



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

FIAMA KELLY MELO NUNES

**DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE RESÍDUOS LENHOSOS PELO
MÉTODO DAS LINHAS INTERSEPTADORAS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Belém,

2023

FIAMA KELLY MELO NUNES

**DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE RESÍDUOS LENHOSOS PELO
MÉTODO DAS LINHAS INTERSEPTADORAS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal Rural da Amazônia como parte das exigências para obtenção do título de mestre.

Orientador: Gustavo Schwartz

Belém,

2023

FIAMA KELLY MELO NUNES

**DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE RESÍDUOS LENHOSOS PELO
MÉTODO DAS LINHAS INTERSEPTADORAS NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais para obtenção do título de Mestre.

Aprovado em 30 de agosto de 2023.

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **GUSTAVO SCHWARTZ**
Data: 26/09/2023 11:24:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Gustavo Schwartz
Orientador
Embrapa Amazônia Oriental

Documento assinado digitalmente
 **LUIZ FERNANDES SILVA DIONÍSIO**
Data: 25/09/2023 10:20:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Luiz Fernandes Silva Dionísio
1º Examinador
Universidade Federal Rural da Amazônia



Eduardo Saraiva da Rocha
2º Examinador
Universidade Federal Rural da Amazônia

Documento assinado digitalmente
 **RICARDO MANUEL BARDALES LOZANO**
Data: 26/09/2023 11:57:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Ricardo Manuel Bardales Lozano
3º Examinador
Universidade Federal de Roraima

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

N972d Nunes, Fiama Kelly Melo Nunes

Determinação do Volume de Resíduos Lenhosos pelo Método das Linhas Interseptadoras na Amazônia Brasileira / Fiama Kelly Melo Nunes Nunes. - 2023.
40 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Ciências Florestais (PPGCF), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2023.

Orientador: Prof. Me. : Gustavo Schwartz Schwartz

1. Linha Interseptadora. 2. Manejo de Mínimo Impacto. 3. Layouts. I. Schwartz, : Gustavo Schwartz, *orient.* II. Título

CDD 634.92

Agradecimentos

Agradeço a Deus por ter avançado em mais uma etapa da minha formação. Agradeço à minha família, em especial meu avô Zezinho, minha mãe Joze Melo, minha avó Socorro e minhas irmãs Clara Elis e Virgínia Nunes que sempre me motivaram a buscar mais conhecimento e me apoiaram em todas as minhas decisões na construção de um futuro por meio dos estudos. Agradeço ao meu irmão Davi e minha sobrinha Liz por todo amor e carinho que são essenciais para que eu consiga correr atrás dos meus objetivos.

Agradeço meu orientador Gustavo Schwartz por todo aprendizado e compreensão. Meus agradecimentos aos Professores José Natalino, Paulo Contente e Eduardo Saraiva que contribuíram para a construção do meu projeto de dissertação. Agradeço também à Professora Lina Bufalino por toda empatia e pelo empenho com este programa de Pós-graduação, por buscar garantir o melhor para nós discentes do PPGCF-UFRA. Agradeço à secretária do PPGCF, Paula, que sempre esclareceu todas as minhas dúvidas e ajudou a resolver os problemas que surgiram nessa caminhada, junto à toda a coordenação da Pós. Agradeço também a todos os professores e alunos que colaboraram direta ou indiretamente para conclusão deste mestrado.

Agradeço ao CNPq pela concessão da bolsa, mesmo que por um breve período. Agradeço à UFRA por proporcionar minha formação como engenheira florestal e como mestre em ciências florestais.

Agradeço aos meus amigos Victor Dias, Daniela Chagas, Douglas Matheus, Hiago Pacheco, Denner Santos, Yash Brendo, Jonatha Ribeiro e Jeymy Rayena por ouvirem meus desabafos e confiarem no meu potencial de concluir esta dissertação. Agradeço também à Julia Rodrigues que me auxiliou diversas vezes quando precisei de ajuda no mestrado.

Agradeço à Cooperativa dos Produtores Agroextrativistas do Médio Rio Jaurucu (COOPAMJ), representada pelo Sr Evandro Pinheiro, por todo apoio logístico e na coleta dos dados. Agradeço à equipe de campo, Amós, Lucas, Adonai, Esdras, Efraim e Neto. Agradeço à Dendrolog Projetos Sustentáveis, representada pelo Eng. Paulo Bittencourt, por permitir que este trabalho fosse desenvolvido junto às demandas da empresa.

Resumo

Os resíduos lenhosos grossos são definidos como todo material morto e caído no chão da floresta, com diâmetro igual ou superior a 10 cm. Em áreas de floresta manejada, incluem-se ainda partes de árvores colhidas não retiradas da floresta, como galhadas, bifurcações, sapopemas, além de partes tortuosas de troncos e galhos. Nesse contexto, o aproveitamento de resíduos para fins energéticos, serrarias, carvão e produção de móveis, pode ser uma alternativa para otimizar a produção florestal. O uso depende de variáveis como o grau de decomposição e classe diamétrica. A estimativa do volume desse material é importante para a tomada de decisão sobre a sua viabilidade e pode ser realizada por diversos métodos. Uma alternativa de baixo custo e boa precisão, é o método das linhas interceptadoras, as quais podem formar diferentes *layouts* em campo, embora seja necessário definir o formato mais eficiente. Nesse sentido, as questões norteadoras desta pesquisa foram: a) Existe diferença entre os layouts para a estimativa de volume de resíduos lenhosos grossos?; b) O comprimento da linha-amostra influencia na determinação de resíduos lenhosos grossos entre os *layouts*?; c) Os *layouts* apresentam a mesma distribuição diamétrica para o volume de resíduos lenhosos grossos?; d) Os *layouts* diferem quanto à estimativa de volume de resíduos por classe de decomposição? e e) Quais são as classes de uso mais frequentes entre os *layouts*? Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar e definir o *layout* mais adequado para a estimativa de volume de resíduos gerados pela exploração de impacto reduzido, na Reserva Extrativista Verde Para Sempre, município de Porto de Moz, estado do Pará, Amazônia. Foram amostradas linhas de 1000 m em uma área de 100 hectares, onde todas as peças (diâmetro ≥ 10 cm) que tocavam as linhas-amostra foram catalogadas. Cada *layout* testado (formatos de Cruz, L, Linha e Quadrado) foi caracterizado como um tratamento, com 18 repetições em delineamento inteiramente casualizado. Além disso, em cada *layout* avaliou-se o volume de resíduos por categoria de uso (carvão/lenha, pequenos móveis/artefatos, serraria e sem aproveitamento), classe de decomposição (sem degradação perceptível, leves sinais de deterioração e estágio avançado de decomposição) e classe diamétrica. Uma regressão entre o volume estimado e o comprimento da linha-amostra também foi realizada, que mostrou uma melhor amostragem com o aumento do comprimento das linhas. Os resultados indicaram a semelhança entre os *layouts* para a estimativa de volume ($p > 0,05$), de acordo com a Análise de Variância, além de coeficiente de variação muito alto ($> 30\%$). Apesar disso, os *layouts* L e Quadrado apresentaram os menores erros padrão (9,30% e 9,69%, respectivamente). Em todos os *layouts* a distância apresentou regressão positiva e significativa para a estimativa de volume, adicionalmente os maiores volumes foram encontrados nas classes de diâmetro superiores. Os *layouts* foram semelhantes na estimativa de volume por classes de decomposição e em todos, o uso para produção carvão e lenha foi o mais recorrente, com mais de 50% do volume. Portanto, constatou-se a eficiência do método de linhas interceptadoras para a estimativa de resíduos lenhosos grossos e, considerando o menor erro amostral, a maior abrangência de classes diamétricas e a facilidade de execução em campo, recomenda-se o uso do *layout* do tipo quadrado.

Palavras-chave: Linha interceptadora; Manejo de Mínimo Impacto; *Layouts*.

Abstract

Coarse woody debris is defined as all dead material that has fallen on the forest floor with a diameter equal to or greater than 10 cm. In managed forest areas, this also includes harvested tree parts that have not been removed from the forest, such as branches, forks, stumps, as well as twisted portions of trunks and branches. In this context, utilizing this coarse woody debris for energy purposes, sawmills, charcoal, and furniture production can be an alternative to optimize forest production. The utilization depends on variables like the degree of decomposition and diameter class. Estimating the volume of this material is crucial for decision-making regarding its feasibility and can be performed through various methods. A low-cost and accurate alternative is the method of intercept lines, which can take on different layouts in the field, although determining the most efficient format is necessary. In this regard, the guiding questions of this research were: a) Is there a difference between layouts for estimating the volume of coarse woody debris?; b) Does the length of the sample line influence the determination of coarse woody debris among layouts?; c) Do layouts exhibit the same diameter distribution for the volume of woody debris?; d) Do layouts differ in estimating volume based on decomposition class?; and e) What are the most frequent usage classes among the layouts? Therefore, the objective of this work was to evaluate and define the most appropriate layout for the estimation of the volume of waste generated by the exploration of reduced impact, in the Green Forever Extractive Reserve, municipality of Porto de Moz, state of Pará, Amazon. Lines of 1000 m were sampled in an area of 100 hectares, where all pieces (diameter ≥ 10 cm) touching the sample lines were cataloged. Each tested layout (Cross, L, Line, and Square shapes) was characterized as a treatment, with 18 repetitions in a completely randomized design. Additionally, in each layout, the volume of debris was evaluated by usage category (charcoal/firewood, small furniture/artifacts, sawmill, and no use), decomposition class (no noticeable degradation, slight signs of deterioration, advanced stage of decomposition), and diameter class. A regression between the estimated volume and the length of the sample line was also conducted, showing better sampling with increased line length. The results indicated similarity between layouts for volume estimation ($p > 0.05$), according to Analysis of Variance, with a very high coefficient of variation ($> 30\%$). Nonetheless, layouts L and Square showed the smallest standard errors (9.30% and 9.69%, respectively). In all layouts, distance showed a positive and significant regression for volume estimation; furthermore, larger volumes were found in higher diameter classes. Layouts were similar in volume estimation for decomposition classes, and in all of them, the most frequent usage was for coal and firewood, accounting for more than 50% of the volume. Thus, the efficiency of the intercept line method for estimating coarse woody debris was confirmed, and considering the lower sampling error, broader diameter class coverage, and ease of field execution, the use of the square-type layout is recommended.

Keywords: Intercepted line; Reduced Impact Logging; Layouts.

Lista de Figuras

- Figura 1.** Etapas operacionais para o Manejo Florestal Sustentável em áreas comunitárias. 14
- Figura 2.** Procedimentos de coleta de dados para estimativa de resíduos de resíduos lenhosos pelo método da linha interceptadora em área de Manejo Florestal no município de Porto de Moz, Pará, Brasil. Onde: A) Mensuração do diâmetro de resíduo de copa (galhada da árvore explorada; B) Linha Interceptadora de resíduos da exploração florestal e C) Árvore caída por consequência da exploração. 16
- Figura 3.** Área destinada ao Manejo Florestal da comunidade Itapéua localizada na Reserva Extrativista Verde para Sempre, município de Porto de Moz, Pará. 18
- Figura 4.** A) Croqui da distribuição amostral das linhas interceptadoras de resíduos na área experimental com diferentes layouts. Em que: B) Layout em cruz; C) Layout em L; D) Layout em Linha; E) Layout em quadrado. 22
- Figura 5.** Classificação dos resíduos quanto à classe de decomposição em que: A) Material lenhoso constituído por madeira sólida, com ou sem folhas e/ou galhos finos unidos à peça principal, sem degradação perceptível; B) Material lenhoso sólido, com leves sinais de deterioração (apodrecimento da casca); C) Peças em estágio avançado de decomposição, que pode ser despedaçado ao toque. 23
- Figura 6.** Média \pm DP de volume por hectare de resíduo em diferentes layouts formados a partir de linhas interceptadoras em uma floresta localizada na Reserva Extrativista Verde Para Sempre, município de Porto de Moz, Pará. 25
- Figura 7.** Relação entre a distância (m) e o volume de resíduos estimado em layouts formados a partir de linhas interceptadoras em uma floresta localizada na Reserva Extrativista Verde Para Sempre, município de Porto de Moz, Pará. 26
- Figura 8.** Volume de resíduos por classe de diâmetro em diferentes layouts formados a partir de linhas interceptadoras em uma floresta localizada na Reserva Extrativista Verde Para Sempre, município de Porto de Moz, Pará. 28
- Figura 9.** Mediana \pm IQR volume por classe de decomposição em layouts formados a partir de linhas interceptadoras em uma floresta localizada na Reserva Extrativista Verde Para Sempre, município de Porto de Moz, Pará. 1) Material lenhoso constituído por madeira sólida, com ou sem folhas e/ou galhos finos unidos à peça principal, sem degradação perceptível; 2) Material lenhoso sólido, com leves sinais de deterioração (apodrecimento da casca); 3) Peças em estágio avançado de decomposição, que pode ser despedaçado ao toque. 29
- Figura 10.** Volume de resíduos por classe de uso potencial em cada um dos layouts formados a partir de linhas interceptadoras em uma floresta localizada na Reserva Extrativista Verde Para Sempre, município de Porto de Moz, Pará. 30

Lista de Tabelas

Tabela 1. Volumes e quantidade de árvores e toras exploradas por espécie na área de Unidade de Produção Anual.	19
Tabela 2. Quantidade de árvores exploradas na área experimental. Onde: VS = Volume selecionado, VE = Volume explorado.	20
Tabela 3. Descrição das classes de decomposição de resíduos florestais lenhosos.	23
Tabela 4. Categorias de uso e critérios de avaliação de resíduos florestais lenhosos.	23
Tabela 5. Estatística descritiva para o volume de resíduos em diferentes <i>layouts</i> formados a partir de linhas interceptadoras em uma floresta localizada na Reserva Extrativista Verde Para Sempre, município de Porto de Moz, Pará.	25
Tabela 6. Resumo da regressão entre distância e volume de resíduos estimado em <i>layouts</i> formados a partir de linhas interceptadoras em uma Unidade de Produção Anual localizada na Reserva Extrativista Verde Para Sempre, município de Porto de Moz, Pará.	26

Sumário

1. Introdução	9
2. Questões Científicas	11
3. Hipóteses	11
4. Objetivos	11
4.1. <i>Geral</i>	11
4.2. <i>Específicos</i>	11
5. Referencial teórico	12
5.1. <i>Unidades de Conservação e o uso da floresta pelas comunidades tradicionais na Amazônia</i>	12
5.2. <i>Uso de resíduos florestais na Amazônia</i>	15
5.3. <i>Métodos para a determinação de resíduos</i>	16
6. Material e métodos	17
6.1. <i>Área de estudo</i>	17
6.2. <i>Histórico da área</i>	18
6.3. <i>Coleta de dados</i>	20
6.4. <i>Processo de amostragem (layout)</i>	21
6.5. <i>Grau de decomposição e categorias de uso</i>	22
6.6. <i>Análise de dados</i>	24
7. Resultados	24
8. Discussão	30
9. Conclusões	33
10. Referências bibliográficas	34

1. Introdução

Os resíduos lenhosos grossos (RL) são definidos como todo material morto e caído no chão da floresta, com diâmetro igual ou superior a 10 cm (KELLER *et al.*, 2004). Também são classificados como RL, partes de árvores colhidas não retiradas da floresta, como galhadas, bifurcações, sapopemas, partes tortuosas de troncos e galhos, seções ocas de toras, madeira proveniente de queda natural da árvore ou partes dessas madeiras (cerne) e restos de desdobro de toras por eventual uso para infraestrutura local (como pontes e barracos) (BURAKOUSKI *et al.*, 2021; LIMA *et al.*, 2020b; SANTOS *et al.*, 2014; VATRAZ; BORGES, 2019). Na extração seletiva de madeira, os resíduos resultam não apenas de árvores cortadas, mas também de danos no entorno destas devido às práticas inadequadas de corte, moagem e na abertura de estradas para arraste de toras (NUMAZAWA *et al.*, 2017a).

No contexto do desenvolvimento sustentável e com o intuito de reduzir a pressão sob as florestas naturais, sobretudo na Amazônia, o aproveitamento de RL tem ocupado um espaço importante no setor florestal, devido aos diversos usos em potencial que estes recursos proporcionam, favorecendo tanto o mercado interno quanto o externo (DIONISIO *et al.*, 2022). Os resíduos gerados em uma floresta após a intervenção de colheita, em muitos empreendimentos florestais, são reaproveitados e classificados como um subproduto florestal, como a lenha (VATRAZ; BORGES, 2019).

De acordo com Rodriguez-Franco e Page-Dumroese (2021), a biomassa florestal tem muitos usos, dependendo do tamanho do material e dos mercados locais, regionais e nacionais. Uma demanda crescente por bioenergia, biocombustíveis e bioprodutos também aumenta o interesse na utilização de biomassa (FU *et al.*, 2020) para tal, os resíduos lenhosos grossos também apresentam potencial. Logo, classificar os RL gerados pela exploração auxilia na definição da melhor utilização dessa madeira e, consequentemente, o atendimento às demandas dos mercados.

As preocupações envolvendo o aproveitamento econômico de resíduos florestais da colheita madeireira já vêm sendo tratadas como uma possibilidade de melhor aproveitamento da madeira (RIBEIRO *et al.*, 2019). No entanto, a destinação de RL depende de características físico-químicas e anatômicas das espécies, além do tamanho do resíduo, tornando-se indispensável o planejamento e a gestão de uso (BURAKOUSKI *et al.*, 2021). Estimativas de volume são importantes para o planejamento de colheitas florestais, pois permitem indicar a quantidade disponível e aproveitável de madeira, favorecendo a tomada de decisão sobre a destinação da RL

35 (CRUZ FILHO; SILVA, 2009) e partir desses valores pode-se definir se a retirada desse
36 material da floresta é viável.

37 Geralmente, devido ao menor custo de operação quando comparado à cubagem
38 rigorosa (maneira mais apropriada para quantificar o volume de madeira), realizam-se
39 estimativas por meio de diferentes modelos matemáticos, os quais relacionam o
40 diâmetro e o comprimento do resíduo para a obtenção do volume (GARCIA, 2011;
41 NANVONAMUQUITXO; ROJAS; HOFIÇO, 2017a) ou apenas o diâmetro da peça.
42 Cruz Filho e Silva (2009) observaram diferença significativa no volume de resíduos
43 lenhosos entre floresta não explorada e floresta explorada via técnicas de impacto
44 reduzido, devido ao acréscimo de resíduos gerados pela exploração comparados aos
45 gerados por causas naturais, com uma quantidade maior de resíduos em área explorada.

46 Sabe-se ainda que árvores de grande porte geram resíduos de galhos grossos
47 com diâmetros que possibilitam o beneficiamento e a utilização da madeira serrada para
48 o setor moveleiro e de fabricação de pequenos artefatos, além do setor de pré-cortados
49 (RIBEIRO *et al.*, 2019). No entanto, erros de amostragem são frequentes, devido ao
50 esforço amostral inadequado, prejudicando as estimativas e o melhor entendimento
51 sobre a produção de resíduos das espécies amazônicas. Assim, o método de Linhas
52 Interceptadoras (LI) tem se mostrado uma alternativa viável e eficaz, já que se
53 caracteriza pela distribuição de linhas perpendiculares ao eixo principal da parcela, onde
54 nos pontos de intercessão avalia-se diâmetro e classe de decomposição (CRUZ FILHO;
55 SILVA, 2009).

56 Uma problemática evidente deste método é a falta de padronização quanto ao
57 espaçamento entre linhas e, conseqüentemente, quanto ao *layout* formado pela
58 intercessão das linhas. Segundo Pickford e Hazard (1978), existem muitos
59 questionamentos sobre qual seria o arranjo mais adequado para as unidades-amostra,
60 utilizando o método LI. Estabelecer a melhor forma de amostragem traz diversos
61 benefícios como otimização de recursos financeiros e humanos para a atividade de
62 coleta. Além da importância de se definir um arranjo de amostragem em campo,
63 verifica-se também a necessidade de qualificar o tipo de material lenhoso encontrado,
64 seja pelo seu grau de deterioração ou por características da madeira para definição de
65 usos.

66

67 **2. Questões Científicas**

68 a) Existe diferença entre os *layouts* para a estimativa de volume de resíduos lenhosos
69 grossos?

70 b) O comprimento da linha-amostra influencia na determinação de resíduos lenhosos
71 grossos entre os *layouts*?

72 c) Os *layouts* apresentam a mesma distribuição diamétrica para o volume de resíduos
73 lenhosos grossos?

74 d) Os *layouts* diferem quanto à estimativa de volume de resíduos por classe de
75 decomposição?

76 e) Quais são as classes de uso mais frequentes entre os *layouts*?

77

78 **3. Hipóteses**

79 a) O layout influenciará na estimativa de volume.

80 b) O comprimento das linhas interceptadoras influenciará na precisão da estimativa do
81 volume.

82 c) A abrangência das classes diamétricas por volume também será afetada e divergirá
83 entre os layouts.

84 d) Ao considerar que a decomposição de um ecossistema é fortemente influenciada por
85 fatores bióticos e abióticos, os quais independem dos layouts, então estes poderão ser
86 semelhantes na estimativa por classe de decomposição.

87 e) As classes de interesse comercial apresentarão maiores estoques em todos os layouts.

88

89 **4. Objetivos**

90 *4.1. Geral*

91 Avaliar e definir o *layout* mais adequado para a estimativa de volume de resíduos
92 gerados pela exploração de impacto reduzido, na Reserva Extrativista Verde Para
93 Sempre, município de Porto de Moz, estado do Pará, Amazônia.

94 *4.2. Específicos*

95 a) Comparar o volume resíduos grossos (diâmetro ≥ 10 cm) estimado para diferentes
96 *layouts*, por meio do método de linhas interceptadoras;

97 b) Analisar se há relação entre o comprimento da linha-amostra e a estimativa de
98 resíduos lenhosos;

99 c) Quantificar o volume de resíduos lenhosos por classe de diâmetro;

100 d) Classificar os resíduos por grau de decomposição e categorias de uso.

101 **5. Referencial teórico**

102 *5.1. Unidades de Conservação e o uso da floresta pelas comunidades tradicionais na* 103 *Amazônia*

104 A Bacia Amazônica engloba a maior floresta tropical do mundo, com área
105 aproximada de 7 milhões km², abrangência de nove países e cerca de 40% da
106 biodiversidade do planeta (HANSEN *et al.*, 2013), o que intensifica a pressão de uso
107 sobre os recursos naturais do bioma. Tendo em vista os alertas sobre os impactos das
108 mudanças climáticas (ANTALA *et al.*, 2022; GAUI *et al.*, 2019; HUANG *et al.*, 2020)
109 e as metas internacionais estabelecidas como estratégia de conservação da Amazônia
110 (CRUZ *et al.*, 2021; GUERRA *et al.*, 2020), iniciativas para garantir o uso sustentável
111 da biodiversidade e a manutenção dos povos e comunidades tradicionais tornaram-se
112 fundamentais.

113 Nesse contexto, as Unidades de Conservação (UCs) foram criadas com o
114 objetivo de otimizar o planejamento e administração dos recursos naturais (BRASIL,
115 2000). Estas subdividem-se em duas categorias de manejo: 1) Uso sustentável, cujo
116 objetivo é harmonizar a conservação da natureza com o uso sustentável de bens comuns
117 para geração de renda, equilibrando a presença humana em áreas protegidas e 2)
118 Proteção integral, as quais visam manter os ecossistemas sem as alterações causadas
119 pela interferência humana, permitindo apenas o uso indireto de seus atributos naturais
120 (CAMPOS-SILVA *et al.*, 2021).

121 A criação das Unidades de Conservação em todo mundo se dá em virtude da sua
122 relação aos valores como belezas naturais, potencial para recreação e turismo, proteção
123 de mananciais, proteção de valores históricos, com a sustentabilidade local de certas
124 comunidades e, em alguns casos, por interesse político (DURIGAN *et al.*, 2006). O
125 Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) é regulamentado pela lei
126 9.985/2000 e envolve o conjunto de unidades de conservação (UC) federais, estaduais e
127 municipais. O SNUC é composto por 12 categorias de UC, cujos objetivos específicos
128 se diferenciam quanto à forma de proteção e usos permitidos: aquelas que precisam de
129 maiores cuidados, pela sua fragilidade e particularidades, e aquelas que podem ser
130 utilizadas de forma sustentável e conservadas ao mesmo tempo (BRASIL, 2000).

131 Até dezembro de 2018, 339 UCs haviam sido implantadas na Amazônia
132 brasileira, totalizando 1.286.927 km², ou seja, 25,7% do território, das quais 220 eram
133 de uso sustentável e 119 de Proteção Integral. No caso das UCs de uso sustentável, a
134 exploração dos recursos madeireiros é determinante para o desenvolvimento da região

135 amazônica (RIBEIRO; FONSECA; PEREIRA, 2020), já que a Amazônia é uma das
136 principais fontes de madeira do mundo, com produção anual aproximada de 29 milhões
137 de metros cúbicos entre 2017 e 2018 (ITTO, 2019). Para os povos que vivem na
138 Amazônia e dependem diretamente dos recursos florestais, essa atividade ainda
139 representa um dos principais meios de sobrevivência (OLIVEIRA *et al.*, 2021b) e de
140 conservação dos recursos naturais, visto que as florestas manejadas por comunidades
141 apresentam menores taxas de desmatamento (PORTER-BOLLAND *et al.*, 2012).

142 As Reservas Extrativistas (RESEX) são áreas destinadas à exploração
143 autossustentável e conservação dos recursos naturais renováveis, por populações
144 extrativistas, constituindo parte importante do Sistema Nacional de Unidades de
145 Conservação (QUINZEIRO NETO *et al.*, 2014). A Reserva Extrativista Verde Para
146 Sempre, localizada no município de Porto de Moz, estado do Pará, é a maior unidade de
147 conservação de uso sustentável do Brasil, isso agrega uma enorme responsabilidade
148 com a conservação de seus recursos naturais, por isso, encontrar maneiras de otimizar a
149 utilização desses recursos é fundamental.

150 Na RESEX Verde Para Sempre atualmente existem 13 Planos de Manejo
151 Florestal de uso comunitário licenciados pelo órgão ambiental responsável, o Instituto
152 Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). As associações e
153 cooperativas detentoras dessas Áreas de Manejo Florestal (AMFs) aprovadas têm a
154 responsabilidade de utilizar os recursos madeireiros e não-madeireiros seguindo o tripé
155 da sustentabilidade (ambiental, social e econômico).

156 Por isso, a participação comunitária em projetos de manejo florestal é
157 fundamental para o desenvolvimento regional, possibilitando o direito de manejar a
158 floresta de maneira sustentável através de leis e normas pré-estabelecidas pela
159 legislação ambiental vigente (BRANDÃO *et al.*, 2021). O manejo deve ser realizado a
160 partir de um Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), o qual é regulamentado
161 pela legislação brasileira (BRASIL, 2011), mais especificamente pela IN MMA Nº 05
162 de 11 de dezembro de 2006, e segue as diretrizes de Exploração por Impacto Reduzido
163 (EIR).

164 Houve uma atualização recente na legislação acerca das diretrizes e
165 procedimentos em PMFS comunitário para exploração de recursos madeireiros no
166 interior de Reserva Extrativista, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Floresta
167 Nacional, as quais são abordadas na Instrução normativa (IN) 05 de 14 de abril de 2022
168 (BRASIL, 2022). As etapas do manejo englobam o planejamento prévio e posterior à

169 colheita (Figura 1), os quais visam garantir a sustentabilidade, por meio de sistemas
 170 policíclicos que podem chegar a 35 anos, e intensidade de corte de até 30 m³.ha⁻¹ na
 171 Unidade de Produção Anual (UPA) (FARIA *et al.*, 2021; PIPONIOT *et al.*, 2019).



172
 173 **Figura 1.** Etapas operacionais para o Manejo Florestal Sustentável em áreas
 174 comunitárias.

175 Fonte: MIRANDA *et al.*, 2020.

176

177 A exploração seletiva de espécies e o diâmetro mínimo de corte de 50 cm
 178 garantem a manutenção do estoque de árvores remanescentes, onde após três décadas da
 179 exploração é possível recuperar a abundância, área basal e volume para árvores com
 180 diâmetro a 1,30 m do solo (DAP) menores do que 45 cm (CASTRO *et al.*, 2021).
 181 Adicionalmente, entre sete e onze anos pós-colheita as taxas de mortalidade tendem a se
 182 estabilizar em 2,05 % ano⁻¹ (DIONISIO *et al.*, 2017a).

183 No aspecto ambiental, a exploração de florestas nativas retarda a recuperação do
 184 estoque de madeira de espécies comerciais de grande porte, mesmo após 32 anos da
 185 exploração (CASTRO *et al.*, 2021). Quando se trata de economia do manejo florestal de
 186 base comunitária, os custos de operação para produção madeireira podem chegar a
 187 US\$ 76 m³, com taxas de retorno que variaram de 79% a 92%, como observado nos
 188 anos de 2011 e 2013 na Cooperativa Mista da Floresta Nacional do Tapajós
 189 (HUMPHRIES *et al.*, 2020). Além disso, a produção pode ser diversificada por meio do
 190 aproveitamento de resíduos da exploração, visto que cada tonelada de madeira destinada
 191 à serraria pode resultar em 2,13 toneladas de resíduos (NUMAZAWA *et al.*, 2017b),

192 podendo chegar em até seis vezes o volume de madeira comercial (KELLER *et al.*,
193 2004).

194

195 5.2. *Uso de resíduos florestais na Amazônia*

196 Na estrutura da cadeia produtiva da madeira, de modo geral, as toras de madeiras
197 são destinadas para fins energéticos (lenha e carvão) e para fins industriais (produtos de
198 madeiras) (LIMA *et al.*, 2020b). Assim, o uso de resíduos para essas destinações pode
199 diminuir a pressão sob o desmatamento em novas áreas de florestas na Amazônia, visto
200 que a demanda florestal é diretamente influenciada pelo cenário internacional
201 (OLIVEIRA *et al.*, 2021a), somado ao fato de que o Manejo Florestal Sustentável é uma
202 das formas legais para a liberação de resíduos florestais (PARÁ, 2011). A legislação
203 que regulamenta os procedimentos para aprovação e retirada de resíduos florestais
204 lenhosos em área de manejo florestal licenciada pelo Ibama, é a Instrução Normativa nº
205 9, de 08 de maio de 2015 (BRASIL, 2015).

206 De maneira geral, não há uso final para galhos e seções de madeira proveniente
207 da colheita florestal, sendo geralmente abandonados na floresta (ANDERSON;
208 BERGMAN; PAGE-DUMROESE, 2016), por isso quantificar e desenvolver
209 alternativas para a utilização destes pode ser uma excelente alternativa de manejo
210 sustentado. O potencial de aplicações e aproveitamento de resíduos florestais oriundos
211 da exploração vem sendo amplamente discutido com o intuito de otimizar a utilização
212 da madeira (DIONISIO *et al.*, 2017b; LIMA *et al.*, 2020b, 2020c, 2020d), além de
213 agregar maior valor econômico às espécies (BRAZ *et al.*, 2014; RIBEIRO *et al.*, 2019).

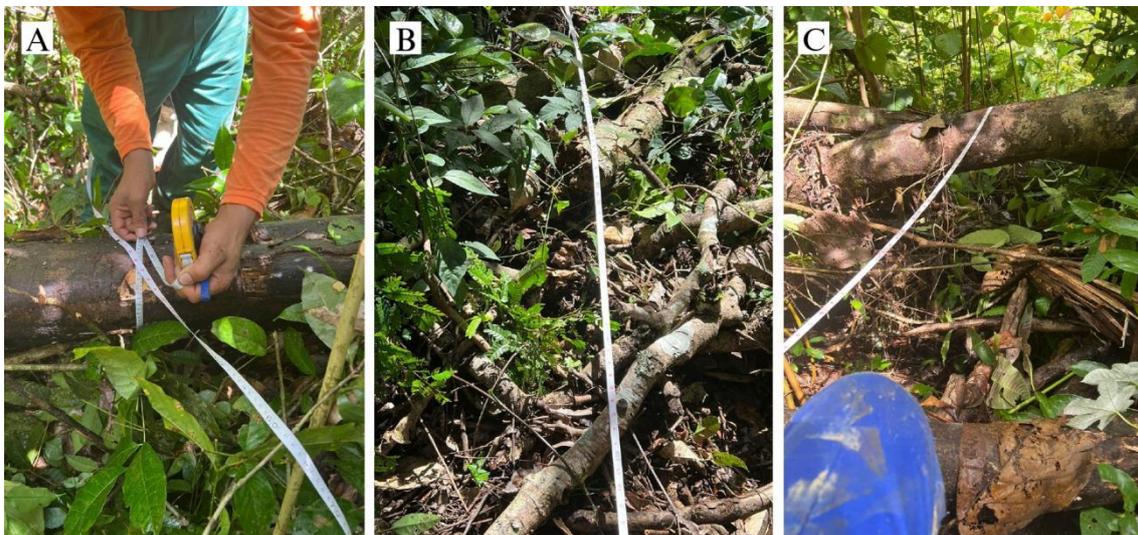
214 Na Floresta Nacional do Tapajós, verificou-se que para cada metro cúbico de
215 madeira, descarta-se 0,45 m³ de galhos com diâmetros acima de 30 cm, os quais podem
216 ser utilizados no setor moveleiro e da fabricação de pequenos artefatos (SILVA-
217 RIBEIRO, 2013). Resíduos provenientes dos galhos de *Hymenaea courbaril* L.
218 apresentam as mesmas características físicas e mecânicas do fuste e, por isso, podem ser
219 utilizados com o mesmo fim comercial, enquanto que para *Dipteryx odorata* (Aubl.)
220 Forsyth f., o uso para fins estruturais (como construção civil e móveis) não é
221 recomendado devido ao desvio de grã (MOREIRA *et al.*, 2022).

222 A utilização e destinação dos resíduos podem variar de acordo com a densidade
223 específica da madeira de origem, visto que para fins energéticos, resíduos a partir de 0,5
224 g cm⁻³ são os mais recomendados (SANTOS *et al.*, 2011). Das espécies nativas da
225 Amazônia, *Manilkara elata* (Allemão ex Miq.) Monach., *Dinizia excelsa* Ducke,

226 *Enterolobium schomburgkii* (Benth.). são as que apresentam maior potencial para o uso
227 bioenergético, ultrapassando espécies plantadas convencionais (LIMA *et al.*, 2020b),
228 com destaque para *D. excelsa*, a qual dispõe de potencial de rendimento gravimétrico
229 superior a 40% (LIMA *et al.*, 2020d).

230 5.3. Métodos para a determinação de resíduos

231 A cubagem rigorosa do volume de resíduos florestais é um dos métodos que
232 apresenta maior precisão, embora seja o mais oneroso e com maior dispêndio de tempo,
233 visto que etapas como corte, empilhamento e pesagem são obrigatórias, tornando-o
234 pouco viável operacionalmente e economicamente (GALVÃO FILHO, 2010), já que
235 normalmente, o aproveitamento de resíduos é uma estratégia para ampliar os lucros
236 oriundos do PMFS. Assim, a estimativa de volume de resíduos por meio de modelos
237 matemáticos é o método mais usual devido ao baixo custo de coleta de dados, por meio
238 de equipamentos tradicionais como fita métrica (Figura 2A). Embora diferentes
239 equações possam ser utilizadas para a estimativa de volume de resíduos, a coleta de
240 dados normalmente segue um padrão de medição de diâmetro e comprimento dos
241 resíduos.



242 **Figura 2.** Procedimentos de coleta de dados para estimativa de resíduos de resíduos
243 lenhosos pelo método da linha interceptadora em área de Manejo Florestal no município
244 de Porto de Moz, Pará, Brasil. Onde: A) Mensuração do diâmetro de resíduo de copa
245 (galhada da árvore explorada; B) Linha Interceptadora de resíduos da exploração
246 florestal e C) Árvore caída por consequência da exploração.
247 Fonte: Autora, 2023.
248

249 Para a determinação de volume dos resíduos de copa de *Manilkara huberi*
250 Ducke A. Chenalier (maçaranduba) e *Hymenaea courbaril* L (jatobá) provenientes de
251 PMFS, Garcia (2011) utilizou critérios de diâmetros mínimos, onde apenas resíduos

252 com diâmetro ≥ 40 cm e comprimentos $\geq 1,5$ m foram medidos. Três mensurações de
253 diâmetro foram realizadas, e apenas uma medida para o comprimento, sendo estas
254 variáveis utilizadas para estimar o volume do resíduo por meio de equação (GARCIA,
255 2011). Em uma área de concessão florestal localizada em Moçambique, o mesmo
256 procedimento foi realizado (NANVONAMUQUITXO; ROJAS; HOFIÇO, 2017b).
257 Além disso, em ambos os casos se utilizou a amostragem aleatória, podendo se
258 caracterizar como um problema devido à falta de padronização das amostras e,
259 consequentemente, necessidade de maior esforço amostral (GALVÃO FILHO, 2010).

260 Existe uma variedade de métodos para avaliar resíduos lenhosos, os quais foram
261 comparados por (KORBOULEWSKY; BILGER; BESSAAD, 2021) ao utilizar o
262 método da área fixa (AF) e o método das linhas interceptadoras de resíduos (LI), porém
263 não observaram diferenças para detritos lenhosos finos. Na prática, os métodos AF são
264 baseados na frequência de ocorrência de pedaços individuais de madeira em uma
265 parcela de área conhecida. Cada peça que está dentro do gráfico é computada e os
266 parâmetros de interesse são registrados. Os métodos LI são executados estabelecendo
267 uma linha de amostra na floresta e registrando parâmetros de interesse para cada pedaço
268 de madeira que cruza a linha de amostra (Figura 2).

269 Santos *et al.* (2014) utilizaram modelos de geoestatística ou estatística espacial,
270 que consiste na avaliação de variáveis distribuídas espacialmente. Neste caso, foi
271 utilizado o método de linhas interceptadoras, que se caracterizam como outro tipo de
272 amostragem. Esse método foi desenvolvido por Warren e Olsen (1964) como alternativa
273 ao desperdício na colheita florestal em uma área destinada à fabricação de papel e
274 celulose, e compreende a distribuição de linhas perpendiculares ao eixo principal da
275 parcela. Neste método nos pontos de intercessão avalia-se diâmetro e classe de
276 decomposição (CRUZ FILHO; SILVA, 2009) e é utilizado com a finalidade de
277 estimativa de volume dos resíduos florestais, seja em florestas nativas da Amazônia
278 (CRUZ FILHO; SILVA, 2009; SANTOS *et al.*, 2014) ou florestas plantadas em outros
279 biomas (VATRAZ; BORGES, 2019). No entanto, não existe um padrão quanto à
280 distância e o arranjo adequado entre as linhas, sugerindo diferentes *layouts*.

281

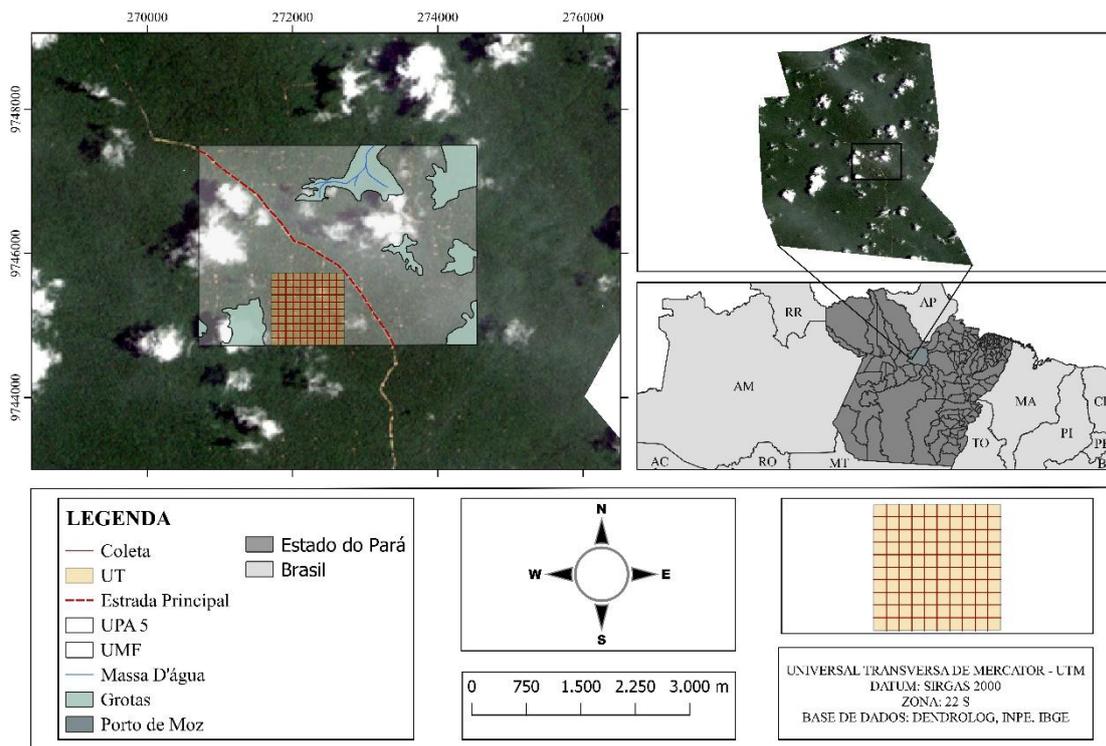
282 **6. Material e métodos**

283 *6.1. Área de estudo*

284 O estudo foi desenvolvido em uma unidade de trabalho (UT) de 100 hectares
285 pertencente à unidade de produção anual (UPA) do Plano de Manejo Florestal

286 Sustentável (PMFS) da comunidade Itapéua, localizada na Reserva Extrativista Verde
 287 Para Sempre, município de Porto de Moz, Pará (Figura 3). A região apresenta clima
 288 quente e úmido, de acordo com o Macrozoneamento Ecológico-Econômico do Estado
 289 do Pará (SECTAM, 2004), com classificação climática do tipo climático Am3, segundo
 290 a classificação de Köppen (ALVARES *et al.*, 2013). A estação chuvosa ocorre no
 291 período de dezembro a julho, sendo março o mês de maior pluviosidade. A estação
 292 menos chuvosa, de julho a dezembro, chega a apresentar totais pluviométricos mensais
 293 inferiores a 60 mm (WATRIM; OLIVEIRA, 2009).

294 A região da comunidade apresenta Depósitos Aluvionares e Formação Alter do
 295 Chão, além da unidade geológica Cobertura Laterítica Madura (RADAMBRASIL, 1974;
 296 CPRM, 2008). A área está localizada sobre as unidades geomorfológicas Planalto
 297 Tapajós-Xingu e Planície Amazônica, com distribuição homogênea das classes de
 298 relevo na comunidade, sendo a classe suave ondulado (47,32%) a unidade predominante
 299 na área (GALLO; OLIVEIRA JUNIOR, 2010).



301 **Figura 3.** Área destinada ao Manejo Florestal da comunidade Itapéua localizada na
 302 Reserva Extrativista Verde para Sempre, município de Porto de Moz, Pará.

303

304 6.2. Histórico da área

305 A Reserva Extrativista Verde para Sempre é uma Unidade de Conservação (UC)
 306 de Uso Sustentável criada pelo Decreto s/nº de 8 de novembro de 2004, que possui área

307 total de 1.289.362,78 ha. As atividades de manejo florestal madeireiro pleno, destinadas
 308 ao uso comunitário, ocorrem na Unidade de Manejo Florestal (UMF) do Plano de
 309 Manejo Florestal Sustentável (PMFS), com área total de 21.259,25 ha. Do total da UMF,
 310 96% (20.452,72 ha) representam a área de efetiva manejo e 4% (806,54 ha) compreende
 311 a área de preservação permanente (APP). O PMFS da comunidade Itapéua foi
 312 submetido ao ICMBio em 2014 e aprovado em 2016. Seu primeiro POA foi aprovado
 313 em 2017 com área da UPA de 146,8614 ha. As UPAs subsequentes apresentaram áreas
 314 de 256,7142 ha (UPA 02); 1073,7017 ha (UPA 03); 1210,645 ha (UPA 04) e 1037,57
 315 ha (UPA 05), respectivamente. Vale ressaltar que o PMFS onde o estudo foi
 316 desenvolvido apresenta um ciclo de corte de 25 anos e intensidade de corte de 21,5 m³
 317 ha⁻¹.

318 A UPA que engloba a UT selecionada para este trabalho é a UPA 05 que dispõe
 319 de um total de 1.037,57 ha como supracitado, e área de efetivo manejo de 871,49 ha. As
 320 atividades de manejo florestal foram realizadas nos anos de 2021 e 2022, após a
 321 autorização de 16.482,30 m³ de volume de madeira pelo órgão responsável. No total,
 322 foram exploradas 15 espécies florestais, resultando em 16.049,2137 m³ de madeira
 323 referente a 2171 indivíduos (Tabela 1), sendo que 12,52% (n = 272) dos indivíduos
 324 derrubados ocorreram na UT estudada.

325

326 **Tabela 1.** Volumes e quantidade de árvores e toras exploradas por espécie na área de
 327 Unidade de Produção Anual.

Nome científico	Nome comum	Autorizado		Explorado		Saldo em pé	
		Volume	N	Volume	N	Volume	N
<i>Vatairea guianensis</i>	Angelim-amargoso	516,1493	86	508,4587	76	7,6906	10
<i>Hymenolobium petraeum</i>	Angelim-pedra	200,6708	13	200,6408	12	0,03	1
<i>Dinizia excelsa</i>	Angelim-vermelho	821,0815	68	820,8464	42	0,2351	26
<i>Dipteryx odorata</i>	Cumarú	249,6257	55	248,4138	39	1,2119	16
<i>Goupia glabra</i>	Cupiúba	1517,8223	341	1488,3554	248	0	93
<i>Micropholis</i>	Guajará	54,6442	21	54,5287	16	0,1155	5

<i>venulosa</i>								
<i>Holopyxydium jarana</i>	Jarana	972,1355	218	952,3283	187	19,8072	31	
<i>Hymenaea courbaril</i>	Jatobá	1970,9067	169	1969,2118	140	1,6949	29	
<i>Manilkara huberi</i>	Maçaranduba	6337,4006	1219	5978,3866	1004	359,014	215	
<i>Manilkara amazonica</i>	Maparajuba	12,8747	67	7,6381	55	5,2366	12	
<i>Astronium lecointei</i>	Muiracatiara	651,6167	62	650,185	49	1,4317	13	
<i>Caryocar villosum</i>	Pequiá	603,7231	210	599,0979	186	4,6252	24	
<i>Erismia uncinatum</i>	Quarubarana	1594,5733	180	1594,5343	101	0,039	79	
<i>Pseudopiptadenia psilostachya</i>	Timborana	140,2012	4	139,3899	1	0,8113	3	
<i>Terminalia tanibouca</i>	Tanibuca	838,87	23	837,198	15	1,672	8	
Total		16.482,30	2736	16049,2137	2171	403,615	565	

328

329 **Tabela 2.** Quantidade de árvores exploradas na área experimental. Onde: VS = Volume
330 selecionado, VE = Volume explorado.

UT	Área de manejo (ha)	Nº de árvores		VS		VE		VE/VS (%)
		Total	n ha ⁻¹	Total	m ³ ha ⁻¹	Total	m ³ ha ⁻¹	
2	99,9993	221	2,21	2.140,31	21,4032	1.767,41	17,6743	82,58

331

332 6.3. Coleta de dados

333 A coleta de dados foi realizada nos meses de abril e maio de 2023, vale ressaltar
334 que nenhum material foi retirado da floresta para este estudo. Para a amostragem,
335 utilizou-se o método das “Linhas Interceptadoras” que consiste no estabelecimento de
336 “linhas-amostra” de comprimento “L” e largura infinitesimal, onde os dados coletados
337 são os diâmetros das peças (resíduos/galhos) nos pontos de interseção com a “linha-
338 amostra”. Foram amostradas linhas de 1000 m em uma área de 100 hectares, onde todas
339 as peças com diâmetro igual ou superior a 10 cm que tocavam as linhas interceptadoras
340 foram catalogadas. A amostragem por este método proporciona a estimativa do volume

341 de resíduos florestais por unidade de área com boa precisão, a baixo custo e de forma
342 rápida, justificando-se plenamente seu uso para quantificação de resíduos de exploração
343 em grandes áreas manejadas na Amazônia brasileira (BARROS *et al.*, 2009).

344 Para isso, foram alocadas 9 km de linhas-amostras no sentido vertical e
345 horizontal, totalizando 18 km de linhas-amostra em área explorada, com distribuição
346 espacial sistêmica, de tal forma que possibilite a melhor representação da área de estudo.
347 Os pontos foram delimitados por meio do Software QGis. Tais pontos foram
348 adicionados ao GPS (Sistema de Posicionamento Global) modelo Garmin 76CSX. As
349 parcelas foram instaladas com o auxílio do GPS onde foram dispostas linhas
350 interceptadoras seccionadas a cada 100 m (Figura 4), de modo a possibilitar a análise do
351 comprimento ideal da amostra para determinação dos resíduos lenhosos, bem como o
352 melhor *layout* em campo. Em cada ponto de intercessão entre as linhas, coletou-se os
353 dados de diâmetro de cada peça para posterior determinação do volume, baseado no
354 trabalho de Van Wagner (1968) (Eq. 1).

$$V = \frac{\pi^2 (\sum_{i=1}^n d_i^2)}{8 L} \quad (1)$$

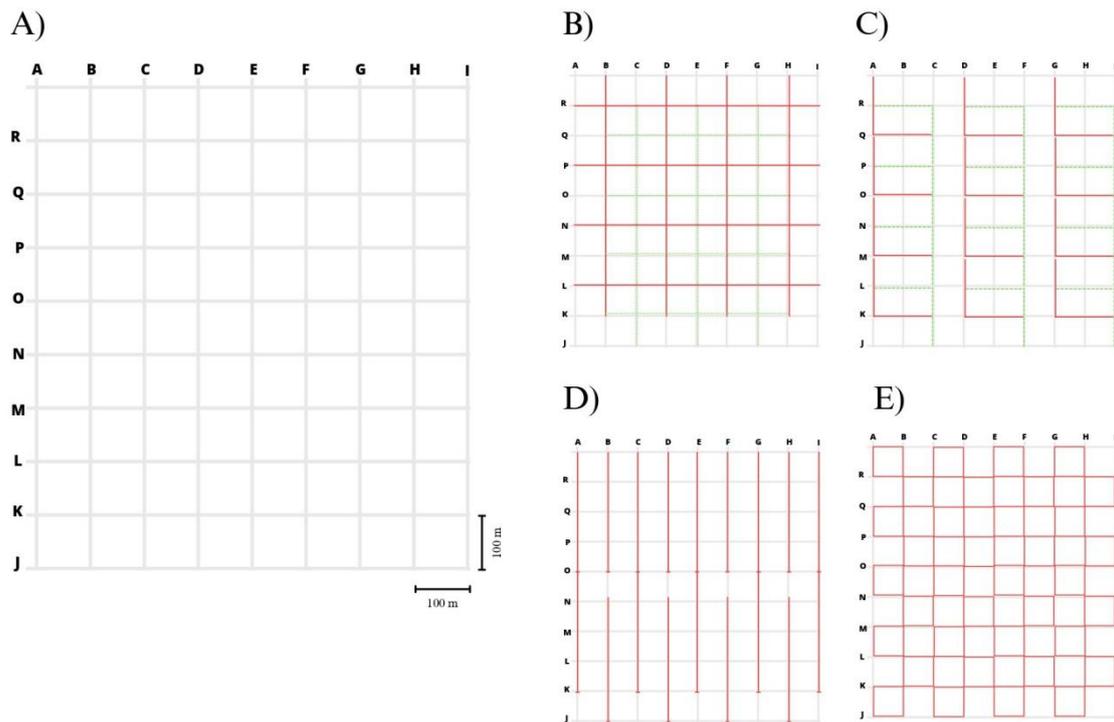
355 Onde:

356 V = Volume de resíduos (m³ ha⁻¹); d = diâmetro das peças que cruzaram a linha de
357 amostragem (cm); L = comprimento da linha de amostragem (m).

358

359 6.4. Processo de amostragem (*layout*)

360 Para esse estudo, cada *layout* testado foi caracterizado como um tratamento
361 (Figura 4 B-D), com 18 repetições em delineamento inteiramente casualizado (DIC). O
362 volume de resíduos foi determinado pela fórmula desenvolvida por Van Wagner (1968),
363 em que é possível estimar o volume total do conjunto das peças de RL para cada linha
364 interceptadora.



365

366 **Figura 4.** A) Croqui da distribuição amostral das linhas interceptadoras de resíduos na
 367 área experimental com diferentes layouts. Em que: B) Layout em cruz; C) Layout em L;
 368 D) Layout em Linha; E) Layout em quadrado.

369

370 6.5. Grau de decomposição e categorias de uso

371 Os resíduos inventariados também foram classificados por classes de
 372 decomposição na coleta de dados, metodologia utilizada por Harmon *et al.* (1995) e
 373 adaptada (BARBOSA; SILVA; CAVALCANTE, 2009) (Tabela 3). As classes de
 374 decomposição foram classificadas de 1 a 3, de acordo com o grau de deterioração do
 375 resíduo. Sendo a classe 1 aquela que o RL não apresenta sinais de deterioração e a
 376 classe 3 já apresenta o material lenhoso em estado de decomposição (Figura 5).

377

378

379 **Tabela 3.** Descrição das classes de decomposição de resíduos florestais lenhosos.

Classe de decomposição	Descrição
1	Material lenhoso constituído por madeira sólida, com ou sem folhas e/ou galhos finos unidos à peça principal, sem degradação perceptível;
2	Material lenhoso sólido, com leves sinais de deterioração (apodrecimento da casca);
3	Peças em estágio avançado de decomposição, que pode ser despedaçado ao toque.

380 Fonte: Adaptado de Souza, Azevedo, Rodrigues (2017).



381

382 **Figura 5.** Classificação dos resíduos quanto à classe de decomposição em que: A)
383 Material lenhoso constituído por madeira sólida, com ou sem folhas e/ou galhos finos
384 unidos à peça principal, sem degradação perceptível; B) Material lenhoso sólido, com
385 leves sinais de deterioração (apodrecimento da casca); C) Peças em estágio avançado de
386 decomposição, que pode ser despedaçado ao toque.

387

388 O material lenhoso também foi classificado em categorias de uso de acordo com
389 a classificação de integrantes da comunidade Itapéua e a partir de adaptações da
390 metodologia de Dionisio *et al.* (2022) (Tabela 4).

391

392 **Tabela 4.** Categorias de uso e critérios de avaliação de resíduos florestais lenhosos.

Categoria	Critério de seleção	Características do resíduo
Sem aproveitamento	Classe de decomposição 3	Material lenhoso com alto grau de decomposição
Serraria	Classes de decomposição 1 e 2	Material lenhoso retilíneo com comprimento maior que 2 m
Pequenos móveis/artefatos		Material lenhoso retilíneo, com comprimento entre 0,5 e 2 m

393 Fonte: Adaptado de Dionisio *et al.* (2022).

394 6.6. Análise de dados

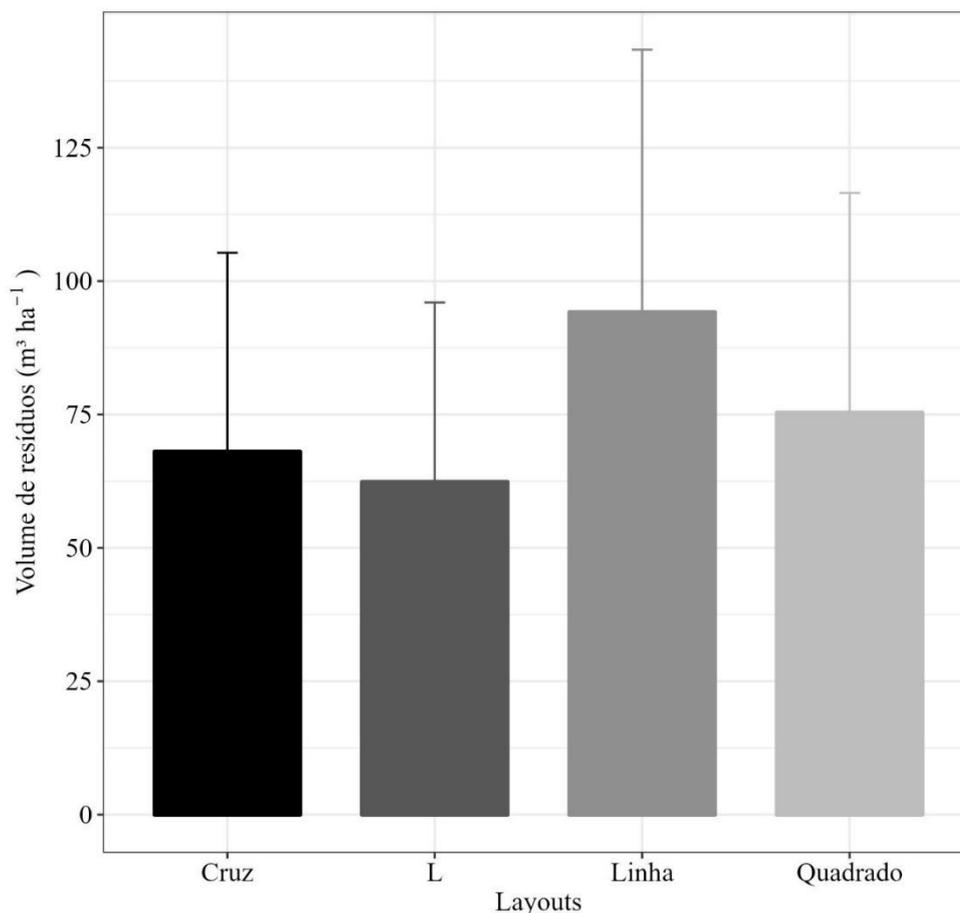
395 Os dados de volume por classe de decomposição e por layout foram testados
396 quanto à normalidade e homocedasticidade de variância pelos testes de Shapiro-Wilk
397 ($p > 0,05$) e Bartlett ($p > 0,05$), respectivamente. Após atender aos pressupostos,
398 aplicou-se uma Análise de Variância (ANOVA) ao nível de 5% de significância. A
399 relação entre o volume estimado e o comprimento da linha-amostra foi avaliada por
400 meio de uma análise de regressão simples. As análises e gráficos foram realizadas com
401 auxílio do software R v.2.2 (R CORE TEAM, 2022), por meio dos pacotes rstatix
402 (KASSAMBARA; MUNDT, 2020) e ggplot2 (WICKHAM, 2016). Realizou-se ainda a
403 estatística descritiva por meio do cálculo da média, desvio padrão, erro padrão,
404 coeficiente de variação e intervalos de confiança para os dados de volume. Além disso,
405 o volume de resíduos foi agrupado em classes diamétricas, com intervalos de classe de
406 10 cm.

407

408 7. Resultados

409 Para todos os *layouts*, os coeficientes de variação foram classificados como
410 muito altos, com médias de volume por *layout* entre $68,069662 \pm 39,004549 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e
411 $94,161350 \pm 49,218437 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ para L e Linha, respectivamente (Figura 6). Para cruz e
412 quadrado as médias foram, respectivamente, de $71,967624 \pm 50,884956 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ e
413 $77,786240 \pm 40,900644 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Todavia, não houve diferença estatística entre os
414 *layouts* ($p > 0,05$, Figura 6), sendo que apenas os *layouts* L e Quadrado obtiveram erros
415 abaixo de 10% (Tabela 5), conforme recomendado pela legislação vigente (BRASIL,
416 2015).

Layouts: $F_{(3;98)} = 2,176$; p - value = 0,10



417

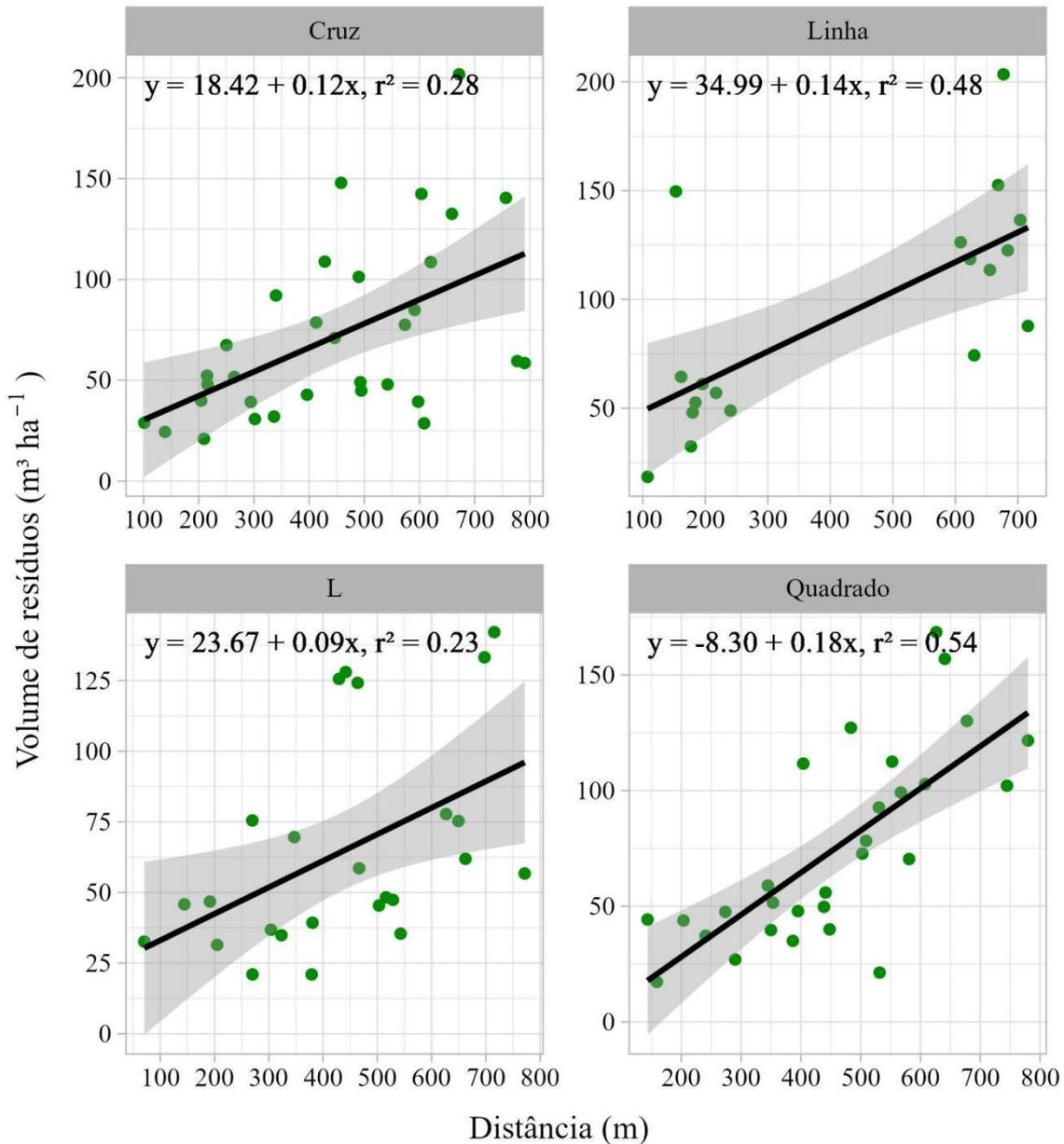
418 **Figura 6.** Média \pm DP de volume por hectare de resíduo em diferentes layouts formados
 419 a partir de linhas interceptadoras em uma floresta localizada na Reserva Extrativista
 420 Verde Para Sempre, município de Porto de Moz, Pará.

421

422 **Tabela 5.** Estatística descritiva para o volume de resíduos em diferentes *layouts*
 423 formados a partir de linhas interceptadoras em uma floresta localizada na Reserva
 424 Extrativista Verde Para Sempre, município de Porto de Moz, Pará.

Estatística	Layouts			
	Cruz	L	Linha	Quadrado
Média (m³ ha⁻¹)	71,967624	68,069662	94,161350	77,786240
SD (m³ ha⁻¹)	50,884956	39,004549	49,218437	40,900644
Erro padrão da média (%)	11,99	9,19	11,60	9,64
CV (%)	70,71	57,30	52,27	52,58
IC. Limite Inferior	46,663131	48,673156	69,685597	57,446829
IC. Limite superior	97,272118	87,466168	118,637103	98,125652
N	18			

425 Em todos os *layouts* a distância apresentou regressão linear positiva (Figura 7) e
 426 significativa (Tabela 5) para o volume de resíduos, indicando que o aumento do
 427 comprimento das linhas-amostra implicará em uma melhor amostragem de resíduos. O
 428 *layout* Quadrado apresentou o melhor R² (Figura 7).



429

430 **Figura 7.** Relação entre a distância (m) e o volume de resíduos estimado em layouts
 431 formados a partir de linhas interceptadoras em uma floresta localizada na Reserva
 432 Extrativista Verde Para Sempre, município de Porto de Moz, Pará.

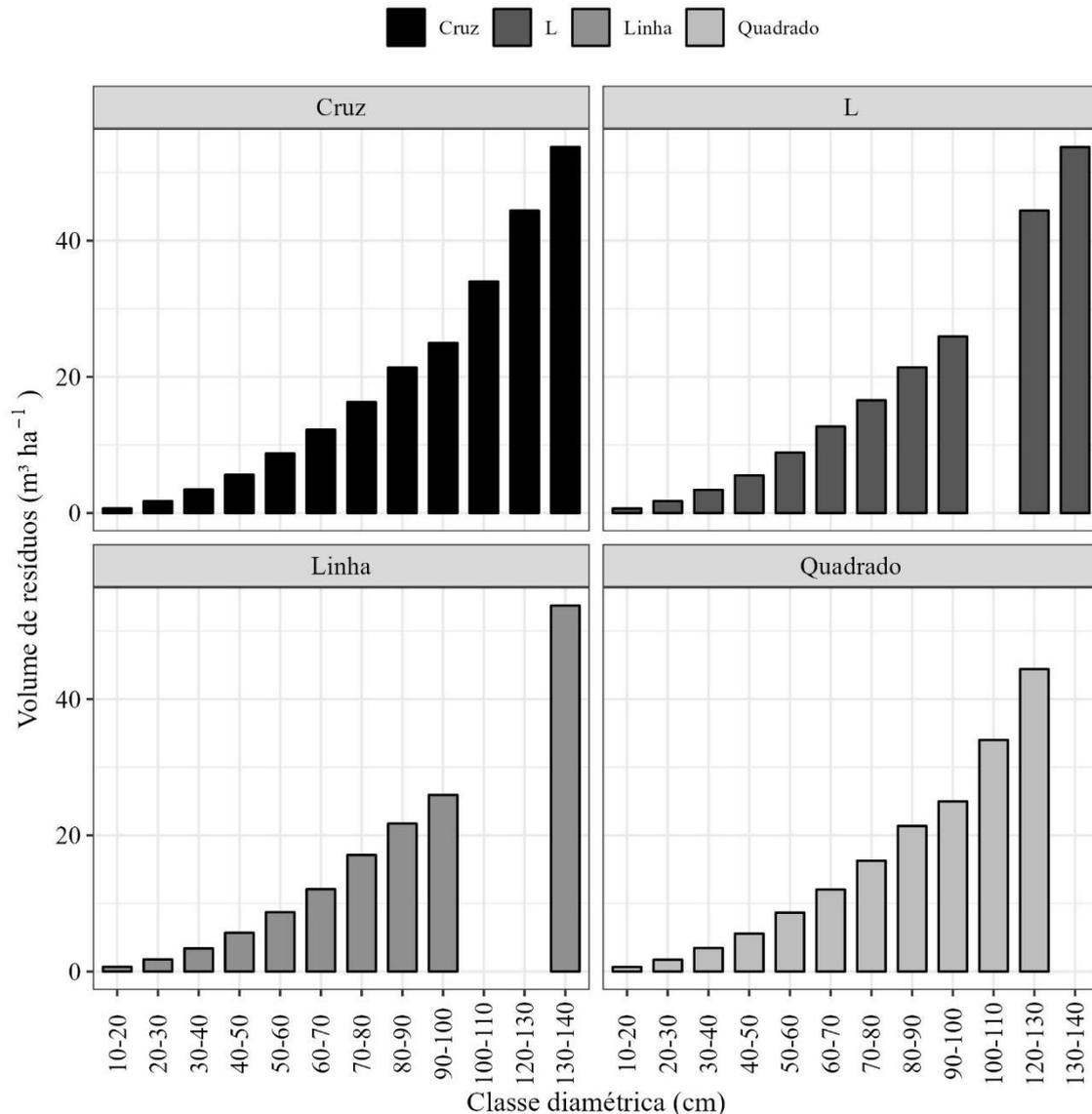
433

434 **Tabela 6.** Resumo da regressão entre distância e volume de resíduos estimado em
 435 *layouts* formados a partir de linhas interceptadoras em uma Unidade de Produção Anual
 436 localizada na Reserva Extrativista Verde Para Sempre, município de Porto de Moz, Pará.

Cruz				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(intercept)	18,41539	17,11234	1,076	0,290
Distância (m)	0,11940	0,03528	3,385	0,002 **
L				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(intercept)	23,66997	17,10626	1,384	0,1797
Distância (m)	0,09382	0,03611	2,598	0,0161**
Linha				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(intercept)	34,98763	17,44524	2,006	0,0621
Distância (m)	0,13697	0,03682	3,824	0,0015**
Quadrado				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(intercept)	-8,30213	15,61716	-0,532	0,599
Distância (m)	0,18207	0,03226	5,644	5,44 e ⁻⁶ ***

437

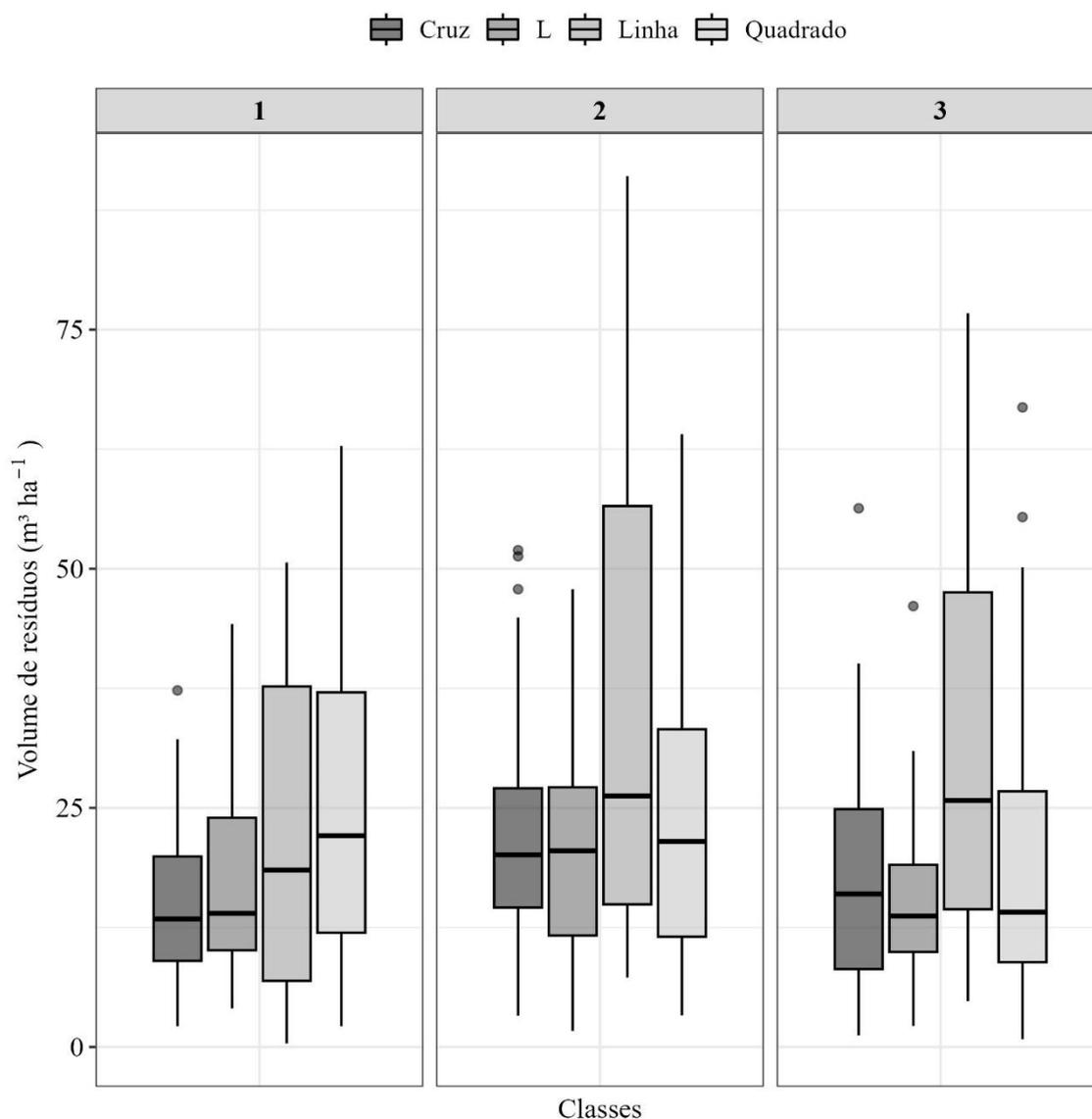
438 O diâmetro dos resíduos lenhosos é uma variável de fundamental importância
439 visto que colabora com a definição do uso e, conseqüente, destinação dos resíduos. A
440 distribuição de volume por classe diamétrica seguiu um padrão de “J”, indicando que
441 classes inferiores estocam menor volume de resíduos. Apenas o *layout* em formato de
442 Cruz foi capaz de abranger resíduos da classe 10 - 20 cm até a classe 130 - 140 cm
443 (Figura 8). Os *layouts* L e Quadrado só não abrangeram uma classe cada, sendo elas 100
444 – 110 cm e 130 – 140 cm, para os respectivos *layouts*.



445

446 **Figura 8.** Volume de resíduos por classe de diâmetro em diferentes layouts formados a
 447 partir de linhas interceptadoras em uma floresta localizada na Reserva Extrativista
 448 Verde Para Sempre, município de Porto de Moz, Pará.
 449

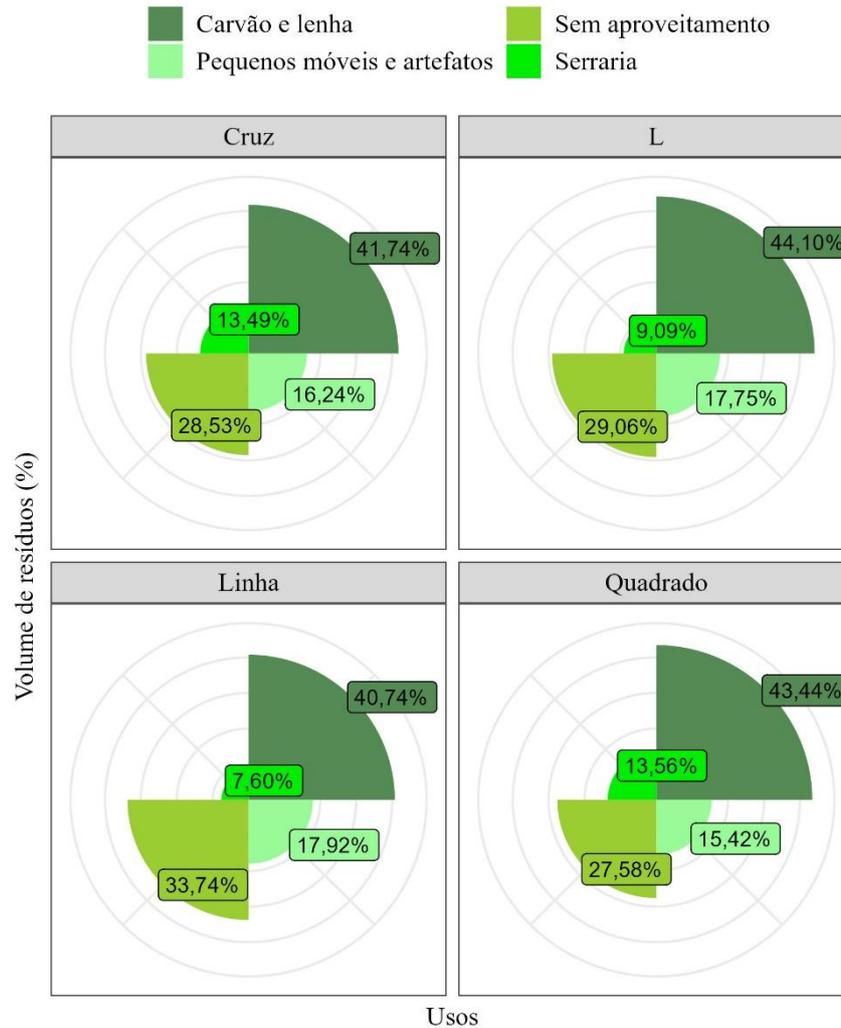
450 Na classe 1, as medianas de volume de resíduos foram de 14,845436 m³ ha⁻¹ e
 451 22,962251 m³ ha⁻¹ para os layouts L e Quadrado, respectivamente (Figura 9). Para a
 452 classe 2, a variação foi de 22,227369 m³ ha⁻¹ e 26,931414 m³ ha⁻¹ para L e Quadrado,
 453 respectivamente. Enquanto que para a classe 3, as medianas dos layouts oscilaram entre
 454 14,096014 m³ ha⁻¹ e 25,763490 m³ ha⁻¹ para L e Quadrado, respectivamente. No entanto,
 455 não houve diferença estatística entre os layouts e entre as classes (Figura 9, $p < 0,05$).



457

458 **Figura 9.** Mediana \pm IQR volume por classe de decomposição em layouts formados a
 459 partir de linhas interceptadoras em uma floresta localizada na Reserva Extrativista
 460 Verde Para Sempre, município de Porto de Moz, Pará. 1) Material lenhoso constituído
 461 por madeira sólida, com ou sem folhas e/ou galhos finos unidos à peça principal, sem
 462 degradação perceptível; 2) Material lenhoso sólido, com leves sinais de deterioração
 463 (apodrecimento da casca); 3) Material lenhoso em estágio avançado de decomposição,
 464 que pode ser despedaçado ao toque.

465 Foi observado que em todos os *layouts* o percentual de resíduos aproveitáveis
 466 para uso comercial ultrapassa os 60%, sendo que mais de 40% dos resíduos podem ser
 467 aproveitados para carvão e lenha (Figura 10). O material lenhoso sem uso comercial
 468 oscilou entre 28,53% e 38,74% para Cruz e Linha, respectivamente, enquanto que
 469 menos de 14% pode ser aproveitado para serrarias.



470

471 **Figura 10.** Volume de resíduos por classe de uso potencial em cada um dos layouts
 472 formados a partir de linhas interceptadoras em uma floresta localizada na Reserva
 473 Extrativista Verde Para Sempre, município de Porto de Moz, Pará.

474

475 8. Discussão

476 Os resíduos lenhosos (RL) constituem uma importante fração do estoque de
 477 carbono da floresta, destacando-se também pela contribuição para a ciclagem de
 478 nutrientes e *pool* de armazenamento de carbono a longo prazo (MAAS *et al.*, 2021;
 479 MARTINS *et al.*, 2015b). A porcentagem de resíduos lenhosos pode variar de 2 a 8%
 480 do volume de madeira comercial colhido (FOELKEL, 2007), porém, comparando com
 481 outras florestas nativas da Amazônia, os valores obtidos no presente estudo foram
 482 considerados baixos. Os seguintes estudos que também utilizaram o método LI
 483 obtiveram os seguintes resultados, Cruz Filho e Silva (2009), obtiveram o volume
 484 médio de 77,43 m³ ha⁻¹ a 88,25 m³ ha⁻¹, em Floresta Não Explorada, e de 126,20 m³ ha⁻¹

485 a 148,17 m³ ha⁻¹ para Exploração de Impacto Reduzido, respectivamente. Keller *et al.*
486 (2004) quantificaram volumes de RL que variaram de 103 m³ ha⁻¹ a 146 m³ ha⁻¹ em
487 florestas não exploradas e de 103 m³ ha⁻¹ a 179 m³ ha⁻¹ em área sob exploração de
488 impacto reduzido, empregando a amostragem por linha interceptadora. Essas diferenças
489 podem ser observadas na Amazônia provavelmente devido a fatores como a qualidade
490 da exploração realizada na área e intensidade de corte autorizada.

491 Vale ressaltar que variações nas características físicas do solo podem interferir
492 negativamente no estoque de RL, pois limitam o desenvolvimento na estrutura da
493 vegetação e, conseqüentemente, no acúmulo de biomassa (MARTINS *et al.*, 2015a).
494 Esperava-se também que diferentes *layouts*, formados a partir de diferentes arranjos de
495 linhas-amostra, pudessem interferir na estimativa do volume de resíduos, o que não foi
496 observado neste trabalho (Figura 5). Uma das explicações pode ser a alta variabilidade
497 captada em todos os *layouts*, os quais resultaram em elevados desvios padrão, típicos de
498 florestas manejadas, já que a amostragem engloba desde varetas até troncos de árvores
499 (CRUZ FILHO; SILVA, 2009; GALVÃO FILHO, 2010; SILVA *et al.*, 2016). Nesse
500 contexto, a aplicabilidade, a maior facilidade de execução em campo, a distribuição
501 diamétrica e o erro amostral são características essenciais para a escolha do tipo de
502 *layout*, visto que a legislação brasileira estabelece um limite de erro de 10%, na
503 Instrução Normativa 09, de 08 de maio de 2015 (BRASIL, 2015).

504 Alguns *layouts*, como o em forma de Cruz, são mais complexos de serem
505 aplicados e exigem mais esforço das equipes em campo, logo, de acordo com o presente
506 estudo, para florestas nativas, não seria o *layout* mais indicado. Por outro lado, os
507 *layouts* em forma de Linhas, Quadrado e em L são bem mais práticos e de fácil
508 execução, já que as linhas dispostas na área coincidem no sentido norte-sul com as
509 trilhas já existentes utilizadas no inventário florestal, no caso do layout em Linha. Os
510 layouts em L e Quadrado coincidem 50% com as trilhas do inventário, logo estes
511 tornam a amostragem ainda mais simples de ser realizada e diminuem os custos da
512 atividade.

513 Para esse estudo, os *layouts* Quadrado e L apresentaram bons indicadores
514 estatísticos, pois o Quadrado apresentou o menor CV (Tabela 5) e ambos os *layouts*
515 apresentaram erro inferior a 10%, sendo que o *layout* em L, apresentou o menor erro em
516 comparação aos demais (Tabela 5). Tais variáveis são determinantes para a acurácia na
517 estimativa de resíduos e comparando com os resultados de Cruz Filho e Silva (2009),
518 que apresentaram erro superior a 10% para duas UTs sob EIR (10,20% e 30,06%). Os

519 achados da presente pesquisa demonstram a eficiência do método para a estimativa de
520 volume na área estudada, contribuindo para otimizar o potencial da produção florestal
521 nas comunidades pertencentes à Reserva Extrativista Verde para Sempre.

522 Outra variável importante e que deve ser pré-estabelecida, é o tamanho da linha-
523 amostra, pois pode influenciar no tipo e qualidade de resíduo que será obtido (LIMA *et*
524 *al.*, 2020a), além de influenciar no erro amostral, conforme constatado por Galvão Filho
525 (2010) que encontrou um erro de até 65% para linhas-amostra de 100 m. No presente
526 estudo, evidenciou-se ainda a tendência de aumento do volume por hectare ao longo do
527 comprimento da linha-amostra, especialmente para os *layouts* em Linha e Quadrado.
528 Sendo assim, considerando os resultados da estatística descritiva obtido no estudo, a
529 amostragem de 400 m foi suficiente para obter padrões de volume com erro aceitável
530 pelos órgãos ambientais licenciadores.

531 Cruz Filho, Barros e Silva (2013) constataram que tanto em florestas manejadas
532 quanto não manejadas, a quantidade de resíduos é maior nas menores classes de
533 diâmetro, considerando a frequência das peças. De maneira complementar, evidenciou-
534 se no presente trabalho que, apesar disso, a maior quantidade de RL (>10 cm)
535 considerando o volume por metro cúbico, concentra-se nas classes superiores, as quais
536 podem ser aproveitadas para múltiplos usos, incluindo serraria e artesanato (AMARAL
537 *et al.*, 2018; MOUTINHO *et al.*, 2016), destacando também a importância de classificar
538 os resíduos por categoria de uso. Na Floresta Nacional do Tapajós, por exemplo, o
539 aproveitamento de resíduos de madeira serrada oriundos do manejo florestal foi de 53%,
540 totalizando um custo de beneficiamento de R\$ 758,26 m⁻³ (RIBEIRO *et al.*, 2019).

541 Lima *et al.* (2020c) também constataram o potencial dos resíduos madeireiros do
542 manejo florestal para a produção de energia, capaz de abastecer a indústria siderúrgica
543 local e sistemas domésticos na Amazônia. No entanto, o tempo pós-manejo é um
544 elemento-chave para a quantificação de resíduos utilizáveis, podendo resultar em
545 diminuição no estoque de até 50% dos 5 aos 13 anos pós-exploração (DIONISIO *et al.*,
546 2022), sendo necessário avaliar também o grau de decomposição do RL, por implicar
547 diretamente na tomada de decisão sobre a retirada desse material da floresta, pois é
548 possível estimar o volume de resíduos que será utilizado para o uso comercial ou o
549 estoque que irá contribuir para a ciclagem de nutrientes e habitat natural da fauna.

550 Neste estudo, embora não tenham sido constatadas diferenças estatísticas, a
551 maior quantidade numérica de RL na classe 2, quando comparada à classe 1 (Figura 9),
552 corrobora os impactos do tempo na degradação da madeira, especialmente na Amazônia,

553 em que há alta variação na suscetibilidade à fungos de decomposição (CARNEIRO *et*
554 *al.*, 2009). Somado a isso, geralmente observa-se baixos valores em classes de
555 decomposição superiores, tendo em vista a relação inversamente proporcional entre o
556 grau de decomposição e o estoque de RL (HARMON *et al.*, 2013; MOREIRA;
557 GREGOIRE; DO COUTO, 2019b), uma vez que a densidade da madeira morta também
558 tem relação inversamente proporcional com o grau de decomposição (CHAO *et al.*,
559 2009). Ao longo do tempo, o grau de deterioração da madeira também é intensificado
560 devido à ação da entomofauna, como cupins e principalmente, microrganismos
561 (TLÁSKAL *et al.*, 2021), com picos de colonização fúngica ocorrendo aos 18 meses e
562 com podridão branca se intensificando ao longo do tempo, independentemente do tipo
563 de madeira (DOSSA *et al.*, 2021).

564 Embora haja o aumento da deterioração do resíduo lenhoso, no geral, os padrões
565 de estoque de carbono são pouco alterados (MOREIRA; GREGOIRE; DO COUTO,
566 2019a). Esses achados são importantes para compreender a dinâmica do ciclo do
567 carbono e traçar estratégias para minimizar os efeitos das mudanças climáticas no
568 cenário global, principalmente sabendo que o estoque de carbono na madeira morta
569 representa 8% do total da floresta (MARTIN *et al.*, 2021). Logo, os resultados do
570 presente estudo sugerem que o aproveitamento de RL é uma atividade exequível em
571 áreas pós-exploração madeireira, embora deva-se estabelecer um tempo adequado para
572 sua coleta.

573

574 **9. Conclusões**

575 Neste estudo não foram evidenciadas diferenças entre *layouts* na estimativa de
576 resíduos lenhosos grossos, porém considerando o erro amostral, a maior abrangência de
577 classes diamétricas e a facilidade de execução em campo, recomenda-se o uso do *layout*
578 do tipo Quadrado.

579 O comprimento da linha-amostra demonstrou relação linear positiva com o volume
580 de resíduos, no entanto, os resultados demonstraram que linhas interceptadoras de 400
581 m são eficientes para uma boa estimativa. Além disso, com exceção do *layout* Linha,
582 que abrange todas as classes diamétricas, os *layouts* seguem o mesmo padrão de
583 distribuição diamétrica.

584 Os *layouts* não apresentaram diferenças para estimar o volume por classe de
585 decomposição. Os resultados dessa pesquisa também evidenciaram o elevado potencial

586 do aproveitamento de resíduos da exploração no uso de carvão e lenha,
587 independentemente do *layout* utilizado.

588

589 **10. Referências bibliográficas**

590 ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J.
591 L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische**
592 **Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013.

593 AMARAL, D.; ZAÚ, A. S.; GAMA, D. C.; ALBUQUERQUE, E.; SILVA, F. J.
594 Aproveitamento de resíduos madeireiro em um município Amazônico. **Biodiversidade**
595 **(UFMT)**, v. 17, n. 2, 2018.

596 ANDERSON, N. M.; BERGMAN, R. D.; PAGE-DUMROESE, D. S. A Supply Chain
597 Approach to Biochar Systems. In: BRUCKMAN, V. J.; VAROL, E. A.; UZUN, B. B.;
598 LIU, J. **Biochar**. Cambridge University Press, 2016. p. 25–45.

599 ANTALA, M.; JUSZCZAK, R.; VAN DER TOL, C.; RASTOGI, A. Impact of climate
600 change-induced alterations in peatland vegetation phenology and composition on carbon
601 balance. **Science of the Total Environment**, v. 827, p. 154294, 2022.

602 BAKER, T. R.; CORONADO, E. N. H.; PHILLIPS, O. L.; MARTIN, J.; HEIJDEN, G.
603 M. F. VAN DER; GARCIA, M.; ESPEJO, J. S. Low stocks of coarse woody debris in a
604 southwest Amazonian forest. **Oecologia**, v. 152, n. 3, p. 195–504, 2007.

605 BARBOSA, R. I.; SILVA, L. F. S. G.; CAVALCANTE, C. O. **Protocolo necromassa:**
606 **Estoque e produção de liteira grossa**. Roraima: Programa de Pesquisa em
607 Biodiversidade.

608 BARROS, P. L. C.; SILVA, J. N. M.; FREITAS, JOBERTO VELOSO SOUZA, C. A.
609 R.; GALVÃO FILHO, A. F. **Diretrizes para avaliação de resíduos de exploração**
610 **florestal na Amazônia brasileira, utilizando o “método das Linhas**
611 **interceptadoras”**. Brasília- DF, 2009.

612 BRANDÃO, P. C.; SOUZA, A. L. DE; ROUSSET, P.; SIMAS, F. N. B.; MENDONÇA,
613 B. A. F. DE. Forest biomass as a viable pathway for sustainable energy supply in
614 isolated villages of Amazonia. **Environmental Development**, v. 37, p. 100609, mar.
615 2021.

616 BRASIL. **Sistema Nacional de Unidade de Conservação - Lei nº 9.985, de 18 de**

617 **julho de 2000.** Regulamenta o Art. 225, par. 1º, incisos i, ii, iii e vii da Constituição
618 Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da natureza e dá
619 outras providências. Disponível em:
620 <[https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=9985&ano=2000&ato=](https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=9985&ano=2000&ato=77ck3aq1kMNpWTfc9)
621 [77ck3aq1kMNpWTfc9](https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=9985&ano=2000&ato=77ck3aq1kMNpWTfc9)> Acesso em: 14 de abril de 2023

622 BRASIL. Instituto Chico Mendes da Biodiversidade. **Instrução Normativa nº 16, de 4**
623 **de agosto de 2011.** Regula as diretrizes e os procedimentos administrativos para a
624 aprovação do Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS) comunitário para a
625 exploração de recursos madeireiros no interior da Reserva Extrativista, Reserva de
626 Desenvolvimento Sustentável e Floresta Nacional. Disponível em:
627 <<https://ava.icmbio.gov.br/mod/data/view.php?d=4&mode=single&page=178>> Acesso
628 em: 20 de janeiro de 2022

629 BRASIL. Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.
630 **Instrução Normativa n. 9 de 8 de maio de 2015.** Estabelece procedimentos para
631 autorização do aproveitamento de matéria-prima florestal proveniente das árvores
632 abatidas para implantação de infraestrutura em empreendimentos licenciados pelo
633 Ibama. Disponível em: <[http://www.ctpconsultoria.com.br/pdf/Instrucao-Normativa-](http://www.ctpconsultoria.com.br/pdf/Instrucao-Normativa-IBAMA-09-de-08-05-2015.pdf)
634 [IBAMA-09-de-08-05-2015.pdf](http://www.ctpconsultoria.com.br/pdf/Instrucao-Normativa-IBAMA-09-de-08-05-2015.pdf)> Acesso em: 12 de abril de 2023

635 BRASIL. Instituto Chico Mendes da Biodiversidade. **Instrução Normativa de 05 de 14**
636 **de abril de 2022.** Dispõe sobre as diretrizes e os procedimentos administrativos e
637 técnicos para a aprovação do Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS)
638 comunitário para exploração de recursos madeireiros no interior de Reserva Extrativista,
639 Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Floresta Nacional. Disponível em:
640 <[https://www.gov.br/icmbio/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/instrucoes-](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/instrucoes-normativas/arquivos/IN_05_de_14_de_abril_de_2022.pdf)
641 [normativas/arquivos/IN_05_de_14_de_abril_de_2022.pdf](https://www.gov.br/icmbio/pt-br/aceso-a-informacao/legislacao/instrucoes-normativas/arquivos/IN_05_de_14_de_abril_de_2022.pdf)> Acesso em: 12 de julho de
642 2022

643 BRAZ, R. L.; NUTTO, L.; BRUNSMEIER, M.; SILVA, D. A. Resíduos da colheita
644 florestal e do processamento da madeira na Amazônia – uma análise da cadeia
645 produtiva. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 5, n. 2, p. 168–181, 4 abr.
646 2014.

647 BURAKOUSKI, G. S.; HILLIG, E.; SALLES FERRO, F.; DE MAGALHÃES
648 MIRANDA, G. PRODUÇÃO DE MÓVEIS RÚSTICOS COM MADEIRA RESIDUAL

649 DA FLORESTA AMAZÔNICA. **Nativa**, v. 9, n. 5, p. 508–517, 18 dez. 2021.

650 CAMPOS-SILVA, J. V.; PERES, C. A.; HAWES, J. E.; HAUGAASEN, T.; FREITAS,
651 C. T.; LADLE, R. J.; LOPES, P. F. M. Sustainable-use protected areas catalyze
652 enhanced livelihoods in rural Amazonia. **Proceedings of the National Academy of**
653 **Sciences**, v. 118, n. 40, out. 2021.

654 CARNEIRO, J. S.; EMMERT, L.; STERNADT, G. H.; MENDES, J. C.; ALMEIDA, G.
655 F. Decay susceptibility of Amazon wood species from Brazil against white rot and
656 brown rot decay fungi 10 th EWLP, Stockholm, Sweden, August 25–28, 2008. **hfs**, v.
657 63, n. 6, p. 767–772, 1 nov. 2009.

658 CASTRO, T. DA C.; CARVALHO, J. O. P. DE; SCHWARTZ, G.; SILVA, J. N. M.;
659 RUSCHEL, A. R.; FREITAS, L. J. M. DE; GOMES, J. M.; PINTO, R. DE S. The
660 continuous timber production over cutting cycles in the Brazilian Amazon depends on
661 volumes of species not harvested in previous cuts. **Forest Ecology and Management**, v.
662 490, p. 119124, jun. 2021.

663 CHAO, K.-J.; PHILLIPS, O. L.; BAKER, T. R.; PEACOCK, J.; LOPEZ-GONZALEZ,
664 G.; VÁSQUEZ MARTÍNEZ, R.; MONTEAGUDO, A.; TORRES-LEZAMA, A. After
665 trees die: quantities and determinants of necromass across Amazonia. **Biogeosciences**, v.
666 6, n. 8, p. 1615–1626, 11 ago. 2009.

667 CPRM - Serviço Geológico Do Brasil. Geologia e recursos minerais do Estado do Pará:
668 Sistema de Informações Geográficas – SIG: texto explicativo dos mapas Geológico e
669 Tectônico e de Recursos Minerais do Estado do Pará. Organizadores, Marcelo Lacerda
670 Vasquez, Lúcia Travassos da Rosa-Costa. Escala 1:1.000.000. Belém, PA. 2008. 328p.
671 + 1 CD-ROM.

672 CRUZ, D. C.; BENAYAS, J. M. R.; FERREIRA, G. C.; SANTOS, S. R.; SCHWARTZ,
673 G. An overview of forest loss and restoration in the Brazilian Amazon. **New Forests**, v.
674 52, n. 1, 2021.

675 CRUZ FILHO, D.; BARROS, P. L. C. DE; SILVA, J. N. M. Diameter distribution of
676 wood residues in logged and unlogged forest areas of the eastern Brazilian Amazon.
677 **CERNE**, v. 19, n. 3, p. 383–389, set. 2013.

678 CRUZ FILHO, D.; SILVA, J. N. M. Avaliação da quantidade de resíduos lenhosos em
679 floresta não explorada e explorada com técnicas de redução de impactos, utilizando

680 amostragem por linha interceptadora, no Médio Mojú, Amazônia Oriental, Brasil. **Acta**
681 **Amazonica**, v. 39, n. 3, p. 527–532, set. 2009.

682 DIONISIO, L. F. S.; SCHWARTZ, G.; MAZZEI, L.; LOPES, J. DO C.; SANTOS, G.
683 G. A. DOS; OLIVEIRA, F. DE A. Mortality of stocking commercial trees after reduced
684 impact logging in eastern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 401, p. 1–7,
685 out. 2017a.

686 DIONISIO, L. F. S.; SCHWARTZ, G.; MAZZEI, L.; LOPES, J. DO C.; SANTOS, G.
687 G. A. DOS; OLIVEIRA, F. DE A. Mortality of stocking commercial trees after reduced
688 impact logging in eastern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v. 401, p. 1–7,
689 out. 2017b.

690 DIONISIO, L. F. S.; VAZ, M. M.; CARVALHO, J. O. P.; LOPES, J. DO C. A. Volume
691 of commercial timber found dead in managed Amazonian natural forests: Is it possible
692 to take advantage? **Forest Ecology and Management**, v. 521, p. 120441, out. 2022.

693 DOSSA, G. G. O.; YANG, Y.-Q.; HU, W.; PAUDEL, E.; SCHAEFER, D.; YANG, Y.-
694 P.; CAO, K.-F.; XU, J.-C.; BUSHLEY, K. E.; HARRISON, R. D. Fungal succession in
695 decomposing woody debris across a tropical forest disturbance gradient. **Soil Biology**
696 **and Biochemistry**, v. 155, p. 108142, abr. 2021.

697 DURIGAN, G.; SIQUEIRA, M. F.; FRANCO, G. A. D. C.; RATTER, J. A. Seleção de
698 fragmentos prioritários para a criação de unidades de Conservação do cerrado no Estado
699 de São Paulo. **Revista do Instituto Florestal**, v. 18, p. 23–37, 2006.

700 FARIA, B. L.; MARANO, G.; PIPONIOT, C.; SILVA, C. A.; DANTAS, V. DE L.;
701 RATTIS, L.; RECH, A. R.; COLLALTI, A. Model-based estimation of amazonian
702 forests recovery time after drought and fire events. **Forests**, v. 12, n. 1, p. 1–17, 2021.

703 FOELKEL, C. **Gestão ecoeficiente dos resíduos florestais lenhosos da**
704 **eucaliptocultura**. 1ª edição ed. Online: Eucalyptus Online Book & Newsletter, 2007.

705 FU, T.; KE, J. H.; ZHOU, S.; XIE, G. H. Estimation of the quantity and availability of
706 forestry residue for bioenergy production in China. **Resources, Conservation and**
707 **Recycling**, v. 162, p. 104993, nov. 2020.

708 GALLO, J.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C. Avaliação da aptidão agrícola das terras das
709 comunidades Cuieiras, Carmelino, Itapeuá e Arimum da Resex Verde para Sempre,

710 município Porto de Moz, PA. **Espaço Científico**, v. 11, n. 1/2, 2010.

711 GALVÃO FILHO, A. F. **Avaliação da aplicabilidade do método de amostragem por**
712 **linhas interceptadoras na quantificação de resíduos de exploração florestal nas**
713 **condições de uma floresta de Terra Firme na Amazônia Brasileira. 2010. 82 f. [s.l.]**
714 Universidade Federal Rural da Amazônia, 2010.

715 GARCIA, I. M. W. **Quantificação e rendimento de resíduos aproveitáveis para**
716 **madeira serrada da copa das árvores provenientes de exploração florestal.**
717 Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural da Amazônia, 2011.

718 GAUI, T. D.; COSTA, F. R. C.; COELHO DE SOUZA, F.; AMARAL, M. R. M.; DE
719 CARVALHO, D. C.; REIS, F. Q.; HIGUCHI, N. Long-term effect of selective logging
720 on floristic composition: A 25 year experiment in the Brazilian Amazon. **Forest**
721 **Ecology and Management**, v. 440, n. March, p. 258–266, 2019.

722 GUERRA, A.; REIS, L. K.; BORGES, F. L. G.; OJEDA, P. T. A.; PINEDA, D. A. M.;
723 MIRANDA, C. O.; MAIDANA, D. P. F. DE L.; SANTOS, T. M. R. DOS; SHIBUYA,
724 P. S.; MARQUES, M. C. M.; LAURANCE, S. G. W.; GARCIA, L. C. Ecological
725 restoration in Brazilian biomes: Identifying advances and gaps. **Forest Ecology and**
726 **Management**, v. 458, p. 1–7, fev. 2020.

727 HANSEN, M. C.; POTAPOV, P. V.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA,
728 S. A.; TYUKAVINA, A.; THAU, D.; STEHMAN, S. V.; GOETZ, S. J.; LOVELAND,
729 T. R.; KOMMAREDDY, A.; EGOROV, A.; CHINI, L.; JUSTICE, C. O.;
730 TOWNSHEND, J. R. G. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover
731 Change. **Science**, v. 342, n. 6160, p. 850–853, 15 nov. 2013.

732 HARMON, M. E.; FASTH, B.; WOODALL, C. W.; SEXTON, J. Carbon concentration
733 of standing and downed woody detritus: Effects of tree taxa, decay class, position, and
734 tissue type. **Forest Ecology and Management**, v. 291, p. 259–267, mar. 2013.

735 HUANG, L.; ZHOU, M.; LV, J.; CHEN, K. Trends in global research in forest carbon
736 sequestration: A bibliometric analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 252, p.
737 119908, 2020.

738 HUMPHRIES, S.; HOLMES, T.; ANDRADE, D. F. C. DE; MCGRATH, D.; DANTAS,
739 J. B. Searching for win-win forest outcomes: Learning-by-doing, financial viability, and
740 income growth for a community-based forest management cooperative in the Brazilian

741 Amazon. **World Development**, v. 125, p. 104336, jan. 2020.

742 ITTO, International Tropical Timber Organization. **Tropical Timber Market Report**.
743 Disponível em: <https://www.itto.int/files/user/mis/MIS_1-15_Aug2019.pdf> Acesso
744 em: 17 de maio de 2023

745 KELLER, M.; PALACE, M.; ASNER, G. P.; PEREIRA, R.; SILVA, J. N. M. Coarse
746 woody debris in undisturbed and logged forests in the eastern Brazilian Amazon.
747 **Global Change Biology**, v. 10, n. 5, p. 784–795, maio 2004a.

748 KELLER, M.; PALACE, M.; ASNER, G. P.; PEREIRA, R.; SILVA, J. N. M. Coarse
749 woody debris in undisturbed and logged forests in the eastern Brazilian Amazon.
750 **Global Change Biology**, v. 10, n. 5, p. 784–795, maio 2004b.

751 KORBOULEWSKY, N.; BILGER, I.; BESSAAD, A. How to evaluate downed fine
752 woody debris including logging residues? **Forests**, v. 17, n. 7, p. 881, 2021.

753 LIMA, L. F.; PELISSARI, A. L.; RODRIGUES, C. K.; SOUSA, N. J.; CORTE, A. P. D.
754 Quality assessment of pine wood harvesting by residue inventory using line intercept
755 cluster sampling. **International Journal of Forest Engineering**, v. 31, n. 3, p. 205–210,
756 1 set. 2020a.

757 LIMA, M. D. R.; PATRÍCIO, E. P. S.; BARROS JUNIOR, U. DE O.; ASSIS, M. R.
758 DE; XAVIER, C. N.; BUFALINO, L.; TRUGILHO, P. F.; HEIN, P. R. G.; PROTÁSIO,
759 T. DE P. Logging wastes from sustainable forest management as alternative fuels for
760 thermochemical conversion systems in Brazilian Amazon. **Biomass and Bioenergy**, v.
761 140, p. 105660, set. 2020b.

762 LIMA, M. D. R.; PATRÍCIO, E. P. S.; BARROS JUNIOR, U. DE O.; ASSIS, M. R.
763 DE; XAVIER, C. N.; BUFALINO, L.; TRUGILHO, P. F.; HEIN, P. R. G.; PROTÁSIO,
764 T. DE P. Logging wastes from sustainable forest management as alternative fuels for
765 thermochemical conversion systems in Brazilian Amazon. **Biomass and Bioenergy**, v.
766 140, p. 105660, set. 2020c.

767 LIMA, M. D. R.; SIMETTI, R.; ASSIS, M. R. DE; TRUGILHO, P. F.; CARNEIRO, A.
768 DE C. O.; BUFALINO, L.; HEIN, P. R. G.; PROTÁSIO, T. DE P. Charcoal of logging
769 wastes from sustainable forest management for industrial and domestic uses in the
770 Brazilian Amazonia. **Biomass and Bioenergy**, v. 142, p. 105804, nov. 2020d.

771 LIMA, M. D. R.; SIMETTI, R.; ASSIS, M. R. DE; TRUGILHO, P. F.; CARNEIRO, A.
772 DE C. O.; BUFALINO, L.; HEIN, P. R. G.; PROTÁSIO, T. DE P. Charcoal of logging
773 wastes from sustainable forest management for industrial and domestic uses in the
774 Brazilian Amazonia. **Biomass and Bioenergy**, v. 142, p. 105804, nov. 2020e.

775 LIMA, R. B.; FERREIRA, R. L. C.; SILVA, J. A. A.; GUEDES, M. C.; SILVA, D. A.
776 S.; OLIVEIRA, C. P. DE; RABELO, F. G.; SILVA, L. F. D. C. Effect of species and
777 log diameter on the volumetric yield of lumber in northern Brazilian Amazonia:
778 preliminary results. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 39, n. 3, p. 283–299, 2 abr.
779 2020f.

780 MAAS, G. C. B.; SANQUETTA, C. R.; MARQUES, R.; MACHADO, S. D. A.;
781 SANQUETTA, M. N. I.; CORTE, A. P. D.; SCHMIDT, L. N. Combining Sample
782 Designs to Account for the Whole Necromass Carbon Stock in Brazilian Atlantic Forest.
783 **Journal of Sustainable Forestry**, v. 40, n. 7, p. 639–655, 3 out. 2021.

784 MARTIN, A. R.; DOMKE, G. M.; DORAISAMI, M.; THOMAS, S. C. Carbon
785 fractions in the world’s dead wood. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 889, 9 fev.
786 2021.

787 MARTINS, D. L.; SCHIETTI, J.; FELDPAUSCH, T. R.; LUIZÃO, F. J.; PHILLIPS, O.
788 L.; ANDRADE, A.; CASTILHO, C. V.; LAURANCE, S. G.; OLIVEIRA, Á.;
789 AMARAL, I. L.; TOLEDO, J. J.; LUGLI, L. F.; VEIGA PINTO, J. L. P.; OBLITAS
790 MENDOZA, E. M.; QUESADA, C. A. Soil-induced impacts on forest structure drive
791 coarse woody debris stocks across central Amazonia. **Plant Ecology & Diversity**, v. 8,
792 n. 2, p. 229–241, mar. 2015a.

793 MARTINS, D. L.; SCHIETTI, J.; FELDPAUSCH, T. R.; LUIZÃO, F. J.; PHILLIPS, O.
794 L.; ANDRADE, A.; CASTILHO, C. V.; LAURANCE, S. G.; OLIVEIRA, Á.;
795 AMARAL, I. L.; TOLEDO, J. J.; LUGLI, L. F.; VEIGA PINTO, J. L. P.; OBLITAS
796 MENDOZA, E. M.; QUESADA, C. A. Soil-induced impacts on forest structure drive
797 coarse woody debris stocks across central Amazonia. **Plant Ecology & Diversity**, v. 8,
798 n. 2, p. 229–241, 4 mar. 2015b.

799 MIRANDA, K.; AMARAL NETO, M.; SOUSA, R.; COELHO, R. Manejo Florestal
800 Sustentável em Unidades de Conservação de uso comunitário na Amazônia. **Sociedade**
801 **& Natureza**, v. 32, p. 778–792, 11 nov. 2020.

802 MOREIRA, A. B.; GREGOIRE, T. G.; DO COUTO, H. T. Z. Wood density and carbon
803 concentration of coarse woody debris in native forests, Brazil. **Forest Ecosystems**, v. 6,
804 n. 1, p. 18, dez. 2019a.

805 MOREIRA, A. B.; GREGOIRE, T. G.; DO COUTO, H. T. Z. Wood density and carbon
806 concentration of coarse woody debris in native forests, Brazil. **Forest Ecosystems**, v. 6,
807 n. 1, p. 18, 2 dez. 2019b.

808 MOREIRA, L. DA S.; ANDRADE, F. W. C.; BALBONI, B. M.; MOUTINHO, V. H. P.
809 Wood from Forest Residues: Technological Properties and Potential Uses of Branches
810 of Three Species from Brazilian Amazon. **Sustainability**, v. 14, n. 18, p. 11176, 7 set.
811 2022.

812 MOUTINHO, V. H. P.; ROCHA, J. J. M. DA; AMARAL, E. P. DO; SANTANA, L. G.
813 DE M.; AGUIAR, O. J. R. DE. Propriedades Químicas e Energéticas de Madeiras
814 Amazônicas do Segundo Ciclo de Corte. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 3, 2016.

815 NANVONAMUQUITXO, S. J. A.; ROJAS, F. G.; HOFIÇO, N. DOS S. A. Desperdício
816 de madeira na concessão florestal da indústria Sotomane na província da Zambézia,
817 Moçambique. **Nativa**, v. 5, n. 3, 2017a.

818 NANVONAMUQUITXO, S. J. A.; ROJAS, F. G.; HOFIÇO, N. DOS S. A. Desperdício
819 de madeira na concessão florestal da indústria Sotomane na província da Zambézia,
820 Moçambique. **Nativa**, v. 5, n. 3, 2017b.

821 NUMAZAWA, C. T. D.; NUMAZAWA, S.; PACCA, S.; JOHN, V. M. Logging
822 residues and CO₂ of Brazilian Amazon timber: Two case studies of forest harvesting.
823 **Resources, Conservation and Recycling**, v. 122, p. 280–285, jul. 2017a.

824 NUMAZAWA, C. T. D.; NUMAZAWA, S.; PACCA, S.; JOHN, V. M. Logging
825 residues and CO₂ of Brazilian Amazon timber: Two case studies of forest harvesting.
826 **Resources, Conservation and Recycling**, v. 122, p. 280–285, jul. 2017b.

827 OLIVEIRA, C. R. S. DE; SILVA JÚNIOR, A. H.; MULINARI, J.; IMMICH, A. P. S.
828 Textile Re-Engineering: Eco-responsible solutions for a more sustainable industry.
829 **Sustainable Production and Consumption**, v. 28, p. 1232–1248, 2021.

830 OLIVEIRA, E. C.; CASTRO, L. P.; SOUSA, F. A.; DUTRA, A. H. M. Uma análise de
831 insumo-produto do setor madeireiro do estado do Amazonas. **Revista de Economia**

832 **Mackenzie**, v. 18, n. 1, p. 143, 2021b.

833 PARÁ. Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade. **Instrução Normativa nº 02,**
834 **de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre a Política Estadual de Floresta e demais
835 formações de vegetação no Estado do Pará, e dá outras providências. Disponível em:
836 <<https://www.ioepa.com.br/pages/2011/2011.05.16.DOE.pdf>> Acesso em: 8 de
837 setembro de 2022

838 PICKFORD, S. G.; HAZARD, J. W. Simulation Studies on Line Intersect Sampling of
839 Forest Residue. **Forest Science**, v. 24, n. 4, p. 469–483, 1978.

840 PIPONIOT, C.; RÖDIG, E.; PUTZ, F. E.; RUTISHAUSER, E.; SIST, P.;
841 ASCARRUNZ, N.; BLANC, L.; DERROIRE, G.; DESCROIX, L.; GUEDES, M. C.;
842 CORONADO, E. H.; HUTH, A.; KANASHIRO, M.; LICONA, J. C.; MAZZEI, L.;
843 D’OLIVEIRA, M. V. N.; PEÑA-CLAROS, M.; RODNEY, K.; SHENKIN, A.; *et al.*
844 Can timber provision from Amazonian production forests be sustainable?
845 **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 6, p. 064014, 1 jun. 2019.

846 PORTER-BOLLAND, L.; ELLIS, E. A.; GUARIGUATA, M. R.; RUIZ-MALLÉN, I.;
847 NEGRETE-YANKELEVICH, S.; REYES-GARCÍA, V. Community managed forests
848 and forest protected areas: An assessment of their conservation effectiveness across the
849 tropics. **Forest Ecology and Management**, v. 268, p. 6–17, mar. 2012.

850 QUINZEIRO NETO, T.; LOURENÇO JUNIOR, J. B.; GARCIA, A. R.; SANTOS, J.
851 C.; SANTOS, M. A. S.; NERES, L. S. A bubalinocultura em áreas de reserva
852 extrativista na Amazônia: o caso da Resex Verde para Sempre, Porto de Moz, estado do
853 Pará. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 9, n. 18, p. 115–136, 2014.

854 RADAMBRASIL, Ministério das Minas e Energia. Departamento Nacional da
855 Produção Mineral: Folha SA. 22 Belém: geologia, geomorfologia, solos vegetação, uso
856 potencial da terra. Rio de Janeiro, 1974. Paginação irregular. (Projeto RADAMBRASIL.
857 Levantamento de Recursos Naturais, v.5).

858 RIBEIRO, A. C. F.; DA FONSECA, L. C.; PEREIRA, C. M. P. O plano de manejo
859 florestal como instrumento de desenvolvimento sustentável na Amazônia. **Direito e**
860 **Desenvolvimento**, v. 11, n. 1, p. 264–276, 7 jul. 2020.

861 RIBEIRO, R. B. DA S.; GAMA, J. R. V.; SOUZA, A. L. DE; ANDRADE, D. F. C. DE.
862 Análise financeira da extração e beneficiamento de resíduos florestais pós-colheita na

863 floresta nacional do tapajós. **Advances in Forestry Science**, v. 6, n. 2, 24 jul. 2019.

864 RODRIGUEZ-FRANCO, C.; PAGE-DUMROESE, D. S. Woody biochar potential for
865 abandoned mine land restoration in the U.S.: a review. **Biochar**, v. 3, n. 1, p. 7–22, mar.
866 2021.

867 SANTOS, P. C. DOS; SANTANA, A. C. DE; QUEIROZ, J. C. B.; BARROS, P. L. C.
868 DE; SANTANA, Á. L. DE. Estimação volumétrica de resíduos lenhosos de madeira em
869 uma floresta tropical através da Krigagem Ordinária, Paragominas, Estado do Pará.
870 **Ciência Florestal**, v. 24, n. 4, p. 959–968, 2014.

871 SANTOS, R. C. D.; CARNEIRO, A.; CASTRO, A. F. N. M.; CASTRO, R.; BIANCHE,
872 J. J.; SOUZA, M. M.; CARDOSO, M. T. Correlation of quality parameters of wood and
873 charcoal of clones of eucalyptus. **Scientia Forestalis**, v. 90, n. 39, p. 221–230, 2011.

874 SECTAM - Secretaria Executiva De Ciência, Tecnologia E Meio Ambiente.
875 Macrozoneamento ecológico-econômico do estado do Pará/2004. Governo do Pará.
876 Secretaria Especial de Produção. Belém, 2004.

877 SILVA, L. F. S. G.; DE CASTILHO, C. V.; DE OLIVEIRA CAVALCANTE, C.;
878 PIMENTEL, T. P.; FEARNSIDE, P. M.; BARBOSA, R. I. Production and stock of
879 coarse woody debris across a hydro-edaphic gradient of oligotrophic forests in the
880 northern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 364, p. 1–9, mar.
881 2016.

882 SOUZA, C. R. DE; AZEVEDO, C. P. DE; FREITAS, F. C. DE. **Metodologia para**
883 **avaliação de necromassa em florestas tropicais**. Manaus, AM: Comunicado Técnico.
884 Embrapa Amazônia Oriental, 2017.

885 TLÁSKAL, V.; BRABCOVÁ, V.; VĚTROVSKÝ, T.; JOMURA, M.; LÓPEZ-
886 MONDÉJAR, R.; OLIVEIRA MONTEIRO, L. M.; SARAIVA, J. P.; HUMAN, Z. R.;
887 CAJTHAML, T.; NUNES DA ROCHA, U.; BALDRIAN, P. Complementary Roles of
888 Wood-Inhabiting Fungi and Bacteria Facilitate Deadwood Decomposition. **mSystems**,
889 v. 6, n. 1, 23 fev. 2021.

890 VAN WAGNER CE, (1968). The Line Intercept Method in Forest Fuel Sampling.
891 *Forest Science* 14:20-26.

892 VATRAZ, S.; BORGES, F. Q. ANÁLISE DE RESÍDUOS FLORESTAIS APÓS

- 893 COLHEITA SEMIMECANIZADA EM UM PLANTIO DE CONÍFERAS NO
894 PARANÁ. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 1, p. 65, 11 fev. 2019.
- 895 WARREN, W. G.; OLSEN, P. F. A line intersect technique for assessing logging waste.
896 **Forest Science**, v. 10, n. 3, p. 267–276, 1964.
- 897 WATRIM, O. S.; OLIVEIRA, P. M. Levantamento do uso e cobertura da terra em área
898 da reserva extrativista Verde para Sempre, Porto de Moz, PA. **Boletim de Pesquisa e**
899 **Desenvolvimento: Embrapa Belém - PA**, v. 69, 2009.
- 900 WICKHAM H. **ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis**. Springer-Verlag New
901 York, 2016.