

Viabilidade técnica do manejo florestal sustentável em uma área sob concessão florestal na Amazônia Oriental

Technical feasibility of sustainable forest management in a concession area in the Eastern Amazon

Nívea Maria Mafra Rodrigues¹, Gilson Fernandes da Silva², Evandro Ferreira da Silva³, Ana Paula Donicht Fernandes⁴, Adriano Ribeiro de Mendonça⁵, Denyse Cássia de Maria Sales⁶

RESUMO

Este estudo analisa a viabilidade técnica do manejo florestal sustentável em uma área sob concessão na Floresta Nacional de Saracá-Taquera, na Amazônia Oriental. Foram coletados dados das Unidades de Produção Anual 6 e 3 das Unidades de Manejo Florestal II e 1A, respectivamente. Os ciclos de corte e arraste de toras foram monitorados e cronometrados, estimando o tempo padrão, normal e pausas para cada etapa do ciclo e o ciclo operacional. Apesar dos tempos irregulares indicados pelos altos coeficientes de variação, o tempo normal total para o ciclo de corte e arraste foi de 17,33 e 5,92 minutos, respectivamente. A eficiência operacional foi de 96,87% e 96,55% para os ciclos de corte e arraste, respectivamente. A produtividade operacional, considerando o tempo de trabalho efetivo, foi de 20,68 m³ h⁻¹ para o corte e 45,62 m³ h⁻¹ para o arraste. A análise de regressão mostrou uma influência significativa da distância de arraste na produtividade média, explicando 70% da variação. A produtividade do arraste e os custos de extração foram diretamente afetados pela distância de arraste.

Palavras-chave: Tempo normal. Tempo padrão. Eficiência operacional. Desempenho operacional.

ABSTRACT

This study examines the technical feasibility of sustainable forest management in an area under concession in the Saracá-Taquera National Forest in the Eastern Amazon. Data were collected from Annual Production Units 6 and 3 of Forest Management Units II and 1A, respectively. Logging and skidding cycles were monitored and timed, estimating standard, normal, and pause times for each stage of the cycle and the overall operational cycle. Despite irregular times indicated by high coefficients of variation, the total normal time for the logging and skidding cycles was 17.33 and 5.92 minutes, respectively. Operational efficiency was 96.87% and 96.55% for the logging and skidding cycles, respectively. Operational productivity, considering effective working time, was 20.68 m³ h⁻¹ for logging and 45.62 m³ h⁻¹ for skidding. Regression analysis revealed a significant influence of skidding distance on average productivity, explaining 70% of the variation. Skidding productivity and extraction costs were directly affected by skidding distance.

Keywords: Normal time. Standard time. Operational efficiency. Operational performance.

¹ Doutoranda em Ciências Florestais - Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
E-mail: niveamafra11@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-3750-0813>

² Doutor em Ciência Florestal – Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).
E-mail: fernandes5012@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-7853-6284>

³ Doutor em Ciências Florestais – Universidade Federal do Pará (UFPA).
E-mail: evandroflorestal@gmail.com

⁴ Doutora em Engenharia Florestal – Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

E-mail: anapauladfernandes@yahoo.com.br
<https://orcid.org/0000-0002-3644-9825>

⁵ Doutor em Engenharia Florestal – Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

E-mail: adriano.mendonca@ufes.br
<https://orcid.org/0000-0003-3307-8579>

⁶ Doutoranda em Ciências Florestais – Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

E-mail: denysecariasales@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-6182-0975>

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia é um dos maiores biomas do mundo, estando presente em nove países da América do Sul (ICMBio, 2020). O Brasil possui cerca de 60% da Bacia Amazônica e o bioma Amazônia compreende 49% do território nacional (COSTA; ALVES, 2018).

Uma das estratégias do governo para promover a preservação e conservação deste recurso natural foi a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) visando potencializar o papel das Unidades de Conservação (UCs) ao que tange suas funções ecológicas, econômicas e sociais (BRASIL, 2000). As UCs dividem-se em dois grupos: Unidades de proteção integral e unidades de uso sustentável. O objetivo das unidades de uso sustentável é conciliar a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais (BRASIL, 2000).

Com a finalidade de viabilizar a melhor gestão das florestas, surgiu a política pública de implementar concessões florestais (MUNIZ; PINHEIRO, 2019). Dentro do grupo de unidades de uso sustentável, o governo permitiu concessões de florestas públicas para o manejo florestal sustentável (MFS) que começaram a partir da Lei de Gestão de Florestas Públicas (Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006). Esta Lei autoriza os órgãos gestores dessas UC's a promoverem o uso sustentável e econômico por meio de concessões das florestas para as empresas de manejo florestal.

O MFS é uma das ferramentas principais para o uso sustentável das florestas, pois viabiliza a adoção de métodos e práticas que reduzem os impactos da exploração florestal, além de proporcionar benefícios econômicos e sociais (BRASIL, 2006). A exploração de impacto reduzido (EIR) é uma alternativa à exploração convencional e atua como parte fundamental na estrutura de planejamento do MFS. Na EIR é realizado o planejamento detalhado para reduzir os danos à floresta e incrementar rendimentos na exploração, além de prever tratamentos silviculturais (BOLTZ; HOLMES; CARTER, 2003; SABOGAL *et al.*, 2000).

Em alguns casos, o processo de exploração florestal por meio do MFS ainda enfrenta dificuldades devido a carência de treinamentos e equipamentos adequados (MACPHERSON *et al.*, 2010; POKORNY *et al.*, 2005). As atividades da exploração florestal são onerosas, e para que a produção sustentável seja viável tecnicamente e economicamente, é necessário analisar todas as operações que o compõem, particularmente as atividades de exploração florestal, com o objetivo de melhorar a qualidade das operações, diminuir os custos e impactos ambientais.

Assim, as práticas devem ser aperfeiçoadas tecnicamente para reduzir os custos de extração e aumentar a produtividade das operações (BOLTZ; HOLMES; CARTER, 2003). O planejamento e a exploração florestal em florestas nativas da Amazônia sofrem influência de fatores como a tipologia florestal, o pacote tecnológico de exploração, qualificação da mão-de-obra, o tipo de solo, gestão da empresa e custos envolvidos (ESPADA *et al.*, 2014). Diante disso, a adoção de estudos de tempos e movimentos pode auxiliar na melhoria do processo produtivo do empreendimento (NASCIMENTO *et al.*, 2014), bem como realizar uma comparação padronizada desses processos (BARNES, 1977).

Desse modo, a análise e avaliação das operações do MFS buscam quantificar as atividades para o tomador de decisão gerir melhorias técnicas e conseqüentemente expandir o potencial econômico das concessões florestais. Diante do exposto, o objetivo do estudo foi avaliar tecnicamente as operações de exploração florestal em uma área de manejo florestal sustentável, sob concessão florestal, na Amazônia Oriental.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada na Floresta Nacional de Saracá-Taquera, situada no noroeste do estado do Pará, entre as coordenadas geográficas 1°20' e 1°55' de latitude Sul e 56°00' e 57°15' de longitude Oeste, abrangendo os municípios de Faro, Oriximiná e Terra Santa (SFB, 2020) (Figura 1).

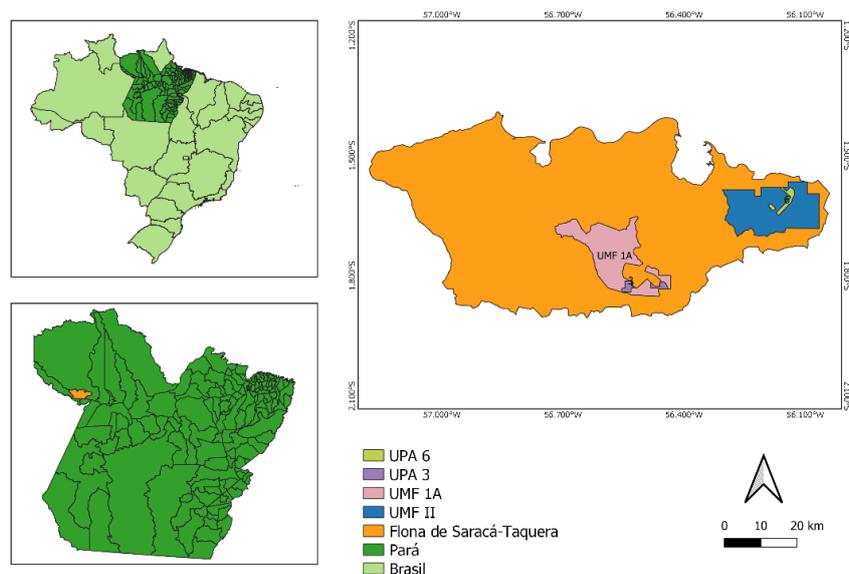


Figura 1. Localização da Floresta Nacional de Saracá-Taquera, Pará, Brasil.

Foram coletados dados em duas Unidades de Manejo Florestal (UMF), sendo estas a UMF-II e a UMF 1A sob concessão da empresa Ebata Produtos Florestais Ltda. A UMF-II está localizada no município de Oriximiná e possui 25.546,00 ha de área produtiva, dividida em Unidades de Produção Anual (UPA). Em 2017, foram obtidos dados da UPA 6, com área de manejo total de 1.302,18 ha, área de preservação permanente (APP) de 63,34 ha e área efetiva de manejo de 1.238,82 ha. A UPA 6 foi dividida em sete Unidades de Trabalho (UT). A UMF 1A está localizada no município de Terra Santa e possui área de 26.897,96 ha, também dividida em UPAs. Em 2018 foram obtidos dados da UPA 3, com área de manejo total de 1.176,17 ha, APP de 75,93 ha e área efetiva de manejo de 1.081,61 ha. Esta UPA também foi dividida em 7 UTs.

2.2 Obtenção da base de dados

A coleta de dados foi realizada de três formas: i) Arquivos de controle de compra e produção; ii) informações adquiridas em campo; e iii) entrevistas com a equipe técnica responsável. As informações foram coletadas em 2017 e 2018.

2.3 Descrição das operações de exploração florestal

A estrutura do estudo compreendeu o ciclo de corte e arraste de toras, em que cada ciclo foi composto por etapas operacionais (Tabela 1).

Tabela 1. Etapas do ciclo operacional de corte e arraste.

Ciclo de corte		
Nº	Etapas	Descrição
1	Localização das árvores	Localizar as árvores que foram previamente identificadas no inventário florestal e selecionadas para o abate.
2	Limpeza e teste do oco	Realizar o teste do oco para averiguar a possibilidade de exploração da árvore. Caso a árvore esteja apta para a exploração, é realizado o procedimento de limpeza do tronco e abate.
3	Abate	Composto pela avaliação de queda natural, abertura dos caminhos de fuga, corte direcional e corte de abate
4	Preparativos para localizar a próxima árvore	Procedimento de recolher os equipamentos utilizados no abate e definir no mapa a próxima árvore a ser abatida.
Ciclo de arraste		
Nº	Etapas	Descrição
5	Viagem do Skidder vazio	Deslocamento do trator florestal Skidder até a localização da árvore que será arrastada, remoção

		dos obstáculos pelo caminho e manobras necessárias visando facilitar a viagem de volta.
6	Engate	Consiste em engatar a tora após a etapa de traçamento da árvore, com a pinça hidráulica do trator florestal Skidder. Dependendo das dimensões das toras, podem ser arrastadas mais de uma tora.
7	Viagem do Skidder carregado	Retorno do trator florestal Skidder com a(s) tora(s) até o pátio de estocagem.

Cada atividade foi realizada por uma equipe, que variou de acordo com a atividade florestal. A composição das equipes para cada atividade é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Atividades florestais, funções, número de funcionários, equipamentos e maquinário.

Atividade florestal	Função	Nº de funcionários	Equipamento e maquinário
Abate de árvore	Motosserrista	1	EPIs, sabre de motosserra, corrente de motosserra, motosserra, lápis, borracha, mapa, facão, lima roliça, lima chata, garrafa d'água e bolsa motosserrista
	Auxiliar florestal	1	
Arraste de tora	Operador do trator florestal Skidder	1	EPIs, trator Skidder, trator pá carregadeira e garrafa d'água
	Operador do trator de carregamento	1	

2.4 Análise das operações de exploração florestal

Foram monitoradas e cronometradas as atividades de corte e arraste de toras. A metodologia adotada tem como base o estudo de tempos e movimentos e a determinação do desempenho operacional das atividades. A quantificação dos estudos de tempos e movimentos foi realizada de acordo com a metodologia sugerida por Barnes (1977), em que foi determinado o tempo padrão, o tempo normal, as interrupções para cada elemento e para o ciclo operacional. Os tempos de cada elemento do ciclo operacional foram mensurados com o auxílio de um cronômetro esportivo e as informações registradas em formulários específicos de campo. Para o desempenho operacional, foram consideradas a eficiência e a produtividade efetiva dos ciclos.

2.4.1 Análise descritiva dos ciclos operacionais

A estatística amostral foi realizada por meio da média, desvio padrão, erro amostral relativo ($Er\%$) e coeficiente de variação [$CV (\%)$] (Tabela 3). O erro amostral dos números de observações dos ciclos de corte e arraste foi obtido considerando nível de 5% de significância.

Tabela 3. Estatística amostral.

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} \quad (1)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

$$Er = \frac{t s}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (3)$$

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100 \quad (4)$$

Em que: \bar{x} = média dos tempos de cada elemento dos ciclos (minutos); x_i = tempo de cada observação dos elementos (minutos); n = número de observações de cada ciclo; s = desvio padrão amostral; Er = erro amostral relativo; t é o valor de t de Student, no nível de probabilidade desejado e $(n-1)$ graus de liberdade.

2.4.2 Estudo de tempos

O tempo de cada elemento dos ciclos foi registrado em campo seguindo o método de cronometragem de leitura contínua (BARNES, 1977). O tempo normal refere-se à duração necessária para que o operador execute os elementos do ciclo sem tolerância (Equação 5). Já o tempo padrão abrange a duração dos elementos do ciclo, considerando todas as tolerâncias necessárias (Equação 6). Essas tolerâncias representam a proporção entre o tempo total do elemento e o tempo de paralisação de cada elemento (Equação 7) (BARNES, 1977). A frequência de interrupções engloba as paralisações por elemento e por ciclo operacional (Equação 8) (EMMERT, 2014).

$$TNe = TMe \times Ia \quad (5)$$

$$TPe = TNe \times \left(\frac{1}{1 - TJe} \right) \quad (6)$$

$$TJe = \frac{TPar}{TTe} \quad (7)$$

$$f = \frac{n^\circ \text{ de interrupções}}{n^\circ \text{ total de observações}} \times 100 \quad (8)$$

Em que: TNe = tempo normal do elemento (minutos); TMe = tempo médio do elemento (minutos); Ia = índice de avaliação igual a 1, indicando ritmo normal; TPe = tempo padrão do elemento (minutos); TJe = tempo de interrupções ou tolerâncias no elemento (minutos); $TPar$ = soma da paralisação do elemento (minutos); TTe = tempo total do elemento (minutos); f = frequência de interrupções por elemento ou ciclo operacional (%); n° de interrupções = quantidade de repetições de interrupções por elemento ou ciclo operacional; n° total de observações = número total de observações registradas por elemento ou ciclo.

2.4.3 Desempenho operacional

Para obter a eficiência operacional, foram cronometrados os tempos de trabalho efetivo e de interrupções. Foi utilizada a seguinte expressão (BIRRO et al., 2002):

$$EOp = \frac{He}{He + Hi} \times 100 \quad (9)$$

Em que: EOp = eficiência operacional (%); He = tempo de trabalho efetivo (horas); Hi = tempo de interrupções operacionais (horas).

A produtividade foi estimada em metros cúbicos por hora efetiva de trabalho, utilizando a expressão (10), conforme sugerido por Emmert (2014).

$$Prod = \frac{\sum_{i=1}^n Vi}{He} \quad (10)$$

Em que: Prod = produtividade da operação ($m^3 h^{-1}$); i = número de árvores amostradas; Vi = volume individual da tora i (m^3); He = tempo de trabalho efetivo (horas).

2.4.4 Análise da produtividade

A análise foi realizada por meio do ajuste do modelo de regressão linear (Equação 11), visando verificar a relação entre a produtividade média (variável dependente) e a distância média de arraste (variável independente). Na avaliação do ajuste do modelo, foram utilizados o coeficiente de determinação (R^2) e o erro padrão relativo (Syx %) (Tabela 4).

Tabela 4. Modelo de regressão linear e estatísticas para avaliar o desempenho do modelo.

$$P = \beta_0 + \beta_1 DT + \varepsilon \quad (11)$$

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (12)$$

$$S_{yx} = \pm \frac{S_{yx}}{\bar{Y}} \cdot 100 \quad (13)$$

Em que: P = produtividade média ($m^3 he^{-1}$); DT = distância de arraste (m); β_0 e β_1 = parâmetros do modelo; ε = erros aleatórios; R^2 = coeficiente de determinação; Y_i = variável dependente observada; \hat{Y}_i = variável dependente estimada; \bar{Y} = média da variável dependente observada.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise descritiva

Os resultados referentes à análise descritiva dos ciclos de corte e arraste estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Análise descritiva dos tempos das operações de corte e arraste.

Estatística amostral*	Ciclos	
	Corte	Arraste
Número de observações	47	262

Tempo médio (min)	17,91	6,14
Desvio padrão (min)	8,56	2,54
Coefficiente de variação (%)	47,79	41,35
Erro amostral (%)	14,03	5,03

* erro admissível de 15%, ao nível de 95% de probabilidade.

O total de número de observações foi de 309, e ambos os ciclos apresentaram erro amostral menor que o erro admissível. No entanto, o número reduzido de observações no ciclo de corte ocorreu devido à dificuldade em acompanhar e cronometrar o ciclo completo das atividades.

O erro amostral pode ser reduzido com a escolha adequada do tamanho de amostras. Em uma floresta pública em Rondônia, Emmert (2014) encontrou erro de 25,1% para o ciclo de corte, considerando intensidade amostral com 44 ciclos, e 14,3% para o ciclo de arraste, considerando intensidade amostral com 93 ciclos. Outro trabalho analisando os ciclos de corte e arraste foi realizado por Buchmann (2016), em uma área no segundo ciclo de produção na Floresta Nacional do Tapajós, o autor encontrou erro amostral de 13% para o ciclo de corte, considerando 84 ciclos, e 14,8% para o ciclo de arraste, considerando 107 ciclos. Em floresta privada no Amazonas, Barbosa (2018) verificou erro amostral de 20,40% para o ciclo de arraste, considerando 40 ciclos.

Em relação ao ciclo de arraste, os estudos de Emmert (2014), Buchmann (2016) e Barbosa (2018) consideraram números de observações menores quando comparados aos números amostrais deste trabalho, logo, apresentaram maiores erros amostrais. No ciclo de corte, o número de observações deste trabalho foi menor que o número considerado por Buchmann (2016), deste modo, apresentando maior erro amostral, em que a diferença relativa foi de aproximadamente 1,03%.

Os coeficientes de variação foram altos para ambos os ciclos, indicando tempos irregulares. No ciclo de corte, a atividade que apresentou maior variação de tempo foi a localização das árvores, isto porque algumas árvores estão mais próximas e outras mais distantes da equipe de abate. Já no ciclo de arraste, a atividade com maior variação de tempo foi a viagem do trator florestal Skidder carregado. De acordo com Barbosa (2018), esta variação ocorre devido a heterogeneidade das toras, como o volume e a densidade da madeira.

3.2 Estudo de tempos

As participações percentuais dos tempos produtivos e improdutivos do ciclo de corte estão apresentadas na Figura 2.

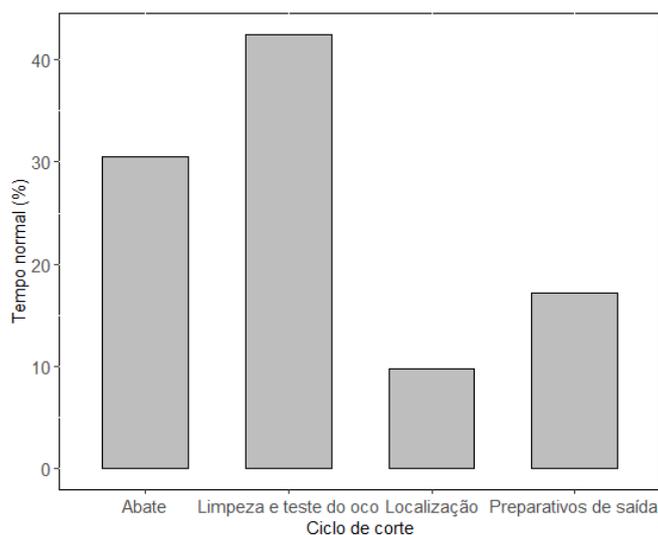


Figura 2. Percentual do tempo total das atividades, em ordem de ocorrência, do ciclo de corte.

Observou-se que 96,77% da execução das atividades foi de tempo produtivo. A atividade que obteve maior percentual de tempos foi a limpeza e teste do oco. Em uma pesquisa analisando o tempo do ciclo de corte da exploração florestal em uma floresta em Manaus, Batista (2008) também identificou a operação de limpeza como a atividade que mais consumiu tempo. Este maior consumo de tempo está atrelado ao fato de que nesta fase ocorre o teste do oco e a remoção de cipós. Para reduzir o tempo gasto com a atividade de limpeza e teste do oco, é imprescindível realizar treinamento e capacitação dos funcionários.

O abate é a segunda atividade que mais consome tempo no ciclo de corte e isto está relacionado ao diâmetro das árvores selecionadas, em que árvores com maiores diâmetros consomem mais tempo no momento do corte (Tabela 6). Ainda assim, os valores de tempo médio neste estudo variaram em média 1 minuto entre as classes diamétricas.

Tabela 6. Classes diamétricas em relação ao tempo médio de abate.

Classes de diâmetro	Tempo médio (min)
Classe 2 = 50 cm < DAP ≤ 60 cm	4,15
Classe 3 = 60 cm < DAP ≤ 70 cm	4,69

Classe 4 = 70 cm < DAP ≤ 80 cm	5,77
Classe 5 = 80 cm < DAP ≤ 90 cm	5,80
Classe 6 = 90 cm < DAP ≤ 100 cm	5,87

DAP é o diâmetro à altura do peito.

Estudos como o de Higuchi *et al.* (1994) e Cabral (1991) corroboram com a afirmativa sobre a relação direta entre diâmetro e tempo consumido. Por exemplo, em área de várzea no Estado do Amazonas, Higuchi *et al.* (1994) encontraram um tempo médio de 21,65 minutos para árvores com diâmetro médio de 110 cm. Já Cabral (1991) em estudo na Estação Experimental de Silvicultura Tropical obteve tempo médio de 7,14 minutos para árvores com DAP médio de 66 cm. Os valores de tempo médio encontrado por Higuchi *et al.* (1994) e Cabral (1991) são superiores aos valores de tempo médio deste estudo, uma vez que atualmente ocorre maior capacitação e treinamento dos funcionários, proporcionando aperfeiçoamento das técnicas de corte.

Em relação ao tempo improdutivo, as pausas foram causadas pelas manutenções no motosserra devido a necessidade de troca de corrente (Figura 3). Ainda assim, este percentual foi pequeno porque existe uma sincronia na realização das atividades. Por exemplo, enquanto o motosserrista afia a motosserra, o auxiliar faz a limpeza ao redor do fuste da árvore e limpeza dos caminhos de fuga. Como estas tarefas acontecem de forma simultânea, esses casos não foram caracterizados como pausa.

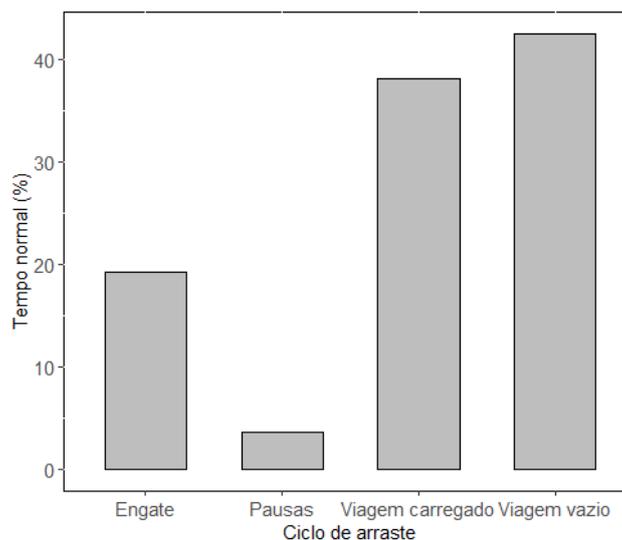


Figura 3. Proporção de tempo normal dos elementos do ciclo de arraste.

O tempo produtivo do ciclo de arraste foi de 96,43%, sendo que a atividade com maior percentual foi a viagem vazio do trator florestal (41,02%), seguida da viagem carregado do

trator florestal (36,83%) e engate (18,59%). Em uma área de manejo florestal sustentável no Amazonas, Barbosa (2018) constatou que o trator florestal consome mais tempo quando está arrastando a tora (40,52%), devido a heterogeneidade do volume das toras e a variação das distâncias do local da derrubada até o pátio de estocagem.

O tempo gasto no arraste está relacionado com a distância percorrida até o pátio de estocagem. Desta forma, é fundamental que ocorra o planejamento da distância de arraste em função da localização dos pátios, pois quanto maior a distância, maior será o tempo de arraste e o custo de extração por hora efetiva de trabalho. Além disso, Carmo *et al.* (2013) ressaltam que é importante determinar o ponto ótimo entre a densidade de estradas e a distância de arraste de acordo com a estrutura da floresta e condições do terreno visando melhorar a eficiência operacional.

O tempo gasto com o engate teve forte influência na composição do percentual total. Esta atividade é afetada pela experiência do operador. Este resultado enfatiza a necessidade de treinamento e capacitação da equipe para diminuir o tempo e consequentemente aumentar o rendimento da operação. De acordo com D'Oliveira e Braz (1998), a carga tem forte influência no tempo de engate das toras indicando também necessidade de ser treinar a equipe para otimizar a operação.

Na Tabela 7 é possível observar os valores de tempos normal e padrão das atividades e dos ciclos operacionais.

Tabela 7. Tempos médios, em minutos, dos ciclos de corte e arraste.

Ciclos Atividades	Corte				Arraste		
	LOC	LIMP	AB	PA	VV	ENG	VC
Tempo normal (min)	1,69	7,36	5,30	2,98	2,52	1,14	2,26
Tempo padrão (min)	2,15	7,59	-	-	2,63	1,26	-
Tempo normal total do ciclo (min)		17,33				5,92	
Tempo padrão total do ciclo (min)		18,02				6,15	
Tempo normal agregado (min)				23,25			
Tempo padrão agregado (min)				24,17			

Em que: Loc = localização das árvores; Limp = limpeza e teste do oco; AB = abate; PA = preparativo para localizar a próxima árvore; VV = viagem vazio do trator florestal skidder; ENG = engate das toras; VC = viagem carregado do trator florestal skidder.

O tempo normal total do ciclo de corte e arraste foram 17,33 e 5,92 minutos, respectivamente. Enquanto o tempo padrão total foi de 18,02 para o ciclo de corte e 6,15 minutos para o ciclo de arraste. Vale ressaltar que o tempo padrão considera as pausas

durante as operações da exploração florestal e neste estudo apenas foram consideradas as pausas operacionais, isto é, interrupções relacionadas diretamente com as atividades.

De modo geral, as pausas nos ciclos de corte e arraste foram mínimas. Isto demonstra um equilíbrio entre as atividades e treinamento adequado das equipes responsáveis. Todavia, é importante enfatizar que o planejamento é o pilar da exploração florestal sustentável, pois com o planejamento adequado é possível reduzir o dispêndio de tempo e consequentemente os custos por meio da otimização das atividades, capacitação dos trabalhadores e investimentos em equipamentos de qualidade.

De acordo com Barbosa (2008), é difícil padronizar os tempos de arraste em floresta nativa, pois há uma grande heterogeneidade dos volumes explorados das espécies e da distância de arraste. Por isso, há necessidade de mais estudos aprofundados nessa área, visando eliminar ou minimizar as dificuldades do manejo florestal sustentável, buscando cada vez mais um desempenho ótimo.

3.3 Desempenho operacional

A eficiência operacional dos ciclos de corte e arraste foram de 96,87% e 96,55%, respectivamente, isto porque ocorreram poucas interrupções durante as operações, o que demonstra um planejamento adequado. Em ambos os ciclos, a frequência de interrupções foi menor que 10%. Batista (2008), analisando o ciclo de corte, constatou 16,63% de interrupções. Esta diferença pode ser justificada porque em seu estudo foram consideradas as interrupções operacionais e não operacionais. Já Barbosa (2018) verificou eficiência operacional de 91,83% no ciclo de arraste em floresta privada no Amazonas.

Os resultados encontrados para a eficiência neste estudo reafirmam a qualificação e capacitação das equipes empregadas na exploração florestal. Em vista disso, Espada *et al.* (2014) reforçam a necessidade do treinamento e aperfeiçoamento dos funcionários objetivando adquirir habilidades fundamentais para um bom manejo.

A produtividade operacional dos ciclos de corte e arraste, considerando o tempo de trabalho efetivo, foi de 20,68 m³ h⁻¹ e 45,62 m³ h⁻¹, respectivamente. Estudos como o de Barbosa (2018), Buchmann (2016), Holmes *et al.* (2002) e Barreto *et al.* (1998) também analisaram a produtividade do ciclo de arraste. É possível constatar que a produtividade operacional encontrada neste estudo é superior aos outros trabalhos, sendo diretamente relacionada com o volume total explorado, a espécie explorada e as horas efetivamente trabalhadas.

3.4 Análise estatística da produtividade

A produtividade média do arraste variou de 14 a 83 m³ he⁻¹. O volume médio das toras variou de 3 a 6 m³ e a distância média apresentou variação de 20 a 383 m, considerando as diferentes classes de distância. O modelo ajustado possibilitou a estimativa da produtividade média em função da distância média de arraste (Figura 4).

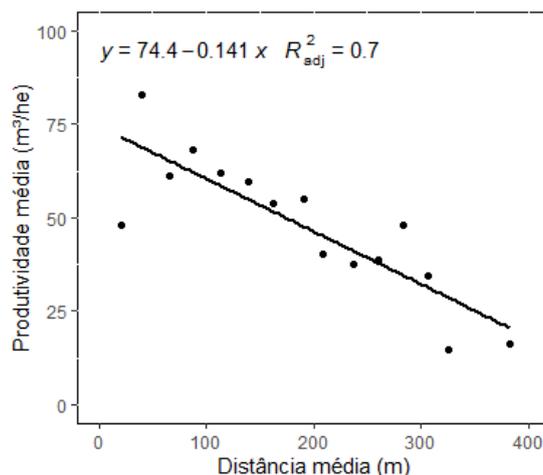


Figura 4. Estimativas da produtividade média em função da distância média de arraste.

A distância de arraste teve influência significativa ($p < 0,05$) na produtividade média, explicando 70% da variação na produtividade. Há uma relação inversamente proporcional entre as variáveis, isto é, quanto maior for a distância, menor será a produtividade. Santos et al. (2013) estimaram a produtividade do clambunk skidder em função da distância e obtiveram coeficiente de determinação de 71,45%, valor bem próximo ao encontrado neste estudo. Em estudo sobre índices de exploração para florestas naturais em Mato Grosso, Braz et al. (2017) também verificaram que a produtividade diminui com o aumento da distância média de arraste, variando de 31,36 m³ h⁻¹ para distância média de 95 m até 21,03 m³ h⁻¹ para distância média de 250 m.

A distância é uma das variáveis mais importantes e influencia diretamente o tempo efetivo do ciclo operacional de arraste, a produtividade e os custos de extração. Deste modo, o planejamento de extração das toras deve buscar a otimização desse sistema. O estudo de Silva et al. (2020), em uma área de manejo florestal sustentável na Amazônia, constatou que o planejamento florestal otimizado reduziu a distância de arraste em 17,16%, aumentou a produtividade e reduziu os custos de arraste de toras em 25,76%.

Na exploração de florestas nativas da Amazônia, os principais custos envolvem as operações de construção de estradas e arraste de toras até o pátio de estocagem (BRAZ

et al., 2017). O custo de extração das toras foi influenciado pela produtividade e pela distância de arraste (Figura 5). O comportamento dos resultados corrobora com os resultados apresentados por Oliveira et al. (2006) que encontraram menor custo de extração de toras na classe de distância de 0 a 50 m.

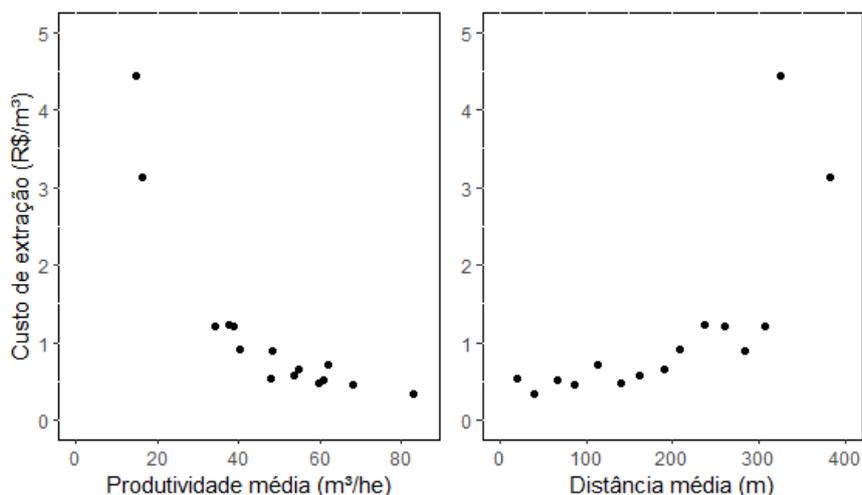


Figura 5. Comportamento do custo de extração de toras em função da produtividade e da distância de arraste.

A distância média de arraste tem influência sobre os custos e sobre a produtividade. Diante disso, a organização e o planejamento das atividades são extremamente importantes para reduzir os custos, aumentar a produtividade, diminuir os riscos de acidentes e interrupções desnecessárias. De acordo com Seixas (2002), o melhor desempenho da extração de madeira está atrelado ao conhecimento do volume da floresta e do planejamento criterioso das operações florestais, proporcionando maior produtividade da mão-de-obra, menores custos e menor ociosidade dos trabalhadores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os tempos dos elementos dos ciclos operacionais de corte e arraste apresentaram bons resultados quando comparado com outros estudos, bem como a eficiência e a produtividade operacional. A produtividade do arraste e os custos de extração foram diretamente afetados pela distância de arraste, em que distâncias maiores apresentaram menor produtividade e maior custo de extração. Deste modo, a distância é uma variável importante para ser considerada no planejamento do manejo florestal sustentável.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, W. M. **Modelagem das operações de extração madeireira em regime de manejo sustentável na Amazônia: estudo de caso de um sistema de exploração**. 2018. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília. 2018.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. Editora Blucher, 1977.
- BARRETO, P.; AMARAL, P.; VIDAL, E.; UHL, C. **Custos e Benefícios do Manejo Florestal para Produção de Madeira na Amazônia Oriental**. Série Amazônia N°10 - Belém: Imazon, 1998.
- BATISTA, H. L. dos P. **Estudo de tempo e rendimento do motosserra considerando fatores ergonômicos numa exploração Florestal na Amazônia central**. 2008. 105 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Tropical e Recursos Naturais) - INPA/UFAM. 2008.
- BIRRO, M. H. B.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P. de.; MINETTI, L. J. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “track-skidder” em região montanhosa. **Revista Árvore**, v. 26, n. 5, p. 525-532, 2002.
- BOLTZ, F.; HOLMES, T. P.; CARTER, D. R. Economic and environmental impacts of conventional and reduced-impact logging in Tropical South America: a comparative review. **Forest Policy and Economics**, v. 5, n. 1, p. 69–81, 2003.
- BRASIL. **Lei Federal Nº 11.284/2006**. Dispõe sobre a gestão de florestas públicas para a produção sustentável; institui, na estrutura do Ministério do Meio Ambiente, o Serviço Florestal Brasileiro - SFB; cria o Fundo Nacional de Desenvolvimento Florestal. 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11284.htm>. Acesso em: 16 set. 2020.
- BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 21 jul. 2020.
- BRAZ, E. M.; BASSO, R. O.; SILVA, J. P.; MATTOS, P. P. de. **Índices de exploração para florestas naturais da microrregião de Sinop, MT**. Embrapa Florestas-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2017.
- BUCHMANN, H. M. **Exploração florestal e seus impactos em áreas de primeiro e segundo ciclo de corte do manejo florestal na Amazônia Oriental, Brasil**. 2016. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2016.
- CABRAL, J. C. **Estudo do trabalho em exploração florestal mecanizada da florestal tropical úmida de terra-firme**. 1991. 70 p. Dissertação de mestrado - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, 1991.

CARMO, F. C. de A.; FIEDLER, N. C.; LOPES, E. da S.; PEREIRA, D. P.; MARIN, H. B.; SILVA, E. N. da. Análise da densidade ótima de estradas florestais em propriedades rurais. **Cerne**, v. 19, n. 3, p. 451-459, 2013.

COSTA, J. F. V. Da; ALVES, N. S. M. Os recursos estratégicos da Amazônia brasileira e a cobiça internacional. **Revista Perspectiva**, v. 11, n. 20, p. 65–86, 2018.

D'OLIVEIRA, M. V. N.; BRAZ, E. M. **Manejo florestal em regime de rendimento sustentado, aplicado à floresta do Campo Experimental da Embrapa-CPAF/AC**. Embrapa Acre-Séries anteriores (INFOTECA-E), 1998.

EMMERT, F. **Combinação de dados de campo e métodos computacionais para o planejamento da exploração florestal na amazônia**. 2014. 190 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2014.

ESPADA, A. L. V.; PIRES, I. P.; LENTINI, M. A. W.; BITTENCOURT, P. R. G. **As concessões de florestas públicas na Amazônia Brasileira: a lei de gestão de florestas públicas e o panorama das concessões florestais na amazônia brasileira**. Instituto Floresta Tropical, v. 2, p. 28, 2014.

HIGUCHI, N.; HUMMEL, A.C.; FREITAS, J.V. de; MALINOVSKI, J.R.; STOKES, B.J. **Exploração florestal nas várzeas do Estado do Amazonas: seleção de árvores, derrubada e transporte**. 1994. In: MALINOVSKI, J.R.; CARNEIRO, J.G.A.; SOARES, R.V.; SEITZ, R.A.; ROSOT, N.C. (Eds). VIII Seminário de Atualização sobre Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal. Curitiba, Paraná. p. 168-193.

HOLMES, T. P.; BLATE, G. M.; ZWEEDE, J. C.; PEREIRA JR., R.; BARRETO, P.; BOLTZ, F. **Custos e benefícios financeiros da exploração florestal de impacto reduzido em comparação à exploração florestal convencional na Amazônia Oriental**. Belém: Fundação Floresta Tropical, 2002.

ICMBio. **Amazônia**. 2020. Disponível:
<https://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomasbrasileiros/amazonia#:~:text=V%C3%ADdeos,Amaz%C3%B4nia,%2C%20Guiana%20Francesa%20e%20Surinam>
e. Acesso em: 5 set. 2020.

MACPHERSON, A. J.; SCHULZE, M. D.; CARTER, D. R.; VIDAL, E. A Model for comparing reduced impact logging with conventional logging for an Eastern Amazonian Forest. **Forest Ecology and Management**, v. 260, n. 11, p. 2002–2011, 2010.

MUNIZ, T. F.; PINHEIRO, A. S. O. Concessão florestal como instrumento para redução de exploração ilegal madeireira em Unidades de Conservação em Rondônia. **Revista Farol**, v. 8, n. 8, p. 121–142, 2019.

NASCIMENTO, L. S.; NASCIMENTO, P. F. P.; PEREIRA, K. I. de A.; SOUZA, M. C. L. de. Estudo de tempos e movimentos no processo produtivo de uma organização do ramo alimentício. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, v. 2, n. 3, p. 121–132, 2014.

POKORNY, B.; SABOGAL, C.; SILVA, J. N. M.; BERNARDO, P.; SOUZA, J.; SWEED, J. Compliance with reduced-impact harvesting guidelines by timber enterprises in terra firme forests of the Brazilian Amazon. **International Forestry Review**, v. 7, n. 1, p. 9–20, 2005.

SABOGAL, C.; SILVA, J. N. M.; ZWEEDE, J.; PEREIRA JR., R.; BARRETO, P.; GUERREIRO, C. A. **Diretrizes técnicas para a exploração de impacto reduzido em operações florestais de Terra Firme na Amazônia Brasileira**. Embrapa Amazônia Oriental-Documents (INFOTECA-E), 2000.

SANTOS, P. H. A. dos; SOUZA, A. P. de; MARZANO, F. L. da C.; MINETTE, L. J. Produtividade e custos de extração de madeira de eucalipto com clambunk skidder. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 511-518, 2013.

SEIXAS, F. **Extração**. In: MACHADO, C. C. (Org.). *Colheita florestal*. Viçosa: UFV, p. 89-128, 2002.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). **O que é concessão florestal?**. 2020. Disponível: <https://www.florestal.gov.br/o-que-e-concessao-florestal>. Acesso em: 5 set. 2020.

SILVA, E. F. da; SILVA, G. F. da; FIGUEIREDO, E. O.; MENDONÇA, A. R. de; SANTANA, C. J. de O.; FIEDLER, N. C.; SILVA, J. P. M.; AGUIAR, M. O.; SANTOS, J. S. Optimized forest planning: allocation of log storage yards in the Amazonian sustainable forest management area. **Forest Ecology and Management**, v. 472, 2020.