

**CADERNOS DE  
CIÊNCIAS EXATAS E  
TECNOLOGIA**

**V.1 N.1 2025**



**UDF**  
Centro  
Universitário



**REITOR DO CENTRO DE ENSINO UNIFICADO DO DISTRITO FEDERAL - UDF**

Prof. Me. André Ricardo Rosa Leão

**EDITORA CHEFE**

Profa. Dra. Vivian Tais Fernandes Cipriano

**EDITOR EXECUTIVO RESPONSÁVEL POR ESTA EDIÇÃO**

Prof. Me. Gabriel Elias Parente Barreto Oka

**PROJETO GRÁFICO**

Wênio Alves Nascimento

Guilherme Souza Oliveira

**EDITORAÇÃO**

Wênio Alves Nascimento

**REVISÃO TÉCNICA**

Debora Carvalho Alves de Oliveira



CENTRO UNIVERSITÁRIO – UDF  
SEP SUL EQ 704/904 – Conj. A 70390-045  
Brasília/DF [publicacoes.udf.edu.br](http://publicacoes.udf.edu.br)



A Revista Cadernos de Ciências Exatas e Tecnologia do UDF - Centro Universitário, é um periódico de publicação semestral, e tem como compromisso a difusão de pesquisas de docentes e pesquisadores da sua instituição, bem como alunos de graduação da área de Ciências Exatas e Tecnologia.



CONCEPÇÃO DE UMA MÁQUINA AUTOMÁTICA DE APROVEITAMENTO TOTAL DO COCO.....	5
INFLUÊNCIA DA TÊMPERA E DA NORMALIZAÇÃO NA DUREZA E RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DO AÇO 8640.....	16
MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMA DE CONTROLE DE UM EQUIPAMENTO DE FABRICAR SABÃO .....	29
USO DE ÁGUA DA CHUVA PARA ALIMENTAÇÃO DE CALDEIRAS AQUATUBULARES NO DISTRITO FEDERAL.....	49
ANÁLISE DE CONTROLE PID EM UMA PRÓTESE DE MÃO .....	62
INFRAESTRUTURA VERDE E O DESIGN AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO NO SETOR DE INDÚSTRIA E ABASTECIMENTO - DF .....	75
JARDINS URBANOS DE CERRADO: CONHECENDO E DISSEMINANDO O POTENCIAL PAISAGÍSTICO DA SAVANA BRASILEIRA .....	86



# CONCEPÇÃO DE UMA MÁQUINA AUTOMÁTICA DE APROVEITAMENTO TOTAL DO COCO

## *DESIGN OF AN AUTOMATIC MACHINE FOR TOTAL USE OF COCONUT*

Breno Dourado Xavier<sup>1</sup>  
Tiago de Melo<sup>2</sup>

### RESUMO

Esse artigo trata-se do estudo da concepção de uma máquina de aproveitamento total do coco em que será mostrado o funcionamento da máquina, uma revisão sobre a Eletropneumática que possibilitou a concepção da máquina. A automação é um dos métodos que o ser humano utiliza para facilitar seu trabalho e fazê-lo de uma forma mais rápida e eficiente, nessa área de automação existe a pneumática que utiliza como fonte de energia o ar e tem conquistado um espaço no parque industrial. Portanto, esse trabalho tem como objetivo entender e desenvolver uma máquina eletropneumática que seja capaz de tratar o coco para extrair de forma instantânea a água, a castanha (parte branca do coco) e a casca triturada. Ao longo do trabalho, tem-se uma máquina projetada no software SolidWorks Versão 2023 e suas plantas pneumáticas desenvolvidas no software Automation Studio versão estudante, a noção do orçamento da máquina por meio de pesquisas e os cálculos dos diâmetros que os atuadores da máquina devem ter. O coco é o fruto do coqueiro com diversos benefícios para o ser humano na área da alimentação e do lazer, pois a água presente em seu interior é rica em nutrientes, como cálcio, potássio e magnésio. Por meio da sua castanha (polpa) é possível obter vários alimentos, como o óleo de coco, o leite de coco, o coco ralado etc. E a sua casca, quando triturada, viram fibras que servem de base à biomantas que ajudam a recompor a vegetação e são usadas na confecção de roupas, chapéus, toalhas de mesa e recheio dos bancos de automóveis. Existem várias indústrias que tratam o coco no Brasil, algumas delas possuem máquinas manuais que facilitam o tratamento do coco, como furar e cortar. Outras indústrias possuem máquinas eletromecânicas que cortam vários cocos por minuto, porém o trabalho de retirar a castanha e triturar a casca ainda é feito manualmente. Porém, para esse projeto, foi feita uma concepção de uma máquina que usa automação pneumática para tratar o coco, ou seja, furar para extrair a água, cortar para extrair a castanha (polpa) e mandar para o triturador para se obter a fibra, tendo a ação humana de apenas colocar o coco na máquina.

**Palavras-chave:** concepção; máquina; coco; eletropneumática.

### ABSTRACT

This article is a study of the design of a machine for the total use of coconuts in which the functioning of the machine will be shown, a review of the Electro-Pneumatics that made the design of the machine possible. Automation is one of the methods that human beings use to facilitate their work and do it in a faster and more efficient way. In this area of automation, there is pneumatics, which uses air as an energy source and has gained space in the industrial park. Therefore, this work aims to understand and develop an electro-pneumatic machine that is capable of treating coconuts to instantly extract the water, nuts (white part of the coconut) and

---

<sup>1</sup> Breno Dourado Xavier / Tecnologia em Mecatrônica do Centro Universitário do Distrito Federal – UDF.

<sup>2</sup> Tiago de Melo / professor do Centro Universitário do Distrito Federal – UDF.



crushed shell. Throughout the work, we have a machine designed in SolidWorks software version 2023, its pneumatic plants and electrical circuits developed in Automation Studio student version software, the notion of the machine's budget through research and calculations of the diameters that the machine's actuators should have. Coconut is the fruit of the coconut tree with several benefits for humans in the area of food and leisure, as the water present inside is rich in nutrients, such as calcium, potassium and magnesium. Through its nuts (pulp) it is possible to obtain various foods, such as coconut oil, coconut milk, grated coconut, coconut flakes, etc. And its bark, when crushed, turns into fibers that serve as the basis for biomats that help to restore vegetation and are used to make clothes, hats, tablecloths and filling car seats. There are several industries that treat coconuts in Brazil, some of them have manual machines that facilitate coconut treatment, such as drilling and cutting. Other industries have electromechanical machines that cut several coconuts per minute, but the work of removing the nuts and crushing the shell is still done manually. However, for this project, a machine was designed that uses pneumatic automation to treat the coconut, that is, drilling to extract the water, cutting to extract the nuts (pulp) and sending it to the crusher to obtain the fiber, taking the human action of just placing the coconut in the machine.

**Keywords:** conception; machine; coconut; electropneumatic.

## INTRODUÇÃO

Podemos resumir todas as formas comerciais de transmissão de energia na indústria a apenas três: mecânica, elétrica e fluídica. A transmissão de energia por meios mecânicos é a mais antiga de todas: nos primórdios da civilização já se utilizava a força humana ou animal para movimentar equipamentos e realizar trabalho. Por fim, destaca-se a transmissão de energia por meios fluídicos, que se dá através da hidráulica e da pneumática que, em termos modernos, as transmissões hidráulica e pneumática baseiam-se em um mesmo princípio: fluidos aumentam sua pressão quando recebem energia, e é essa variação de pressão que pode então ser convertida em movimento. Um exemplo clássico é um fluido pressurizado empurrando um êmbolo, como no macaco hidráulico; na pneumática se refere ao uso de ar comprimido, por tanto em estado gasoso. Esse trabalho se refere unicamente na área da pneumática. Como já foi falado, existem muitas indústrias que possuem máquinas manuais ou elétricas que tratam de um processo específico do coco, como furar, cortar, descascar etc. Contudo, a maioria dessas máquinas realiza apenas uma tarefa específica, necessitando muito da intervenção humana para realizar outras funções que essas máquinas não fazem; ou simplesmente o trabalho de transportar manualmente o coco para cada uma dessas máquinas específicas para realizar determinado trabalho. Usando os conhecimentos de eletropneumática, foi projetado uma máquina automatizada que trata o coco retirando a água, a castanha (polpa) e a casca. Aumentando assim a produção e reduzindo os custos.

## 1 METODOLOGIA

Pode-se aplicar o uso da pneumática à diversas situações, umas das formas de se projetar um Sistema Eletropneumático e, que foi adotada para realizar esse trabalho, foi seguindo os seguintes passos:

**PASSO 1:** Descrever o funcionamento do sistema. Nesse passo, o sistema deverá ser mostrado, interpretado e assim decidir quais ações em linha de produção poderão ser automatizadas. Para isso, usa-se o software SolidWorks.



PASSO 2: Criar o diagrama trajeto-passo. Nesse passo, cria um diagrama que descreve a ação dos atuadores no sistema, como avançar, parar e retornar ao longo de toda execução da máquina.

PASSO 3: Determinar o tipo de atuador a ser usado. Nesse passo, decide qual melhor atuador para ser usado em cada etapa do sistema, de acordo com o objetivo que se deseja conseguir naquela etapa, como já vimos existe muitos tipos de cilindros, além de outros atuadores, como motores.

PASSO 4: Escolher às válvulas a serem usadas. Nesse passo, decide qual melhor válvula para ser usada no sistema, visto que existem várias válvulas acionadas por diversos tipos de acionamento, seja por alavanca, botão, solenoides etc

PASSO 5: Definir quais sensores acionam os passos. Nesse passo, escolhe-se os tipos de sensores que serão usados, o local onde eles ficarão no sistema e a forma como serão acionados, seja no avanço, na parada ou retorno do atuador.

PASSO 6: Definir à lógica de acionamentos dos atuadores associando comandos elétricos na válvula. Nesse passo, determina-se o tipo de movimento que o atuador fará seja avançar, parar ou retornar, por meio de acionamentos elétricos feitos na válvula.

## Projeto Conceitual

A Fig. 1 mostra com seria a máquina eletropneumática, uma máquina totalmente automatizada, tendo à necessidade da ação humana apenas de colocar o coco na esteira. Considerando às dimensões da esteira usada na concepção desse projeto (1000x2000x500) em milímetros, foi estimado que o coco que será tratado na máquina deve ter no máximo 19 cm de largura e no máximo 15 cm de altura.

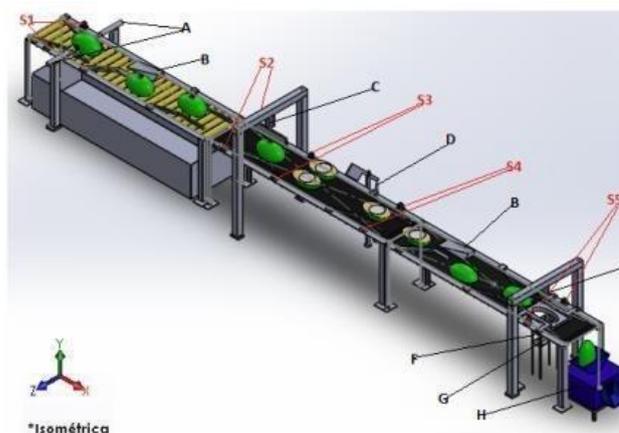


Figura 1 - Máquina Eletropneumática.  
Fonte: Feita no SolidWorks, 2023.

O projeto consiste em três esteiras, uma apenas com roletes e às outras duas com roletes e forradas com tapete. O processo inicia na esteira só com roletes. Na sequência, Tab. 1, são apresentadas às estações.



Tabela 1 – Estações da Máquina

Estação	Atuador	Fase
Furar	A	Furar o coco na lateral.
Virar	B	Virar o coco e a banda do coco.
Cortar	C	Cortar o coco.
Parar	D	Parar uma das bandas do coco.
Segurar	E	Segurar uma banda do coco.
Retirar	Fe G	Retirar a castanha (parte branca) do coco.
Triturar	H	Triturar a casca do coco.

Fonte: elaborada pelos autores, 2023.

### Primeira Esteira

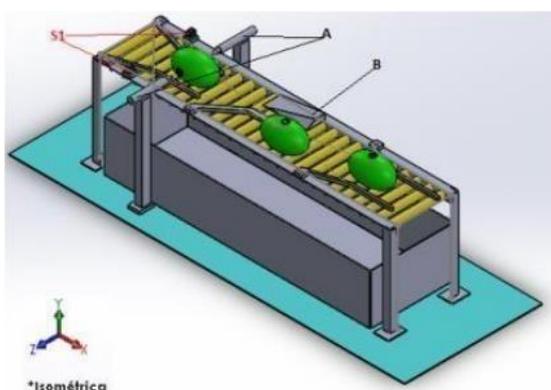


Figura 2 – A primeira esteira onde ocorrem às estações de furar e virar o coco.  
Fonte: Feita no SolidWorks, 2023.

A letra A corresponde aos atuadores (cilindros) que furam o coco na lateral, esses cilindros são acionados por um par de sensores ópticos (S1) que são colocados ao lado desses cilindros, assim que o coco passa por esses sensores leva um tempo para que a esteira pare, para que assim, o coco fique entre esses cilindros que são acionados ao mesmo tempo, furando o coco na lateral. Após um tempo, esses cilindros retornam ao seu estado inicial e o coco continua avançando e a água cai em um reservatório que está em baixo de toda esteira.

O coco é guiado por uma guia que o conduz para uma rampa (B) que está fixa na lateral da esteira, mas ela não toca nos roletes, ficando totalmente fixa na esteira quando há movimento nos roletes. Quando o coco passa por essa rampa que foi projetada para fazer o coco girar, para que um dos furos feitos na lateral do coco passe para baixo, para que assim,



a água do coco sai completamente ficando armazenada no reservatório. O coco segue conduzido por guias que o levam ao centro da esteira para próxima esteira.

## Segunda Esteira

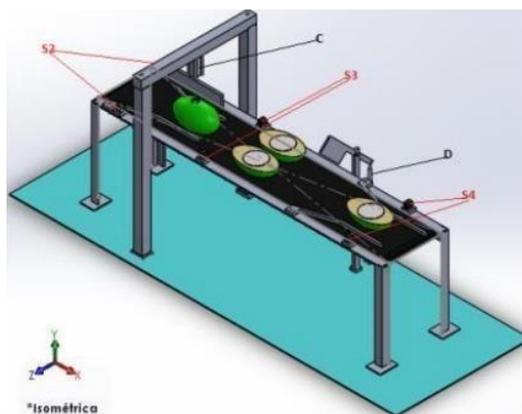


Figura 3 – A segunda esteira onde ocorrem às estações de partir e parar o coco.  
Fonte: Feita no SolidWorks, 2023.

O coco ao chegar na segunda esteira passa por sensores ópticos (S2), que após um tempo, param o movimento da esteira, isso para que o coco fique na melhor posição possível para que o atuador B corte o coco da forma desejada, ficando as metades do coco lado a lado. A seguir, o atuador B retorna para cima, e a esteira volta a funcionar e as duas metades do coco que estão lado a lado seguem.

Em seguida, com a esteira em movimento, as duas metades do coco acionam os sensores (S3) que fazem com que o atuador D, que é um cilindro que movimentava um mecanismo (Fig. 4), mova o mecanismo para impedir a passagem de uma das metades do coco, assim somente a metade ao seu lado segue o caminho, e essa metade é conduzida pelas guias da esteira que a levam para o centro, e quando essa metade que seguiu passa pelo último sensor da segunda esteira (S4), esse sensor aciona o atuador C, novamente, para que o mecanismo volte à posição inicial, liberando a outra metade que foi impedida de passar. Assim, as duas metades de coco que estavam lado a lado passam a ser uma atrás da outra, seguindo para última esteira.



Figura 4 – Mecanismo projetado para parar uma banda do coco.  
Fonte: Feita no SolidWorks, 2023.

## Terceira Esteira

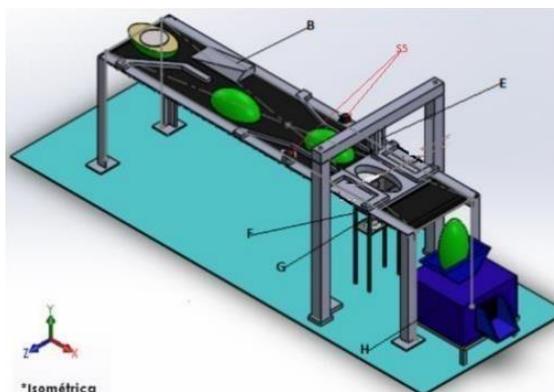


Figura 5 – A terceira esteira onde ocorrem as estações de virar, segurar, retirar e triturar o COCO.

Fonte: Feita no SolidWorks, 2023.

Assim que a metade do coco chega na terceira esteira ela é conduzida pela guia que a leva para a rampa, do mesmo tipo que é usada na primeira esteira, então a parte que possui a castanha do coco fica para baixo, para que assim ocorra a extração da castanha por baixo.

Após a metade do coco girar, as guias na esteira a conduzem até o centro, então a metade do coco passa pelos sensores S5 (acionam os sensores S5 que, sendo usado um temporizador, acionam os atuadores, em seus devidos tempos, para extração da castanha) e vai para uma região da esteira que é sem roletes e tapete, que é imóvel e possui uma abertura menor que a metade do coco, para que a castanha do coco fique exposta para extração, Fig. 6.

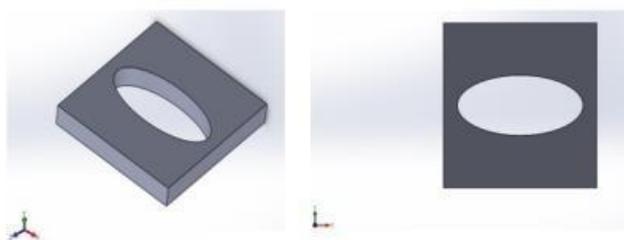


Figura 6 – Região da esteira imóvel em três e duas dimensões.

Fonte: Feita no SolidWorks, 2023.

Então, a metade do coco fica nessa região e vem o atuador E segura a banda do coco por cima, pressionando ela de uma forma que não a quebre, apenas deixe ela imóvel para o processo de retirar a castanha por baixo da esteira.

Após o atuador E segurar a banda do coco, o processo de retirada da castanha (parte branca do coco) começa, por meio de um sistema formado por um cilindro de dupla ação (atuador F), por um cilindro rotativo (atuador G), um adaptador que fica na ponta do cilindro para unir o cilindro rotativo ao cilindro linear, como mostra na Fig. 7.



Figura 7 – Sistema para extração da castanha do coco.  
Fonte: Feita no SolidWorks, 2023.

Assim como na extração da água do coco, que acontece na primeira esteira, que é necessário ter um reservatório para armazenar a água, da mesma forma é preciso ter um reservatório para armazenar a castanha do coco (parte branca). Para isso, foi projetado um gabinete (Fig.8) exclusivo para o sistema da Fig. 7, para que sejam armazenadas as castanhas do coco, que cairão por gravidade

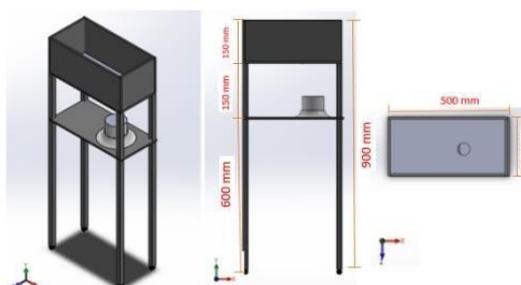


Figura 8 - Gabinete exclusivo para o sistema usado para extração da castanha (em três vistas).  
Fonte: Feita no SolidWorks, 2023.

Ao final da terceira esteira podemos ver um triturador em que a metade do coco vai cair por gravidade nele e ser triturada. Considerando que existem vários modelos de triturador, deve ser usado um apropriado para se por no final da esteira para que a metade do coco caia naturalmente dentro.

## Sistemas Eletropneumáticos

A automação concebida neste trabalho decorre de uma seqüência de movimentos discretos realizados no coco, que resultam em furar, virar, cortar, parar temporariamente uma das metades do coco cortada, girar a metade do coco, segurar, retirar a castanha e triturar. E como o projeto é composto por três esteiras, foram projetadas três plantas pneumáticas para cada esteira, seus respectivos diagrama Trajeto-Passos que mostram o funcionamento de seus sistemas, usando o software Atomation Studio.



## Sistema da primeira esteira

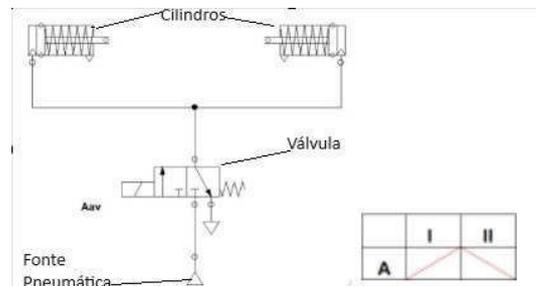


Figura 9 – Sistema pneumático da primeira esteira e seu diagrama Trajeto-Passo.  
Fonte: Feita no Automation Studio, 2023.

Na Fig.9 mostra a representação de dois cilindros que quando ativados furam o coco simultaneamente na lateral, uma válvula de controle direcional 3/2 para direcionar o sentido de fluxo atendendo à necessidade do circuito, e uma fonte pneumática de onde o fluxo de ar é gerado. No diagrama Trajeto-Passo o atuador A avança e retorna.

## Sistema da segunda esteira

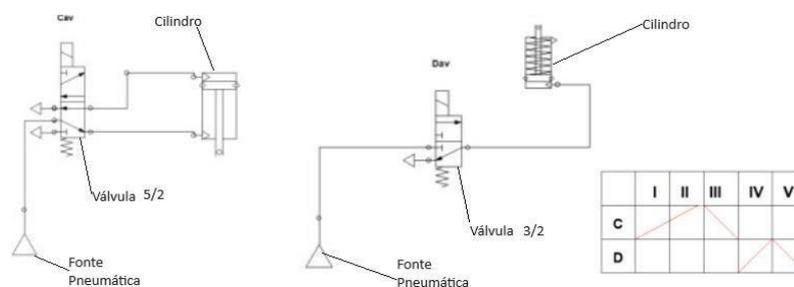


Figura 10 – Plantas Pneumática da ação de cortar e parar o coco, respectivamente, e seus diagramas Trajeto-Passos.  
Fonte: Feita no Automation Studio, 2023.

Na Fig.10 temos a representação de um cilindro de dupla ação (cortar o coco) e um retornado por mola (ativar o mecanismo), duas válvulas 5/2 e 3/2 e duas fontes pneumáticas. No diagrama Trajeto-Passo o atuador C (cilindro de dupla ação) avança e segundos depois retorna, o atuador D (cilindro retornado por mola) avança ativado por um sensor e retorna ativado por outro sensor.



## Sistema da terceira esteira

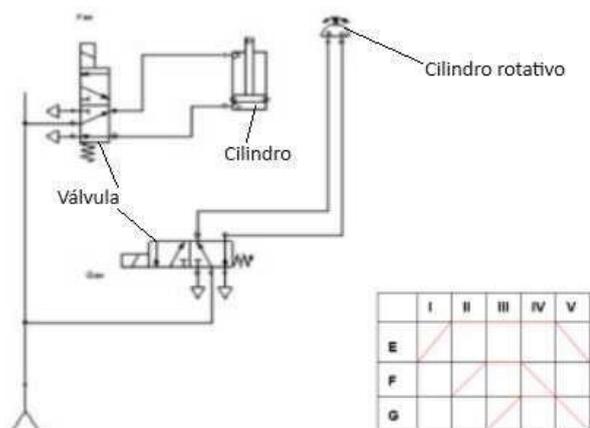


Figura 11 – Planta para retirada da castanha e seu diagrama Tajeto-Passo.  
Fonte: Feita no Automation Studio, 2023.

Na Fig.11 apresenta duas válvulas 5/2, um cilindro duplo ação para segurar a metade do coco e um cilindro rotativo que quando acionado, com auxílio de uma ferramenta, retira a castanha (polpa) do coco.

### Cálculo do diâmetro do cilindro

A força de um cilindro pneumático é igual à pressão exercida pelo ar comprimido vezes a área do êmbolo do cilindro (Teorema de Pascal):

$$F = P \cdot A \quad (1)$$

Para esse projeto, foi pesquisado o valor da pressão específica de algumas madeiras, dentre essas madeiras, foi escolhida a maçaranduba, em que sua pressão específica de corte é de 7,06 N/mm<sup>2</sup>.

$$Ks = F/A \quad (2)$$

Por meio da Eq. (2) pode-se descobrir o valor da força F usando o valor da área A (área da secção transversal da ponta da ferramenta da lâmina que corta o coco) que é um valor de 51,142 mm<sup>2</sup>. Assim, obteve-se um valor aproximado da força igual 361,06 N. E o compressor de ar escolhido foi um que gera uma pressão de 8 bar. Usando o valor calculado da força e jogando na Eq. 1, encontrou-se a área A.

$$A = \pi \cdot r^2 \quad (3)$$



A área A deu aproximadamente 44,25 cm e usando a Eq. (3) obteve-se o valor do raio de 3,75 cm, assim, precisamos de um cilindro de diâmetro de 75 mm.

### 3 TABELAS

Tabela 2 – Orçamento da Máquina

<b>Componentes</b>	<b>Valor</b>	<b>Qt</b>	<b>Total</b>	<b>Loja</b>
Cilindro Simples Aço	R\$ 822,55	3	R\$ 2.467,65	UMNA
Cilindro de Dupla Aço	R\$ 1.562,03	3	R\$ 4.686,09	Viewtech
Válvulo 3/2 Retorno por Mola	R\$ 114,80	6	R\$ 688,80	Mercado Livre
Sensores Ópticos	R\$ 384,35	5	R\$ 1.921,75	Viewtech
Compressores de Ar	R\$ 22.229,00	1	R\$ 22.229,00	Loja do Mecânico
Lubrifil	R\$ 1.300,64	1	R\$ 1.300,64	Viewtech
Manômetro	R\$ 214,01	1	R\$ 214,01	Viewtech
Triturador	R\$ 789,90	1	R\$ 789,90	Loja do Mecânica
Cilindro Rotativo	R\$ 299,00	1	R\$ 299,00	Mercado Livre
Motor Elétrico	R\$ 1.269,90	3	R\$ 3.809,70	Loja do Mecânico
Esteira só com roletes	R\$ 3.500,00	1	R\$ 3.500,00	Cetro Máquinas
Esteira forrada com roletes	R\$ 6.750,00	2	R\$ 13.500	Cetro Máquinas
Contatora	R\$ 193,05	5	R\$ 965,25	Loja do Mecânico
Contatora Temporizadora (On- Delay)	R\$ 134,77	14	R\$ 1.886,78	Magalu
Total Geral			R\$ 58.258,57	

Fonte: elaborada pelos autores, 2023.

### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho, Concepção de uma Máquina Automática de Aproveitamento Total do Coco, foi desenvolvido com o objetivo de compreender a Eletropneumática que é um sistema formado por dispositivos que direcionam o fluxo de ar comprimido com o objetivo de acionar um elemento de trabalho (Cilindros) e usam a eletricidade, com o objetivo de automatizar o sistema, ou seja, sem a necessidade da mão de obra humana, aumentando a produção e reduzindo os custos de produzir. Com isso, a



metodologia aplicada foi descrever os processos feitos pela máquina por etapa (estações), entender o funcionamento dos elementos pneumáticos envolvidos no sistema, usar o SolidWorks para projetar a máquina e as dimensões de seus componentes, usar o Automation Studio para projetar os Diagramas Trajeto-Passo, as plantas pneumáticas e os circuitos elétricos que automatizam o processo.

Foram feitos cálculos para determinar os diâmetros dos cilindros e um orçamento para saber o mínimo que se gastaria na construção da máquina. Ao final do trabalho, acredita-se que os objetivos de compreender a automação eletropneumática e o funcionamento da máquina foram alcançados.

### REFERÊNCIAS

BUSTAMANTE FIALHO, ARIVELTO. **Automação Pneumática** – Projetos, Dimensionamentos e Análise de Circuitos. 7. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2012.



## **INFLUÊNCIA DA TÊMPERA E DA NORMALIZAÇÃO NA DUREZA E RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DO AÇO 8640**

### ***INFLUENCE OF QUENCHING AND NORMALIZING ON HARDNESS AND TENSILE STRENGTH OF 8640 STEEL***

Deividy Soares de Araujo<sup>1</sup>  
Lorisvan Dyego Pereira Rodrigues<sup>2</sup>  
Lucas Carvalho de Andrade<sup>3</sup>

#### **RESUMO**

Este estudo investigou a influência dos processos de têmpera e normalização na propriedade mecânica do aço SAE 8640, com ênfase na resistência à tração e na dureza. Foram utilizados corpos de prova submetidos ao tratamento de têmpera a 1100°C, seguido de resfriamento em água conforme os parâmetros estabelecidos, enquanto outros corpos foram resfriados naturalmente, passando pelo processo de normalização. Os ensaios foram realizados de acordo com a norma ABNT NBR ISO 6892-1:2013. Os resultados revelaram um aumento de aproximadamente 15% na resistência à tração após a têmpera, enquanto a normalização resultou em uma redução de cerca de 50% na resistência, porém com um aumento de quase três vezes na deformação. A dureza após a têmpera apresentou um aumento de 102% em relação ao material não tratado, ao passo que a normalização reduziu em 32% a dureza. Esses dados evidenciam como os tratamentos térmicos influenciam o comportamento mecânico do aço SAE 8640, especialmente em relação à resistência à tração e à dureza.

**Palavras-chave:** aço SAE 8640; têmpera; normalização; ensaio de tração; dureza.

#### **ABSTRACT**

This study investigated the influence of quenching and normalizing processes on the mechanical properties of SAE 8640 steel, with an emphasis on tensile strength and hardness. Test specimens were subject to quenching treatment at 1100°C, followed by water cooling according to established parameters, while other specimens were naturally cooled, undergoing the normalizing process. The tests were conducted in accordance with ABNT NBR ISO 6892-1:2013. The results revealed an approximately 15% increase in tensile strength after quenching, while normalizing resulted in about a 50% reduction in strength but nearly tripled the deformation. The hardness after

<sup>1</sup> Estudante de graduação / tecnologia em engenharia mecânica do Centro Universitário do Distrito Federal – UDF.

<sup>2</sup> Estudante de graduação / tecnologia em engenharia mecânica do Centro Universitário do Distrito Federal – UDF.

<sup>3</sup> Estudante de graduação / tecnologia em engenharia mecânica do Centro Universitário do Distrito Federal – UDF.



quenching showed a 102% increase compared to the untreated material, whereas normalizing reduced hardness by 32%. These data highlight how thermal treatments influence the mechanical behavior of SAE 8640 steel, particularly in terms of tensile strength and hardness.

**Keywords:** steel SAE 8640; quenching; normalization; tensile test; hardness.

## INTRODUÇÃO

Com o avanço tecnológico e o crescimento das indústrias, a demanda por novos materiais tem se intensificado. Essa necessidade é impulsionada pela busca por resultados mais eficientes e adequados às diversas aplicações em diferentes áreas. A evolução das propriedades mecânicas e microestruturais dos materiais desempenha um papel crucial nesse cenário, proporcionando melhorias significativas para determinadas aplicações industriais (Anazawa *et al.*, 2014).

A melhoria nas propriedades dos materiais não apenas aumenta sua eficácia em diversas aplicações, também contribui para a redução de gastos nas empresas. Isso ocorre através da otimização do consumo de material, redução nos custos de fabricação e melhorias nos processos operacionais. Em um ambiente competitivo, esses fatores se tornam diferenciais para os principais setores industriais (Baptista, 2002). Assim, os tratamentos térmicos surgem como uma ferramenta essencial para alcançar esses objetivos, pois permitem ajustar as propriedades dos materiais de forma precisa, melhorando sua resistência, ductilidade, tenacidade e outras características importantes para aplicações industriais. Assim, os tratamentos térmicos desempenham um papel fundamental na busca por materiais mais avançados e adequados às exigências do mercado (Silva, 2016).

Os tratamentos térmicos são métodos essenciais empregados para melhorar a estrutura interna dos materiais, visando uma nova formação estrutural. Esses processos são selecionados com base nas propriedades desejadas para a superfície e são aplicados para melhorar as microestruturas, bem como a morfologia. A utilização desses métodos resulta na formação de microconstituintes distintos, como ferrita, bainita, martensita e austenita, que são fundamentais para modificar as propriedades mecânicas finais dos materiais, de acordo com as necessidades do projeto (Do Vale, 2011). O controle preciso da temperatura durante o tratamento térmico é de extrema importância e determinante para alcançar as propriedades características desejadas.

A variação controlada da temperatura permite influenciar a transformação da estrutura do material, garantindo assim que as propriedades mecânicas finais atendam aos requisitos específicos do projeto. Portanto, o controle rigoroso da temperatura é um aspecto fundamental para o sucesso dos tratamentos térmicos e para garantir a qualidade e a consistência dos materiais produzidos (Abdalla *et al.*, 2016).

Para a pesquisa em questão, o material de análise selecionado é o aço SAE 8640, que é reconhecido por ser uma aço de baixa liga e médio teor de carbono. Essa classe de aço é notável por sua elevada resistência mecânica, excelente



temperabilidade, usinabilidade e forjabilidade. Devido a essas características, o aço ABNT 8640 é amplamente utilizado nas indústrias de fabricação mecânica, muitas vezes substituindo outros aços. Conforme apresentado na Tabela 1, a composição química típica do aço SAE 8640 inclui.

**Tabela 1** - Composição química do aço 8640

<b>Composição química do aço 8640</b>	
<b>Elemento</b>	<b>Concentração [%]</b>
Carbono, C	0,4
Cromo, Cr	0,5
Níquel, Ni	0,55
Molibdênio, Mo	0,2

Fonte: Gerdau, 2021

Sua aplicação diversificada e sua capacidade de resistir a tensões mecânicas significativas fazem do aço SAE 8640 uma escolha positiva para uma variedade de setores industriais, incluindo automotivo, aeroespacial, construção naval, maquinário pesado e muito mais (Carvalho, 2004).

O presente artigo visa analisar as propriedades mecânicas do aço SAE 8640, visando o tratamento térmico de têmpera por meio de resfriamento em água. Este estudo é de extrema relevância devido às constantes evoluções nos tratamentos térmicos, que buscam aprimorar as propriedades estruturais, especialmente no que diz respeito ao aumento da dureza e da resistência do aço.

As recentes modificações nos métodos de tratamento térmico refletem a demanda por materiais cada vez mais robustos e adaptáveis aos rigores dos projetos industriais modernos. Nesse contexto, a análise das propriedades resultantes da têmpera do aço SAE 8640 é imprescindível ao direcionar os esforços para a obtenção de materiais de alta qualidade, capazes de atender aos exigentes critérios dos projetos industriais, este estudo contribui para o avanço contínuo da engenharia de materiais.

A compreensão aprofundada das propriedades mecânicas do aço SAE 8640 após o tratamento térmico de têmpera possibilita a otimização de processos de fabricação e a seleção mais criteriosa de materiais para aplicações específicas.

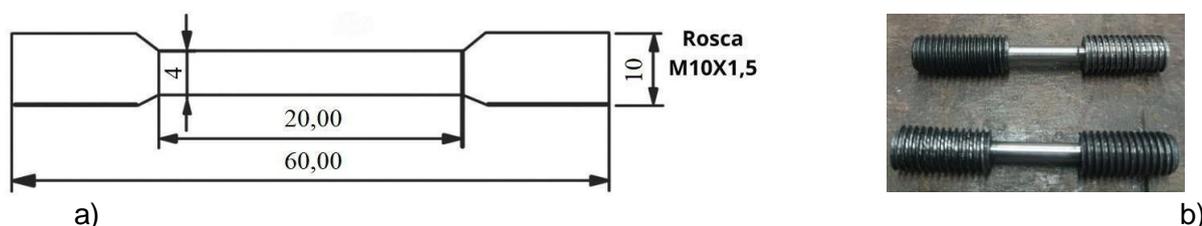
## 1. METODOLOGIA

Na etapa inicial da usinagem, realizou-se a confecção de quinze corpos de prova, sendo cinco submetidos à têmpera, cinco ao tratamento de normalização e cinco sem tratamento algum. O processo começou com o desbaste da barra no torno mecânico Hovam do Centro Universitário do Distrito Federal (UDF) até que a peça atingisse uma forma cilíndrica com um diâmetro de 10 mm. Uma vez alcançado o



diâmetro de 10 mm, iniciou-se a retirada progressiva de material na parte útil do corpo de prova, reduzindo seu diâmetro para 4 mm com base na norma ABNT NBR ISO 6892-1:2013, que define o procedimento para realização do ensaio de tração. De acordo com a norma, o comprimento útil do corpo de prova deve ser igual a pelo menos cinco vezes o diâmetro do mesmo. Com o desbaste concluído, prosseguiu-se com o processo de rosqueamento nas partes que serão acopladas à máquina de ensaio de tração. Para isso, o torno foi configurado de acordo com as medidas da rosca necessária, no caso, M10x1,5 como mostra na Fig. 1(A). A Figura 1(B) mostra como ficaram os corpos de prova confeccionados em um torno mecânico para realizar o ensaio de tração (Conrad, 2019).

**Figura 1** - Foto do corpo de prova: a) Representação esquemática (mm) b) Vista real



Fonte: AUTORES, 2024

Após realizar a usinagem submetemos os corpos de prova a um tratamento térmico com temperatura de 1100 °C no forno mufla do laboratório do UDF, seguido de um resfriamento rápido, obteve-se uma estrutura reforçada com melhores propriedades mecânicas (Lolla *et al.*, 2011). Para viabilizar essa proposta, optou-se por utilizar 15 corpos de prova composto pelo aço SAE 8640, que consiste em cinco com tratamento térmico, cinco com o tratamento de normalização e cinco sem tratamento térmico.

Para aumentar a dureza do material, recorreu-se ao tratamento térmico de têmpera, uma técnica que envolve aquecer o aço a uma temperatura acima da zona crítica. Durante este processo, o corpo de prova é mantido nessa temperatura por um período necessário para promover a transformação de sua microestrutura.

Após a austenitização, a peça é removida do forno e imediatamente mergulhada em água para evitar transformações térmicas indesejadas, como a formação de ferrita, cementita e perlita, que poderiam resultar em uma redução da dureza e na ineficácia do tratamento.

Durante o resfriamento do corpo de prova, os átomos de carbono ficam aprisionados no interior da austenita. Esse fenômeno leva a uma considerável deformação no reticulado cristalino da ferrita, o que resulta no aumento do campo tensional do material e, conseqüentemente, da dureza. Como resultado, formou-se um novo constituinte no aço, conhecido como martensita (Chiaverini, 2008).

A temperatura à qual os corpos de prova foram submetidos foi de 1100 °C e o tempo de encharque utilizado na têmpera foi de 25 minutos com o objetivo de garantir a completa austenitização do aço, durante esse intervalo de tempo, o tratamento

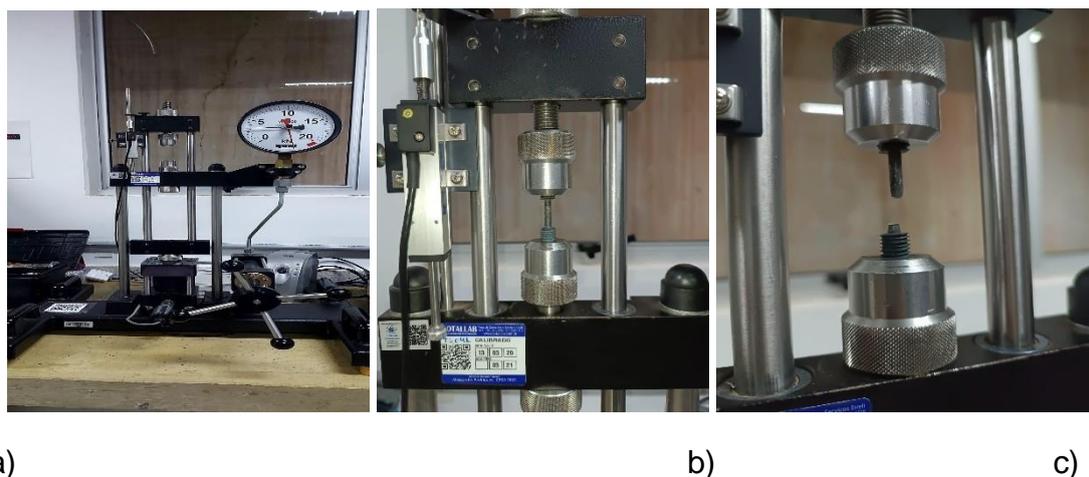


térmico é conduzido. Após essa etapa, para finalizar o tratamento térmico no experimento, os corpos de prova são submetidos a um resfriamento brusco em água com agitação, visando consolidar as mudanças em suas estruturas cristalinas.

A normalização consiste em aquecer o aço a uma temperatura de 1100 °C, mantendo-o nesse estado por um tempo de 25 minutos e, em seguida, resfriando-o em temperatura ambiente de forma lenta. Durante o aquecimento, ocorre a eliminação de defeitos cristalinos, como discordâncias, e a redistribuição dos elementos de liga (Silveira, *et al.*, 2018).

Para realização dos ensaios, foi utilizada uma máquina universal de ensaios mecânicos, modelo WP300, da marca GUNT, com capacidade para 20 KN representado na Fig 2. A máquina é associada a um computador com o *software* da mesma marca e, através da leitura dos sensores da máquina e dos dados informados, gera um gráfico tensão-deformação e um arquivo de dados.

**Figura 2.** Fotos do ensaio mecânico: a) Máquina de tração; b) Vista frontal do corpo fixado; c) Ruptura do corpo



Fonte: AUTORES, 2024.

Os procedimentos descritos estão em conformidade com a norma ABNT NBR ISO 6892-1:2015. Que diz que o ensaio de tração em um eixo é usado para encontrar valores como limite de escoamento, resistência à tração e deformação de ruptura. Também revela o limite de escoamento inferior, a deformação nesse limite e as deformações máximas sob carga. O ensaio é considerado destrutivo e envolve a aplicação de carga uniaxial de tração progressiva em um corpo de prova padronizado até sua ruptura completa. Após a fixação e o *reset* da máquina, o volante hidráulico foi girado de forma lenta e constante, a fim de garantir um maior número de pontos no gráfico e também maior suavidade das linhas.

Os dados obtidos durante o ensaio são fundamentais para caracterizar e especificar tecnicamente o material (Callister, 1991). Neste trabalho, o ensaio foi conduzido à temperatura ambiente e permitiu a determinação do limite de escoamento, o limite de ruptura, o alongamento e a deformação do material (Nogueira



et al,2015).

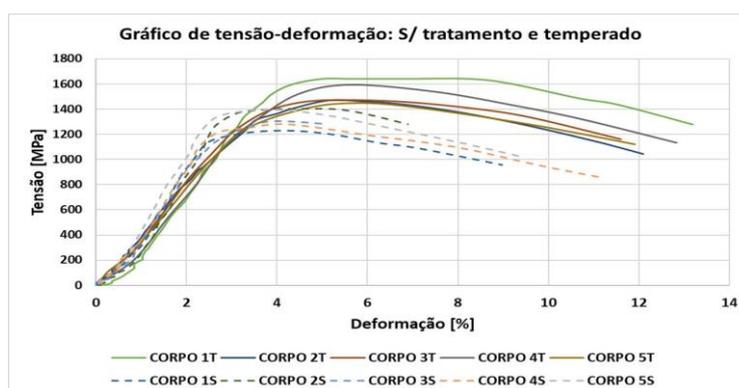
De acordo com Matias Júnior (2018), a dureza de um material é definida como a sua resistência à indentação. Indentação é uma deformação causada por uma esfera ou ponto duro contra a superfície do material com uma força conhecida. Na escala de dureza Rockwell, é utilizada uma esfera de metal duro ou um penetrador de diamante como indentador. A depender do material, podem ser utilizadas várias combinações de penetrador e forças. Em resumo, a análise da dureza do aço SAE 8640 por meio da escala Rockwell C é uma etapa essencial no processo de avaliação e seleção de materiais para uma variedade de aplicações industriais e de engenharia. Ao garantir que o material atenda aos requisitos de dureza especificados, os engenheiros podem garantir o desempenho e a segurança dos produtos finais.

O ensaio de dureza foi conduzido com um durômetro Mitutoyo, modelo HR-110MR, optando-se pela utilização da escala de dureza Rockwell, especificamente a escala C (HRC), devido à natureza do aço duro em análise. Esta escolha foi motivada pela agilidade e praticidade na interpretação dos resultados, dispensando cálculos adicionais. Adicionalmente, a impressão gerada não tende a danificar nem a peça nem o corpo de prova durante a análise, garantindo a integridade do material em avaliação. Assim, a escala Rockwell C se destaca como uma opção eficiente e segura para avaliar a dureza do aço duro sem afetar sua estrutura. Para assegurar uma obtenção mais precisa dos resultados de dureza, foram realizadas medições em seis pontos distintos, sendo empregada uma média. Neste procedimento, utilizou-se uma ponta de diamante com ângulo de  $120^\circ$  e aplicou-se uma força de 150 kgf, conforme descrito por Askeland e Wright, (2023).

## 2. RESULTADOS

Após a realização dos ensaios de tração, foram gerados os gráficos de tensão-deformação das Fig. 3 e Fig. 4, para os corpos de prova temperados e normalizados, respectivamente, em relação aos corpos sem tratamento térmico. É nítida a diferença entre as curvas dos corpos de prova temperados e os corpos recozidos.

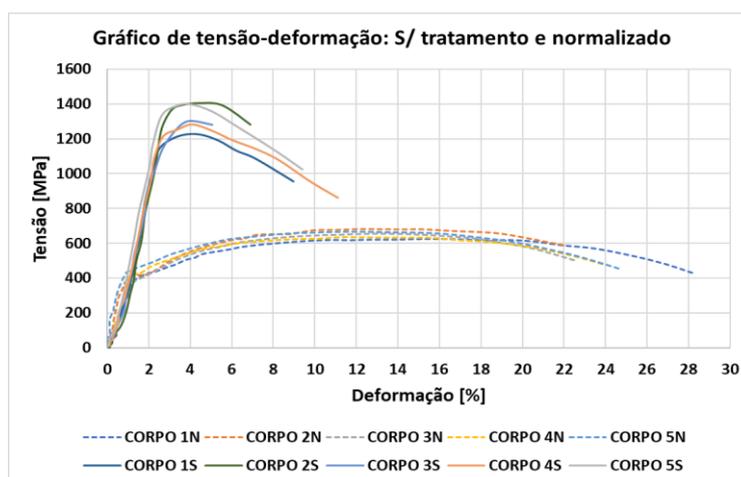
**Figura 3** - Curva de tensão-deformação dos corpos de prova sem tratamento térmico e temperados





Fonte: AUTORES, 2024

**Figura 4** - Curva de tensão-deformação dos corpos de prova sem tratamento térmico e normalizados



Fonte: AUTORES, 2024

Ao observar as curvas dos corpos de prova temperados (Fig. 3), percebe-se valores de tensão mais elevados, porém com menor deformação e com o limite de escoamento muito próximo da tensão máxima, demonstrando uma característica frágil do material, proveniente do aumento de dureza causado pela têmpera.

A têmpera proporcionou um aumento médio de 15,32% de resistência máxima à tração e uma redução de 4,03% da deformação máxima em relação ao material que não foi submetido ao tratamento térmico.

Quando se analisa o gráfico de tensão-deformação dos corpos de prova normalizados (Fig. 4), percebe-se uma grande diferença entre as curvas dos corpos de prova normalizados e sem tratamento. A normalização torna o material muito mais dúctil, no entanto, este acaba perdendo resistência mecânica, resultando em apenas 49% da resistência máxima do corpo de prova sem tratamento térmico e aumento médio de 16,06% de deformação média.

Ao analisar as curvas de tensão-deformação dos materiais submetidos aos tratamentos de têmpera e normalização, observa-se que a têmpera aumenta a resistência e reduz a deformação máxima, enquanto a normalização faz o oposto. Durante a têmpera, ocorre um aumento da tensão interna e a geração de numerosas discordâncias entre os átomos, aumentando a resistência ao deslizamento atômico. Isso resulta em maior resistência mecânica, maior dureza e menor ductilidade. Por sua vez, na normalização, o resfriamento lento minimiza essas tensões internas. Como resultado, ao aplicar uma força, o material normalizado começa a se deformar sob menor tensão comparado ao material temperado, mas exibe muito mais ductilidade.

A deformação máxima, tensão de escoamento e tensão máxima são propriedades mecânicas importantes que desempenham um papel fundamental na caracterização do comportamento mecânico do aço SAE 8640 em diferentes



condições, incluindo temperado e normalizado.

A deformação máxima, também conhecida como limite de deformação, é a quantidade máxima de deformação que um material pode suportar antes de falhar. Geralmente é expressa como uma porcentagem de alongamento ou de redução de área em relação às dimensões originais da amostra. Para o aço SAE 8640, a deformação máxima pode variar dependendo do estado de tratamento térmico, sendo geralmente maior no estado normalizado em comparação às outras amostras.

A tensão de escoamento é a quantidade de tensão que um material pode suportar antes de sofrer uma deformação plástica, ou seja, antes de começar a fluir de forma permanente. No caso do aço SAE 8640, a tensão de escoamento é uma medida importante da resistência do material à deformação plástica e pode ser significativamente maior no estado temperado, devido à formação da estrutura endurecida de martensita durante o processo de têmpera.

A tensão máxima, também conhecida como resistência à tração, é a máxima tensão que um material pode suportar antes de falhar por ruptura. Essa propriedade é fundamental para determinar a capacidade de carga e a resistência do material a forças externas. No aço SAE 8640, a tensão máxima pode variar dependendo do estado de tratamento térmico. No estado temperado, a tensão máxima é mais elevada. Isso se deve à formação da martensita, uma fase endurecida e altamente resistente que é obtida neste tratamento.

A martensita é conhecida por aumentar significativamente a resistência e a dureza do material, tornando-o capaz de suportar cargas mais altas antes de ocorrer a ruptura.

Assim, o estado temperado do aço 8640 oferece uma maior resistência mecânica em comparação aos outros estados, proporcionando uma opção mais adequada para aplicações onde são exigidas altas cargas ou resistência à deformação.

**Tabela 2 - Resultados dos ensaios de tração**

<b>Sem tratamento</b>					
<b>Amostra</b>	<b>Deformação Máxima [%]</b>	<b>Tensão de Escoamento [MPa]</b>	<b>Tensão Máxima [MPa]</b>	<b>Tensão Ruptura (MPa)</b>	<b>Módulo de Elasticidade (GPa)</b>
<b>Corpo 1S</b>	8,98	1127,32	1224,64	955,10	46,14
<b>Corpo 2S</b>	6,90	1281,89	1404,98	1281,89	47,70
<b>Corpo 3S</b>	5,07	1148,31	1302,40	1280,46	42,73
<b>Corpo 4S</b>	11,11	1214,15	1282,37	861,11	45,18



<b>Corpo 5S</b>	9,40	1331,03	1398,30	1023,3 2	50,68
<b>Média</b>	8,29	1220,54	1322,54	1080,3 8	46,49

**Temperado**

<b>Amostra</b>	<b>Deformação Máxima [%]</b>	<b>Tensão de Escoamento [MPa]</b>	<b>Tensão Máxima [MPa]</b>	<b>Tensão Ruptura (MPa)</b>	<b>Módulo de Elasticidade (GPa)</b>
<b>Corpo 1T</b>	13,19	1595,33	1639,69	1277,1 2	31,87
<b>Corpo 2T</b>	13,19	1315,29	1470,33	1044,3 1	37,13
<b>Corpo 3T</b>	11,60	1373,49	1471,29	1159,7 6	36,87
<b>Corpo 4T</b>	12,82	1519,00	1594,85	1133,5 2	34,07
<b>Corpo 5T</b>	11,91	1248,97	1448,39	1121,1 2	37,18
<b>Média</b>	12,32	1410,41	1524,91	1147,1 7	35,42

**Normalizado**

<b>Amostra</b>	<b>Deformação Máxima [%]</b>	<b>Tensão de Escoamento [MPa]</b>	<b>Tensão Máxima [MPa]</b>	<b>Tensão Ruptura (Mpa)</b>	<b>Módulo de Elasticidade (GPa)</b>
<b>Corpo 1R</b>	28,33	418,39	623,53	424,1 2	35,73
<b>Corpo 2R</b>	22,04	417,44	683,17	589,1 8	32,61
<b>Corpo 3R</b>	22,66	378,32	656,45	497,5 9	29,56
<b>Corpo 4R</b>	24,00	422,21	634,98	475,1 6	36,40
<b>Corpo 5R</b>	24,73	419,82	665,99	451,3 1	49,10
<b>Média</b>	24,35	411,24	652,82	487,4 7	36,68

Fonte: AUTORES, 2024.



A tensão de escoamento é o ponto em que o material começa a apresentar deformação plástica, ou seja, quando deixa de se comportar elasticamente e começa a deformar permanentemente sob carga. No contexto dos resultados fornecidos para os corpos de prova normalizados e temperados do aço 8640, a tensão de escoamento média foi de 411,24 MPa para as amostras normalizadas, 1410,41 MPa para as temperadas e 1220,54 MPa para as que não sofreram tratamento. Portanto, a têmpera aumentou a tensão de escoamento em 15,56% em relação ao material não tratado e a normalização a reduziu em 66,3%.

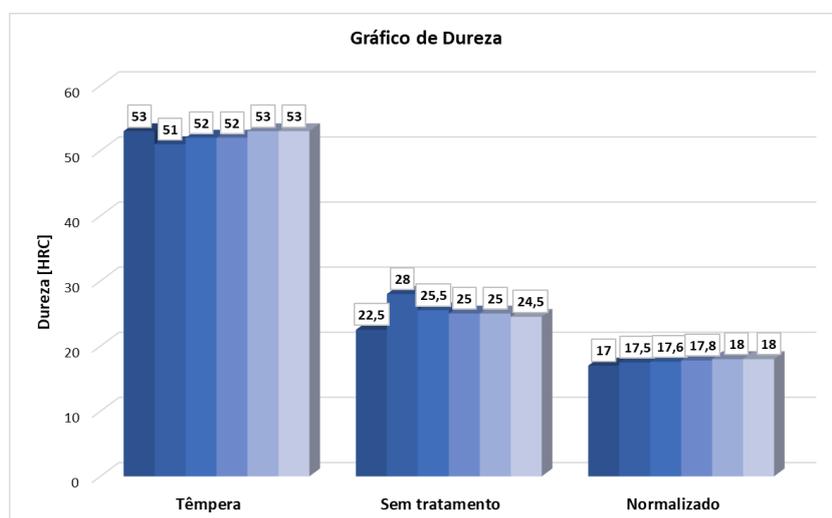
Com a informação da tensão de escoamento e a deformação específica no momento do escoamento, é possível calcular o módulo de elasticidade do material. O módulo de elasticidade, também conhecido como módulo de Young, é a medida da inclinação da reta do gráfico durante o regime elástico e é obtido através da tensão de escoamento dividida pela deformação específica. O valor do módulo de elasticidade de cada corpo de prova ensaiado consta na Tab. 1, bem como a média de cada tratamento. Nota-se que os valores são próximos entre si, apesar de a tensão de escoamento das amostras sem tratamento ser maior. A similaridade entre os valores, especialmente quando se analisam as médias, deve-se à semelhança do comportamento das amostras durante o regime de deformação elástica. Portanto, durante o regime elástico, apesar da diferença entre os valores de tensão de escoamento, houve a mesma proporção entre tensão e deformação independentemente do tratamento ao qual o material foi submetido.

A ruptura ocorre após a máxima deformação do material e, devido à estrição do corpo de prova, a tensão de ruptura costuma ser menor do que a tensão máxima. O processo de têmpera elevou a tensão de ruptura em aproximadamente 2,3 vezes em relação à normalização e em 6% em relação ao material sem tratamento. A tabela também indica que, sem tratamento, a média da tensão de ruptura é de 1080,38 MPa, após a normalização, de 487,47 MPa, enquanto que, após a têmpera, essa média aumenta para 1147,17 MPa.

Também foram fabricados corpos de prova para a realização do ensaio de dureza e foram submetidos a tratamentos térmicos nos mesmos parâmetros dos corpos de prova submetidos ao ensaio de tração. Para garantir maior precisão dos resultados, foram realizadas seis medições em cada amostra, e a média dos valores foi calculada. As seis medições no material com diferentes tratamentos térmicos estão no gráfico da Fig. 5. As médias para os corpos de prova temperados, sem tratamento e normalizados foram, respectivamente, 52,3 HRC, 25,8 HRC, 17,6 HRC, com desvios padrão de 0,67 HRC, 1,11 HRC e 0,28 HRC. A têmpera aumentou a dureza, em média, 102,71%, enquanto a normalização a reduziu em 31,78%.



**Figura 5 - Resultado do ensaio de dureza**



Fonte: AUTORES, 2024

### 3. CONCLUSÃO

O estudo do comportamento mecânico do aço SAE 8640 destaca a importância fundamental de compreender suas propriedades mecânicas para o desenvolvimento de produtos cada vez melhores, capazes de atender às demandas crescentemente rigorosas dos usuários. o presente artigo mostra que os ensaios de tração e dureza são cruciais para avaliar as propriedades mecânicas do material, fornecendo informações sobre sua resistência, seu comportamento em relação à deformação e sua capacidade de suportar cargas.

O ensaio de tração é fundamental na engenharia de materiais para determinar propriedades mecânicas. Uma amostra é gradualmente submetida a carga até a ruptura, registrando-se carga em relação à deformação. Propriedades como limite de escoamento, resistência à tração e deformação são extraídas da curva resultante. O limite de escoamento marca o início da deformação permanente, o limite de resistência à tração é o ponto máximo de tensão antes da ruptura, e o módulo de elasticidade mede a rigidez do material.

Os resultados revelaram que a tensão máxima média foi de 652,82 MPa para os corpos de prova normalizados, de 1524,91 MPa para os corpos de prova submetidos à têmpera e de 1322,54 para os que não sofreram tratamento. A deformação máxima média dos corpos normalizados, temperados em sem tratamento foi, respectivamente, 24,35%, 12,32% e 8,29%. Ao analisar estes resultados nota-se que a normalização proporciona um notável aumento da deformação máxima sofrida, contudo, resulta numa drástica redução da tensão máxima, cerca de metade da resistência da média das amostras sem tratamento, resultado do deslizamento da estrutura atômica do material após o alívio das tensões internas obtida no



resfriamento lento. Em contraste, devido ao resfriamento brusco do material na têmpera, aumentam-se as tensões internas do material e criam-se discordâncias em sua estrutura interna, dificultando o deslizamento da mesma, por isso é possível perceber que o corpo de prova temperado tem comportamento mais frágil, tendo pouca deformação plástica e com a tensão máxima próxima ao limite de escoamento. Obteve-se melhora na resistência à tração, cerca de 15,32% a mais que o material não tratado, mas redução de 4,03% na deformação máxima média.

Ao comparar a diferença de dureza na escala Rockwell C entre o aço temperado com 52,3 HRC e o aço temperado com 48,4 HRC do artigo de referência (Silveira, F. da *et al.*, 2018) é de 4,6 HRC, a porcentagem de diferença na dureza é de aproximadamente 8,68%, portanto, os resultados obtidos estão próximos aos da literatura. A dureza medida na amostra sem tratamento foi de 25,8 HRC e na normalizada de 17,6 HRC, portanto, a têmpera elevou a dureza em 102,71% e a normalização a reduziu em 31,78%. O aumento na dureza obtido na têmpera e a redução obtida na normalização são resultado da forma como o material foi resfriado. Conforme mencionado no parágrafo anterior, o resfriamento repentino resulta no aumento de discordâncias que exige mais força para que o material sofra deformação, conseqüentemente aumenta a dureza e reduz a ductilidade do material. Na normalização, o resfriamento lento permite que haja minimização das discordâncias, diminuindo a dureza e aumentando a ductilidade, porém permite que o material sofra cisalhamento em sua estrutura cristalina e perca resistência mecânica.

Essas análises destacam claramente o impacto significativo do tratamento térmico nas propriedades do aço 8640. Essa diferença marcante na dureza entre os dois tratamentos aplicados ao material reflete as mudanças estruturais induzidas pelos diferentes processos térmicos. Enquanto a têmpera resulta em uma estrutura mais dura e resistente, o recozimento busca tornar o material mais maleável.

Assim, conclui-se que o estudo do comportamento mecânico do aço SAE 8640 fornece informações valiosas sobre as propriedades dos materiais, mas também contribui para produções na engenharia de materiais e na composição de peças envolvidas nas indústrias entre outros mais.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 6892-1**: materiais metálicos: ensaio de tração parte 1: método de ensaio à temperatura ambiente. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ANAZAWA, R. M. *et al.* Estudo comparativo das propriedades mecânicas em aços 4340 e 300M submetidos a tratamentos térmicos isotérmicos e intercríticos. **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**, v. 31, n. 1-2, p. 32-37, 2014.

ASKELAND, D. R.; WRIGHT, W. J. **Ciência e engenharia dos materiais**. Rio de Janeiro: Cengage Learning, 2023.



BAPTISTA, A. L. B. Aspectos metalúrgicos na avaliação da usinabilidade de aços. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 55, p. 103-109, 2002.

CARVALHO, A. R. T. **Estudo da influência da agitação e da Severidade de Têmpera do meio de resfriamento na determinação de velocidades críticas de têmpera**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia mecânica) - Faculdade de Engenharia mecânica, Universidade Estadual de Campinas, São Luis, MA, 2004.

CHIAVERINI, V. **Aços e ferros fundidos**: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos. 7 ed., ampl. e rev. São Paulo, SP: ABM, 2008.

CALLISTER JR., W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais**: uma introdução. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos S.A., 2000.

CONRAD, E. A. *et al.* Comparação de resistência mecânica entre barra chata e chapa por meio de ensaio de tração. In MOEPEX – MOSTRA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 8., 2019, Ibirubá – RS.

DO VALE, A. R. M. **Tratamento térmico**. Belém: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará (IFPA), 2011.

GERDAU. **Tipos de aço e sua classificação**: Normas SAE, AISI e ABNT. 2021. Disponível em: <https://stg-br.gerdau.com/2021/11/11/tipos-de-aco-e-sua-classificacao-normas-sae-aisi-abnt/>. Acesso em: 19 maio 2024.

NOGUEIRA, R. C. *et al.* Análise microestrutural de um aço AISI 4350 submetido a tratamentos térmicos para a formação de bainita. **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**, v. 34, n. 1, p. 44-48, 2015.

LOLLA, T. *et al.* Development of rapid heating and cooling (flash processing) process to produce advanced high strength steel microstructures. **Materials Science and Technology**, v. 27, n. 5, p. 863-875, 2011.

MATIAS JUNIOR, E. **Comportamento mecânico do aço AISI H13 temperado**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018.

SILVA, L. H.; CIONE, R. C. Influência da temperatura de têmpera e revenido nas propriedades mecânicas do aço AISI 8640. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 514-522, 2016.

SILVEIRA, F. *et al.* Tratamento Térmico de Têmpera em Aço ABNT 8640: análise das Propriedades Mecânicas. **HOLOS**, v. 34, n. 2, p. 49-59, 2018.



## **MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMA DE CONTROLE DE UM EQUIPAMENTO DE FABRICAR SABÃO**

### ***MODELING AND SIMULATION OF A SOAP MAKING EQUIPMENT CONTROL SYSTEM***

Marília de Araújo Cardoso<sup>1</sup>

#### **RESUMO**

O dispositivo de fabricação caseira de sabão em barra consistiu na criação de um protótipo com a finalidade de facilitar e tornar acessível a sua fabricação para pessoas com vulnerabilidade social. Para este projeto foi necessário escolher os melhores componentes para sua montagem bem como a composição química otimizada e a ficha técnica de manipulação para o processamento do sabão. Foram realizados testes e avaliações de conformidade do protótipo e do produto final para verificar diversos fatores tais como eficácia, eficiência e economia. Os métodos usados foram: pesquisa e análise de como acontece a fabricação de sabão, o início de um projeto preliminar abordando quais são os componentes usados como também como será a montagem do projeto e também junto com a revisão bibliográfica e entrevistas e questionários. Os resultados esperados envolviam ter desenvolvimento de um protótipo eficiente, ter uma receita de baixo custo, comparação do custo do sabão caseiro com o comercial e documentação com os dados dos componentes como também dos testes realizados.

**Palavras-chave:** protótipo; desenvolvimento de produto; simulação; sustentabilidade.

#### **ABSTRACT**

The homemade bar soap manufacturing device consisted of creating a prototype with the purpose of facilitating and making its manufacture accessible for people with social vulnerability. To do so, it was necessary to choose the best 1ustainabil for its assembly as well as the optimized 1ustaina composition and the technical handling data for soap processing. Tests and conformity assessments of the prototype and final product were carried out to verify several factors such as effectiveness, efficiency and economy. The methods used were: research and analysis of how 1ustain made, the beginning of a 1ustainabi 1ustain addressing which 1ustainabil are used as well as how the 1ustain will be assembled and also together with the literature review and interviews and questionnaires. The expected results involved developing na 1 ustainab prototype, having a low-cost recipe, comparing the cost of homemade soap with 1 ustainab soap

---

<sup>1</sup> Estudante de graduação / tecnologia em engenharia mecânica do Centro Universitário do Distrito Federal – UDF.



and documentation with data on the 1ustainability as well as the tests carried out.

**Keywords:** prototype; product development; simulation; sustainability.

## INTRODUÇÃO

As ODSs são os objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU, Organização das Nações Unidas, que tem 17 objetivos nos quais envolvem o mundo inteiro abordando os principais desafios de desenvolvimento enfrentados pelos cidadãos brasileiros e por pessoas do mundo todo (ONU, 2024). Um desses objetivos seria o objetivo 11 sobre cidades e comunidades sustentáveis, isso conecta-se no projeto com o descarte de óleo de cozinha, como também o objetivo 12 sobre consumo e produção responsáveis pelo fato da receita de sabão ter vantagens como economia por grande rendimento e longa duração.

As resoluções ambientais para o descarte de óleo de cozinha estão em vigor desde 2011 especificamente a nº 430, seu objetivo é evitar poluição no solo, no esgoto, nos lençóis freáticos e em águas superficiais como não obtendo comprometimento da qualidade da água e sendo descartado apenas quando for devidamente tratado e obedecendo as resoluções. Para o óleo de cozinha usado é permitido que para cada um litro de água seja descartado apenas 50 ml de óleo vegetal ou gordura animal (CONAMA, 2011).

Com esta produção colabora-se com o meio ambiente e por ser uma produção de baixo custo torna-se fácil e acessível para a população mais carente. O intuito com estes processos produtivos faz com que basicamente não haja descarte de óleo de cozinha na coleta como também economia de água pelo fato de que o sabão caseiro tem uma menor produção de espuma (RABELO; FERREIRA, 2008). Isto também ajuda e facilita a higienização das mãos (LOPES, 2021), limpeza de utensílios domésticos e lavagem de roupas. Porém existem desvantagens no manuseio dos ingredientes e nas etapas da receita.

A produção de sabão caseiro tem determinadas desvantagens como o fato do manuseio da soda cáustica podendo ter riscos químicos à pessoa que está utilizando, como o cansaço dos movimentos repetitivos para a mistura dos ingredientes. Outro fator também a ser levado em conta, é que mesmo que rendendo bastante, ainda sim é necessário ter um tempo longo para fazer a receita de sabão em barra caseiro. Com isto, automatizar essa receita traz facilidade e economia para as famílias em vulnerabilidade no Brasil. Já existe no estado da arte tentativas de automatização dos processos produtivos com a capacidade de até 10 litros tendo obtido sucesso em tal feito usando apenas três ingredientes sendo estes água, soda cáustica e óleo de cozinha usado (KUZDA, 2023).

O objetivo do projeto é simular e modelar em 3D um dispositivo automatizado no qual seria de fácil acesso para pessoas com vulnerabilidade social como também escolher uma receita que seja congruente com o modelo do dispositivo e seus componentes escolhidos. A justificativa para este dispositivo é a facilidade em processos produtivos do sabão, acessibilidade para as famílias de vulnerabilidade social, sustentabilidade pelo fato de guardar o óleo usada de cozinha para a receita e



economia resultando em grandes quantidades de sabão com uma longa duração e custo-benefício dos ingredientes acessíveis.

## 1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

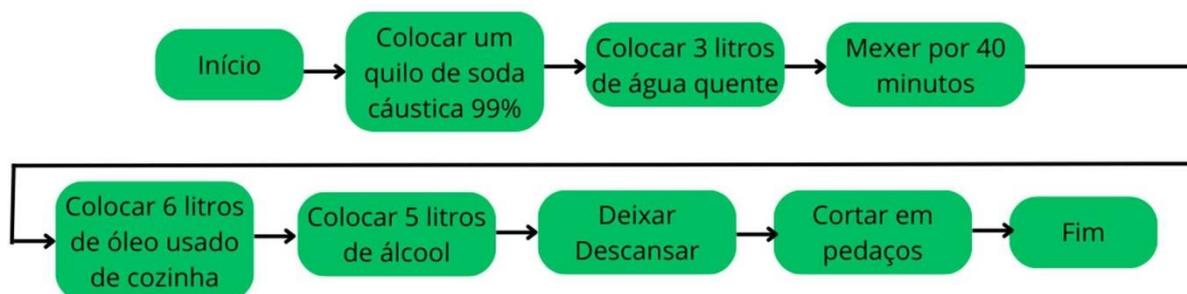
A revisão bibliográfica será abordada temas na área de química como também da área de engenharia mecatrônica mostrando uma vasta pesquisa que serão bases para serem utilizadas em metodologia.

### 1.1 FABRICAÇÃO DE SABÃO

O sabão é um ácido graxo obtido a partir da hidrólise alcalina de gordura ou óleo de animais, processo chamado de saponificação. Os materiais usados na fabricação são misturados em caldeiras de alta temperatura e quando reagem resultando numa massa grossa. O cloreto de sódio é usado como um agente secante promovendo separação de fase do sal carboxilato da glicerina e de outros resíduos vindo na saponificação. Para o comércio é vendida em barra de 200 a 500mg. Os sais orgânicos nele formados pela reação do processo possuem uma cadeia longa de 12 a 18 carbonos, sendo a parte maior hidrofóbica, ou seja, não tem afinidade com água e a parte menor é hidrofílica, tendo afinidade com a água (OLIVEIRA, 2021).

Os métodos de fabricação são diferentes para a indústria e para a fabricação caseira, a escolhida utilizada na fabricação caseira para este projeto foi a que envolve 6 litros de óleo usado de cozinha, 3 litros de água quente, 1 quilo de soda cáustica 99% de pureza e 5 litros de álcool. O primeiro passo é dissolver a soda caustica na água pros 40 minutos, depois disso dissolver na mistura o óleo de cozinha usado juntamente com o álcool mexendo por 60 minutos, após isso transfira para uma bandeja plástica e deixe endurecer (OLIVEIRA, 2021). Essa receita é sabão em barra de álcool, sendo viável para o projeto pelo fato de que a etapa inicia com água, soda cáustica, o óleo de cozinha e álcool como mostrado na figura.

**Figura 1** –Fluxograma da receita

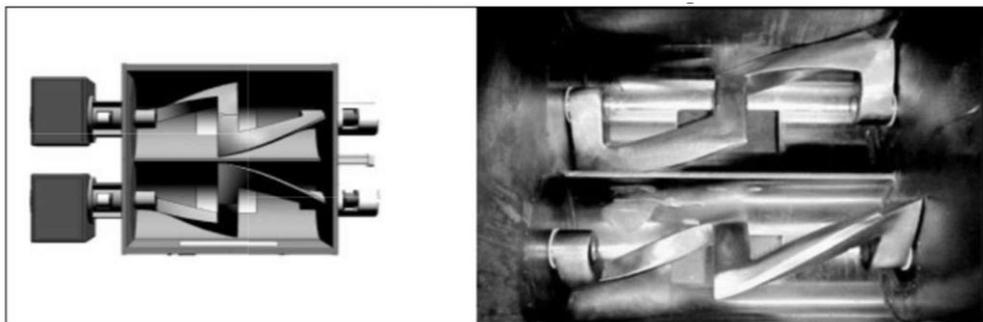


Fonte: Autoria Própria.



As máquinas de fabricação de sabão em barra têm como projeto básico equipamentos como tachos de ferro ou aço, fogão industrial, tanque de cimento ou caixa de madeira para a secagem incluindo os equipamentos auxiliares para corte, balança de plataforma, mesas de corte e embalagem, máquina seladora, pás, calhas e formas de madeira, rodo de ferro ou agitador mecânico. Ressalta-se uma variação de acordo com o processo e mecanismo de trabalho adotado como também a quantidade de sabão (MARTINES, 2006). A figura 2 mostra lâminas duplas de mistura, um equipamento amplamente utilizado da indústria química de sabão principalmente para sabonetes higiênicos (SPITZ, 2006), neste projeto será utilizado uma espécie de colher misturadora abordado na seção de materiais e métodos.

**Figura 2** – Lâminas duplas de mistura de sabão.



Fonte: Spitz, 2006.

A indústria de sabão ainda não utiliza automação em específico nos seus métodos de fabricação, apenas a automação padrão da indústria como controle de nível de líquidos no reservatório e monitoramento em geral. Isto através dos dispositivos de entrada, os sensores postos em localizações estratégicas nas fabricas (TARRENTO, 2019), desta forma controla-se a forma de corte do sabão, temperatura do cozimento, formato correto da embalagem e funcionamento geral das máquinas. Para isto é necessário o uso de microcontroladores corretos para cada tipo de indústria.

## 1.2 USO DE MICROCONTROLADORES

Os microcontroladores que são um computador em único chip, com memória, periféricos de entrada e saída, dispositivos de comunicação serial e entre outros. Programado em linguagem assembly com um poderoso conjunto de instruções tem-se nele uma CPU, memórias do tipo RAM e do tipo PROM, conjuntos de linhas I/O e outros dispositivos auxiliares. Para organizar esses componentes que nele estão



inseridos usa-se certos tipos de arquiteturas como a de Hardware e Von Neumann. Os dados das variáveis ficam em uma parte da memória enquanto o software que seria o programa a ser executado fica em outra parte da memória (PENIDO, 2013).

A ESP 32 está sendo muito utilizada em vários meios pelo fato de seu processamento em tempo real, como também pelo fato do baixo custo juntamente com o seu alto desempenho em relação a outros microcontroladores. Inclui-se funções de wi-fi e bluetooth com diversos tipos de sensores embutidos no seu chip facilitando muitos projetos em várias aplicações. A sua programação necessita de múltiplos programas, compiladores e bibliotecas para ter um desenvolvimento prático podendo ser integrado plataformas de programação como Eclipse, conhecimento da linguagem C/C++ e também Arduino IDE com as configurações corretas (COSTA, 2020).

A capacidade de funcionamento da ESP 32 em relação a temperatura varia de 40°C até 125°C, seu processador é de 32 bits, funciona como escravo de outro dispositivo, nele inclui 36 pinos para interface GPIO, UART, I2C, sensores como de torque e efeito hall, conversores AD e DA e entre outros. É presente neste microcontrolador 2 DACs e uma frequência de clock de 160 MHz, produzido pela empresa Espressif para aplicação da internet das coisas e trabalhar com dispositivos móveis (MARTINS, 2019).

Os dados da ESP 32 podem ser enviados por meio de uma nuvem, servidor, com a saída monitorada por aplicativo ou vistas por uma página de WEB. Sua tensão de operação é de 3,3V, para gravar os códigos utiliza-se um cabo USB como conexão entre o computador e a ESP 32. Os pinos GPIOs recebem e enviam informações digitais para outros pinos, enquanto os pinos ADCs recebem e enviam informações para entradas ou saídas analógicas. Tem-se botões de Enable e Boot, LEDs on board uma da saída GPIO2 do led vermelho e outra que mostra a placa conectada a do LED azul (MIRANDA, 2019).

Os microcontroladores precisam de componentes como sensores e atuadores, os atuadores são produtores de movimento, atendendo a comandos manuais ou automáticos, utilizados na automação para a entrega da excitação necessária no funcionamento da planta (HERMINI, 2007). Neste projeto será utilizado atuadores como solenoides, motores monofásicos e, também, relés de proteção.

### 1.3 USO DE MOTORES E RELÉS

Motores são conversores de energia, recebendo energia elétrica e transformando-a em energia mecânica, ou seja, converte em movimento, rotação e torque disponível no eixo. A mesma pode fazer o contrário que seria transformar energia mecânica em elétrica. Os motores de indução monofásicos têm estator com rotor de gaiola de esquilo, desvantajoso pelo fato de ter uma fase de enrolamento do estator e por isso o campo magnético do motor não gira, mas sim pulsa no início instantaneamente e depois fracamente (CHAPMEN, 2013).

Relés são sistemas de proteção essenciais para a preservação da integridade e bom funcionamento dos equipamentos com sistemas elétricos, tendo vários benefícios como confiabilidade e ser possível programação de função de proteção



mais complexas. Podendo ser usados juntamente com fusíveis e disjuntores que projetem os sistemas elétricos de defeitos e condições anormais e dispositivos do tipo de eletromecânicos, analógicos e digitais. Classificados como eletromecânicos ou estáticos, no caso do segundo citado não há partes moveis nele e sem necessidade de modificação nos seus parâmetros (SILVA, 2012).

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção será mostrado quais possíveis receitas de sabão caseiro foram usadas para a realização da simulação e do controle, nisto envolvem códigos, modelagem em 3D e simulação do diagrama elétrico.

### 2.1 MATERIAL ESCOLHIDO

O material escolhido para a simulação foi o aço inoxidável 316L por seu baixo desgaste e resistência a corrosão e a oxidação, mas com desgaste e dureza relativamente baixas exceto se gerar uma camada superficial com nitretação e nitrocarbonetação por plasma em temperaturas baixas (GONTIJO, 2008), uma das características citadas é relevante pelo fato de ser um dos ingredientes com característica altamente corrosiva, a soda cáustica. Outro material a ser utilizado são os atuadores, os quatro relés para cada um dos quatro ingredientes, juntamente com motor monofásico para realizar a mistura e os relés de proteção para o motor.

Este material é amplamente utilizado na indústria química, petroquímica, farmacêutica, alimentícia e de biotecnologia, porém possuem uma estrutura cristalina cúbica de face centrada na temperatura ambiente e não tendo passividade de tratamento térmico de endurecimento, restando assim processos de endurecimento por deformação a frio, encruamento. Isto limita formas, dimensões e nível de endurecimento. A nitretação seria uma opção viável para esses casos, mas só pode ser gerado em temperaturas superiores a 550°C pelo fato da intensa precipitação de nitretos complexos de cromo na zona de difusão (MONTUORI, 2020).

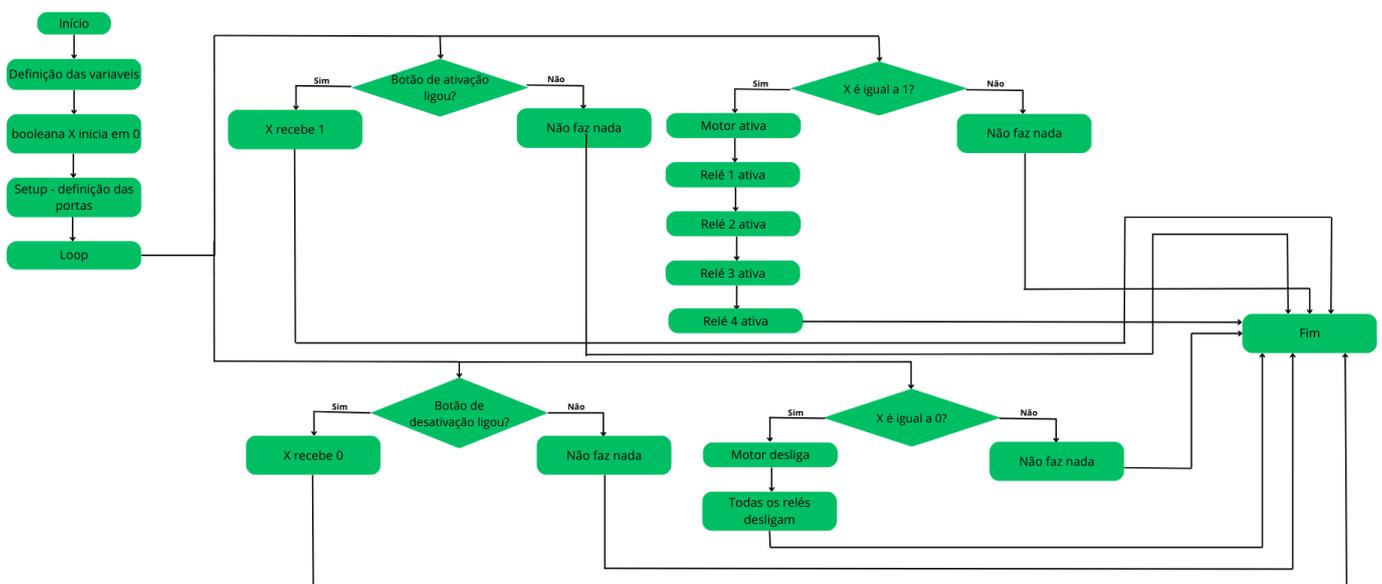
Esta precipitação aumenta a dureza e diminui a resistência a corrosão. Caso feito sobre plasma, introduz-se nitrogênio no aço em baixa temperatura, o suficiente para gerar uma fase metaestável de elevada dureza, sem diminuir a resistência a corrosão (MONTUORI, 2020). Este aço inoxidável 316L pode ser utilizado na manufatura aditiva e na impressão em 3D, existe artigos abordando que em peças com elevada densidade relativa não se teve sucesso pelo fato devido às baixas potências do laser e altos diâmetros de feixe empregados na época. Obtiveram sucesso ao usarem densidade relativa de 99,9% usando um laser de potência 200 W e diâmetro de feixe de 80  $\mu\text{m}$  (PINEDO, 2010).



## 2.2 CÓDIGO

O código começa com a definição das variáveis no caso os quatro relés ligados sequencialmente nas portas de 1 a 4, com os botões de ativação na porta 5 e o de desativação na porta 6, já o motor conectado na porta 7, após isso define a variável booleana X iniciando em 0. No setup foi a definição das portas no caso as portas de 1 a 4 e a porta 7 são portas de saída, enquanto as portas 5 e 6 são portas de entrada. Todas as ações começam no loop dividido em quatro condições, a primeira é quando o botão de ativação for acionado, caso sim então inicia a segunda condição verificando se X recebe 1 caso a condição seja verdadeira fará o motor liga e os relés vão sendo ativados sequencialmente iniciando da 1 até a 4. A terceira condicional é sobre a ativação do botão de desativação, caso sim então a variável X recebe 0 e iniciando a quarta condicional que se X for igual a 0 então o motor desliga e todas os relés também. A figura 3 mostra o código em formato de fluxograma.

**Figura 3** – Fluxograma do código



Fonte: Autoria Própria.

## 2.3 MODELAGEM EM 3D

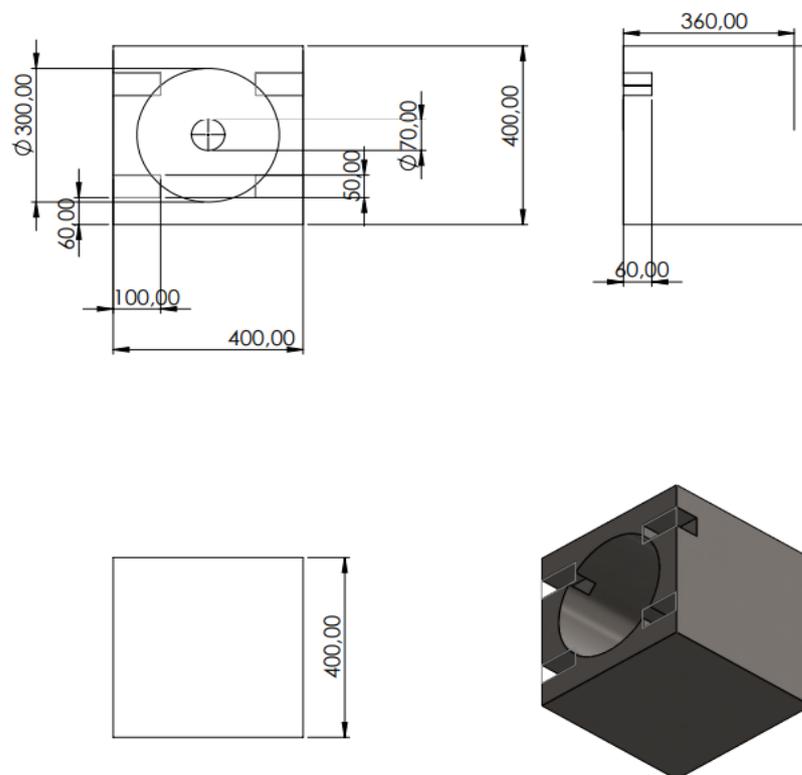
SolidWorks é um software CAD possibilitando criar modelos matemáticos de objetos reais, um tipo de modelador sólido paramétrico baseado em features. Como modelador sólido gera objetos tridimensionais com propriedades de massa e de relacionamentos na tipologia, paramétrico por ser guiado por dimensões que ao serem alteradas mudam os valores dimensionais do modelo e baseado em features por permitir criação de modelo complexo usando operações simples (SENAI-SP, 2009).



Protótipos envolvem testes e ensaios das peças e dispositivos em desenvolvimento, tendo formato e aparência do produto final, sendo que sofrem modificações e aperfeiçoamentos quando são um modelo físico. Neles é necessário testes e ensaios rápidos, ou seja, devem ter uma construção rápida para não ter impacto ao longo prazo. Quando é uma prototipagem rápida muitas vezes os materiais e técnicas de fabricação podendo são os que serão utilizados no modelo final. Dividida em dois tipos de prototipagem rápida, a primeira subtrativo que utiliza o Torno CNC e a segunda é chamada de aditivo que tem como uso a impressão 3D (ALCADE, 2018). Os protótipos dividem-se em duas partes: a modelagem em 3D juntamente com o funcionamento do circuito elétrico.

Cada uma das peças teve seu desenho técnico juntamente com o desenho da montagem, nelas tem-se as três vistas de cada peça juntamente com as cotas, já o desenho técnico da montagem tem – se a visão expandida juntamente com as suas devidas cotas. Usou-se determinadas ferramentas do SolidWorks para cada uma das partes como a criação das peças, a montagem e seu desenho técnico. Utilizou-se 4 recipientes e o restante das peças apenas uma, para a montagem final iniciou-se com a base, após isto a colher mexedora seguindo dos quatro recipientes e finalizou com a tampa.

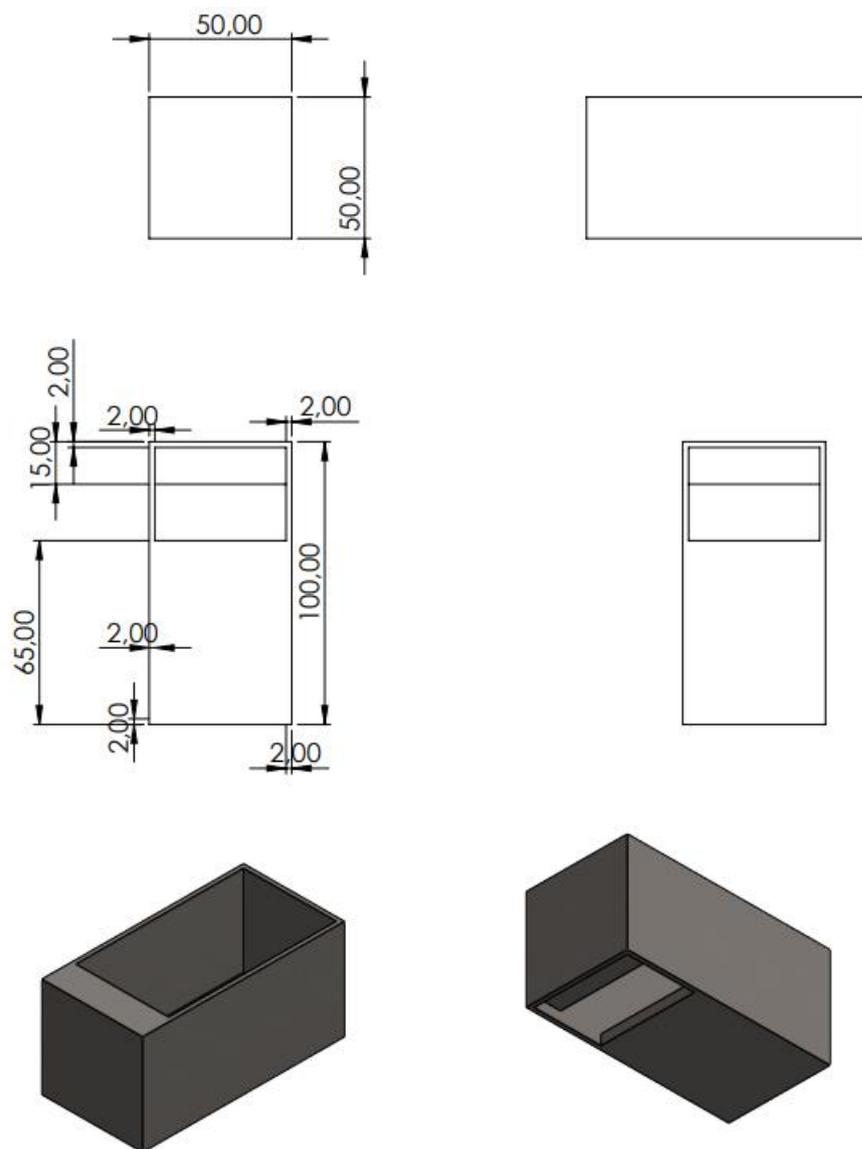
**Figura 4 – Base do dispositivo**



Fonte: Autoria Própria.



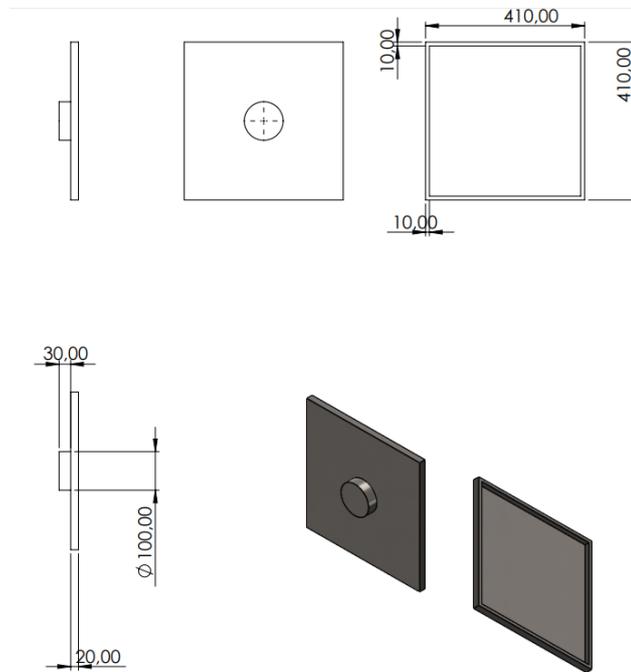
**Figura 5 – Recipiente do dispositivo**



Fonte: Autoria Própria.

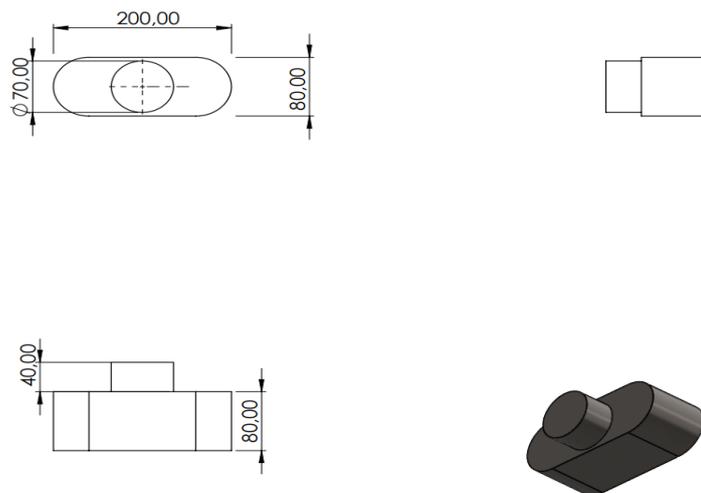


**Figura 7 – Tampa do dispositivo**



Fonte: Autoria Própria.

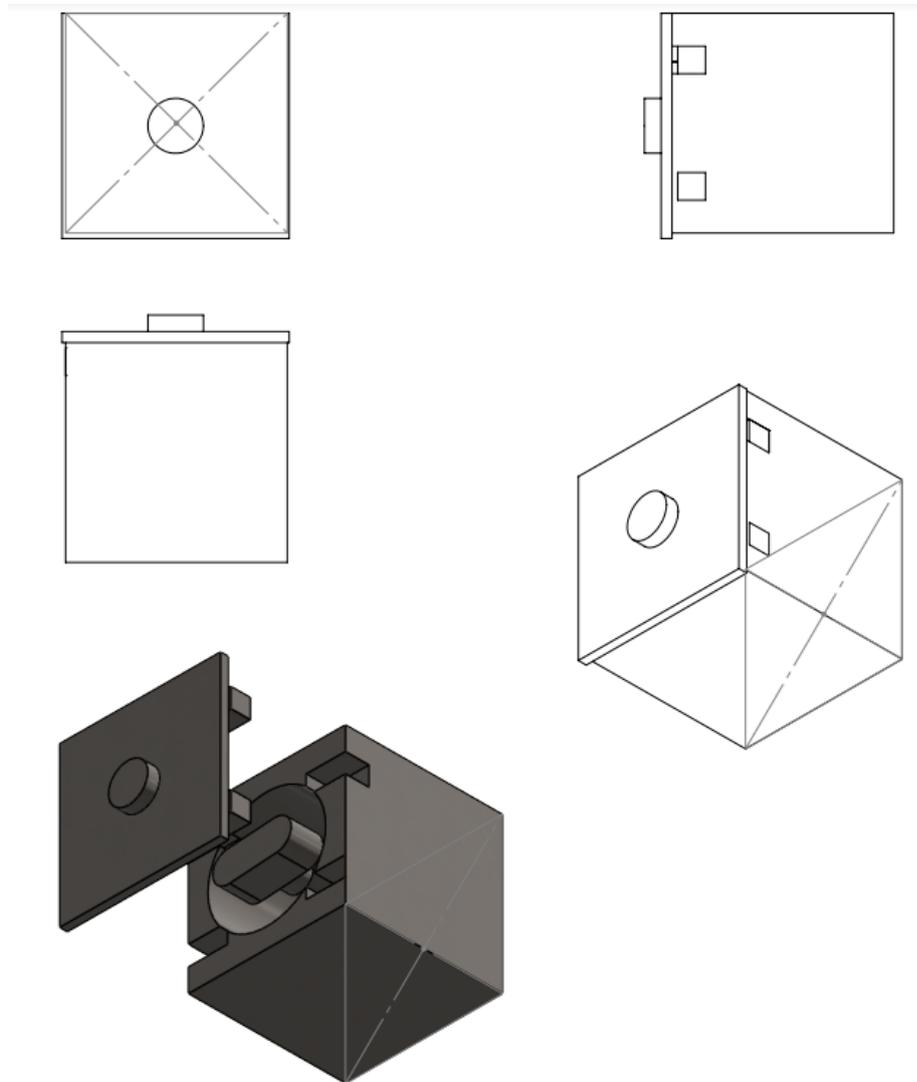
**Figura 8 –Pá Aglutinadora do dispositivo**



Fonte: Autoria Própria.



**Figura 9** – Montagem do dispositivo



Fonte: Autoria Própria.

A pá aglutinadora tem suas medidas baseadas na base para ter uma boa geração de torque e assim conseguir fazer a função de misturar os ingredientes. Sendo que usa a força do motor juntamente com o raio da base como descrito na equação 1.

$$T = F \cdot r \quad (1)$$

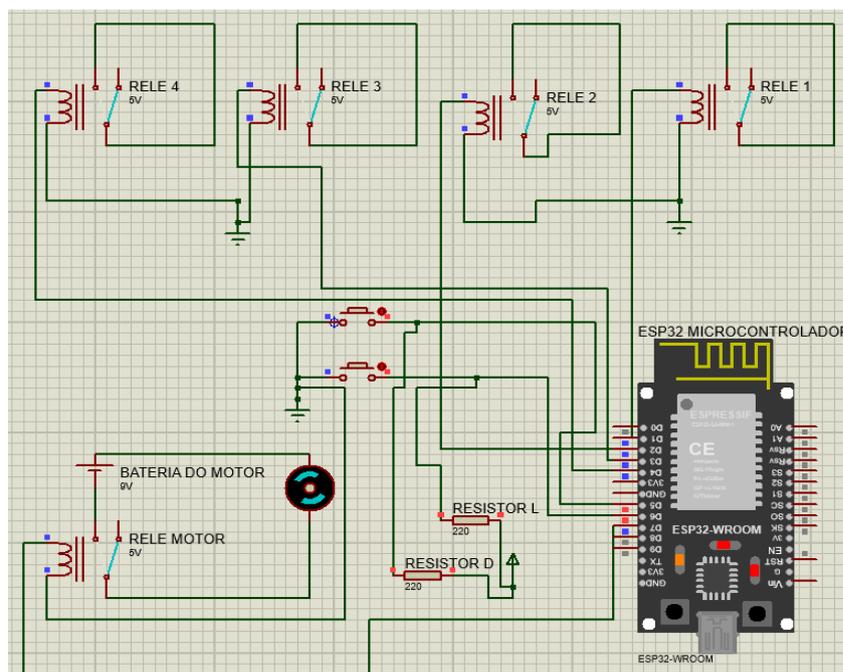


## 2.4 CIRCUITO

Proteus é um software essencial para profissionais e estudantes na criação de circuitos, simulação e elaboração de layouts com aplicações analógicas e digitais, incluindo microcontroladores. Nesta ferramenta inclui-se o ISIS, o esquemático, o VSM que seria o modelamento virtual, simulações e animações, o PRO-SPICE, simulações com instrumentos gráficos e ARES, layout com o roteamento avançado (ZAMBONI, 2011).

O circuito demonstrado na figura 5 divide-se em algumas partes, aos relés de 5V sendo um para cada ingrediente totalizando 4, o atuador seja cilindro ou solenoide não se encontra disponível nas bibliotecas do proteus. O relé 1 e 2 dividem o mesmo GND, o relé 3 e 4 tem a mesma característica, os dois botões dividem o GND com o motor e ambos são ligados a resistores de 220 ohms um para o botão de ativação, o resistor L, e outro para o botão de desativação, o resistor D, ambos resistores conectados na mesma fonte de 5V. Como modo de segurança tem-se um relé de proteção para o motor alimentado por uma bateria de 9V, a corrente primeiramente passa pelo relé e em seguida para o motor. Todos os relés são de 5V pelo fato de que é a tensão suportada pelo microcontrolador ESP32, como o motor é alimentado por uma fonte mais alta de 9V, o relé de 5V ao receber corrente do microcontrolador que irá percorrer suas espiras da bobina permitindo a passagem de corrente para a fonte de alimentação do motor fazendo-o girar.

**Figura 10** – Diagrama elétrico



Fonte: Autoria Própria.



### 3 RESULTADOS

Em comparação com as fábricas e também com o projeto de mecânica citado, nota-se que este projeto em questão tem certos resultados previsíveis superiores como por exemplo o fato dele poder usar quatro ingredientes da receita e como também não precisar de uma parte separada para armazenar os materiais a serem usados na mistura e sim em um dispositivo apenas. Isto traz uma grande facilidade para a fabricação, torna também algo mais versátil de ser feito e como também tendo qualidade na receita e no produto final.

A figura 3 mostra como resultado a parte da montagem final, mostrando que as peças todas se encaixaram perfeitamente na base. O código com o fluxograma da figura 2 mostrou claramente lógica sequencial, sendo necessário no controle dos ingredientes juntamente com a ativação do motor, tudo isto controlado por dois botões sendo um de ativação e outro de desativação e no código utiliza a variável auxiliar para saber quando todo o sistema pode ser ativado ou não. Por último o diagrama elétrico da figura 5 mostra que há uma conexão correta entre os componentes citados na referência bibliográfica como também com as conexões de segurança de corrente e tensão nesse caso os resistores, diodos e transistores.

Simulando no proteus percebe – se que praticamente após acionar o botão de ativação, o sistema ficará o tempo de 40 minutos com apenas o segundo relé ativo, repetindo isso com o quarto relé quando a segunda parte da receita inicia com o tempo de 60 minutos e isto com o motor em constante funcionamento. Existe um atraso após o acionamento do botão de desativação, necessitando de ser pressionado por um determinado tempo para ter um devido funcionamento correto. Trata-se de um sistema lento com um tempo total de 1 hora e quarenta minutos, resultando em uma simulação demorada de ser concluída.

A simulação no SolidWorks com os acessórios de fixação e as cargas externas feitas apenas na peça da colher mexedora e na sua base de fixação como o eixo escolhido das cargas externas mostrou um torque suportado de 50 Newton por metro o suficiente para a colher mexedora ter como resultado pouca deformação.

**Tabela 1-** Tabela Verdade dos Resultados da simulação dos relés

	Relé 1	Relé 2	Relé 3	Relé 4	Motor
Relé 1	1	0	0	0	1
Relé 2	0	1	0	0	1
Relé 3	0	0	1	0	1
Relé 4	0	0	0	1	1

Fonte: elaborada pelos autores, 2024.

A tabela 1 demonstra que cada relé funciona sequencialmente, ou seja, uma de cada vez e sempre com o motor funcionando independente de qual relé está ativado. Isto acontece pelo fato de que o motor sempre irá misturar os ingredientes com a colher mexedora e essa mistura não tem pausas ou interrupções durante o



processo produtivo do sabão.

**Tabela 2 - Tabela Verdade dos Resultados da simulação dos botões de acionamento**

	Botão de ativação	Botão de Desativação
Botão de ativação	1	0
Botão de desativação	0	1

Fonte: elaborada pelos autores, 2024.

**Tabela 3 - Tabela Verdade dos Resultados da simulação do motor**

	Relé 1	Relé 2	Relé 3	Relé 4	Motor
Botão de ativação	1	1	1	1	1
Botão de desativação	0	0	0	0	0

Fonte: elaborada pelos autores, 2024.

A tabela 2 demonstra apenas o básico do acionamento do botão, enquanto a tabela 3 mostra que o motor será apenas ativado quando o botão de ativação for acionado juntamente com os relés. O botão de desativação deixa todo o circuito desativado totalmente independente de qual sequência de acionamento estão os relés.

**Tabela 4 - Tabela de custos dos materiais do projeto**

Materiais	Preço unitário	Quantidade	Preço Final
Microcontrolador ESP 32	R\$: 52,00	1	R\$: 52,00
Relés	R\$: 6,30	5	R\$: 31,50
Motor	R\$: 348,00	1	R\$: 348,00
Bateria	R\$: 6,98	1	R\$: 6,98
Resistor de 220 ohms	R\$: 0,10	2	R\$: 0,20
Push-buttons	R\$: 0,25	2	R\$: 0,50
Aço Inoxidável 316L	R\$: 53,90/m	19,58m	R\$: 1.055,68
<b>Custo total</b>			<b>R\$: 1494,86</b>

Fonte: elaborada pelos autores, 2024.

A tabela 4 mostra valores estimados de cada material utilizado para este



projeto, para achar a quantidade a ser usada na fabricação do projeto com o aço inoxidável 316L foi necessário ter a área da superfície e transforma-la para metro, medida padrão da chapa de aço. O uso da chapa é para fabricar através do torno CNC, o motivo disto é pelo fato de que a impressão 3D do material tem um filamento de 0,3m em valores estimados de até 2000 mil reais sem incluir impostos para cada unidade com estas especificações e com a impressão por equipamentos específicos.

O motor escolhido atende aos requisitos do projeto como o torque necessário para a peça da colher mexedora misturar os ingredientes em torno de 1 hora e 40 minutos, sendo ideal um modelo de corrente alternada monofásico para durar em todo o processo produtivo do sabão e com o torque suficiente para a movimentação de mistura considerando todo o processo produtivo do sabão caseiro. O microcontrolador ESP 32 atende os requisitos necessários para o funcionamento do circuito incluindo os relés, push-buttons e resistores utilizados no projeto.

## REFERÊNCIAS

ALCALDE, E.; WILTGEN, F. **Estudo das tecnologias em prototipagem rápida: passado, presente e futuro**. Taubaté: Universidade de Taubaté, 2018. Disponível em: <https://periodicos.unitau.br/ojs/index.php/exatas/article/view/2757>. Acesso em: 14 jun. 2024.

CONAMA. Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011. **DOU**, n. 92, de 16/05/2011, p. 89. Disponível em: [https://www.suape.pe.gov.br/images/publicacoes/CONAMA\\_n.430.2011.pdf](https://www.suape.pe.gov.br/images/publicacoes/CONAMA_n.430.2011.pdf). Acesso em: 14 jun. 2024.

COSTA, A. A. A. **Desenvolvimento de um sistema de automação residencial utilizando microcontroladores**. Erechim: Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, 2020. Disponível em: <https://repositorio.uricer.edu.br/bitstream/35974/369/1/Anderson%20Alex%20Alves%20da%20Costa.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2024.

CHAPMAN, S. J. **Fundamentos de máquinas elétricas**. 5. ed. Porto Alegre: AMG Editora, 2013.

GONTIJO, L. C. *et al.* Comparação entre os comportamentos dos aços inoxidáveis AISI 304L e 316L nitretados a plasma. **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**, v. 26, n. 3, p. 145–150, 15 jan. 2008. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001664446>. Acesso em: 15 jun. 2024.

HERMINI, H. A. **Engenheiro elétrico/instrumentação atuadores**. Petrobrás, 2024. Disponível em: [http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec\\_NOTURNO/TM372/Conte%FAAdos/3%20Atuadores/Eng%20Eletrico%20instrumenta%20o\\_Atuaadores\\_%20UNICAMP.pdf](http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TM372/Conte%FAAdos/3%20Atuadores/Eng%20Eletrico%20instrumenta%20o_Atuaadores_%20UNICAMP.pdf).



Acesso em: 18 jun. 2024.

KUZDA, C. B. *et al.* **Máquina de sabão caseiro (MSC)**. São Caetano do Sul: ETEC, 2023. Disponível em: <https://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/17905>. Acesso em: 03 jun. 2024.

LOPES, F. H. B. *et al.* Produção e distribuição de sabão caseiro em comunidades carentes como ação de enfrentamento à COVID-19. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 21, ed. 11, 2021. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/11/producao-e-distribuicao-de-sabaocaseiro-em-comunidades-carentes-como-acao-de-enfrentamento-a-covid-19>. Acesso em: 14 may. 2024.

MARTINES, E. **Fabricação de sabão em barra**. Instituto de Tecnologia do Paraná – TECPAR, 2006. Disponível em: [https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/SBRT/pdfs/2771\\_5741.pdf](https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/SBRT/pdfs/2771_5741.pdf). Acesso em: 14 may. 2024.

MARTINS, V. F. **Automação residencial usando protocolo MQTT, NODE-RED e Mosquitto broker com ESP32 e ESP8266**. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/28522/1/AutomacaoResidencialProtocolo.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2024.

MIRANDA, L. A. V. **Monitoramento de parâmetros ambientais de um leito hospitalar utilizando ESP32**. Manaus: Universidade do Estado do Amazonas, 2019. Disponível em: <http://repositorioinstitucional.uea.edu.br/handle/riuea/3468>. Acesso em: 18 jun. 2024.

MONTUORI, R. *et al.* Manufatura Aditiva de Aço Inoxidável 316L por Fusão Seletiva a Laser. **Soldagem e Inspeção**, v. 25, 28 set. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/si/a/h4hDpPBMP8VCRLKk5ZmkdHj/?format=html> Acesso em 04 nov. 2024

OLIVEIRA, J. J. S.; SILVA, M. B.; SOUZA, V. S. **Produção de sabão caseiro: uma proposta economicamente viável e ambientalmente amigável**. Santa Inês: Instituto Federal Baiano, 2021. Disponível em: <https://ifbaiano.edu.br/portal/wpcontent/uploads/2021/12/Cartilha-Producao-de-Sabao-Caseiro.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (BRASIL). **Sobre o nosso trabalho para alcançar os objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 31 mar. 2024.

PENIDO, C. C. E.; TRINDADE, R. S. **Microcontroladores**. Ouro Preto: Instituto



Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, 2013. Disponível em: <https://www2.ifmg.edu.br/ceadop3/apostilas/microcontroladores#:~:text=Os%20microcontroladores%20surgiram%20como%20uma,conjunto%20de%20processador%20e%20software.> Acesso em: 15 may. 2024.

TSCIPTSCHIN, A. P.; PINEDO, C. E. Estrutura e propriedades do aço inoxidável austenítico AISI 316L Grau ASTM F138 nitretado sob plasma à baixa temperatura. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 63, p. 137–141, 1 mar. 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rem/a/tj4kXMq6QgFqKcC8kQkhCfy/> Acesso em 04 nov. 2024

RABELO, R. A.; FERREIRA, O. M. **Coleta seletiva de óleo residual de fritura para aproveitamento industrial**. 2008. Disponível em: <https://silo.tips/download/coleta-seletiva-de-oleo-residual-de-fritura-para-aproveitamentoindustrial>. Acesso em: 31 mar. 2024.

ROBÓTICA, G. **Introdução ao Arduino**. Campo Grande: Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2012. Disponível em: <http://lscad.facom.ufms.br/wiki/images/archive/3/3b/20120918083740!Arduino.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2024.

SENAI-SP. **SolidWorks®** - Modelamento de sólidos e montagem. Guarulhos: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, 2009. Disponível em: [https://www.sertaozinhoindustrial.com.br/uploads/cursos/SOLIDWORKS\\_Modelamento\\_3D\\_Solidos\\_e\\_Mont.pdf](https://www.sertaozinhoindustrial.com.br/uploads/cursos/SOLIDWORKS_Modelamento_3D_Solidos_e_Mont.pdf). Acesso em: 19 jun. 2024.

SILVA, M. G. M. **Avaliação de desempenho de relés de proteção digitais**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/8997>. Acesso em: 8 may 2024.

SPITZ, L. Bar soap finishing lecture. SODEOPEC 2006 Conference, Hollywood, FL, 2006. Disponível em: [https://www.academia.edu/51085792/8\\_Bar\\_Soap\\_Finishing](https://www.academia.edu/51085792/8_Bar_Soap_Finishing). Acesso em: 15 jun. 2024.

TARRENTO, G. E. *et al.* **Uso do microcontrolador (Arduino) para automação industrial na medição de temperatura**. Botucatu: Centro Universitário Sudoeste Paulista, 2019. Disponível em: <http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/VIIIJTC/VIIIJTC/paper/view/1850>. Acesso em: 18 jun. 2024.

ZAMBONI, M. **Proteus VSM**. São Bernardo do Campo: FATEC, 2011. Disponível em: <https://www.te1.com.br/2012/07/download-apostila-completa-em-pdf-sobre-proteus-vsm-prof-marcos-zambonifatec-sbc-parte-1/>. Acesso em: 19 jun. 2024.



## ANEXOS

**Figura 11** – Parte do código da definição de variáveis e setup

```
//  
//Definições de hardware  
//Entradas ( Nome do pino e número do pino)  
#define Liga 5  
#define Desliga 6  
  
//Saídas ( Nome do pino e número do pino)  
#define valvula1 1  
#define valvula2 2  
#define valvula3 3  
#define valvula4 4  
#define motor 7  
//-----  
//-----  
//Variáveis auxiliares  
bool X = 0; //Variável auxiliar  
//-----  
//-----  
void setup()  
{  
  //Nome do pino e modo de trabalho(entrada ou saída)  
  
  pinMode(Liga, INPUT);  
  pinMode(Desliga, INPUT);  
  pinMode(valvula1, OUTPUT);  
  pinMode(valvula2, OUTPUT);  
  pinMode(valvula3, OUTPUT);  
  pinMode(valvula4, OUTPUT);  
  pinMode(motor, OUTPUT);  
}  
//-----  
//-----
```

Fonte: Autoria Própria.



**Figura 12** – Parte do loop e das três primeiras condicionais

```
void loop()
{
  if (digitalRead(Liga) == HIGH) //se liga for 1
  {
    X = 1; //coloca a variável X em 1
  }
  if (digitalRead(Desliga) == HIGH) // se desliga for 1
  {
    X = 0; // coloca X em 0
  }
  if (X == 0){
    digitalWrite(valvula1, LOW); // desliga o processo...
    digitalWrite(valvula2, LOW);
    digitalWrite(valvula3, LOW);
    digitalWrite(valvula4, LOW);
    digitalWrite(motor, LOW);
  }
}
```

Fonte: Autoria Própria.



**Figura 13** – Parte final do código com a sequência do funcionamento dos relés e motor

```
if (X == 1) //se X for 1
{
    digitalWrite(valvula1, HIGH); // inicia o processo...
    digitalWrite(valvula2, LOW);
    digitalWrite(valvula3, LOW);
    digitalWrite(valvula4, LOW);
    digitalWrite(motor, HIGH);
    delay(500);

    digitalWrite(valvula1, LOW);
    digitalWrite(valvula2, HIGH);
    digitalWrite(valvula3, LOW);
    digitalWrite(valvula4, LOW);
    digitalWrite(motor, HIGH);
    delay(500);

    digitalWrite(valvula1, LOW);
    digitalWrite(valvula2, LOW);
    digitalWrite(valvula3, HIGH);
    digitalWrite(valvula4, LOW);
    digitalWrite(motor, HIGH);
    delay(500);

    digitalWrite(valvula1, LOW);
    digitalWrite(valvula2, LOW);
    digitalWrite(valvula3, LOW);
    digitalWrite(valvula4, HIGH);
    digitalWrite(motor, HIGH);
    delay(500);
}
}
```

Fonte: Autoria Própria.



## USO DE ÁGUA DA CHUVA PARA ALIMENTAÇÃO DE CALDEIRAS AQUATUBULARES NO DISTRITO FEDERAL

### *RAINWATER USAGE FOR FEEDING WATER-TUBE BOILERS IN THE FEDERAL DISTRICT*

Felipe Correa Cardoso Farias<sup>1</sup>  
Joao Vitor da Silva Dourado<sup>2</sup>  
Gleyson Ferreira Gomes<sup>3</sup>  
Lucas Fernandes Aguiar<sup>4</sup>  
Oswaldo Kojiro Iha<sup>5</sup>  
Braion Barbosa de Moura<sup>6</sup>

#### RESUMO

A geração de vapor em caldeiras é essencial nos processos industriais e utiliza uma considerável quantidade de água nos processos de produção. Com isso, o trabalho integrou a utilização de água de chuva, o que minimiza o uso de tratamento da água, com a redução dos custos operacionais. Assim este estudo propõe a avaliação da viabilidade do aproveitamento da água da chuva para a alimentação de caldeiras aquatubulares em uma indústria no Distrito Federal. Para isso, foi realizada a análise química da água da chuva para avaliar as suas propriedades químicas e físicas, sendo elas: Alcalinidade, dureza, pH, Turbidez, Sólidos Totais Dissolvidos, Condutividade e Cloreto. Investigou a eficiência energética, explorou as medidas de otimização e mitigação dos impactos ambientais, e examinou os aspectos econômicos associados ao projeto, demonstrando a viabilidade econômica e de qualidade para implementação do sistema de aproveitamento de água da chuva. Os resultados de coleta da água da chuva, estudo de mitigação e estudo de viabilidade econômica indicam que é viável operar as caldeiras com água da chuva. Esta pesquisa contribui significativamente para a busca de alternativas sustentáveis no uso dos recursos hídricos, promovendo uma operação mais eficiente e econômica das caldeiras industriais, sem comprometer a segurança e a qualidade dos processos.

**Palavras-chave:** caldeiras; água da chuva; eficiência; sustentabilidade; tratamento de água.

---

<sup>1</sup> Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Distrito Federal – UDF.

<sup>2</sup> Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Distrito Federal – UDF.

<sup>3</sup> Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Distrito Federal – UDF.

<sup>4</sup> Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Distrito Federal – UDF.

<sup>5</sup> Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Distrito Federal – UDF.

<sup>6</sup> Professor do Centro Universitário do Distrito Federal – UDF.

<sup>6</sup> Professor do Centro Universitário do Distrito Federal – UDF.



## ABSTRACT

Steam generation in boilers is essential for industrial processes and requires a considerable amount of water in production processes. This study incorporates the use of rainwater, which minimizes the need for water treatment and reduces operational costs. Thus, this research proposes an evaluation of the feasibility of using rainwater for feeding water-tube boilers in an industry located in the Federal District. To achieve this, a chemical analysis of rainwater was conducted to assess its chemical and physical properties, including Alkalinity, Hardness, pH, Turbidity, Total Dissolved Solids, Conductivity, and Chloride. The study investigated energy efficiency, explored optimization measures, assessed environmental impact mitigation strategies, and examined the economic aspects associated with the project, demonstrating the economic viability and quality of implementing a rainwater utilization system. The results from rainwater collection, mitigation study, and economic feasibility study indicate that it is feasible to operate boilers with rainwater. This research significantly contributes to the search for sustainable alternatives in water resource utilization, promoting a more efficient and cost-effective operation of industrial boilers without compromising safety and process quality.

**Keywords:** boilers; rainwater; efficiency; sustainability; water treatment.

## INTRODUÇÃO

A operação eficiente das caldeiras é um pilar fundamental para a sustentabilidade dos processos industriais, pois a geração é indispensável em diversos setores, como no agronegócio, na produção farmacêutica e nos processos alimentícios. Todos demandam uma quantidade significativa de água, chegando a um consumo médio de 800 quilogramas por hora, um recurso muitas vezes limitado, pois depende de vários fatores ambientais para que esteja disponível para consumo, por tratar do Centro-Oeste que possui uma época do ano de seca extrema, o que torna o recurso hídrico uma fonte escassa e cara. Diante desse cenário, surge uma oportunidade inovadora, sendo este, o aproveitamento da água da chuva como fonte de alimentação para as caldeiras aquatubulares e, caso tenha um excedente, utilizar em outras partes da indústria. Assim, o trabalho propõe realizar a análise Físico química como pH da água, alcalinidade, sólidos totais, dureza e cloreto, para viabilizar a utilização da água de chuva e diminuir os gastos financeiros das indústrias.

O intuito desse estudo é explorar o potencial e os desafios associados ao emprego da água da chuva como fonte de alimentação para caldeiras aquatubulares no Distrito Federal. Serão abordados aspectos técnicos, ambientais e econômicos relacionados a essa prática, considerando suas implicações tanto para as indústrias quanto para o meio ambiente.

Ao explorar essa alternativa, busca-se contribuir para o desenvolvimento de estratégias sustentáveis de gestão hídrica, promovendo a eficiência no uso da água e reduzindo o impacto ambiental das atividades industriais na região. A análise será



conduzida por meio de quatro objetivos principais: avaliar a qualidade da água bruta; analisar o impacto na eficiência energética das caldeiras; investigar medidas de otimização e mitigação de impactos; e examinar os aspectos econômicos do processo analisado.

## **1 USO DE ÁGUA DA CHUVA PARA ALIMENTAÇÃO DE CALDEIRAS AQUATUBULARES NO DISTRITO FEDERAL**

### **1.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Conforme Damasceno (2023) a crescente demanda por vapor de alta qualidade, aliada à disponibilidade de água para geração de vapor dentro dos parâmetros aceitáveis de qualidade, desafia empresas e organizações que dependem desse recurso essencial para a continuidade de seus processos. Devido ao custo gerado pelo uso da água convencional e à crescente escassez dessa matéria-prima, torna-se cada vez mais crucial o aperfeiçoamento e a melhoria contínua dos processos, buscando tornar as operações eficientes, lucrativas e sustentáveis.

De acordo com Zarpelon (2015), os geradores de vapor amplamente utilizados na indústria, conhecidos como caldeiras, são classificados geralmente em três tipos: aquatubulares, flamatubulares e elétricas. As caldeiras aquatubulares são empregadas em setores que demandam um volume maior de vapor superaquecido.

Para atender às demandas por uma abordagem sustentável e rentável, a coleta e o uso de águas pluviais emergem como uma solução prática e de baixo custo. Destaca-se sua eficiência em preservar a disponibilidade de água potável para aplicações essenciais. Segundo Seeger, Sari e Eloiza Paiva (2007), conservar esse recurso valioso por meio de fontes alternativas torna-se uma necessidade urgente, especialmente considerando a prioridade de utilização dos recursos hídricos disponíveis para o abastecimento público.

A Norma Técnica NBR 10844 (ABNT, 1989) estabelece critérios essenciais para os projetos de captação de água da chuva, visando garantir funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia. Tais práticas sustentáveis introduzem uma fonte de água adicional e promovem a economia de recursos, contribuindo para o gerenciamento eficaz dos recursos hídricos (CHRISTINANA FONSECA, 2020). A conformidade com normas técnicas adequadas é fundamental para garantir a eficácia e a segurança dessas práticas, contribuindo para uma gestão mais eficiente e responsável dos recursos hídricos.

A NBR 15.527/2007 estabelece diretrizes específicas para o uso de águas pluviais, entre elas:

**Origem da Água e Usos Permitidos:** A norma determina que apenas a água do telhado pode ser coletada, garantindo a qualidade da água armazenada na cisterna. Quanto aos usos, a água da chuva é considerada adequada para fins não potáveis, como lavagem de pisos, carros, irrigação, drenagem de vasos sanitários e processos industriais.



Dimensionamento da Cisterna: A adequação do dimensionamento da cisterna à área de telhado e ao índice pluviométrico regional é fundamental para garantir um retorno satisfatório do investimento e a suficiência do armazenamento nos períodos de menor precipitação.

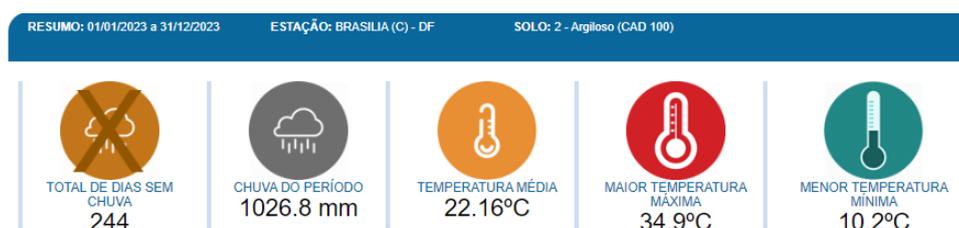
O cuidado que deve ter para a operação adequada de geradores de vapor é a qualidade da água nos sistemas internos, que podem gerar corrosão, depósitos, arraste e incrustação se não houver um tratamento adequado da água de alimentação (ZARPELON, 2015). De acordo com Salles (2023), os principais fatores que geram as incrustações são: tratamento químico ineficiente, excesso de contaminantes e pH da água inadequado para o processo.

O Distrito Federal do Brasil tem um clima tropical de altitude, caracterizado por duas estações principais: uma estação chuvosa, que vai de outubro a abril, e uma estação seca, de maio a setembro.

Durante a estação chuvosa, o Distrito Federal experimenta um aumento significativo na precipitação, com chuvas frequentes e intensas. Janeiro é tipicamente o mês mais chuvoso, enquanto julho é geralmente o mais seco. As chuvas podem ser acompanhadas por tempestades elétricas e fortes ventos, especialmente durante os meses mais quentes.

É importante notar que, devido à sua localização geográfica e ao seu relevo, o Distrito Federal pode apresentar variações climáticas dentro de seu território. Por exemplo, áreas mais elevadas podem ser mais frias e receber mais chuvas do que as regiões mais baixas. Em 2023, conforme informações obtidas através do sistema de balanço hídrico SISDAGRO, foi observado que o Distrito Federal ficou 244 (duzentos e quarenta e quatro) dias sem chuva, obtendo no período chuvoso, uma precipitação de 1026,8 mm, conforme Fig. (1).

**Figura 1** – Resumo do balanço hídrico do ano de 2023 do Distrito Federal



Fonte: SISDAGRO, 2021.

## 1.2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 1.2.1. Objetivo e área de estudo

Estudar uma caldeira aquatubular da fabricante Miura que trabalha a pressão de 9,8 kgf/m<sup>2</sup>, gerando um consumo médio de 800 quilogramas por hora de água para a geração de vapor. A caldeira utiliza como combustível o gás liquefeito de petróleo –



GLP, e será avaliada a possibilidade de utilização de água da chuva para alimentação da caldeira com foco em minimizar os custos operacionais utilizando água da chuva.

### 1.2.2. Análise dos parâmetros de qualidade da água bruta

A água da chuva foi coletada utilizando um recipiente de vidro do tipo funil de diâmetro de 8 cm e 16 cm de altura, realizando a coleta e de acordo com os parâmetros estabelecidos pela Portaria GM/MS N° 888, de 4 de maio de 2021.

A coleta foi realizada no dia 2 de abril de 2024 no período vespertino na cidade administrativa de Taguatinga Sul - DF, utilizando um funil e um recipiente de vidro de dois litros para realizar as análises físico-químicas de alcalinidade, dureza, pH, sais minerais e turbidez. Em abril, a estação convencional de Brasília registrou sete dias de chuva com precipitação igual ou superior a 1,0 mm, totalizando 175,9 mm, 21% acima da média histórica (145,2 mm). No dia 2 de abril, quando a coleta foi realizada, o maior acumulado de chuva em 24 horas foi registrado, com 65,2 mm.

Para cada análise, seguiu-se um procedimento específico, conforme abaixo:

**Análise de alcalinidade:** Uma amostra de 100 mL de água foi retirada utilizando uma proveta e transferida para um Erlenmeyer. Após a transferência, foram adicionadas 2 gotas de solução de tiosulfato de sódio para neutralizar o cloro, seguidas por 3 gotas de solução P (fenolftaleína) até que a água mudasse para a coloração rosa. Em seguida, foi adicionado ácido sulfúrico 0,02 N, parando imediatamente quando a amostra ficou incolor. O volume de ácido sulfúrico consumido até que a água alcançasse a coloração incolor foi medido e multiplicado por 10 para determinar a alcalinidade em mg/L.

Equipamentos utilizados: Erlenmeyer de vidro boca estreita com capacidade de 1 L e bureta digital 50 mL classe A com válvula purga.

**Análise de dureza:** O procedimento iniciou-se com a pipetagem de uma amostra de 50 mL de água, seguida da adição de 0,5 mL de solução de Buffer e agitação subsequente. Em seguida, uma quantidade adequada de indicador de dureza total foi adicionada até que o líquido se tornasse incolor, com o recipiente agitado para garantir a completa dissolução do indicador. A mudança de coloração para azul indicou a ausência de dureza total na água. Posteriormente, quando ocorreu a coloração roxa, foi realizada uma titulação de dureza utilizando a solução padrão em mililitros, cujo resultado foi multiplicado por 20 para determinar a dureza total.

Equipamentos utilizados: Pipeta IKA Pette de 10 mL e Erlenmeyer de vidro boca estreita com capacidade de 1L.

**Análise do pH da água:** Para determinar o pH da amostra de 100 mL, o béquer foi preenchido com o líquido até cobrir completamente a tira de pH. Em seguida, a tira foi imersa no líquido por alguns segundos, resultando em uma mudança momentânea de cor. Assim que a coloração se estabilizou, foi possível identificar o nível de pH da amostra.



Equipamento utilizado: béquer de vidro com capacidade de 100mL.

**Análise de turbidez:** O procedimento de análise da amostra utilizando o turbidímetro foi conduzido da seguinte forma: a cubeta foi cuidadosamente preenchida com a amostra, garantindo que o líquido chegasse próximo do ponto de transbordamento para evitar a presença de ar ou bolhas durante a análise. Após o preenchimento da cubeta, esta foi limpa minuciosamente com papel toalha soft, assegurando a remoção de quaisquer impurezas e evitando a formação de condensação no lado externo. Em seguida, a tampa do turbidímetro foi aberta e a cubeta foi inserida no compartimento do equipamento, sendo posicionada de maneira alinhada conforme as orientações do fabricante. Por fim, a leitura digital da turbidez da amostra foi realizada de acordo com os procedimentos padrão do equipamento, fornecendo os resultados necessários para a análise.

Equipamentos utilizados: Turbidímetro digital e cubeta limpa de 100mL.

**Análise de sólidos totais dissolvidos:** A análise foi conduzida utilizando uma amostra de 200 mL de água e verificada por meio de um condutivímetro, um equipamento digital especializado para essa finalidade.

Equipamentos utilizados: Medidor de condutividade TDS em Linha ROC CCT-3320V, béquer de vidro com capacidade de 100mL.

**Análise de condutividade elétrica:** Uma amostra de 100 mL foi colocada em um béquer e analisada utilizando um medidor de condutividade. O eletrodo do equipamento foi mergulhado no recipiente contendo a amostra, e a análise foi realizada de forma digital.

Equipamentos utilizados: Medidor de condutividade TDS em Linha ROC CCT-3320V, béquer de vidro com capacidade de 100mL.

**Análise de cloreto:** Foi pipetada uma amostra de 50 mL e transferida para um Erlenmeyer. Em seguida, foram adicionadas 2 gotas de fenolftaleína e 5 gotas de cromato de potássio, com agitação constante. A titulação foi realizada com nitrato de prata 0,02N até que a coloração castanha começasse a aparecer. Ao final da titulação, foi aplicada uma fórmula considerando o volume gasto em mL para calcular os resultados.

Equação (1) utilizada para encontrar o resultado da análise de cloreto.

$$\frac{(\text{Volume em ml gastos de } AgNO_3 - 0,2) \cdot 0,02 \cdot (58,44) \cdot 1000}{\text{Volume em mL da amostra}} = NaCl \left( \frac{mg}{L} \right) \quad (1)$$

Equipamentos utilizados: Erlenmeyer de vidro boca estreita com capacidade de 1L e proveta de vidro graduada de 100mL, Pipeta IKA Pette de 10mL.

### 1.2.3. Parâmetros esperados



Os parâmetros esperados para obter uma boa qualidade da água e garantir a eficiência, se baseiam no mínimo de concentração de sólidos que possam gerar incrustações e também em uma faixa ideal de pH, que não torne a água ácida ou alcalina, conforme demonstrado na Tab. 1 abaixo.

Tabela 1. Parâmetros de qualidade da água para alimentação de caldeira aquatubular conforme Agência Nacional da Água e manual de operação da caldeira MIURA aquatubular de 9,8 kgf/m<sup>2</sup> (2023).

	Valor máximo	Valor mínimo
Alcalinidade (mg/L)	350	0
Dureza (mg/L)	0,3	0
pH	10	8,3
Turbidez (uT)	4,32	0
SLD (mg/L)	0	0
Condutividade (uS/cm)	5,4	1,1
Cloreto (mg/L)	250	0

Fonte: Agência Nacional da Água, 2009; Miura, 2023.

#### 1.2.4. Levantamento de custos e retorno do investimento

Para a estimativa adequada de custos e retorno do investimento serão levantadas as seguintes informações:

##### **Para a definição dos custos:**

Utilizar o método Azevedo Neto (2007), conforme descrito no Anexo A da norma NBR 15527/2007, para calcular o volume consumível de água da chuva por mês.

Equação (2) utilizada para encontrar o volume da chuva:

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad (2)$$

Onde: P é Valor numérico da precipitação média anual, expresso em milímetros (mm); T é valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca; A é o valor numérico da área de coleta em projeção, expresso em metros quadrados (m<sup>2</sup>).

Estimar a capacidade necessária de armazenamento para a água da chuva, com base no volume estimado, realizar orçamento para a construção de uma cisterna adequada para o armazenamento de água e avaliar se o tratamento da água atual na planta será modificado para incluir o tratamento da água da chuva, por meio de análises realizadas.



### **Para a definição do retorno:**

Estimar o custo mensal da planta para o abastecimento convencional da caldeira e analisar se o investimento realizado será recuperado após a implementação, levando em consideração o custo versus o retorno esperado. Para definir quanto tempo o investimento precisa para obtenção de lucros, utilizaremos a seguinte estimativa, conforme Eq. (3).

$$\frac{\text{Custo para implementar sistema}}{\text{Custo para consumo da água convencional}} = \text{Retorno financeiro em meses} \quad (3)$$

## **2. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **2.1. ANÁLISE DA ÁGUA**

Ao analisar os dados obtidos em laboratório da água convencional com os parâmetros da água coletada da chuva. É possível observar a diferença dos resultados encontrados para com os resultados necessários para uma alimentação adequada da caldeira para a geração de vapor industrial. Isso pode ser observado ao analisarmos os valores mostrados na Tabela 2 o qual os dados da água convencional em relação a da chuva deram resultados diferentes como pode ser visto na dureza, mostrando uma diferença de mais de 5 vezes maior, o do SLD que deu 6 vezes maior e o da condutividade que deu 3 vezes maior, o cloreto 2 vezes maior, tendo o único resultado que a água da chuva ficou maior que o da água convencional foi o de turbidez que ficou mais que 27 vezes maior.

A tabela 2 apresenta os resultados e os parâmetros adequados que necessitam ser atendidos, apresentando alta concentração de dureza, sais totais dissolvidos, turbidez, pH e Cloreto abaixo do limite mínimo exigido. Entende-se que a água da chuva pode ser utilizada para alimentação da caldeira, porém, necessita de um tratamento adequado no pré-abastecimento, para não prejudicar a eficiência e a segurança da operação.



Tabela 2. Número de valores (N), Mediana, (Min) mínimo, (Máx) máximo e desvio padrão (Desv Pad) dos parâmetros obtidos através da análise da água bruta da chuva e parâmetros obtidos através da análise da água bruta convencional.

Parâmetros	Parâmetros da água coletada da chuva					Parâmetros da água bruta convencional					Noma
	N	Mediana	Min	Máx	Desv Pad	N	Mediana	Min	Máx	Desv Pad	N
Alcalinidade (mg/L)	3	9,3	9,3	9,5	0,1	3	21,9	21,5	22,2	0,35	0
Dureza (mg/L)	3	8,2	8,1	8,4	0,1	3	40,8	40	42	1,0	0
pH	3	5,5	5,5	5,5	0,0	3	6,5	6,3	6,8	0,2	8,3
Turbidez (uT)	3	10,8	10,8	11	0,10	3	0,4	0,4	0,7	0,2	0
SLD (mg/L)	3	4,1	4,1	4,11	0,02	3	26	25	26,7	0,8	0
Condutividade (uS/cm)	3	22,1	22,1	22,4	0,1	3	60,1	60	60,8	0,4	1,1
Cloreto (mg/L)	3	8,3	8,3	8,4	0,03	3	20	19,8	20,3	0,2	0

Fonte: Resultados obtidos em análises, 2024; Miura, 2023.

Com base nos resultados obtidos, verificou-se que os níveis de Alcalinidade, Dureza, SLD (Sólidos Dissolvidos), Condutividade na água coletada da chuva superam os padrões de qualidade da água atualmente utilizada no sistema de alimentação das caldeiras. Por outro lado, os níveis de Turbidez, pH e Cloreto na água coletada da chuva excedem aqueles da água de abastecimento, embora ainda exijam tratamento adicional para cumprir os requisitos de alimentação das caldeiras. Essas diferenças ocorrem porque a água da chuva tem menos cloretos que a água tratada, já que, ao evaporar, os sais como o cloreto ficam para trás. Em contraste, a água tratada retém minerais e sais das fontes naturais (rios, lagos), mesmo após o tratamento. No caso do pH, a água da chuva tende a ser levemente ácida (em torno de 5 a 5,5) devido ao dióxido de carbono na atmosfera, enquanto a água tratada é ajustada para um pH neutro (próximo de 7) para evitar corrosão nas tubulações. Quanto à turbidez, a água da chuva é geralmente baixa em partículas sólidas ao cair, mas pode ser elevada pela poluição atmosférica, enquanto a água tratada passa por processos de filtração e decantação para atingir um nível de turbidez seguro para consumo.

## 2.2. MEDIDAS DE MITIGAÇÃO

De acordo com a análise realizada da água para avaliação dos parâmetros, é identificado uma qualidade superior da água da chuva quando comparada com a água bruta utilizada atualmente pela empresa, sendo necessário, de acordo com Zarpelon (2015), às seguintes medidas de mitigação:

Para melhorar o parâmetro de turbidez, pode ser utilizado o meio de tratamento de coagulação, sedimentação e filtração, podendo ser aplicados de forma individual ou em conjunto. É recomendado que a empresa utilize o carvão ativado para realizar a filtração da água, absorvendo partículas suspensas e compostos orgânicos em sua



estrutura, deixando a água mais clara e limpa, reduzindo o indicador de turbidez e fazendo uso dos equipamentos como tanques e tubulações já existentes no local.

Com objetivo de melhorar o parâmetro de pH da água, para não impactar negativamente a eficiência da caldeira na geração de vapor, foi realizado o aumento do pH adicionando 0,5 ml de hidróxido de sódio de concentração 0,1 mol por litro de água.

O custo bienal para tratamento da água bruta é de R\$100.000,00, considerando uma vazão total de água de 1.000,00 m<sup>3</sup>. Sabendo que a utilização da água da caldeira representa 0,8m<sup>3</sup> por hora, podemos estimar um custo de R\$ 8,00 por hora, para realizar o tratamento da água na alimentação das caldeiras.

### 2.3. ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Ao realizar o levantamento e a coleta dos dados da água da chuva e o seu tratamento foi obtido uma estimativa de custos e retornos da operação levando em consideração os aspectos desde a implementação do sistema de captação e armazenamento; volume de água esperado da chuva na região, operação e tratamento da água a ser captada do sistema pluvial; até a oneração atual com o gasto de água para alimentação das caldeiras. Isso foi realizado a partir dos seguintes dados: Definição dos custos atuais, volume atual de água utilizado para alimentar as caldeiras e estimativa de investimento para construção de um reservatório.

#### **Definição dos custos:**

Para estimar a capacidade de coleta de água da chuva do edifício, foi realizado o cálculo através do método Azevedo Neto, demonstrado na equação 2. Sabendo que o telhado da empresa possui uma cobertura de 18.000 m<sup>2</sup> para captação da água, e considerando a precipitação média anual na região do Distrito Federal de acordo com SISDAGRO (2024), concluiu-se que o volume de água estimado durante 6 meses é de 387,66 m<sup>3</sup>/mês conforme especificado na Tab.(3).

Tabela 3. Projeção do volume de água estimado por mês

Volume de água estimado no ano	Meses	Volume de água estimado por mês
2.326 m <sup>3</sup>	6	387,66 m <sup>3</sup>

Tabela 4. Volume de água utilizado para alimentação da caldeira Miura, conforme especificações técnicas do fabricante.

Média de consumo de água para geração de vapor na caldeira Miura	Tempo de operação	Volume de água estimado por mês
0,8 m <sup>3</sup> /h	16h	384,00 m <sup>3</sup>



De acordo com os resultados apresentados no Quadro 4 é possível estimar que o consumo médio necessário para alimentar a água para geração de vapor na caldeira por mês é de 192.000 litros, sendo necessário dispor de um reservatório com capacidade superior para imprevistos ou instabilidades.

O custo atual pra a alimentação da caldeira com água convencional do sistema de abastecimento do Distrito Federal – DF é dimensionado conforme a tabela de preços disponibilizada pela CAESB (2020), conforme a Fig.(2).

Tabela 5. Tabela de preços disponibilizada pela CAESB (2024)

COMERCIAL, INDUSTRIAL E PÚBLICA		R\$ 24,31		
Faixa m <sup>3</sup>	Vol. Faixa	Alíquota Preço p/m <sup>3</sup>	Da Faixa (R\$)	
1	0 a 4	4	7,07	28,28
2	5 a 7	3	8,83	26,49
3	8 a 10	3	11,39	34,17
4	11 a 40	30	14,12	423,80
5	Acima de 40			16,66

De acordo com a companhia, para setores industriais é cobrado o valor de R\$16,66 por m<sup>3</sup> para abastecimento de água, sendo cobrado o mesmo valor para o tratamento dos efluentes industriais e sanitários, totalizando o custo de R\$33,32/m<sup>3</sup>.

Sendo assim, é possível estimar o custo de consumo para alimentação das caldeiras através da eq.(4).

$$\text{Custo para abastecer a caldeira} = \text{preço (m}^3\text{)} \cdot \text{Volume de água estimado (4)}$$

$$\text{Custo para abastecer a caldeira} = 33,32\text{m}^3 \cdot 384/\text{mês} \quad (4.1)$$

$$\text{Custo para abastecer a caldeira} = \text{R\$ } 12.794,88/\text{mês} \quad (4.2)$$

Então, aplicando a eq.(4), podemos considerar que para cada tipo de cisterna implementada, a projeção de retorno financeiro seguirá de acordo com o Tab.(5).

Tabela 5. Estimativa de retorno conforme investimento previsto para implementação e operação do sistema de água pluvial para alimentação de caldeiras

Sistema de captação e armazenamento em m <sup>3</sup>	Custo para implementação	Economia gerada pelo uso da água da chuva por mês	Projeção do retorno de investimento
400 m <sup>3</sup>	R\$ 75.000,00	R\$ 12,794	5,8 meses



De acordo com o levantamento abordado, é possível identificar que o tratamento existente para melhorar os parâmetros de qualidade da água convencional, não precisará ser modificado inicialmente para atender a demanda de água pluvial, garantindo que não ocorram alterações no custo do processo, considerando para a estimativa de custo x retorno, somente o custo de instalação do sistema de captação e armazenamento de água em relação ao retorno esperado de economia.

### **3. CONCLUSÃO**

O levantamento laboratorial realizado com a água da chuva mostrou-se satisfatório quando comparado com a água bruta utilizada na unidade estudada, atendendo aos critérios básicos de qualidade.

Considerando os parâmetros encontrados, entende-se que é viável aplicar o tratamento químico existente na planta fabril para tratar a água pluvial captada da chuva, com objetivo de melhorar os índices de turbidez e pH.

A eficiência da caldeira não será afetada caso seja optado o uso da água pluvial, desde que o tratamento no processo de alimentação do equipamento siga os critérios mínimos estabelecidos pela unidade.

Conforme resultados do estudo de viabilidade econômica, é possível realizar o investimento para implementação do sistema, tendo em vista que o retorno financeiro ocorrerá em até 11,7 meses, a depender da necessidade de captação e armazenagem de água.

Vale mencionar que o projeto poderá viabilizar benefícios fiscais devido a inovação e melhoria do processo, o tornando sustentável, com a aplicação da Lei do Bem (Lei 11.196/2005).

### **4. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a Brasal Refrigerantes S/A por conceder o local para realizar o estudo, ao apoio oferecido pela UNB na coorientação concedida e a UDF pela oportunidade em participarmos do congresso de estudantes de engenharia mecânica – CREEM.

### **REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15527**. Água de chuva: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT. 2007. 8 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 888, de 10 de janeiro de 2002**. Procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, DF, n. 888, 4 maio 2021.



CAESB. **Tarifas e Preços. Distrito Federal:** CAESB, 1 jun. 2020. Disponível em: <https://www.caesb.df.gov.br/tarifas-e-precos.html>. Acesso em: 19 abr. 2024.

DAMASCENO, Camilo Xavier. **Simulação de tratamento de água para geração de vapor: análise comparativa de dados randômicos com parâmetros reais.** 2023. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

FONSECA, Christiana Maria Andrade da. **Conservação e reuso de água em indústria de fabricação de bebida: estudo de caso.** 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

GAMA, Paulo Sergio Mendes. **Clarificação, dessalinização e desmineralização da água do mar para geração de vapor em caldeiras.** 2017.

GASOLA, Diogo Luiz; MARQUEZI, Sergio Luis; AZZOLINI, José Carlos. Comparação entre o uso do sulfato de alumínio e do hidroxidocloreto de alumínio no tratamento de água para geração de vapor. **Unoesc & Ciência-ACET** Joaçaba, v. 6, n. 1, p. 7-18, 2015.

HAGEMANN, Sabrina Elicker et al. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso.** 2009.

LOPES, Ivair Aparecido et al. Água da chuva: análise da qualidade para uso em caldeiras industriais. **SITEFA**, v. 1, n. 1, p. 194-209, 2018.

PAULA, Eduardo Coutinho; AMARAL, Míriam Cristina Santos. **Caracterização físico-química de membranas de osmose inversa incrustadas após o emprego em tratamentos de águas para caldeiras.** 2019.

SEEGER, Lília Mayumi Kaneda; SARI, Vanessa; PAIVA, E. M. C. D. Análise comparativa do aproveitamento da água da chuva na lavagem de veículos em duas cidades da Região Sul e Centro-Oeste. **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, v. 17, p. 1-13, 2007.

SISDAGRO. (n.d.). <https://sisdagro.inmet.gov.br/sisdagro/app/monitoramento/bhs>

ZARPELON, Willian; AZZOLINI, José Carlos. Caldeiras de alta pressão: caracterização e avaliação da qualidade do tratamento das águas de abastecimento. **Unoesc & Ciência-ACET**, v. 6, n. 2, p. 141-154, 2015.



## ANÁLISE DE CONTROLE PID EM UMA PRÓTESE DE MÃO

### *PID CONTROL ANALYSIS IN A HAND PROSTHESIS*

Wilton Magalhães Bertoldo<sup>1</sup>  
Celso Yutaka Akaoka<sup>2</sup>  
Pedro Henrique Sampaio Franco<sup>3</sup>

#### RESUMO

Com o desenvolvimento tecnológico presente na atualidade, muitas tecnologias que antes não eram acessíveis hoje podem ser utilizadas com mais facilidade, trazendo a possibilidade de criação e simulação de projetos feitos em CAD (desenho assistido por computador). Uma dessas tecnologias são as próteses de membros humanos que reabilitam diversas atividades ao usuário. Nessa ideia, o presente trabalho tem como objetivo criar uma prótese de mão biônica híbrida, utilizando conceitos básicos de robótica e programação. Esse conceito híbrido é oriundo da utilização de meios mecânicos e elétricos interconectados a um sistema de controle aplicado, sendo ele PID (Proporcional, integral e Derivativo) guiado por sensores de ativação. Os sensores são do tipo piezoelétricos e trabalham de forma a converter a deformação gerada por músculos do antebraço em sinais elétricos que serão interpretados por um microcontrolador. Dessa forma, a prótese pode ser configurada a receber diferentes sugestões pelo usuário e conseqüentemente executar movimentos distintos para cada sugestão. A metodologia do trabalho é dividida em etapas que compreendem a escolha de materiais e componentes, testes de captação de sensores e aplicação do controle através da programação, tendo impacto nos movimentos por classes de sugestões. Os resultados desse estudo denotam uma prótese de baixo custo passível de executar atividades por meio de sugestões sutis do usuário no próprio membro em que a prótese é acoplada. Logo, o presente trabalho apresenta uma solução de acessibilidade para pessoas com membros amputados ou condições similares.

**Palavras-chave:** prótese; manipulador; robótica industrial; sensores; controle.

#### ABSTRACT

With the technological advancements of today, many technologies that were previously inaccessible can now be utilized with greater ease, enabling the creation and simulation of projects using CAD (Computer-Aided Design). One such technology is prosthetic limbs, which restore various activities to the user. In this context, the present work aims to create a hybrid bionic hand prosthesis using basic concepts of robotics

---

<sup>1</sup> Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário do Distrito Federal – UDF.

<sup>2</sup> Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário do Distrito Federal – UDF.

<sup>3</sup> Engenharia Mecatrônica do Centro Universitário do Distrito Federal – UDF.



and programming. This hybrid concept arises from the use of interconnected mechanical and electrical means with an applied control system, specifically PID (Proportional, Integral, and Derivative) control guided by activation sensors. The sensors are piezoelectric and work by converting the deformation generated by forearm muscles into electrical signals, which are interpreted by a microcontroller. Thus, the prosthesis can be configured to receive different inputs from the user and consequently execute distinct movements for each input. The methodology of the work is divided into stages that include the selection of materials and components, sensor data acquisition tests, and the application of control through programming, impacting movements by classes of inputs. The results of this study indicate a low-cost prosthesis capable of performing activities through subtle suggestions from the user in the limb to which the prosthesis is attached. Therefore, this work presents an accessibility solution for people with amputated limbs or similar conditions.

**Keywords:** prosthesis; manipulator; industrial robotics; sensors; control.

## INTRODUÇÃO

A robótica, ciência e tecnologia de mecanismos autônomos controlados por computador, é altamente interdisciplinar, combinando ciência da computação, engenharia e física aplicada (SCHWARTZ; YAP, 2016). Envolve diversas áreas como engenharia mecânica, elétrica e inteligência artificial, trabalhando em harmonia para criar as tecnologias atuais. Segundo o Guia Almanaque da Modelix Robotics (2015), robótica é a ciência que estuda a construção de robôs, sistemas compostos por partes mecânicas automáticas, controladas por circuitos integrados, podendo ser manuais ou automáticas.

Com o grande avanço da robótica na área da saúde, surgiram soluções seguras e eficazes para diversas situações, sejam elas cirurgias realizadas por máquinas de alta precisão, produção de remédios por braços robóticos na indústria farmacêutica, próteses de membros na reabilitação fisioterapêutica, etc. A mão biônica, um dispositivo robótico que pode replicar os movimentos e características de uma mão humana, exemplifica bem essas inovações. Seu uso varia de tele operação e próteses a construção de robôs humanoides, oferecendo novas possibilidades de reabilitação aos pacientes e devolvendo funções perdidas por acidentes ou doenças degenerativas, facilitando a reintegração às atividades cotidianas (RIBEIRO *et al.*, 2017; PRISCILA *et al.*, 2020).

Para aqueles que perderam algum membro devido a acidentes ou doenças degenerativas, a adaptação à nova realidade pode ter um impacto significativo na saúde física e mental do indivíduo. A implantação de próteses surge como uma solução para amenizar essas possíveis sequelas, suprindo a função do membro perdido e reduzindo as dificuldades pré e pós-tratamento (SOARES *et al.*, 2015). Assim, o objetivo é desenvolver uma prótese funcional e confortável para a substituição de uma mão, promovendo mais autonomia e melhoria na qualidade de vida dessas pessoas.



A mão humana, parte final do membro superior próxima ao antebraço, é composta pelo carpo, metacarpo e falanges, incluindo punho, palma, dorso das mãos e dedos, ricamente providos de terminações sensoriais que permitem sensação de toque, dor e temperatura (NETTER *et al.*, 2008; MOORE *et al.*, 2007). Considerando o conforto, será utilizada a tecnologia de sensores piezoelétricos para detectar as atividades dos grupamentos musculares. Esses sensores captam dados gerados pela deformação muscular, convertendo-os em sinais elétricos lidos pelo controlador, que então comandará os movimentos da prótese, permitindo replicar movimentos como abrir, fechar a mão e girar o pulso (DEIVYSON *et al.*, 2018; ANA *et al.*, 2020).

Contextualizando, a protetização é um método antigo, amplamente utilizado para substituir membros amputados ou malformados (TAGLIARI *et al.*, 2008). Segundo a Fundação de Articulação e Desenvolvimento de Políticas Públicas (FADERS, 2018), uma prótese é um dispositivo destinado a substituir um órgão ou membro destruído, enquanto uma órtese corrige ou supre uma alteração morfológica de um órgão ou membro. As próteses visam substituir um membro ausente, seja por sequelas ou por condições congênitas.

Tendo isso em vista, atualmente, existem vários tipos de próteses de mãos disponíveis no mercado, muitas delas com tecnologia importada e custo elevado, tornando seu uso inviável para a maioria das pessoas necessitadas. A Otto Bock Industry, Inc (BLOHMKE, 1994), por exemplo, desenvolveu uma classificação para próteses: Estéticas ou Passivas, Mecânicas ou Ativas, Mioelétricas e Híbridas.

Neste contexto, propõe-se o desenvolvimento de uma prótese robótica de mão para realizar tarefas básicas do dia a dia, utilizando-se de três elementos em conjunto: a utilização de sensores piezoelétricos para detectar atividades musculares, a implementação de três tipos de movimentos essenciais (abrir e fechar a mão, e girar o pulso), e a construção de baixo custo. Esses elementos visam promover mobilidade e acessibilidade, oferecendo uma substituição eficaz para um membro real, com simplicidade na construção e produção econômica.

## 1 MATERIAIS E MÉTODOS

Toda a construção, desde o desenho inicial, foi centrada na ideia de criar um membro que pudesse substituir parte do antebraço e a mão. Foi-se utilizado como base modelos desenvolvidos e publicados no artigo "Recent advancements in prosthetic hand technology" do Journal of Medical Engineering & Technology, onde são abordados conceitos de forma aprofundada quanto à evolução da tecnologia no desenvolvimento de próteses de mão. Utilizando softwares como Thingiverse e GrabCAD, a construção se iniciou do zero com o objetivo de alcançar algo funcional. O projeto foi desenhado no software de licença estudantil Autodesk Fusion, permitindo a criação, validação estrutural, simulação de movimentos e acabamento.

Como citado anteriormente, o desenho da prótese foi realizado no software paramétrico CAD Autodesk Fusion®. Este software proporciona uma visualização de alta qualidade, permitindo identificar possíveis problemas ou formas mecânicas mais acessíveis que podem oferecer maior ergonomia ao paciente. Também foi possível



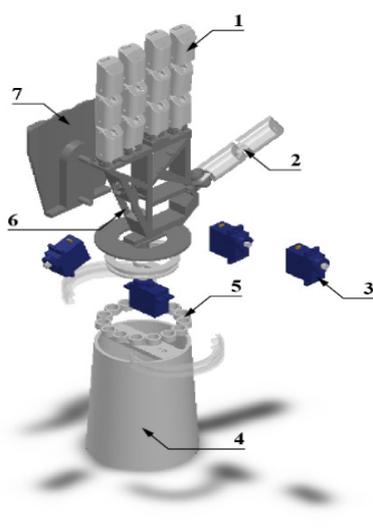
simular os movimentos dos dedos, proporcionando uma representação mais realista de sua movimentação. Além disso, foi planejado o espaço para os componentes elétricos e circuitos, criando um design inteligente que proporciona o posicionamento adequado de cada motor, exemplificando assim como a substituição do membro pode ser eficiente.

Com base no conceito teórico, tanto físico quanto mecânico, a prótese foi impressa em uma impressora 3D. Com máquinas de manufatura aditiva, que constroem objetos por deposição de material em camadas e através de materiais termoplásticos aquecidos, os objetos propostos foram desenvolvidos. Para este projeto, foi utilizada uma Creality Ender 3 e uma impressora de resina Anycubic Photon S. Posterior ao desenho, houve o fatiamento dos componentes exportados, criando assim todas as peças necessárias para a substituição e a realização de testes práticos.

Os componentes da prótese foram planejados sob medida (Figura 1). A palma da mão foi criada com uma estrutura de treliça para otimização de material e resistência, já as juntas foram desenhadas para formar os ligamentos entre os elos, semelhantes às falanges dos dedos. Por fim, para a fixação da mão, há um rolamento de cilindros que permite o giro em seu próprio eixo. A base serve como suporte e passagem para as conexões elétricas, funcionando também como o antebraço.

Os movimentos são reproduzidos por fios de nylon passados por furos de 0,5 mm nos elos, que fazem conexão com o motor, quando os fios são tensionados os dedos se fecham. No entanto, a abertura dos dedos não ocorre apenas com o alívio dos fios, e para resolver isso, foram adicionados suportes para elásticos na parte superior da prótese, permitindo que os dedos se abram novamente de forma simplificada, sem sobrecargas desnecessárias ao se fechar a mão.

**Figura 1 – Vista explodida**



1	Elos	Compõem a estrutura da mão, se assemelha à falange dos dedos.
2	Juntas	Articulações que conectam os elos, responsáveis por reproduzir o funcionamento de uma articulação real.
3	Motores	Micro Servo 9G SG90, responsáveis pelo acionamento da movimentação.
4	Base	Suporte fixo e imóvel que serve de estrutura de apoio para a fixação e estabilização dos componentes e das conexões.
5	Rolamento	Composto por cilindros, seu intuito é permitir o giro da mão em relação ao antebraço (Base).
6	Palma da Mão	Feita sob medida para permitir o devido encaixe dos servos.
7	Proteção	Uma peça que cobre toda a parte traseira da mão.

Fonte: Autoria própria.



Para gerenciar toda a estrutura, foi pensado um sistema de controle que recebe dados, os processa e os direciona aos atuadores, que são os motores. A partir disso, o controle foi dividido de maneira estratégica em sensores e atuadores, onde os sensores piezoelétricos, que são componentes sensíveis a deformações, geram uma tensão que pode ser lida pelo controlador e efetivada pelo atuador. Para isso, foi confeccionada uma braçadeira onde os sensores foram posicionados em diferentes partes do antebraço para a aquisição dos dados (Figura 2), partes essas que mais se deformam a partir de algum tipo de atividade muscular na mão.

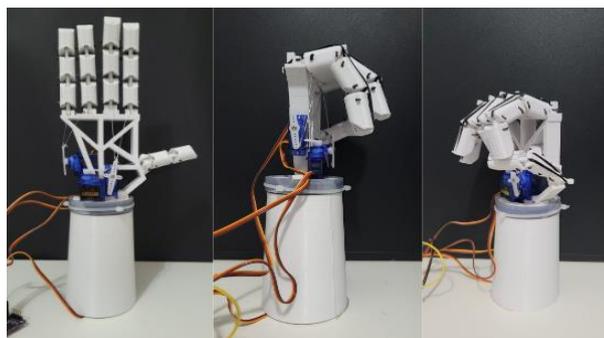
**Figura 2 – Braçadeira com piezoelétricos**



Fonte: Autoria própria.

Ainda seguindo essa linha de raciocínio, a construção da mão foi realizada tanto em resina quanto em filamento plástico ABS (acrilonitrila butadieno estireno). Os materiais foram escolhidos para reduzir os custos de produção e para validar as dimensões e a mecânica do projeto. Após a impressão, foi realizada a montagem conforme projetado, onde houveram certas adaptações necessárias para o encaixe dos motores e a passagem dos fios (Figura 3). Para as juntas, há cilindros de arame responsáveis por manter os elos conectados e os motores foram fixados com resíduo autocolante, o que permitiu o funcionamento previsto.

**Figura 3 – Prótese impressa mantendo posições aberta e fechada.**



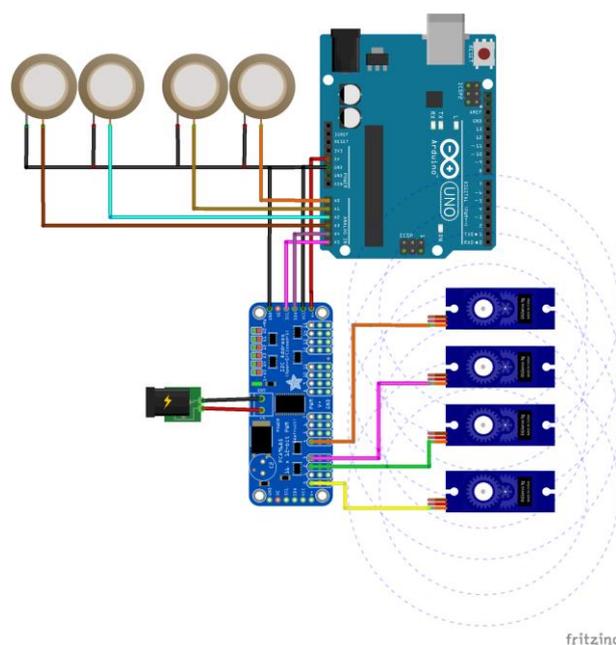
Fonte: Autoria própria.



Agora pertinente ao funcionamento, os valores armazenados são convertidos para que possam ser lidos pelo microcontrolador, que no caso é um Arduino Uno, vale ressaltar que este microcontrolador foi escolhido pelo seu tamanho compacto e capacidade de leitura de dados suficiente para esta aplicação. Além disso, sua construção minimalista disponibiliza espaço para as fiações elétricas e garante uma taxa de leitura e controle estável, sem preocupações com gargalos à primeira vista.

O circuito elétrico (Figura 4) é composto por um Arduino Uno, quatro servomotores 9G SG90, quatro sensores piezoelétricos, um módulo PCA9685 I2C e uma fonte de 3V. Três dos servo motores são responsáveis pelo movimento dos dedos: um controla o polegar, o segundo controla os dedos médio e indicador, e o terceiro controla os dedos anelar e mínimo. O quarto motor é responsável pelo movimento do pulso da prótese. O módulo PCA9685 expande a capacidade do Arduino Uno de controlar múltiplos motores simultaneamente.

Figura 4 – Circuito elétrico



Fonte: Autoria própria.

Para reduzir as instabilidades no sistema, fez-se necessário a aplicação de um controle PID (Proporcional, Integral e Derivativo). Um controlador PID calcula o próximo valor de controle com base no erro atual, no erro acumulado ao longo do tempo e na taxa de mudança do erro. No contexto deste sistema, os dados dos sensores piezoelétricos determinam a ativação dos servomotores, conforme os valores numéricos predefinidos no algoritmo.

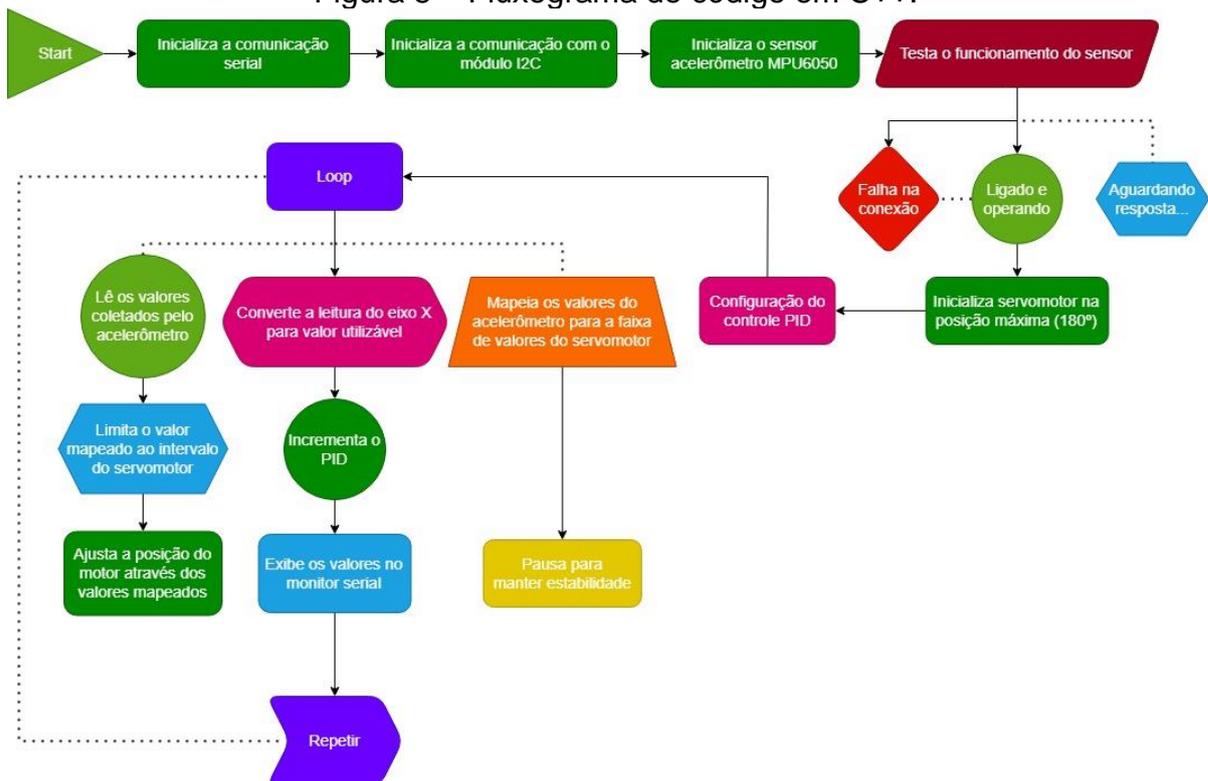
Os parâmetros do PID foram ajustados para obter a resposta desejada do sistema: Kp (Proporcional): Reação rápida, mas pode causar oscilações se muito alto (StackExchange, 2023). Ki (Integral): Corrige o erro residual ao longo do tempo, mas pode causar instabilidade se muito alto (PID explained, 2019). Kd (Derivativo): Suaviza



a resposta do sistema, prevenindo oscilações excessivas, mas pode reduzir a eficácia da correção se muito alto (StackExchange, 2023).

Para o devido funcionamento e análise durante o planejamento, foram desenvolvidos dois códigos. Primeiramente, um código em C++ (Figura 5), que é responsável pelo gerenciamento dos sensores e atuadores, este gerencia a leitura dos dados dos sensores piezoelétricos e o controle dos servomotores por meio de um controlador PID. O segundo código foi desenvolvido em Python (Figura 6) e é responsável pelo armazenamento dos valores recolhidos em um banco de dados e pela plotagem dos dados em gráficos. O Python é utilizado para ler os dados enviados pelo Arduino via porta serial, armazená-los em um arquivo CSV e, em seguida, processar e visualizar esses dados.

Figura 5 – Fluxograma do código em C++.



Fonte: Autoria própria.

O código começa importando as bibliotecas necessárias para a comunicação I2C com o acelerômetro, controle do servo motor e implementação do controle PID. Objetos são criados para representar os sensores e atuadores, e variáveis são definidas para armazenar os dados do acelerômetro (ax, ay, az) e do giroscópio (gx,



gy, gz). O controle PID é configurado com variáveis para o ponto de ajuste (set point), entrada e saída.

Já na etapa de inicialização do hardware, a comunicação serial é configurada para operar na faixa de 115200 bauds, e a comunicação I2C é estabelecida para o acelerômetro. Após a inicialização e verificação da conexão do acelerômetro, o servo motor é posicionado inicialmente em seu ponto máximo (180°). O ponto de ajuste é configurado com base no valor do eixo X do acelerômetro e o controlador PID é ajustado para o modo automático, com limites de saída entre 0 e 180 graus, relacionando assim ambos os valores agora em uma faixa semelhante.

No loop principal do código, os valores de aceleração do acelerômetro e os dados do giroscópio são lidos e armazenados. A aceleração no eixo X é usada como entrada para o controlador PID, sendo mapeada para o ângulo do servo motor entre 0 e 180 graus, enquanto que o PID calcula a saída e ajusta constantemente a posição do servo motor conforme necessário. Os valores de aceleração no eixo X e o ângulo de saída do servo motor são impressos na porta serial para monitoramento contínuo, com uma pequena pausa para garantir a estabilidade do sistema.

Figura 6 – Fluxograma do código em Python



Fonte: Autoria própria.

O código secundário (Figura 6) é responsável pela plotagem do gráfico e pelo armazenamento dos valores captados pelo MPU6050, ele realiza a leitura de dados do sensor através de uma conexão serial, registra esses dados em um arquivo CSV e, posteriormente, processa e plota um gráfico (Valores obtidos pelo MPU6050 X Posições em ângulo adotadas pelo servomotor).

Primeiramente, o código configura a comunicação serial com uma porta específica e uma taxa de transmissão, que é a mesma definida no código central. Após a inicialização do sistema, é gerado um arquivo CSV que armazena os dados coletados. O programa define um tempo máximo de leitura de 10 segundos e registra o tempo inicial para controlar a duração da coleta de dados.



Em seguida, o programa entra em um loop que lê continuamente os dados da porta serial até que o tempo máximo seja atingido. Cada linha de dados recebida é decodificada, processada e, se válida, é escrita no arquivo CSV. Caso o usuário interrompa a execução, o loop é encerrado e a aquisição de dados é finalizada.

Após a coleta, o programa utiliza a biblioteca Pandas para processar os dados do arquivo CSV. Em seguida, os valores do eixo X do acelerômetro são escalonados para o intervalo de 0 a 180 utilizando a biblioteca Scikit-learn, considerando que o servomotor opera dentro desse intervalo de valores (em ângulo). Finalmente, o código gera um gráfico com os dados do acelerômetro em relação ao ângulo adotado pelo servomotor.

## 2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A localização dos sensores piezoelétricos se provou crucial para o devido funcionamento da prótese. Através de uma prévia pesquisa sobre a movimentação da mão, concluiu-se que todos os movimentos realizados por ela envolvem músculos e tendões que se originam no antebraço. Esses foram localizados e identificados como os músculos flexores da mão, tendões dos músculos flexores da mão, músculos flexores do punho e ulnar do carpo, e músculos extensores do dedo mínimo. Depois de identificados, os sensores foram fixados com cola, estabelecendo um padrão, ainda que superficial, para a leitura.

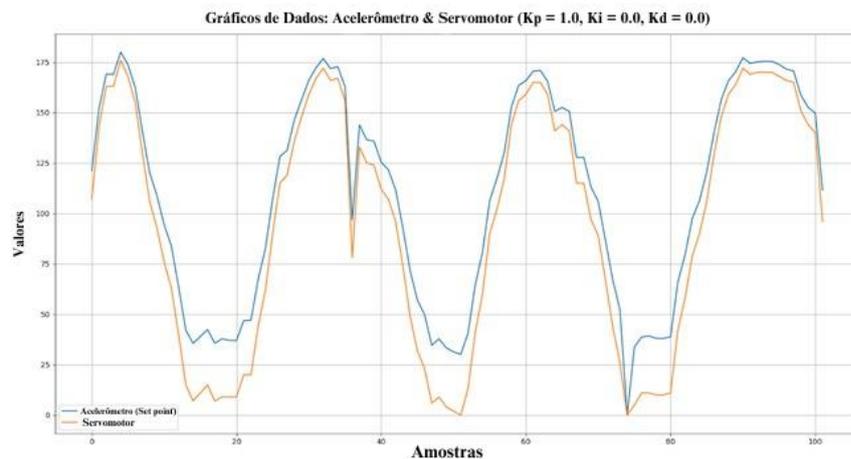
No entanto, devido ao espaço limitado dentro e fora da prótese, foi identificado que os dedos não conseguem realizar o movimento completo de fechamento da mão. Uma das causas desse fechamento incompleto pode ser o fio de nylon utilizado. Para solucionar esse problema, sugere-se a substituição do fio de nylon por uma linha de pesca de seda, que oferece maior resistência e menor elasticidade. Essa mudança permitiria uma maior amplitude de movimento dos dedos, possibilitando o fechamento completo da mão.

Ademais, antes da aplicação do controle PID, os sensores piezoelétricos foram conectados às portas analógicas do microcontrolador, portas essas que são capazes de receber, ler e fornecer diferentes níveis de tensão. Para uma análise mais precisa dos valores recebidos, os valores eram dobrados, e um filtro era aplicado em cada movimento. As novas variáveis resultantes dessa filtragem foram nomeadas como NovoValor1, NovoValor2, NovoValor3 e NovoValor4.

Com o refinamento do código visando uma movimentação mais fluida, se é necessário ajustar as variáveis pertinentes ao PID, ajuste esse que, através da abordagem de Ziegler-Nichols, que se inicia com  $K_i$  e  $K_d$  em zero, aumentando  $K_p$  até que o sistema responda de forma rápida e estável. Em seguida, deve-se adicionar e aumentar o  $K_i$  para corrigir o erro de estado estacionário sem causar oscilação indesejada. Por fim, adicione  $K_p$  para reduzir oscilações sem introduzir ruídos excessivos.



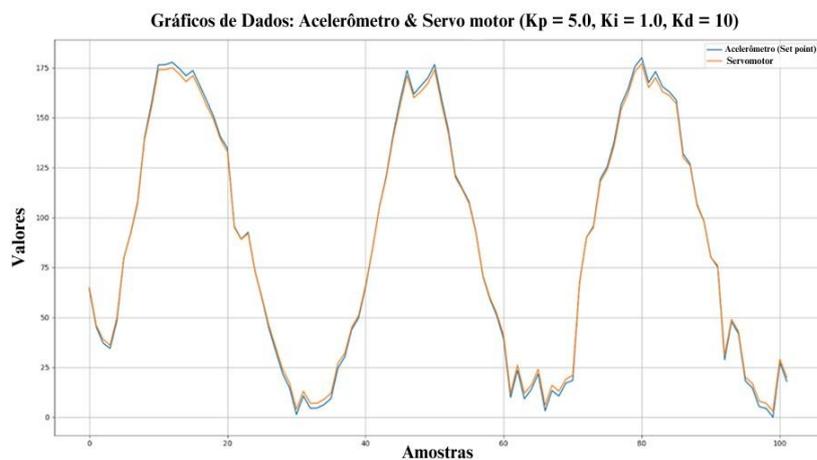
Figura 7 – Gráfico da relação Set Point X Resultados com  $K_p = 1.0$ ,  $K_i = 0.0$ ,  $K_d = 0.0$ .



Fonte: Autoria própria.

Adotando os valores iniciais padrões (Figura 7) foram obtidos resultados insatisfatórios. Apesar de o sistema já ter um tipo de relação decente, com estes valores o funcionamento real está longe de ser o ideal. Após alguns testes, através de tentativa e erro, ao se assumir o valor inicial de 5.0 ao  $K_p$ , 1.0 ao  $K_i$  e 10.0 ao  $K_d$  (Figura 8), já foi alcançado um resultado que é muito próximo ao ideal e com isso foram definidas as variáveis ideais do PID.

Figura 8 – Gráfico da relação Set Point X Resultados com  $K_p = 5.0$ ,  $K_i = 1.0$ ,  $K_d = 10.0$



Fonte: Autoria própria.



Ademais, embora os sensores piezoelétricos tenham sido fundamentais para o funcionamento da prótese, é importante considerar os desafios associados à sua sensibilidade. Qualquer toque, pressão ou impacto indesejados geram uma tensão nos sensores, tensão essa que aciona o movimento sem que tivesse sido solicitado, isso resultava em leituras imprecisas e afetava o desempenho da prótese. Nos gráficos das figuras 7 e 8 podemos ver as pequenas variações citadas anteriormente. Além disso, o movimento realizado pela prótese é muito brusco, podendo futuramente trazer defeitos a ela. Pensando nisso, a aplicação de um controle PID (Proporcional, Integrativo e Derivativo) pode ser uma solução. Com o controle PID, o controle dos motores se tornou mais preciso, melhorando o desempenho geral da prótese.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste projeto, foi avaliado o planejamento, a construção e os resultados obtidos ao se desenvolver uma prótese de mão eletromecânica simplificada. A construção foi planejada para atender às funções básicas, utilizando a leitura de grupamentos musculares para suporte e acessibilidade. A prótese possibilita que pessoas sem o membro possam realizar tarefas cotidianas. Foi demonstrado que a construção é resistente até certo ponto, suportando certos impactos e leves desgastes do uso diário, podendo ser produzida com máquinas acessíveis, permitindo assim sua fabricação sem a disposição de muitos recursos.

O controle da prótese foi implementado com um Arduino, um microcontrolador comum e acessível, sensores piezoelétricos e servomotores. Esses componentes foram posicionados dentro da prótese, permitindo a abertura e fechamento dos dedos através de ações mecânicas e elétricas controladas pelo código desenvolvido.

A inserção de um acelerômetro permitiu um controle mais preciso, ajustado à velocidade de ativação dos motores. Junto a isso, a implementação de um controle PID (Proporcional, Integral e Derivativo) permitiu o cálculo do erro entre o ângulo adquirido e o ângulo ideal definido no algoritmo, oferecendo maior conforto e confiabilidade ao usuário durante o uso, especialmente ao segurar, pegar ou soltar objetos. Isso traz facilidade e ergonomia adicionais, beneficiando a adaptação e o possível tratamento fisioterapêutico atrelado a sua utilização.

No entanto, alguns desafios foram identificados durante os testes. A leitura dos sensores apresentou falhas quando havia suor na região de contato, resultando em valores fora do esperado. A sensibilidade dos sensores também causou leituras imprecisas devido a toques, impactos ou pressões inadvertidas. Além disso, o uso de fios de nylon para a contração dos dedos mostrou-se inadequado, uma vez que se rompia em poucos usos, indicando a necessidade de um planejamento mais eficaz.

Portanto, como melhorias futuras, sugere-se uma construção mecânica mais robusta e efetiva nas partes de articulações, que seja capaz de suportar mais carga. Tendo isso em vista, a análise de elementos finitos pode ser utilizada para validação estrutural antes da produção de um novo protótipo. Ademais, a utilização de motores mais fortes permitirá segurar objetos mais pesados e executar movimentos mais fluidos e controlados. Para um controle mais sofisticado, recomenda-se o uso de um



controlador mais potente, como o ESP32, que possui uma taxa de processamento maior e recursos mais avançados para essa aplicação.

## REFERÊNCIAS

BLOHMKE, F. **Compêndio Otto Bock**: Próteses para o membro superior. Berlin: Schiele & Schön, 1994.

DE SOUSA ALVES, F. A. **Protótipo de prótese robótica de punho e mão utilizando arduíno**. Trabalho de Conclusão de Curso, p. 64, ago. 2018.

DE TILIO, R. S. R. As vivências do luto e seus estágios em pessoas amputadas. **Revista da SPAGESP**, v. 15, n. 1, p. 64–78, 2014.

FIGUEIREDO, V. N. **Curso de Introdução ao Arduino**. 2015.

FRAGA, P. V. *et al.* Fisioterapia Através da Mão Biônica. **Mostra de Pesquisa, Ensino e Extensão do IFRS**, 4., 2020.

MOORE, K.; DALLEY, A. **O membro superior**. Anatomia orientada para a clínica, v. 5, 2007.

NETTER, F. H. **Netter**: atlas de anatomia humana. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2008.

PID EXPLAINED TEAM. **PID Controller Explained**. 2019. Disponível em: <https://pidexplained.com/pid-controller-explained/>.

POLIS, J. E. **Projeto e construção de parte estrutural de prótese de mão humana com movimentos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, 2009.

RIBEIRO, D. B. S. **Mão biônica controlada por luva de sensores**. Trabalho de Conclusão De Curso - Universidade Federal de Ouro Preto, Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Departamento de Computação e Sistemas. 2018.

ROCHA, A. C. D. Desenvolvimento de uma mão biônica automatizada impressa tridimensionalmente em polímero reciclado. **SEMPESQ - semana de pesquisa da UNIT**, Alagoas, [S. l.], n. 7, 2020. Disponível em: [https://eventos.set.edu.br/al\\_sempesq/article/view/12058](https://eventos.set.edu.br/al_sempesq/article/view/12058). Acesso em: 3 fev. 2025.

SCHWARTZ, J. T.; YAP, C. K. **Algorithmic and geometric aspects of robotics** (Routledge Revivals). [S.l.]: Routledge, 2016.



**SOARES, S. L. B. Avaliação dos usuários de prótese total, abordando aspectos funcionais, sociais e psicológicos. 2015.**

**STACKEXCHANGE. How do the PID parameters ( $K_p$ ,  $K_i$ , and  $K_d$ ) affect the heading of a differential driving robot when they are increased individually? 2023.**



## **INFRAESTRUTURA VERDE E O DESIGN AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO NO SETOR DE INDUSTRIA E ABASTECIMENTO - DF**

Thiago Feijó<sup>1</sup>

### **RESUMO**

Este projeto de pesquisa tem como tema a relação da infraestrutura urbana, o caso da drenagem de águas pluviais, no SIA trecho 2 na cidade de Brasília, DF. Busca debater acerca das contribuições e limites da transição para uma nova visão sobre o Paisagismo Urbano, mais ligada aos impactos ambientais e paisagísticos; em contraposição às práticas mais tradicionais e já consolidadas de drenagem urbana. Para tanto, a pesquisa visa compreender sobre o conceito do paisagismo em seu potencial de funções infraestruturais, a partir da ideia de infraestrutura verde (PELLEGRINO, 2017; HERZOG, 2010). A infraestrutura verde está posta enquanto um sistema de emprego de estratégias de redirecionamento de fluxos de águas pluviais superficiais, em tipologias chamadas de células de biorretenção, de modo a colaborarem com o sistema de macrodrenagem, mitigarem danos ambientais e melhorarem a qualidade ambiental e social dos espaços urbanos.

Até o presente momento deste relatório, o projeto de pesquisa vem trabalhando tanto no levantamento de dados secundários, em consultas aos órgãos e secretarias de gestão de território do GDF [IBRAM, SEDUH], quanto na produção de dados primários a partir de 3 (três) levantamentos de campo feitos no Trecho 2 do Setor de Indústria e Abastecimento, em situações distintas 9/10/2022, 12/12/2022, 24/1/2023.

O recorte urbano do SIA Trecho 2 retém características significativas acerca do escoamento das águas pluviais superficiais na relação com o macroparcelamento do solo, nos usos e atividades industriais previstas na Lei de Uso e Ocupação do Solo, declividade longitudinal relevante que conduz as águas superficiais para o Córrego do Guará e elevada taxa de impermeabilização do solo urbano. Tal combinação de fatores contribui para a realização de um espaço urbano árido, desarborizado, unificado em termos de tratamento de áreas não construídas e produtora de severo impacto ambiental da Reserva Biológica do Guará.

### **OBJETIVOS CUMPRIDOS**

O objetivo central está concentrado em pesquisas sobre as tipologias de células de biorretenção, a infraestrutura verde, e suas aplicações no meio urbano e implicações na legislação urbana. Até o momento os objetivos específicos situam-se: A pesquisa tem como objetivos específicos:

- aprofundar as discussões em sala acerca das possibilidades, normativas e

---

<sup>1</sup> Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário do Distrito Federal – UDF.



- qualidades infraestrutura verde (T);
- revisar bibliograficamente questões de política ambiental, através do estudo de legislações distritais que impactam processos de urbanização e meio ambiente (N); . investigar experiências locais de planejamento e execução de projetos de infraestrutura verde que atuam como marcos teóricos do tema (N);
  - reivindicar o trabalho de campo enquanto produtor de sentidos nos estudos urbanos, entendendo projetos urbanos como exercícios de aproximação com problemas reais das cidades (T);
  - valorizar no aluno vinculado à pesquisa, a capacidade de análise e a investigação, e menos as “soluções” urbanas desconectadas das preexistências (P);
  - promover consultas às instâncias públicas e concessionárias de serviços urbanos (P);
  - pesquisar e caracterizar as tipologias de infraestrutura urbana (T);
  - diagnosticar e definir pontos críticos e pontos favoráveis à infraestrutura verde (T).

## RESULTADOS OBTIDOS

Nesta etapa temos a compilação dos dados obtidos por meios de análises de campo, e pesquisas feitas em plataformas como o Mapa Dinâmico do DF (Geo portal). Primeiramente, foi feita uma análise por mapas satélites para a definição e identificação da área de estudo, no caso, o Setor de Indústrias e Abastecimento (SIA), e destacar a Reserva biológica do Guará, tal compilação pode ser observada nos mapas (1;1 e 1;2). Após isso, fizemos uma análise do tipo de construção que podemos encontrar no SIA utilizando a LUOS como base, tal dado é importante, pois com isso podemos entender como é tratada a água nesse setor. Já que cada tipo de ocupação tem uma relação diferente com a água, seja na quantidade que é utilizada ou no seu tratamento, dados esses que podem ser observados no mapa (2;1), identificamos que cerca de 80% da ocupação do SIA, é de uso comercial e industrial, alguns exemplos de indústrias que encontramos no SIA são metalúrgicas, marmorarias, petrolíferas, etc. Segundo Agência Nacional de Águas (ANA) os setores de fabricação de alimentos, bebidas, papel, celulose e produtos de papel, metalurgia, produtos químicos e biocombustíveis, são responsáveis por 85% da retirada de água e por 90% do consumo do recurso pela indústria da transformação, essas ocupações são muito presentes no SIA. Partindo disso, buscamos entender a topografia do SIA utilizando os dados do Geo portal como referência, identificamos uma topografia pouco acidentada com seu ponto mais alto no final do SIA trecho 4, e seu ponto mais baixo próximo a nascente da Reserva ambiental com um declive de 36° ao longo de aproximadamente 2,50km, como destacado no mapa (3;1). Após isso, partimos para análises relacionadas a densidade construtiva, identificando os espaços livres de construção por meio do mapa de cheios e vazios (4;1), e áreas permeáveis conforme demonstrado no mapa de vegetação (5;1). Com isso, podemos partir para o campo. Em minhas visitas em diferentes datas ao longo de todo o SIA, pude destacar a princípio 4 locais importantes para a pesquisa, destacados no esquema (6;1), locais de relevância sejam por possuírem problemas de escoamento e captação de água como bocas de lobo entupidas,



poças de água após um dia de chuva, canteiros deteriorados, sarjetas danificadas, rastro da água, acumulos de lixo etc. Usando de base o material teórico de tipologias de infraestrutura verde fui em busca de destacar locais que possam abrigar células de biorretenção com o intuito de minimizar os problemas gerados pela má gestão das águas pluviais de forma teórica desenvolvi soluções com base em croquis para 3 localidades a primeira se localiza em frente ao 3º Grupamento de Bombeiro Militar SIA trecho 2 recebendo a tipologia intitulada bacia de retenção que visa armazenar uma grande quantidade de água que e levada até ela por outros tipos de infraestrutura. A topografia do local e escavada e revestida de material impermeável funciona como um alagamento proposital, topologia essa destacada no croqui (7; 1). O segundo local modelo escolhido foi em frente a um quiosque entre o SIA trecho 2 e 3 com a coordenada -15.804689, -47.955058. Foi escolhida a utilização de blocos intertravados vazados essa tipologia consiste em um bloco de concreto vazado que permite o crescimento da grama, o que proporciona a infiltração de água no solo, contribuindo para a drenagem sustentável do local. Essa e uma proposta que pode ser utilizado em outros locais em torno do SIA que possuírem as mesmas características espaciais do modelo Croqui (7; 2). Por fim a ultima proposta de solução escolhida foi o jardim de chuva são depressões topográficas existentes ou feitas especialmente para receberem o escoamento de água pluvial, com objetivo captar uma quantidade de água e tratar dela para posteriormente ser levada a um sistema convencional. Essa topologia pode ser utilizada em diversas localidades do SIA como demonstrado no Croqui (7;3).

- ANÁLISES E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS OBTIDOS ATÉ O MOMENTO:

### **MAPA 1 - LOCALIZAÇÃO (1; 1 e 1; 2)**

No primeiro mapa (1; 1) temos a localização do SIA em relação a Brasília, já no segundo (1; 2) podemos observar o SIA mais próximo com destaque para a Reserva ambiental local importante para a nossa pesquisa, também temos em destaque o Guarã região administrativa mais próxima da área de estudo.

### **MAPA 2 - REGISTRO LOUS (2; 1)**

Nesse mapa temos o registro de cada lote no SIA destacando o tipo de ocupação, sendo ela em sua grande maioria do tipo CSInd 1 que conforme a Tabela de usos e atividades - LUOS DF é dedicada ao uso comercial/industrial. Também temos destaque na REBIO ou Reserva biológica do Guarã.

### **MAPA 3 - TOPOGRAFIA (3; 1)**

O mapa topográfico tem como principal objetivo demonstrar o desnível do SIA até a reserva ambiental, tal dado e importante para nos, pois por meio disso podemos deduzir por onde a água passa até chegar na reserva que e coletada pela nascente e deságua no lago Paranoá.

### **MAPA 4 - CHEIOS E VAZIOS (4; 1)**

Esse mapa visa destacar os cheios (construído) representados pela cor preta e os vazios (não construído) representado pela cor branca, nesse mapa em especial também temos o desenho



das vias representado pela cor cinza, tal mapa nos permite analisar a densidade construtiva do SIA nos permitindo discutir se existe ou não espaços que possam se tornar futuras zonas verdes.

### **MAPA 5 - ÁREAS IMPERMEÁVEIS (4; 1)**

Nesse mapa temos a distinção do que é permeável e do que não é formando manchas verdes (áreas permeáveis) no tecido geográfico do SIA um mapa muito importante para a pesquisa, pois serve de justificativa para os problemas que o SIA sofreu e causa na qualidade e quantidade de água de escoamento.

### **MAPA 6 - ÁREAS EM DESTAQUE (VISITA A CAMPO) (6; 1)**

Mapa realizado após a pesquisa de campo e a compilação e análise de fotos tiradas, a princípio destacamos 4 lugares, cada um com uma particularidade que podemos destacar, seja um acúmulo de lixo ou um local que deveria receber algum tipo de tratamento quanto a questão de água.

#### **FOTOS LOCAL 1:**

Descrição: Acúmulo de lixo possivelmente devido a uma caçamba, retirada do local, um cenário visto em várias partes do SIA esta concentração de dejetos pode muito bem entupir bocas de lobo próximas à região ou até mesmo todo esse lixo parar na Reserva Ambiental.

#### **FOTOS LOCAL 2:**

Descrição: Construção abandonada no SIA deixando para trás diversos resíduos no local como tijolos, pedaços de telha, canos, etc. Resultando num acúmulo de lixo atraindo ratos e outros animais no local, não somente isso, mas o entulho invade a calçada obrigando as pessoas a contornarem andando na sarjeta da rua.

#### **FOTOS LOCAL 3:**

Descrição: Boca de lobo obstruída por um cone trazido pela chuva, podemos observar o caminho que a água faz até a boca de lobo indicando um forte fluxo de água próximo ao local na foto (3; 1) uma poça de água após um dia de chuva moderada.

#### **FOTOS LOCAL 4:**

Descrição: Poças geradas próximas ao esquema de estacionamento do SIA após um dia de chuva moderada, possível local para uma pequena intervenção para resolução do problema.

### **CROQUI SOLUÇÃO UM JARDIM DE CHUVA (7;1)**

Os jardins de chuva são depressões topográficas, com objetivo captar uma quantidade de água e tratar dela para posteriormente ser levada a um sistema convencional. Funciona da seguinte forma o solo e tratado com insumos porosos suga a água enquanto microrganismos



e bactérias no solo removem os poluentes, as plantas ajudam nesse processo e após a absorção de uma certa quantidade dessa água o restante é captado por um cano que normalmente fica abaixo desse sistema e direcionado para a rede de drenagem. Analisando a organização espacial do SIA foi identificada uma forma de integrar essa tipologia no local como é demonstrado no croqui.

### **CROQUI SOLUÇÃO DOIS BACIA DE RETENÇÃO (7;2)**

Essa tipologia visa armazenar um excesso de água que é levada até ela por outros tipos de infraestrutura. A topografia do local é escavada e revestida de material impermeável funciona como um alagamento proposital. Essa água armazenada pode ser utilizada de diversas formas, pode ser feita próximo à natureza para servir de habitat para pequenas espécies silvestres ou utilizada como local de recreação e lazer. Nesse caso em questão foi escolhido como local para essa tipologia um canteiro enfrente ao 3º Grupamento de Bombeiro Militar localizado no SIA Trecho 2. A água retida ali poderia ser utilizada para diversos fins pelos bombeiros tanto em treinamentos quanto para abastecer o próprio edifício.

### **ATIVIDADES FUTURAS**

Para o próximo semestre entendemos que é necessário ainda entender e descrever melhor o sistema convencional utilizado hoje no SIA e começar a pensar em um processo integrado, de pesquisa e detalhamento do trabalho de campo nos aspectos morfológicos e de dimensionamento do espaço urbano disponível. Partindo dessa concepção, prevemos:

- i) Ampliar agenda de retorno a campo para observação do comportamento do escoamento superficial e devida análise de oferta e demanda de setores paisagísticos existentes - Diagnóstico.
- ii) Selecionar áreas das vias públicas passíveis de intervenção por modelo de biorretenção - Propostas de Intervenção.



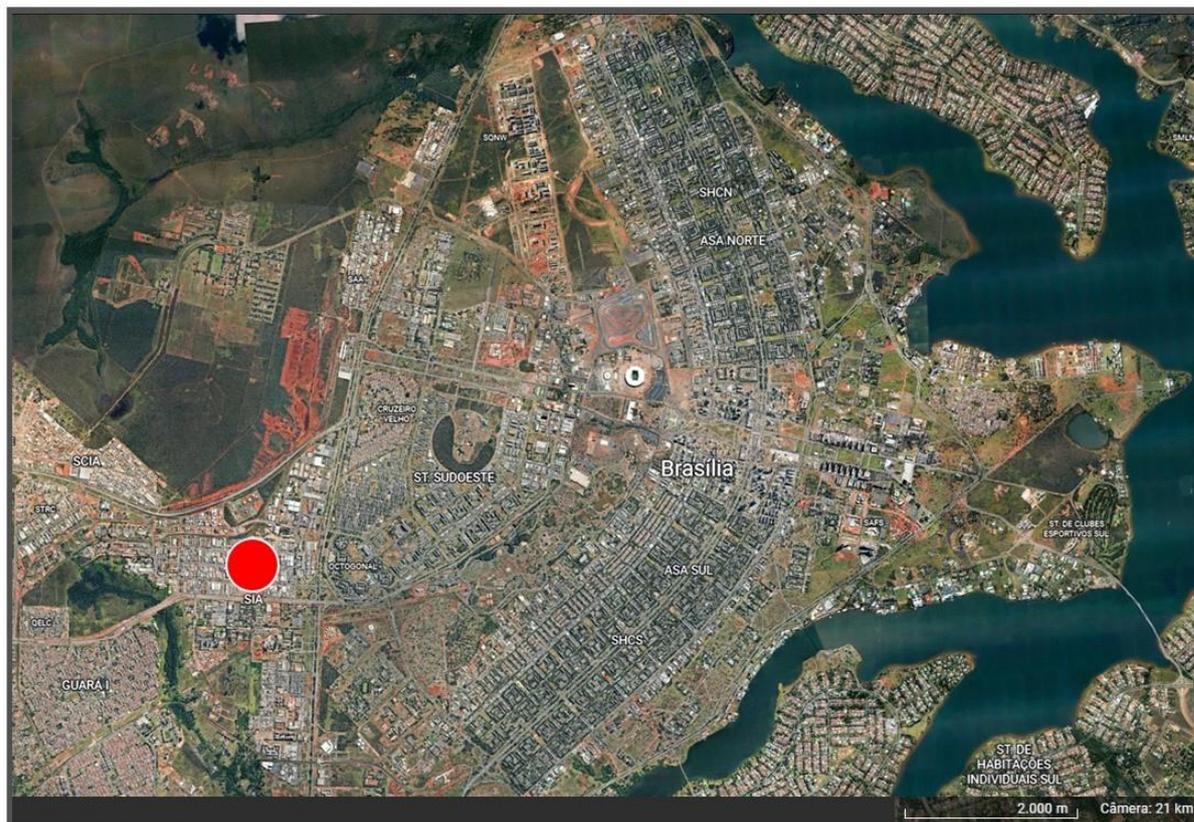
## CRONOGRAMA ATUALIZADO

ATIVIDADES	MESES					
	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	
<b>ETAPA 2 – MONTAGEM DO DIAGNOSTICO</b>						
Coleta Informações: órgãos distritais/concessionárias/						
Identificação levantamentos adicionais/métodos alternativos						
Análise de Oferta e Demanda de setores paisagísticos						
Compilação e Análise dos dados e Consolidação						
<b>ETAPA 3 – FORMULAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS</b>						
Elaboração de Mapa Síntese						
Estabelecimento das Linhas Estratégicas						
<b>ETAPA 4 – ESTUDO PRELIMINAR</b>						
Retorno ao Campo						
Dimensionamento e desenho de projeto						
Projetos – impressão colorida						



## ANEXOS

### MAPA 1 - LOCALIZAÇÃO (1;1 e 1;2)

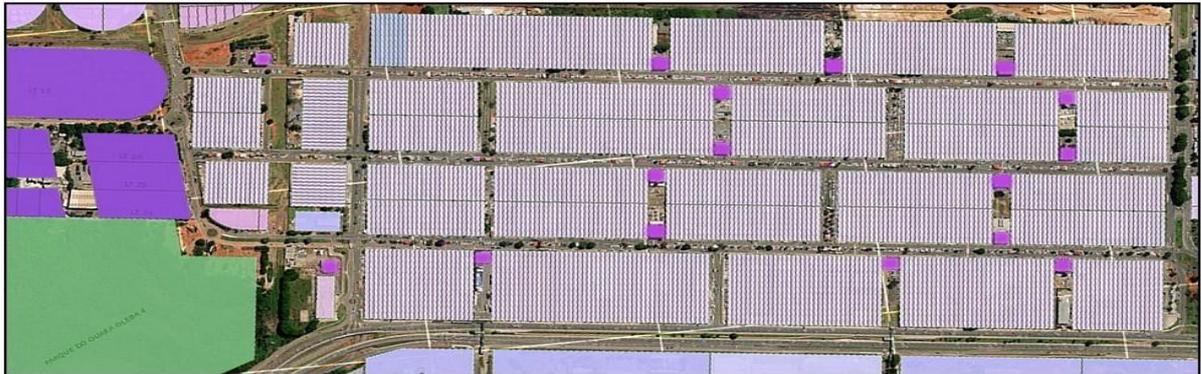


mapa (1;1) fonte: imagem trabalhada do Geoportal, 2022



 Área de estudo

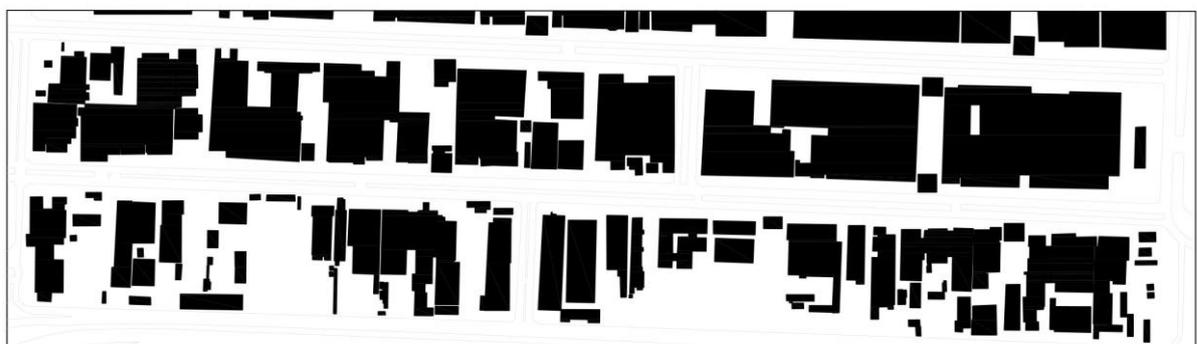
mapa (1;2) fonte: imagem trabalhada do GoogleMaps, 2022



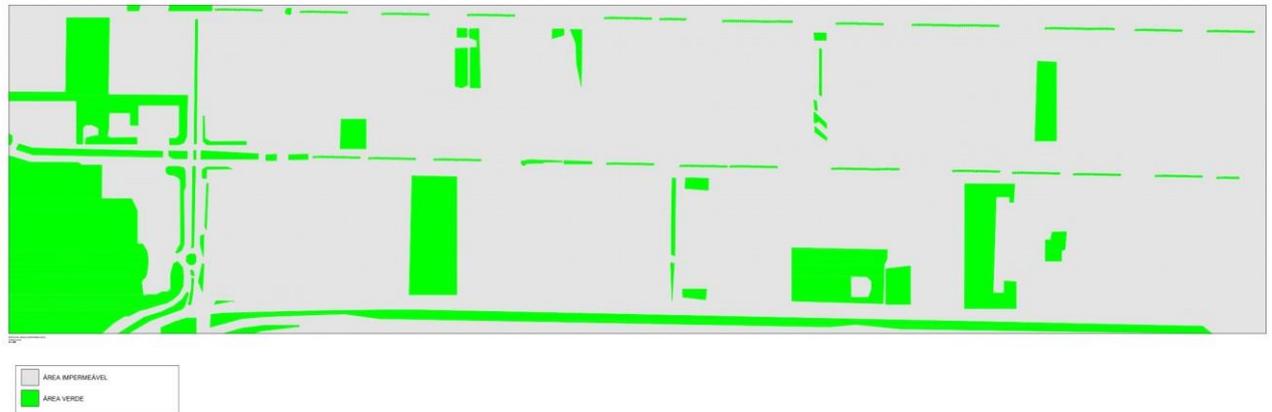
mapa (2;1) fonte: imagem trabalhada do Geoportal, 2023



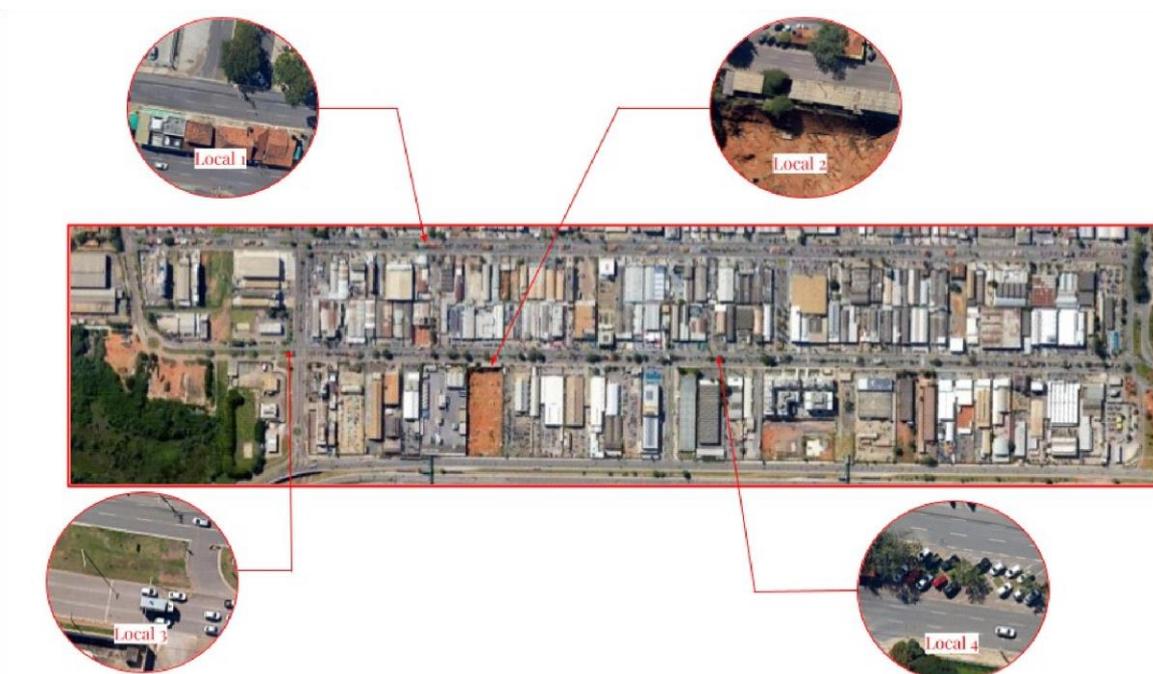
mapa (3;1) fonte: imagem trabalhada do Geoportal, 2023



mapa (4;1) fonte: imagem importada do Geoportal e trabalhada no Autocad, 2023



mapa (5;1) fonte: imagem importada do Geoportal e trabalhada no Autocad, 2023 mapa (6;1) fonte: imagem importada do Geoportal e trabalhada no Autocad, 2023



mapa (6;1) fonte: imagem importada do Geoportal e trabalhada no Autocad, 2023



FOTOS LOCAL 1 :



imagem (1;1)



imagem (1;2)

FOTOS LOCAL 2 :



imagem (2;1)



imagem (2;2)



FOTOS LOCAL 3 :



imagem (3;1)



imagem (3;2)

FOTOS LOCAL 4 :



imagem (4;1)



imagem (4;2)



## JARDINS URBANOS DE CERRADO: CONHECENDO E DISSEMINANDO O POTENCIAL PAISAGÍSTICO DA SAVANA BRASILEIRA

Maria Vitória Cavalcanti de Godoy <sup>1</sup>

### RESUMO

A ocupação do cerrado desde a chegada do europeu ao Brasil, vem através da busca por ouro e diamantes, posteriormente sendo ocupado pela agricultura de subsistência. Para o melhor entendimento desses fatos foram selecionados alguns relatos de naturalistas estrangeiros, trazendo a falta de identificação com a paisagem, evidenciando o desapego e tédio diante do cerrado. Essa bagagem histórica influencia a percepção do cerrado enquanto paisagem, através do paisagismo brasileiro tropical, regido pelo movimento modernista nacional. Procura-se então trazer o questionamento da importância de valorizar a vegetação nativa do cerrado para um paisagismo mais identitário e ecológico, buscando aprofundar o conhecimento acerca dele através da sua versatilidade, destacando suas formações florestais, savânicas e campestres enquanto potencial ornamental de jardins. Com a necessidade de entender, na prática, como é produzir um jardim com vegetação local, as visitas aos jardins naturalistas presentes na Universidade de Brasília, foram fundamentais para compreensão do potencial paisagístico do cerrado e a importância de seu uso. Por fim, a entrevista com uma docente revela a valorização do cerrado, as vantagens de seu uso e as dificuldades em trabalhar com sua vegetação nativa, entretanto, um formulário respondido por discentes comprovam que há o interesse real em produzir jardins de cerrado, mas o repertório para isso mostra-se insuficiente.

### 1 INTRODUÇÃO

Com a contextualização do processo de ocupação do cerrado, e como esse repertório histórico induz a percepção deste bioma enquanto paisagem, chegamos ao paisagismo brasileiro tradicional, este marcado por folhagens grandes e largas, predominantes em clima úmido.

A reprodução dessa tipologia de paisagismo em territórios não favoráveis, confirma o desconhecimento do potencial paisagístico do cerrado, perpetuando a ideia de jardins “belos”, tropicais e úmidos, porém prejudicial no aspecto ecológico.

Portanto, o principal objetivo desse estudo, é enfatizar a diversidade e potencial paisagístico da vegetação local, mas principalmente trazer um questionamento interno nas salas de aula e procurar um olhar diferenciado quanto às disciplinas de paisagismo no curso de Arquitetura e Urbanismo, para além do aspecto estético desse ensinamento, explorando uma formação mais ecológica e ambiental.

---

<sup>1</sup> Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário do Distrito Federal – UDF.



## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### CONTEXTO HISTÓRICO

O objetivo será fornecer uma breve contextualização da ocupação do cerrado desde a chegada do europeu ao Brasil, bem como alguns relatos de naturalistas. Para isso, faremos uso dos escritos encontrados na tese de Júlio Pastore.<sup>18</sup>

#### Ocupação do cerrado

Com a chegada do homem europeu ao litoral do território brasileiro no final do século XV, em uma posição estratégica e confortável, é natural e esperado que a ocupação do interior da colônia aconteça de modo tardio, portanto,

Foi apenas a partir do final do século XVII que, em busca de ouro e diamantes, missões exploratórias, entradas, bandeiras, palmilharam a grande região central, que vai das estepes planícies alagadas (o mar interior) aos pés dos contrafortes andinos, na altura do trópico de capricórnio, até o litoral norte, já quase na linha do Equador. Uma grande faixa no interior do continente, mais árida caracterizada por biomas savânicos. (PASTORE, 2014: pag.113).

A abundância de ouro encontrado nas regiões que hoje compreendem o território dos estados de Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás, aconteceu de maneira frenética e desenfreada, levando a diminuição dessa atividade logo após a extração do ouro superficial encontrado nos rios. Mais tarde, essa produção também não seria capaz de sustentar a importação de escravos, levando essa prática ao declínio e colapso da economia local.

Uma vez terminada a bonança do ouro e diamantes, os empreendimentos se desmantelaram. Uma parte dos pioneiros retornou às regiões litorâneas, outra acabou por se estabelecer na região das minas exauridas, dando início a um lento processo de interiorização, de efetiva ocupação do território por não índios, voltada agora para a subsistência baseada no extrativismo, na criação de gado solto e, onde a terra – geralmente ácida - se tornava mais fértil, na agricultura de subsistência. (PASTORE, 2014 pag.116).

A partir do resumido contexto histórico referente a ocupação do cerrado, pode-se inferir que, o atual modo de tratamento acerca desse território aconteça justamente pela sua capacidade reduzida apenas a exploração do solo, tanto pela criação de gado quanto por plantações.

Esse olhar filtrado apenas no âmbito da extração de recursos, ocasionou na ausência de formação de identidade do homem europeu, sendo reproduzida hoje pelo homem brasileiro, que fez desse bioma o maior exportador de soja e carne bovina do mundo.

---

<sup>18</sup> PASTORE, Julio Barêa. O cerrado enquanto paisagem: a dinâmica da apropriação paisagística do território. 2014. Tese (Doutorado em Paisagem e Ambiente).



## **Relatos de naturalistas estrangeiros**

Através dos relatos selecionados, busca-se evidenciar a angústia e o desapego diante da paisagem encontrada, para isso também é importante ressaltar que, apesar dessas viagens seguirem um viés científico, o financiamento, muitas vezes, vinha de autoridades políticas, ou seja, as missões exploratórias tinham como objetivo averiguar também o potencial econômico e político do território.

Dito isso, muitos escritos buscam trazer uma espécie de mapeamento geográfico do que é observado, essa prática ocasionou a ausência de impressões da paisagem:

De Corumbá ao Paranaíba, não se contam menos de 25 léguas. Nesse espaço a região, ora montanhosa, ora simplesmente ondulada, continua a apresentar uma alternativa de bosques e de campos, os primeiros nas depressões, os segundos nas elevações e encostas. O terreiro torna-se frequentemente pedregoso e arenoso, então as árvores dos campos têm menos vigor e se mostram mais afastadas umas das outras: aliás, são sempre mais ou menos as mesmas espécies. Tão longe quanto a vista se pode dilatar, não se descobrem vestígios de cultura, não se vê gado nos pastos; por toda a parte uma solidão profunda, a monotonia mais fatigante. Nesse país, não existe uma só fazenda. (SANT-HILAIRE, 1937 P.227-228).

A falta de identificação e de pertencimento ao ambiente explorado, fica evidente diante do tédio e desespero na passagem descrita por Pohl:

Não sem trabalho galgamos os cimos da cordilheira, em nossos esforços nem sequer foram recompensados por um belo e amplo panorama a que tínhamos o direito de esperar, dada a considerável altura a que subíamos. (POHL, 1976, p.160).

## **Cerrado, o bioma sem linguagem paisagística**

A partir da compreensão do contexto histórico e dos relatos de naturalistas, pode-se entender como essa bagagem influenciou na percepção atual desse bioma enquanto paisagem.

Portanto, passados alguns séculos após as missões exploratórias, ocorre no Brasil o movimento modernista, e a forma como a identidade brasileira foi implementada perdura até hoje nas percepções individuais do homem brasileiro.

Este capítulo trata de trazer a principal característica do paisagismo brasileiro reproduzida atualmente em todo país, apesar de muitos momentos não ser o mais adequado ao ambiente, ele também buscar ampliar o olhar acerca das possibilidades encontradas neste bioma.

## **Paisagismo brasileiro (tropical)**

O modernismo brasileiro influenciou diversas vertentes artísticas e, no paisagismo não



foi diferente. Lembrando que, o movimento moderno no Brasil, acontece por meio da construção palpável da identidade brasileira, nele surge a necessidade de consumir, produzir e sentir-se brasileiro, a incessante busca pela brasilidade.

A principal característica do jardim brasileiro que repercute, nacional e internacionalmente, é do paisagismo tropical, sob influência do pioneiro Roberto Burle Marx, ao utilizar na maioria de seus projetos a flora tropical úmida: Amazônica e Mata Atlântica, trazendo a sensação de floresta e vida selvagem aos seus jardins.

Neste momento é necessário explicar que esta pesquisa não tem como propósito criticar o paisagismo de Burle Marx, tampouco desconsiderar a relevância e contribuição de seu trabalho à autonomia dos jardins brasileiros, mas é necessário agora levantar o questionamento do quanto este paisagismo tropical em solos não compatíveis é prejudicial.

Dito isso, a construção cultural em volta desse Brasil tropical, ofusca de modo sutil o potencial paisagístico de outros biomas nacionais, de tal modo que nas demais regiões do país, na maioria dos casos, se recorrem o paisagismo tradicional, levando a não expressão paisagística da vegetação nativa.

Pela identificação do potencial ornamental da flora nativa e do potencial paisagístico de composições florísticas que ocorre na natureza, acreditamos que a inspiração nas paisagens naturais do bioma configura-se uma forma de desenvolver esta linguagem própria do Cerrado. Além disso, a apropriação de padrões e combinações florísticas que ocorrem normalmente na natureza pode favorecer a criação de projetos paisagísticos mais coerentes em termos de sucessão ecológica e adaptação ao ambiente. Desta maneira, acreditamos que a valorização do cerrado pode catalisar um paisagismo mais identitário, além do mais ecológico. (BOKOS, 2017).

## **A versatilidade do cerrado**

O Cerrado é encontrado majoritariamente no Planalto Central do Brasil -Goiás, Distrito Federal e Tocantins – sendo possível encontrá-lo também nas áreas de transição entre os estados da Bahia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e São Paulo.

Um dos aspectos característicos desse bioma é o clima, com estações bem definidas, marcadas por períodos de seca e chuva. Além disso, o cerrado sofre com uma grande oscilação térmica, levando as médias de temperatura - máxima e mínima - variarem consideravelmente durante o dia.

Para além das características climáticas, faz-se necessário mencionar outro atributo relevante para esta pesquisa, sendo este, consequência de sua extensão territorial abranger 23% do solo nacional e ser o segundo maior bioma do país (atrás apenas da Floresta Amazônica).

Como mencionado anteriormente, o cerrado está presente em diversas áreas de transição entre os demais biomas brasileiros, como a Mata Atlântica e Pantanal, essa condição implica em diferentes formas que o cerrado se apresenta, uma variedade de formações.

Abaixo terá uma pequena descrição das diversas formações que o cerrado possui,



retirada do ensaio teórico de Helena Bokos<sup>19</sup>. Lembrando, que não será feito um estudo aprofundado de cada fitofisionomia, o objetivo aqui é enfatizar a versatilidade que a vegetação desse bioma possui, de acordo com cada condicionante<sup>20</sup> encontrada ao longo de sua extensão.

### *Formações Florestais*

As formações florestais englobam os tipos de vegetação com predominância de espécies arbóreas e formação de dossel. Compreendem a Mata Ciliar, a Mata de Galeria, a Mata Seca e o Cerradão. A Mata Ciliar e a Mata de Galeria são associadas a cursos d'água, que podem acontecer em terrenos bem drenados ou inundáveis; a Mata Seca e o Cerradão ocorrem nos interflúvios, em terrenos bem drenados (RIBEIRO, WALTER, 1998, p.104).

### *Formações Savânicas*

As formações savânicas englobam os tipos de vegetação com presença de árvores e arbustos espalhados sobre um estrato de gramíneas. Compreendem o Cerrado Sentido Restrito, o Parque de Cerrado, o Palmeiral e Vereda. O Cerrado Sentido Restrito possui árvores distribuídas aleatoriamente sobre o estrato arbustivoherbáceo em diferentes densidades. No Parque de Cerrado, a ocorrência de árvores é concentrada em locais específicos. No Palmeiral, há presença marcante de uma única espécie de palmeira. A Vereda caracteriza-se pela presença exclusiva do buriti, ocorrendo em menor densidade que no Palmeiral, e é circundada por um estrato arbustivo-herbáceo característico. (RIBEIRO; WALTER, 1998, p,116-117).

### *Formações Campestres*

As formações campestres englobam os tipos de vegetação com predominância herbáceas e presença de arbustos e subarbustos. Compreendem o Campo Sujo, o Campo Rupestre e o Campo Limpo. O Campo Sujo caracteriza-se pela presença marcante de arbustos e subarbustos entremeados no estrato herbáceo. O Campo Rupestre diferencia-se do Campo Sujo por possuir afloramentos de rocha e muitas espécies endêmicas. No Campo Limpo, a presença de arbustos e subarbustos é insignificante. (RIBEIRO; WALTER, 1998, p. 130-131).

---

<sup>19</sup> Jardins de Cerrado: Ideias para criação de identidade paisagística utilizando a flora nativa (BOKOS, Helena, 2017, p, 12-17)

<sup>20</sup> Aspectos levados ao termo condicionante: tipo de solo, condições de umidade, disposição de vegetação, luminosidade, tipo de vegetação.



### 3. RESULTADOS FINAIS

#### CRIAÇÃO DE REPERTÓRIO

Com o objetivo de criar repertório e entender como funciona, na prática, os jardins que se dedicam ao uso de vegetação nativa do cerrado, foram realizadas visitas de campo ao Jardim de Sequeiro e ao Jardim Louise Ribeiro, ambos localizados no campus Darcy Ribeiro na Universidade de Brasília (UnB).

#### Jardim de Sequeiro

O projeto idealizado pelo docente na Universidade de Brasília, Júlio Pastore, possui 5.000m<sup>2</sup> e se encontra sobre a laje de 40 centímetros do ICC Sul e devido esta implantação não é possível semear plantas de raízes profundas, ocasionando na sua configuração atual, com uma grande variedade de vegetação rasteira e arbustiva.

Embora esse projeto de extensão procure focar em vegetação nativa do cerrado, este modelo acaba fazendo-se inviável em espécies florais, por conta do desmatamento que este bioma sofre. A semeadura de flores nativas se torna dificultosa, uma vez que quando retiradas do habitat natural muitas não conseguem proliferar e, por isso, grande parcela das flores encontradas neste jardim são exóticas.

Dito isso, existe uma grande variedade de gramíneas presentes no projeto, todos nativos, traremos o foco para três capins<sup>21</sup> em especial, abaixo deixarei uma breve descrição de suas principais características e usos no Jardim de Sequeiro:

**1° Capim prata/prateado** - Nome popular dado por esta característica adquirida dependendo da sua posição em relação ao sol, ou seja, se for plantado favorável à posição solar, ele atinge um tom de prateado. Utilizado em abundância e disposto ao longo de todo jardim.

**2° Capim Rosa** - Este atinge a cor rosa por apenas 60 dias e em seguida ele morre, essa espécie proporciona o “efeito dramático” (termo utilizado pelo guia) que procuram no jardim, já que este formato só poderá ser apreciado por um breve período. Até aquele momento ainda não havia dado início a sua semeadura.

**3° Capim pluma** - Podendo chegar até 1,5m de altura, esta espécie é aplicada nas extremidades dos caminhos que conectam os dois blocos do ICC Sul, desse modo, conferem um “horizonte limpo” e ao mesmo tempo fornecem verticalidade ao projeto.

O contato direto com o paisagismo naturalista, onde todo plantio é estrategicamente pensado e que todas as mudas ali postas possuem sua função, me trouxe o entendimento do potencial paisagístico das gramíneas.

---

<sup>21</sup> Neste trecho não faremos uso de nomes científicos, apenas os nomes populares serão citados.



*Figura 1 - horizonte limpo, foto tirada em campo*



*Figura 2 - flores exóticas, foto tirada em campo*



*Figura 3 - flor nativa do cerrado, foto tirada em campo*

## **Jardim Louise Ribeiro**

O Jardim Louise ribeiro, idealizado por alunos e professores do instituto de biologia da UnB, é o primeiro jardim naturalista de cerrado no mundo, ou seja, dialoga com o bioma e clima da região. Essa tipologia de paisagismo respeita e valoriza a sazonalidade do cerrado, atuando com a sementeira de espécies nativas do ambiente e, por consequência requer menos manutenção e irrigação, uma vez que, a vegetação local se adapta aos longos períodos de estiagem.

Segundo a professora responsável pelo jardim, algumas dificuldades são encontradas trabalhar com o jardim exclusivo dessa vegetação, uma delas seria a mudança de olhar à estética do cerrado, pela não valorização cultural desse bioma a produção de mudas em viveiros é quase inexistente.

Outra problemática encontrada são as espécies invasoras, embora o jardim tenha cuidado periódico, em alguns momentos ao longo do ano é necessário realizar o manejo dessas espécies para que não prejudiquem o desenvolvimento das espécies nativas.

A seguir, algumas espécies nativas encontradas no Jardim Louise Ribeiro:



- Capim Brinco de Princesa  
*Loudetiopsis chrysothrix* (Nees) Conert



*Figura 4 - fonte: rede de sementes do cerrado*

- Amargoso  
*Lepidaploa aurea* (Mart. ex DC.) H. Rob.



*Figura 5 - fonte: rede de sementes do cerrado*



- Mimosa  
Mimosa clausenii Benth.



*Figura 6 - fonte: rede de sementes do cerrado*

- Macela-do-campo/Macelinha Achyrocline albicans Griseb.



*Figura 7 - fonte: Mauricio Mercadante*



## Levantamento interno (UDF)

A partir das visitas em campo realizadas aos jardins naturalistas da Universidade de Brasília (UnB), este estudo foi levado a outro rumo, diferente do proposto inicialmente. Com o contato direto ao paisagismo de cerrado e o entendimento das suas particularidades e dificuldades, surge o questionamento quanto ao saber e interesse dos alunos matriculados no curso de arquitetura e urbanismo e, para além da perspectiva do discente, também é imprescindível o relato e olhar da docente responsável por ministrar as disciplinas de paisagismo na instituição a qual esta pesquisa faz parte.

## Entrevista com docente

Esta entrevista é realizada através da colaboração da docente e orientadora desta pesquisa, Professora Doutora Priscila Erthal Risi, que ministra as disciplinas de paisagismo no Centro Universitário do Distrito Federal (UDF). Para tanto, foram realizadas quatro perguntas pontais para esse estudo:

- Qual o seu objetivo ao ministrar as disciplinas de paisagismo aos alunos de arquitetura e urbanismo do UDF?

“Bem, é uma disciplina obrigatória e vinculada às atribuições e competências de uma arquiteta/arquiteto formada. No curso, temos duas disciplinas voltadas para Paisagismo, uma na escala do edifício e outra, chamada Paisagismo Urbano, na escala do bairro ou da cidade. É uma disciplina de projeto voltada para melhorias estéticas, funcionais e ambientais dos espaços construídos (edifícios) e espaços livres ou não construídos, como jardins, praças, parques etc. Acredito que o objetivo que as deve atravessar, com diferentes matizes, é a educação ambiental de forma ampla, desviar o olhar exclusivamente da estética e conduzir esse olhar para uma relação com o meio ambiente mais ética e responsável. Paisagismo está na história da humanidade como algo profundamente ligado a uma ideia simbólica de celebração: de rituais, da natureza e de tecnologias. Na contemporaneidade emerge a preocupação que carregamos de estar perto da natureza, saber admirá-la, manipulá-la e nos consorciar a ela, de modo mais sustentável.”

- Para você, onde pode ser encontrado o potencial paisagístico do Cerrado?

“Entendo essa questão como o principal desafio das disciplinas de Paisagismo, pois temos um repertório muito voltado para outras vegetações, de aspecto mais associado a outros biomas, principalmente Mata Atlântica e Amazônia. Vivemos numa cidade planejada sob o conceito de cidade-parque, com grandes áreas verdes qualificadas nas SuperQuadras, onde ao mesmo tempo há inequívocas subtrações das espécies de pequeno porte, herbáceas, gramíneas do cerrado para substituição por espécies exóticas ou pouco adaptadas ao clima



local. No Brasil usualmente os jardins valorizados são os de folhagens largas e amplas, de clima mais úmido e sombreado. Não se conhece muito o potencial ornamental do cerrado, pois historicamente ele não foi visto assim – enquanto paisagem bonita e ornamental – mas há esforços importantíssimos focados e mobilizados para uma produção de conhecimento acerca do cerrado com diversos profissionais e pesquisadores envolvidos no campo da Arquitetura da Paisagem, Agronomia, Engenharia Florestal, Biologia.

Para desenvolver uma linguagem paisagística, comercial, estética e à serviço ecológico, antes precisamos aumentar nossos conhecimentos, estudos e experiências. Saber ler o cerrado, identificá-lo, sistematizar essas informações e produzir conhecimento sobre seu potencial, em suas diversas fitofisionomias para melhorar nossa observação. “

- Quais as vantagens em produzir um jardim de Cerrado no Distrito Federal?

“Na minha opinião, em primeiríssimo lugar está a vantagem dos serviços ecológicos que a vegetação nativa proporciona ao meio ambiente em suas formas mais amplas - preservação de biodiversidade, preservação de fauna nativa, manutenção do ciclo hidrológico que atua diretamente ou indiretamente em várias bacias hidrográficas nacionais e aquíferos subterrâneos regionais, ciclos dos nutrientes e produção de microbiota -. De forma ampla, a valorização e proteção desse bioma para a manutenção da vida e das espécies locais. Usando um jardim de cerrado, damos suporte à fauna, melhorar o microclima e disponibilidade de água e manutenção da saúde do solo e de todo seu ecossistema e redução dos custos de implantação de um jardim através da redução de incrementos, água, adubação.

Em segundo lugar a qualidade estética da flora do cerrado que precisa ser valorizada - rústica e delicada ao mesmo tempo, vibrante, resiliente, com diferentes estratos, portes e fisionomias.”

- Através de sua experiência, quais são as maiores dificuldades em executar um jardim com vegetação nativa do Cerrado?

“A falta de conhecimentos científico e popular, que identifiquem e saibam trabalhar essa vegetação e a sistematização dessas experiências – uma falta de apropriação do cerrado como paisagem. Isso se manifesta na baixa oferta tanto de projetos executados, quanto de mudas disponíveis para comercialização em viveiros, para ampliação de repertório, paisagens, linguagens.”

## **Formulário com alunos**

No primeiro semestre de 2024, foi realizado um formulário - com quatro perguntas - que tinha por objetivo obter as impressões quando ao bioma local dos alunos matriculados no curso de arquitetura e urbanismo no Centro Universitário do Distrito Federal (UDF).

Para acessá-lo, foi divulgado em grupos de redes sociais e presencialmente, por meio de idas as salas de aula, um QR Code o qual ficou disponível por sete dias e, ao fim desse prazo, foram coletadas cento e cinquenta respostas.



Figura 8 - arte para divulgação do formulário, criação autônoma.

As respostas foram filtradas e armazenadas em uma planilha de acordo com os semestres que os alunos estão matriculados, a qual poderá ser consultada no ANEXO A desde documento. Para o melhor entendimento das informações recolhidas, traremos uma breve orientação da finalidade de cada pergunta respondida pelo aluno:

- **1ª pergunta:** Feita apenas para melhorar o método de análise e auxiliar na filtragem das respostas.
- **2ª pergunta:** Coletar dados através das intenções e aspirações do aluno em projetar jardim com a vegetação nativa do cerrado.
- **3ª pergunta:** Correlacionada com a pergunta anterior, a fim de, expor a contradição ou compatibilidade de ambas as respostas. Para isso foram selecionadas as espécies mais citadas pelos alunos (Buriti, Ipê, Pequi e Caliandra, a espécie arbustiva mais citada em todo formulário). Para essa pergunta também foram consideradas qualquer resposta negando conhecimento de vegetação nativa.
- **4ª pergunta:** Procura evidenciar qual a percepção dos alunos de arquitetura e urbanismo diante do ambiente que está inserido. Para isso, foram selecionadas respostas que estereotipam o cerrado como: seca, calor e vegetação retorcida. Em contraponto, em busca de trazer mais clareza a análise, foi necessário filtrar algumas respostas que são o oposto do esperado, como: água e raiz.

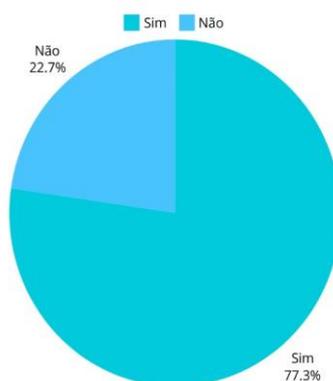
A seguir algumas informações relevantes que foram observadas após a interpretação dos dados coletados:



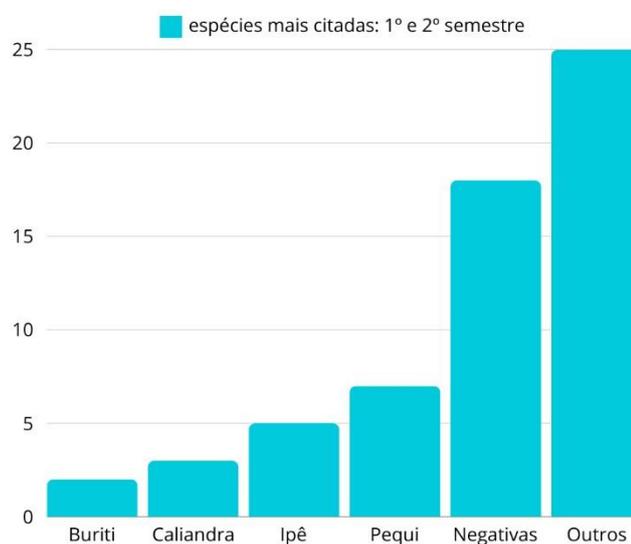
Alunos do 1º e 2º semestre

O público de maior alcance foram os desse grupo de alunos, com um total de quarenta e cinco respostas ao formulário.

**2ª pergunta:** Você pensa em implementar vegetação nativa do cerrado em projetos futuros?



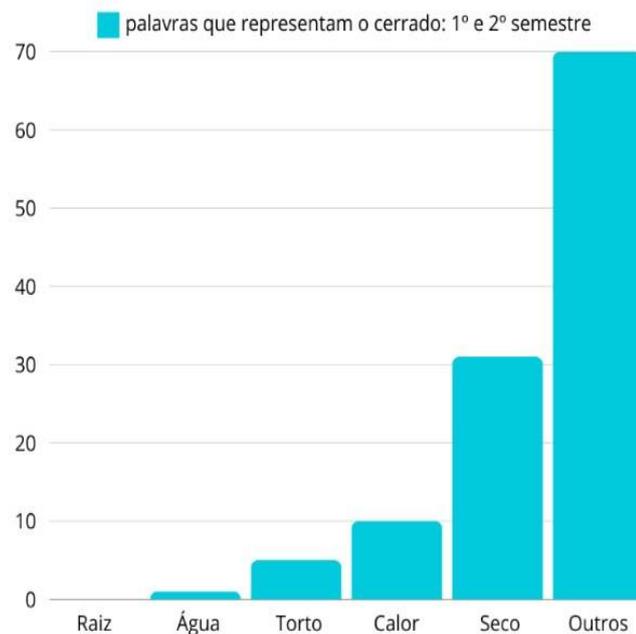
**3ª pergunta:** Quais espécies típicas do cerrado você conhece?



Dentre as espécies arbóreas mais citadas estão o Buriti (2 respostas), o Ipê (5 respostas) e o Pequi (7 respostas). A Caliandra – espécie arbustiva – entra nesse gráfico com três respostas e as negativas compreendem dezoito respostas.



**4ª pergunta:** Escreva as três primeiras palavras que surgem à sua mente quando pensa em cerrado.



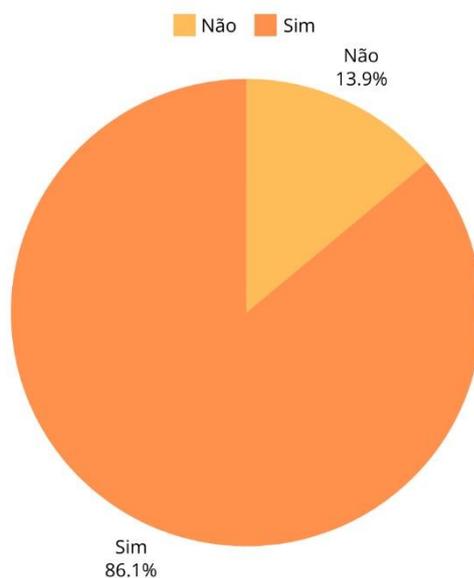
As palavras que fazem referência ao clima seco fazem parte de trinta e uma respostas. O calor é citado dez vezes e a menção de vegetação torta alcançou cinco respostas. Entretanto, respostas referente a raiz foi nula e a água obteve apenas uma resposta.

Alunos do 3º e 4º Semestre

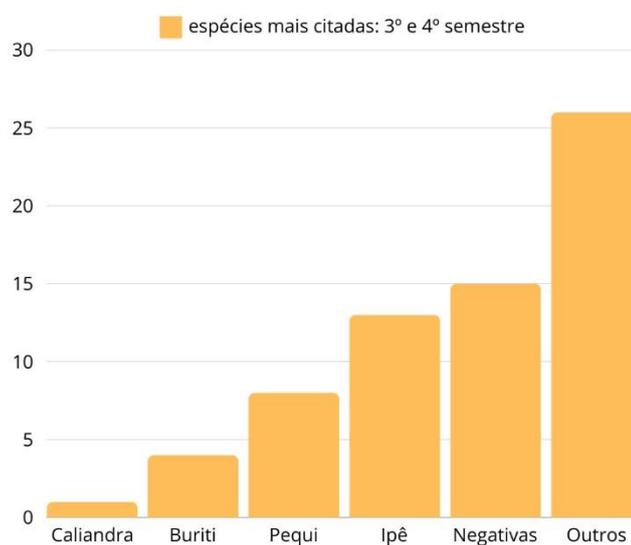
Este grupo de alunos compreendem trinta e seis respostas a este formulário.



**2ª pergunta:** Você pensa em implementar vegetação nativa do cerrado em projetos futuros?



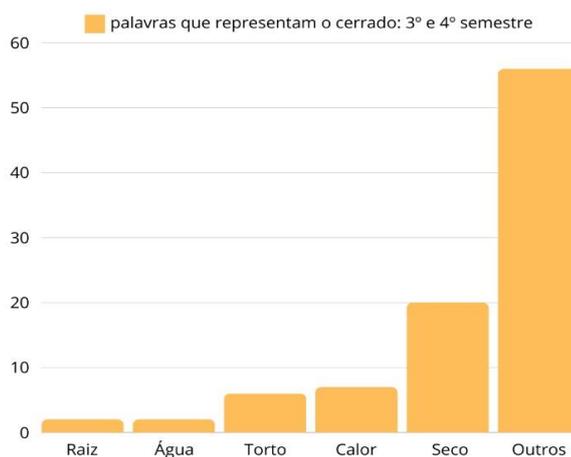
**3ª pergunta:** Quais espécies típicas do cerrado você conhece?



Dentre as espécies arbóreas mais citadas estão o Buriti (4 respostas), o Ipê (13 respostas) e o Pequi (8 respostas). A Caliandra – espécie arbustiva – entra nesse gráfico com uma resposta e as negativas compreendem 15 respostas.



**4ª pergunta:** Escreva as três primeiras palavras que surgem à sua mente quando pensa em cerrado.

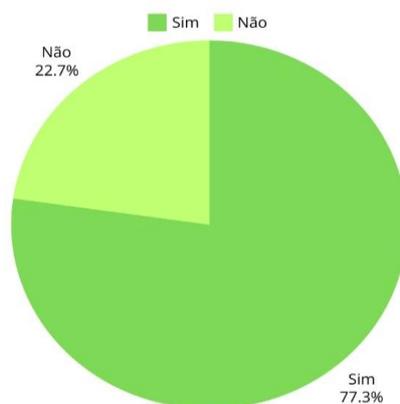


As palavras que fazem referência ao clima seco fazem parte de vinte respostas. O calor é citado sete vezes e a menção de vegetação torta alcançou seis respostas. Entretanto, as características raiz e água o obtiveram quatro respostas no total.

Alunos do 5º e 6º Semestre

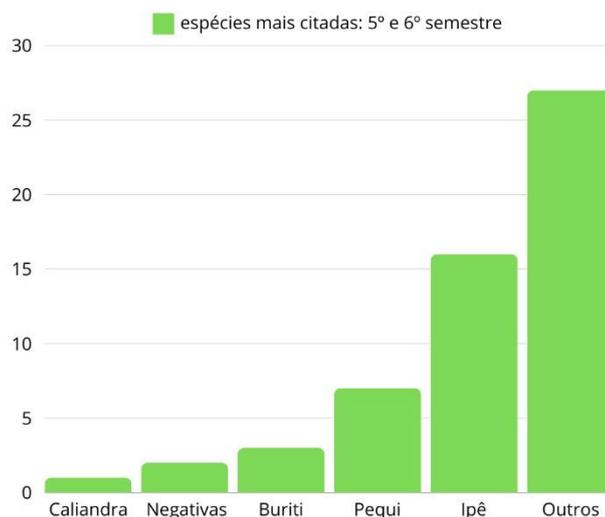
Os alunos matriculados nestes semestres contribuíram com vinte e duas respostas ao formulário.

**2ª pergunta:** Você pensa em implementar vegetação nativa do cerrado em projetos futuros?



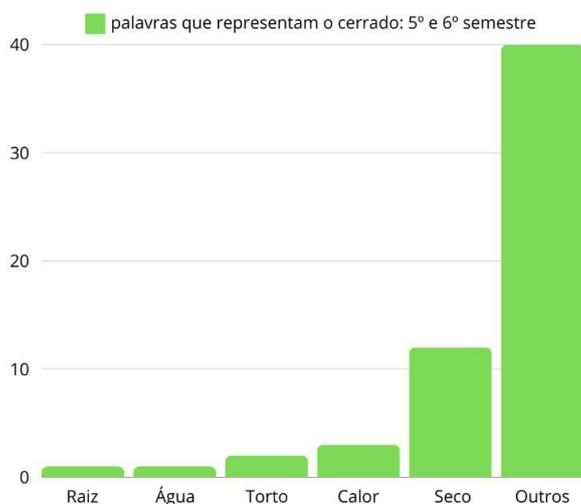


**3ª pergunta:** Quais espécies típicas do cerrado você conhece?



Dentre as espécies arbóreas mais citadas estão o Buriti (3 respostas), o Ipê (16 respostas) e o Pequi (7 respostas). A Caliandra – espécie arbustiva – entra nesse gráfico com uma resposta e as negativas compreendem 2 respostas.

**4ª pergunta:** Escreva as três primeiras palavras que surgem à sua mente quando pensa em cerrado.



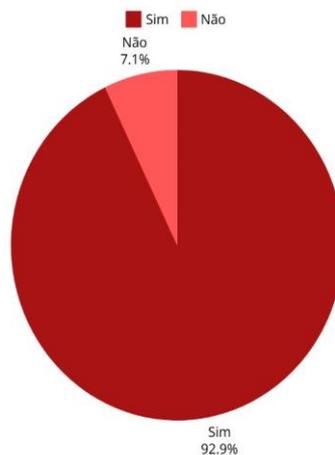


As palavras que fazem referência ao clima seco fazem parte de doze respostas. O calor é citado três vezes e a menção de vegetação torta alcançou duas respostas. Entretanto, as características raiz e água o obtiveram duas respostas ao total.

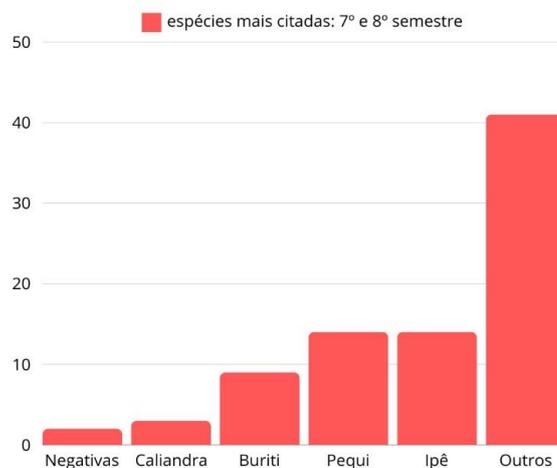
Alunos do 7º e 8º Semestre

O terceiro maior número de participações ficou neste grupo, com vinte e oito respostas ao formulário.

**2ª pergunta:** Você pensa em implementar vegetação nativa do cerrado em projetos futuros?



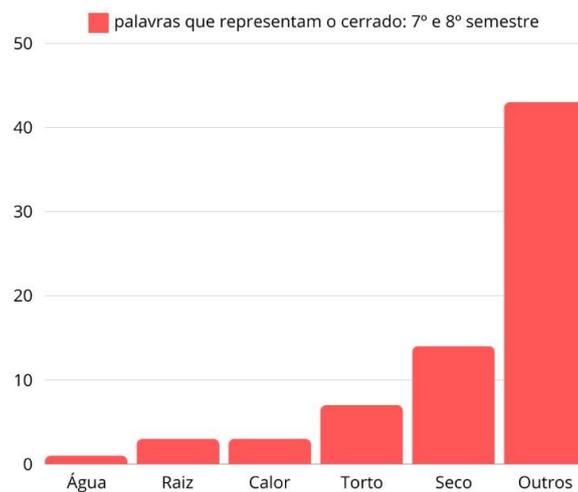
**3ª pergunta:** Quais espécies típicas do cerrado você conhece?





Dentre as espécies arbóreas mais citadas estão o Buriti (9 respostas), o Ipê (14 respostas) e o Pequi (14 respostas). A Caliandra – espécie arbustiva – entra nesse gráfico com três respostas e as negativas compreendem 2 respostas.

**4ª pergunta:** Escreva as três primeiras palavras que surgem à sua mente quando pensa em cerrado.



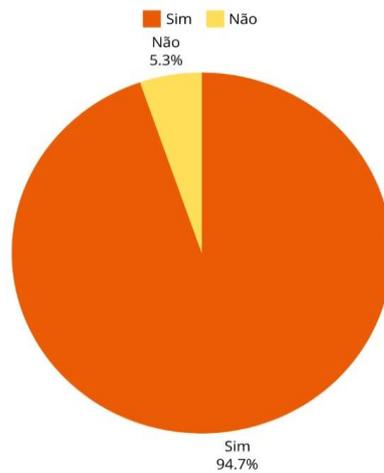
As palavras que fazem referência ao clima seco fazem parte de quatorze respostas.

O calor é citado três vezes e a menção de vegetação torta alcançou sete respostas. Entretanto, respostas referente a raiz foi totalizaram três e a água obteve apenas uma resposta.

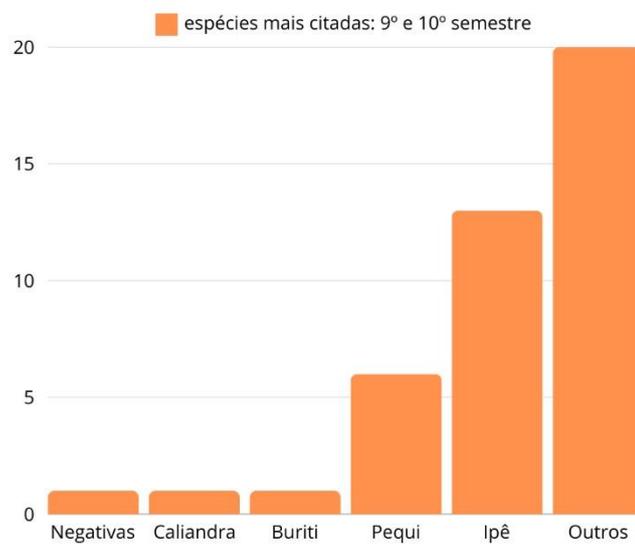
Alunos do 9º e 10º Semestre

Este grupo representa a menor parcela de participação a esta pesquisa, com apenas dezenove respostas.

**2ª pergunta:** Você pensa em implementar vegetação nativa do cerrado em projetos futuros?



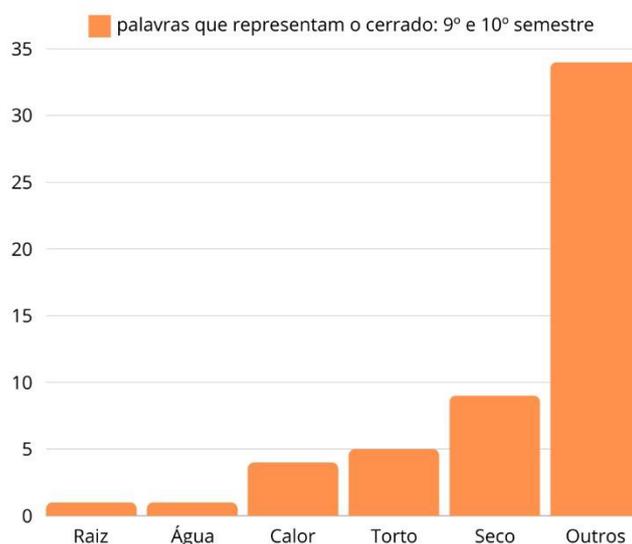
**3ª pergunta:** Quais espécies típicas do cerrado você conhece?



Dentre as espécies arbóreas mais citadas estão o Buriti (1 resposta), o Ipê (13 respostas) e o Pequi (6 respostas). A Caliandra – espécie arbustiva – entra nesse gráfico com uma resposta e as negativas compreendem 1 resposta.



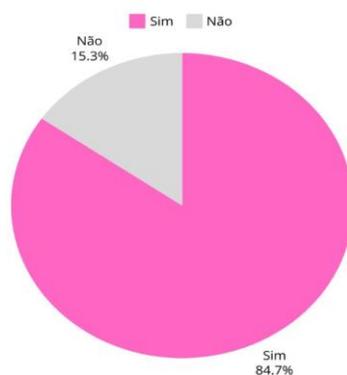
**4ª pergunta:** Escreva as três primeiras palavras que surgem à sua mente quando pensa em cerrado.



As palavras que fazem referência ao clima seco fazem parte de nove respostas. O calor é citado quatro vezes e a menção de vegetação torta alcançou cinco respostas. Entretanto, respostas referentes a raiz e água totalizaram apenas duas citações.

#### 4 ANÁLISES E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS OBTIDOS

Apesar da diferença do número de respostas entre cada grupo, o interesse em produzir jardins de cerrado superou as expectativas com um total de cento e vinte e sete respostas positivas e com apenas vinte e três respostas negativas, nos proporcionando este gráfico geral:





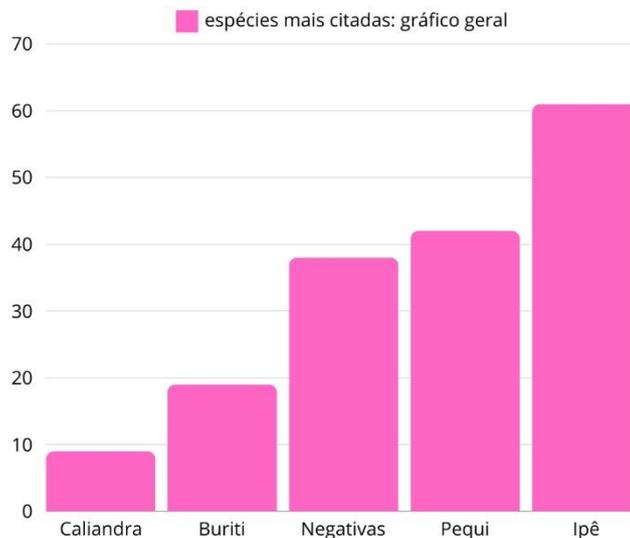
Porém, há uma certa contradição quando olhamos para terceira pergunta feita aos alunos, pois embora possuam o real desejo em explorar os jardins de vegetação nativa, as espécies mais citadas são arbóreas e conseqüentemente as mais comuns quando é pensado em cerrado – Ipê, Buriti e Pequi -, principalmente no Distrito Federal.

As espécies arbustivas quase não são citadas, a única que representa uma quantidade significativa é a Caliandra com um total de nove menções em todo formulário, número extremamente baixo para essa tipologia de vegetação, dentre as cento e cinquenta respostas alcançadas.

Este dado comprova a baixa percepção do potencial paisagístico do cerrado, uma vez que sua maior biodiversidade se encontra nas espécies arbustivas e gramíneas, - repertório adquirido no trabalho de campo aos jardins naturalistas presentes na Universidade de Brasília (UnB) - . Reproduzindo, mesmo ao utilizar espécies nativas (arbóreas) no paisagismo, uma expressão fraca e insuficiente para formação identitária deste bioma.

Porém, uma informação positiva ao analisar esta pergunta, é a diminuição de repostas negando o conhecimento de vegetação local, principalmente entre os alunos nos semestres mais avançados do curso de arquitetura e urbanismo - a partir do quinto e sexto semestre -, chegando a apenas uma negação entre os formandos (9º e 10º semestre). Onde acreditamos, que as disciplinas de paisagismo tenha desempenhado uma grande participação na redução desses dados.

Abaixo traremos um gráfico geral que se refere a segunda pergunta do formulário, a fim oferecer uma compreensão mais ampla do mesmo:



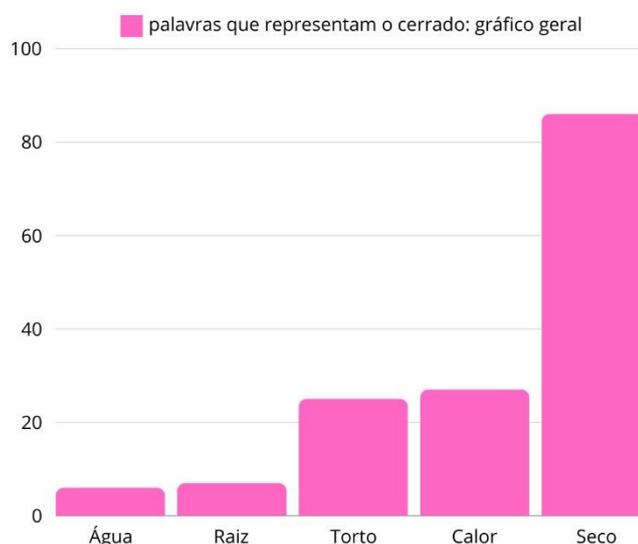
Como dito anteriormente, a Caliandra chega ao fim do formulário com nove citações. O Buriti com dezenove respostas, ficando atrás das negações (38 respostas). Por fim, as espécies com o maior número de menções são o Pequi com quarenta e duas respostas e o Ipê com sessenta e uma respostas.

Por fim, na quarta pergunta, como esperado, as respostas que firmam o estereótipo do cerrado veem em todos os grupos de alunos, com exceção dos matriculados no 7º e 8º semestre, onde a citação de “raiz” e “calor” ficam empatadas com três respostas cada.



Embora, estas respostas possuam o maior número menções, é válido ressaltar que, assim como na pergunta anterior, os grupos de alunos matriculados nos semestres mais avançados do curso, demonstram uma diminuição considerável nesse pensamento estereotipado a partir do quinto semestre.

Assim como, previamente explicado, faremos uso de uma gráfico geral para melhor percepção das respostas adquiridas no formulário na última pergunta realizada:



As palavras “torto”, “calor” e “seco” são as mais citadas dentre as respostas contendo no total 25, 27 e 86 respostas, respectivamente.

E infelizmente as palavras “água” e “raiz”, são as menos citadas com apenas 6 e 7 respostas.

## 6. Conclusão

Partindo do objetivo principal deste estudo, que é levantar um questionamento sobre a expressão paisagística do Cerrado — indo além do aspecto estético — e promover um olhar mais atento às disciplinas de paisagismo, o formulário aplicado e respondido pelos alunos revelou-se essencial para a compreensão do estado atual da percepção dos futuros profissionais de arquitetura e urbanismo sobre o bioma local.

É evidente que, para melhorar a percepção do Cerrado enquanto paisagem, torna-se necessário ampliar o repertório, indo além do que já é amplamente utilizado. Esse processo deve estar aliado à formação de profissionais que, no futuro, atuarão como agentes transformadores da paisagem, neste caso, os alunos de arquitetura e urbanismo.

Para tanto, é crucial o amadurecimento das disciplinas de paisagismo, pois elas



representam a principal fonte para o desenvolvimento da percepção do Cerrado como potencial formador de paisagem. Esse amadurecimento também contribui para a construção de uma identidade entre o indivíduo e o ambiente que ele habita.

## REFERÊNCIAS

BOKOS, Helena. **Jardins de cerrado**: ideias para uma criação de identidade paisagística utilizando a flora nativa. 2017. Disponível em: [https://issuu.com/helenabokos/docs/ensaio\\_teorico](https://issuu.com/helenabokos/docs/ensaio_teorico).

MELLO, Soraia Silva de. **A flora ornamental do cerrado no paisagismo**: retrato da aplicação prática. 2020. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Faculdade JK/Escola de Paisagismo de Brasília, Brasília, 2020.

PASTORE, Julio Barêa. **O cerrado enquanto paisagem**: a dinâmica da apropriação paisagística do território. 2014. Tese (Doutorado em Paisagem e Ambiente) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. doi:10.11606/T.16.2014.tde-04052014-215417. Acesso em: 2024-08-29

## ANEXO A

Respostas ao formulário 1º e 2º semestre				
Em qual semestre está matriculado?	Você pensa em implementar vegetação nativa do cerrado em projetos futuros?	Quais espécies típicas do cerrado você conhece?	Escreva as primeiras três palavras que surgem à sua mente quando pensa em "Cerrado".	
1	1º/2º semestre	Sim	Flamboyant	Água borboleta e capim
2	1º/2º semestre	Sim	a Callandra, o Mandacaru e o XiqueXique	Lobo-guará, mata seca e pouca chuva
3	1º/2º semestre	Não	Ipê	Seco, árvores tortas, céu azul
4	1º/2º semestre	Sim	nenhum	planta, natureza e solo
5	1º/2º semestre	Sim	Nenhum.	Eu não conheço as espécies do cerrado.
6	1º/2º semestre	Sim	Callandra	Seco, calor, personalidade.
7	1º/2º semestre	Não	Não conheço	Seca, cacto e planta
8	1º/2º semestre	Sim	não sei mas pretendo conhecer!	beleza, tempo seco e calor
9	1º/2º semestre	Não	Não conheço	Preservação, importante, fauna
10	1º/2º semestre	Não	onça	clima seco, onça e folhas secas
11	1º/2º semestre	Não	Jacarandá do cerrado, sapucaia, faveiro	Sementes
12	1º/2º semestre	Sim	Callandra, e pretendo conhecer outras	Árvores tortas, grama seca, ar seco
13	1º/2º semestre	Sim	Nenhuma sinceramente	Seco, quente e plantas secas
14	1º/2º semestre	Não	Não conheço	Nordeste
15	1º/2º semestre	Sim	Não conheço	Troncos retorcidos e secas
16	1º/2º semestre	Sim	Jatobá, gabirola e cajuzinho-do-cerrado	Seco, bioma savana e variedade de animais
17	1º/2º semestre	Sim	Não conheço	Basquete, cerra e fruto do lobo
18	1º/2º semestre	Sim	Ipê, Araticum, Gerivá...	Biodiversidade, frutas, secura.
19	1º/2º semestre	Sim	Amica do cerrado, ipê, n lembro mais	Seco, lobo guará e árvore retorcida
20	1º/2º semestre	Não	Aquela árvore seca e magrinha	Seco, pouca vegetação e sem verde
21	1º/2º semestre	Sim	nenhuma	natureza.
22	1º/2º semestre	Não	Nenhuma	Secura, calor e incômodo
23	1º/2º semestre	Sim	putz, não sei vei	seco, barro, catinga
24	1º/2º semestre	Sim	Nenhuma	Lobo-guará, mata seca e pouca chuva
25	1º/2º semestre	Sim	Pequi, cajuzinho-do-cerrado e cagaíta	Resistente, diversificado e quente
26	1º/2º semestre	Não	Cactos	Quente, seco e Nordeste
27	1º/2º semestre	Sim	Lobo guará	Seca, quente, planta
28	1º/2º semestre	Sim	Lobo guará, onça pintada	Seco, quente, plantas
29	1º/2º semestre	Sim	Onça, tamandua bandeira	Geografia, árvore, seca
30	1º/2º semestre	Sim	Cacto	Clima seco, calor
31	1º/2º semestre	Sim	arbustos, árvores grossas e gramíneas	seco, lobo guará e onça pintada
32	1º/2º semestre	Sim	Anta, onça, preá	Seca, plantas, animais
33	1º/2º semestre	Sim	Pequi e buriti	seco, calor, terroso
34	1º/2º semestre	Sim	pequi, buriti	Plano, seco? Terrosos
35	1º/2º semestre	Não	nenhuma	tropical e árvores retorcidas
36	1º/2º semestre	Sim	Pé de caju e pé de pequi	Brasília, Centro Oeste, vegetação resistente
37	1º/2º semestre	Sim	Ipê	Flores, seca e amarelo
38	1º/2º semestre	Sim	Ipê, piqui	Clima seco, Brasília, lobo guará
39	1º/2º semestre	Sim	O Cerrado que engloba os tipos de vegetação com predominância de espécies arbóreas, não sei muito sobre, ainda.	árvores secas, deserto e plantação
40	1º/2º semestre	Sim	pequi	cuscut
41	1º/2º semestre	Sim	lírios do cerrado	seca, beleza, onças
42	1º/2º semestre	Sim	Pequi, mangaba, cagaíta	Natureza
43	1º/2º semestre	Sim	nenhuma	ypes, seco, úmido
44	1º/2º semestre	Sim	Não sei	Arborização, vegetação, natureza.
45	1º/2º semestre	Sim	Por nome nenhuma	Fior do cerrado, seco e interior



Respostas ao formulário 3º e 4º semestre				
Em qual semestre está matriculado?	Você pensa em implementar vegetação nativa do cerrado em projetos futuros?	Quais espécies típicas do cerrado você conhece?	Escreva as primeiras três palavras que surgem à sua mente quando pensa em "Cerrado".	
1	3º/ 4º semestre	Sim	Pequi, Araticum	Beleza, devastação e renascimento.
2	3º/ 4º semestre	Sim	Buriti; Ipê; Pequi; Cajuzinho-do-cerrado; Jacarandá;	Biodiversidade, savana e seca.
3	3º/ 4º semestre	Sim	O ipê e o pequi	Terra, sol e água
4	3º/ 4º semestre	Sim	Copaiba, IPÊ, Buriti, Pitaga, genipapo...	Árvores tortas, diversidade, vegetação
5	3º/ 4º semestre	Sim	Goiaba e pequi	Vegetação e seca
6	3º/ 4º semestre	Sim	Não conheço	Clima, tamandú e seca
7	3º/ 4º semestre	Sim	n sei	seca, brasil, marrom
8	3º/ 4º semestre	Sim	Não conheço	Seca, plantação retorcida, tempo doido
9	3º/ 4º semestre	Sim	Onça parda	Seca, humidade, calor
10	3º/ 4º semestre	Sim	Ype, Caviunas	Mata fechada, plantas resistentes, árvores médias
11	3º/ 4º semestre	Sim	Ipê, copaiba e jabuticaba	Sertão, seco e fauna brasileiro
12	3º/ 4º semestre	Sim	ipe, jabuticaba, aroeira	clima seco
13	3º/ 4º semestre	Sim	Nenhuma	seca, árvore, centro oeste
14	3º/ 4º semestre	Sim	Pelo nome nenhuma	
15	3º/ 4º semestre	Não	Nenhuma	Seco Galho retorcido Plano
16	3º/ 4º semestre	Sim	pequi	trilha frutas animais
17	3º/ 4º semestre	Sim	Caigaita, ype	Arvores caules retorcidos
18	3º/ 4º semestre	Sim	De cabeça, nenhuma	Calor, queimadas e restauração pós chuva
19	3º/ 4º semestre	Não	Nenhuma	Seco, quente, amarelado.
20	3º/ 4º semestre	Sim	Cacto	Vegetação, animais e sertão
21	3º/ 4º semestre	Não	sendo sincero, não lembro de cabeça	ii rapaiz
22	3º/ 4º semestre	Sim	Não sei os nomes	Seco, calor, árvores
23	3º/ 4º semestre	Sim	nao sei	Seco, sem volume, amarelado
24	3º/ 4º semestre	Sim	Nenhuma	Cacto, deserto e areia
25	3º/ 4º semestre	Sim	cagaíta, mangaba, buriti, ipê	biodiversidade
26	3º/ 4º semestre	Sim	Bacuri talvez	Seca, savana, rei leão
27	3º/ 4º semestre	Sim	Não lembro	Clima Terra Poeira
28	3º/ 4º semestre	Não	Cacto	Vegetação morta Cacto Secura
29	3º/ 4º semestre	Não	Ype	Clima seco, quente, e os ypes floridos
30	3º/ 4º semestre	Sim	Nenhuma	Tempo seco, desmatamento e falta de cuidado
31	3º/ 4º semestre	Sim	aroeira- vermelha, cacto	seca, solo rico, sertão
32	3º/ 4º semestre	Sim	Ipê, pequi, copaiba	Seca, pequi e terra vermelha
33	3º/ 4º semestre	Sim	Pequi, ipê, jacarandá, pau-ferro, caliandra, buriti, palmeiras diversas etc.	Troncos retorcidos, raízes profundas, biodiversidade.
34	3º/ 4º semestre	Sim	Não conheço	clima seco, vegetação diversa, calor
35	3º/ 4º semestre	Sim	Ipê	Deserto, calor e laranja
36	3º/ 4º semestre	Sim	Pequi, pau Brasil, cedro, ipê	Troncos tortos, raízes profundas

Respostas ao formulário 5º e 6º semestre				
Em qual semestre está matriculado?	Você pensa em implementar vegetação nativa do cerrado em projetos futuros?	Quais espécies típicas do cerrado você conhece?	Escreva as primeiras três palavras que surgem à sua mente quando pensa em "Cerrado".	
1	5º/ 6º semestre	Sim	IPE, Pequi e cagaíta	Pequi, quente e plantas
2	5º/ 6º semestre	Sim	Pau-terra, pau-santo, pau-doce, ipê amarelo, gueroba, sucupira, paineira do cerrado, barbatimão e mais...	seca; fogo; água.
3	5º/ 6º semestre	Sim	Ipê roxo, pequizeiro e buriti.	Vegetação rasteira, caatinga e compacto.
4	5º/ 6º semestre	Sim	Ipê	Ipês, árvores espaçadas e galhos retorcidos
5	5º/ 6º semestre	Não	Ipê e flamboyant	Cores, plano, fazendas
6	5º/ 6º semestre	Sim	Ipê, Ingá e pé de pequi	Seco, amarelado, quente
7	5º/ 6º semestre	Sim	Ipê, jatobá, bacuri	Ipê, árvores baixas, folhas grossas
8	5º/ 6º semestre	Sim	ipê, pequi, jatobá, gabirolba, aroeira, capitão-do-cerrado	retorcido, resistente, solo ácido
9	5º/ 6º semestre	Sim	Ipê	cor, segura e finura
10	5º/ 6º semestre	Não	Nenhuma específica	Bioma Vegetação Brasil
11	5º/ 6º semestre	Não	Onça pintada, anta e lobo guará	Nordeste, Onça pintada e terras secas
12	5º/ 6º semestre	Não	Copaiba, arbustos, gramíneas	Mata seca, rochas, flores diversas
13	5º/ 6º semestre	Sim	Ipe, Buriti, Aroeira	diversidade, seca e lobo-guará
14	5º/ 6º semestre	Sim	ipe, pequi, flamboyant	secura, por do sol, barro
15	5º/ 6º semestre	Sim	Ipê	Caatinga, folhas, plantas rasteiras
16	5º/ 6º semestre	Sim	Ipê amarelo, flamboyant	vegetação baixa, clima seco, biodiversidade
17	5º/ 6º semestre	Sim	Nenhuma ainda	Muito quente e seco
18	5º/ 6º semestre	Sim	Ypê, caliantra	Árvore, seca, bonito
19	5º/ 6º semestre	Não	Ypê	Seco, raízes profundas e diversidade.
20	5º/ 6º semestre	Sim	Pequi,	Flor de cerrado, lobo guará e queimada
21	5º/ 6º semestre	Sim	Jatobá	Seco, beleza e paisagem
22	5º/ 6º semestre	Sim	Pequi, Buriti, Bacuri, Ipê, Jacarandá	Vasto, extremos e rasteira



Respostas ao formulário 7º e 8º semestre				
Em qual semestre está matriculado?	Você pensa em implementar vegetação nativa do cerrado em projetos futuros?	Quais espécies típicas do cerrado você conhece?	Escreva as primeiras três palavras que surgem à sua mente quando pensa em "Cerrado".	
1	7º/ 8º semestre	Sim	Caliandra	Vida cor diversidade
2	7º/ 8º semestre	Sim	Pequi, buriti, gueroaba, baru, jatobá, mangaba, aroeira, coç	Raízes grandes, ipês, troncos robustos
3	7º/ 8º semestre	Sim	Ingá, caleandra, pequi, buriti, chuveirinho	Seco, torto, diverso
4	7º/ 8º semestre	Não	Cagaita, buriti, Murici, Angico, Pequí	Seco, Brasília, Pequí
5	7º/ 8º semestre	Sim	Ypê	Seco, serrado
6	7º/ 8º semestre	Sim	Ipê, mimosa e capim gordura	Seco, árvore tortas, ipê
7	7º/ 8º semestre	Sim	Pitanga, figueira branca, jambo, ipê, pau ferro, pequi, para tudo, canela de ema, chuveirinho, ingá, embaúba, cagaita, pau de rosas, Caliandra, Orquídea colestenia, lobeira, umburuçu e Pau terra	Terra, diversidade, frutas
8	7º/ 8º semestre	Sim	Ipe, pequi, jacaranda, barbatimao, copaiba, goiaba.	Turvo, resistente, florido
9	7º/ 8º semestre	Sim	Copaiba, Ipê, Peroba-do-cerrado etc	Resiliência, beleza, queimadas
10	7º/ 8º semestre	Sim	IPE, cagaita, jervivá,	Água, queimada, lobo
11	7º/ 8º semestre	Sim	Ypê, mimosa, pequi, buriti, cagaita, cachuzinho do cerrado	Árvores secas, tortas e sem muuuuitaa altura
12	7º/ 8º semestre	Sim	Buriti	Goiás - árvore torta
13	7º/ 8º semestre	Sim	Ipê	Ipe amarelo
14	7º/ 8º semestre	Não	Pequi	Pequi, Ipê, Brasília
15	7º/ 8º semestre	Sim	não conheço muitas	ousado, versátil e pouco utilizados
16	7º/ 8º semestre	Sim	Pequi, Cagaita, Ipê entre outras	Seco, Tortas, calor
17	7º/ 8º semestre	Sim	Pequi	Seco, amarelo, vento
18	7º/ 8º semestre	Sim	buriti, jatobá	Seco, ipê, frutos
19	7º/ 8º semestre	Sim	Ipê, jatobá, maracujazinho, capim santo (não tenho certeza de todos kkk)	Quente seco, grande distancionamento de árvores e resiliência
20	7º/ 8º semestre	Sim	pequi, buriti, baru	resistência, seca, poder
21	7º/ 8º semestre	Sim	oiti	raízes, montanhas rochas
22	7º/ 8º semestre	Sim	Pequi, capim estrela	Rasteiro, moita e queimada
23	7º/ 8º semestre	Sim	Não conheço	Capim
24	7º/ 8º semestre	Sim	Ipê, buriti, pequi...	Savana, seca, resistência
25	7º/ 8º semestre	Sim	Buriti, pequi	Seco, árvores tortas e baixas
26	7º/ 8º semestre	Sim	Pequizeiro	Seco, casca grossa e retorcida
27	7º/ 8º semestre	Sim	Ipê, Jacarandá, pau ferro.	Calor, raiz e terra.
28	7º/ 8º semestre	Sim	Ipê	Vermelho, seco e tamandua bandeira

Respostas ao formulário 9º e 10º semestre				
Em qual semestre está matriculado?	Você pensa em implementar vegetação nativa do cerrado em projetos futuros?	Quais espécies típicas do cerrado você conhece?	Escreva as primeiras três palavras que surgem à sua mente quando pensa em "Cerrado".	
1	9º/ 10º semestre	Sim	Ipê	Buriti, veredas, pequi
2	9º/ 10º semestre	Sim	Ipê, aroeira, jacarandá	Secura, beleza, terra vermelha
3	9º/ 10º semestre	Sim	Pequi, Buriti, cagaita, mangaba, etc...	Bioma, água e seco....
4	9º/ 10º semestre	Sim	Jacarandá, ipê, Flamboyan...	Tortuoso, resistente e belo
5	9º/ 10º semestre	Sim	Ypê, piqui, rosa do cerrado,	Árvores tortas, aguentam queimadura, Brasília
6	9º/ 10º semestre	Sim	Ipê, Cajueiro, Para de vaca, Jenipapo...	Seco, calor e Ipê
7	9º/ 10º semestre	Sim	Ipê do cerrado, pequizeiro, canela de ema	Força, imensidão e leveza
8	9º/ 10º semestre	Sim	Pitanga, ipe, angico	Calor, Seco, raízes
9	9º/ 10º semestre	Sim	Ipe	Brasília, Ipe e seca
10	9º/ 10º semestre	Sim	Nenhuma	Áridez, céu, queimada
11	9º/ 10º semestre	Sim	Pequi, mangaba	Retorcido/casca grossa/Resistente
12	9º/ 10º semestre	Sim	Ipe	Cores, robustez, perseverança
13	9º/ 10º semestre	Não	ipê	Calor, seca, mau aproveitamento
14	9º/ 10º semestre	Sim	Jatobá, pequi e copaiba	Árvores retorcidas, clima seco, grande biodiversidade
15	9º/ 10º semestre	Sim	Cacto	-
16	9º/ 10º semestre	Sim	Ipe, kaliandra...	Contorcionismo, seco, rico
17	9º/ 10º semestre	Sim	Ipê	Secura, árvores contorcidas, cachoeira
18	9º/ 10º semestre	Sim	pequi, jatobá, babaçu...	calor, seco, savana
19	9º/ 10º semestre	Sim	Os ipês, graviola	Savana, tropical, biodiversidade

