



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA FLORESTAL - DCFL  
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL**

**GUSTAVO ANDRADE COELHO**

**RENDMAX, SOFTWARE PARA CÁLCULO E ANÁLISE DE VOLUME E  
RENDIMENTO MÁXIMO EM MADEIRA SERRADA**

**RECIFE  
2024**

**GUSTAVO ANDRADE COELHO**

**RENDMAX, SOFTWARE PARA CÁLCULO E ANÁLISE DE VOLUME E  
RENDIMENTO MÁXIMO EM MADEIRA SERRADA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Ciência Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Nogueira

**RECIFE  
2024**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

G982r Coelho, Gustavo  
RENDMAX, SOFTWARE PARA CÁLCULO E ANÁLISE DE VOLUME E RENDIMENTO MÁXIMO EM  
MADEIRA SERRADA / Gustavo Coelho. - 2024.  
31 f. : il.

Orientador: Marcelo Nogueira.  
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em  
Engenharia Florestal, Recife, 2024.

1. Desdobro de Madeira. 2. Serraria. 3. Otimização de Processo. 4. Rendimento. I. Nogueira, Marcelo, orient. II. Título

CDD 634.9

---

**GUSTAVO ANDRADE COELHO**

**RENDMAX, SOFTWARE PARA CÁLCULO E ANÁLISE DE VOLUME E  
RENDIMENTO MÁXIMO EM MADEIRA SERRADA**

Trabalho de Conclusão de curso  
apresentado a Coordenação do Curso  
de Bacharelado em Engenharia  
Florestal da Universidade Federal  
Rural de Pernambuco como parte das  
exigências para a obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Florestal

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Marcelo Nogueira

Aprovado em:

Banca Examinadora

---

Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Marcelo Nogueira

Orientador

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Simone Mirtes

Examinadora

---

Prof<sup>o</sup> Mestre Cassiano Lages – UFPE

Examinador

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao meu orientador Dr. Marcelo Nogueira por aceitar conduzir o meu trabalho de pesquisa.

Aos meus pais Fernando José Rodrigues Coelho e Laudicea Andrade Coelho que sempre estiveram ao meu lado me apoiando ao longo de toda a minha trajetória.

Ao meu amigo e fiel parceiro de curso Loghan Moreira que sempre esteve comigo ao longo desses extensos 7 anos de curso.

À minha esposa Jorlandia Costa pela compreensão e paciência demonstrada durante o período do projeto.

Também quero agradecer à Universidade e a todos os professores do meu curso pela elevada qualidade do ensino oferecido.

## RESUMO

Uma serraria é um local onde toras de madeira são recebidas, armazenadas, processadas e, posteriormente, secas por um período determinado. Vários fatores influenciam esse rendimento e, na ausência de controle ou monitoramento adequado, há uma tendência de perda na produção. A automação das serrarias surge como uma solução viável, especialmente através do uso da tecnologia da informação. Isso envolve a implementação de sistemas de otimização de cálculos de desdobro, os quais podem ser desenvolvidos utilizando-se linguagens de programação como o Javascript. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um software para otimização do desdobro de toras de madeira com finalidade de obter volume e rendimento máximos no aproveitamento da madeira. No desenvolvimento dos modelos matemáticos empregados na estimativa do volume e do rendimento máximo de madeira serrada de uma tora, bem como no software correspondente, foram considerados quatro cenários pré-definidos comumente utilizados em serrarias. Em cada um desses cenários, os cálculos foram realizados manualmente utilizando os mesmos valores empregados nos testes do programa, com o objetivo de verificar o funcionamento adequado do software em cada um dos cenários estabelecidos. Posteriormente, seguindo a metodologia de cálculo, desenvolveu-se um software para otimizar o processo de conversão de toras de madeira em peças processadas mecanicamente. Esse software foi construído utilizando as linguagens de programação JavaScript, HTML e CSS. O HTML foi utilizado para estruturar o site, enquanto o CSS ficou responsável do design, cores, sombras, tamanho e posicionamento dos elementos. Já o JavaScript foi responsável pelo código fonte do software, ou seja, interatividade do programa, incluindo pedidos de entrada, criação de variáveis, cálculos internos, interações, menus interativos, animações e validações. Assim, ao unir as três linguagens, tornou-se viável automatizar o processo de obtenção de dados seguindo a mesma linha de raciocínio empírica, baseada em equações. Porém, nesse caso, com uma abordagem realizada por meio da criação de códigos e comandos utilizando linguagens de programação. Isso possibilitou alcançar o resultado desejado, maximizando o aproveitamento da tora em até 50% de acordo com o cenário, demonstrando sua aplicabilidade efetiva no mercado.

Palavras-Chave: Desdobro de Madeira; Serraria; Otimização de processo.

## ABSTRACT

A sawmill is a location where logs of wood are received, stored, processed, and subsequently dried for a specific period. Sawmills are commonly classified based on their daily production, that is, their yield, categorizing them into small, medium, and large scale. Various factors influence this yield, and in the absence of proper control or monitoring, there is a tendency for production losses. As an alternative, sawmill automation emerges as a viable solution, especially through the utilization of information technology. This involves implementing optimization systems for cutting calculations, which can be developed using programming languages such as HTML, CSS, and JavaScript. In this context, the aim of this work was to develop software for optimizing the sawing of wood logs to achieve maximum volume and yield in wood utilization. In developing the mathematical models used to estimate the volume and maximum yield of sawn wood from a log, as well as the corresponding software, four predefined scenarios commonly used in sawmills were considered. In each of these scenarios, calculations were manually performed using the same values employed in the program tests, with the goal of verifying the software's proper functioning in each established scenario. Subsequently, following the calculation methodology, software was developed to optimize the process of converting wood logs into mechanically processed pieces. This software was built using programming languages JavaScript, HTML, and CSS. HTML was used to structure the website, while CSS was responsible for the design, colors, shadows, size, and positioning of elements. JavaScript was responsible for the software's source code, that is, the program's interactivity, including input requests, variable creation, internal calculations, interactions, interactive menus, animations, and validations. By combining these three languages, it became feasible to automate the data acquisition process following the same empirical reasoning, based on equations. However, in this case, with an approach carried out through the creation of codes and commands using programming languages. This enables achieving the desired result, maximizing log utilization according to the scenario, demonstrating its effective applicability in the market.

Key-words: Wood sawing; Sawmill; Process optimization.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Cenários de desdobro em toras de madeira .....	12
<b>Figura 2.</b> Tela de cadastro de toras do <i>software</i> SawModel .....	14
<b>Figura 3.</b> A: Dados e TAGS de programação na linguagem HTML; B: Exibição das informações, conforme programadas no item A, em site da web .....	15
<b>Figura 4.</b> Programação CSS dentro do arquivo HTML .....	15
<b>Figura 5.</b> Programação em JavaScript de calculadora científica .....	16
<b>Figura 6.</b> Tora convertida em bloco e posteriormente em tábuas com seções predeterminadas .....	17
<b>Figura 7.</b> Tora convertida em pranchas .....	18
<b>Figura 8.</b> Tora convertida em bloco e posteriormente em tábuas .....	19
<b>Figura 9.</b> Volume das 4 peças laterais .....	20
<b>Figura 10.</b> Tora convertida em bloco e posteriormente em uma prancha central .....	21
<b>Figura 11.</b> Tora convertida em bloco e posteriormente em uma prancha central e tábuas aliado ao aproveitamento das costaneiras .....	22
<b>Figura 12.</b> Programação do software a partir de linguagem de programação HTML. ....	23
<b>Figura 13.</b> Programação do software a partir de linguagem de programação CSS ....	24
<b>Figura 14.</b> Programação do software a partir de linguagem de programação JavaScript. ....	24
<b>Figura 15.</b> Tela de inicialização e escolha do grupo de toras (folhosas ou coníferas) do Software .....	25
<b>Figura 16.</b> Telas de escolha de cenário (A) e dos dados exigidos no cenário 1 (B) ....	26



**Figura 17.** Tela de preenchimento de dados cenário 3 e cenário 4 ..... 26

**Figura 18.** Botão de ação referente ao comando “calcular” (A); Resultados de volumes obtidos a partir do cenário 4 (B) ..... 27

## **LISTA DE TABELAS**

**Tabela 1.** Sobremedidas recomendadas na serragem para compensar a contração..... **11**

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>11</b>
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1 Técnicas de desdobro e maximização de aproveitamento de madeira serrada</b>	<b>13</b>
<b>3.2 <i>Softwares</i> modelos e Linguagens de programação aplicáveis a serraria .....</b>	<b>13</b>
<b>4 METODOLOGIA .....</b>	<b>17</b>
<b>5 RESULTADOS .....</b>	<b>26</b>
<b>5.1 Execução e Utilização do Software .....</b>	<b>26</b>
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>29</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>30</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Por definição serraria é um local em que toras de madeira são recebidas, armazenadas e processadas, depois armazenadas e secas por um determinado período. Na literatura existem diversas formas para classificar uma serraria, quanto ao porte, quanto a matéria-prima, ao equipamento utilizado e a produção (BATISTA et al., 2015; ZENELLA, 2016).

No entanto, a forma mais comum de classificar as serrarias é por produção diária. Então, as serrarias são classificadas em 3 grupos: Pequeno porte (quando sua produção por dia/turno é de até 50 metros cúbicos); médio porte (quando sua produção por dia/turno é maior que 50 e menor que 100 metros cúbicos) e grande porte (quando sua produção por dia/turno é maior que 100 metros cúbicos) (FAGUNDES, 2003).

No Brasil, aproximadamente 65% das serrarias são de pequeno porte, 30% são de médio porte, e 5% de grande porte (FAGUNDES, 2003). De modo que a avaliação do rendimento em serrarias, pode ser calculada pela razão entre volume de madeira serrada e o volume de toras, sendo o resultado expresso em porcentagem e metros cúbicos. Em espécies coníferas o rendimento médio varia entre 55-65%, em folhosas entre 45- 55% (GUERRA, 1983).

Essa diferença de rendimento entre as espécies deve-se ao fato de as coníferas apresentarem tronco mais uniforme, com aparência mais cilíndrica e com menos defeitos. Com isso observa-se que no fim da produção, muitas vezes o volume de resíduos gerados é maior que o próprio rendimento em madeira serrada (VITAL, 2008).

No desdobro de toras em madeira serrada existem diversos fatores que influenciam e afetam o rendimento, como o formato das toras, o tipo de maquinário utilizado, o uso de mão de obra qualificada, o método de desdobro escolhido. Quando não há controle ou monitoramento desses fatores, a tendência é uma perda de rendimento na produção. Em contrapartida, o monitoramento e controle dessas operações aliado a um bom planejamento do desdobro das toras garante a obtenção de um maior rendimento em madeira serrada, conseqüentemente, maior lucro no fim do processo. (MACHERSAN, 2012)

Assim, a inovação tecnológica industrial, aliada a processos otimizados de produção, tornam-se condições essenciais para o aproveitamento máximo da matéria-

prima. No setor madeireiro, as serrarias ainda são poucas automatizadas, apresentando baixo rendimento na produção de madeira serrada e alta produção de resíduos (GOMES, 2019).

Nesse contexto, surge como alternativa a falta de automatização das serrarias o uso da tecnologia da informação, relacionada, principalmente, com programação de softwares. Considerando que ferramentas como linguagem de programação, já desenvolvidas e bastante difundidas no mercado possuem potencial na integração de sistemas informatizados nas serrarias se mostrando fundamental para otimizar processos, monitorar o desempenho da produção e realizar análises preditivas.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Desenvolver um software para otimização do desdobro de toras de madeira com finalidade de obter volume e rendimento máximos no aproveitamento da madeira.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Desenvolver um software a partir de modelos matemáticos pré-determinados que auxilie na tomada de decisão no melhor aproveitamento de uma tora de madeira em peças de madeira serrada;
- ✓ Criar a interface da aplicação com a linguagem HTML, CSS, JavaScript;
- ✓ Simular exemplos de aplicabilidade da ferramenta.

## **3. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1. Técnicas de desdobro e maximização de aproveitamento de madeira serrada**

Nas indústrias de madeira serrada, as toras sofrem o processo de desdobro, que é a redução da tora inteira, por meio de cortes, geralmente longitudinais, até que as peças adquiram formas e tamanhos desejáveis para o padrão das serrarias (FAGUNDES, 2003).

No desdobro da madeira, antes de se tratar dos sistemas propriamente ditos, ou seja, nas formas mais corretas e adequadas de desdobro, deve-se conhecer uma característica muito importante da madeira que é a sua contração. À medida em que a madeira perde

água higroscópica (aquela que se encontra na parede das células), ela irá sofrer contrações as quais irão alterar as suas dimensões.

No momento do desdobro, a tora ainda possui umidade natural. Por esse motivo, as peças devem ser cortadas com dimensões um pouco maiores que as desejadas, para compensar as contrações que irão ocorrer durante a secagem. Este acréscimo nas dimensões é chamado de sobremedida. As sobremedidas comumente utilizadas estão dispostas na Tabela 1.

**Tabela 1 -** Sobremedidas recomendadas na serragem para compensar a contração.

<b>a) Norma para Folhosas</b>	
<b>Espessura Nominal (mm)</b>	<b>Sobrespessura para contração (mm)</b>
12 a 25	2
32 a 57	5
63 a 100	7
<b>Largura Nominal (mm)</b>	<b>Sobrelargura para contração (mm)</b>
50 a 150	5
A partir de 175	10
<b>b) Norma para Coníferas</b>	
Recomenda-se uma sobrespessura e sobrelargura <b>5% maior</b> que a espessura e largura nominal.	

O desdobro pode ser realizado de duas formas, por técnicas convencionais ou modernas (ROCHA, 2002). De forma que a metodologia de desdobro selecionada determinará o maior ou menor aproveitamento da matéria-prima (LEITE, 1994). O modo convencional de serraria, mais comumente encontrado, adota o sistema de corte tangencial. Com objetivo de obter o maior número de peças, bem como programa, através de estudos previamente realizados um sistema de corte com objetivo de obter maior rendimento da tora utilizada (COSTA, 2017; LEITE, 1994).

Chama-se de diagrama de corte, uma sequência de cortes na tora, definida especificamente para uma determinada classe diamétrica e uma lista de produtos pré-definidos. Este diagrama pré-definido para uma situação específica tem por finalidade desdobrar a tora com máximo rendimento, maior produtividade e menor tempo, não deixando de lado a qualidade dos produtos obtidos.

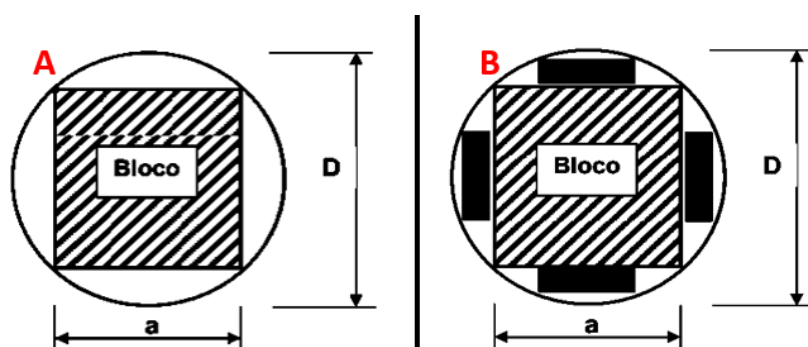
O estabelecimento de um diagrama de corte depende de diversos fatores, sendo os principais a espécie a ser desdobrada, os produtos requeridos e os equipamentos e layout nas operações de desdobro. O diagrama de corte é definido com o objetivo de estabelecer

uma sequência de cortes na tora, visando o menor tempo e produtividade com o máximo de rendimento.

Com relação à espécie, as principais características que afetam na definição de um diagrama de corte são o diâmetro, valor das toras e plano de corte para otimizar o uso da matéria prima. O diâmetro é a primeira característica a ser definida para um diagrama de corte, pois em função dos produtos desejados, este irá programar a quantidade e posições dos mesmos, dentro da tora. Após a definição do diâmetro ou da classe diamétrica a ser desdobrada, são estabelecidas algumas possibilidades de desdobro, onde em função dos diferentes produtos envolvidos, haverá opções de desdobro das toras.

Definida a classe diamétrica e as várias possibilidades de desdobro de uma tora, passa-se à escolha dos produtos a serem obtidos no desdobro. Tal escolha é em função do valor de mercado ou da necessidade da indústria. Após a definição dos produtos, são selecionados os principais diagramas mais apropriados para a obtenção desses produtos, com maior rendimento.

São muitos os cenários (possibilidades) de obtenção de peças de madeira a partir de toras. Pode-se, por exemplo, extrair um bloco central (Figura 1A) e posteriormente transformá-lo em tábuas; uma prancha central e outras menores a partir do bloco e das costaneiras (Figura 1B), dentre tantas outras possibilidades que variam conforme o diâmetro e o modelo de corte.



**Figura 1.** Cenários de desdobro em toras de madeira. **Fonte:** O autor, 2024.

Para isso, como supracitado, no desdobro convencional são necessário cálculos que predefinem os cortes das toras de modo que otimizem a produção (COSTA, 2017). De modo que o diâmetro, a espessura da serra, e principalmente, o tipo de peças desejadas tem considerável influência no rendimento e no produto obtido a partir do desdobro.

Os cálculos são baseados no levantamento de informações como: diâmetros maior e menor da tora; comprimento da tora; espessura da serra de corte; dentre outras, dependendo do objetivo final. Outra característica interessante é que quanto mais a tora aproximar-se de um cilindro, sendo aceitável uma conicidade máxima de até 3 cm/m, caso contrário, resultará em um baixo aproveitamento da tora.

Considerando que as equações de desdobro de tora incluem a inserção de diversas variáveis, entra em contexto a automação de processos que é uma das principais áreas tecnológicas crescentes no setor florestal. Possibilita maximizar a eficiência da operação automatizando processos repetitivos, reduzindo o tempo de operação e falhas no processo (ROPER, 2019). De modo que sem essa automação, as serrarias atualmente possuem rendimento de 35%, ou seja, um baixo rendimento médio de madeira serrada considerando o volume de matéria prima utilizada (IBF, 2020).

### **3.2. Softwares modelos e Linguagens de programação aplicáveis a serraria**

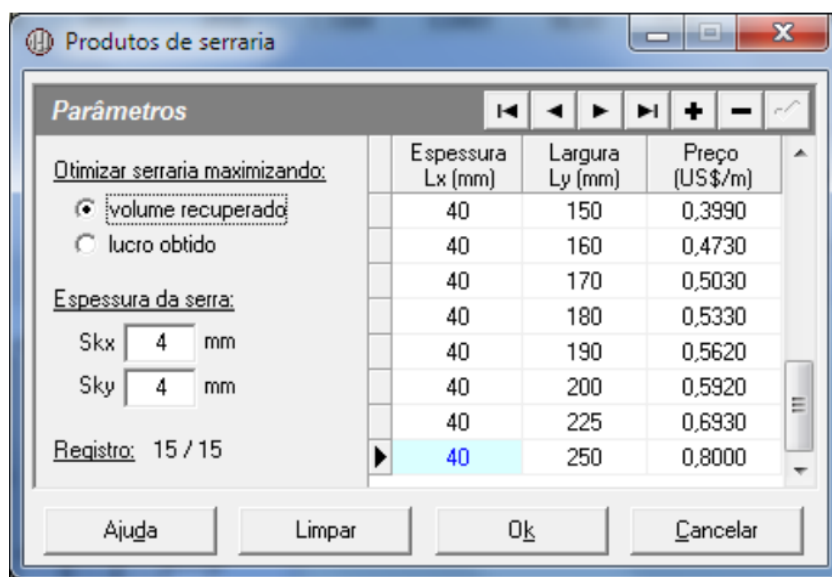
Desde o início do século XXI as serrarias começaram a utilizar *softwares* disponíveis com finalidade de auxiliar na tomada de decisão sobre a melhor forma de desdobro das toras, maximizando o rendimento em madeira serrada e diminuindo o desperdício (BONASSA et al., 2020). Uma vez que esses softwares conseguem através de cálculos pré-estabelecidos, simular a melhor forma de desdobro das toras, analisando diversas variáveis.

No Brasil, os *softwares* Sawmodel, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa, CalcMadeira, desenvolvido pela Embrapa, e MaxiTora, da empresa Optimber, são exemplos de softwares que vieram para somar com as indústrias madeireiras do país (NUNES et al., 2012; COSTA et al., 2019). Seu uso tem como principal objetivo definir a melhor programação de corte de toras nas serrarias, a partir de modelos de corte (BONASSA et al., 2020).

Esses *softwares* funcionam como um otimizador de corte em serrarias, que permite o cadastro de toras e de peças e exibe os resultados em tela híbrida. Onde o usuário através da inserção de dados como: comprimento, largura, espessura, diâmetro a altura do peito, altura total e comercial, e espessura da casca medida em cada seção da



tora (Figura 2); é capaz de predefinir o desdobro de peças com dimensões específicas (COSTA et al., 2019; NUNES, 2013).

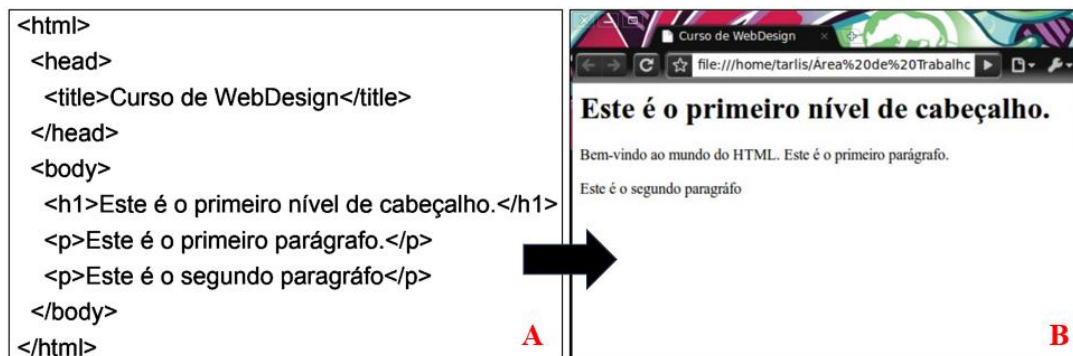


**Figura 2.** Tela de cadastro de toras do *software* SawModel. **Fonte:** Nunes (2013).

Entretanto tais programas possuem a desvantagem de exigirem a medição de vários itens, o que dificulta a compreensão do usuário, bem como o processo como um todo. Uma vez que uma variável aferida incorretamente, pode acarretar um mau aproveitamento da tora. Fazendo-se necessário um sistema de otimização dos cálculos de desdobro mais simples e dinâmico. O que pode ser elaborado com uso de artifícios de programação, como as linguagens HTML, CSS, JavaScript.

A Hypertext Markup Language - HTML é uma linguagem bastante difundida mundialmente, que permite a elaboração de páginas da web a partir de um conjunto de padrões (comandos) de estruturação de dados multimídia (PORTELA, 2019). Ou ainda pode ser definido como uma linguagem de marcação utilizada para produzir páginas na web (PINHEIRO, 1997).

Tecnicamente, para se programar com a linguagem HTML se utilizam marcadores denominados “TAGS” (PORTELA, 2019). Onde a conformação de uma TAG se dá: <TAG>texto</TAG>, em que o <TAG> inicia o comando, e o </TAG> finaliza-o (Figura 3). Esses marcadores podem ou não ser obrigatórios, devendo estar sempre presente toda vez que se deseja que apareça algum texto para o usuário (PORTELA, 2019; PINHEIRO, 1997).



**Figura 3.** A: Dados e TAGS de programação na linguagem HTML; B: Exibição das informações, conforme programadas no item A, em site da web. **Fonte:** Portela (2019).

Já a linguagem Cascading Style Sheets – CSS é utilizada de maneira complementar ao HTML, uma vez que permite a formatação da página de modo que a linguagem HTML não permite (BORTOLOSSI, 2012). Em outras palavras, enquanto o HTML é responsável pelo corpo do texto propriamente dito, o CSS é responsável por criar o Design e forma como o usuário irá visualizar a informação.

Segundo Bortolossi (2012), o uso do CSS é bastante similar ao HTML, podendo mesmo ser utilizado dentro do arquivo HTML, desde que inserida a TAG “Style” (Figura 4). Ou ainda, como um arquivo externo, também de maneira similar a linguagem citada, porém sem a necessidade da inserção da TAG.

```
<style> p { background-color: red; color: blue;} </style>
```

**Figura 4.** Programação CSS dentro do arquivo HTML. **Fonte:** Bortolossi (2012).

Na linguagem CSS é necessário indicar o elemento de texto que se deseja formatar (no exemplo acima, os parágrafos, representados pelo “p”), bem como o estilo aplicado (BORTOLOSSI, 2012). De modo que o design será exibido com o texto azul e com fundo de página vermelho.

O JavaScript é uma linguagem de programação capaz de gerir os sistemas de interação com usuário, ou seja, cria e administra os “botões de ação”. Ou ainda permite a modificação e integração dos elementos que compõem o documento. (BORTOLOSSI, 2012). Sendo também capaz de, baseado no sistema HTML, elaborar cálculos (Figura 5), de maneira que os botões de interação ofereçam “resultados” retirados de cálculos matemáticos (OLIVEIRA, 2017).

```

16  function taxaReal (taxa de juros nominal, percentual de inflação) {
17
18
19  return (1 + taxa de juros nominal) / (1 + percentual de inflação);
20
21 }
22
23  var taxaJurosNominal = prompt("Informe a taxa de juros nominal do período:");
24  var percentualInflação = prompt("Informe o percentual de inflação do período:");
25
26  var calculo = taxaReal(taxaJurosNominal, percentualInflação);
27
28
29
30
31      mostra("O percentual de retorno real do seu investimento é " + calculo);
32
33  </script>

```

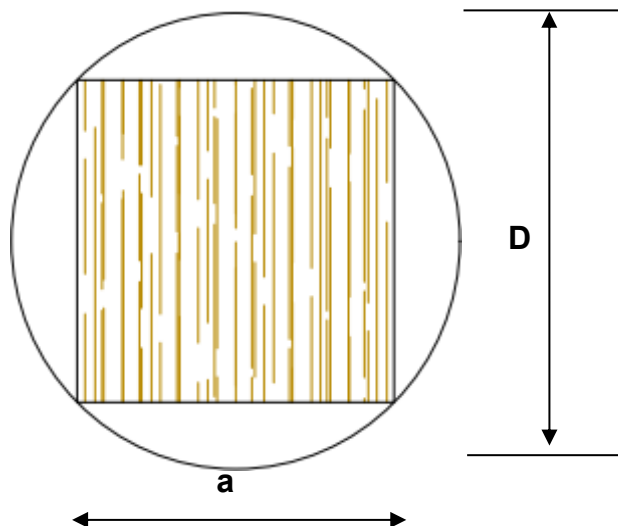
**Figura 5.** Programação em JavaScript de calculadora científica. **Fonte:** Barbosa (2022).

Dessa forma, se utilizando dos artifícios tecnológicos é possível e necessário que os *softwares* desenvolvidos promovam otimização no processo de desdobro de toras, que por sua vez traz a máxima obtenção de volume de madeira serrada diminuindo o volume de resíduos. Com base no objetivo final do produto, contribuindo também para a competitividade das empresas no mercado.

#### 4. METOLOGIA

Para o desenvolvimento dos modelos matemáticos utilizados na estimativa de volume e rendimento máximos em madeira serrada de uma tora bem como o do software, foram considerados quatro cenários (Planos de Corte) pré-definidos e comumente utilizados em serrarias. Os quais foram realizados calculos manualmente com os mesmos valores utilizados para teste do programa, visando verificar o funcionamento do software em cada um dos cenários estabelecidos.

**Cenário 1:** Plano de Corte retirando apenas as tábuas produzidas a partir do bloco máximo (Figura 6).



**Figura 6** - Tora convertida em bloco e posteriormente em tábuas com seções predeterminadas.  
**Fonte:** O autor, 2024.

Para confecção do cenário 1, foi considerada a “retirada” de um bloco central a partir de uma tora com conicidade máxima aceitável de até 3 cm/m. A partir da obtenção do bloco, foi calculado o rendimento máximo numa relação entre o volume do bloco e da tora, levando em consideração a retirada do maior número de tábuas possíveis em dimensões específicas.

Para se obter os dados do cenário 1 foram calculados o bloco máximo, o volume da tora, o volume das tábuas e o rendimento máximo, conforme as equações abaixo:

a. Bloco Máximo:

Considerando que a maior figura geométrica inserida num círculo (aqui representado pelo diâmetro menor da tora) é um quadrado de lado "a", temos:

$$a = \frac{D}{\sqrt{2}} \quad (\text{equação 1})$$

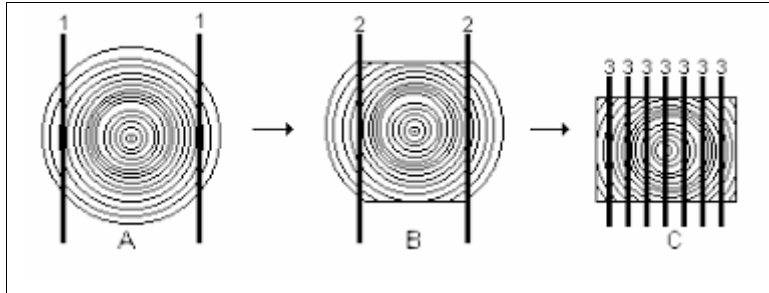
Onde: a = lados do maior quadrado (m);  
D = Diâmetro menor (m).

b. Volume da Tora:

$$Vol_{tora} = \left( \frac{\pi * D1^2 + \pi * D2^2}{8} \right) * c \quad (\text{equação 2})$$

Onde:  $Vol_{t\text{ora}}$  = Volume da tora ( $m^3$ );  
 $D_1$  = Diâmetro menor (m);  
 $D_2$  = Diâmetro maior (m);  
 $c$  = Comprimento da tora (m).

c. Número e volume de tábuas:



**Figura 7** - Tora convertida em pranchas. **Fonte:** O autor, 2024.

$$Ec \text{ tábua} = en + se + b \quad (\text{equação 3})$$

$$Er = en + se \quad (\text{equação 4})$$

$$Nt = \frac{a}{ec} \quad (\text{equação 5})$$

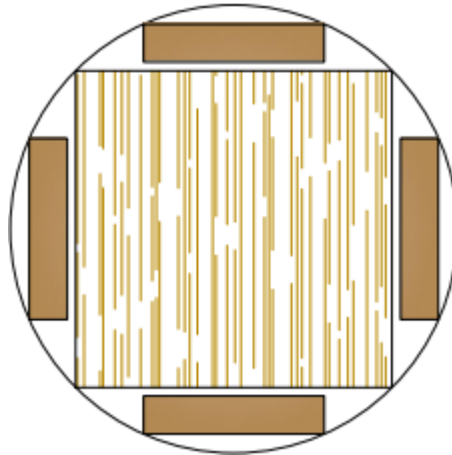
$$Vol_{tábuas} = (Er * a * c) * Nt \quad (\text{equação 6})$$

Onde:  $Vol_{tábuas}$  = Volume das tábuas ( $m^3$ );  
 $e_c$  = Espessura de corte das tábuas;  
 $e_n$  = Espessura Nominal da tábua;  
 $e_r$  = Espessura real da tábua;  
 $s_e$  = Sobresspessura ( valor tabelado);  
 $b$  = Largura do dente da serra;  
 $N_t$  = Numero de tábuas;  
 $a$  = Bloco Máximo

d. Rendimento máximo em madeira serrada:

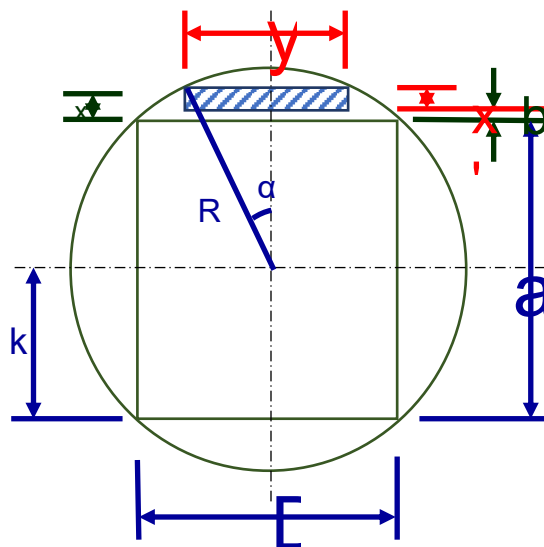
$$R_{máx} = \frac{Vol \text{ tábuas}}{Vol \text{ tora}} \quad (\text{equação 7})$$

**Cenário 2:** Plano de Corte aproveitando as tábuas produzidas à partir do bloco máximo e das costaneiras (Figura 8).



**Figura 8** – Tora convertida em bloco e posteriormente em tábuas. **Fonte:** O autor, 2024.

Para confecção do cenário 2, assim como no cenário anterior, foi considerada a “retirada” de um bloco central máximo a partir de uma tora com conicidade máxima aceitável de até 3 cm/m, o que demanda os cálculos das equações 1, 2, 3, 4, 5 e 6 acima citadas. Além disso, no segundo cenário será calculado o volume das 4 peças laterais (Figura 9) e então, calcular o volume das 4 peças (costaneiras) e então, calcular o rendimento máximo em relação tora/bloco.



**Figura 9** – Volume das 4 peças laterais. **Fonte:** o autor, 2024.

Para calcular o volume das 4 peças laterais, foram utilizadas as seguintes equações:

e. Volume das 4 peças laterais:

$$R = \frac{D_1}{2} \quad (\text{equação 8})$$

$$K = \frac{a}{2} \quad (\text{equação 9})$$

$$x = R \cdot \cos \alpha - k \quad (\text{equação 10})$$

$$x' = x - b \quad (\text{equação 11})$$

$$y = 2 \cdot R \cdot \sin \alpha \quad (\text{equação 12})$$

$$Vol_{4 \text{ peças laterais}} = (x' \cdot y \cdot c) \cdot 4 \quad (\text{equação 13})$$

Onde: R = Raio da tora de madeira;

x = Espessura da peça lateral e da largura do dente da serra;

y = largura da peça lateral

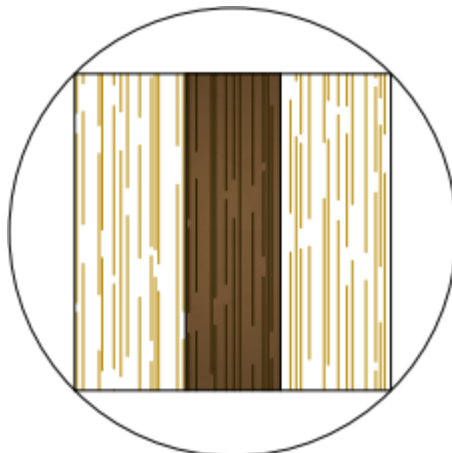
x' = espessura da peça lateral;

$\alpha = 25,09^\circ$ .

f. Redimento máximo em madeira serrada:

$$R_{max} = \frac{Vol \text{ tábuas} + Vol \text{ peças laterais}}{Vol \text{ tora}} \quad (\text{equação 14})$$

**Cenário 3:** Plano de Corte retirando uma prancha central e tábuas produzidas à partir do bloco máximo (Figura 10).



**Figura 10** - Tora convertida em bloco e posteriormente em uma prancha central. **Fonte:** O autor, 2024.

Para o cenário 3 foram utilizadas as equações do cenário 1, uma vez que se objetiva “retirar” o bloco máximo. Assim como, uma prancha central de acordo com tamanho variável e tábuas a partir do bloco central. E para tal foram empregadas as seguintes equações:

g. Volume da prancha:

$$ec\ prancha = en + se + 2b \quad (\text{equação 15})$$

$$Vol_{prancha} = (e_r \cdot a \cdot c) \quad (\text{equação 16})$$

a. Número de cortes:

$$N^{\circ}\ cortes = \frac{a'}{ec\ tábuas} \quad (\text{equação 17})$$

$$a' = \frac{a - ec\ prancha}{2} \quad (\text{equação 18})$$

Onde:  $e_r$  = Espessura Real da Prancha;

$a$  = Bloco Máximo;

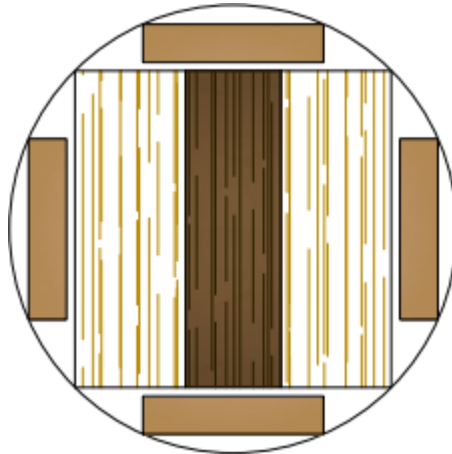
$c$  = comprimento da tora.

b. Rendimento máximo:

$$R_{max} = \frac{Vol\ prancha + Vol\ tábuas}{Vol\ tora} \quad (\text{equação 19})$$

**Cenário 4:** Plano de Corte retirando uma prancha central e tábuas produzidas à partir do bloco máximo e do aproveitamento das costaneiras (Figura 11).





**Figura 11** - Tora convertida em bloco e posteriormente em uma prancha central e tábuas aliado ao aproveitamento das costaneiras. **Fonte:** O autor, 2024.

Os calculos para o cenário 4 foram realizados conforme todas as equações utilizadas nos demais cenários, já que objetivou “retirar” da tora, no cenário 4, o bloco máximo, uma prancha central, tábuas a partir do bloco e tábuas com aproveitamento das costaneiras. Resultando em um rendimento máximo conforme a equação 15.

$$R_{max} = \frac{V_{prancha} + V_{tábuas} + V_{4\text{ peças laterais}}}{V_{tora}} \times 100 (\%)$$

(equação 20)

### Programação do Software

O Software *Rendmax* foi construído com JAVASCRIPT, HTML e CSS. Em que a linguagem HTML foi responsável pela estrutura básica do site (figura 12), incluindo elementos como cabeçalhos, parágrafos, imagens, tabelas, dentre outros.

```
1 <!DOCTYPE html>
2 <html lang="pt-br">
3 <head>
4   <meta charset="UTF-8">
5   <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
6   <link href="https://cdn.jsdelivr.net/npm/bootstrap@5.3.2/dist/css/bootstrap.min.css"
7   <link rel="stylesheet" href="css/Sfolhosas.css">
8   <title>RENDIMAX</title>
9 </head>
10 <body>
11   <!-- <div class="container" -->
12   <div class="row caixa">
13     <div class="col-lg-5 col-md-12 imagemFundo" style="background-image: url('imagens/arvore.jpeg');">
14       <div class="col-12">
15         </div>
16       </div>
17     <div class="col-lg-7 col-md-12 caixaDireita">
18       <div class="row espaco">
19         <div class="col-12 volta">
20           <a href="index.html"><strong></strong></a>
21         </div>
22         <div class="col-12">
23           <h1><strong>Selecione o cenário</strong></h1>
24         </div>
25         <div class="col-12 caixaBotoes">
26           <a href="SfolhosasC1.html"><button class="coniferas"></button></a>
27           <a href="SfolhosasC2.html"><button class="folhosas"></button></a>
28         </div>
29         <div class="col-12 caixaBotoes">
30           <a href="SfolhosasC3.html"><button class="coniferas"></button></a>
31           <a href="SfolhosasC4.html"><button class="folhosas"></button></a>
32         </div>
33       </div>
34     </div>
35   </div>
36 <!-- </div -->
37 </body>
38 </html>
```

**Figura 12** – Programação do software a partir de linguagem de programação HTML. **Fonte:** O autor, 2024.

Na construção do corpo do site (linguagem HTML), a seção “<head>” (figura 12 A), contém informações como o título do site, links para folhas de estilo externas (linguagem CSS) e links para scripts (linguagem JavaScript). Já na seção “<body>” (figura 12 B) foi inserido o conteúdo que os visitantes do site verão ao acessar a página, como por exemplo, imagens presentes ao entrar no site.

Uma vez estruturado o corpo do texto, foi escrita com uso da linguagem CSS (figura 13). Nessa etapa da programação foram construídas as informações de design do software, como cor de fundo, posições de imagem e texto, estilos de fonte. Nesse caso, foram escolhidas as cores azul escuro e branco (figura 13 A), para o fundo e as caixas de diálogo do software, respectivamente.

```

1  .container, body{
2      margin: 0;
3      padding: 0;
4      border: 0;
5  }
6
7  .caixa{
8      background-color: #002a3f;
9  }
10
11 .imagemFundo{
12     overflow: hidden;
13     background-repeat: no-repeat;
14     background-size: cover;
15 }
16
17 .caixaDireita{
18     text-align: center;
19     color: #FFF;
20     justify-content: space-evenly;
21     height: 100vh;
22 }
23
24 h1{
25     padding-top: 0vh;
26     font-size: 5vh;
27 }
28
29 .caixaBotoes{
30     display: flex;
31     justify-content: space-evenly;
32     padding-top: 5vh;
33 }
34
35
36 button{
37     background-color: #1f5970;
38     color: #fff;
39     border-style: none;
40     padding: 2vh;
41     border-radius: 50px;
42     font-size: 4vh;
43 }

```

**Figura 13** – Programação do software a partir de linguagem de programação CSS. **Fonte:** O autor, 2024.

Uma vez estipuladas as características referentes ao design e o layout do software, foi programado através da linguagem JavaScript, os pedidos de entrada, criações de variáveis e os cálculos internos, interações, menus interativos, animações e validações do programa, ou seja, foi feito o código fonte (figura 14).

```

35     var se_tabua;
36     var se_prancha;
37     var ec;
38
39     var bloco_maximo = a/Math.sqrt(2);
40     var bloco_maximo_milímetros = bloco_maximo * 1000;
41
42     var V_bloco = bloco_maximo * bloco_maximo * c;
43
44     var volume_tora = ((Math.PI * a * a) + (Math.PI * b * b)) / 8 * c;
45
46     rendimento_bloco_central = (V_bloco / volume_tora) * 100;
47
48     if (espessura_nominal_tabua > 11 && espessura_nominal_tabua < 26){
49         se_tabua = 2;
50     }
51     if (espessura_nominal_tabua > 31 && espessura_nominal_tabua < 58){
52         se_tabua = 5;
53     }
54     if (espessura_nominal_tabua > 62 && espessura_nominal_tabua < 100){
55         se_tabua = 7;
56     }
57
58     //-----

```

**Figura 14** – Programação do software a partir de linguagem de programação JavaScript. **Fonte:** O autor, 2024.

Foram construídos os códigos com as equações listadas no item 4, como por exemplo a linha 46 (figura 14B) , onde o rendimento do bloco central foi calculado pelo volume do bloco dividido pelo volume da tora multiplicado por 100. Além disso, foram inseridas condições a ser respeitadas de acordo com a condição proposta, através dos comandos 'if'. Possibilitando assim a utilização propriamente dita do software.

## 5. RESULTADOS

Posteriormente, com base na metodologia de cálculo, foi desenvolvido um software que otimizasse o processo de conversão da madeira na forma de toras em peças de madeira processada mecanicamente utilizando linguagem de programação.

### 5.1. Execução e Utilização do Software

Finalizada a programação, foi possível a utilização do software. Acessado o link, o software é inicializado, onde é revelada a tela de escolha do grupo de tora que se deseja calcular os rendimentos de acordo com o cenário (figura 15). Nesse caso, para fins de teste, foi desenvolvido na primeira versão do software apenas os cálculos de otimização de folhosas.



**Figura 15.** Tela de inicialização e escolha do grupo de toras do Software. **Fonte:** O autor, 2024.

Através da programação por JAVASCRIPT foi possível criar a interatividade dos botões de ação, nesse caso, o botão de escolha “Folhosas”. Seguido da escolha, são revelados os cenários os quais o usuário pretende obter os cálculos de volume e rendimento máximos (figura 16 A). Sendo quatro botões de interação e cada um representando um cenário pré-definido.



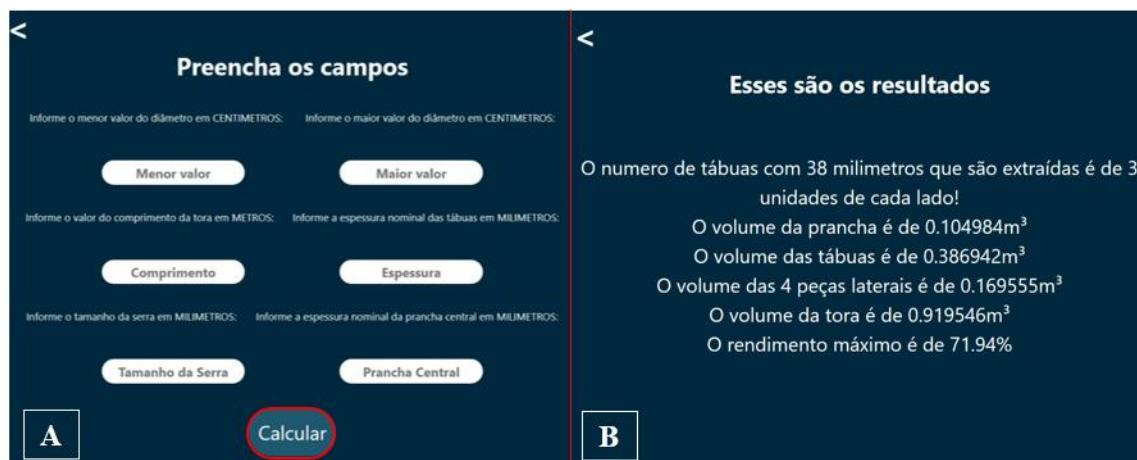
**Figura 16.** Telas de escolha de cenário (A) e dos dados exigidos no cenário 1 (B). **Fonte:** O autor, 2024.

É importante que o usuário insira as medidas especificadas nos campos de cada variável (figura 16 B). A interface do “cenário 2” é semelhante à do primeiro cenário, de maneira que mesmo com a diferença no número e formato das peças, através da programação do software somente com a inserção desses dados é possível obter as medidas de forma otimizada.

Já nos cenários 3 e 4, por sua vez, faz-se necessária inserção de mais variáveis (figura 17). Entretanto, todos os valores necessários respeitam a proposta do programa, ou seja, de fácil obtenção e inserção nos campos de digitação do software. O diferencial se deve, nesse caso, ao número de peças, e com isso, a conformação dessas peças dentro das toras. Objetivando sempre a otimização e o maior aproveitamento de madeira na tora.

**Figura 17.** Tela de preenchimento de dados cenário 3 e cenário 4 . **Fonte:** O autor, 2024.

Após o preenchimento dos dados, o usuário aperta no botão de ação “Calcular” (figura 18 A) e o software apresenta todos os volumes objetivados em cada cenário. No caso da figura 18 B, foram calculados os volumes referentes ao cenário 4, logo, o de maior aproveitamento da tora, calculando o volume da prancha, das tábuas e das peças laterais, obtendo maior rendimento em relação a tora.



**Figura 18.** Botão de ação referente ao comando “calcular” (A); Resultados de volumes obtidos a partir do cenário 4 (B). **Fonte:** O autor, 2024.

Foi possível, portanto, a obtenção de cálculos de volume de forma otimizada, e, no caso das serrarias de pequeno porte, é bastante útil, visto que diminui o desperdício de matéria prima, bem como o tempo de produção das peças.

## **6. CONCLUSÃO**

Dessa forma, com a junção das 3 linguagens (HTML, CSS e JavaScript), é possível otimizar o processo de obtenção dos dados, a partir da mesma linha de raciocínio empírica (através do uso das equações), porém se utilizando da criação de códigos e comandos através das linguagens de programação. Além disso, foi possível chegar no resultado esperado, com maior aproveitamento da tora de acordo com o cenário, o que comprova sua aplicabilidade no mercado.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, S. C. **Ajuda, meu código não funciona**. 2022. Disponível em: <https://cursos.alura.com.br/forum/topico-ajuda-meu-codigo-nao-funciona-212891>. Acesso em: 14 dez. 2023.

BATISTA, D. C.; SILVA, J. G. M.; ANDRADE, W. S. P.; VIDAURRE, G. B. Desempenho operacional de uma serraria de pequeno porte do município de alegre, espírito santo, Brasil. **Floresta**, v. 45, n. 3, p. 487 - 496, 2015.

BONASSA, F. V. S.; EVANGELISTA, W. V.; FERREIRA, J. L. Determinação do rendimento de madeira serrada de três espécies florestais da Amazônia. **Engenharia florestal: desafios, limites e potencialidade**, v.1, n.1, p. 285-314, 2020. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/books/978-65-87196-43-5.pdf>. Acesso em: 22/12/2023.

BORTOLOSSI, H. J. Criando conteúdos educacionais digitais interativos em matemática e estatística com o uso integrado de tecnologias: GeoGebra, JavaView, HTML, CSS, MathML e JavaScript. **Revista do Instituto GeoGebra Internacional de São Paulo**, v. 1, n. 1, p. 28-36, 2012. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/IGISP/article/view/8823>. Acesso em: 26 dez. 2023.

COSTA, A. C. R. **Estudo sobre o rendimento no processo de serramento em operações de desdobro de Pinus**. 2017, 62f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Estadual Paulista - UNESP, São Paulo, Itapeva, 2017.

COSTA, T. C. C.; CAMPANHA, M. M.; FRANÇA, L. F. M.; ALBERNAZ, W. M.; PINTO JUNIOR, E. S. **Primeira Validação do CalcMadeira, Software para Estimativa de Peças de Madeira Roliça e Serrada**. 1º ed. Minas Gerais: Sete Lagoas, 2019.

FAGUNDES, H. A. V. **Diagnóstico da produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul**. 2003. 173f. Dissertação (Mestrado em Engenharia na Modalidade Acadêmica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

GOMES, R. C. **Aplicação de Deep Learning na classificação de tábuas de madeira por meio de análise de imagens digitais**. 2019. 112f. Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp. São Paulo, Botucatu, 2019.

GUERRA, F. **Serrarias: subsídios técnicos**. 1º ed. Pará: Belém, 1983.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FLORESTAS. Rendimento na conversão de tora em madeira serrada. 2020. Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/madeira-serrada>. Acesso em 21/02/2024.



LEITE, H. G. **Conversão de troncos em multiprodutos da madeira, utilizando programação dinâmica**. 1994. 230 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1994.

MARCHESAN, R. **Rendimento e qualidade de madeira serrada de três espécies tropicais**. 2012. 92f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

NUNES, G. V. P.; ARROYO, J. E. C.; LEITE, H. G. Um algoritmo para geração de padrões de corte otimizados para o corte radial de toras em serrarias. **Anais do Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**. 12f. 2012. Disponível em: <http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2012/pdf/arq0440.pdf>. Acesso em: 22/12/2023.

NUNES, G. V. P. **Cutting Pattern Generation Algorithms to Plainsawn and Quartersawn Problems**. 2013. 93 f. Dissertação (Mestrado em Metodologias e técnicas da Computação; Sistemas de Computação) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

OLIVEIRA, A. C. **Desenvolvimento de material didático para ensino de estática com HTML5, CSS e Javascript**. 2017. 49f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do grau de Licenciada em Física) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Instituto de Ciências Exatas, Marabá, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.unifesspa.edu.br/handle/123456789/588>>. Acesso em: 26/12/2023.

PINHEIRO, P. C. C. Desenvolvimento de um tutorial hipertexto em HTML. *In*. XXVI Congresso brasileiro de educação em engenharia, 1997. **Anais**. Salvador: Escola Politecnica da UFBA, 1997. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/334971400\\_desenvolvimento\\_de\\_um\\_tutorial\\_hipertexto\\_em\\_html](https://www.researchgate.net/publication/334971400_desenvolvimento_de_um_tutorial_hipertexto_em_html). Acesso em: 26/12/2023.

PORTELA, T. **Web Desing XHTML**. 2019, 150f. Disponível em: <https://tarlis.com.br/wp-content/uploads/2019/02/1-HTML.pdf>. Acesso em: 26/12/2023.

ROCHA, M. P. **Técnicas e planejamento em serrarias**. 1º ed. Curitiba, 2002.

ROPER, T. S. **Sistema de visão computacional para otimização de corte de madeira em máquina refiladeira**. 2019. 76f. Dissertação (Mestrado em Mecatrônica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

VITAL, B.R. **Planejamento e operação de serrarias**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2008. 211p.

ZANELLA, K. **Avaliação do desempenho de uma serraria de Eucalipto**. 2016. 7f. Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia florestal) – Universidade Federal do Paraná – UFPR. Paraná, Curitiba, 2016.