thus, this work describes an architecture for Processing and Visualizing Medical Images in a Mixed Reality environment, covering from the initial processing of images to their visualization and manipulation, maintaining a performance level within what is expected in a real-time interaction, even on devices with modest graphics processing capabilities. A case study is also presented implementing the created architecture, using real images and measuring the results obtained, demonstrating the feasibility of applying the solution in clinical environments.

Keywords: mixed reality. surgery. medical images. DICOM.

INTRODUÇÃO

Desde a descoberta dos Raios X por Wilhelm Conrad Roentgens em 1895 (JAUNCEY, 1945), diversas novas técnicas de imagens foram sendo desenvolvidas e aperfeiçoadas para se tornarem uma das ferramentas mais úteis nos processos de diagnóstico de doenças e planejamentos pré-operatórios (DOI, 2006), por vezes até gerando preocupações sobre o seu excesso de utilização na prática médica, tais como a discussão trazida por RAO e Levin (2012).

Atualmente, a maioria das técnicas de imagens médicas produz conteúdos capazes de serem visualizadas já em forma digital, em telas de computadores ou dispositivos móveis (PREIM e BARTZ, 2007). Também é possível interagir de algumas maneiras com essas imagens, utilizando dispositivos convencionais como mouse, teclado e telas de toque. No entanto, em uma sala de cirurgia, esse tipo de interface pode dificultar ou mesmo impossibilitar a utilização das imagens, pois requer a utilização das mãos para a manipulação do conteúdo, bem como faz com o que o cirurgião tenha que desviar o olhar constantemente do local da cirurgia para o dispositivo de visualização onde as imagens estão sendo apresentadas. Sendo assim, existe uma real necessidade de interfaces que resolvam esses problemas para que as imagens e suas derivações, obtidas por processamento digital, também possam servir de auxílio durante a realização das cirurgias.

Nesse contexto, o interesse por interfaces naturais como a Realidade Misturada, para aplicação na área médica, tem crescido rapidamente, pois elas apresentam capacidades de visualização e interação avançadas (TORI E HOUNSELL, 2018), dentre as quais destacam-se:

- a) Geração de modelos virtuais de alta definição dos órgãos humanos;
- b) Manipulação direta dos modelos gerados de forma natural em um ambiente que mescla elementos reais e virtuais de forma imperceptível;
- c) Metáforas de interação complementares, tais como comandos de voz e gestuais.

Para que estas capacidades possam ser aproveitadas em sua totalidade, especialmente quando se trata de imagens médicas, uma série de requisitos devem ser atendidos:

- Abertura das imagens médicas em formatos nativos para extrair informações sobre as densidades de tecidos, resolução de captura, espaçamentos e outras informações importantes para o processamento;
- Processamento das imagens de forma a permitir filtros, seleção de janelas de densidades, funções de transferência para colorização e outras características;
- Transformação das imagens processadas para um formato tridimensional compatível com a Realidade Misturada;
- Disponibilização dos modelos tridimensionais para o ambiente de Realidade Misturada, onde possam ser visualizados e manipulados junto ao ambiente real, de forma fluida o suficiente para fornecer uma experiência satisfatória.

Como será mostrado posteriormente, já existem soluções que atendem parcialmente alguns dos requisitos apresentados, porém, principalmente no que se refere ao ambiente de Realidade Misturada, existem muitos desafios ainda a serem superados para que haja uma experiência satisfatória o suficiente a fim de permitir ensaios clínicos e utilização plena em ambiente cirúrgico. Além disso, grande parte das soluções de processamento de imagens médicas

existentes são proprietárias, impedindo que pesquisadores tenham acesso ao seu código para introduzir alterações e novas funcionalidades, como o desenvolvimento de suporte à Realidade Misturada, por exemplo.

Um outro ponto que merece destaque é a forma como a Realidade Misturada é experienciada, pois atualmente são requeridos dispositivos especiais, tais como monitores, tablets, HMDs (Head Mounted Displays), projetores e OST-HMDs (Optical See Through Head Mounted Displays), sendo que cada um destes dispositivos fornece uma experiência diferente. Destaca-se que, apenas os OST-HMDs e projetores são capazes de fornecer uma experiência de visão direta, isto é, onde o usuário mantém sua visão natural do ambiente real, bem como sua percepção espacial de profundidade, o que se entende ser algo bastante necessário quando numa intervenção cirúrgica.

Dessa forma, esse artigo traz como contribuição o desenvolvimento de uma arquitetura para processamento de imagens médicas e visualização das mesmas em ambiente de Realidade Misturada, com ênfase especial para formas de visualização direta. Um estudo de caso envolvendo um dispositivo do tipo OST-HMD também é apresentado, demonstrando as capacidades e limitações da arquitetura desenvolvida.

REFERENCIAL TEÓRICO

Imagens Médicas

Imagens médicas são o resultado de uma captura de informações visuais sobre o corpo do paciente, utilizando alguma técnica capaz de ampliar a visão natural humana, revelando detalhes escondidos sob a pele do paciente, tais como localização de vasos sanguíneos, ossos, tumores e outras estruturas de interesse (PREIM e BARTZ, 2007). À medida que as diversas modalidades de imagens médicas foram sendo desenvolvidas, elas se tornaram uma valiosa ferramenta no auxílio em processos de diagnóstico e planejamento cirúrgico. Segundo RAO e Levin (2012), entre 2000 e 2007 o uso de estudos de imagens cresceu mais que qualquer outra atividade médica no sistema Medicare (seguro público de saúde americano).

Com o advento da informática e computadores cada vez mais capazes de processar conteúdo gráfico, diversas tecnologias de imagens médicas foram passando do formato analógico para o digital, e a possibilidade de transferências remotas de estudos foi se tornando realidade. No entanto, havia a necessidade de unificar os diversos formatos e padrões existentes de imagens, o que levou à criação em 1983 de um comitê composto por várias entidades, tanto do setor médico quanto de fabricantes, para a criação do que viria a ser o padrão DICOM, que é atualmente amplamente o mais usado para armazenamento, intercâmbio e diversas outras aplicações de imagens médicas (NEMA, 2022).

A especificação do padrão DICOM tem acesso livre, e possui diversas subdivisões que descrevem as características de cada serviço englobado. No que se refere ao armazenamento de estudos e suas imagens, é importante destacar as seguintes características:

- Imagens armazenadas em arquivos individuais em modo binário, sendo formadas por um conjunto de cabeçalho identificador e TAGS (etiquetas compostas de códigos numéricos de 2 campos de 4 dígitos) que armazenam todas as informações dos estudos, desde os

dados do paciente, resoluções de captura, informações do dispositivo de captura e as imagens propriamente ditas, identificadas por uma TAG especial;

- Armazenamento das imagens sem compressão, ou com compressão RLE, JPEG-LS ou JPEG-2000;

- Espaço de cores dos estudos: em escala de cinza com profundidade de até 16 bits por pixel;

- Armazenamento de vídeo sem compressão, ou com compressão MPEG2, MPEG4-AVC ou HEVC-265.

Estudos capazes de gerar reconstruções tridimensionais, tais como tomografias e ressonâncias magnéticas, são capturados e armazenados em formato de “fatias” bidimensionais, com espaçamentos fixos entre elas, determinado no momento da captura. Sendo assim, a resolução espacial das imagens é uniforme nos eixos X e Y, porém variável no eixo Z, passando normalmente por algum processo de interpolação quando a reconstrução é feita.

Realidade Misturada

Segundo TORI e HOUNSELL (2018, p.65),

“A Realidade Misturada (RM), ou do inglês Mixed Reality (MR), pode ser definida como a integração de elementos virtuais gerados por computador com o ambiente físico, e mostrado ao usuário com o apoio de algum dispositivo tecnológico, em tempo real”.

Nos últimos anos, tem havido um crescente interesse pela Realidade Misturada, com centenas de artigos de pesquisa sendo publicados e vários dispositivos sendo criados por empresas de tecnologia, com o objetivo de explorar e tornar possível uma experiência plena de Realidade Misturada. No entanto, ainda restam muitos desafios a serem superados, pois para TORI e HOUNSELL (2018, p.65), “a meta de um sistema de RM é criar um ambiente tão realista que faça com que o usuário não perceba a diferença entre os elementos virtuais e os reais participantes da cena, tratando-os como uma coisa só”. Alguns dos principais desafios são:

- Técnicas de Rastreamento - Responsáveis por mapear o ambiente real tridimensionalmente, de forma a permitir que os elementos virtuais sejam integrados posteriormente de forma transparente ao usuário, com correspondência de ângulos de visualização e resposta em tempo real quando possível. Existem técnicas baseadas em visão, que usam dados visuais capturados por câmeras, e também técnicas baseadas em sensores diversos cujos sinais são lidos a todo momento e interpretados para fazer o rastreamento (TORI e HOUNSELL, 2018);

- Dispositivos de visualização - Responsáveis por mostrar os elementos virtuais integrados ao ambiente real, esses dispositivos se dividem em duas grandes classes, os de visão direta e os de visão indireta. Nos dispositivos de visão direta o usuário mantém sua visão do ambiente real, e o conteúdo virtual é projetado mesclado ao ambiente real. Já nos dispositivos de visualização indireta, o dispositivo captura a visão do ambiente real e mescla a ela os elementos virtuais, sendo que o usuário visualiza o ambiente real através dessa captura, perdendo assim sua visão natural direta do ambiente (TORI e HOUNSELL, 2018);

Além dos desafios previamente descritos, a utilização de imagens médicas em ambiente de Realidade Misturada traz consigo um componente adicional de complexidade, qual seja: a necessidade de processar, interpretar e gerar modelos tridimensionais otimizados a partir das imagens originais, mantendo um equilíbrio entre o nível de detalhes requerido e a capacidade computacional dos dispositivos envolvidos, de forma a produzir uma experiência em tempo real.

Reconstrução de Modelos tridimensionais com base em imagens médicas

O surgimento de técnicas de imagens médicas capazes de gerar estudos com dados passíveis de reconstrução tridimensional, tais como a ressonância magnética e a tomografia computadorizada, aconteceu alguns anos antes de os computadores terem capacidade gráfica suficiente para gerar e exibir visualizações tridimensionais (ABDALLAH, 2017). Por esse motivo, diversas técnicas de reconstrução tridimensional desenvolvidas posteriormente foram sendo testadas com as imagens médicas, sendo que atualmente predominam 2 técnicas distintas: a reconstrução tridimensional de isosuperfícies, e a visualização volumétrica.

A primeira técnica é a reconstrução de malha virtual, onde as imagens são processadas de modo a obter coordenadas de vértices e arestas para formar uma malha tridimensional tradicional, sendo passível de manipulação por softwares de edição 3D, e também útil para aplicações de prototipação e impressão 3D. O principal algoritmo utilizado atualmente, tanto nas soluções comerciais quanto em pesquisas, é o *Marching Cubes*, proposto em 1987. Esse algoritmo aplica uma função de limiarização ao conteúdo das imagens médicas, dividindo a imagem em apenas 2 cores, a partir de um ponto de limiar determinado. Depois disso, cria faces tridimensionais ao redor de cubos virtuais, de acordo com o conteúdo encontrado nas imagens, sendo capaz de gerar malhas tridimensionais de alta resolução (LORENSEN e CLINE, 1987). A escolha do ponto do limiar influencia diretamente no resultado da malha obtido, podendo, por exemplo, omitir detalhes que fiquem abaixo do limiar. Frequentemente as malhas resultantes ultrapassam centenas de milhares de faces, sendo, portanto, de difícil processamento para dispositivos menos capazes. Visualmente, a função de limiarização acaba por eliminar muitos detalhes mais sutis presentes nas imagens originais, tornando a técnica, por vezes, inadequada para análises mais aprofundadas.

A técnica de visualização volumétrica, ou *renderização volumétrica*, consiste em transformar os dados bidimensionais das fatias individuais, encontradas em estudos, em um único volume de amostras, o qual pode ser visualizado tridimensionalmente. Esta técnica produz resultados bastante agradáveis visualmente, pois, além de mesclar os dados dos estudos, pode também aplicar a eles funções de transferência, adicionando elementos como cores e transparência, de acordo com as densidades de tecidos capturadas. Ao longo dos anos, diversas técnicas de visualização volumétrica foram criadas. Atualmente, a mais usada é a técnica de *raycasting*, a qual lança raios, a partir de uma câmera virtual, em direção ao volume com os dados das fatias dos estudos. Os raios passam pelas amostras e vão sendo mesclados até o final do volume, gerando, assim, um pixel final a ser visualizado (HADWIGER *et al.*, 2006). Este processo tem como vantagem um resultado muito preciso e agradável visualmente, porém, tem um alto custo computacional, visto que, normalmente, o processo se repete a cada quadro de visualização gerado ou, pelo menos, a cada modificação do ângulo da câmera. Com isso, dispositivos com capacidades de processamento mais modestas, tais como os OST-HMDs, utilizados para aplicações de Realidade Misturada, podem ter dificuldade em gerar conteúdo interativo com velocidade suficiente para permitir uma experiência em tempo real.

ESTADO DA ARTE

Para verificar a validade da arquitetura a ser desenvolvida, uma pesquisa de revisão sistemática foi feita nas principais bases de dados científicos, buscando publicações que trouxessem contribuições em Aplicações interativas de Imagens Médicas em ambiente de Realidade Misturada com dispositivos de visualização direta. Dentre os trabalhos selecionados, destacam-se os seguintes:

- Augmented Reality Application for Aiding Tumor Resection in Skull-Base Surger (Kalavakonda *et al.*, 2019) - Este artigo traz como contribuição a implementação de um algoritmo de extração de isosuperfícies tridimensionais a partir de imagens médicas diretamente para o dispositivo HoloLens da Microsoft, que é um dispositivo OST-HMD de visualização direta para aplicações de Realidade Misturada. Segundo os autores, todo o processamento é feito no próprio dispositivo, passando por uma etapa de otimização que gera malhas capazes de visualização e interação em tempo real;

- Through the HoloLens™ looking glass: augmented reality for extremity reconstruction surgery using 3D vascular models with perforating vessels (Pratt *et al.*, 2018) - Este trabalho traz uma contribuição direcionada ao planejamento e execução de cirurgias do sistema circulatório utilizando o dispositivo HoloLens. O processo envolve uma etapa onde é feita uma tomografia computadorizada do paciente com o uso de contraste, realçando assim os vasos sanguíneos da região de interesse. As imagens são processadas e tratadas em softwares proprietários, gerando modelos tridimensionais otimizados para visualização com o HoloLens, conseguindo uma margem de erro inferior a 5 milímetros, que estaria dentro dos limites aceitáveis para a aplicação;

- Towards virtual monitors for image guided interventions real-time streaming to optical see-through head-mounted displays (QIAN *et al.*, 2017) - Este trabalho traz como contribuição uma arquitetura onde o processamento das imagens médicas é feito em um computador tradicional, e o resultado visual é enviado para um dispositivo OST-HMD, no caso o HoloLens. Com isso a limitação de performance de processamento é bastante reduzida, permitindo visualizações de modelos mais complexos. Entretanto, o processo de codificação e envio das imagens para o HoloLens causa um atraso de alguns milissegundos (>200ms), o que pode inviabilizar sua utilização em algumas aplicações.

Também foram analisadas as principais soluções de software disponíveis atualmente para visualização e interação com imagens médicas, tanto as comerciais quanto as de uso gratuito. A análise verificou se os softwares tem suporte para tecnologias interativas como Realidade Virtual Imersiva, com o uso de HMDs (Head Mounted Displays), não-imersiva, com uso de monitores tradicionais, e Realidade Misturada, com dispositivos de visualização direta. A Tabela 1 apresenta os softwares analisados.

Tabela 1 – Tecnologias Interativas nos softwares de manipulação de imagens médicas

Software	Suporte à Realidade Misturada com visualização direta	Suporte à Realidade Virtual Imersiva	Suporte à Realidade Virtual não imersiva
3D Slicer	x	x	x
Amira		x	x
Invesalius		x	x
Osirix		x	x
Radiant Viewer		x	x
Sante Dicom-Viewer			x
Med3Web Viewer			x
DragonFly			x
Vesalius 3D			x

AthenaDicomE-xpert			x
Horos			x
Navegatum			x
MedDream			x
Box Dicom-Viewer			x
syngo FastView			x

Fonte: Aatoria própria (2022)

Dentre todos os softwares analisados, apenas o 3D Slicer apresenta suporte à Realidade Misturada, com saída direta para o dispositivo Hololens, e alguns softwares possuem suporte limitado à utilização de dispositivos de Realidade Virtual imersiva do tipo HMD (Head Mounted Displays).

MATERIAIS E MÉTODOS

Uma arquitetura para processamento automatizado e manipulação multimodal de imagens médicas em ambiente de realidade misturada

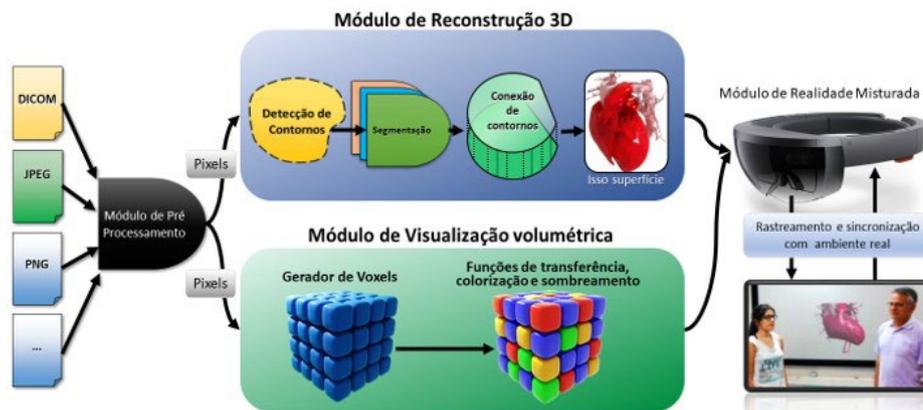
A análise do Estado da Arte permitiu uma melhor compreensão das necessidades e requisitos para a definição da arquitetura proposta neste trabalho. Os principais requisitos a serem satisfeitos são:

- Aceitar múltiplos formatos de entrada - suporte aos arquivos DICOM e formatos gráficos como JPEG e PNG;
- Ferramentas para processamento e filtragem das imagens, de modo a permitir seleção e isolamento de detalhes desejados nas imagens;
- Geração de isosuperfícies tridimensionais a partir das imagens;
- Geração de visualizações volumétricas para utilização em tempo real em Realidade Misturada com dispositivos de visualização direta;
- Ferramentas de interação com o ambiente de Realidade Misturada;
- Maximizar a compatibilidade com dispositivos de visualização;
- Precisão de rastreamento deve atender os limites clínicos mínimos.

Como um sistema dessa natureza precisa realizar diversas tarefas computacionais, muitas delas funcionando de forma sequencial, a arquitetura foi projetada em módulos, de maneira que seja possível substituir com facilidade um determinado módulo no futuro, ou adicionar módulos equivalentes para processar as tarefas de formas diferenciadas. Por exemplo, caso haja necessidade de utilizar mais de uma técnica de visualização volumétrica, além do raycasting, haveriam módulos separados para cada técnica adicional. Dessa forma, cada módulo deve ser capaz de realizar seu processamento e gerar uma saída com todas as informações necessárias para que um outro módulo reutilize os resultados em um novo processamento. A Figura 1 apre-

sentada a estrutura de módulos da arquitetura.

Figura 1 – Módulos da arquitetura



Fonte: A autoria própria (2022)

Conforme mostrado na Figura 1, existe um fluxo de entrada e processamento das informações, da esquerda para a direita, podendo em alguns momentos acontecer paralelismo, com dois ou mais módulos utilizando o resultado entregue por um módulo anterior. Também cabe uma breve explicação do funcionamento de cada módulo:

- Módulo de Pré-Processamento - Esse módulo é responsável por receber os arquivos de entrada e fazer a extração inicial das informações sobre os estudos (no caso de arquivos DICOM), bem como os pixels presentes nesses arquivos, entregando como saída um pacote com as informações e os pixels em formato genérico. Pode conter submódulos para cada formato de arquivo suportado;
- Módulo de Reconstrução 3D - Responsável por receber os dados dos estudos e os pixels contidos nos mesmos, gerando modelos tridimensionais de isosuperfícies, ou a partir de técnicas adicionais como extração de contornos, podendo ter submódulos para cada técnica adicional, e gerando ao final uma saída do modelo 3D correspondentes aos parâmetros de escala e orientação presentes nos estudos;
- Módulo de Visualização Volumétrica - Este módulo é responsável por receber os dados dos estudos e seus pixels, e gerar como saída um modelo de visualização volumétrica a partir desses dados. Pode conter submódulos para suporte à técnicas adicionais de visualização volumétrica além do raycasting;
- Módulo de Realidade Misturada - Este módulo é responsável por receber os modelos tridimensionais e as visualizações volumétricas geradas nos módulos anteriores e sincronizá-los ao ambiente real, possibilitando assim a experiência de Realidade Misturada. Esse módulo também deve permitir as operações de interação com os conteúdos.

Estudo de Caso - Implementação e validação da arquitetura

A partir da definição da arquitetura, seus requisitos e módulos essenciais, foi implementado um estudo de caso buscando satisfazer todas as funcionalidades e características propostas. A primeira decisão a ser tomada foi a escolha de uma plataforma capaz de atender os requisitos de performance e compatibilidade expressos nos requisitos da arquitetura. Após alguns testes e análises preliminares, optou-se por utilizar a engine Unity (UNITY, 2022), pelos seguintes moti-

VOS:

- Vasta base de usuários, o que pode ser vantajoso para promover a utilização e aperfeiçoamento do software desenvolvido;
- Capacidades gráficas de última geração, com suporte a criação de shaders e processamento diretamente na placa gráfica (GPU);
- Alta performance com suporte a bibliotecas de vínculo dinâmico para tarefas com maior peso computacional;
- Compatibilidade com uma vasta lista de dispositivos;
- Versões gratuitas para estudantes.

Inicialmente, optou-se por implementar a arquitetura de forma híbrida, permitindo um fluxo bidirecional entre as versões desktop e dispositivo de visualização em ambiente de Realidade Misturada. Essa decisão foi motivada pela familiaridade que a maioria dos usuários têm com o ambiente desktop para edição de imagens médicas, o que pode funcionar como um elemento facilitador da adoção do software.

O próximo passo foi o desenvolvimento do módulo de pré-processamento, dando suporte inicial somente a arquivos DICOM, que são utilizados pela vasta maioria dos dispositivos de captura de estudos de imagens. Como foi mencionado anteriormente, os arquivos DICOM utilizam uma estrutura de tags, que possuem códigos que devem ser interpretados para se determinar o tipo e as características dos conteúdos armazenados em cada tag. Dessa forma, foram criados métodos específicos para processar cada tag. As tags não essenciais à visualização foram ignoradas num primeiro momento, podendo futuramente serem interpretadas por novos métodos adicionais. É importante ressaltar que, ao longo do processo de implementação da arquitetura, houveram alterações no padrão DICOM, o que motivou a implementação de uma nova versão deste módulo, reforçando a vantagem da arquitetura modular.

Ao fazer a leitura das tags, o módulo é capaz de ler os pixels das imagens, bem como a resolução de captura e outras informações úteis para os módulos de reconstrução. Para realizar esse processamento foi utilizado um script em linguagem C#, suportada de forma direta pela Unity.

O módulo de reconstrução 3D não foi implementado no estudo de caso, pois, como foi mostrado na seção 3, já existem soluções de software capazes de realizar este tipo de processamento. Logo, a prioridade foi o desenvolvimento e testes com o módulo de visualização volumétrica.

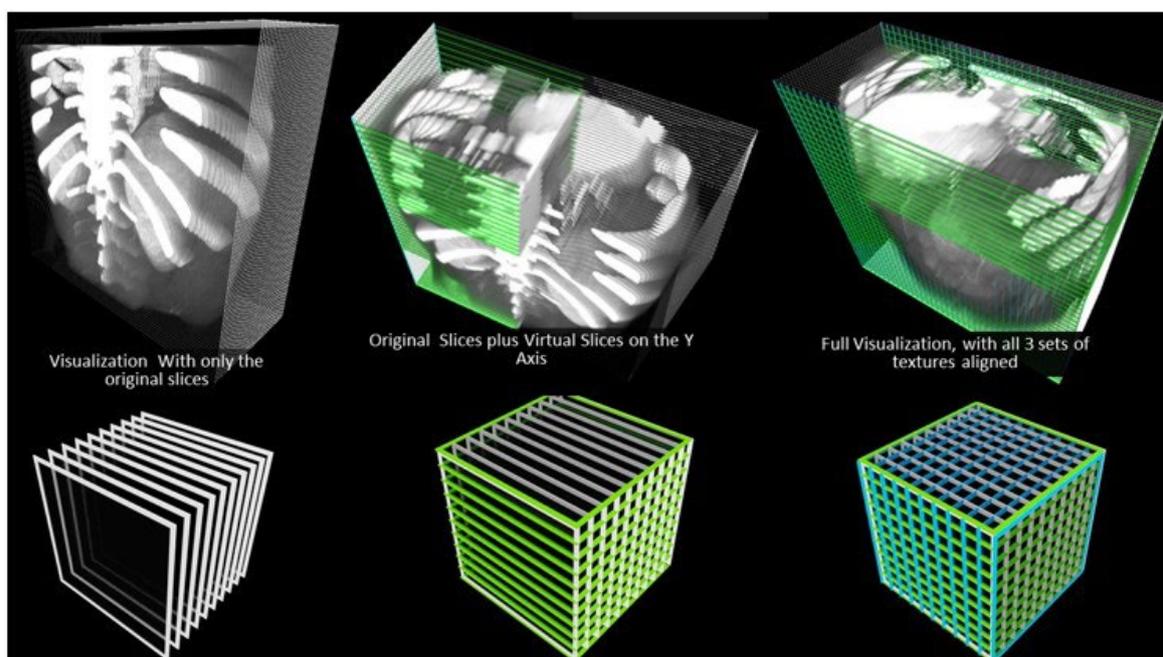
A implementação do módulo foi feita inicialmente com suporte ao algoritmo de raycasting, utilizando como base uma versão gratuita do mesmo, disponibilizada pela NVidia (NVIDIA, 2022), que faz o processamento dos dados diretamente no hardware da GPU, melhorando, assim, o desempenho e diminuindo a carga de trabalho do processador. Para as etapas de filtragem e transformação dos pixels, foram implementados os parâmetros comumente encontrados em softwares de processamento de imagens médicas, utilizando dados das especificações do padrão DICOM, bem como algoritmos úteis de processamento de imagens, como limiarização, inversão, brilho e contraste (GONZALEZ, 2000). A flexibilidade da engine Unity facilitou a portabilidade do

algoritmo também para o módulo seguinte (Realidade Misturada).

Para o módulo de Realidade Misturada, o primeiro passo foi a escolha de um dispositivo-alvo para a saída da aplicação, pois com base nas características de cada dispositivo é possível estimar as possibilidades de visualização e interação. O dispositivo Hololens foi escolhido, devido à sua capacidade de processamento, bom ângulo de visualização, sensores para rastreamento e interação. O foco inicial foi em apresentar o conteúdo de visualização volumétrica, medir seu desempenho e ancorar este conteúdo ao ambiente real. Com poucas otimizações, praticamente a mesma versão implementada no ambiente desktop foi portada para o dispositivo Hololens. Além da reprodução visual, foram implementadas algumas formas primitivas de interação com o conteúdo, baseadas em comandos de voz já disponíveis para utilização com o dispositivo Hololens, tais como rotação, escala, troca do modelo e visibilidade.

Os testes iniciais demonstraram que o dispositivo foi capaz de executar o código e exibir a visualização volumétrica, porém a performance obtida foi bastante baixa, em torno de 3 a 4 quadros por segundo, o que motivou a pesquisa e implementação um módulo adicional, com uma técnica de visualização volumétrica baseada em texturas, que não precisa realizar o cálculo da visualização a cada quadro gerado, pois é criada um conjunto de polígonos texturizados com os dados das imagens médicas nos 3 eixos X, Y e Z, e posteriormente a placa gráfica renderiza cada polígono (IKITS *et al.*, 2004). Como o processo de mapeamento de texturas é feito por estruturas nativas de hardware, a performance dessa técnica é significativamente maior que no raycasting, apesar de haverem alguns problemas relacionados ao ângulo de visualização, que podem gerar por vezes certos artefatos indesejáveis. A Figura 2 demonstra o funcionamento desta técnica.

Figura 2 – Visualização volumétrica baseada em texturas



Fonte: Autoria própria (2022)

Para implementar o intercâmbio de informações entre as versões desktop e do Hololens, foi criado um arquivo de projeto que contém a referência para o estudo, e a lista de operações de transformações e filtros a serem aplicados sobre o mesmo. Dessa forma, quando o estudo

é transferido entre as plataformas, o processamento é feito conforme as instruções do arquivo, atingindo o mesmo resultado.

RESULTADOS

Conforme descrito anteriormente, a arquitetura foi implementada, sendo capaz de abrir e editar estudos de imagens médicas no formato DICOM, bem como gerar visualizações volumétricas e transportá-las para o ambiente de Realidade Misturada. A seguir são mostrados alguns testes práticos realizados com o software implementado no estudo de caso.

A Figura 3 apresenta a interface do sistema desenvolvido, bem como a abertura de um estudo de vascularização arterial.

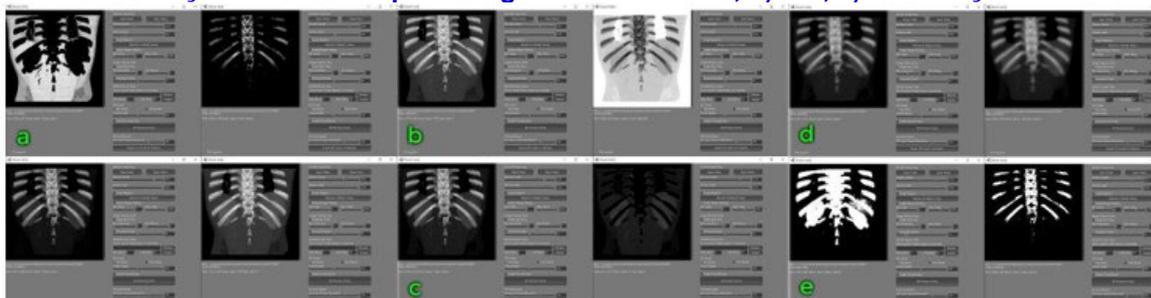
Figura 3 – Interface e abertura de estudo no software desenvolvido



Fonte: Autoria própria (2022)

Como pode ser visto, a interface contém diversos ajustes e filtros disponíveis para utilização com as imagens. Os estudos podem ser visualizados tanto no modo bidimensional como no modo 3D volumétrico, clicando no botão “3D Preview (Voxel)”. A Figura 4 apresenta a aplicação de alguns filtros sobre um estudo.

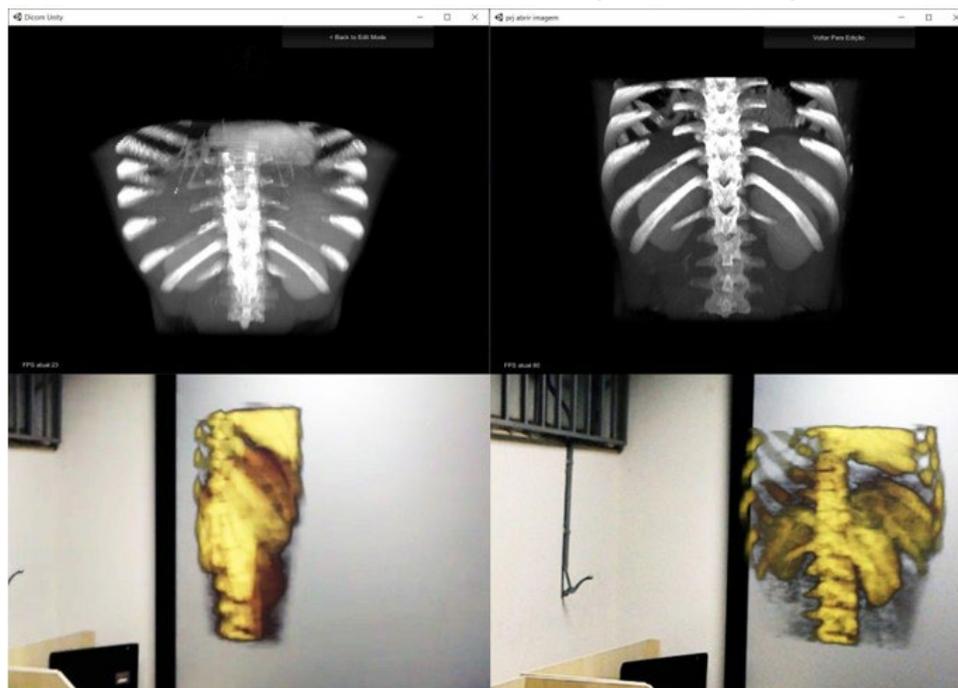
Figura 4 – Filtros aplicados a um estudo: a)window width/window center, b)negativo, c) remoção de costelas por filtragem de densidade, d)blur, e)limiarização



Fonte: Autoria própria (2022)

A Figura 05 apresenta o resultado visual final obtido na versão desktop e também na versão do Hololens, tanto com o algoritmo raycast quanto para o baseado em texturas.

Figura 5 – Acima visualização por raycasting e pela técnica baseada em texturas; Abaixo resultados na versão do Hololens com função de colorização ativada



Fonte: Autoria própria (2022)

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos demonstraram a viabilidade da arquitetura desenvolvida, sendo que já durante a fase de implementação foi testada com sucesso a modularidade do sistema, criando-se versões alternativas para o módulo de pré-processamento e um submódulo para a técnica alternativa de visualização volumétrica baseada em texturas.

Quanto à qualidade de visualização, a técnica baseada em texturas apresentou resultados bastante promissores, principalmente quanto à performance, conseguindo alcançar taxas de cerca de 200 quadros por segundo na versão desktop e 60 quadros por segundo na versão do Hololens (em estudos mais simples com poucas fatias), e um mínimo de 14 quadros por segundo no Hololens (em estudos mais complexos com muitas fatias), o que ainda garante uma experiência bastante fluida. Ainda é possível desenvolver otimizações sobre o algoritmo alternativo, de modo a atingir mais performance.

A utilização do Hololens ocorreu de forma satisfatória, notando-se alguma dificuldade em certos momentos com os comandos de voz, por questões de pronúncia das palavras de comando, pois existe baixa tolerância à variação dessa pronúncia.

O conteúdo virtual permaneceu o tempo todo fixado ao ponto de ancoragem definido no Hololens, cabendo futuramente a realização de testes com bonecos em proporção anatômica e também pacientes reais, para determinar a precisão alcançada na integração entre os conteúdos virtuais e o ambiente real.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou a especificação e validação de uma arquitetura para manipulação e interação com imagens médicas em ambiente de Realidade Misturada. O protótipo final é funcional e foi desenvolvido na engine Unity, o que facilita muito a adição de novas funcionalidades e integração com outras aplicações gráficas. Testes com pacientes reais podem ajudar a mensurar a precisão do sistema e facilitar a sua adoção futura em ambientes cirúrgicos.

REFERÊNCIAS

ABDALLAH, Y.M. History of Medical Imaging. Arch Med Health Sci 2017;5:275-8

DOI, K. Diagnostic imaging over the last 50 years: research and development in medical imaging science and technology. Phys Med Biol. 2006 Jul 7;51(13):R5-27. doi: 10.1088/0031-9155/51/13/R02. Epub 2006 Jun 20. PMID: 16790920.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. Processamento digital de imagens, Addison-Wesley, 2004.

HADWIGER, M.; KNISS, J.M.; REZK-SALAMA, C.; WEISKOPF, D. ENGEL, K. 2006. Real-time Volume Graphics. A. K. Peters, Ltd., USA.

IKITS, Milan.; KNISS, J.; LEFOHN, A.; HANSEN, C. GPU Gems. Addison-Wesley 2004.

JAUNCEY, G. E. M. The birth and early infancy of x-rays. American Journal of Physics, 13:362–379, 1945.

KALAVAKONDA, Niveditha; SEKHAR, Laligam; HANNAFORD, Blake. Augmented reality application for aiding tumor resection in skull-base surgery. In: 2019 International Symposium on Medical Robotics (ISMR). IEEE, 2019. p. 1-6.

LORENSEN, W. E.; CLINE, H. E. Marching cubes: A high resolution 3d surface construction algorithm. In ACM siggraph computer graphics, vol. 21, pp. 163–169. ACM, 1987.

M. Hololens. Microsoft hololens — mixed reality technology for business. Disponível em: <https://www.microsoft.com/en-us/hololens?SilentAuth=1&wa=wsignin1.0>. Acesso em: 18 jun. 2022.

NEMA. DICOM Standard. Disponível em: <https://www.dicomstandard.org/>. Acesso em: 16 jun. 2022.

NVIDIA. Nvidia OpenGI SDK10 Code Samples. Disponível em: <https://developer.download.nvidia.com/SDK/10/opengl/samples.html>. Acesso em: 16 jun. 2022.

PRATT, Philip *et al.* Through the HoloLens™ looking glass: augmented reality for extremity reconstruction surgery using 3D vascular models with perforating vessels. European radiology experimental, v. 2, n. 1, p. 1-7, 2018.

PREIM, B.; BARTZ, D. Visualization in medicine: theory, algorithms, and applications. Elsevier, 2007.

QIAN, L.; UNBERATH, M.; YU, K.; FUERST, B.; JOHNSON, A.; NAVAB, N.; OSGOOD, G. Towards virtual monitors for image guided interventions real-time streaming to optical see-through head-mounted displays. arXiv preprint arXiv:1710.00808, 2017.

RAO, V. M.; LEVIN, D. C. The overuse of diagnostic imaging and the Choosing Wisely initiative. *Ann Intern Med.* 2012 Oct 16;157(8):574-6. doi: 10.7326/0003-4819-157-8-201210160-00535. PMID: 22928172.

TORI, R; HOUNSELL, M. S. *Introdução a Realidade Virtual e Aumentada*. Porto Alegre: Editora SBC, 2018.

UNITY. Plataforma de desenvolvimento em tempo real do Unity | 3D, 2D, VR e Engine AR. Disponível em: <https://unity.com/pt>. Acesso em: 18 jun. 2022.

Organizador

Adriano Mesquita Soares

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/PG, linha pesquisa em Gestão do Conhecimento e Inovação e Grupo de pesquisa em Gestão da Transferência de Tecnologia (GTT). Possui MBA em Gestão Financeira e Controladoria pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais onde se graduou em Administração de Empresas (2008). É professor no ensino superior, ministrando aulas no curso de Administração da Faculdade Sagrada Família – FASF. É editor chefe na AYA Editora.

Índice Remissivo

A

ambiental 7, 92, 94, 104, 110, 111
arquitetura 135, 136, 138, 141, 142, 143, 144, 146, 147, 148
asfáltica 7, 110, 111, 112, 114, 119
automatizado 135

B

banheiros 6, 52, 54
Blockchain 5, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 50, 51
borracha 7, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 118, 119

C

cirurgia 136, 137
clones 88, 89, 92, 93, 94, 95, 97, 99, 100
COE 18, 20, 21, 22, 23, 24
colheita 5, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 26, 27, 90
comércio exterior 5, 28, 29, 30, 40, 41, 44, 47
comparativo 6, 59, 60, 61
composição 19, 29, 60, 61, 65, 69, 82, 112
construção 54, 58, 60, 61, 64, 85, 86, 90, 111, 119, 123, 133
construção civil 60, 61, 64, 86, 123
contrato 29, 38, 39, 40, 41, 43, 44, 47, 50
contratos inteligentes 5, 28, 29, 30, 43, 44, 45, 46, 47
cultura 5, 17, 19, 20, 23, 26, 29, 93
custo ABC 18

D

DICOM 136, 138, 142, 143, 144, 146, 148
doméstico 5, 52

E

efluente 5, 52, 53, 54, 55, 56, 57
elementos 4, 12, 32, 33, 61, 106, 116, 121, 126, 127, 133, 136, 137, 139, 140
eletricidade 103, 104
empreendimento 6, 59, 60, 61, 62, 84
energia 6, 14, 90, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 111, 119, 121
energia renovável 103
energia solar 6, 102, 103, 104, 108
escassez 53
estatística 88, 95, 100
Eucalipto 6, 87, 97, 98, 99

F

fábrica 10, 14, 15, 23
financeiro 5, 17, 23, 25, 26, 31, 46, 47
florestal 88, 89, 90, 92, 93, 96, 98

G

grafeno 121, 122, 123, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132

H

hídrica 53

I

imagens médicas 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 144, 145, 146, 148
impacto 5, 17, 20, 26, 42, 49, 111, 119

M

manipulação 135, 136, 137, 140, 141, 148
mecânico 11, 63, 65, 68, 69, 81, 82, 83, 114
meio ambiente 111, 113, 116, 117, 118
melhoramento 88, 89, 90, 91, 92, 93, 95, 96, 97, 98, 99
multimodal 135

O

orçamentos 6, 59, 61, 62, 84, 85
otimização 5, 9, 10, 11, 12, 22, 26, 42, 93, 95, 141

P

pavimentação 7, 65, 84, 110, 111, 112, 113, 114, 118, 119
pavimentação asfáltica 7, 110, 111, 112, 119
PCV 10, 13, 16
possibilidades 4
privativo 36
problemas 6, 11, 12, 14, 20, 40, 61, 87, 91, 108, 111, 137, 145
processamento 12, 126, 135, 136, 137, 138, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147
processo 5, 11, 13, 17, 18, 19, 20, 23, 26, 30, 31, 37, 42, 53, 54, 60, 61, 62, 63, 91, 92, 104, 105, 107, 108, 116, 136, 139, 140, 141, 144, 145
propriedade 5, 17, 18, 19, 26, 41, 114
propriedades 7, 18, 90, 100, 112, 120, 122, 123, 124, 126, 132

próteses 7, 120, 121, 122, 123, 124, 126, 131, 133
PRV 10, 14, 16

Q

qualidade 61, 84, 90, 91, 95, 97, 111, 114, 136, 147

R

realidade 42, 45, 61, 135, 136, 138

realidade misturada 135, 136

reciclagem 111, 116, 118

recuperação tátil 121

renovável 6, 102, 103

reuso 53, 54, 55, 57, 58

roteamento 5, 9, 10, 14, 16

rural 5, 17, 19, 21, 22, 23, 24, 26

S

seleção 6, 13, 64, 87, 88, 89, 91, 92, 94, 95, 96, 99, 100,
137, 142

silvicultura 88, 98

simulação numérica 121, 133

sistema 4, 5, 6, 9, 10, 21, 23, 30, 31, 32, 34, 36, 42, 45,
46, 47, 52, 53, 54, 55, 94, 111, 114, 136, 138, 139,
141, 142, 146, 147, 148

soja 5, 17, 18, 19, 20, 21, 26, 27

sustentabilidade 7, 103, 104, 110, 111

T

tratamento 6, 47, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 90, 92, 114

V

vantagens 18, 36, 37, 45, 95, 111

viabilidade 29, 30, 136, 147

