

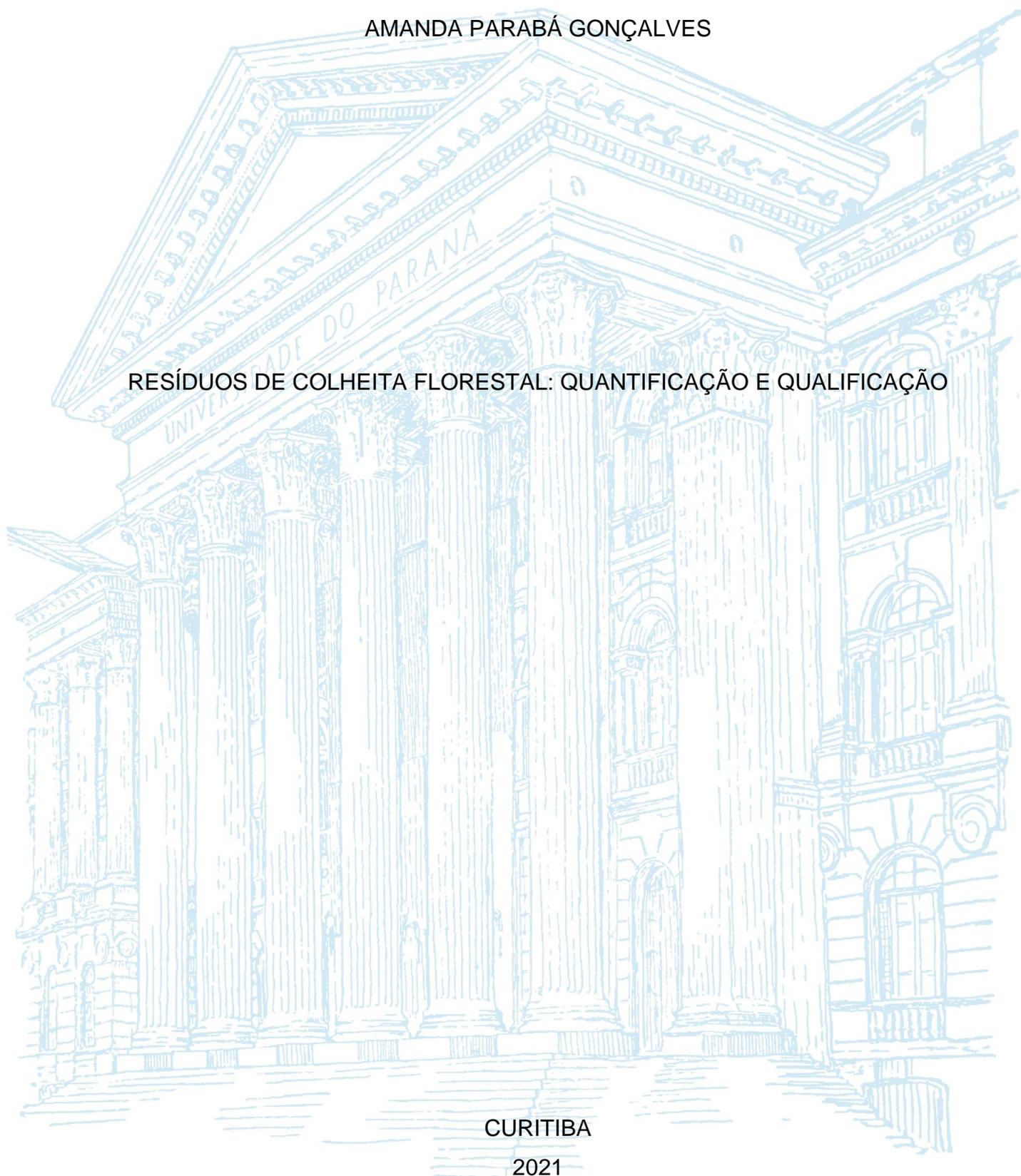
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

AMANDA PARABÁ GONÇALVES

RESÍDUOS DE COLHEITA FLORESTAL: QUANTIFICAÇÃO E QUALIFICAÇÃO

CURITIBA

2021



AMANDA PARABÁ GONÇALVES

## RESÍDUOS DE COLHEITA FLORESTAL: QUANTIFICAÇÃO E QUALIFICAÇÃO

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr. Júlio Eduardo Arce

CURITIBA

2021





## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Paraná (UFPR), aos professores do departamento de Engenharia Florestal, aos demais servidores e terceirizados pela contribuição acadêmica e profissional.

À CAPES pela oportunidade de vivenciar momentos incríveis durante o período de intercâmbio estudantil na *École Supérieure du Bois* (ESB) em Nantes na França.

À empresa Florestal Gateados Ltda. por me proporcionar o primeiro contato com o mundo profissional e pela colaboração para a realização deste trabalho, em particular à Engenheira Florestal Graciane Biolchi pela orientação durante o período de estágio.

Aos meus amigos, em especial à Dafne Brassolotto, Sarah Domingues, Tatiana Enta, David Jazinski e Julien Arnaud pela parceria, paciência e incentivo.

Ao Dr. Julio Eduardo Arce, professor adjunto no departamento de Ciências Florestais pela orientação e disponibilidade para o desenvolvimento do presente trabalho.

À minha família, minha mãe Elisa Parabá Suarez, meu pai Edilson de Souza Gonçalves (*in memorium*), minha irmã Alexandra Parabá Gonçalves, meu irmão Alexandre Parabá Gonçalves e meu sobrinho Rhuan Parabá Muzolon pela dedicação, apoio e companheirismo durante todo o meu período de graduação.

Aos meus avós Maria de Souza Gonçalves e Izaltino José Gonçalves pelos momentos felizes e agradáveis.

## RESUMO

Resíduos florestais são aqueles que permanecem sem utilização definitiva ao longo do tempo, frequentemente descartados no processo de colheita e produção. Estes são deixados no interior dos talhões pois não é viável realizar um aproveitamento deste material, embora possua características adequadas para outras finalidades, como o uso para biomassa. A partir deste pressuposto, o trabalho em questão teve o objetivo de estimar o volume por hectare de resíduos lenhosos, assim como realizar uma classificação qualitativa destes materiais apontando quais são as principais fontes de resíduos. Para a quantificação do material, foi utilizado o método de linha interceptadora, onde foram alocadas 83 parcelas para o levantamento do inventário em 5 módulos de colheita. Como principais resultados, foi observado que o menor volume de resíduo ocorre no módulo de colheita que realiza primeiro desbaste e que os módulos que apresentam maior volume por hectare de resíduo lenhoso são os provenientes de corte raso, sobretudo aquele realizado em florestas onde não houveram manejo de podas e desbastes ao longo do ciclo da floresta.

Palavras-chave: Inventário de Biomassa. Método de linha interceptadora. Material Lenhoso.

## **ABSTRACT**

Forest waste is defined as woody material that remains unused over time often discarded in the harvest and production process. These are left inside the stands as it is not feasible to make use of this material, although it has characteristics suitable for other purposes, such as use for biomass. Based on this assumption, the work in question aimed to estimate the volume per hectare of woody residues, as well as carry out a qualitative classification of these materials pointing out the main sources of residues. To quantify the material, the line intercept sampling was used, where 83 units were allocated to survey the inventory in 5 harvesting modules. As main results, it was observed that the smallest volume of residue occurs in the harvest module that performs first thinning and that the modules with the highest volume per hectare of woody residue are those from clear cutting, especially those carried out in forests where there was no pruning and thinning management throughout the forest cycle.

Keywords: Biomass Inventory. Line Intercept Sampling. Woody Material.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS NO MÓDULO DE COLHEITA 1 .....	25
FIGURA 2 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS NO MÓDULO DE COLHEITA 2 .....	26
FIGURA 3 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS NO MÓDULO DE COLHEITA 3 .....	27
FIGURA 4 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS NO MÓDULO DE COLHEITA 4 .....	28
FIGURA 5 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS NO MÓDULO DE COLHEITA 5 .....	29

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - CAUSA DE RESÍDUOS FLORESTAIS NO MÓDULO DE COLHEITA 1 .....	33
GRÁFICO 2 - DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA POR CLASSE DIAMÉTRICA NO MÓDULO DE COLHEITA 1.....	34
GRÁFICO 3 - CAUSA DE RESÍDUOS FLORESTAIS NO MÓDULO DE COLHEITA 2 .....	37
GRÁFICO 4 - DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA POR CLASSE DIAMÉTRICA NO MÓDULO DE COLHEITA 2.....	38
GRÁFICO 5 - CAUSA DE RESÍDUOS FLORESTAIS NO MÓDULO DE COLHEITA 3 .....	41
GRÁFICO 6 - DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA POR CLASSE DIAMÉTRICA NO MÓDULO DE COLHEITA 3.....	41
GRÁFICO 7 - CAUSA DE RESÍDUOS FLORESTAIS NO MÓDULO DE COLHEITA 4 .....	43
GRÁFICO 8 - DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA POR CLASSE DIAMÉTRICA NO MÓDULO DE COLHEITA 4.....	44
GRÁFICO 9 - CAUSA DE RESÍDUOS FLORESTAIS NO MÓDULO DE COLHEITA 5 .....	47
GRÁFICO 10 - DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA POR CLASSE DIAMÉTRICA NO MÓDULO DE COLHEITA 5.....	47

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CARACTERIZAÇÃO DOS MÓDULOS DE COLHEITA ESTUDADOS..	30
TABELA 2 - DISTRIBUIÇÃO DE PARCELAS POR MÓDULO DE COLHEITA.....	30
TABELA 3 - ESTIMATIVAS DO PROCESSO DE AMOSTRAGEM .....	32
TABELA 4 - CUBAGEM DAS PONTEIRAS NO COMPRIMENTO 1,5 m NO MÓDULO DE COLHEITA 1.....	34
TABELA 5 - ESTIMATIVA DE BIOMASSA NO MÓDULO DE COLHEITA 1.....	35
TABELA 6 - ESTIMATIVAS DO INVENTÁRIO NO MÓDULO DE COLHEITA 1.....	36
TABELA 7 - CUBAGEM DAS PONTEIRAS NO COMPRIMENTO 1,5 m NO MÓDULO DE COLHEITA 2.....	38
TABELA 8 - ESTIMATIVA DE BIOMASSA NO MÓDULO DE COLHEITA 2.....	39
TABELA 9 - ESTIMATIVAS DO INVENTÁRIO NO MÓDULO DE COLHEITA 2.....	40
TABELA 10 - ESTIMATIVA DE BIOMASSA NO MÓDULO DE COLHEITA 3.....	42
TABELA 11 - ESTIMATIVAS DO INVENTÁRIO NO MÓDULO DE COLHEITA 3.....	43
TABELA 12 - CUBAGEM DAS PONTEIRAS NO COMPRIMENTO 1,5 m NO MÓDULO DE COLHEITA 4.....	45
TABELA 13 - ESTIMATIVA DE BIOMASSA NO MÓDULO DE COLHEITA 4.....	45
TABELA 14 - ESTIMATIVAS DO INVENTÁRIO NO MÓDULO DE COLHEITA 4.....	46
TABELA 15 - CUBAGEM DAS PONTEIRAS NO COMPRIMENTO 1,5 m NO MÓDULO DE COLHEITA 5.....	48
TABELA 16 - ESTIMATIVA DE BIOMASSA NO MÓDULO DE COLHEITA 5.....	49
TABELA 17 - ESTIMATIVAS DO INVENTÁRIO NO MÓDULO DE COLHEITA 5.....	49
TABELA 18 - VOLUME POR HECTARE E % EM RELAÇÃO À PRODUÇÃO DE CADA COLHEITA .....	51
TABELA 19 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA .....	51

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
1.1 OBJETIVOS .....	18
1.1.1 Objetivo geral .....	18
1.1.2 Objetivos específicos.....	18
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>19</b>
2.1 RESÍDUOS FLORESTAIS .....	19
2.2 BIOMASSA FLORESTAL.....	19
2.3 QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS FLORESTAIS - MÉTODO DE LINHA INTERCEPTADORA .....	20
2.4 QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS FLORESTAIS - MÉTODO DE ÁREA FIXA..	21
2.5 MANEJO FLORESTAL E CONTROLE DE QUALIDADE DA COLHEITA REALIZADO NA EMPRESA.....	22
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
3.1 DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	24
3.1.1 MÓDULO DE COLHEITA 1.....	24
3.1.2 MÓDULO DE COLHEITA 2.....	25
3.1.3 MÓDULO DE COLHEITA 3.....	26
3.1.4 MÓDULO DE COLHEITA 4.....	27
3.1.5 MÓDULO DE COLHEITA 5.....	28
3.1.6 CARACTERIZAÇÃO DOS MÓDULOS DE COLHEITA.....	29
3.2 METODOLOGIA.....	30
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>33</b>
4.1 MÓDULO DE COLHEITA 1 .....	33
4.1.1 ESTIMATIVA DE VOLUME DE BIOMASSA .....	35
4.2 MÓDULO DE COLHEITA 2.....	36
4.2.1 ESTIMATIVA DE VOLUME DE BIOMASSA .....	39
4.3 MÓDULO DE COLHEITA 3.....	40
4.3.1 ESTIMATIVA DE VOLUME DE BIOMASSA .....	42
4.4 MÓDULO DE COLHEITA 4.....	43
4.4.1 ESTIMATIVA DE VOLUME DE BIOMASSA .....	45
4.5 MÓDULO DE COLHEITA 5.....	46
4.5.1 ESTIMATIVA DE VOLUME DE BIOMASSA .....	48

4.6 RESULTADOS GERAIS.....	50
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a portaria normativa 302/84 do IBAMA, resíduos florestais são matérias de sobra, que não seja o produto da atividade prioritária, e que permanecem sem utilização definitiva ao longo do tempo, sendo geralmente descartados na atividade de produção. Estes resíduos podem ser classificados a partir das etapas que sucedem a produção florestal, tendo, portanto, sua origem no manejo florestal e tratos silviculturais que resultam em resíduos de desbastes e podas, resíduos da colheita florestal (SOUZA, 2010).

Geralmente, os resíduos de colheita florestal são deixados no interior das florestas pois não é possível ser feito um aproveitamento deste tipo de material (DO CANTO, 2009). Estes resíduos podem ser galhos, ramos, parte superior da árvore (ponteiras), partes quebradas ou toras que não possuem diâmetro mínimo para uso, ou até mesmo, que não possuem valor comercial suficiente que justifique a remoção do interior da floresta (DO CANTO, 2009).

Desde 1990, a FAO, estima que menos de dois terços de uma árvore é retirado para aproveitamento, restando cerca de 33% no interior da floresta como resíduo. Em alguns empreendimentos florestais, estes resíduos são reaproveitados e reclassificados como subprodutos florestais, tais como a lenha. Sendo este material considerado uma fonte de biomassa de baixo custo e em abundância (VATRAZ & BORGES, 2019).

No processo de colheita florestal são realizadas várias operações e durante este processo ocorrem muitas perdas, nas etapas de corte, extração e transporte, e que apesar dos grandes avanços tecnológicos, ainda acontecem muitos desperdícios de madeira (VALÉRIO et al., 2007).

Diferentes metodologias já foram elaboradas para a quantificação de resíduos florestais, tanto para florestas nativas, quanto para florestas plantadas. No caso de floresta plantada, a metodologia mais indicada é a amostragem por linha interceptadora, onde todos os resíduos que cruzam a linha de amostragem são registrados (BROWN, 1974 apud CRUZ FILHO & SILVA, 2009).

Diversos estudos já foram realizados para se quantificar os resíduos florestais, estes apontam que a quantidade pode variar de 10 a 120 ton/ha, dependendo do tipo de espécie, espaçamento, idade, sistema de colheita, condição climática de declividade do local (SANKA-RAN et al., 2008).

Um estudo realizado no norte do estado de Mato Grosso, em floresta nativa, mostrou que a quantidade de resíduos gerados chegou até cerca de 85% em relação ao volume total, compreendendo fustes, sapopemas, galhos etc. (FELFILI et al., 1984). Em São Paulo, foram avaliados plantios de caixeta (*Tabebuia cassinoides*), o resultado comprovou que apenas 33% da madeira foi aproveitada (NOLASCO, 1997 apud DO CANTO et al., 2009). Já em um plantio de *Eucalyptus* em cinco subsistemas, concluiu-se que, cerca de 5,9% da madeira aproveitável foi deixada na floresta após a colheita. Isso ocorreu devido a falhas operacionais e ao não atendimento às dimensões comerciais (JACOVINE et al., 2001 apud DO CANTO, 2009).

Atualmente, questões relacionadas à substituição de recursos de fonte fóssil por fontes de energia renováveis vêm sendo muito defendida e discutida. A utilização de biomassa pode ser uma solução sustentável e economicamente viável para produção de energia. Além disso, um item cada vez mais abordada em empresas de base florestal correspondem aos critérios de normas e certificações florestais, como por exemplo, a certificação FSC® (Forest Stewardship Council ®) de Manejo Florestal. Segundo o Princípio 5 da certificação florestal FSC® (FSC-STD-BRA-01-2014 V1-1), onde é apontado:

“As operações de manejo florestal devem incentivar o uso eficiente e otimizado dos múltiplos produtos e serviços da floresta para assegurar a viabilidade econômica e uma grande quantidade de benefícios ambientais e sociais” (FSC®, 2014, p 14)

E o indicador 5.2.2 e critério 5.3:

“Indicador 5.2.2. De maneira consistente com os objetivos do manejo, a Organização deveria demonstrar ações para diversificar os tipos e quantidades de produtos da unidade de manejo florestal, tais como resíduos florestais para fins comerciais, energéticos, de conservação de solos ou outros usos.

Critério 5.3. O manejo florestal deveria minimizar os desperdícios associados com as operações de colheita e de processamento local e evitar danos a outros recursos florestais.” (FSC®, 2014, p 14)

A norma aborda temas de otimização da produção, minimização de desperdícios e a utilização de multiprodutos. Tendo isso em vista, o presente trabalho visa demonstrar a possibilidade de utilização de resíduos florestais para

outros fins, assim como identificar possíveis desperdícios de madeira comercial a partir da quantificação de resíduos de colheita florestal por módulos de colheita, que foram analisados individualmente por possuírem características distintas.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

O trabalho em questão tem o objetivo de estimar o volume ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) dos resíduos florestais pós-colheita, para diferentes módulos de colheita, a fim de obter resultados futuros que demonstrem a viabilidade de uso ou não de retirada desses resíduos.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Estimar o volume ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) dos resíduos florestais por módulo de colheita (5 módulos)
- Utilizar o método de linha interceptadora
- Classificar as causas de resíduos florestais

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 RESÍDUOS FLORESTAIS

Os resíduos de colheita florestal podem ser definidos por serem aqueles gerados e abandonados na floresta durante as operações de colheita. É resultado da exploração de madeira e acabam por não serem utilizados. Os materiais considerados como resíduos florestais são os galhos, cascas, copas, árvores que não foram exploradas comercialmente, tocos e raízes. Estes resíduos podem ser aproveitados como biomassa florestal, sendo um recurso renovável e podendo ser utilizada para a produção de energia por conta de suas características, pelo método de queima direta, produção de carvão e outros fins (SOUZA, 2010; ALMEIDA, 2016).

Rummer e Seixas (2007), afirmam que a biomassa florestal obtida através dos resíduos florestais é a matéria prima de custo mais acessível para a produção de energia a partir de biomassa. Por outro lado, Gonçalves e Stape (2002) apud Almeida (2016) afirmam que apesar da biomassa proveniente de resíduos florestais seja uma boa solução para a utilização como energia, esta atividade pode apresentar problemas no processo de ciclagem de nutrientes pelo solo, por consequência da extração de galhos finos, folhas e cascas.

### 2.2 BIOMASSA FLORESTAL

A biomassa pode ser considerada um recurso renovável oriundo de matéria orgânica, podendo ter sua origem vegetal ou animal, e possui como objetivo principal a produção de energia (SOARES et al, 2006). Uma das fontes de biomassa mais utilizada é a biomassa florestal que, das diversas vantagens que esta possui, pode ser destacada a sua capacidade de menor poluição atmosférica e sua estabilidade de carbono, além de alta densidade energética (SAAD et al., 2010 apud SACCOL et al., 2020).

Saccol et al. (2020) observou que briquetes fabricados a partir de resíduos florestais de *Pinus taeda* apresentaram bons resultados, com características energéticas favoráveis, indicando potencial deste material como fonte de energia.

No entanto, para a tomada de decisão da utilização destes resíduos como fonte de biomassa, é necessário ter dados precisos da disponibilidade de material,

porém, os dados existentes são insuficientes para estas análises (FERREIRA, 2019). São necessários levantamentos contínuos e sucessivos da quantidade e qualidade dos resíduos disponíveis após as intervenções silviculturais (FERREIRA, 2019).

Além disso, segundo Rummer & Seixas (2007), apontaram que o recurso (biomassa florestal) deve estar em um raio de no máximo 80 km da indústria consumidora. Pois, segundo Watson et al. (1986), o recurso florestal que está há 80 km de distância da indústria consome cerca de três vezes mais combustível que as operações de colheita da mesma floresta, sendo que, a colheita é o item mais caro em termos de consumo de combustível.

### 2.3 QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS FLORESTAIS - MÉTODO DE LINHA INTERCEPTADORA

O método de linha interceptadora foi introduzido no meio florestal com o intuito de quantificar os resíduos da colheita de *Pinus radiata* na Nova Zelândia, neste caso, o Serviço Florestal do país observou a necessidade de obter estimativas com precisão, de forma rápida e pouco onerosa (WARREN & OLSEN, 1964)

Segundo Warren & Olsen (1964) o método de linha interceptadora possui o “design” de uma amostragem probabilística desigual que faz uso de um transecto em linha de comprimento fixo, partindo do princípio que parcelas longas, estreitas e retangulares apresentam um padrão de distribuição mais adequado para esse tipo de amostragem. A partir disso, a amostragem por linha interceptadora é entendida como uma amostra em faixa de largura infinitesimal, simulando uma parcela retangular de comprimento L e largura levada ao extremo (tendendo a zero) (WARREN & OLSEN, 1964)

É proposto, como princípio básico, que todas as peças de madeira que cruzam uma linha de comprimento determinado tenham seus diâmetros aferidos nos pontos em que são interceptados com a linha, exceto àquelas peças em que toquem no sentido longitudinal da linha (WARREN & OLSEN, 1964 apud GALVÃO FILHO (2010). A linha amostral é considerada um plano vertical, onde são coletadas as áreas de seções transversais das partes de madeira interceptadas. São observados, que dependendo da posição da peça de madeira, essa área passa a ser elíptica, no

entanto, é utilizado um fator de correção que é derivado de teoria de probabilidade onde são aceitas que as áreas sejam somadas como círculos, de modo a calcular o volume médio por hectare. (VAN WAGNER E WILSON, 1976).

A equação básica pressupõe que as peças para que sejam amostradas, devem ser orientadas de forma aleatória, para que todos os ângulos sejam igualmente representados, partindo da suposição que em uma população ideal, uma linha amostral em qualquer direção irá apresentar um erro mínimo (VAN WAGNER (1982) apud GALVÃO FILHO (2010))

A disposição das linhas poderá variar, há autores que utilizaram uma única linha, duas linhas em ângulos retos, linhas formando retângulos equiláteros, e outros de linhas partindo de um centro de uma parcela circular (PEARSON et al., 2005). Além disso, utilizar linhas em mais de uma direção pode evitar tendência em relação à disposição dos resíduos em campo (VAN WAGNER, 1982 apud MAAS, 2015).

Para Van Wagner (1982) apud Galvão Filho (2010), o método ainda deve considerar alguns aspectos, como o layout, precisão dos resultados, intensidade amostral, relevo do sítio, distribuição e orientação dos resíduos, sendo o método considerado prático e confiável na quantificação de resíduos de madeira. O resultado independe do comprimento individual de cada peça e da área amostrada. Deste modo, o método de linha interceptadora se torna eficiente, economicamente viável e de rápida obtenção de informações em comparação a outros métodos (VAN WAGNER (1982) apud GALVÃO FILHO (2010))

#### 2.4 QUANTIFICAÇÃO DE RESÍDUOS FLORESTAIS - MÉTODO DE ÁREA FIXA

O método de área fixa é uma forma de mensuração de resíduos florestais utilizados em todo o mundo. Para este método são definidas parcelas de área fixa onde todo o resíduo lenhoso que se encontra dentro desta área é medido (PALACE et al., 2008). A forma, o tamanho e a quantidade de parcela dependem do tipo de amostragem e precisão requerida, podendo variar entre quadráticas, retangulares ou raio fixo (HARMON & SEXTON, 1996; MAAS, 2015). A partir disto, todo o material que se encontra dentro dos limites desta parcela é medido. Para a mensuração do volume, entre as alternativas, podem ser aferidos os comprimentos, diâmetro central e diâmetro das extremidades, sendo que a medição de diâmetros depende da metodologia utilizada para a estimativa de volume das peças (MAAS, 2015).

A partir deste método podem ser mensurados tanto volume de árvores caídas, como de material lenhoso fino, no caso de materiais finos, geralmente são pesados os materiais e coletadas amostras para a determinação de umidade (HARMON & SEXTON, 1996).

Em estudo realizado no interior do Paraná, Vatrás & Borges (2019), analisaram a quantidade e qualidade de resíduos lenhosos após intervenção de colheita em um plantio misto de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*. Nesta pesquisa, foram implantadas 34 parcelas de dimensões 12 m x 12 m, em que todos as peças de madeira com diâmetros superiores a 10 cm foram cubados, resultando em um volume de, aproximadamente, 78,03 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, sendo observado que o maior volume se referia à fustes desclassificados, correspondendo a 74,32% do total. Além disso, foi verificado que grande parte destes resíduos pode afetar o controle operacional do volume de madeira estimado pelo inventário florestal e o volume real colhido, demonstrando que há falta de planejamento e de monitoramento da qualidade das atividades de colheita florestal.

## 2.5 MANEJO FLORESTAL E CONTROLE DE QUALIDADE DA COLHEITA REALIZADO NA EMPRESA

Na Florestal Gateados Ltda, empreendimento onde foi realizado o presente estudo, o manejo florestal é realizado com o objetivo de produção de mais de 320 mil toneladas anuais de madeira de alta qualidade, principalmente do gênero *Pinus*, atuando como fornecedor de madeira para serrarias, laminação e celulose. Para garantir a qualidade requerida pelo mercado, a empresa adota um sistema de manejo específico, em que as atividades são adotadas desde o plantio até o momento da colheita das florestas, onde também são realizados podas e desbastes. Visando um ciclo de 25 a 30 anos, os desbastes são orientados de acordo com a área basal do povoamento, geralmente, o primeiro desbaste ocorre entre o 8º e o 10º ano, enquanto as demais intervenções devem ser realizadas até o 20º ano. Já o regime de podas ocorre até os 6 metros de altura, com o objetivo de obter madeira livre de nós, para que estas tenham um uso final mais nobre e, portanto, maior valor agregado (FLORESTAL GATEADOS, 2021).

Com o objetivo de garantir a qualidade das operações, o controle de qualidade é uma ferramenta utilizada com a finalidade de estabelecer os requisitos e

orientar as avaliações das atividades da colheita objetivando garantir a qualidade das atividades e produtos florestais. O controle operacional, também realizado, diz respeito à qualidade das operações de colheita compreendendo a avaliação do volume de madeira não aproveitado no interior dos talhões.

Os resíduos aproveitáveis encontrados no interior dos talhões deverão ter suas medidas aferidas, sendo usualmente, quanto ao diâmetro e o comprimento, para o cálculo de volume. Para tal atividade, são considerados resíduos aproveitáveis aqueles que possuem no mínimo 8 cm de diâmetro na ponta fina e 1,5 metros de comprimento. Em questão dos destopos encontrados, todos devem ser medidos os seus comprimentos, com o intuito de verificar quais deles possuem mais de 10 cm de comprimento, estes, devem então, ser aferidos os seus respectivos diâmetros para prosseguir com o cálculo de volume.

Essa avaliação dos resíduos aproveitáveis é realizada durante o caminhamento no talhão para a verificação de tocos. Sendo considerada 1,5 m de cada lado, percorrendo, portanto, 3 m de largura durante todo o trajeto.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

##### 3.1.1 MÓDULO DE COLHEITA 1

A área onde foi realizado o estudo está localizada na Fazenda Guamirim Gateados, localizada no município de Campo Belo do Sul, classificada como clima Cfb, de acordo com a classificação de Köppen, possuindo características climáticas: Mesotérmico, subtropical úmido, com verões frescos, sem estação seca definida e com geadas severas e frequentes. A precipitação média anual é de 1300 mm, sendo agosto o mês mais seco (WREGGE et al., 2012).

O sistema de colheita empregado é o totalmente mecanizado, seguindo o sistema de toras curtas (cut-to-length), com o modal Harvester e Forwarder, onde a árvore é cortada e processada dentro do talhão e posteriormente é baldeada até a beira da estrada.

Para o módulo de colheita 1, foram amostrados 20 hectares de área. O projeto avaliado foi o Açude\_87\_Pt, onde foi realizado o corte raso aos 34 anos de idade. Foram retiradas, aproximadamente, 161 árvores por hectare, o que resultou em um volume de 352 toneladas por hectare. O mapa da distribuição das parcelas no projeto pode ser visualizado na FIGURA 1.

FIGURA 1 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS NO MÓDULO DE COLHEITA 1



FONTE: Florestal Gateados (2021)

### 3.1.2 MÓDULO DE COLHEITA 2

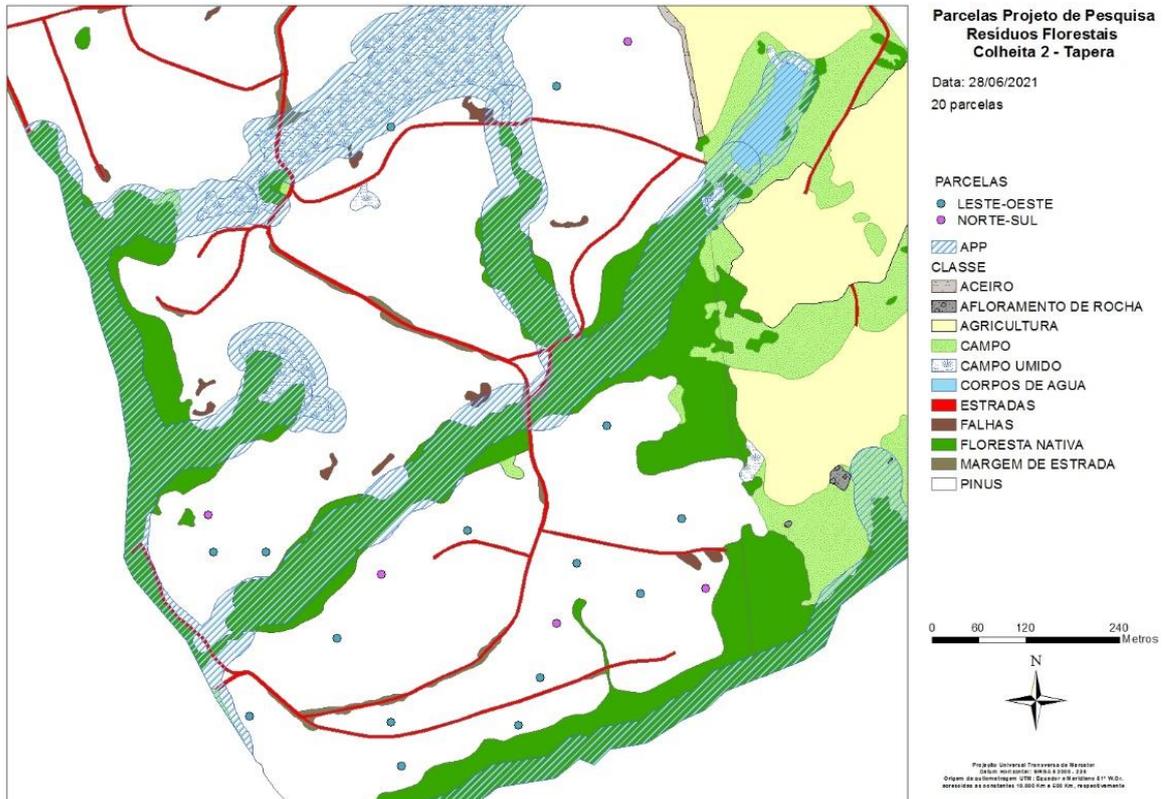
A área onde foi realizado o estudo está localizada na Fazenda Tapera, localizada no município de Capão Alto, classificada como clima Cfb, de acordo com a classificação de Köppen, possuindo características climáticas: Mesotérmico, subtropical úmido, com verões frescos, sem estação seca definida e com geadas severas e frequentes. A precipitação média anual é de 1300 mm, sendo agosto o mês mais seco (WREGGE et al., 2012)

O sistema de colheita empregado é o totalmente mecanizado, seguindo o sistema de toras curtas (cut-to-length), com o modal Harvester e Forwarder, onde a árvore é cortada e processada dentro do talhão e posteriormente é baldeada até a estrada.

Para o módulo de colheita 2, foram amostrados 20 hectares de área. O projeto avaliado foi o Tapera\_01\_Pt, onde foi realizado o 3º desbaste aos 20 anos de

idade. Foram retiradas, aproximadamente, 188 árvores por hectare, o que resultou em um volume de 174 toneladas por hectare. O mapa da distribuição das parcelas no projeto pode ser visualizado na FIGURA 2.

FIGURA 2 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS NO MÓDULO DE COLHEITA 2



FONTE: Florestal Gateados (2021)

### 3.1.3 MÓDULO DE COLHEITA 3

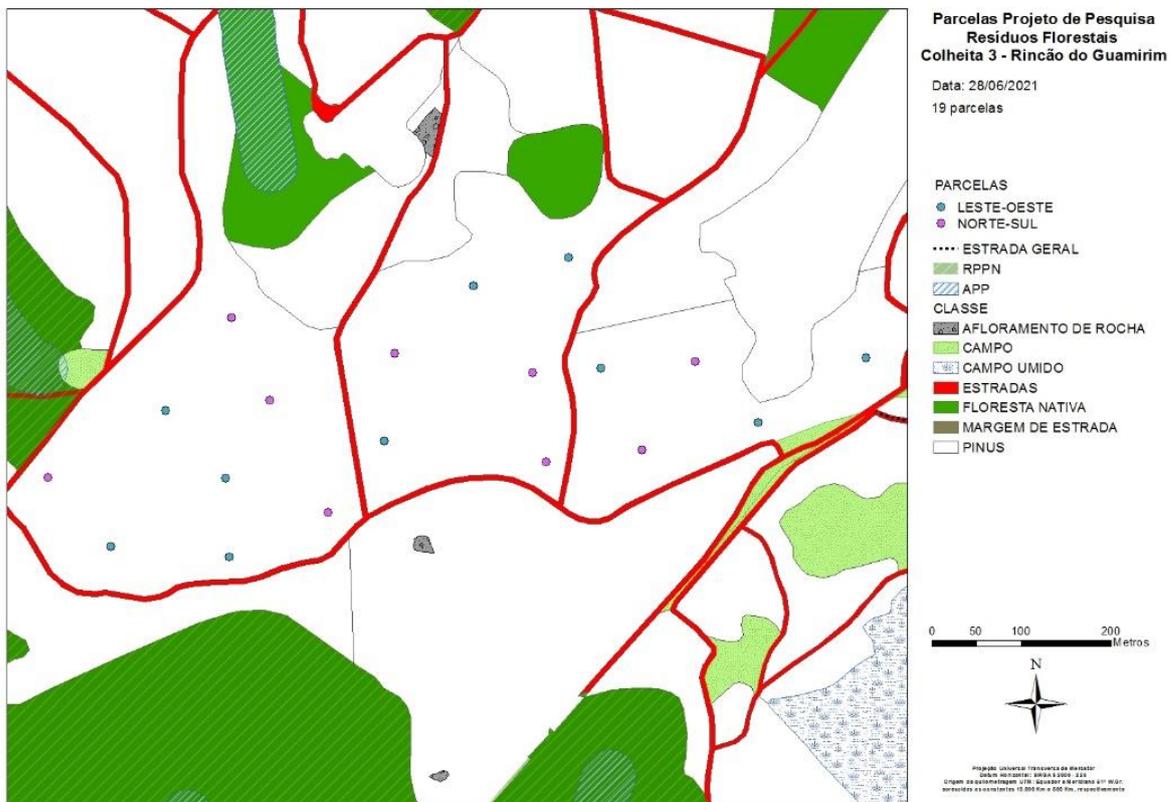
A área onde foi realizado o estudo está localizada na Fazenda Guamirim Gateados, localizada no município de Campo Belo do Sul, classificada como clima Cfb, de acordo com a classificação de Köppen, possuindo características climáticas: Mesotérmico, subtropical úmido, com verões frescos, sem estação seca definida e com geadas severas e frequentes. A precipitação média anual é de 1300 mm, sendo agosto o mês mais seco (WREGGE et al., 2012).

O sistema de colheita empregado é o totalmente mecanizado, seguindo o sistema de toras curtas (cut-to-length), com o modal Harvester e Forwarder, onde a

árvore é cortada e processada dentro do talhão e posteriormente é baldeada até a beira da estrada.

Para o módulo de colheita 3, foram amostrados 19 hectares de área. O projeto avaliado foi o Rincão do Guamirim, onde foi realizado o primeiro desbaste aos 10 anos de idade. Foram retiradas, aproximadamente, 791 árvores por hectare, o que resultou em um volume de 77 toneladas por hectare. O mapa da distribuição das parcelas no projeto pode ser visualizado na FIGURA 3.

FIGURA 3 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS NO MÓDULO DE COLHEITA 3



FONTE: Florestal Gateados (2021)

#### 3.1.4 MÓDULO DE COLHEITA 4

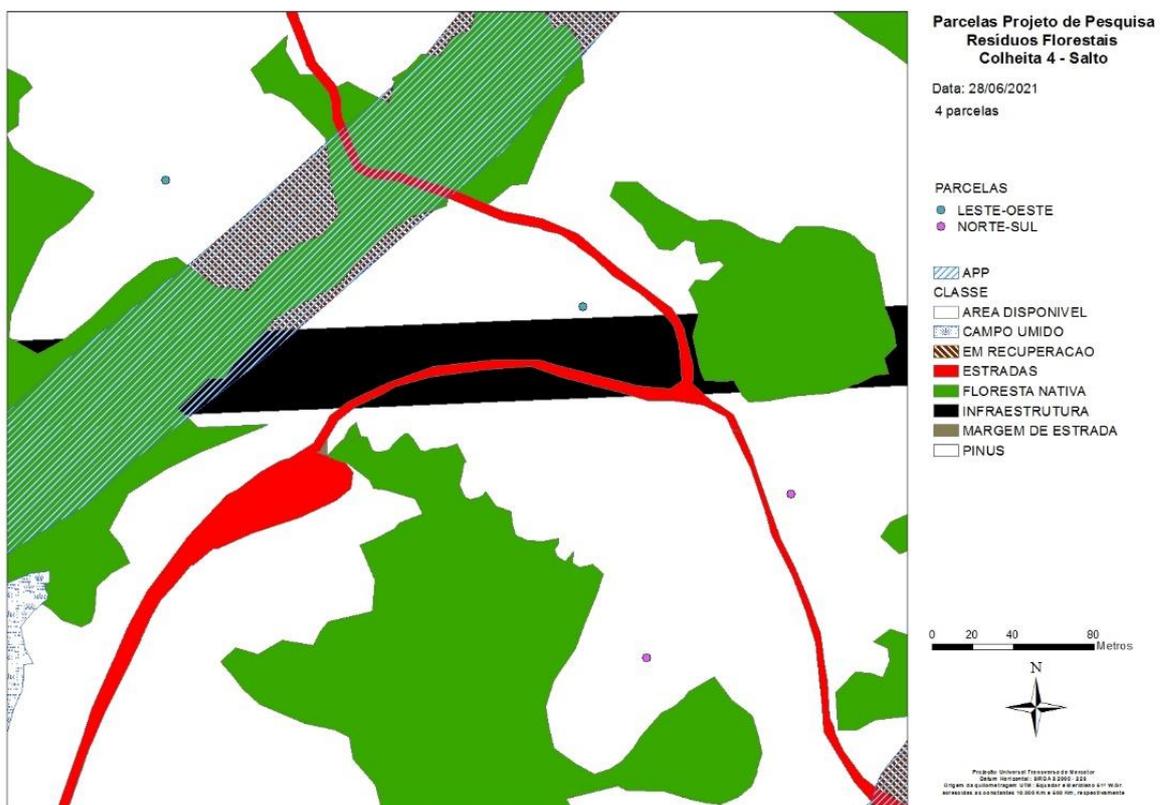
A área onde foi realizado o estudo está localizada na Fazenda Salto, localizada no município de Lages, classificada como clima Cfb, de acordo com a classificação de Köppen, possuindo características climáticas: Mesotérmico, subtropical úmido, com verões frescos, sem estação seca definida e com geadas

severas e frequentes. A precipitação média anual é de 1300 mm, sendo agosto o mês mais seco (WREGGE et al., 2012).

O sistema de colheita empregado é o semi-mecanizado, seguindo o sistema de toras longas, com o modal motosserra + trator guincho GF-100, onde a árvore é cortada e arrastada para a beira da estrada e após processada fora do talhão.

Para o módulo de colheita 4, foram amostradas 4 parcelas. O projeto avaliado foi o Salto 3\_SD\_04\_Pt, onde foi realizado o corte raso aos 17 anos de idade. O mapa da distribuição das parcelas no projeto pode ser visualizado na FIGURA 4.

FIGURA 4 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS NO MÓDULO DE COLHEITA 4



FONTE: Florestal Gateados (2021)

### 3.1.5 MÓDULO DE COLHEITA 5

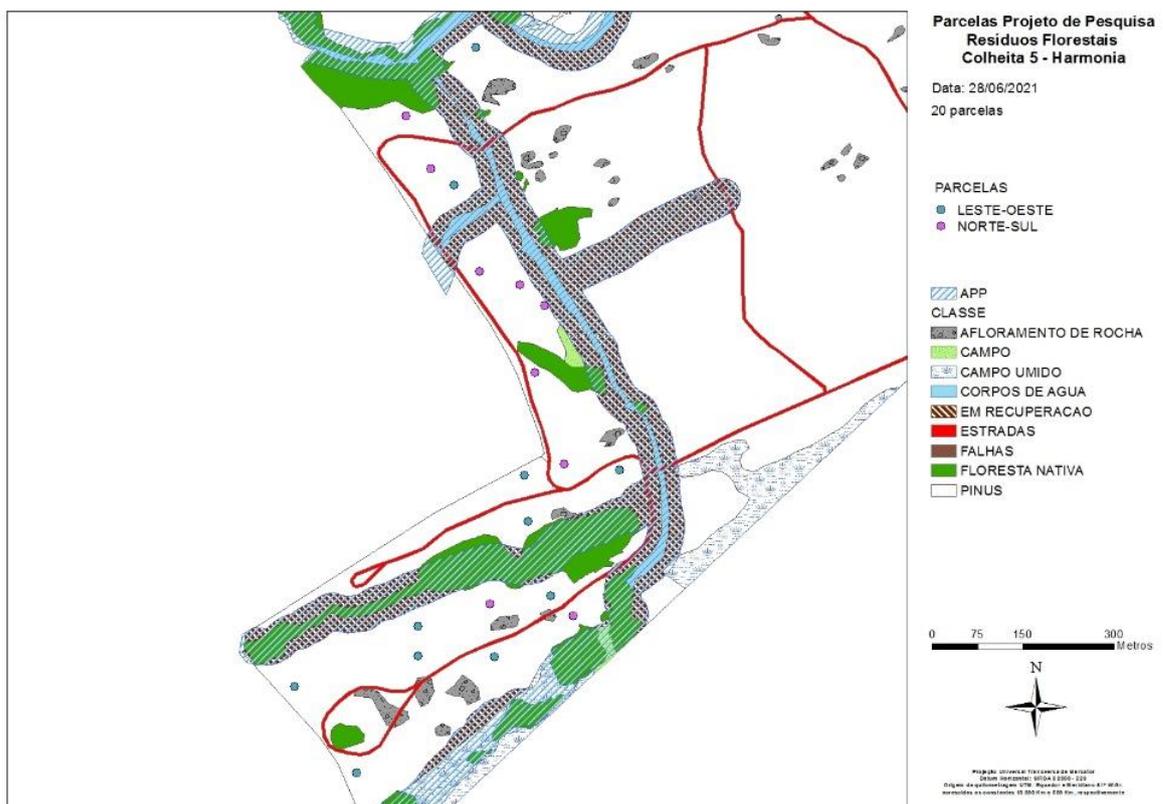
A área onde foi realizado o estudo está localizada na Fazenda Harmonia, localizada no município de Capão Alto, classificada como clima Cfb, de acordo com a classificação de Köppen, possuindo características climáticas: Mesotérmico, subtropical úmido, com verões frescos, sem estação seca definida e com geadas

severas e frequentes. A precipitação média anual é de 1300 mm, sendo agosto o mês mais seco (WREGGE et al., 2012).

O sistema de colheita empregado é o totalmente mecanizado, seguindo o sistema de toras curtas (cut-to-length), com o modal Harvester e Forwarder, onde a árvore é cortada e processada dentro do talhão e posteriormente é baldeada até a beira da estrada.

Para o módulo de colheita 5, foram amostrados 20 hectares de área. O projeto avaliado foi o Harmonia\_08\_Pt, onde foi realizado o corte raso aos 13 anos de idade. Foram retiradas, aproximadamente, 566 árvores por hectare, o que resultou em um volume de 170 toneladas por hectare. O mapa da distribuição das parcelas no projeto pode ser visualizado na FIGURA 5.

FIGURA 5 - MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS PARCELAS NO MÓDULO DE COLHEITA 5



FONTE: Florestal Gateados (2021)

### 3.1.6 CARACTERIZAÇÃO DOS MÓDULOS DE COLHEITA

Na TABELA 1 pode ser visualizada a caracterização dos 5 módulos de colheita estudados. Desta forma, podemos identificar que há 3 módulos de colheita

que realizaram corte raso e duas que realizaram desbastes, além de verificar que há áreas que não foram realizadas podas.

TABELA 1 - CARACTERIZAÇÃO DOS MÓDULOS DE COLHEITA ESTUDADOS

	<b>Colheita 1</b>	<b>Colheita 2</b>	<b>Colheita 3</b>	<b>Colheita 4</b>	<b>Colheita 5</b>
<b>Projeto</b>	Açude_87_Pt	Tapera_01_Pt	Tulia IV_10_Pt	Salto 3 CD_04_Pt	Harmonia_08_ Pt
<b>Idade</b>	34	20	11	17	13
<b>Poda</b>	Sim	Não	Sim	Não	Não
<b>Árvores retiradas/ha</b>	161	188	791	Sem informação	566
<b>Intervenção</b>	Corte Raso	Terceiro Desbaste	Primeiro Desbaste	Corte Raso	Corte Raso

FONTE: A autora (2021)

### 3.2 METODOLOGIA

A amostragem utilizada para a análise dos resíduos foi a aleatória, em que foram definidas como no máximo uma parcela por hectare e sorteadas as parcelas de forma aleatória utilizando o software ArcGis. As parcelas foram sorteadas em forma de pontos de forma que estes pontos representariam os centros das parcelas, a partir destes pontos, eram feitas as medições nos sentidos Norte-Sul ou Leste-Oeste, dependendo da disponibilidade de área nos sentidos indicados. Os módulos de colheita 1, 2 e 5 foram amostradas 20 parcelas, no módulo de colheita 3 foram amostradas 19 parcelas e no módulo de colheita 4 foram amostradas 4 parcelas. Este último módulo de colheita possui característica de atuar em pequenos fragmentos de floresta onde não é possível realizar a operação totalmente mecanizada, desta forma, não houve área suficiente para mais parcelas. No total, foram amostradas 83 parcelas que podem ser visualizadas de acordo com a TABELA 2.

TABELA 2 - DISTRIBUIÇÃO DE PARCELAS POR MÓDULO DE COLHEITA

	<b>Colheita 1</b>	<b>Colheita 2</b>	<b>Colheita 3</b>	<b>Colheita 4</b>	<b>Colheita 5</b>	<b>Total</b>
<b>Nº de parcelas</b>	20	20	19	4	20	83

FONTE: A autora (2021)

A metodologia utilizada para a coleta de dados seguiu as premissas de Warren e Olsen (1964), modificado por Van Wagner (1968) de método de linha interceptadora ou transecto. Este método foi introduzido no meio florestal com o intuito de quantificar os resíduos da colheita de *Pinus radiata* na Nova Zelândia, onde possui o “design” de uma amostragem probabilística desigual que faz uso de um transecto em linha de comprimento fixo. Ele propõe, como princípio básico, que todas as peças de madeira que cruzam uma linha de comprimento determinado tenham seus diâmetros aferidos nos pontos em que são interceptados com a linha, exceto àquelas peças em que toquem no sentido longitudinal da linha, de modo a calcular o volume médio por hectare utilizando a formulação:

$$V = \frac{\pi^2}{8L} \sum_{i=1}^m d_i^2$$

Em que:

V = volume estimado por hectare (m<sup>3</sup>/ha)

L = Comprimento da linha amostral (m)

d = diâmetro da peça interceptada (cm)

De acordo com Warren e Olsen (1964), modificado por Van Wagner (1968), a amostragem por linha interceptadora é entendida como uma amostra em faixa de largura infinitesimal, simulando uma parcela retangular de comprimento L e largura levada ao extremo (tendendo a zero). O resultado independe do comprimento individual de cada peça e da área amostrada. O volume estimado pelo método de linha interceptadora também foi convertido para toneladas por hectares, indicados como “biomassa de resíduo”, este valor foi obtido multiplicando-se o valor em m<sup>3</sup>.ha por um fator de 0,95, que é o valor adotado pela empresa para a conversão em m<sup>3</sup> para toneladas para madeiras consideradas “verdes”.

Para o presente estudo, o comprimento da linha (determinada como uma unidade amostral ou parcela) foi de 50 metros, onde todo material lenhoso maior que 2 centímetros de diâmetro foi aferido, para os corpos que possuem mais que 8 cm na ponta fina, foram aferidos os diâmetros da ponta grossa, diâmetro na ponta fina,

diâmetro no ponto de intersecção com a linha e comprimento, com o objetivo de realizar uma cubagem destes resíduos, uma vez que são considerados resíduos aproveitáveis. Para esta cubagem, foi utilizado o método de Smalian, o volume por este método é dado pelo produto do comprimento da tora pela média aritmética das áreas das seções de suas duas extremidades, pode ser conferida a seguir:

$$v = \left( \frac{a_1 + a_2}{2} \right) * L$$

Em que:

a1 = área transversal da extremidade 1

a2 = área transversal da extremidade 2

L = comprimento entre a extremidade 1 e a extremidade 2

Para a análise estatística, foi realizada a amostragem inteiramente aleatória, as estimativas analisadas no processo de amostragem podem ser visualizadas na TABELA 3.

TABELA 3 - ESTIMATIVAS DO PROCESSO DE AMOSTRAGEM

Estimativa	Fórmula
Média	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$
Variância	$S_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$
Desvio padrão	$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$
Variância da média	$S_{\bar{x}}^2 = \frac{S_x^2}{n}$
Erro padrão da média	$S_{\bar{x}} = \pm \frac{S_x}{\sqrt{n}}$
Coefficiente de variação	$CV = \frac{S_x}{\bar{x}} \cdot 100$
<b>Erro de amostragem</b>	
Erro absoluto	$E_a = \pm t \cdot S_x$
Erro relativo	$E_r = \pm \frac{t \cdot S_{\bar{x}}}{\bar{x}} \cdot 100$
Intervalo de confiança	$IC [ \bar{x} - t \cdot S_{\bar{x}} \leq \bar{x} \leq \bar{x} + t \cdot S_{\bar{x}} ] = P$

FONTE: A autora (2021)

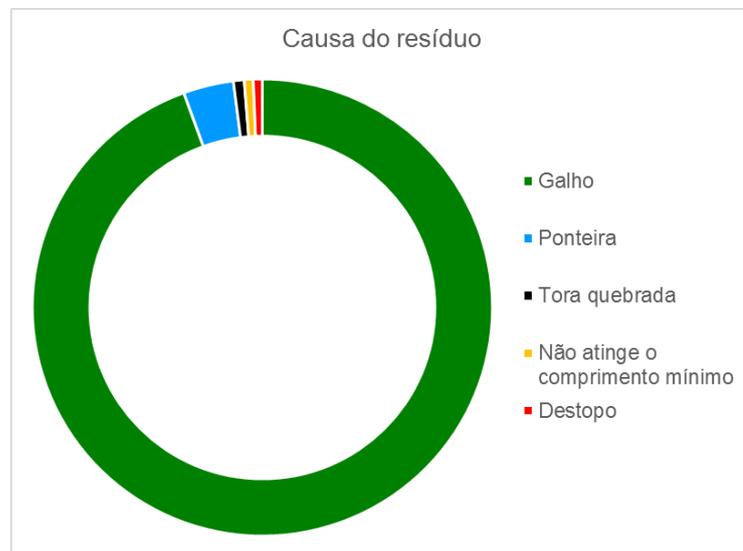
Além disso, foi realizado o teste de análise de variância (ANOVA) para verificar se as médias obtidas para cada colheita apresentam resultados estatisticamente diferentes. Para isso, foi aplicado o teste de análise de variância utilizando um nível de significância de 5%. Onde a primeira hipótese afirma que as médias são estatisticamente iguais e a segunda hipótese que as médias são estatisticamente diferentes.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 MÓDULO DE COLHEITA 1

Do total de peças mensuradas no módulo de colheita 1, aproximadamente, 94,95% são constituídos por galhos, 3,53% são ponteiras e 2,02% são toras que não atingem o comprimento mínimo comercial, destopos e toras quebradas. Essa classificação pode ser visualizada no GRÁFICO 1.

GRÁFICO 1 - CAUSA DE RESÍDUOS FLORESTAIS NO MÓDULO DE COLHEITA 1

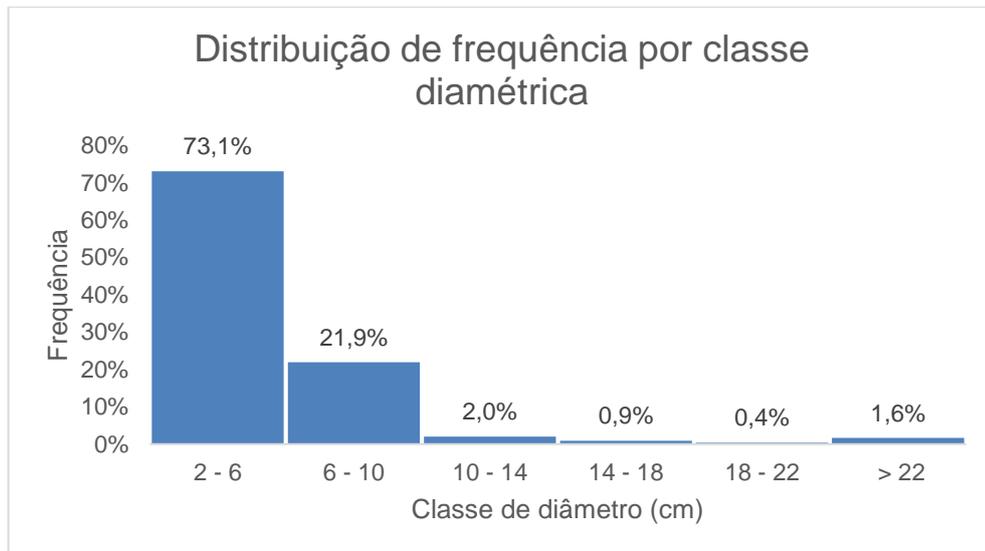


FONTE: A autora (2021)

Em relação a distribuição diamétrica, 73,1% estão na classe de diâmetro entre 2 e 6 cm, 21,9% entre 6 e 10 cm, 2% entre 10 e 14 cm, 0,9% entre 14 e 18 cm, 0,4% entre 18 e 22 cm e 1,6% de peças com o diâmetro maior que 22 cm. O maior diâmetro aferido foi de 50 cm, correspondente a uma tora quebrada durante o processamento, de 1,9 m de comprimento. A maioria das peças possuem tamanhos

pequenos, as peças de maiores diâmetros foram avistadas com frequência reduzida. A distribuição de frequência por classe diamétrica pode ser visualizada no GRÁFICO 2.

GRÁFICO 2 - DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA POR CLASSE DIAMÉTRICA NO MÓDULO DE COLHEITA 1



FONTE: A autora (2021)

Foram encontradas 28 ponteiras nas parcelas do módulo de colheita 1, sendo 21 delas consideradas aproveitáveis, correspondendo a cerca de 75% do total. O volume individual das ponteiras até o comprimento 1,5 m pode ser visualizado na TABELA 4.

TABELA 4 - CUBAGEM DAS PONTEIRAS NO COMPRIMENTO 1,5 m NO MÓDULO DE COLHEITA 1

Ponteira	D <sub>base</sub>	D <sub>1,5</sub>	Comprimento	G1	G2	Vol (m <sup>3</sup> )
1	16	15	1,5	0,020	0,018	0,028
2	15	11	1,96	0,018	0,010	0,020
3	11	10	3,15	0,010	0,008	0,013
4	13	9	3,2	0,013	0,006	0,015
5	29	25	5,5	0,066	0,049	0,086
6	17	11	1,8	0,023	0,010	0,024
7	38	21	5,5	0,113	0,035	0,111
8	10	8	7	0,008	0,005	0,010
9	21	15	4,5	0,035	0,018	0,039
10	19	15	3	0,028	0,018	0,035
11	24	18	2,1	0,045	0,025	0,053
12	16	12	2,5	0,020	0,011	0,024
13	11	17	1,5	0,010	0,023	0,024
14	20	18	4,5	0,031	0,025	0,043
15	22	10	2,5	0,038	0,008	0,034

FONTE: A autora (2021)

TABELA 4 - CUBAGEM DAS PONTEIRAS NO COMPRIMENTO 1,5 m NO MÓDULO DE COLHEITA 1

Ponteira	D <sub>base</sub>	D <sub>1,5</sub>	Comprimento	G1	G2	Vol (m <sup>3</sup> )
16	22	13	3,5	0,038	0,013	0,038
17	18	15	2,1	0,025	0,018	0,032
18	20	18	2,9	0,031	0,025	0,043
19	18	11	2,3	0,025	0,010	0,026
20	18	14	3,1	0,025	0,015	0,031
21	9,2	10	4	0,007	0,008	0,011
					<b>SOMA</b>	<b>0,740</b>

FONTE: A autora (2021)

Do número total de ponteiras registradas, cerca de 75% possuíam diâmetro maior que 8 cm na ponta fina e mais que 1,5 m de comprimento, indicando que estas seriam ponteiras aproveitáveis para uso comercial. Além disso, foram encontradas 5 toras quebradas, sendo 3 delas de comprimento maior que 1,5, todas com diâmetro maior que 20 cm na ponta, indicando falha no processamento mecânico destas peças, que poderiam ser aproveitadas para a serraria, laminação ou processo (TP02, LP01 ou MPP).

#### 4.1.1 ESTIMATIVA DE VOLUME DE BIOMASSA

O volume de madeira teve grandes variações entre as unidades amostrais (parcelas), sendo a média de 42,76 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, onde o menor volume foi observado com 17,95 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> e o maior volume com 79,65 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Os dados referentes às parcelas, podem ser visualizados na TABELA 5.

TABELA 5 - ESTIMATIVA DE BIOMASSA NO MÓDULO DE COLHEITA 1

Parcela	Volume (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Biomassa de resíduo (ton.ha <sup>-1</sup> )	Nº de peças
1	52,22	49,61	67
2	17,95	17,06	30
3	30,09	28,59	43
4	38,25	36,34	43
5	53,49	50,82	43
6	37,49	35,61	51
7	37,28	35,41	47
8	35,10	33,35	55
9	58,52	55,60	25
10	41,77	39,68	57
11	48,50	46,07	64
12	26,23	24,92	39
13	24,67	23,44	43
14	31,36	29,80	20
15	38,70	36,76	30
16	62,69	59,56	30
17	45,93	43,64	28

FONTE: A autora (2021)

TABELA 5 - ESTIMATIVA DE BIOMASSA NO MÓDULO DE COLHEITA 1

Parcela	Volume (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Biomassa de resíduo (ton.ha <sup>-1</sup> )	Nº de peças
18	60,28	57,26	18
19	79,65	75,67	20
20	35,10	33,35	40
<b>TOTAL</b>	<b>855,29</b>	<b>812,53</b>	<b>793</b>

FONTE: A autora (2021)

Podem ser observadas a heterogeneidade das parcelas, indicando que não se segue um padrão na disposição dos resíduos em campo.

Na TABELA 6 é possível visualizar as estimativas do inventário, onde a média para as 20 parcelas foi de 42,76 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> ou 40,81 ton.ha<sup>-1</sup>, com um desvio padrão de 15,01 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>. A partir da variância e do limite de erro imposto para o trabalho, de ±5 m<sup>3</sup>, foi calculada o número ideal de parcelas para atender este limite de erro, chegando a um número de 40 parcelas.

TABELA 6 - ESTIMATIVAS DO INVENTÁRIO NO MÓDULO DE COLHEITA 1

<b>Estimativas do inventário</b>	
Média (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	42,76
Desvio padrão (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	15,01
N	40
n	20
Coeficiente de Variação (%)	35,10
<b>Erro de amostragem</b>	
Erro absoluto (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	7,85
Erro relativo (%)	18,36
<b>Intervalo de confiança</b>	
[35,74 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ≤ 42,76 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ≤ 49,79 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ] = 95%	

FONTE: A autora (2021)

Extrapolando esta média para a área total deste projeto, que é de 63,50 ha, o volume encontrado seria de 2696,21 m<sup>3</sup> de material lenhoso disponível para uso comercial. Transformando para toneladas, com um fator de 0,95, um total de 2561,40 toneladas.

## 4.2 MÓDULO DE COLHEITA 2

Do total de peças mensuradas na colheita 2, aproximadamente, 94,97% são constituídos por galhos, 4,72% são ponteiros e 0,002% são toras que não atingem o

comprimento mínimo comercial. Essa classificação pode ser visualizada no GRÁFICO 3.

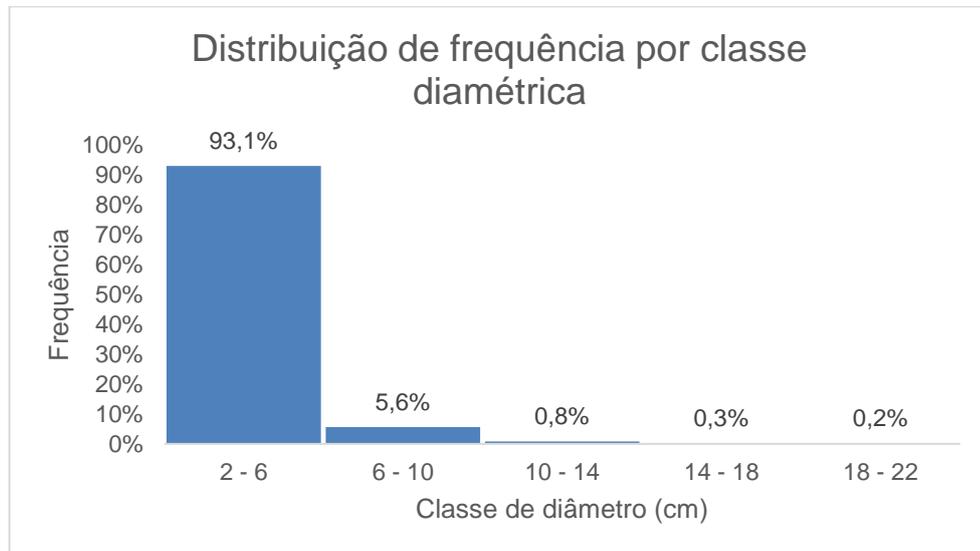
GRÁFICO 3 - CAUSA DE RESÍDUOS FLORESTAIS NO MÓDULO DE COLHEITA 2



FONTE: A autora (2021)

Destes, cerca de 93,1% estão na classe de diâmetro entre 2 e 6 cm, 5,6% entre 6 e 10 cm, 0,8% entre 10 e 14 cm, 0,3% entre 14 e 18 cm e 0,2% entre 18 e 22 cm, sendo o maior diâmetro aferido foi de 21,9 cm. Ou seja, a maioria das peças possuem tamanhos pequenos, as peças de maiores diâmetros foram avistadas com frequência reduzida. A distribuição de frequência por classe diamétrica pode ser visualizada no GRÁFICO 4.

GRÁFICO 4 - DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA POR CLASSE DIAMÉTRICA NO MÓDULO DE COLHEITA 2



FONTE: A autora (2021)

Foram encontradas cerca de 47 ponteiras nas parcelas do módulo de colheita 2, sendo 11 delas consideradas aproveitáveis, correspondendo a cerca de 23% do total. O volume individual das ponteiras até o comprimento 1,5 m pode ser visualizado na TABELA 7.

TABELA 7 - CUBAGEM DAS PONTEIRAS NO COMPRIMENTO 1,5 m NO MÓDULO DE COLHEITA 2

Ponteira	D <sub>base</sub>	D 1,5	Comprimento	G 1	G 2	Volume
1	13	13	9,2	0,013	0,013	0,020
2	12	10	4,24	0,011	0,008	0,014
3	13	12	2,17	0,013	0,011	0,018
4	10	8	4	0,008	0,005	0,010
5	14	11	2,8	0,015	0,010	0,019
6	14	13	1,5	0,015	0,013	0,022
7	12	11	5,5	0,011	0,010	0,016
8	14	9	2,19	0,015	0,006	0,016
9	12	12	10,1	0,011	0,011	0,017
10	15	14	4,9	0,018	0,015	0,025
11	13	10	4,3	0,013	0,008	0,016
<b>SOMA</b>						<b>0,192</b>

FONTE: A autora (2021)

Do número total de ponteiras registradas, cerca de 23% possuíam diâmetro maior que 8 cm na ponta fina e mais que 1,5 m de comprimento, indicando que estas seriam ponteiras aproveitáveis para uso comercial. Além disso, as duas toras quebradas, que representam 0,002% dos resíduos, possuíam diâmetro maior que 21 cm e comprimento maior que 1,7, indicando falha no processamento mecânico

destas peças, que poderiam ser aproveitadas para a serraria, laminação ou processo (TP02, LP01 ou MPP).

#### 4.2.1 ESTIMATIVA DE VOLUME DE BIOMASSA

O volume de madeira teve grandes variações entre as unidades amostrais (parcelas), sendo a média de 21,05 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, onde o menor volume foi observado com 5,3 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> e o maior volume com 55,85 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Os dados referentes às parcelas, podem ser visualizados na TABELA 8.

TABELA 8 - ESTIMATIVA DE BIOMASSA NO MÓDULO DE COLHEITA 2

Parcela	Volume (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Biomassa de resíduo (ton.ha <sup>-1</sup> )	Número de peças
1	40,63	38,60	102
2	22,14	21,03	56
3	11,25	10,68	39
4	10,07	9,56	29
5	14,58	13,85	41
6	5,31	5,04	22
7	14,11	13,41	40
8	24,71	23,47	70
9	30,83	29,29	62
10	20,54	19,52	51
11	20,10	19,09	49
12	19,14	18,19	43
13	11,99	11,39	32
14	11,26	10,69	37
15	55,85	53,06	116
16	18,01	17,10	42
17	17,60	16,72	43
18	46,75	44,41	48
19	12,11	11,50	44
20	14,15	13,44	28
<b>Total</b>	<b>421,11</b>	<b>400,05</b>	<b>994</b>

FONTE: A autora (2021)

Podem ser observadas a heterogeneidade das parcelas, indicando que não se segue um padrão na disposição dos resíduos em campo.

Na TABELA 9 é possível visualizar as estimativas do inventário, onde a média para as 20 unidades amostrais foi de 21,05 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> ou 20 ton.ha<sup>-1</sup>, com um desvio padrão de 12,58 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. A partir da variância e do limite de erro imposto para

o trabalho, de  $\pm 5 \text{ m}^3$ , foi calculada o número ideal de parcelas para atender este limite de erro, chegando a um número de 30 parcelas.

TABELA 9 - ESTIMATIVAS DO INVENTÁRIO NO MÓDULO DE COLHEITA 2

<b>Estimativas do inventário</b>	
Média ( $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ )	21,05
Desvio padrão ( $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ )	13,08
N	30
n	20
Coefficiente de Variação (%)	62,13
<b>Erro de amostragem</b>	
Erro absoluto ( $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ )	6,12
Erro relativo (%)	29,07
<b>Intervalo de confiança</b>	
[14,93 $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ $\leq$ 21,06 $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ $\leq$ 27,18 $\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ ] = 95%	

FONTE: A autora (2021)

Extrapolando esta média para a área total deste projeto, de 60,45 ha, o volume encontrado seria de 1272,47  $\text{m}^3$  ou 1208,84 ton de material lenhoso disponível para uso comercial.

#### 4.3 MÓDULO DE COLHEITA 3

Do total de peças mensuradas no módulo de colheita 3, aproximadamente, 90,20% são constituídos por galhos, 6,16% são ponteiros e 3,64% são toras que não atingem o comprimento mínimo comercial, tora esquecida ou quebrada. Essa classificação pode ser visualizada no GRÁFICO 5.

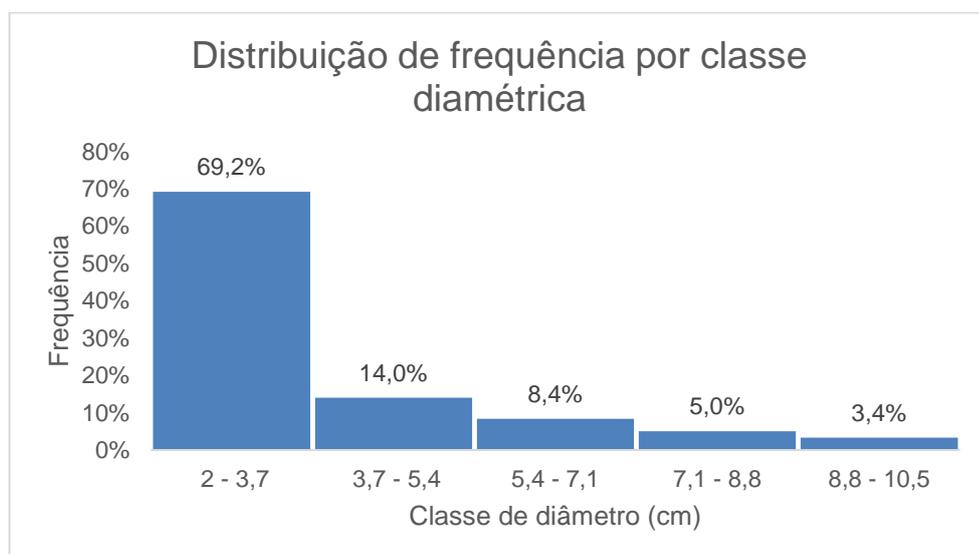
GRÁFICO 5 - CAUSA DE RESÍDUOS FLORESTAIS NO MÓDULO DE COLHEITA 3



FONTE: A autora (2021)

Destes, cerca de 83,2% estão na classe de diâmetro entre 2 e 5,4 cm, 8,4% entre 5,4 e 7,1 cm, 5% entre 7,1 e 8,8 cm e 3,4% entre 8,8 e 10,5 cm, sendo o maior diâmetro aferido foi de 10,5 cm. Ou seja, a maioria das peças possuem tamanhos pequenos, as peças de maiores diâmetros foram avistadas com frequência reduzida. A distribuição de frequência por classe diamétrica pode ser visualizada no GRÁFICO 6.

GRÁFICO 6 - DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA POR CLASSE DIAMÉTRICA NO MÓDULO DE COLHEITA 3



FONTE: A autora (2021)

#### 4.3.1 ESTIMATIVA DE VOLUME DE BIOMASSA

O volume de madeira teve grandes variações entre as unidades amostrais (parcelas), sendo a média de  $7,91 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ , onde o menor volume foi observado com  $2,64 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$  e o maior volume com  $16,76 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ . Os dados referentes às parcelas, podem ser visualizados na TABELA 10.

TABELA 10 - ESTIMATIVA DE BIOMASSA NO MÓDULO DE COLHEITA 3

Parcela	Volume ( $\text{m}^3.\text{ha}^{-1}$ )	Biomassa de resíduo ( $\text{ton}.\text{ha}^{-1}$ )	Número de peças
1	6,28	5,96	16
2	16,76	15,92	24
3	3,11	2,95	12
4	13,09	12,44	14
5	19,55	18,57	34
6	14,68	13,94	24
7	9,60	9,12	19
8	8,09	7,68	22
9	8,82	8,38	20
10	5,77	5,49	21
11	4,81	4,57	17
12	5,97	5,67	12
13	4,20	3,99	11
14	2,64	2,50	9
15	2,64	2,51	11
16	8,84	8,40	25
17	4,44	4,22	14
18	3,79	3,60	18
19	7,19	6,83	34
<b>Total</b>	150,26	142,75	357

FONTE: A autora (2021)

Podem ser observadas a homogeneidade das parcelas, indicando que, no geral, segue um padrão na disposição dos resíduos em campo.

Na TABELA 11 é possível visualizar as estimativas do inventário, onde a média para as 19 parcelas foi de  $7,91 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$  ou  $7,51 \text{ ton}.\text{ha}^{-1}$ , com um desvio padrão de  $5,03 \text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$ . A partir da variância e do limite de erro imposto para o trabalho, de  $\pm 5 \text{ m}^3$ , foi calculada o número ideal de parcelas para atender este limite de erro, chegando a um número de 5 parcelas.

TABELA 11 - ESTIMATIVAS DO INVENTÁRIO NO MÓDULO DE COLHEITA 3

<b>Estimativas do inventário</b>	
Média (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	7,91
Desvio padrão (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	4,91
N	5
n	19
Coeficiente de Variação (%)	62,06
<b>Erro de amostragem</b>	
Erro absoluto (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	2,35
Erro relativo (%)	29,91
<b>Intervalo de confiança</b>	
[5,54 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ≤ 7,91 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ≤ 10,27 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ] = 95%	

FONTE: A autora (2021)

Extrapolando esta média para a área de amostragem, de 19,72 ha (de 148 ha do projeto inteiro), o volume encontrado seria de 155,98 m<sup>3</sup> 148,18 ton de material lenhoso disponível para uso comercial.

#### 4.4 MÓDULO DE COLHEITA 4

Do total de peças mensuradas no módulo de colheita 4, aproximadamente, 80,12% são constituídos por galhos, 9,32% são ponteiros, 5,59% são toras que não atingem o comprimento mínimo comercial e 4,97% são toras esquecidas, destopos ou árvore inteira. Essa classificação pode ser visualizada no GRÁFICO 7.

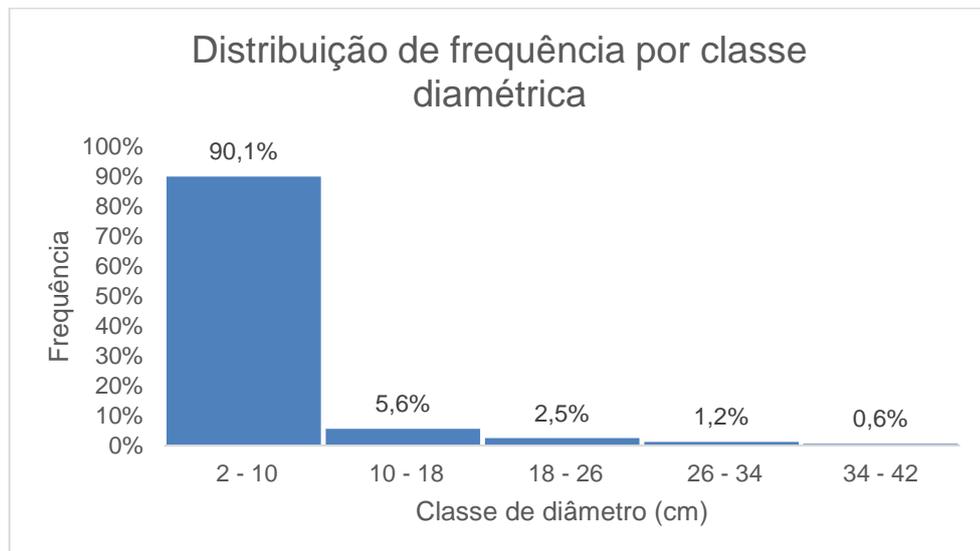
GRÁFICO 7 - CAUSA DE RESÍDUOS FLORESTAIS NO MÓDULO DE COLHEITA 4



FONTE: A autora (2021)

Em relação a distribuição diamétrica, 90,1% estão na classe de diâmetro entre 2 e 10 cm, 5,6% entre 10 e 18 cm, 2,5% entre 18 e 26 cm, 1,2% entre 26 e 34 cm e 0,6% entre 34 e 42 cm. O maior diâmetro aferido foi de 42 cm, correspondente a um destopo de 15 cm de comprimento. A maioria das peças possuem tamanhos pequenos, as peças de maiores diâmetros foram avistadas com frequência reduzida. É possível verificar que este módulo de colheita foi o que produziu mais resíduos de diâmetros maiores, onde cerca de 10% da distribuição diamétrica está acima de 10 cm. A distribuição de frequência por classe diamétrica pode ser visualizada no GRÁFICO 8.

GRÁFICO 8 - DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA POR CLASSE DIAMÉTRICA NO MÓDULO DE COLHEITA 4



FONTE: A autora (2021)

Foram encontradas 15 ponteiras nas parcelas do módulo de colheita 4, sendo 8 delas consideradas aproveitáveis, correspondendo a cerca de 53% do total. O volume individual das ponteiras até o comprimento 1,5 m pode ser visualizado na TABELA 12.

TABELA 12 - CUBAGEM DAS PONTEIRAS NO COMPRIMENTO 1,5 m NO MÓDULO DE COLHEITA 4

Ponteira	D <sub>base</sub>	D 1,5	Comprimento	G1	G2	Vol (m <sup>3</sup> )
1	10	9,7	5,4	0,008	0,007	0,011
2	13	10	4,1	0,013	0,008	0,016
3	23	22	5,25	0,042	0,038	0,060
4	9,7	9,5	5,1	0,007	0,007	0,011
5	8	8	2,7	0,005	0,005	0,008
6	15	10	2,3	0,018	0,008	0,019
7	14	12	3,5	0,015	0,011	0,020
8	16	14	1,5	0,020	0,015	0,027
<b>SOMA</b>						<b>0,171</b>

FONTE: A autora (2021)

Do número total de ponteiras registradas, cerca de 53% possuíam diâmetro maior que 8 cm na ponta fina e mais que 1,5 m de comprimento, indicando que estas seriam ponteiras aproveitáveis para uso comercial. Além disso, foram encontradas 2 toras que foram esquecidas em campo.

#### 4.4.1 ESTIMATIVA DE VOLUME DE BIOMASSA

O volume de madeira teve grandes variações entre as unidades as parcelas, sendo a média de 59,21 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, onde o menor volume foi observado com 23,74 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> e o maior volume com 101,24 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Os dados referentes às parcelas, podem ser visualizados na TABELA 13.

TABELA 13 - ESTIMATIVA DE BIOMASSA NO MÓDULO DE COLHEITA 4

Parcela	Volume (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Biomassa de resíduo (ton.ha <sup>-1</sup> )	Nº de peças
1	48,16	45,75	62
2	65,53	62,25	23
3	23,74	22,55	47
4	101,24	96,17	29
<b>TOTAL</b>	<b>173,13</b>	<b>226,72</b>	<b>161</b>

FONTE: A autora (2021)

Podem ser observadas a heterogeneidade das parcelas, indicando que não se segue um padrão na disposição dos resíduos em campo.

Na TABELA 14 é possível visualizar as estimativas do inventário, onde a média para as 4 unidades amostrais foi de 59,66 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> ou 56,67 ton.ha<sup>-1</sup>, com um desvio padrão de 32,59 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>. A partir da variância e do limite de erro imposto para o trabalho, de  $\pm 5$  m<sup>3</sup>, foi calculada o número ideal de unidades amostrais para atender este limite de erro, chegando a um número de 431 parcelas. Isso pode se

dar ao fato de que o número amostral foi baixo e o tipo de amostragem, que foi feita 2 parcelas em área de derrubada e 2 parcelas onde estavam os estaleiros. Nas áreas onde foram alocados os estaleiros, as unidades 2 e 4, é possível verificar que foram as áreas com maior, demonstrando que grande parte de volume aproveitável é desperdiçado no momento do processamento (que neste caso é feito com motosserra).

TABELA 14 - ESTIMATIVAS DO INVENTÁRIO NO MÓDULO DE COLHEITA 4

<b>Estimativas do inventário</b>	
Média (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	59,66
Desvio padrão (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	32,59
N	431
n	4
Coeficiente de Variação (%)	54,62
<b>Erro de amostragem</b>	
Erro absoluto (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	51,85
Erro relativo (%)	86,91
<b>Intervalo de confiança</b>	
[19,66 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ≤ 59,66 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ≤ 111,52 m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> ] = 95%	

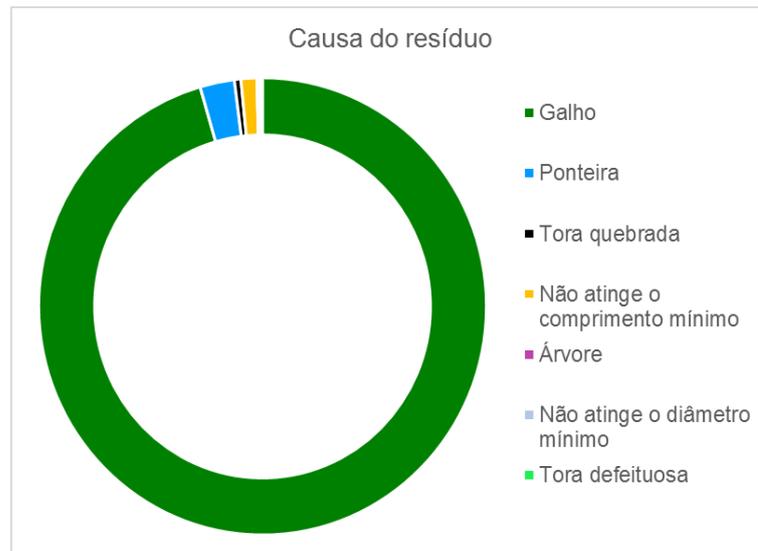
FONTE: A autora (2021)

Não foi realizado uma extrapolação de dados da área total do projeto, pois as áreas em que este módulo atua são pequenos fragmentos de floresta, onde as máquinas de colheita Harvester e Forwarder não conseguem realizar a operação.

#### 4.5 MÓDULO DE COLHEITA 5

Do total de peças mensuradas no módulo de colheita 5, aproximadamente, 95,5% são constituídos por galhos, 2,48% são ponteiros e 2,01% são toras que não atingem o comprimento mínimo comercial, não atingem o diâmetro mínimo comercial, tora quebrada, tora defeituosa, tora esquecida ou árvore inteira. Essa classificação pode ser visualizada no GRÁFICO 9.

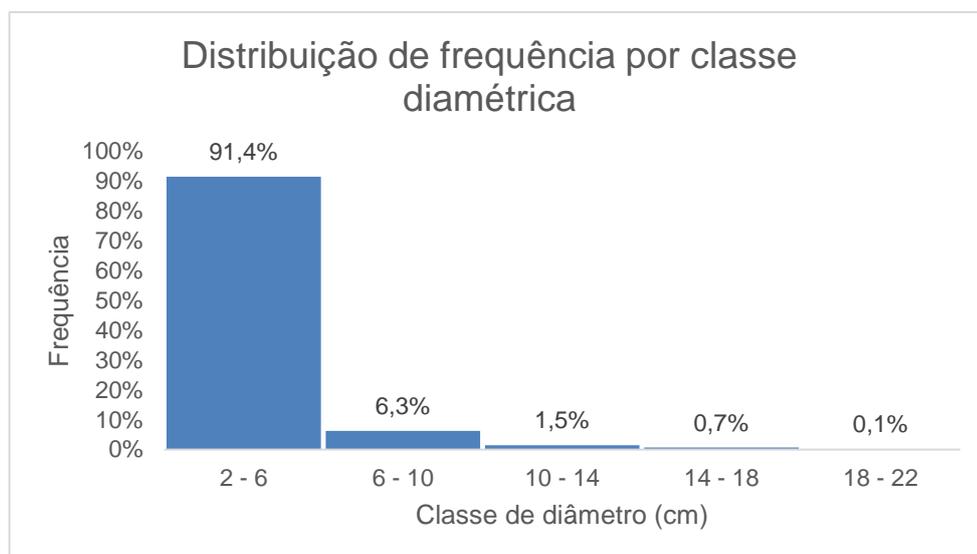
GRÁFICO 9 - CAUSA DE RESÍDUOS FLORESTAIS NO MÓDULO DE COLHEITA 5



FONTE: A autora (2021)

Em relação a distribuição diamétrica, 91,4% estão na classe de diâmetro entre 2 e 6 cm, 6,3% entre 6 e 10 cm, 1,5% entre 10 e 14 cm, 0,7% entre 14 e 18 cm e 0,1% entre 18 e 22. O maior diâmetro aferido foi de 19 cm, correspondente a uma tora esquecida pela operação de baldeio, de 1,92 m de comprimento. A maioria das peças possuem tamanhos pequenos, as peças de maiores diâmetros foram avistadas com frequência reduzida. A distribuição de frequência por classe diamétrica pode ser visualizada no GRÁFICO 10.

GRÁFICO 10 - DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA POR CLASSE DIAMÉTRICA NO MÓDULO DE COLHEITA 5



FONTE: A autora (2021)

Foram encontradas 37 ponteiras nas parcelas do módulo de colheita 5, sendo 14 delas consideradas aproveitáveis, correspondendo a cerca de 35% do total. O volume individual das ponteiras até o comprimento 1,5 m pode ser visualizado na TABELA 15.

TABELA 15 - CUBAGEM DAS PONTEIRAS NO COMPRIMENTO 1,5 m NO MÓDULO DE COLHEITA 5

Ponteira	D <sub>base</sub>	D 1,5	Comprimento	G1	G2	Vol (m <sup>3</sup> )
1	15	12	3,55	0,018	0,011	0,022
2	11	9	1,7	0,010	0,006	0,012
3	10	9	2,3	0,008	0,006	0,011
4	12	10	3,5	0,011	0,008	0,014
5	9,4	8	6,1	0,007	0,005	0,009
6	12	13	1,5	0,011	0,013	0,018
7	16	14	2,3	0,020	0,015	0,027
8	13	10	6	0,013	0,008	0,016
9	14	13	4	0,015	0,013	0,022
10	11	9,3	2,17	0,010	0,007	0,012
11	13	12	1,5	0,013	0,011	0,018
12	13	11	2,25	0,013	0,010	0,017
13	9	13	2,1	0,006	0,013	0,015
14	15	12	1,8	0,018	0,011	0,022
<b>SOMA</b>						<b>0,234</b>

FONTE: A autora (2021)

Do número total de ponteiras registradas, cerca de 38% possuíam diâmetro maior que 8 cm na ponta fina e mais que 1,5 m de comprimento, indicando que estas seriam ponteiras aproveitáveis para uso comercial. Além disso, foram encontradas 7 toras quebradas, sendo 6 delas de comprimento maior que 1,5, indicando falha no processamento mecânico destas peças, que poderiam ser aproveitadas para a serraria, laminação ou processo (TP02, LP01 ou MPP). Assim como as 3 toras que foram esquecidas pela operação de baldeio.

#### 4.5.1 ESTIMATIVA DE VOLUME DE BIOMASSA

O volume de madeira teve grandes variações entre as parcelas, sendo a média de 59,21 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, onde o menor volume foi observado com 20,10 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup> e o maior volume com 56,04 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>. Os dados referentes às parcelas, podem ser visualizados na TABELA 16.

TABELA 16 - ESTIMATIVA DE BIOMASSA NO MÓDULO DE COLHEITA 5

Parcela	Volume (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Biomassa de resíduo (ton.ha <sup>-1</sup> )	Nº de peças
1	20,10	19,09	71
2	33,10	31,44	65
3	30,12	28,61	84
4	35,70	33,91	70
5	27,96	26,56	76
6	22,41	21,29	66
7	21,64	20,56	70
8	28,76	27,32	62
9	56,04	53,24	103
10	24,38	23,16	71
11	44,04	41,83	102
12	26,79	25,45	90
13	42,66	40,53	96
14	23,30	22,14	74
15	39,97	37,97	74
16	23,17	22,01	50
17	23,24	22,08	52
18	20,25	19,24	66
19	31,54	29,96	73
20	46,52	44,19	74
<b>TOTAL</b>	<b>621,68</b>	<b>590,60</b>	<b>1489</b>

FONTE: A autora (2021)

Podem ser observadas a heterogeneidade das parcelas, indicando que não se segue um padrão na disposição dos resíduos em campo.

Na TABELA 17 é possível visualizar as estimativas do inventário, onde a média para as 20 unidades amostrais foi de 59,21 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> ou 56,25 ton.ha<sup>-1</sup>, com um desvio padrão de 10,09 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup>. A partir da variância e do limite de erro imposto para o trabalho, de  $\pm 5$  m<sup>3</sup>, foi calculada o número ideal de parcelas para atender este limite de erro, chegando a um número de 18 unidades amostrais.

TABELA 17 - ESTIMATIVAS DO INVENTÁRIO NO MÓDULO DE COLHEITA 5

<b>Estimativas do inventário</b>	
Média (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	59,21
Desvio padrão (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	10,09
N	18
n	20
Coefficiente de Variação (%)	17,04
<b>Erro de amostragem</b>	
Erro absoluto (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	9,44
Erro relativo (%)	15,95
<b>Intervalo de confiança</b>	
$[54,36\text{m}^3\text{ha}^{-1} \leq 59,21 \text{m}^3\text{ha}^{-1} \leq 64,05 \text{m}^3\text{ha}^{-1}] = 95\%$	

FONTE: A autora (2021)

Extrapolando esta média para a área total deste projeto, de 28 ha, o volume encontrado seria de 1657,88 m<sup>3</sup> ou 1575 ton de material lenhoso disponível para uso comercial.

#### 4.6 RESULTADOS GERAIS

É possível verificar que, em todos os módulos de colheita, a maioria das peças possuem tamanhos pequenos enquanto as peças de maiores diâmetros foram avistadas com frequência reduzida, resultando em uma distribuição diamétrica do tipo “J invertido”. Segundo Cruz Filho (2015), isto acontece devido a concentração de peças de menores diâmetros, por se tratar de galhos, ramos e copas das árvores, enquanto, peças com maiores diâmetros se trata de partes do tronco.

Os resultados de volume de biomassa disponível corroboram com os encontrados por Vatrás & Borges (2019), que obtiveram a média de 78,03 m<sup>3</sup>/ha<sup>-1</sup>, em parcelas de área fixa, em plantio misto de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* de aproximadamente 30 anos de idade na região de São João do Triunfo no estado do Paraná. No entanto o sistema de colheita foi o semimecanizado, onde a derrubada e o processamento ocorrem com a utilização do motosserra no interior do talhão e após é baldeada para a margem do talhão com o Forwarder, o que se aproxima da realidade encontrada no módulo de colheita 4, demonstrando maior perda de volume neste tipo de colheita. Além disso, neste sistema de colheita há a tendência de ocorrerem maiores quantidades de resíduos florestais, pois este método costuma ter o menor aproveitamento do material, como demonstrado por Jacovine et al. (2001) apud Do Canto (2009), onde foram testados 5 modais de colheita em plantios de *Eucalyptus*.

A comparação de volumes estimados de biomassa florestal disponível está demonstrada na TABELA 18, assim como a porcentagem em relação ao equivalente do que foi produzido nos projetos de cada colheita.

TABELA 18 - VOLUME POR HECTARE E % EM RELAÇÃO À PRODUÇÃO DE CADA COLHEITA

	<b>Volume (m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Biomassa de resíduo (ton.ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>% em relação à produção*</b>
<b>Colheita 1</b>	42,76	40,62	11,22
<b>Colheita 2</b>	21,06	20,01	11,5
<b>Colheita 3</b>	7,91	7,51	9,75
<b>Colheita 4</b>	59,66	56,68	22,85
<b>Colheita 5</b>	59,21	56,25	33,08

\*% equivalente ao que foi produzido

FONTE: A autora (2021)

Na TABELA 18 é possível verificar que a colheita que apresenta maior volume de biomassa por hectare é a colheita 4. No entanto, o módulo que apresenta maior volume de biomassa em relação à produção de toras é a colheita 5. Isso pode se dar ao fato de que o módulo de colheita 5 realizou operações em área em que não foi feito manejo florestal com os critérios da empresa, ou seja, não houve desbaste nem podas, o que pode causar um maior número de galhos nas árvores e conseqüentemente maior volume de biomassa. É possível visualizar também que, o módulo em que ocorre menor volume de biomassa disponível é o módulo de colheita 3. Isso porque este módulo realizou desbaste aos 10 anos, portanto, os galhos nessa idade são mais finos quando comparados à plantios mais velhos, gerando menor volume de resíduos. Pincelli et al. (2017) concluiu que, em plantio de *Pinus Caribaea* de 11 anos de idade, em corte raso, produziu cerca de 13,2% de resíduos em relação à produtividade do local, demonstrando semelhança com os resultados do presente trabalho.

Na TABELA 19 estão demonstrados os resultados da análise de variância (ANOVA) para os 5 módulos de colheita estudados. Os resultados foram calculados com um nível de significância de 5%.

TABELA 19 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA

<i>Fonte da variação</i>	<i>SQ</i>	<i>gl</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>	<i>F crítico</i>
Entre grupos	17178,23	4	4294,559	25,60013	1,45E-13	2,488886
Dentro dos grupos	13084,92	78	167,7553			
Total	30263,15	82				

FONTE: A autora (2021)

A partir dos resultados da análise de variância é possível concluir que pelo menos uma das médias do volume de biomassa a partir do módulo de colheita é diferente. Isto é, pelo menos em um dos módulos as médias comparadas não são iguais, à um nível de 95% de confiança.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das análises feitas sobre a quantidade e classificação dos resíduos oriundos de colheita florestal, é possível verificar que a maior parte do número de amostras analisadas são compostas por galhos, seguido por ponteiros, toras esquecidas, toras quebradas, toras que não atingem o comprimento mínimo comercial e, até mesmo, árvores inteiras. Esses resíduos possuem um potencial de utilização, muitas vezes, para a bioenergia, podendo constituir uma reserva energética a nível nacional.

De acordo com os resultados obtidos de volume de biomassa é visto que as colheitas de 3º desbaste e corte raso foram as que apresentam maior volume aproveitável de resíduos lenhosos, onde foram estimadas mais de 20 toneladas por hectare, sendo necessário um estudo econômico para verificar a viabilidade desta operação.

No que se refere à metodologia utilizada, o método de linha interceptadora é uma alternativa a métodos mais complicados e que exigem maior quantidade de equipamentos e maior tempo, se mostrou eficiente, no entanto, é necessário um maior número de parcelas, ou seja, exige uma intensidade amostral elevada.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, B. O. **Viabilidade do aproveitamento de resíduos florestais**. 2016. 97 f. Dissertação (Mestrado em Silvicultura e Manejo Florestal) – Setor de Ciências Florestais, Universidade de São Paulo, Piracicaba (SP), 2016.
- CRUZ FILHO, D. **Avaliação da quantidade de resíduos lenhosos em área de floresta explorada e não explorada, utilizando amostragem por linha interceptadora, no médio Rio Moju, Pará, Brasil**. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2015.
- CRUZ FILHO, D.; SILVA, J. N. Avaliação da quantidade de resíduos lenhosos em floresta não explorada e explorada com técnicas de redução de impactos, utilizando amostragem por linha interceptadora, no Médio Mojú, Amazônia Oriental, Brasil. **Acta Amazonica**. v. 39 2009: p. 527-532, 2009.
- DO CANTO, J. L. **Colheita mecanizada de biomassa florestal para energia**. 2009. 139 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal).
- FELFILLI, J. M.; VALE, A. B.; PAULA NETO, F.; REZENDE, J. L. P. Avaliação dos resíduos de exploração em florestas no Norte de Mato Grosso. **Revista Árvore**, v. 8, n. 1, 1984. p. 70-83.
- FERREIRA, J. C. Estimativa da oferta de biomassa florestal em povoamentos de Pinus taeda L. após intervenções culturais. **Ciências Florestais**, Santa Maria, v. 29, n. 3, p. 1459-1468, jul./set. 2019.
- FLORESTAL GATEADOS. Disponível em: <https://www.gateados.com.br/>. Acesso em 17 dez. 2021.
- FOREST STEWARDSHIP COUNCIL INTERNATIONAL CENTRE. FSC-STD-BRA-01-2014 (V1-1) - Avaliação de plantações florestais na República Federativa do Brasil: Padrão Harmonizado entre as Certificadoras. 2014.
- GALVÃO FILHO, A. F. **Avaliação da aplicabilidade do método de amostragem por linhas interceptadoras na quantificação de resíduos de exploração florestal nas condições de uma floresta de terra firme na Amazônia brasileira**. 2010. 85 f. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) – Setor de Ciências Florestais, Universidade Federal Rural do Amazonas, Belém (PA), 2010.
- HARMON, M. E.; SEXTON, J. **Guidelines for measurements of woody detritus in forest ecosystems**. University of Washington, College of Forest Resources, Seattle, 1996. 73 p.
- MAAS, G. C. B. **Compartimentação do estoque de carbono em floresta ombrófila mista**. 2015. 176 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal: Área de Concentração em Manejo Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

PALACE, M.; KELLER, M.; SILVA, H. Necromass production: Studies in undisturbed and logged Amazon forests. **Ecological Applications**, v.18(4), p.873–884. 2008.

PEARSON, T.; BROWN, S.; RAVINDRANATH, N. **Integrating carbon benefit estimates into GEF projects**. UNDP GEF Capacity Development and Adaptation Group Guidelines, 2005. 57 p. Relatório.

PICELLI, A. L.; MOURA, L. F.; BRITO, J. O. Quantificação dos resíduos da colheita em florestas de *Eucalyptus grandis* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Scientia Forestalis**. Piracicaba, v. 45, n. 115, p. 519-526, set. 2017.

RUMMER, R.; SEIXAS, F. Colheita de resíduos florestais para bioenergia nos EUA. **Anais do VIII Simpósio Brasileiro sobre Colheita e Transporte Florestal**. Uberlândia: SIF, 7 a 10 de outubro de 2007. P. 19-40.

SACCOL, A. F.; WELTER, C. A.; ROSA, R. C.; COLDEBELLA, R.; LONGHI, S. J.; FARIAS, J. A.; PEDRAZZI, C. Aproveitamento da biomassa florestal na fabricação de briquetes. **Revista Matéria**. v.25, n.2, 2020.

SANKARAN, K. V. Impacto of site management practices on growth of Eucalyptus plantations in the monsoonal tropics in Kerala, India. **Site management and productivity in tropical plantations of forests**. Bogor, Indonesia. 2008.

SOARES, T. S.; CARNEIRO, A. C. O.; GONÇALVES, E. O.; LELLES, J. G. Uso da biomassa florestal na geração de energia. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**. Garça, v.4, n.8, 2006.

SOUZA, M. M. **Caracterização e viabilidade econômica do uso energético de resíduos da colheita e do processamento de *Pinus taeda* L.** 2010. 77 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

VALÉRIO, A. F.; WATZLAWICK, L. F.; SANTOS, R, T; BRANDELERO, C; KOEHLER, H. S. Quantificação de resíduos e rendimento no desdobro de *Araucaria angustifolia* (bertol.) O. Kuntze. **FLORESTA**, Curitiba, PR, v. 37, n. 3, set./dez. 2007.

VAN WAGNER, C. E. The Line Intersect Method in Forest Fuel Sampling. **Forest Science**, v. 14, n. 1, p. 20–26, 1968.

VATRAZ, S.; BORGES, F; Análise de resíduos florestais após colheita semimecanizada em um plantio de coníferas no Paraná. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá (PR). Maringá, v.12 n. 1, p. 65-80, mar. 2019.

WATSON, W.F.; STOKES, B.J.; SAVELLE, I.W. Comparisons of two methods of harvesting biomass for energy. **Forest Products Journal**. 36(4): 63-68. 1986.

WARREN, W. G.; OLSEN, P. F. A Line Intersect Technique for Assessing Logging Waste. **Forest Science**, v. 10, n. 3, p. 267–276, 1964. Society of American Foresters.

WREGGE, M. S.; STEINMETZ, S.; JÚNIOR, C. R.; ALMEIDA, I. R. **Atlas climático da região sul do Brasil**. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2012. EMBRAPA Brasília, ISBN 978-85-7035-013-8; 334.