

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR**

**ANÁLISE OPERACIONAL, ERGONÔMICA E DE  
CUSTOS DAS ATIVIDADES DE ROÇADA E PODA EM  
PLANTIOS FLORESTAIS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**FELIPE MARTINS DE OLIVEIRA**

**IRATI-PR  
2011**

**FELIPE MARTINS DE OLIVEIRA**

**ANÁLISE OPERACIONAL, ERGONÔMICA E DE CUSTOS DAS ATIVIDADES DE  
ROÇADA E PODA EM PLANTIOS FLORESTAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração em Manejo Sustentável dos Recursos Florestais, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Eduardo da Silva Lopes  
Orientador

Prof. Dr. Jorge Roberto Malinowski  
Co-Orientador

Prof. Dr. Antonio José de Araujo  
Co-Orientador

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andrea Nogueira Dias  
Co-Orientadora

IRATI-PR  
2011

Catálogo na Fonte  
Biblioteca da UNICENTRO

O48a OLIVEIRA, Felipe Martins de.  
Análise operacional, ergonômica e de custos das atividades de roçada e poda em plantios florestais / Felipe Martins de Oliveira. – Irati, PR, 2011.

94f.  
ISBN

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, PR

Orientador : Prof. Dr. Eduardo da Silva Lopes

1. Engenharia Florestal – ergonomia. 2. Economia. 3. Dissertação.  
I. Lopes, Eduardo da Silva. II. Título.

CDD 634.9



## Universidade Estadual do Centro-Oeste

Reconhecida pelo Decreto Estadual nº 3.444, de 8 de agosto de 1997


### PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM CIÊNCIAS FLORESTAIS


#### PARECER

Defesa Nº 24

A Banca Examinadora instituída pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais, do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, *Campus* de Irati, após arguir o mestrando **Felipe Martins de Oliveira** em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "ANÁLISE OPERACIONAL, ERGONÔMICA E DE CUSTOS DAS ATIVIDADES DE ROÇADA E PODA EM PLANTIOS FLORESTAIS", é de parecer favorável à APROVAÇÃO do estudante, habilitando-o ao título de **Mestre em Ciências Florestais**, Área de Concentração em Manejo Sustentável de Recursos Florestais.

Irati-PR, 31 de maio de 2011.

  
Dr. Amaury Paulo de Souza  
Universidade Federal de Viçosa  
Primeiro Examinador

  
Dr. Nilton Cesar Fiedler  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Segundo Examinador

  
Dr. Eduardo da Silva Lopes  
Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Orientador e Presidente da Banca Examinadora

Home Page: <http://www.unicentro.br>

*Campus Santa Cruz*: Rua Pres. Zacarias 875 – Cx. Postal 3010 – Fone: (42) 3621-1000 – FAX: (42) 3621-1090 – CEP 85 015-430 – GUARAPUAVA – PR  
*Campus CEDETEG*: Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03 – Fone/FAX: (42) 3629-8100 – CEP 85 040-080 – GUARAPUAVA – PR  
*Campus de Irati*: PR 153 – Km 07 – Riozinho – Cx. Postal, 21 – Fone: (42) 3421-3000 – FAX: (42) 3421-3067 – CEP 84.500-000 – IRATI – PR

*A investigação científica é natural e proporcionada ao intelecto humano.  
Encontrar um fóssil, um átomo, uma estrela ou uma proteína que complete uma  
sequência ou uma ordem lógica é um estímulo à inteligência humana, feita por Deus.  
Conhecer é o primeiro passo para Amar e é natural que Deus tenha nos dado prazer  
em descobrir leis e ordens universais, que refletem Sua Inteligência.  
E, pode ter certeza, há muitas coisas que o homem ainda não conhece e nem por isso  
a fé deve ser abalada. Toda a natureza é escalar e obedece a padrões e leis.  
Basta encontrá-las, ainda que levem séculos.*

*Fábio Vanini*

## AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me ajudado em todas as dificuldades, colocando pessoas e situações em meu caminho que foram de fundamental importância. Sem Ele nada teria sentido.

Aos meus pais Edson Martins de Oliveira e Ana Lúcia Guimarães Oliveira, por me darem todo estímulo e auxílio, não medindo esforços para que esta conquista se tornasse realidade.

Ao professor Eduardo da Silva Lopes pela orientação, conselhos, amizade, ajuda e incentivo sempre constante.

Aos professores coorientadores Jorge Roberto Malinovski, Antonio José de Araujo e Andréa Nogueira Dias pelo apoio e contribuições para o desenvolvimento deste trabalho.

À secretária do programa de pós-graduação Nilce Flavia Bühler dos Santos, pela amizade e auxílio no que fosse preciso.

A todos os estudantes do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, pela amizade, conversas e discussões, em especial aos que moraram comigo e aos que sempre estiveram presentes na sala de estudos.

Aos estudantes de graduação Carla K. Rodrigues, Rafael H. da Silva e Francieli B. Ingles, pelo auxílio na coleta de dados.

À Universidade Estadual do Centro-Oeste e ao Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais, aos professores e funcionários.

À Canaã Florestal pela concessão da área para o estudo, bem como aos seus funcionários e todos os trabalhadores pelo auxílio em todas as etapas.

À Stihl pelo fornecimento dos equipamentos utilizados e pelo apoio técnico.

Ao CNPq pelo apoio financeiro.

Enfim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE TABELAS .....	ix
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS .....	xi
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 OBJETIVOS.....	4
3 REFERENCIAL TEÓRICO .....	5
3.1 O setor florestal no Brasil .....	5
3.2 Atividades silviculturais .....	5
3.3 Ergonomia na área florestal .....	6
3.3.1 Carga de trabalho físico .....	8
3.3.2 Análise de Posturas.....	9
3.3.3 Análise Biomecânica .....	11
3.4 Estudo de tempos e movimentos .....	12
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	14
4.1 Área de estudo .....	14
4.2 Atividades avaliadas no estudo.....	15
4.3 População pesquisada .....	19
4.4 Área experimental.....	20
4.4.1 Roçada .....	20
4.4.2 Poda .....	20
4.5 Coleta de dados.....	20
4.5.1 Análise operacional .....	20
4.5.2 Análise econômica.....	22
4.5.3 Análise ergonômica .....	26

4.5.4	Análise estatística .....	32
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
5.1	Análise operacional.....	33
5.1.1	Ciclo de trabalho e produtividade da roçada .....	33
5.1.2	Ciclo de trabalho e produtividade da poda .....	35
5.1.3	Qualidade da poda .....	41
5.2	Análise econômica.....	44
5.2.1	Atividade de roçada .....	44
5.2.2	Atividade de poda.....	45
5.3	Análise ergonômica .....	48
5.3.1	Carga de trabalho físico.....	48
5.3.2	Análise de postura .....	56
5.3.3	Análise biomecânica.....	70
6	CONCLUSÕES.....	84
7	RECOMENDAÇÕES .....	87
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	88
	ANEXOS.....	93



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Região de realização da pesquisa.....	14
Figura 2. Área de realização da roçada. ....	15
Figura 3. Roçada manual (a) e semimecanizada (b). ....	16
Figura 4. Primeira poda manual (a) e semimecanizada (b), segunda poda manual (c) e semimecanizada (d) e terceira poda manual (e) e semimecanizada (f).....	17
Figura 5. Monitor de frequência cardíaca utilizado no estudo. ....	27
Figura 6. Tela do <i>software</i> Polar com a frequência cardíaca de um trabalhador. ....	27
Figura 7. Tela de simulação da postura no <i>software</i> 3D SSPP®. ....	31
Figura 8. Distribuição percentual média do ciclo de trabalho da roçada manual e semimecanizada.....	33
Figura 9. Distribuição percentual média do ciclo de trabalho das atividades de primeira, segunda e terceira poda em ambos os métodos estudados. ....	36
Figura 10. Distribuição percentual média nas diferentes classes de tocos de galhos....	42
Figura 11. Distribuição percentual dos componentes dos custos de roçada pelos métodos manual e semimecanizado. ....	45
Figura 12. Distribuição percentual dos componentes dos custos de poda pelos métodos manual e semimecanizado.....	47
Figura 13. Frequência cardíaca típica observada de um trabalhador da roçada manual (a) e semimecanizada (b) durante um determinado período. A linha pontilhada representa o limite de 110 bpm. ....	50
Figura 14. Variação da frequência cardíaca típica observada de um trabalhador na primeira poda executada pelo método manual (a) e semimecanizado (b) durante um determinado período. A linha pontilhada representa o limite de 110 bpm. ....	54
Figura 15. Variação da frequência cardíaca típica observada de um trabalhador na segunda poda executada pelo método manual (a) e semimecanizado (b) durante um determinado período. A linha pontilhada representa o limite de 110 bpm. ....	55

Figura 16. Variação da frequência cardíaca típica observada de um trabalhador na terceira poda executada pelo método manual (a) e semimecanizado (b) durante um determinado período. A linha pontilhada representa o limite de 110 bpm. ....	55
Figura 17. Posturas típicas selecionadas na roçada manual. ....	57
Figura 18. Posturas típicas selecionadas na roçada semimecanizada. ....	57
Figura 19. Análise das posturas típicas adotadas pelos trabalhadores na roçada manual e semimecanizada. ....	58
Figura 20. Posturas típicas selecionadas na primeira poda manual. ....	61
Figura 21. Posturas selecionadas na primeira poda semimecanizada. ....	61
Figura 22. Análise das posturas típicas adotadas pelos trabalhadores na primeira poda manual e semimecanizada. ....	62
Figura 23. Posturas selecionadas na segunda poda manual. ....	64
Figura 24. Posturas selecionadas na segunda poda semimecanizada. ....	64
Figura 25. Análise das posturas típicas adotadas pelos trabalhadores na segunda poda manual e semimecanizada. ....	65
Figura 26. Posturas selecionadas na terceira poda manual. ....	67
Figura 27. Posturas selecionadas na terceira poda semimecanizada. ....	67
Figura 28. Análise das posturas típicas adotadas pelos trabalhadores na terceira poda manual e semimecanizada. ....	68

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios de IBUTG durante a coleta de dados.....	14
Tabela 2. Descrição das fases da poda manual e semimecanizada. ....	18
Tabela 3. Características do serrote de poda e motopoda utilizados no estudo. ....	19
Tabela 4. Características gerais dos trabalhadores amostrados.....	19
Tabela 5. Classes de comprimento de tocos de galhos nas árvores podadas. ....	22
Tabela 6. Classificação da carga de trabalho físico.....	29
Tabela 7. Composição dos códigos do método OWAS conforme a postura adotada...30	
Tabela 8. Produtividade e eficiência operacional da roçada manual. ....	34
Tabela 9. Produtividade e eficiência operacional da roçada semimecanizada.....	34
Tabela 10. Análise estatística da produtividade média na roçada manual e semimecanizada.....	35
Tabela 11. Produtividade e eficiência operacional da primeira poda manual.....	37
Tabela 12. Produtividade e eficiência operacional da primeira poda semimecanizada. ....	37
Tabela 13. Análise estatística da produtividade média na primeira poda. ....	37
Tabela 14. Produtividade e eficiência operacional da segunda poda manual. ....	38
Tabela 15. Produtividade e eficiência operacional da segunda poda semimecanizada.....	38
Tabela 16. Análise estatística da produtividade média na segunda poda.....	38
Tabela 17. Produtividade e eficiência operacional da terceira poda manual. ....	39
Tabela 18. Produtividade e eficiência operacional da terceira poda semimecanizada.....	39
Tabela 19. Análise estatística da produtividade média na terceira poda.....	39
Tabela 20. Análise de variância (ANOVA) da produtividade média nas três podas pelo método manual. ....	40
Tabela 21. Análise de variância (ANOVA) da produtividade média nas três podas pelo método semimecanizado. ....	40
Tabela 22. Produtividade e eficiência médias das atividades de poda manual e semimecanizado.....	40

Tabela 23. Número médio de galhos e árvores podadas no método manual e semimecanizado.....	41
Tabela 24. Análise estatística da quantidade percentual média de galhos podados menores que 1 cm.....	43
Tabela 25. Injúrias no lenho das árvores podadas pelo método manual e semimecanizado.....	43
Tabela 26. Custos operacionais da roçada manual e semimecanizada. ....	44
Tabela 27. Produtividade e custo de produção da roçada manual e semimecanizada. ....	44
Tabela 28. Custos operacionais das podas manual e semimecanizada. ....	46
Tabela 29. Produtividade e custo de produção da poda manual e semimecanizada. ....	46
Tabela 30. Carga de trabalho físico exigida na roçada manual e semimecanizada. ....	49
Tabela 31. Carga de trabalho físico dos trabalhadores da poda. ....	52
Tabela 32. Força de compressão no disco L5-S1 da coluna vertebral, considerando o limite recomendado de 3.426,3 N, para a atividade de roçada manual e semimecanizada, mostrando se a postura é realizada sem risco de lesão (SRL) ou com a carga limite recomendada ultrapassada (CRL).....	71
Tabela 33. Percentual de capazes nas articulações dos pulsos, cotovelos, ombros, tronco, quadril, joelhos e tornozelos nas posturas típicas selecionadas da roçada manual. ....	72
Tabela 34. Percentual de capazes nas articulações dos pulsos, cotovelos, ombros, tronco, quadril, joelhos e tornozelos nas posturas típicas selecionadas da roçada semimecanizada.....	73
Tabela 35. Força de compressão no disco L5-S1 da coluna vertebral, considerando o limite recomendado de 3.426,3 N, para a atividade de primeira poda manual e semimecanizada, mostrando se a postura é realizada sem risco de lesão (SRL) ou com a carga limite recomendada ultrapassada (CRL).....	74
Tabela 36. Percentual de capazes nas articulações dos pulsos, cotovelos, ombros, tronco, quadril, joelhos e tornozelos nas posturas típicas selecionadas da primeira poda manual. ....	75

Tabela 37. Percentual de capazes nas articulações dos pulsos, cotovelos, ombros, tronco, quadril, joelhos e tornozelos nas posturas típicas selecionadas da primeira poda semimecanizada.....	76
Tabela 38. Força de compressão no disco L5-S1 da coluna vertebral, considerando o limite recomendado de 3.426,3 N, para a atividade de segunda poda manual e semimecanizada, mostrando se a postura é realizada sem risco de lesão (SRL) ou com a carga limite recomendada ultrapassada (CRL).....	77
Tabela 39. Percentual de capazes nas articulações dos pulsos, cotovelos, ombros, tronco, quadril, joelhos e tornozelos nas posturas típicas selecionadas da segunda poda manual. ....	79
Tabela 40. Percentual de capazes nas articulações dos pulsos, cotovelos, ombros, tronco, quadril, joelhos e tornozelos nas posturas típicas selecionadas da segunda poda semimecanizada.....	79
Tabela 41. Força de compressão no disco L5-S1 da coluna vertebral, considerando o limite recomendado de 3.426,3 N, para a atividade de terceira poda manual e semimecanizada, mostrando se a postura é realizada sem risco de lesão (SRL) ou com a carga limite recomendada ultrapassada (CRL).....	81
Tabela 42. Percentual de capazes nas articulações dos pulsos, cotovelos, ombros, tronco, quadril, joelhos e tornozelos nas posturas típicas selecionadas da terceira poda manual. ....	82
Tabela 43. Percentual de capazes nas articulações dos pulsos, cotovelos, ombros, tronco, quadril, joelhos e tornozelos nas posturas típicas selecionadas da terceira poda semimecanizada.....	82

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

° – Grau (coordenada cartográfica)

°C – Grau Celsius

′ – Minuto (coordenada cartográfica)

″ – Segundo (coordenada cartográfica)

% - Porcentagem

**ABRAF** – Associação Brasileira dos Produtores de Florestas Plantadas

**arv** - Árvore

**bpm** – Batimentos por minuto

**CCV** – Carga cardiovascular

**Cfa** – Subtropical úmido mesotérmico

**cm** – Centímetro

**CTF** – Carga de trabalho físico

**EPI** – Equipamento de proteção individual

**EUA** – Estados Unidos da América

**FCL** – Frequência cardíaca limite

**FCM** – Frequência cardíaca máxima

**FCR** – Frequência cardíaca em repouso

**FCT** – Frequência cardíaca no trabalho

**h** – Hora

**ha** – Hectare

**he** – Hora efetiva

**IBUTG** – Índice de Bulbo Úmido e Termômetro de Globo

**IAPAR** – Instituto Agrônômico do Paraná

**Kg** – Quilograma

**kW** - Quilowatt

**L** - Litro

**m** – Metro

**m<sup>2</sup>** – Metro quadrado

**min** – Minuto

**mm** - Milímetro

**MTE** – Ministério do Trabalho e Emprego

**N** – Newton

**Na** – Número de árvores podadas

**s** – Desvio padrão da amostra

**US\$** - Dólar americano

## RESUMO

Felipe Martins de Oliveira. Análise operacional, ergonômica e de custos das atividades de roçada e poda em plantios florestais

O objetivo desta pesquisa foi realizar uma análise operacional, ergonômica e de custos das atividades de roçada e poda em florestas plantadas, realizadas pelos métodos manual e semimecanizado, visando o aumento de produtividade e melhoria das condições de segurança e saúde dos trabalhadores. A pesquisa foi realizada em uma empresa prestadora de serviços florestais, localizada na região do Norte Pioneiro, Estado do Paraná. A avaliação operacional consistiu em um estudo de tempos e movimentos, determinando a produtividade e a eficiência do trabalho, bem como foi realizada uma avaliação da qualidade das atividades de poda executadas por ambos os métodos de trabalho. A análise de custos foi feita por meio do levantamento dos custos operacionais e de produção em todas as atividades estudadas. A avaliação ergonômica envolveu a determinação da carga de trabalho físico utilizando um monitor de frequência cardíaca. Além disso, foi realizada uma avaliação biomecânica por meio de filmagens dos trabalhadores na execução das atividades, sendo os dados analisados nos *softwares* WinOWAS (Análise de Postura) e 3DSSPP (Programa de Predição de Postura e de Força Estática 3D). Os resultados indicaram que a produtividade da roçada foi semelhante em ambos os métodos de trabalho, enquanto nas três podas, o método semimecanizado apresentou melhor qualidade e maior produtividade. Em ambas as atividades, os custos de produção foram superiores no método semimecanizado. A carga cardiovascular média dos trabalhadores na execução das atividades nos diferentes métodos de trabalho esteve abaixo do limite máximo recomendado de 40%, sendo o trabalho classificado como moderadamente pesado. A atividade de roçada manual exigiu um maior esforço físico dos trabalhadores, sendo a atividade classificada como pesada, além de ter ocasionado as piores posturas, principalmente em relação à coluna lombar dos trabalhadores. As articulações do quadril e ombros foram as mais afetadas na execução da poda, porém com pouco risco de lesão aos trabalhadores. Apesar do maior custo de produção, as atividades executadas pelo método semimecanizado propiciaram diversos benefícios como maior segurança, saúde e qualidade do trabalho, comprovando a viabilidade da mecanização nas atividades silviculturais.



## ABSTRACT

Felipe Martins de Oliveira. Operational, ergonomic and costs analysis of mowing and pruning activities in forest plantations

The objective of this research was to conduct an operational, ergonomic and costs analysis of mowing and pruning in planted forests, carried out by manual and semi-mechanized methods, aiming to increase productivity and improve the safety and health of workers. The study was conducted in a forest services company, located in the State of Parana, Brazil. The operational analysis consisted of a time and motion study, determining the productivity and work efficiency as well as a quality evaluation of the activities performed by both methods of pruning. The costs analysis was performed by the setting of production and operating costs of all studied activities. The ergonomic evaluation involved the determination of the physical workload using a heart rate monitor. In addition, there were performed a biomechanical evaluation by filming the workers in the execution of work, and the data were analyzed in the software WinOWAS (Posture Analysis) and 3DSSPP (3D Static Strength Prediction Program). The results indicated that the productivity of mowing was similar in both methods of work, while in pruning, the semi-mechanized method showed better quality and greater productivity. In both activities, production costs were higher in semi-mechanized method. The worker's average cardiovascular load was below the recommended limit of 40% in the execution of all activities in the different methods and the work was classified as moderately heavy. The activity of manual mowing required higher physical effort of workers, and the activity were classified as heavy, and have caused the worst postures, especially in relation to the lumbar spine of workers. Hip and shoulders were the most affected articulations in the execution of the pruning, but with little risk of damage to workers. Despite the higher cost of production, the activities performed by semi-mechanized method provided several benefits such greater safety, health and quality of work, proving the viability of mechanization in forestry activities.

# 1 INTRODUÇÃO

O setor de florestas plantadas se destaca como importante e relevante para o Brasil em diversas áreas. A crescente demanda mundial por madeira, juntamente com a diminuição das florestas nativas, faz com que o Brasil, por ser um dos grandes detentores desse recurso natural, tenha papel de destaque no cenário mundial, dando ao país poder de influência nas decisões relacionadas ao setor.

Segundo a Associação Brasileira dos Produtores de Florestas Plantadas - ABRAF (2011), o setor de florestas plantadas no Brasil atingiu, em 2010, a marca de 6.510.693 hectares com espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, estimando-se que o setor de manteve 4,7 milhões de postos de empregos, incluindo empregos diretos (640,4 mil), empregos indiretos (1,45 milhões) e empregos resultantes do efeito-renda (2,60 milhões), sendo responsável por aproximadamente 5% do Produto Interno Bruto (PIB) do país. Machado (2008) expõe que existe uma tendência mundial de aumento do consumo de madeira, sendo que no Brasil, a taxa de crescimento anual deverá ser de 3%, em que, permanecendo essa intenção, aumenta-se a importância de se ter um sistema de suprimento de madeira eficiente, que requeira novas alternativas para se praticar uma silvicultura que leve à sustentabilidade técnica, econômica e ambiental.

A roçada e a poda das árvores são atividades silviculturais de grande importância dentro do processo produtivo, apresentando interferência direta na produtividade da floresta e nos parâmetros de qualidade da madeira. Entretanto, na maioria das vezes, são executadas por métodos manuais ou semimecanizados, e envolvem grande contingente de mão de obra, com os trabalhadores atuando, segundo Fiedler (1998), expostos a condições ambientais desfavoráveis, em atividades de elevado esforço físico, assumindo posturas inadequadas e manuseando cargas acima do limite recomendado. Tal situação, de acordo com Iida (2005), pode comprometer a produtividade, causar desconforto, aumentar os riscos de acidentes, além de tornar os trabalhadores susceptíveis ao aparecimento de lesões por esforços repetitivos e doenças osteomusculares, provocando danos à saúde dos mesmos.

Segundo essa mesma autoria, o conjunto de conhecimentos a respeito do desempenho do ser humano em atividade, a fim de aplicá-los à concepção das tarefas, dos instrumentos, das máquinas e dos sistemas de produção é denominada de ergonomia. Para Wisner (1994), a ergonomia pode contribuir para melhorar a satisfação e o bem-estar do trabalhador,

propiciando melhor qualidade do trabalho, maiores produtividades e menores danos à saúde.

Dentro da análise ergonômica do trabalho é importante a realização de estudos que buscam o conhecimento da carga de trabalho físico (CTF), que expressa a intensidade da atividade laboral exigida ao trabalhador, bem como estudos biomecânicos por meio da análise da carga manuseada e das posturas adotadas pelos trabalhadores. Villa Verde e Cruz (2004) expõem que a necessidade de exercer força durante o trabalho tem levado ao aparecimento de tensões mecânicas localizadas no organismo do trabalhador e essa exigência incrementada de energia conduz à sobrecarga nos músculos, coração e pulmões. Por isso, a determinação da CTF exigida ao trabalhador é de fundamental importância, podendo, segundo Couto (1995), ser determinada por meio da avaliação do dispêndio energético da atividade ou de índices fisiológicos, como a frequência cardíaca.

Outro aspecto importante a ser considerado é a ocorrência de lombalgias nos trabalhadores que atuam na área florestal, sendo normalmente elevadas e causadas, segundo Fiedler (1998), pela adoção de posturas inadequadas durante o levantamento e a movimentação de cargas em atividades realizadas de forma contínua. Fiedler *et al.* (2003) afirmam que no trabalho florestal, muitas atividades são executadas na posição em pé e parada ou em movimento, agachada, com a coluna torcida e com movimentos repetitivos, onde os trabalhadores podem assumir posturas incorretas durante o trabalho, causando problemas à sua saúde. Santana (1996) diz que a posição parada e em pé é altamente fatigante, pois exige trabalho estático da musculatura envolvida e necessita frequentemente do apoio das mãos e braços para manter a postura. Segundo Silva (2001), a maior dificuldade em analisar e corrigir as posturas inadequadas está na identificação e no registro destas posturas. Normalmente, as avaliações são realizadas de forma subjetiva e com base nas reclamações dos próprios trabalhadores, onde muitas vezes, a solução surge quando o trabalhador já apresenta lesões lombares, com comprometimento de sua saúde.

Ferreira (2006), realizando avaliação ergonômica em atividades de implantação florestal, relatou sobre a importância do conhecimento do perfil dos trabalhadores, dos fatores biomecânicos envolvendo as posturas, as forças aplicadas, a carga de trabalho físico e os movimentos repetitivos que podem ter influência direta sobre a saúde dos trabalhadores, e conseqüentemente, sobre o desempenho das operações. Este desempenho, por sua vez, pode ser aprimorado por meio da melhora das condições ergonômicas do trabalho.

Diante do exposto, torna-se necessária a realização de estudos que visem conhecer a

real capacidade produtiva das atividades silviculturais, possibilitando o desenvolvimento de técnicas para a otimização do sistema e redução dos custos de produção, bem como avaliar a carga de trabalho físico e as posturas adotadas pelos trabalhadores, contribuindo para a melhoria das condições de conforto, produtividade, segurança e saúde.

## 2 OBJETIVOS

Esta pesquisa teve o objetivo geral de realizar uma análise operacional, ergonômica e de custos comparativa entre as atividades de roçada e poda manual e semimecanizada em florestas plantadas, fornecendo subsídios para a melhoria da eficiência do trabalho e das condições de conforto, segurança e saúde dos trabalhadores.

Especificamente, objetivou-se:

- a) Analisar operacionalmente as atividades, determinando a produtividade e a qualidade;
- b) Analisar economicamente as atividades, determinado os custos operacionais e de produção; e
- c) Analisar ergonomicamente as atividades, determinando a carga de trabalho físico, os aspectos biomecânicos e as posturas adotadas pelos trabalhadores.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 O setor florestal no Brasil

O Brasil é mundialmente conhecido por sua extensa área de cobertura florestal, perfazendo, aproximadamente, 540 milhões de hectares cobertos por florestas nativas e plantadas. Deste total, pouco mais de 1% corresponde às florestas plantadas (PACHECO, 2009), compostas basicamente por *Eucalyptus* sp., *Pinus* sp., *Acacia* sp., *Callophylum* sp. (guanandi). e *Populus* sp. (álamo). Segundo dados da ABRAF (2011), a área total de plantações florestais no Brasil, atingiu em 2010, 6.510.693 hectares com *Eucalyptus* sp., *Pinus* sp., originando um crescimento de aproximadamente 5,3 % em relação ao ano anterior.

O setor de base florestal brasileiro se destaca como importante e relevante para o país em diversas áreas. Do ponto de vista econômico, tem sido responsável por aproximadamente 5% do PIB do país, gerando em torno de 640,4 mil empregos diretos, 1,45 milhão de empregos indiretos e R\$ 7,41 bilhões em arrecadação de tributos (ABRAF, 2011). O mesmo setor tem realizado e anunciado investimentos expressivos para os próximos anos, sendo que já em 2012, estimam-se investimentos de US\$ 20 bilhões, sendo US\$ 14 bilhões no setor de celulose e papel e US\$ 6 bilhões no setor de produtos de madeira sólida (PACHECO, 2009).

Segundo Hoeflich e Tuoto (2007), nenhum outro segmento do agronegócio brasileiro obteve desempenho similar nas últimas décadas, devendo-se, portanto, reconhecer a importância do setor florestal para o país, tanto no aspecto econômico, como no social e ambiental. Além disso, os mesmos autores comentam sobre a importância das plantações florestais, que oferecem respeitáveis benefícios ambientais, implicando na conservação e na proteção de áreas de preservação permanente e reserva legal, sem custo à administração pública. As plantações florestais têm ainda contribuído para a melhoria do meio ambiente e da qualidade de vida da população, por meio da regulação e manutenção dos recursos hídricos e edáficos, sequestro de CO<sub>2</sub> e diminuição da pressão sobre as florestas nativas.

#### 3.2 Atividades silviculturais

No setor florestal, para que seja atingida uma boa produtividade dos plantios, algumas atividades básicas de implantação devem ser executadas. Pode-se citar como exemplos a

obtenção de mudas de qualidade, o preparo adequado do solo, a fertilização, o plantio adequado, o combate às pragas e doenças, o controle de plantas invasoras, além dos tratamentos silviculturais, como a desrama ou poda das árvores (SIXIEL e GOMEZ, 2008).

Uma atividade importante é o controle de plantas invasoras, pois é necessário que os plantios florestais estejam livres de competição, que é indesejável e limitante ao crescimento das florestas. Por isso, durante a fase de formação do povoamento é realizado o combate às plantas invasoras por meio de métodos químicos ou mecânicos, realizadas tantas vezes quanto necessárias, sendo que a sua intensidade varia de acordo com o nível de infestação, a espécie indesejável e sua agressividade (PAIVA, 2008).

Outra atividade importante é a poda ou desrama, realizada com o objetivo de produzir madeira para serraria ou laminação, em que consiste na retirada de galhos, evitando a ocorrência de nós (SEITZ, 1995; PAIVA, 2008). Além disso, a poda diminui a profundidade da copa, interferindo na forma do tronco e tornando-o mais cilíndrico (SILVA e HIGUCHI, 2008). Como os nós presentes na madeira são remanescentes dos galhos não removidos na época adequada, esses ocasionam a descontinuidade das suas fibras, tornando as peças fracas e impróprias para determinados usos comerciais (PAIVA, 2008). Por fim, é importante destacar a necessidade de execução dessa atividade com qualidade, pois a presença de toco de galho e de injúrias é prejudicial à qualidade da madeira, e se executada de forma inadequada, permitirá a entrada de patógenos pelas células lesionadas do lenho (SEITZ, 1995).

### **3.3 Ergonomia na área florestal**

Segundo a *International Ergonomics Association* (IEA, 2000), a ergonomia é a ciência relacionada ao entendimento das relações entre o ser humano e os outros elementos do sistema. Ela aplica teorias, princípios, dados e métodos, de modo a melhorar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema.

Iida (2005) descreve que, segundo a *Ergonomics Research Society*, a ergonomia é o estudo do relacionamento entre o homem e o seu trabalho, equipamento e ambiente, aplicando os conhecimentos da anatomia, fisiologia e psicologia na solução dos problemas surgidos desse relacionamento. Já Couto (1995) define a ergonomia como um conjunto de ciências e tecnologias que procura a adequação confortável e produtiva entre o ser humano e o seu

trabalho, procurando adaptar as características do trabalho ao ser humano.

Segundo Wisner (1994), a ergonomia pode contribuir para melhorar a satisfação e o bem-estar do trabalhador, propiciando melhor qualidade do trabalho, menores custos e danos à saúde e melhor qualidade de vida aos trabalhadores. A aplicação de princípios ergonômicos beneficia ambas as partes, ou seja, o empregado e o empregador. A ergonomia propicia ainda melhores condições de trabalho e maior segurança, conservando a integridade física e mental. Como consequência, a empresa que adotar práticas ergonômicas tenderá a usufruir de um melhor rendimento nas operações e redução do número de trabalhadores afastados devido aos problemas de saúde provocados por condições inadequadas de trabalho.

No Brasil, a Norma Regulamentadora dos aspectos ergonômicos do trabalho é a NR-17. Ela visa estabelecer os parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente (MTE, 2008).

No setor florestal, é inegável a necessidade de realização de estudos ergonômicos, principalmente nas atividades de implantação e manutenção florestal, em que na sua grande maioria, são realizadas por meio de métodos manuais ou semimecanizados. Além disso, as atividades envolvem grande contingente de trabalhadores, que atuam em campo aberto e expostos a condições climáticas desfavoráveis, e muitas vezes, exercendo tarefas na posição em pé durante toda a jornada de trabalho, adotando posturas inadequadas e executando atividades de elevada exigência física.

Dentro do âmbito florestal, ainda são poucos os estudos realizados visando adaptar o trabalho às condições físicas e mentais dos trabalhadores, principalmente nas atividades de implantação e manutenção florestal. Dentre alguns estudos desenvolvidos no país envolvendo as atividades silviculturais, destaca-se o estudo da carga de trabalho físico na coleta de sementes de eucalipto (SEIXAS, 1991), carga de trabalho físico na produção de mudas ornamentais (FIEDLER *et al.*, 2007), carga de trabalho físico e biomecânica na implantação de eucalipto (FERREIRA, 2006 e SILVEIRA, 2006), avaliação biomecânica nas atividades em viveiros de eucalipto (ALVES *et al.*, 2001), estudo das condições ambientais de viveiros de eucalipto (ALVES *et al.*, 2002) e condições ambientais na poda de árvores urbanas (FIEDLER *et al.*, 2007).



### 3.3.1 Carga de trabalho físico

A necessidade de exercer força durante o trabalho pode levar ao surgimento de tensões mecânicas localizadas no organismo do trabalhador. Essa exigência incrementada de energia conduz à sobrecarga nos músculos, no coração e nos pulmões. Por isso, segundo Villa Verde e Cruz (2004), o conhecimento da carga de trabalho físico, que é a expressão da intensidade da atividade laboral posta para o indivíduo, tem grande aplicação nas áreas de estudo de ergonomia e saúde do trabalhador.

A avaliação da carga de trabalho físico foi considerada o primeiro problema tratado pela fisiologia do trabalho (WISNER, 1987). Nos estudos ergonômicos, medem-se os índices fisiológicos com o objetivo de determinar o limite de atividade física que um indivíduo pode exercer, sendo possível determinar a duração da jornada de trabalho e a duração e frequência das pausas, conforme a capacidade física do trabalhador (SOUZA e MACHADO, 1991).

Couto (1995) ressalta ainda que, a capacidade física do ser humano para exercer atividades pesadas geralmente é muito baixa, enquanto Souza (1993) relata que o aparecimento de sintomas de fadiga por sobrecarga física depende do esforço desenvolvido, da duração da atividade e das condições individuais, como saúde, nutrição e condicionamento decorrente da prática da atividade. À medida que a fadiga aumenta, reduz-se o ritmo de trabalho e a atenção e rapidez de raciocínio, tornando o trabalhador menos produtivo e mais sujeito aos erros e acidentes. Maciel (2000) menciona que em jornadas de trabalho muito longas, com horas extras, carga elevada de produção, pausas insuficientes e atividades organizadas em metas, são fatores que podem determinar o aparecimento de LER (lesões por esforço repetitivo) e/ou DORT (distúrbio osteomuscular relacionado ao trabalho).

Rodahl (1989) afirma que a carga de trabalho físico pode ser avaliada por meio de respostas metabólicas ou cardiovasculares dos indivíduos a uma atividade física, expressa por meio de valores absolutos como a frequência cardíaca ou por meio do dispêndio energético da atividade. Entretanto, Couto (1995) diz que a frequência cardíaca é um bom indicador da carga de trabalho físico exigida em uma atividade, sendo expressa em batimentos por minuto (bpm) e realizada por meio da palpação das artérias ou usando medidores eletrônicos.

Em estudos realizados na área florestal, Fiedler *et al.* (2007), Silveira (2006) e Ferreira (2006), utilizaram o cardiófrequencímetro Polar Electro Oy, por atender às necessidades dos usuários e ser de fácil aplicação. O equipamento armazena, simultaneamente, a frequência

cardíaca e o tempo de execução da atividade, permitindo assim, que os seus dados sejam analisados em paralelo a um estudo de tempos e movimentos. O equipamento é composto por três partes: um receptor digital de pulso, um transmissor com eletrodos e uma correia elástica. O receptor de pulso armazena a frequência cardíaca (bpm) captada pelos eletrodos, que são fixados na altura do tórax do trabalhador, por meio de uma correia elástica. Ao final da jornada de trabalho, os dados armazenados são descarregados em um computador por meio de uma interface e analisados com uso de *software* específico.

Segundo Apud (1997), com base na frequência cardíaca, pode-se classificar a carga de trabalho físico em classes, desde muito leve até extremamente pesada. De acordo com o mesmo autor (1989), o limite de carga máxima no trabalho pode ser calculado com base na frequência cardíaca do trabalho (FCT) ou na carga cardiovascular (CCV). A carga cardiovascular corresponde ao percentual da frequência cardíaca do trabalho em relação à frequência máxima utilizável devendo, sendo que para uma jornada de 8 horas, não poderá ultrapassar a 40% da frequência cardíaca do trabalho.

Entretanto, quando a carga cardiovascular ultrapassar 40% (acima da frequência cardíaca limite), deve-se reorganizar o trabalho, determinado o tempo de repouso necessário e evitando que o trabalhador execute a tarefa em condições de sobrecarga física. Na reorganização ergonômica do trabalho, recomenda-se a adoção de medidas, como mudanças nos sistemas e métodos de trabalho, introdução de ferramentas auxiliares, mecanização das atividades e/ou rodízios entre as etapas de maior e menor exigência física. Caso esta reorganização não seja suficiente, deve-se diminuir o tempo de trabalho efetivo, por meio da introdução de pausas de recuperação de curta duração e distribuído ao longo da jornada de trabalho.

Na área florestal, Seixas (1991), encontrou valores altos de frequência cardíaca em operações de coleta de sementes de eucalipto (CCV = 41%), verificando a necessidade do estabelecimento de pausas durante a realização da atividade. Fiedler *et al.* (2007), estudando as operações em viveiros de mudas ornamentais, encontraram elevados valores na atividade de encanteiramento (CCV = 51%), sendo a atividade classificada como pesada. Silveira (2006) encontrou valores de carga cardiovascular e frequência cardíaca muito altos nas atividades de coveamento manual e semimecanizado (ambos com CCV = 50%) na implantação de eucalipto, sendo necessária readequação do trabalho.

### 3.3.2 Análise de Posturas

Na área florestal, a ocorrência de lombalgias é muito frequente entre os trabalhadores, principalmente nas atividades que exigem o manuseio de cargas. Esses problemas são causados e agravados, principalmente, devido às posturas incorretas adotadas pelos trabalhadores no levantamento e na movimentação de cargas, bem como na própria execução contínua de determinados trabalhos. Segundo Alves *et al.* (2001), isto ocorre devido à inexistência de equipamentos e mobiliários que auxiliem na manutenção de uma boa postura, bem como devido aos postos de trabalho mal projetados.

Fiedler *et al.* (2003) afirmam que, no trabalho florestal, muitas atividades são executadas na posição em pé e parada ou em movimento, agachada, com a coluna torcida e com movimentos repetitivos, onde os trabalhadores podem assumir posturas incorretas durante o trabalho, causando problemas à sua saúde. Santana (1996) diz que a posição parada e em pé é altamente fatigante, pois exige trabalho estático da musculatura envolvida e necessita frequentemente do apoio das mãos e braços para manter a postura.

Silva *et al.* (2001) afirmam que a maior dificuldade em analisar e corrigir as posturas inadequadas está na identificação e no registro destas posturas. Normalmente, as avaliações são realizadas de forma subjetiva e com base nas reclamações dos próprios trabalhadores onde, muitas vezes, a solução surge quando eles já apresentam lesões lombares, com comprometimento de sua saúde. Já Fiedler *et al.* (1999) afirmam que a utilização prática dos resultados de análises posturais é muito útil na resolução de problemas de queda de produtividade e de acidentes no trabalho. As posturas perigosas podem ser corrigidas por meio de treinamentos específicos objetivando-se a adoção de posturas mais seguras, saudáveis e confortáveis para a realização da atividade

De acordo com Kisner e Colby (2009), se um trabalhador permanece numa postura forçada durante um longo período de tempo, existe o risco iminente de uma sobrecarga física, que gera quadros algícos e desequilíbrios de força. Couto (1995) relata que o trabalho realizado com o trabalhador adotando posturas inadequadas pode ocasionar graves consequências para a sua saúde, pois a postura é considerada mais nociva quanto mais se afasta da posição de neutralidade funcional ou anatômica (posição que não exige esforço da musculatura ou das articulações, contra atuando com a gravidade) provocando, assim, doenças ocupacionais e lesões.

Fiedler *et al.* (2003) relata que um modelo de análises postural utilizado em estudos florestais é o modelo Ovako de Análises de Posturas no Trabalho (*Working Postures Analysing System - OWAS*), criado pela OVAKO OY em conjunto com o Instituto Finlandês de Saúde Ocupacional, na Finlândia. De acordo com o modelo, cada segmento corporal tem um "menu" de posições possíveis e seu respectivo número de convenção. A postura a ser analisada é registrada pela escolha de uma das posições básicas ou adicionais para cada segmento. Além disso, deve ser fornecido o peso manuseado ou esforço despendido (Kg).

Os mesmos autores, ao utilizarem o método OWAS em estudo de posturas em trabalhadores de marcenarias no Distrito Federal, encontraram problemas posturais durante o levantamento e deposição das peças de madeira sobre o piso das marcenarias, que ocorreu em todas as máquinas avaliadas, necessitando a adoção de medidas corretivas. Já Väyrynen e Könönen (1991) utilizaram o OWAS para avaliar os efeitos de um curso de instrução postural, onde estudando as posturas adotadas pelos trabalhadores no carregamento florestal semimecanizado na Finlândia, verificaram que, imediatamente após o curso, a postura antes causadora de dores melhorou significativamente.

### **3.3.3 Análise Biomecânica**

Para estudar as interações entre o trabalho e o ser humano durante um dia normal de trabalho, a ergonomia usa os conceitos da física e da engenharia para descrever o movimento feito pelos vários segmentos do corpo e as forças envolvidas nestes segmentos. Estes estudos, conhecidos como biomecânica, tratam das interações sob o ponto de vista dos movimentos músculo-esqueléticos e analisa as condições de antropometria, postura, direção e magnitude das forças envolvidas, objetivando o conhecimento dos efeitos das atividades sobre o ser humano (CHAFFIN e ANDERSON, 1990).

Fiedler (1998) afirma que a adoção de posturas incorretas no trabalho florestal e, ainda, o manuseio de cargas com pesos acima dos limites máximos permitidos, tanto esporádica quanto continuamente, provocam dores, deformam as articulações e causam artrites, além da possibilidade de incapacitar o trabalhador. Porém, observa-se que nem sempre os responsáveis pelo planejamento da produção nas empresas e os construtores de

máquinas, equipamentos e ferramentas têm consciência ou mesmo conhecimento do que se passa com os trabalhadores, que são as maiores vítimas de tais circunstâncias.

Por isso, a biomecânica estuda as interações entre o trabalho e o homem sob o ponto de vista dos movimentos músculo-esqueléticos e suas consequências, ou seja, analisa basicamente a questão das posturas corporais e a aplicação de forças (IIDA, 2005). A análise biomecânica do ser humano é realizada com o objetivo de minimizar ou mesmo eliminar os problemas causados pela má postura ou pela aplicação excessiva de forças, evitando desperdício energético, e conseqüentemente, maior eficiência do trabalho.

Um modelo muito utilizado em estudos da área florestal é o modelo tridimensional desenvolvido pela *University of Michigan* (EUA), o 3DSSPP (3D *Static Strength Prediction Program* - Programa de Predição de Força Estática 3D), para a representação do desempenho do ser humano durante o trabalho. O modelo considera as articulações dos pulsos, cotovelos, ombros, tronco, quadril, joelhos e tornozelos, bem como os ângulos de cada articulação, a magnitude e a direção das forças aplicadas, o número de mãos e dados sobre altura e peso do trabalhador. Em seguida são calculadas as forças aplicadas nessas articulações e no disco L5-S1 da coluna vertebral (situado entre a vértebra lombar L5 e a sacral S1), bem como suas respectivas cargas-limite recomendadas (UNIVERSITY OF MICHIGAN, 2011).

Alves *et al.* (2001), usando este modelo, encontraram desconformidades nas operações de viveiro na região do Vale do Rio Doce, em Minas Gerais, principalmente nas atividades de transporte de mudas, verificando que as articulações dos ombros, tornozelos, quadris, joelhos e o disco L5-S1 foram bastante comprometidos. Já Fiedler *et al.* (2003), estudando trabalhadores em marcenarias do Distrito Federal encontraram, na fase de deposição de peças no piso da desgrossadeira, valores acima do permitido para todas as articulações, exceto os quadris. Por fim, Ferreira (2006), estudando operações silviculturais no plantio de eucalipto, encontrou riscos para a coluna vertebral nas atividades de coveamento manual, plantio com aplicação de gel e distribuição de adubo.

### **3.4 Estudo de tempos e movimentos**

O estudo de tempos e movimentos é definido por Barnes (1977) como o estudo sistemático dos processos de trabalho. Ele tem por objetivo desenvolver o método adequado

ou preferido de trabalho, padronizar este sistema e método, determinar o tempo consumido por um indivíduo qualificado e treinado, atuando em ritmo normal, leva para executar uma tarefa ou operação específica e orientar o treinamento do trabalhador no método escolhido.

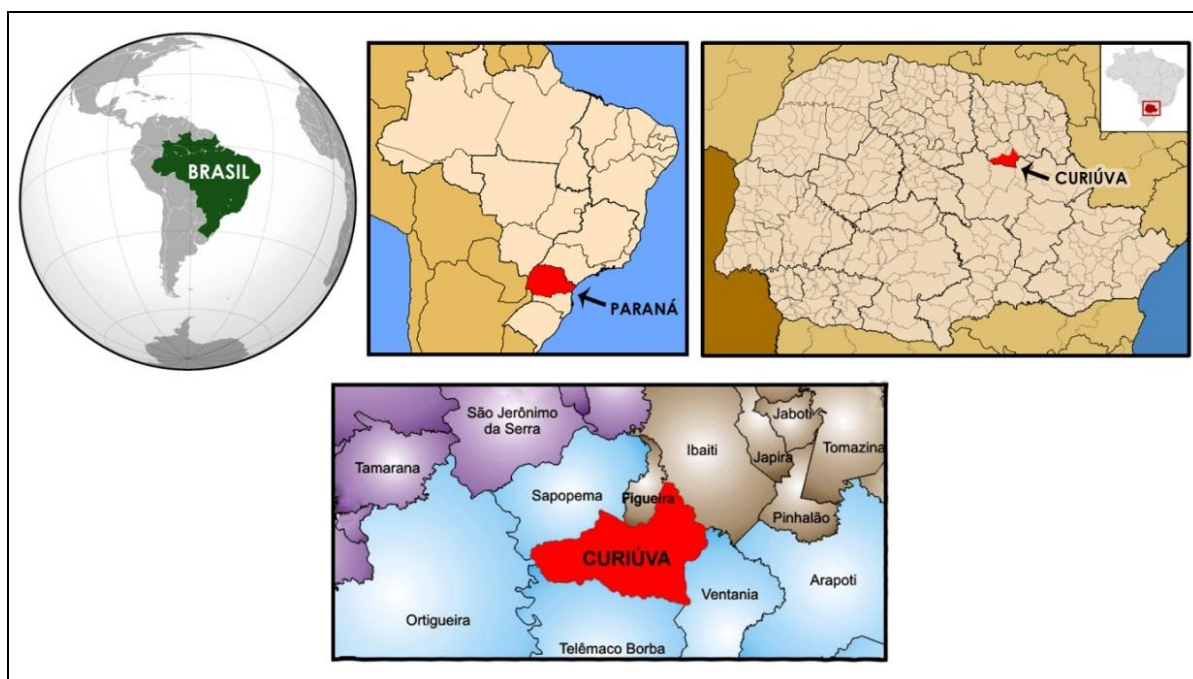
Machado (1984) afirma que o controle da produção e dos custos operacionais é essencial na organização de um empreendimento, pois influenciam sobre os rendimentos, as condições de trabalho, o aproveitamento da mão-de-obra e da máquina. Por isso, de acordo com orientação do Ministério da Educação e Cultura - MEC (1968) cada fração de minuto perdido ou movimento desnecessário no trabalho representa um custo adicional.

É importante ressaltar também que, segundo o exposto por Machado (1984), o estudo de tempos e movimentos auxilia a empresa para o aumento do rendimento operacional, induzindo maior satisfação ao pessoal de produção. Por isso, na adoção do estudo de tempos e movimentos, devem ser considerados os equipamentos a serem utilizados e o desenvolvimento de processos apropriados para cada específico. Os estudos de tempos e movimentos permitem ainda a racionalização e a padronização do trabalho, por intermédio da adoção de métodos apropriados e específicos para cada atividade (método de tempos parciais, de tempo contínuo ou multimomento), além de possibilitar melhorias operacionais e maiores estímulos salariais.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Área de estudo

Esta pesquisa foi realizada em uma empresa prestadora de serviços florestais, localizada na região do Norte Pioneiro, Estado do Paraná, entre as coordenadas geográficas 24°01'58" S e 50°27'28" W, a uma altitude de 776 metros (Figura 1).



Fonte: Adaptado de Ssolbergj (2008), Abreu (2008) e Paraná (2008).

**Figura 1.** Região de realização da pesquisa.

O clima predominante na região é, segundo classificação de Köppen, subtropical úmido mesotérmico - Cfa, com temperatura média anual de 21°C e precipitação média anual entre 1.200 e 1.400 mm. Os valores médios de Índice de bulbo úmido e termômetro de globo - IBUTG na fase de coleta dos dados, realizada no ano de 2010, se encontram na Tabela 1.

**Tabela 1.** Valores médios de IBUTG durante a coleta de dados.

Atividade	Período de coleta	IBUTG (°C)
Roçada	Janeiro	31,0
Primeira poda	Março	25,5
Segunda poda	Julho	20,8
Terceira poda	Setembro	20,5

## 4.2 Atividades avaliadas no estudo

O estudo foi realizado nas atividades de roçada, em áreas de reforma para a implantação de *Eucalyptus urograndis* (*E. urophylla* x *E. grandis*), executadas pelos métodos manual e semimecanizado. Foram avaliadas ainda as atividades de primeira, segunda e terceira poda em plantios de *Pinus taeda* L., executadas pelos métodos manual e semimecanizado. Os plantios da empresa eram todos localizados em terrenos com relevo suave a ondulado, em espaçamento de 3 X 2 metros e em diferentes idades.

### 4.2.1 Atividade de roçada

Foi estudada a atividade de roçada de limpeza para o plantio, em uma área onde havia anteriormente um plantio de *Pinus oocarpa*. Após a colheita da madeira, não houve intervenções no local por um período aproximado de oito meses, sendo que no momento da realização do estudo, a área apresentava uma vegetação herbáceo-arbustiva (Figura 2).



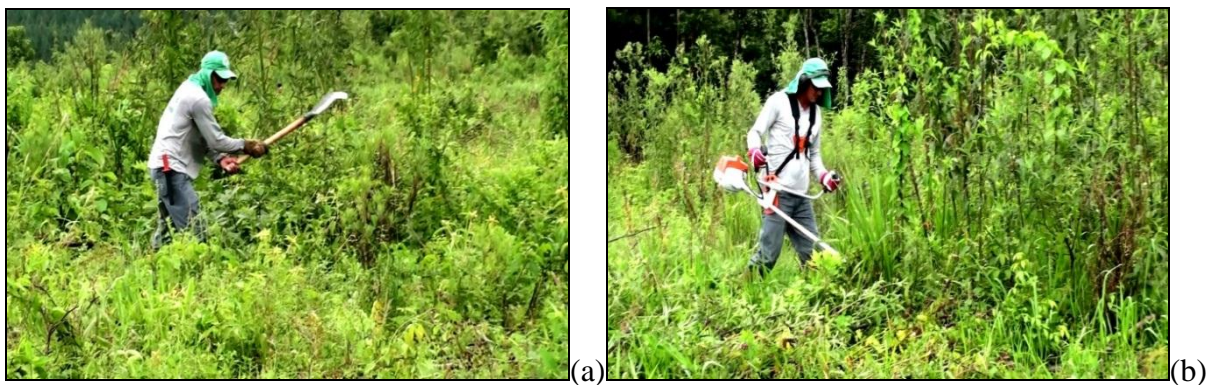
**Figura 2.** Área de realização da roçada.

Na vegetação arbustiva observada na área de estudo, foram identificadas as espécies *Matayba elaeagnoides* (miguel-pintado), *Allophylus edulis* (vacum), *Zanthoxylum rhoifolium*



(mamica-de-cadela), *Acacia bonariensis* (nhapindá), *Jacaranda micrantha* (carobinha), bem como indivíduos conhecidos popularmente por canelas e marias-moles, além de muita vegetação herbácea. A roçada realizada pela empresa foi realizada em área total, a uma altura de 30 cm do terreno, com a finalidade de eliminar a vegetação mais densa que não era passível de supressão com o uso exclusivo de herbicidas. A área foi preparada para a posterior implantação de um plantio de *Eucalyptus urograndis* (*E. urophylla* x *E. grandis*).

Foram estudadas as atividades de roçada, realizadas pelo método manual e semimecanizado (Figura 3). A roçada manual foi executada pelos trabalhadores com o uso de uma foice com cabo de madeira de 1,15 metros de comprimento e pesando 15 N. A roçada semimecanizada foi executada pelos trabalhadores com o uso de uma roçadora, da marca Stihl, modelo FS 220, com peso de 77 N sem o conjunto de corte, comprimento de 1,85 m sem o conjunto de corte, capacidade do tanque de combustível de 0,58 litros (mistura de gasolina e óleo 2 tempos), motor com potência de 1,7 kW, enquanto o conjunto de corte utilizado foi composto por cabeçote com lâmina de três pontas 300 mm (STIHL 2010).



**Figura 3.** Roçada manual (a) e semimecanizada (b).

#### 4.2.2 Atividade de poda

A atividade de poda foi realizada com a finalidade da produção de madeira livre de nós (*clearwood*), retirando os galhos abaixo de uma determinada altura. A poda baixa, também denominada de primeira poda, visou ainda, facilitar o acesso ao talhão e prevenir contra a ocorrência de incêndios florestais.

Foram estudadas as atividades de primeira poda (até 2,5 m), segunda poda (até 4 m) e

terceira poda (até 5 m), todas realizadas pelos métodos manual e semimecanizado, em plantios de *Pinus taeda* L. (Figura 4), com as idades de cinco, oito e 10 anos, respectivamente. Todos os plantios da empresa apresentavam espaçamento 3 X 2 m, com 1.666 árvores por hectare, devendo ressaltar que nas áreas não houve desbastes das árvores.



**Figura 4.** Primeira poda manual (a) e semimecanizada (b), segunda poda manual (c) e semimecanizada (d) e terceira poda manual (e) e semimecanizada (f).

A poda manual foi realizada com uso de um serrote de poda com lâmina curva, indicada para remoção de galhos de 2 a 15 cm de diâmetro (SEITZ, 1995). A poda semimecanizada foi realizada com uso de uma motopoda da marca Stihl, modelo KA 85R, na

primeira poda e modelo HT 75, na segunda e terceira podas.

Na Tabela 2 é apresentada a descrição das fases do ciclo de trabalho da roçada e poda realizada pelos métodos manual e semimecanizado.

**Tabela 2.** Descrição das fases da poda manual e semimecanizada.

<b>Atividade</b>	<b>Fases</b>	<b>Descrição</b>
Roçada manual	Roçada propriamente dita	Eliminação da vegetação arbustiva com uso de foice.
	Manutenção	Momentos em que o trabalhador interrompia a atividade para realização da afiação da lâmina de
	Deslocamento	Deslocamento do trabalhador no interior do talhão.
	Pausas	Interrupções para descanso e necessidades pessoais.
Roçada semimecanizada	Roçada propriamente dita	Tempo em que o trabalhador efetivamente utilizava a roçadora para eliminar a vegetação
	Manutenção	Momentos em que o trabalhador interrompia a atividade para a afiação da lâmina ou pequenos
	Abastecimento	Abastecimento da roçadora com combustível (mistura de gasolina e óleo 2 tempos).
	Deslocamento	Deslocamento do trabalhador no interior do talhão.
	Pausas	Interrupções para descanso e necessidades pessoais.
Poda manual (*)	Poda propriamente dita	Eliminação dos galhos das árvores até determinada altura com o uso de serrote.
	Deslocamento	Deslocamento do trabalhador no interior do talhão.
	Pausas	Interrupções para descanso e necessidades pessoais.
Poda semimecanizada	Poda propriamente dita	Eliminação dos galhos das árvores até determinada altura com uso de motopoda.
	Deslocamento	Deslocamento do trabalhador no interior do talhão.
	Abastecimento	Abastecimento da motopoda com combustível (gasolina e óleo 2 tempos) e óleo lubrificante de
	Manutenção	Realização da afiação da corrente e pequenos reparos na motopoda.
	Pausas	Interrupções para descanso e necessidades pessoais.

\* Foi desconsiderada a fase manutenção, pois a afiação dos dentes do serrote não era feita pelo trabalhador.

As características do serrote de poda e da motopoda utilizados no estudo são apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3.** Características do serrote de poda e motopoda utilizados no estudo.

Poda	Altura (m)	Serrote de poda			Motopoda	
		Comprimento* (m)	Peso (N)	Modelo	Comprimento** (m)	Peso*** (N)
1 <sup>a</sup>	2,5	1,8	15	KA 85R	2,0	59
2 <sup>a</sup>	4,0	3,0	22	HT 75	3,0	86
3 <sup>a</sup>	5,0	4,4	29	HT 75	3,8	86

\* com lâmina e cabo.

\*\* com a haste telescópica no comprimento adequado para a determinada poda.

\*\*\* com o conjunto de corte acoplado e os tanques de combustível e óleo de corrente cheios.

#### 4.3 População pesquisada

A população pesquisada foi composta por trabalhadores devidamente treinados e experientes nas atividades de roçada e poda executada, em ambos os métodos de trabalho. A participação dos trabalhadores no estudo foi de forma voluntária, onde todos receberam esclarecimentos sobre os objetivos e a metodologia, por meio da leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), em atendimento à Resolução N° 196/96 da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) do Ministério da Saúde.

Foi estudada uma amostra composta por seis trabalhadores na atividade de roçada e quatro nas atividades de poda, todos do sexo masculino, que executaram as atividades em ambos os métodos de trabalho.

As características dos trabalhadores são apresentadas na Tabela 4.

**Tabela 4.** Características gerais dos trabalhadores amostrados.

Característica	Roçada	Poda
	(Média ± desvio padrão)	(Média ± desvio padrão)
Idade (anos)	32 ± 6	36 ± 7
Peso (N)	731 ± 79	762 ± 87
Estatura (m)	1,68 ± 0,05	1,66 ± 0,01

## **4.4 Área experimental**

### **4.4.1 Roçada**

A área experimental total estudada na roçada foi de 75.600 m<sup>2</sup> (7,56 ha), sendo 50 % da área (3,78 ha) disponível para o estudo em cada método de trabalho. Cada um dos seis trabalhadores envolvidos no estudo executou um método de roçada em uma área previamente delimitada de 6.300 m<sup>2</sup> (0,63 ha), devendo ressaltar que as áreas experimentais possuíam características semelhantes, sendo caracterizados por relevo suave ondulado e com as mesmas condições operacionais.

É importante ressaltar que, cada uma das áreas de 0,63 ha foi subdividida em sete parcelas de 30 X 30 m (900 m<sup>2</sup>), com a finalidade um melhor controle da área durante a coleta dos dados.

### **4.4.2 Poda**

Nas três podas estudadas, o espaçamento do povoamento de *Pinus taeda* L. foi de 3 m x 2 m e o relevo considerado como suave ondulado, sendo que cada trabalhador amostrado foi observado em cada método durante um dia de trabalho.

A área experimental possuía características de terreno e floresta semelhantes, sendo que a área amostrada da primeira poda foi composta por 960 árvores, sendo podadas 120 árvores por trabalhador, dentro de cada método avaliado. Na segunda poda, a área amostrada foi composta por 1.600 árvores, sendo podadas 200 árvores por trabalhador e por método avaliado. Por fim, na terceira poda, a área amostrada possuía 2.000 árvores, sendo podadas 250 árvores por trabalhador e método.

## **4.5 Coleta de dados**

### **4.5.1 Análise operacional**

A análise operacional foi realizada por meio de um estudo de tempos e movimentos, empregando-se o método de cronometragem de tempo contínuo, onde a leitura do cronômetro

foi feita no ponto de medição referente à atividade parcial recém concluída. No estudo foi utilizado um cronômetro centesimal, prancheta e formulários específicos.

#### **4.5.1.1 Produtividade e eficiência operacional**

A produtividade das atividades de roçada manual e semimecanizada foram determinadas pela relação entre a área trabalhada pela unidade de tempo consumido, dado em hectares por hora (ha/h), por meio da seguinte expressão:

$$Pr = \frac{A}{T}$$

em que:

Pr = produtividade da roçada, em hectares por hora;

A = área trabalhada, em hectares; e

T = tempo consumido, em horas.

A produtividade das atividades de poda manual e semimecanizada foram determinadas por meio da contagem do número de árvores podadas em relação ao tempo total consumido, dado em árvores por hora (arv/h), por meio da seguinte expressão:

$$Pp = \frac{Na}{T}$$

em que:

Pp = produtividade da poda, em árvores por hora;

Na = número de árvores podadas; e

T = tempo consumido, em horas.

A eficiência operacional, para todas as atividades foi calculada pela razão entre o tempo produtivo e o tempo total para realização das mesmas, por meio da seguinte expressão:

$$Ef = \frac{T_p}{T_t}$$

em que:

Ef = eficiência operacional;

T<sub>p</sub> = Tempo efetivo consumido para realização da atividade, em horas; e

T<sub>t</sub> = Tempo total consumido para realização da atividade, em horas.

#### 4.5.1.2 Análise de qualidade do trabalho

A qualidade do trabalho foi analisada somente para a atividade de poda, em ambos os métodos estudados. Para tal, foi determinada a quantidade de tocos de galhos e de injúrias presentes nas árvores, bem como a quantidade de galhos podados por árvore.

Neste estudo, realizou-se uma amostragem sistemática de 10% do total das árvores podadas por trabalhador, sendo amostrada uma árvore a cada 10 árvores podadas na linha de plantio. Para a medição do comprimento dos tocos foi utilizada uma régua graduada em milímetros, sendo em seguida classificados conforme apresentado na Tabela 5.

**Tabela 5.** Classes de comprimento de tocos de galhos nas árvores podadas.

Classe de comprimento de toco (cm)	Classificação
$T \leq 1$	Aceitável
$1 < T \leq 2$	Com ressalvas
$T > 2$	Não aceitável

#### 4.5.2 Análise econômica

A análise econômica foi realizada por meio da determinação do custo operacional e de produção de cada método de trabalho.

#### 4.5.2.1 Custo operacional

O custo operacional por hora efetiva de trabalho foi obtido pela determinação dos custos fixos, variáveis e administrativos, utilizando a metodologia proposta por Harry *et al.* (1991) e adaptado para esta pesquisa.

##### a) Custos fixos

São considerados fixos todos os custos que não dependem do tempo e da intensidade de uso da ferramenta ou equipamento, sendo considerados neste trabalho:

##### *Depreciação*

$$Dp = \frac{Va - Vr}{Vu \times he}$$

em que:

Dp = Custo de depreciação do capital em reais por hora efetiva de trabalho;

Va = Valor de aquisição da ferramenta ou equipamento, em reais;

Vr = Valor de revenda da ferramenta ou equipamento, em reais;

Vu = Vida útil da ferramenta ou equipamento, em anos; e

he = Horas efetivas de uso anual.

##### *Juros e seguros*

$$JS = \frac{IMA \times i}{he} \qquad IMA = \frac{(Va - Vr) \times (Vu + 1)}{2 \times Vu} + Vr$$

em que:

JS = Custo com juros e seguros em reais por hora efetiva;

i = Taxa de juros e seguros anuais (%), sendo considerado i=10% ao ano; e

IMA = Investimento médio anual.



## **b) Custos variáveis**

São os custos que variam proporcionalmente com a realização da atividade, sendo neste trabalho calculado:

### *Combustíveis*

É o custo referente ao consumo da mistura (gasolina + óleo 2 Tempos), obtido a partir de informações obtidas na empresa e junto ao fabricante do equipamento, sendo calculado pela expressão:

$$CC = Pu \times c$$

em que:

CC = Custo de combustíveis em reais por hora efetiva;

Pu = Preço de um litro de combustível em reais; e

c = Consumo de combustível da máquina em litros por hora efetiva.

### *Óleo lubrificante*

É o custo referente ao consumo de óleo lubrificante utilizado na lubrificação da corrente da motopoda, obtido por meio da seguinte expressão:

$$CO = Po \times c$$

em que:

CO = Custo de óleo lubrificante em reais por hora efetiva;

Po = Preço de um litro de óleo 2 tempos em reais; e

c = Consumo horário de óleo em litros por hora efetiva.

### *Manutenção*

É o custo relacionado com a manutenção preventiva e corretiva da máquina, sendo calculado a partir de dados mensais repassado pela empresa por meio da seguinte expressão:

$$CM = \frac{Cm \times 12}{he}$$

em que:

CM = Custo de manutenção em reais por hora efetiva;

Cm = Custo mensal com manutenção em reais; e

he = horas efetivas anuais.

#### *Custo de pessoal operacional e manutenção (COM)*

São custos relacionados com salários e encargos sociais do pessoal envolvido nas atividades, sendo esses fornecidos pela empresa.

#### **c) Custos de administração**

São os custos relacionados com os trabalhos de escritório e supervisão das atividades de campo, sendo obtidos na empresa, em valores mensais e divididos pela quantidade de horas trabalhadas por mês. Foi utilizado no cálculo o percentual de 10% sobre os custos da máquina e de pessoal operacional, obtido por meio da seguinte expressão:

$$CA = C \times k$$

em que:

CA = Custo de administração em reais por hora efetiva;

C = Soma parcial dos custos fixos e variáveis em reais por hora efetiva; e

k = Coeficiente de administração (%). Nesta pesquisa k = 10%.

#### **d) Custo operacional total**

Este custo foi obtido pelo somatório dos custos fixos, variáveis, pessoal e de administração da máquina na execução das atividades, obtido por meio da seguinte expressão:

$$CT = CF + CV + CA$$

em que:

CT = Custo operacional total por hora efetiva de trabalho;

CF = Custo fixo total por hora efetiva de trabalho;

CVF = Custo variável por hora efetiva de trabalho; e

CA = Custo de administração total por hora efetiva de trabalho.

#### **4.5.2.2 Custo de produção**

O custo de produção foi obtido pela divisão do custo operacional pela produtividade da ferramenta ou equipamento, por meio da expressão:

$$C_{pr} = \frac{CT}{P}$$

em que:

C<sub>pr</sub> = Custo de produção da atividade em reais por hectare;

CT = Custo operacional total da atividade em reais por hora efetiva; e

P = Produtividade da atividade estudada em hectare por hora efetiva.

#### **4.5.3 Análise ergonômica**

A análise ergonômica das atividades estudadas nos diferentes métodos de trabalho foi realizada por meio da determinação da carga de trabalho físico, análise das posturas adotadas pelos trabalhadores e análise biomecânica do trabalho.

##### **4.5.3.1 Carga de trabalho físico**

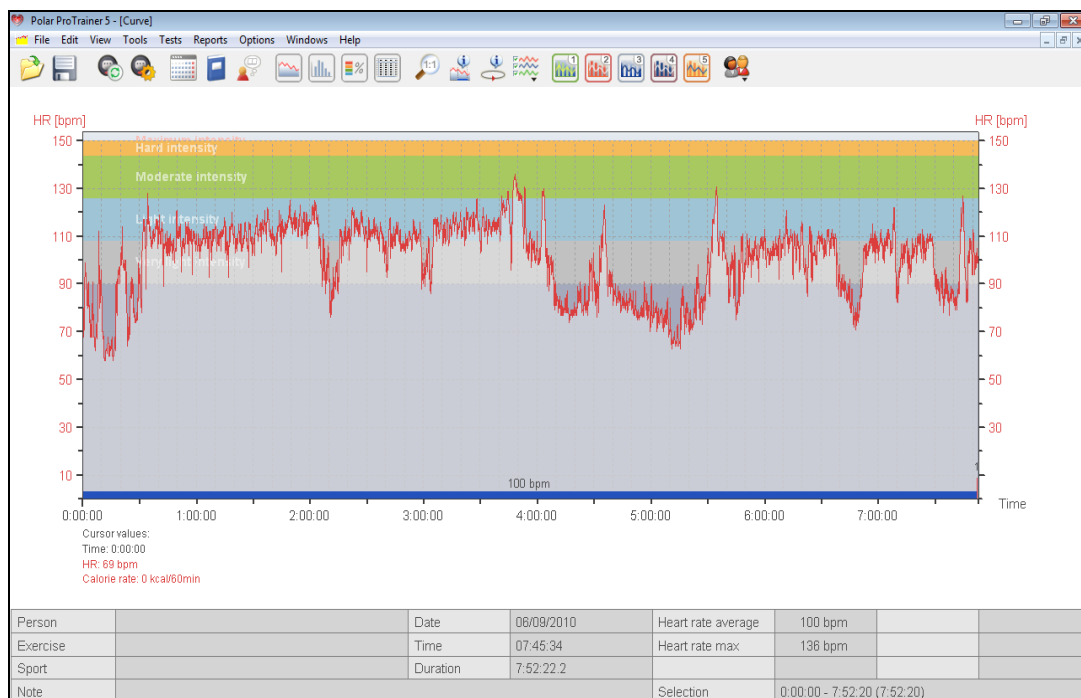
A carga de trabalho físico exigida nas atividades de roçada e poda manual e semimecanizada foram determinadas por meio da medição da frequência cardíaca dos trabalhadores na execução das diversas fases do ciclo de trabalho. Os dados foram coletados com uso de um monitor de frequência cardíaca da marca Polar, modelo RS800CX (Figura 5).



Fonte: Polar (2011).

**Figura 5.** Monitor de frequência cardíaca utilizado no estudo.

O equipamento foi instalado nos trabalhadores no início da jornada de trabalho e retirado ao final, sendo os sinais de frequência cardíaca captados e armazenados em intervalos de cinco segundos. Ao término da jornada de trabalho, os dados foram transferidos para um computador e analisados em *software* específico desenvolvido e fornecido o pelo próprio fabricante (Figura 6).



**Figura 6.** Tela do *software* Polar com a frequência cardíaca de um trabalhador.

Paralelamente à coleta de dados foi realizado um estudo de tempos e movimentos, determinando o tempo consumido de cada fase e correlacionando com a frequência cardíaca. Foi determinada a carga de trabalho físico imposta pela atividade por meio do cálculo da CCV (Carga Cardiovascular) dos trabalhadores, de acordo com a metodologia proposta por Apud (1989), conforme a expressão abaixo:

$$CCV = \frac{FCT - FCR}{FCM - FCR} \times 100$$

em que:

CCV = carga cardiovascular (%);

FCT = frequência cardíaca de trabalho;

FCM = frequência cardíaca máxima (220 – idade); e

FCR = frequência cardíaca de repouso.

Em seguida, foi determinada a frequência cardíaca limite (FCL), em bpm, para a carga cardiovascular de 40%, por meio da expressão:

$$FCL = 0,40 \times (FCM - FCR) + FCR$$

em que:

FCL = frequência cardíaca limite;

FCM = frequência cardíaca máxima; e

FCR = frequência cardíaca de repouso.

No caso da carga cardiovascular ter ultrapassado os 40% acima da frequência cardíaca limite, foi necessário reorganizar o trabalho, estabelecendo-se o tempo de recuperação (repouso), por meio da seguinte expressão:

$$Tr = \frac{Ht \times (FCT - FCL)}{FCT - FCR}$$

em que:

Tr = tempo de repouso (min); e

Ht = tempo de trabalho (min).

Com os resultados obtidos, foi possível determinar a carga de trabalho físico exigida em cada fase da atividade e estabelecer os limites aceitáveis para um desempenho contínuo no trabalho. Por fim, foi determinada a duração da atividade, bem como a duração de cada fase, a frequência das pausas, de acordo com a capacidade física dos trabalhadores, e realizada a classificação do trabalho, conforme a Tabela 6.

**Tabela 6.** Classificação da carga de trabalho físico.

Carga de Trabalho Físico	Frequência Cardíaca (bpm)
Muito leve	< 75
Leve	75 – 100
Moderadamente pesada	100 – 125
Pesada	125 – 150
Pesadíssima	150 – 175
Extremamente pesada	> 175

Fonte: Apud (1997)

#### 4.5.3.2 Análise de postura

A análise de postura foi realizada por meio de filmagens dos trabalhadores na execução das atividades, permitindo a recomposição do ciclo de trabalho e definição das posturas típicas adotadas. Para a análise das posturas foi utilizado o programa computacional WinOWAS, versão gratuita, sob domínio WinOWAS, da *Tampere University of Technology, Occupational Safety Engineering* (OWAS, 1990).

De posse das imagens dos trabalhadores nas posturas típicas, foi selecionado o valor da posição dos membros superiores e inferiores, das costas e do peso manuseado pelos trabalhadores (Tabela 7). Em seguida foi gerada automaticamente uma sequência de números, representando a análise do método OWAS. Ao final das análises, foi possível verificar os pontos críticos e classificar as posturas nas seguintes categorias de ações:

- Categoria 1: Postura normal, não sendo exigida nenhuma medida corretiva;
- Categoria 2: Postura que deve ser verificada na próxima revisão dos métodos de trabalho;
- Categoria 3: Postura prejudicial à saúde, devendo ser tomadas medidas para mudar a postura o mais breve possível; e
- Categoria 4: Postura extremamente prejudicial à saúde, devendo ser tomadas medidas corretivas imediatamente.

**Tabela 7.** Composição dos códigos do método OWAS conforme a postura adotada.

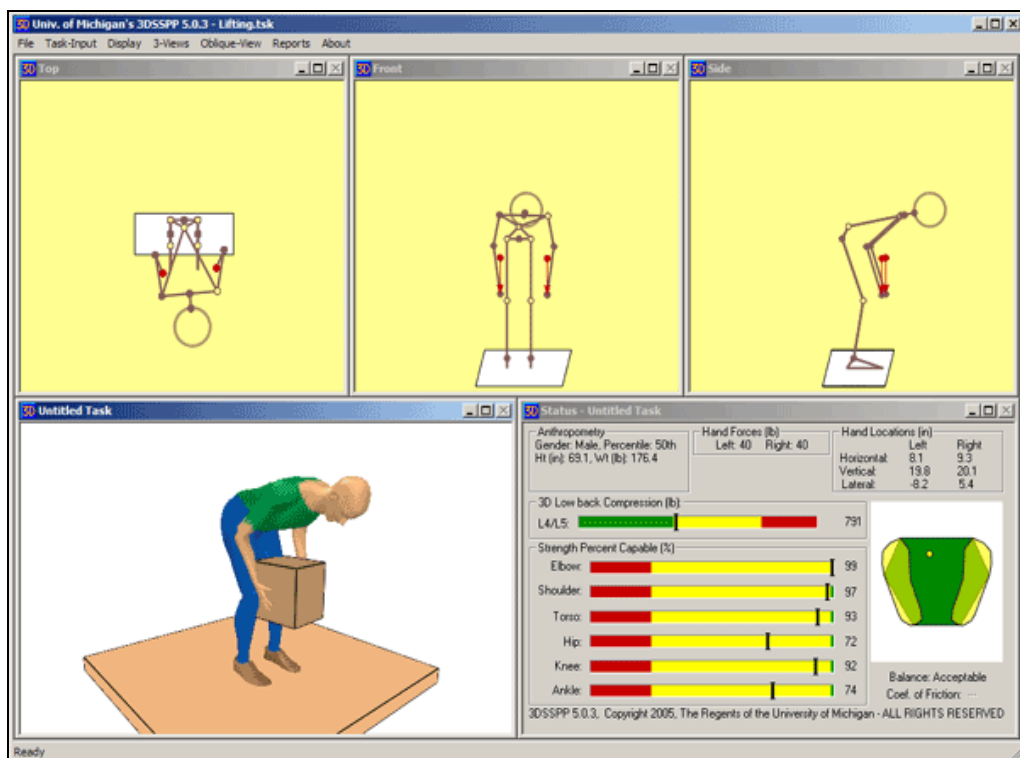
Postura das costas	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ereta</li> <li>2. Inclinada</li> <li>3. Ereta e torcida</li> <li>4. Inclinada e torcida</li> </ol>	
Postura dos braços	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dois braços abaixo dos ombros</li> <li>2. Um braço no nível ou acima dos ombros</li> <li>3. Ambos os braços no nível ou acima dos ombros</li> </ol>	
Postura das pernas	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sentado</li> <li>2. Em pé com ambas as pernas esticadas</li> <li>3. Em pé com o peso sobre uma das pernas</li> <li>4. Em pé ou agachado com ambos os joelhos flexionados</li> <li>5. Em pé ou agachado com um dos joelhos dobrados</li> <li>6. Ajoelhado em um ou ambos os joelhos</li> <li>7. Andando ou se movendo</li> </ol>	
Esforço	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peso ou força necessária igual ou menor que 100N</li> <li>2. Peso ou força necessária maior entre 100N e 200N</li> <li>3. Peso ou força necessária maior que 200N</li> </ol>	

Fonte: OWAS (1990).

#### 4.5.3.3 Análise biomecânica

A avaliação biomecânica foi realizada por meio da análise das forças aplicadas nas articulações (pulsos, cotovelos, ombros, tronco, quadris, joelhos e tornozelos) e no disco L5-S1 da coluna vertebral dos trabalhadores na execução do trabalho. Foi utilizado o *software* 3DSSPP (3D *Static Strength Prediction Program* - Programa de Predição de Postura e de Força Estática 3D), versão 6.0.5, desenvolvido pela *University of Michigan*, EUA. O programa realiza, por meio de modelagem 3D, uma série de classificações quanto aos limites máximos admissíveis nas articulações e a carga exercida no disco entre as vértebras Lombar 5 e Sacral 1 (L5-S1) da coluna vertebral (UNIVERSITY OF MICHIGAN, 2011).

Inicialmente foram realizadas filmagens dos trabalhadores em diversos ângulos na execução das atividades, sendo então as imagens congeladas para a medição dos ângulos entre as diversas articulações dos segmentos corpóreos dos trabalhadores, e posterior inserção no *software* (Figura 7). Foram inseridos os ângulos dos braços, tronco, coxofemorais, joelhos e tornozelos, o valor, a magnitude e a direção das forças utilizadas na realização da atividade, o número de mãos utilizadas e os dados antropométricos de peso e estatura dos trabalhadores, de modo a obter a carga limite recomendada para cada articulação do corpo dos trabalhadores.



Fonte: University of Michigan (2011).

**Figura 7.** Tela de simulação da postura no *software* 3D SSPP®.

A análise do *software* forneceu a carga limite recomendada, que corresponde ao peso que ao menos 99% dos homens conseguem manusear. A carga limite recomendada induz a uma força de compressão de 3.426,3 N sobre o disco L5-S1 da coluna vertebral que pode ser tolerada pela maioria dos trabalhadores em boas condições de saúde (UNIVERSITY OF MICHIGAN, 2011).



#### 4.5.4 Análise estatística

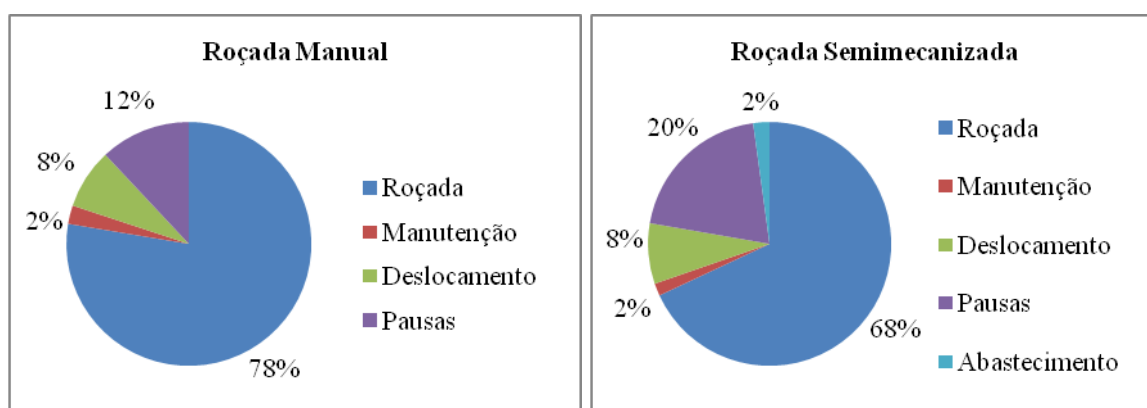
Para as variáveis produtividade e qualidade nos métodos manual e semimecanizado foram comparados pelo teste t, ao nível de 5% de significância. Os valores de produtividade dentro de cada método foram submetidos à análise de variância (ANOVA) no delineamento inteiramente casualizado e, quando necessário, as médias entre as três podas foram comparadas pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de significância. Para análise do teste t foi usada a ferramenta Análise de Dados do *software* Microsoft Excel®, e para o teste de Duncan foi utilizado o *software* Assistat®.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Análise operacional

#### 5.1.1 Ciclo de trabalho e produtividade da roçada

A distribuição média do ciclo de trabalho da atividade de roçada executada pelos métodos manual e semimecanizado é mostrada na Figura 8. Os valores corresponderam ao tempo total demandado por seis trabalhadores que realizaram a roçada em uma área experimental total de 7,56 hectares, sendo estudadas 17,09 horas na roçada manual e 20,37 horas na roçada semimecanizada.



**Figura 8.** Distribuição percentual média do ciclo de trabalho da roçada manual e semimecanizada.

Como pode ser observado, em ambos os métodos estudados, a fase de roçada propriamente dita ocupou a maior parte do ciclo de trabalho, com 78 e 68% do tempo total nos métodos manual e semimecanizado, respectivamente, seguido pelas pausas dos trabalhadores e a manutenção da máquina.

É importante ressaltar que, apesar do menor esforço físico requerido pela atividade, o elevado percentual de pausas (20%) observadas no método de roçada semimecanizado ocorreu devido às interrupções no trabalho, ocasionado pelas áreas de estudo possuírem vegetação de maior porte, que dificultava o deslocamento dos trabalhadores com a roçadora de peso médio de 77 N, comparado à foice que possuía um peso de apenas 15 N. Os valores de produtividade e eficiência operacional da atividade de roçada manual e semimecanizada são apresentados nas Tabelas 8 e 9, respectivamente.

**Tabela 8.** Produtividade e eficiência operacional da roçada manual.

Trabalhador	Área total roçada (ha)	Tempo efetivo demandado (he)	Tempo total demandado (h)	Produtividade efetiva (ha/he)	Produtividade total (ha/h)	Eficiência operacional (%)
1	0,63	2,11	2,56	0,30	0,25	82
2	0,63	1,91	2,30	0,33	0,27	83
3	0,63	1,56	2,04	0,40	0,31	76
4	0,63	2,55	3,26	0,25	0,19	78
5	0,63	2,91	3,35	0,22	0,19	87
6	0,63	2,14	3,58	0,29	0,18	60
Média ± s	0,63	2,20 ± 0,48	2,85 ± 0,63	0,30 ± 0,07	0,23 ± 0,05	78 ± 10

**Tabela 9.** Produtividade e eficiência operacional da roçada semimecanizada.

Trabalhador	Área total roçada (ha)	Tempo efetivo demandado (he)	Tempo total demandado (h)	Produtividade efetiva (ha/he)	Produtividade total (ha/h)	Eficiência operacional (%)
1	0,63	2,78	3,56	0,23	0,18	78
2	0,63	1,83	2,81	0,34	0,22	65
3	0,63	2,19	3,83	0,29	0,16	57
4	0,63	1,61	2,40	0,39	0,26	67
5	0,63	2,67	4,29	0,24	0,15	62
6	0,63	2,79	3,48	0,23	0,18	80
Média ± s	0,63	2,31 ± 0,51	3,40 ± 0,69	0,29 ± 0,07	0,19 ± 0,04	68 ± 9

Como pode ser visto, a produtividade média por hora efetiva de trabalho foram semelhantes entre os métodos de roçada, com valores de produtividade de 0,30 ha/he no método manual e 0,29 ha/he no método semimecanizado. Considerando a eficiência média de 78 e 68%, obteve-se uma produtividade real de 0,23 ha/he e 0,19 ha/he, nos métodos manual e semimecanizado, respectivamente.

Na Tabela 10 é possível verificar que não existiu diferença significativa pelo teste t a 5% entre as produtividades dos métodos de roçada estudados. Entretanto, é importante ressaltar o fato da área estudada possuir uma vegetação de maior porte, que acarretou maior dificuldade de execução da atividade pelo método semimecanizado. Toupin *et al.* (2007) relatam em seu estudo que a produtividade do trabalhador na roçada semimecanizada pode ser afetada pelas diferentes condições do sítio, cobertura e densidade de vegetação e obstáculos no solo, situações que podem explicar a semelhança entre as produtividades dos dois métodos de roçada avaliados.

**Tabela 10.** Análise estatística da produtividade média na roçada manual e semimecanizada.

Método de roçada	Produtividade média (ha/he)	Variância	F calc	T calc
Manual	0,30	0,0039	0,8983*	0,3117 <sup>ns</sup>
Semimecanizado	0,29	0,0044		

\* significativo a 5%

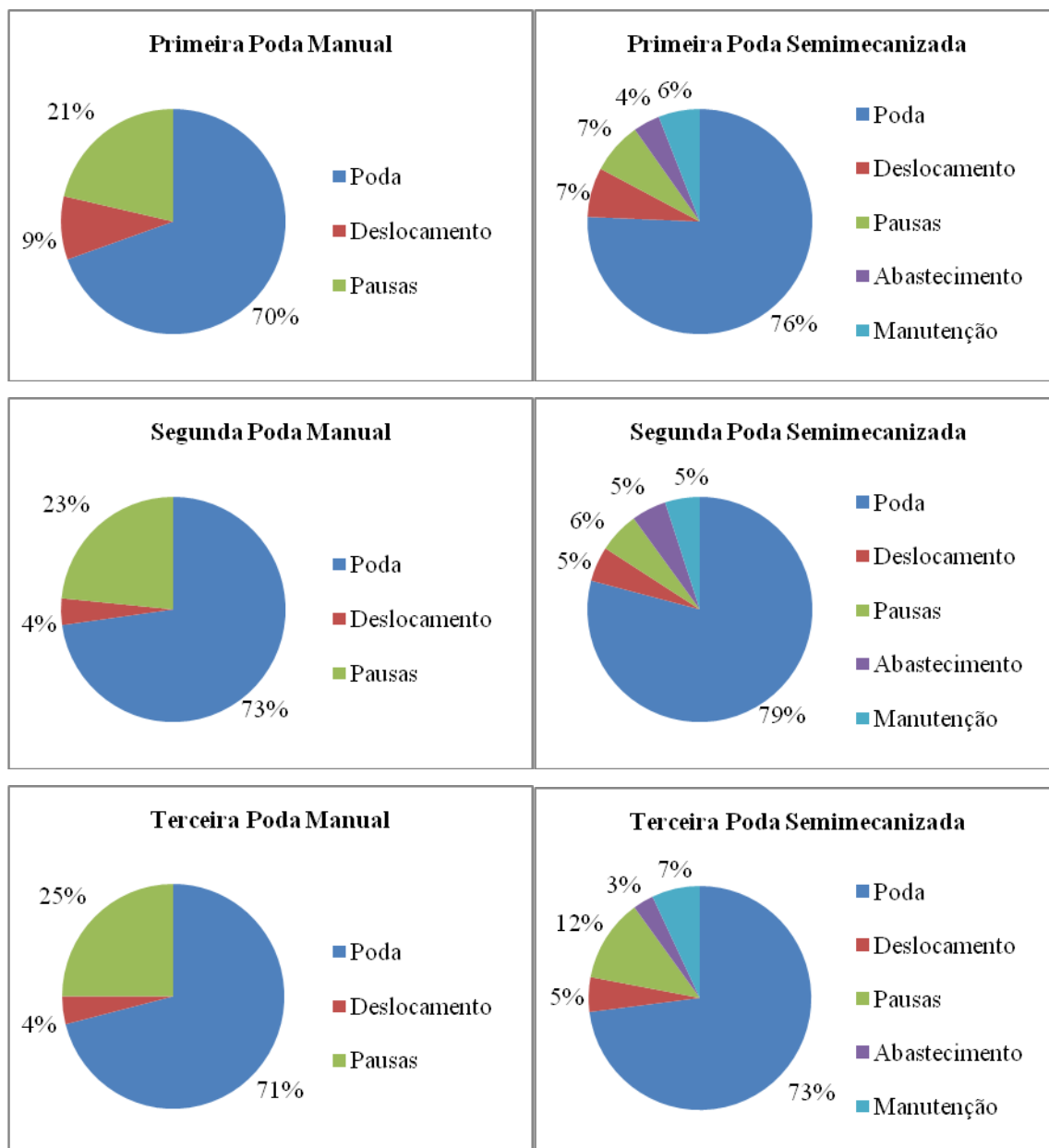
<sup>ns</sup> não significativo a 5%

### 5.1.2 Ciclo de trabalho e produtividade da poda

A constituição média do ciclo de trabalho das atividades de primeira, segunda e terceira podas em ambos os métodos estudados são mostrados na Figura 9. Como pode ser observado, em todas as situações estudadas, a fase de poda propriamente dita ocupou o maior tempo do ciclo de trabalho, principalmente no método semimecanizado, com 76, 79 e 73% do tempo total da primeira, segunda e terceira poda, respectivamente.

É importante destacar que, nas podas executadas pelo método manual, o elevado tempo de pausas realizadas pelos trabalhadores, que ocuparam 21, 23 e 25% do ciclo de trabalho na primeira, segunda e terceira poda, respectivamente, ocorreu, provavelmente, devido ao maior esforço físico exigido pelo método.

Em relação ao método semimecanizado, nota-se que em todos os tipos de podas avaliadas, a soma dos tempos de manutenção, abastecimento e pausas foram inferiores ao tempo das pausas específicas ocorridas no método manual. Além disso, deve-se enfatizar que na terceira poda, o maior tempo das pausas ocorreu, provavelmente, devido à maior dificuldade do manuseio da máquina, pois essa poda era realizada em uma maior altura nas árvores, acarretando em maior dificuldade e esforço físico dos trabalhadores.



**Figura 9.** Distribuição percentual média do ciclo de trabalho das atividades de primeira, segunda e terceira poda em ambos os métodos estudados.

Nas Tabelas 11 e 12 são apresentados os valores de produtividade e eficiência operacional nas atividades de primeira poda manual e semimecanizada, respectivamente. No método manual, a produtividade média por hora efetiva de trabalho foi de 56,5 árvores, com uma eficiência operacional média de 70%, enquanto no método semimecanizado foi de 63,4 árvores com eficiência média de 76% e variação de 10,9% entre os métodos estudados.

**Tabela 11.** Produtividade e eficiência operacional da primeira poda manual.

Trabalhador	Árvores podadas	Tempo efetivo demandado (he)	Tempo total demandado (h)	Produtividade efetiva (arv/he)	Produtividade total (arv/h)	Eficiência operacional (%)
1	120	2,08	2,99	57,79	40,17	70
2	120	1,40	2,35	85,88	51,06	59
3	120	3,32	3,48	36,14	34,50	95
4	120	2,61	4,68	46,03	25,63	56
Média ± s	120	2,35 ± 0,81	3,37 ± 0,99	56,46 ± 21,52	37,84 ± 10,65	70 ± 18

**Tabela 12.** Produtividade e eficiência operacional da primeira poda semimecanizada.

Trabalhador	Árvores podadas	Tempo efetivo demandado (he)	Tempo total demandado (h)	Produtividade efetiva (arv/he)	Produtividade total (arv/h)	Eficiência operacional (%)
1	120	2,01	2,45	59,59	48,95	82
2	120	1,93	2,69	62,02	44,58	72
3	120	2,02	2,77	59,38	43,40	73
4	120	1,65	2,11	72,54	56,92	78
Média ± s	120	1,91 ± 0,17	2,50 ± 0,30	63,38 ± 6,22	48,46 ± 6,12	76 ± 5

Apesar da maior produtividade observada no método semimecanizado, o teste de comparação de médias indicou não haver diferença estatística, ao nível de 5% de significância, entre os métodos estudados (Tabela 13).

**Tabela 13.** Análise estatística da produtividade média na primeira poda.

Método de poda	Produtividade média (arv/he)	Variância	F calc	T calc
Manual	56,46	462,9975	0,0836*	0,6181 <sup>ns</sup>
Semimecanizado	63,38	38,7064		

\* significativo a 5%

<sup>ns</sup> não significativo a 5%

Em relação à segunda poda, os valores de produtividade e eficiência operacional obtidos nos métodos manual e semimecanizado são apresentados nas Tabelas 14 e 15, respectivamente.

**Tabela 14.** Produtividade e eficiência operacional da segunda poda manual.

Trabalhador	Árvores podadas	Tempo efetivo demandado (he)	Tempo total demandado (h)	Produtividade efetiva (arv/he)	Produtividade total arv/h)	Eficiência operacional (%)
1	200	4,93	6,56	40,61	30,48	75
2	200	5,25	7,48	38,13	26,73	70
3	200	4,31	5,92	46,38	33,78	73
4	200	5,63	7,66	35,56	26,11	73
Média ± s	200	5,03 ± 0,41	6,91 ± 0,67	40,17 ± 3,33	29,27 ± 2,86	73 ± 1

**Tabela 15.** Produtividade e eficiência operacional da segunda poda semimecanizada.

Trabalhador	Árvores podadas	Tempo efetivo demandado (he)	Tempo total demandado (h)	Produtividade efetiva (arv/he)	Produtividade total (arv/h)	Eficiência operacional (%)
1	200	2,47	3,52	80,94	56,87	70
2	200	3,75	4,89	53,29	40,91	77
3	200	3,03	3,50	65,93	57,14	87
4	200	2,92	3,53	68,41	56,60	83
Média ± s	200	3,05 ± 0,35	3,86 ± 0,51	67,15 ± 7,53	52,88 ± 5,99	79 ± 6

Como pode ser verificado, a produtividade média no método manual foi de 40,17 árvores por hora efetiva de trabalho, enquanto no método semimecanizado foi de 67,15 árvores por hora efetiva, com diferença significativa de 40,1% entre os métodos. A maior produtividade observada no método semimecanizado pode ser explicada pela maior altura dos galhos podados na segunda poda, situação que favoreceu a operação com o uso da motopoda.

Os resultados do teste de média das produtividades entre os métodos estudados são apresentados na Tabela 16, ficando evidente a maior produtividade do método de poda semimecanizado.

**Tabela 16.** Análise estatística da produtividade média na segunda poda.

Método de poda	Produtividade média (arv/he)	Variância	F calc	T calc
Manual	40,17	21,3904	6,0048 <sup>ns</sup>	4,4069*
Semimecanizado	67,15	128,44		

\* significativo a 5%

<sup>ns</sup> não significativo a 5%

Os valores de produtividade e eficiência operacional da terceira poda, realizada pelos métodos manual e semimecanizado, são apresentados nas Tabelas 17 e 18, respectivamente.

**Tabela 17.** Produtividade e eficiência operacional da terceira poda manual.

Trabalhador	Árvores podadas	Tempo efetivo demandado (he)	Tempo total demandado (h)	Produtividade efetiva (arv/he)	Produtividade total (arv/h)	Eficiência operacional (%)
1	200	4,43	6,80	45,10	29,41	65
2	230	5,25	7,71	43,84	29,84	68
3	250	4,31	5,25	57,97	47,58	82
4	250	4,18	6,18	59,74	40,46	68
Média ± s	232,5	4,54 ± 0,35	6,49 ± 0,77	51,66 ± 7,19	36,82 ± 7,20	71 ± 6

**Tabela 18.** Produtividade e eficiência operacional da terceira poda semimecanizada.

Trabalhador	Árvores podadas	Tempo efetivo demandado (he)	Tempo total demandado (h)	Produtividade efetiva (arv/he)	Produtividade total (arv/h)	Eficiência operacional (%)
1	250	2,79	4,15	89,55	60,30	67
2	250	3,59	4,76	69,69	52,57	75
3	250	3,22	4,84	77,59	51,69	67
4	250	2,47	3,00	101,18	83,41	82
Média ± s	250	3,02 ± 0,39	4,18 ± 0,61	84,50 ± 10,87	61,99 ± 10,71	73 ± 6

Como pode ser verificado, a produtividade média do método semimecanizado foi de 84,5 árvores por hora efetiva de trabalho, enquanto no manual, foi de apenas 51,7 árvores por hora, com variação significativa de 64% entre os métodos estudados. A eficiência operacional média na terceira poda realizada pelo método semimecanizado foi de 73%, enquanto no manual foi de 71%. O teste de comparação de médias indicou que houve diferença significativa entre as médias de produtividade nos dois métodos estudados, evidenciando a maior produtividade da poda executada pelo método semimecanizado (Tabela 19).

**Tabela 19.** Análise estatística da produtividade média na terceira poda.

Método de poda	Produtividade média (arv/he)	Variância	F calc	T calc
Manual	51,66	69,7628	2,7273 <sup>ns</sup>	4,0730*
Semimecanizado	84,50	190,2696		

\* significativo a 5%

<sup>ns</sup> não significativo a 5%



Nas Tabelas 20 e 21 são apresentados os dados da análise de variância da produtividade média na primeira, segunda e terceira podas realizadas, respectivamente, em ambos os métodos estudados. Na Tabela 22 são apresentados os valores do teste de Duncan referente à produtividade das três podas, realizadas pelos métodos manual e semimecanizado.

**Tabela 20.** Análise de variância (ANOVA) da produtividade média nas três podas pelo método manual.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	560,6102	280,3051	1,5175 <sup>ns</sup>
Resíduo	9	1662,4524	184,7169	
Total	11	2223,0626		

<sup>ns</sup> não significativo a 5%

**Tabela 21.** Análise de variância (ANOVA) da produtividade média nas três podas pelo método semimecanizado.

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	2	1015,4154	507,7077	4,2614 *
Resíduo	9	1072,2678	119,1408	
Total	11	2087,6832		

\* significativo a 5%

**Tabela 22.** Produtividade e eficiência médias das atividades de poda manual e semimecanizado.

Poda	Manual			Semimecanizado		
	Árvores podadas	Produtividade (arv/he)	Eficiência (%)	Árvores podadas	Produtividade (arv/he)	Eficiência (%)
1 <sup>a</sup>	480	56,5a	70,0	480	63,4a	76,0
2 <sup>a</sup>	800	40,2a	73,0	800	67,2ab	73,0
3 <sup>a</sup>	930	51,7a	71,0	1.000	84,5 b	73,0
Média	736	43,2	71,3	760	66,7	74,0

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Duncan a 5% de significância.

Como pode ser observado, a produtividade média por hora efetiva de trabalho na primeira poda executada pelo método manual foi maior em relação às demais podas realizadas pelo mesmo método, podendo ser explicado pela maior dificuldade em podar os galhos mais altos. Em relação ao método semimecanizado, as produtividades médias na primeira, segunda e terceira podas foram, respectivamente, 63,4, 67,2 e 84,5 árvores por hora efetiva, com diferença significativa entre as podas ao nível de 5% de significância. Com os resultados

obtidos ficou evidente o ganho de produtividade na execução das podas mais altas no método semimecanizado, enquanto no método manual houve um decréscimo na produtividade.

### 5.1.3 Qualidade da poda

Os parâmetros utilizados para a avaliação da qualidade da poda executada pelos métodos manual e semimecanizado foram a quantidade e o tamanho de tocos de galhos e injúrias aparentes no lenho, a partir de uma amostragem de 10% do total de árvores podadas. Foram considerados como aceitáveis os tocos de galhos com comprimento menor que um centímetro, aceitáveis com ressalvas, os tocos com comprimento entre um e dois centímetro e não aceitáveis os tocos com comprimento acima de dois centímetros.

Na Tabela 23 são apresentados os números de árvores e galhos podados por trabalhador nos diferentes tipos e métodos de poda. É possível notar que, houve uma diminuição na quantidade de galhos podados com o aumento da altura, devido à distância entre as coroas de galhos aumentarem com o crescimento da árvore até atingir idade adulta.

**Tabela 23.** Número médio de galhos e árvores podadas no método manual e semimecanizado.

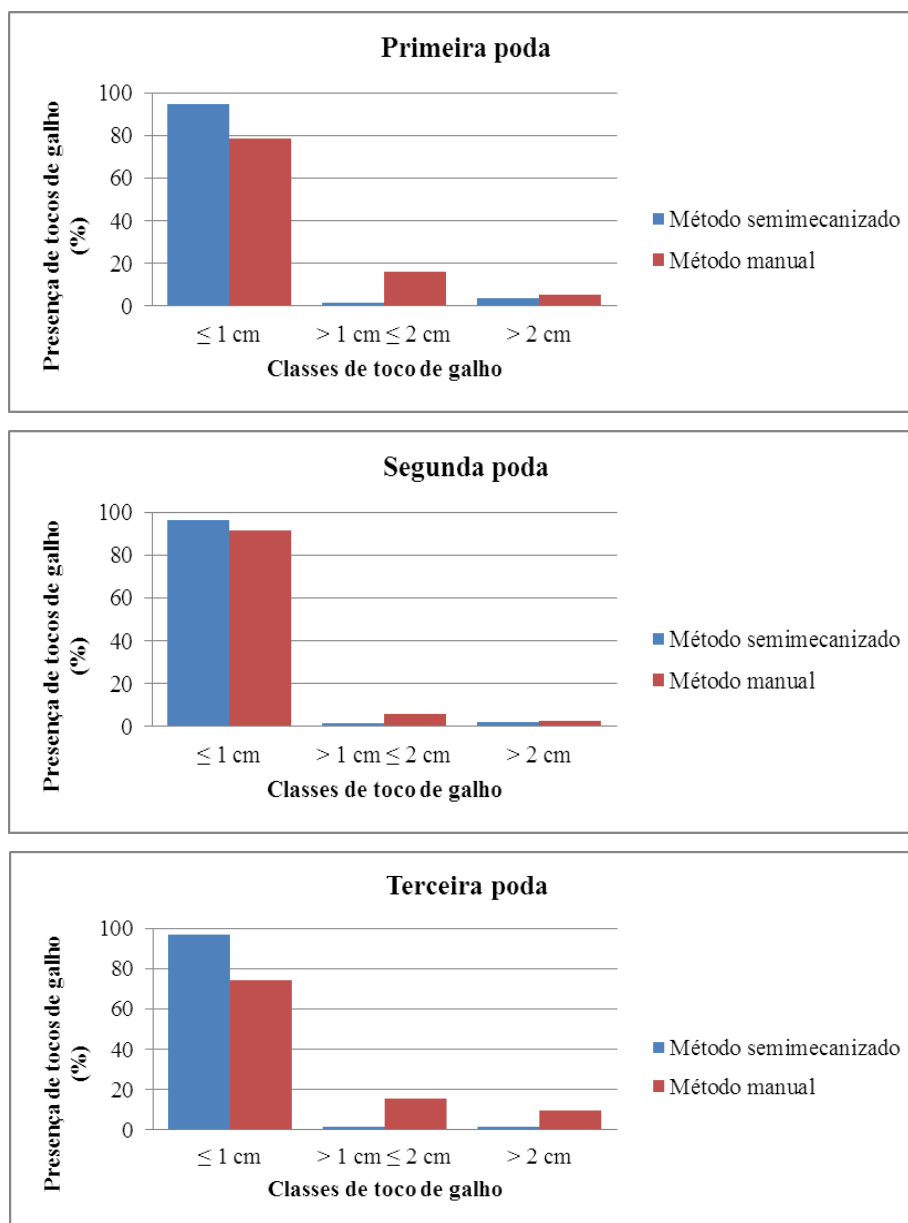
Atividade	Árvores amostradas	Galhos podados	Média de galhos podados por árvore	Média de galhos podados por trabalhador
1ª Poda manual	48	980	20	245
1ª Poda semimecanizada	48	1072	22	268
2ª Poda manual	80	836	10	209
2ª Poda semimecanizada	80	1094	14	274
3ª Poda manual	93	772	8	193
3ª Poda semimecanizada	100	839	8	210

\* significativo a 5%

<sup>ns</sup> não significativo a 5%

É possível ainda verificar que, a quantidade de galhos podados no método manual foi inferior ao método semimecanizado, apresentando diferenças significativas na primeira e segunda poda. Apesar da orientação recebida pelos trabalhadores em relação aos procedimentos de execução da poda, a diferença de altura entre os métodos pode ter ocorrido em função dos trabalhadores terem executado a poda acima da altura máxima especificada no método semimecanizado ou abaixo da altura especificada no método manual, sendo essa uma

situação de difícil mensuração. As distribuições percentuais de tocos de galhos, nas diferentes classes de tamanho, para todas as podas e métodos estudados são mostradas na Figura 10.



**Figura 10.** Distribuição percentual média nas diferentes classes de tocos de galhos.

Como pode ser observado, em todas as podas realizadas houve maior quantidade de tocos com comprimento menor que um centímetro, mostrando que a qualidade da atividade em relação a esse parâmetro foi atendida. É possível verificar ainda, que com exceção da primeira poda executada pelo método manual, na medida em que aumentou a altura de execução da poda, houve aumento da presença de tocos de galhos, principalmente no método

manual. Tal fato pode estar relacionado à dificuldade de apoio da serra rente ao tronco da árvore, fato não observado no método semimecanizado com o uso da motopoda.

Foi feita a análise estatística da quantidade de galhos inferiores a um centímetro, por tratar-se da classe aceitável e por compor mais de 70% dos galhos podados em todas as podas estudadas. A análise do teste t mostrou que houve diferença significativa ao nível de 5% entre ambos os métodos, nas três podas realizadas (Tabela 24). Tal resultado evidencia que a qualidade do método de poda semimecanizado foi superior ao método manual em relação à presença de tocos de galhos.

A análise estatística das injúrias aparentes no lenho, pelo teste t é apresentado na Tabela 25.

**Tabela 24.** Análise estatística da quantidade percentual média de galhos podados menores que um centímetro.

Atividade	Percentual de tocos de galhos ≤ 1 cm (%)
1ª Poda manual	79,0 *
1ª Poda semimecanizada	95,0
2ª Poda manual	92,0 *
2ª Poda semimecanizada	96,0
3ª Poda manual	74,5 *
3ª Poda semimecanizada	97,1

\* significativo a 5%

**Tabela 25.** Injúrias no lenho das árvores podadas pelo método manual e semimecanizado.

Atividade	Árvores amostradas	Galhos podados	Média de galhos podados por árvore	Injúrias médias aparentes no lenho
1ª Poda manual	48	980	20	14 (1%)
1ª Poda semimecanizada	48	1072	22	58 (5%) *
2ª Poda manual	80	836	10	14 (2%)
2ª Poda semimecanizada	80	1094	14	76 (7%) *
3ª Poda manual	93	772	8	22 (3%)
3ª Poda semimecanizada	100	839	8	61(7%) *

\* significativo a 5%

Em relação às injúrias no lenho das árvores podadas foi possível verificar que, os maiores danos ocorreram no método semimecanizado, com diferenças estatísticas nas três podas. A dificuldade de manuseio da motopoda e da visualização do toco do galho no momento de execução da atividade podem ter contribuído para a pior qualidade em relação ao parâmetro injúrias no lenho.

## 5.2 Análise econômica

Foram calculados os custos operacionais e de produção para as atividades de roçada e poda nos métodos manual e semimecanizado. A base de dados utilizados nos cálculos é apresentada no Anexo II.

### 5.2.1 Atividade de roçada

Na Tabela 26 são apresentados os valores médios dos custos fixos, variáveis e de administração, que totalizaram custos operacionais totais de R\$ 8,23 e R\$ 16,18 por hora efetiva de trabalho para os métodos de roçada manual e semimecanizada, respectivamente.

**Tabela 26.** Custos operacionais da roçada manual e semimecanizada.

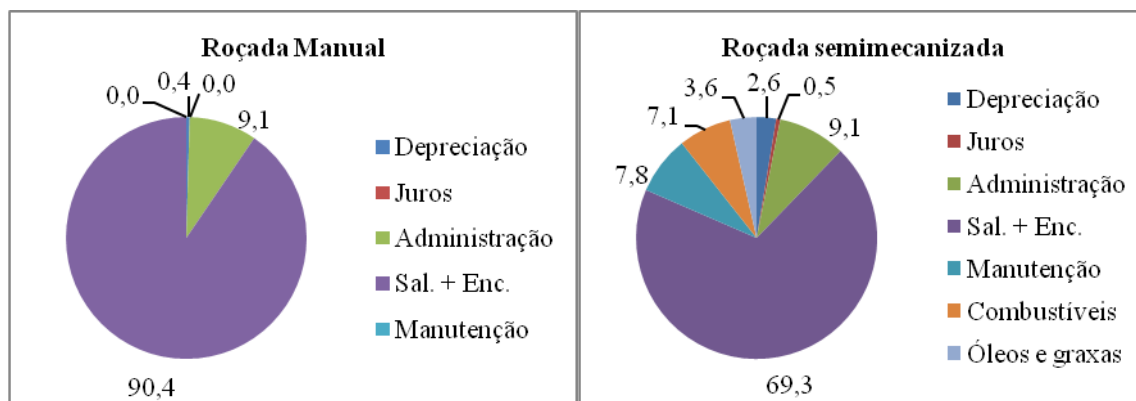
Item do Custo	Roçada manual (R\$/he)	Roçada semimecanizada (R\$/he)
Custo fixo	0,04	0,51
Custo variável	7,45	14,20
Custo administrativo	0,75	1,47
Total	8,23	16,18

Como pode ser observado, os custos foram sempre maiores no método semimecanizado, principalmente devido aos componentes salário dos trabalhadores e depreciação da máquina. As produtividades e os custos de produção da roçada, em ambos os métodos são mostrados na tabela 27.

**Tabela 27.** Produtividade e custo de produção da roçada manual e semimecanizada.

Atividade	Produtividade (ha/he)	Eficiência Operacional (%)	Custo de Produção (R\$/ha)
Roçada manual	0,08	78	109,75
Roçada semimecanizada	0,07	68	223,20

Como pode ser visto, o custo de produção da roçada manual foi de R\$ 109,75 por hora efetiva, enquanto no método semimecanizado foi de R\$ 223,20 por hora efetiva, sendo neste caso utilizada a produtividade fornecida pela própria empresa, de 0,07 ha/he e 0,08 ha/he nos métodos manual e semimecanizado, respectivamente. A participação percentual dos custos fixos, variáveis e de administração no custo operacional total da roçada manual e semimecanizada são mostradas na Figura 11.



**Figura 11.** Distribuição percentual dos componentes dos custos de roçada pelos métodos manual e semimecanizado.

Em relação à roçada manual, os custos fixos corresponderam a apenas 0,4%, os custos variáveis a 90,4% e o custo de administração a 9,1% dos custos totais, enquanto na roçada semimecanizada, os custos fixos representaram 3,1%, os custos variáveis a 87,8% e os custos de administração a 9,1% dos custos totais. É importante ressaltar que, dentre os custos variáveis, em ambos os métodos estudados, destacou-se os custos com salário e encargos sociais dos trabalhadores, que corresponderam a 90,4% e 69,3% dos custos totais, para os métodos manual e semimecanizado, respectivamente.

### 5.2.2 Atividade de poda

Os custos operacionais das atividades de primeira, segunda e terceira poda, referente a ambos os métodos estudados são mostrados na Tabela 28. Como pode ser visto, em todas as podas realizadas, houve um maior custo operacional do método semimecanizado, ocasionado pelo maior custo fixo dado à depreciação da máquina e pelo maior salário do trabalhador.

**Tabela 28.** Custos operacionais das podas manual e semimecanizada.

Item do Custo (R\$/he)	Primeira poda		Segunda poda		Terceira poda	
	M	SM	M	SM	M	SM
Custo fixo	0,08	0,45	0,06	0,79	0,08	0,88
Custo variável	7,61	15,07	7,60	15,10	7,61	15,04
Custo administrativo	0,77	1,55	0,77	1,59	0,77	1,59
Total	8,45	17,07	8,43	17,48	8,45	17,50

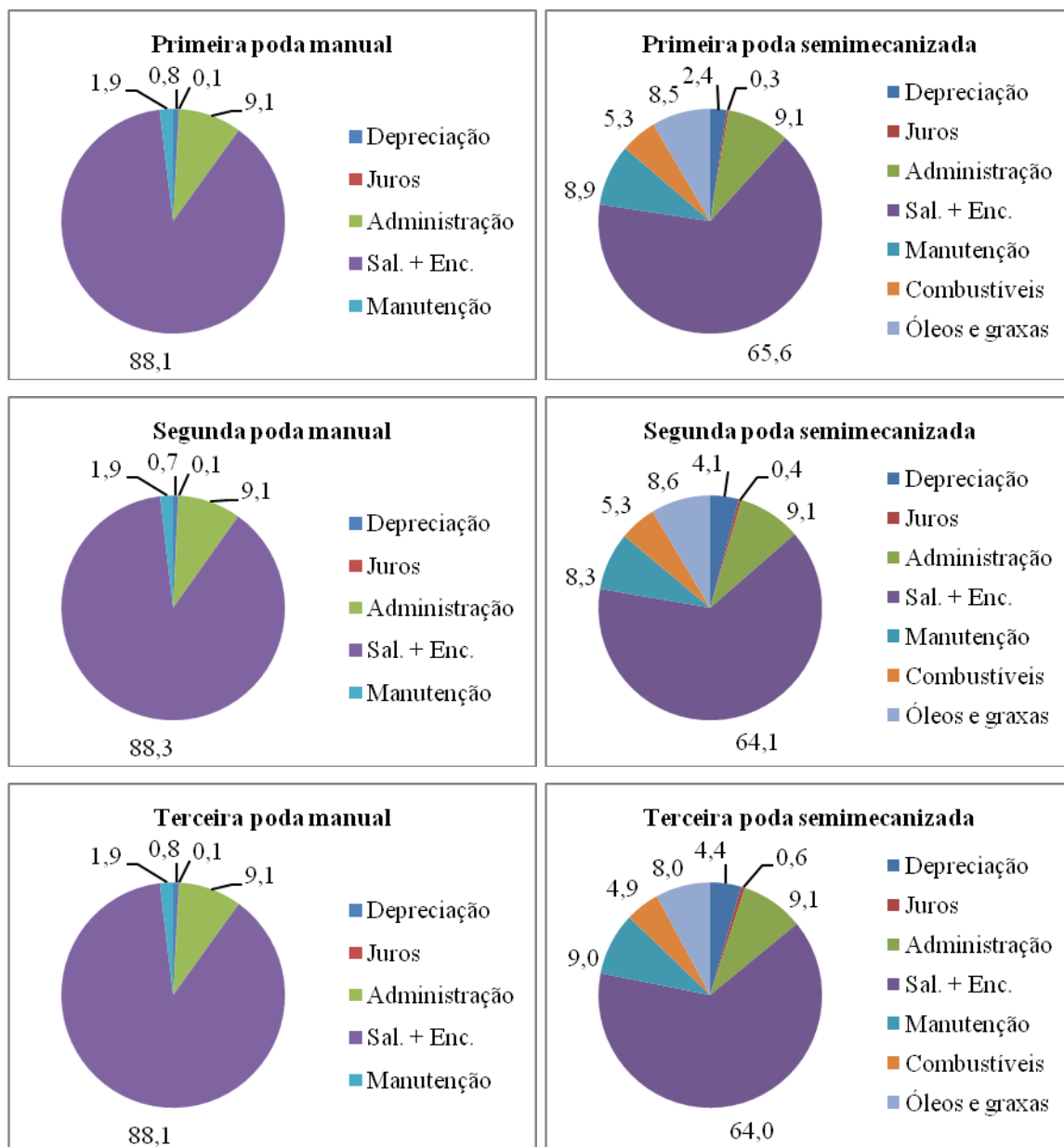
M = Método anual; SM = Método semimecanizado.

Na Tabela 29 são apresentadas as produtividades e os custos de produção das atividades de poda realizadas pelos métodos manual e semimecanizado. Como pode ser observado, em todas as podas, o custo de produção no método semimecanizado é superior ao manual, ocasionado também pelo maior custo fixo e custo com salário do trabalhador envolvido nesta atividade. Além disso, verifica-se que o custo de produção no método semimecanizado foi superior ao método manual em todas as podas, com valores 80%, 24% e 25% para a primeira, segunda e terceira poda, respectivamente.

**Tabela 29.** Produtividade e custo de produção da poda manual e semimecanizada.

Método	Produtividade (ha/he)	Eficiência Operacional (%)	Custo de Produção (R\$/ha)
Primeira poda			
Manual	0,03	70,0	249,52
Semimecanizado	0,04	76,0	448,91
Segunda poda			
Manual	0,02	73,0	349,93
Semimecanizado	0,04	79,0	433,91
Terceira poda			
Manual	0,03	71,0	272,65
Semimecanizado	0,05	73,0	345,24

Na Figura 12 são mostradas as participações percentuais dos custos fixos, variáveis e de administração no custo operacional total da primeira, segunda e terceira poda, executadas pelos métodos manual e semimecanizado. Em todos os métodos e tipos de poda, o maior percentual foi ocupado pelo custo com salário e encargos sociais do trabalhador.



**Figura 12.** Distribuição percentual dos componentes dos custos de poda pelos métodos manual e semimecanizado.

Como pode ser observado, em relação à primeira poda manual, os custos fixos corresponderam a 0,9%, os custos variáveis a 90% e os custos de administração a 9,1% dos custos totais, perfazendo um custo operacional total de R\$ 8,45 por hora efetiva. No método semimecanizado, os custos fixos corresponderam a 2,7%, os variáveis a 88,2% e os de administração a 9,1% dos custos totais, perfazendo um custo operacional de R\$ 17,07 por hora efetiva de trabalho.



Na segunda poda manual, os resultados foram semelhantes, devendo ressaltar que o custo operacional total foi de R\$ 8,43 por hora efetiva, enquanto para o método semimecanizado, o custo operacional total foi de R\$ 17,48 por hora efetiva.

Por fim, na terceira poda foram encontrados os maiores custos, devendo destacar no método manual, a participação de 0,9% dos custos fixos, 90% dos custos variáveis e 9,1% do custo de administração nos custos totais, perfazendo um custo operacional de R\$ 8,45 por hora efetiva de trabalho. Por outro lado, no método semimecanizado, observou-se uma participação de 5,0% dos custos fixos, 85,9% dos custos variáveis e 9,1% dos custos de administração, acarretando em um custo operacional total de R\$ 17,50 por hora efetiva.

### **5.3 Análise ergonômica**

#### **5.3.1 Carga de trabalho físico**

Neste estufo foram estabelecidas as fases de cada atividade, bem como o tempo médio demandado, as frequências cardíacas em repouso, no trabalho, máxima e limite, a carga cardiovascular, o tempo de repouso (quando necessário). Por fim, foi realizada a classificação do trabalho de acordo com a frequência cardíaca.

##### **5.3.1.1 Atividade de roçada**

Na Tabela 30 são apresentados os resultados da carga de trabalho físico dos trabalhadores na atividade de roçada realizada pelos métodos manual e semimecanizado. Como pode ser observado, de modo geral, a atividade de roçada manual foi classificada como pesada, enquanto no método semimecanizado, a atividade foi classificada como moderadamente pesada, porém, com cargas cardiovasculares médias abaixo do limite máximo indicado de 40% (Apud, 1989).

**Tabela 30.** Carga de trabalho físico exigida na roçada manual e semimecanizada.

Atividade	Fase do ciclo	TM (min)	FCR (bpm)	FCT (bpm)	FCM (bpm)	CCV (%)	FCL (bpm)	TR (min/h)	Classificação do trabalho
Roçada Manual	Roçada	131,74		133		52		14	P
	Manutenção	3,86	73	116	188	37	119	-	MP
	Deslocamento	14,39		111		34		-	MP
	Pausas	21,07		94		19		-	L
	MÉDIA/TOTAL	171,06	73	126	188	35	119	14	P
Roçada Semimecanizada	Roçada	138,67		123		44		5	MP
	Abastecimento	4,42		106		29		-	MP
	Deslocamento	16,36	73	106	188	29	119	-	MP
	Manutenção	3,35		102		24		-	MP
	Pausas	40,96		100		26		-	MP
	MÉDIA/TOTAL	203,75	73	116	188	30	119	5	MP

TM: Tempo médio demandado no trabalho; FCR: frequência cardíaca média em repouso; FCT: frequência cardíaca média em operação; FCM: frequência cardíaca média máxima (220 – idade); CCV: carga cardiovascular; FCL: frequência cardíaca limite; TR: tempo de repouso. L: Leve; MP: trabalho moderadamente pesado; e P: Pesado.

Em relação ao método de roçada manual, verifica-se que a fase que exigiu um maior esforço físico dos trabalhadores foi a roçada propriamente dita, com FCT de 133 bpm e CCV de 52%, valor muito acima à FCL de 119 bpm e CCV de 40%. Isso mostra a ocorrência de sobrecarga física nos trabalhadores e a necessidade da reorganização ergonômica do trabalho ou o estabelecimento de pausas de recuperação adicional de 14,0 minutos por hora trabalhada.

As demais fases da roçada manual não apresentaram sobrecarga física nos trabalhadores, sendo classificadas de leve a moderadamente pesada. Tal fato contribuiu para amenizar o maior esforço físico da atividade, apesar da atividade de roçada manual ter sido classificada, de modo geral, como pesada.

É possível constatar ainda no método manual que, a maior exigência física pode ter sido afetada pela maior eficiência operacional do trabalho, com os trabalhadores usando um menor tempo para a realização de pausas de recuperação.

Portanto, diante dos resultados obtidos, verifica-se a importância do estabelecimento de medidas ergonômicas, como a melhoria dos métodos de trabalho ou rodízios de funções entre os trabalhadores que atuam nas atividades silviculturais, devido principalmente ao fato dos trabalhadores que atuam na roçada manual, em 78% da jornada de trabalho, realizam a roçada propriamente dita que demandou elevado esforço físico.

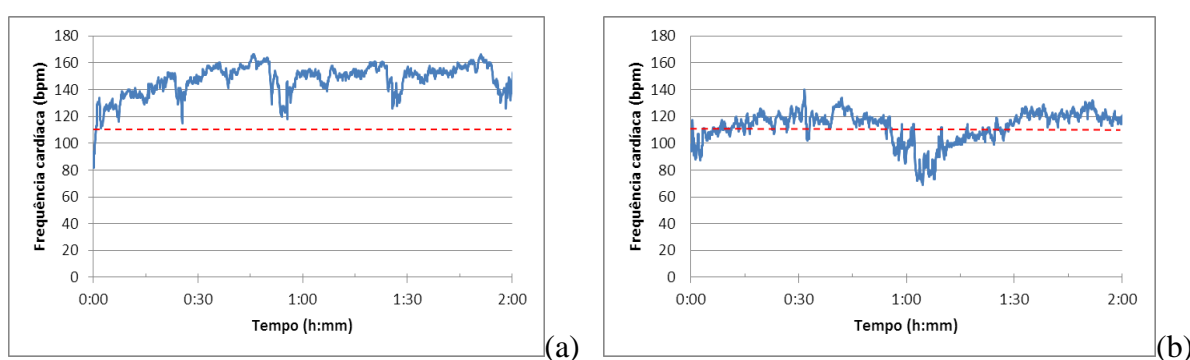
Em relação ao método de roçada semimecanizado é possível observar que, a fase de

maior exigência física dos trabalhadores foi também a roçada propriamente dita, com FCT de 123 bpm e CCV de 44%, valor ligeiramente superior à FCL de 119 bpm e CCV de 40%, mostrando a necessidade do estabelecimento de pausas adicionais de recuperação de 5,0 minutos por hora trabalhada. Em seguida, nota-se que as demais fases do trabalho apresentaram CCV bem abaixo ao limite máximo recomendado, mostrando não haver sobrecarga física dos trabalhadores, sendo então todas as fases da atividade classificadas como moderadamente pesadas.

Os resultados obtidos confirmam o estudo realizado por Ferreira (2006), que também classificou a roçada mecanizada como uma atividade moderadamente pesada, encontrando FCT de 112 bpm, porém com CCV de 35%. Este maior esforço físico encontrado pode estar relacionado a vários fatores, dentre os quais cita-se as diferenças físicas entre os trabalhadores, hábitos alimentares e características da vegetação.

Diante dos resultados, ficou evidente que a roçada executada pelo método manual acarretou um maior esforço físico dos trabalhadores, quando comparado ao método semimecanizado, mostrando a importância da mecanização da atividade de roçada para a saúde dos trabalhadores, do ponto de vista da sobrecarga física. Porém, deve-se considerar que, na roçada semimecanizada, o trabalhador poderá estar exposto a elevados níveis de ruído, vibração e gases poluentes.

Na Figura 13 são mostrados histogramas de frequência cardíaca de um trabalhador atuando em ambos os métodos de roçada, por um determinado período de tempo.



**Figura 13.** Frequência cardíaca típica observada de um trabalhador da roçada manual (a) e semimecanizada (b) durante um determinado período. A linha pontilhada representa o limite de 110 bpm.

Como pode ser observado na Figura 13a, houve um decréscimo na frequência cardíaca do trabalhador na execução da roçada pelo método manual em intervalos de aproximadamente

30 minutos, ocasionado pelas pausas para descanso pessoal e manutenção da ferramenta. Entretanto, apesar dessa distribuição regular de pausas de recuperação realizada de forma espontânea, ficou evidente a frequência cardíaca do trabalhador acima do limite recomendado de 110 bpm, mostrando o maior esforço físico do método de roçada manual.

Em relação ao método semimecanizado, conforme observado na Figura 13b, houve uma redução nos batimentos cardíacos do trabalhador durante a fase de deslocamento, seguido pelo abastecimento e manutenção da roçadora. Na maior parte do período observado, a frequência cardíaca ficou em torno do limite de 110 bpm, evidenciando o menor esforço físico do método semimecanizado.

### **5.3.1.2 Atividade de poda**

Na Tabela 31 são apresentados os resultados da carga de trabalho físico dos trabalhadores nas atividades de poda executadas pelos métodos manual e semimecanizado. Como pode ser observado, as atividades de poda em ambos os métodos estudados foram classificadas, de modo geral, como moderadamente pesada, porém com cargas cardiovasculares médias abaixo do limite máximo indicado de 40% (Apud, 1989).

A atividade que exigiu o maior esforço físico dos trabalhadores foi a primeira poda realizada pelo método manual, com FCT de 116 bpm e CCV de 39%, valor muito próximo ao limite máximo recomendado. Ao analisar somente a fase de poda propriamente dita, o valor da FCT subiu para 127 bpm e CCV para 49%, mostrando ser a fase de maior exigência física dos trabalhadores e necessidade do estabelecimento de pausas de recuperação adicional de 11,0 minutos por hora trabalhada. Já a primeira poda executada pelo método semimecanizado, apresentou FCT de 112 bpm e CCV de 35%, valor também abaixo do limite máximo recomendado.

Considerando que a fase de poda manual propriamente dita demandou aproximadamente 70% do tempo do ciclo de trabalho, ficou evidente a necessidade de uma reorganização ergonômica da atividade, por meio da melhoria da ferramenta e dos métodos de trabalho. Kirk e Parker (1996), estudando a primeira poda manual executada com tesoura em Douglas Fir (*Pseudotsuga menziesii*), na Nova Zelândia, encontraram valores de FCT de 112 bpm, classificando o trabalho como moderadamente pesado.

**Tabela 31.** Carga de trabalho físico dos trabalhadores da poda.

Atividade	Fase do ciclo	TM (min)	FCR (bpm)	FCT (bpm)	FCM (bpm)	CCV (%)	FCL (bpm)	TR (min)	Classificação do trabalho
1ª Poda Manual	Poda	141,02		127		49		11	PE
	Deslocamento	18,25	73	103	184	27	117	-	MP
	Pausas	42,94		84		10		-	L
	MÉDIA/TOTAL	202,21	73	116	184	39	117	11	MP
1ª Poda Semimecanizada	Poda	114,35		115		38		-	MP
	Abastecimento	5,79		95		20		-	L
	Deslocamento	10,75	73	113	184	36	117	-	MP
	Manutenção	8,10		95		20		-	L
	Pausas	11,25		97		22		-	L
	MÉDIA/TOTAL	150,25	73	112	184	35	117	-	MP
2ª Poda Manual	Poda	301,63		110		39		-	MP
	Deslocamento	10,13	64	103	179	34	110	-	MP
	Pausas	97,04		89		21		-	L
	MÉDIA/TOTAL	408,79	64	105	179	35	110	-	MP
2ª Poda Semimecanizada	Poda	182,71		103		34		-	MP
	Abastecimento	11,17		88		21		-	L
	Deslocamento	11,48	64	93	179	25	110	-	L
	Manutenção	12,46		92		24		-	L
	Pausas	13,77		94		26		-	L
	MÉDIA/TOTAL	231,58	64	100	179	32	110	-	MP
3ª Poda Manual	Poda	272,67		107		35		-	MP
	Deslocamento	13,98	66	100	183	29	113	-	MP
	Pausas	102,48		93		23		-	L
	MÉDIA/TOTAL	389,13	66	103	183	32	113	-	MP
3ª Poda Semimecanizada	Poda	181,08		110		37		-	MP
	Abastecimento	8,00		90		20		-	L
	Deslocamento	12,71	66	109	183	36	113	-	MP
	Manutenção	17,19		105		33		-	MP
	Pausas	32,04		100		29		-	MP
	MÉDIA/TOTAL	251,02	66	108	183	36	113	-	MP

TM: Tempo demandado no trabalho; FCR: Frequência cardíaca repouso; FCT: Frequência cardíaca no trabalho; FCM: Frequência cardíaca máxima (220 – idade); CCV: Carga cardiovascular; FCL: Frequência cardíaca limite; TR: Tempo de repouso; PE: Trabalho pesado; MP: Trabalho moderadamente pesado; L: Trabalho leve.

Em relação à atividade de segunda poda em ambos os métodos estudados, observa-se que a CCV permaneceu abaixo do limite de 40%, mostrando não haver sobrecarga física do trabalhador. No método manual, a FCT média foi de 105 bpm e CCV de 35%, enquanto no método semimecanizado, a FCT média foi de 100 bpm e CCV de 32%. Analisando as fases

de poda propriamente dita, verificou-se que no método manual, a FCT foi de 110 bpm e CCV de 39%, enquanto no semimecanizado, a FCT foi de 103 bpm e CCV de 34%, indicando novamente o maior esforço físico nesta fase da atividade, que representou 74 e 79% do tempo total da jornada de trabalho nos métodos manual e semimecanizado, respectivamente.

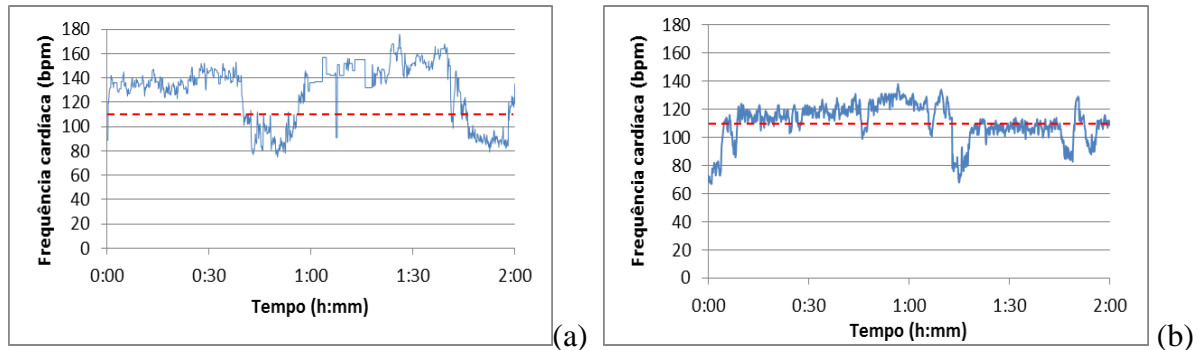
Por fim, na terceira poda, em ambos os métodos estudados, a FCT também esteve abaixo da frequência cardíaca limite de 110 bpm e CCV de 40%. É possível observar uma mudança no comportamento da FCT, que se mostrou maior no método semimecanizado com FCT de 108 bpm. Esse maior esforço deveu-se ao fato dos galhos a serem podados estarem localizados em maior altura, fazendo com que os trabalhadores necessitassem levantar a motopoda verticalmente e apoiando todo o peso de 86 N da máquina apenas nas mãos e braços, com mudanças frequentes de posicionamento durante a execução do trabalho. Além disso, essa situação fez com que o trabalhador necessitasse abaixar a parte frontal da motopoda entre uma árvore e outra para aliviar o excesso de carga. Portanto, os movimentos de sustentação da motopoda pelos membros superiores e a necessidade de repetição desses movimentos durante a jornada de trabalho pode ter contribuído para o maior esforço físico.

É importante ressaltar, ainda, que a segunda poda apresentou um menor esforço físico dos trabalhadores em ambos os métodos, quando comparados à primeira poda. Apesar de a máquina utilizada possuir um maior peso, outros fatores podem ter contribuído para o menor desgaste físico dos trabalhadores, como a menor quantidade de galhos podados.

Os resultados obtidos comprovam ainda que as pausas espontâneas e os deslocamentos realizados pelos trabalhadores ao longo da jornada de trabalho na execução da poda pelo método manual contribuíram de forma significativa para a recuperação, evitando a ocorrência de sobrecarga física. Entretanto, deve-se enfatizar que o elevado percentual de pausas realizadas no trabalho (23%), acarretou em perda de eficiência e produtividade, podendo ser obtida uma melhoria da eficiência do trabalho com a realização de pausas mais curtas e frequentes durante o trabalho.

É importante ressaltar que, em geral, os métodos de poda não apresentaram sobrecarga física nos trabalhadores, porém, realizando uma análise individualizada, observou-se indivíduos que apresentaram sobrecarga física. Vosniak (2009), estudando a carga de trabalho físico em trabalhadores na atividade de adubação de arranque, também encontrou valores individuais de elevada sobrecarga física, mostrando a necessidade da realização de outros estudos, como a capacidade aeróbica dos trabalhadores.

Na Figura 14 são mostradas as variações da frequência cardíaca, em batimentos por minuto, de um trabalhador executando a primeira poda em ambos os métodos estudados.

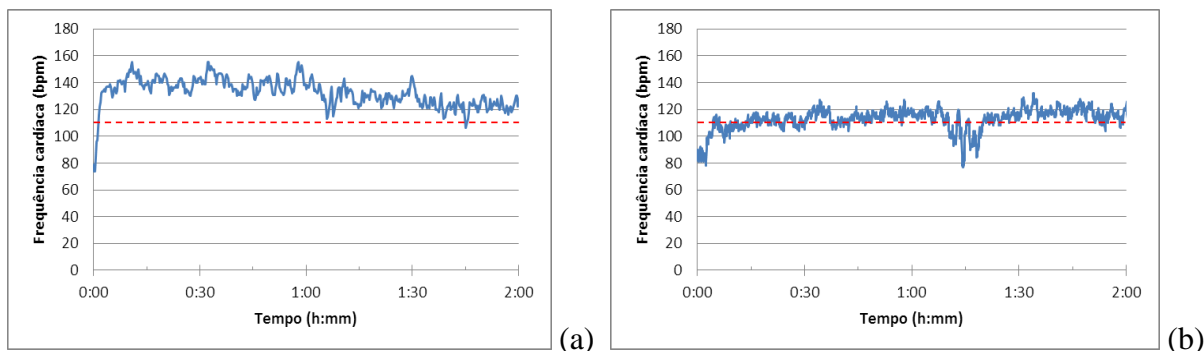


**Figura 14.** Variação da frequência cardíaca típica observada de um trabalhador na primeira poda executada pelo método manual (a) e semimecanizado (b) durante um determinado período. A linha pontilhada representa o limite de 110 bpm.

Como se pode notar (Figura 14a), houve um rápido aumento da frequência cardíaca no método manual quando comparado com o mesmo período no semimecanizado. Entretanto, com o passar do tempo, a frequência cardíaca começou a diminuir, sugerindo a ocorrência de maior desgaste físico neste método de trabalho. Tal fato é preocupante, pois, segundo Souza (1993), conforme o cansaço aumenta, o ritmo de trabalho e o raciocínio diminuem, tornando o trabalhador menos produtivo e mais susceptível aos erros e acidentes.

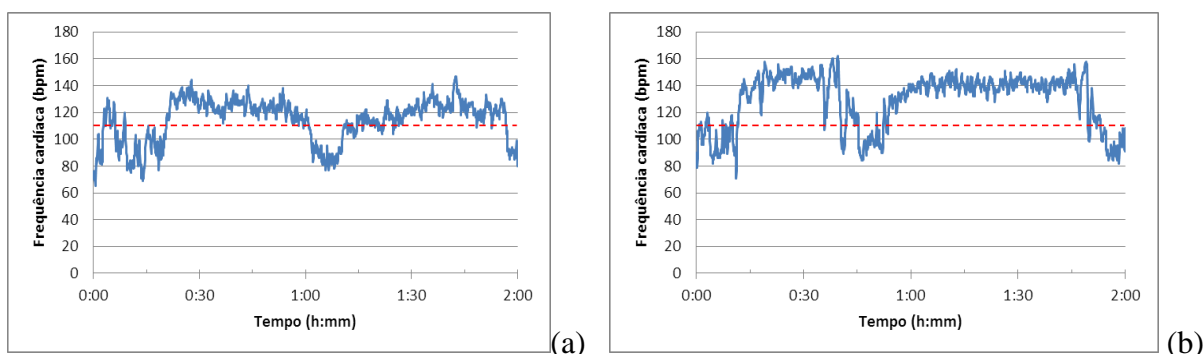
Em relação à poda semimecanizada, observou-se que o trabalhador somente realiza as pausas no momento do abastecimento da máquina (Figura 14b), após 1h15 de trabalho. O método foi classificado como moderadamente pesado, com FCT de 112 bpm, fato este que pode ser facilmente percebido na figura. Apesar de está acima dos 110 bpm recomendados, não houve sobrecarga física no trabalhador. Além disso, ficou evidente que na maior parte do período observado, a frequência cardíaca esteve em torno do limite de 110 bpm, evidenciando o menor esforço físico do método semimecanizado em relação ao manual.

Na Figura 15 encontra-se representada a frequência cardíaca, em batimentos por minuto, de um trabalhador executando a segunda poda em ambos os métodos de trabalho.



**Figura 15.** Variação da frequência cardíaca típica observada de um trabalhador na segunda poda executada pelo método manual (a) e semimecanizado (b) durante um determinado período. A linha pontilhada representa o limite de 110 bpm.

Em relação ao método manual (Figura 15a), ficou evidente que na maior parte do período observado, a frequência cardíaca esteve acima do limite de 110 bpm, evidenciando o maior esforço físico desse método. Já no método semimecanizado, novamente ficou evidente a redução dos batimentos cardíacos do trabalhador no momento da pausa e abastecimento da motopoda, realizada em torno de 1h15 de trabalho. Por fim, a Figura 16 mostra um período da frequência cardíaca de um trabalhador executando a terceira poda por meio de ambos os métodos de trabalho.



**Figura 16.** Variação da frequência cardíaca típica observada de um trabalhador na terceira poda executada pelo método manual (a) e semimecanizado (b) durante um determinado período. A linha pontilhada representa o limite de 110 bpm.

No método manual (Figura 16a), verifica-se a ocorrência de pausas em torno de uma hora trabalhada, com frequência cardíaca situada em torno do limite máximo recomendado. Já no método semimecanizado, observa-se a ocorrência de uma pausa para manutenção em torno dos 45 minutos outra em cerca de duas horas de trabalho, com ligeira superioridade na



frequência cardíaca, evidenciando que na execução da poda mais alta, os esforços físicos foram semelhantes em ambos os métodos de trabalho.

### **5.3.2 Análise de postura**

A baixa variabilidade das posturas assumidas pelos trabalhadores na execução do trabalho indicou que as atividades estudadas são cíclicas, com as posturas se repetindo inúmeras vezes durante a jornada de trabalho e diferindo apenas na duração das mesmas.

A classificação das posturas em categorias de ação possibilita o desenvolvimento de novos métodos de trabalho e a adoção de medidas preventivas, evitando, principalmente, o risco de lombalgias e problemas posturais futuros aos trabalhadores.

#### **5.3.2.1 Atividade de roçada**

A Figura 17 mostra as quatro posturas típicas adotadas pelos trabalhadores na execução da roçada no método manual. Em relação à roçada semimecanizada, foram selecionadas três posturas típicas estáticas adotadas pelos trabalhadores e utilizadas para as análises (Figura 18).

A partir das análises dessas posturas no *software*, constatou-se que, na roçada manual, em 59% das observações durante o trabalho, a coluna lombar do trabalhador permaneceu curvada, enquanto em 41% das observações, a coluna estava ligeiramente curvada e torcida; em 100% das observações os braços estavam abaixo do nível dos ombros e com trabalhador se deslocando e manuseando a ferramenta com peso abaixo de 100 N.










**Figura 17.** Posturas típicas selecionadas na roçada manual.



**Figura 18.** Posturas típicas selecionadas na roçada semimecanizada.

Na roçada semimecanizada, a partir das três posturas típicas selecionadas, verificou-se que em 74% das observações ao longo do trabalho, a coluna lombar dos trabalhadores estava ereta e em 26% estava torcida; em todas as observações ambos os braços permaneceram abaixo do nível dos ombros e com o trabalhador caminhando e manuseando a máquina com peso abaixo de 100 N. Os resultados da análise postural dos trabalhadores na atividade de roçada manual e semimecanizada pelo método OWAS, são apresentados na Figura 19.

Roçada manual															
Postura 1 (19% do tempo)				Postura 2 (16% do tempo)				Postura 3 (20% do tempo)				Postura 4 (40% do tempo)			
															
Costas	Braços	Pernas	Carga	Costas	Braços	Pernas	Carga	Costas	Braços	Pernas	Carga	Costas	Braços	Pernas	Carga
2	1	7	1	4	1	7	1	4	1	7	1	2	1	7	1
Categoria 2				Categoria 2				Categoria 2				Categoria 2			
Necessárias medidas corretivas em longo prazo.				Necessárias medidas corretivas em longo prazo.				Necessárias medidas corretivas em longo prazo.				Necessárias medidas corretivas em longo prazo.			
Roçada semimecanizada															
Postura 1 (23% do tempo)				Postura 2 (49% do tempo)				Postura 3 (25% do tempo)							
															
Costas	Braços	Pernas	Carga	Costas	Braços	Pernas	Carga	Costas	Braços	Pernas	Carga				
1	1	7	1	1	1	7	1	3	1	7	1				
Categoria 1				Categoria 1				Categoria 1							
Não são necessárias medidas corretivas.				Não são necessárias medidas corretivas.				Não são necessárias medidas corretivas.							

**Figura 19.** Análise das posturas típicas adotadas pelos trabalhadores na roçada manual e semimecanizada.

Como pode ser observado, de um modo geral, todas as posturas adotadas pelos trabalhadores na execução da roçada manual se enquadraram na categoria 2, mostrando a necessidade da adoção de correções a longo prazo.

A postura típica 1 foi verificada em 19% do tempo trabalhado, a postura 2 em 16%, a postura 3 em 20% e a postura 4 em 40%. Os outros 5% restantes referiram às posturas aleatórias não comuns e que não foram amostradas. Já na semimecanizada, todas as posturas enquadraram-se na categoria 1, não necessitando medidas ergonômicas corretivas. A postura 1 ocupou 23% do tempo, a postura 2 ocupou 49% e a postura 3 ocupou 25%, enquanto os outros 3% foram posturas aleatórias não amostradas.

É possível verificar ainda que, em nenhum momento, o trabalhador permaneceu com a coluna ereta na execução da roçada pelo método manual, mantendo-a sempre curvada ou curvada e torcida, com as costas enquadrando-se na categoria 3. Isso mostra a necessidade da adoção de medidas corretivas tão logo seja possível, situação que ocorreu devido ao fato da necessidade do trabalhador executar a roçada da vegetação próxima ao solo (20 a 30 cm). Além disso, a foice utilizada no trabalho media 1,15 m (cabo + ferramenta), fazendo com que a adoção de posturas com as costas eretas fosse impraticável, além da lâmina da foice ficar muito próxima às pernas do trabalhador, com perigo eminente de acidentes.

A manutenção de posturas inadequadas por períodos prolongados e a solicitação predominante da coluna vertebral são fatores de risco aos trabalhadores (VILAGRA *et al.* 2006). Sendo assim, os resultados evidenciam a necessidade da adoção de medidas ergonômicas, sendo a mecanização uma alternativa viável. Portanto, caso seja necessário a execução da roçada manual em algumas áreas, torna-se necessário ajustes no comprimento do cabo da foice, de acordo com as medidas antropométricas dos trabalhadores.

Os braços dos trabalhadores se enquadraram na categoria 1, não necessitando medidas corretivas, pois ambos permaneceram abaixo dos ombros em todas as observações. Tal situação é benéfica, pois se trata uma posição favorável, que contribui para a redução do desgaste físico e conservação da saúde dos trabalhadores (VOSNIAK, 2009). Já as pernas ficaram na categoria 2, precisando de melhorias a longo prazo, pois os trabalhadores permaneceram caminhando em todas as observações, situação prejudicial e que necessita ser melhorada por meio de pausas programadas e distribuídas ao longo da jornada de trabalho.

Em relação à roçada semimecanizada, nota-se a ausência de postura com coluna curvada, com exceção da postura típica 3, situação bastante benéfica à saúde dos trabalhadores. A coluna levemente torcida para os lados, que ocorreu em 26% das observações do trabalho, levaram as costas a se enquadrar na categoria 3. Entretanto, considerando a postura favorável dos demais membros do corpo do trabalhador, verificou-se a

não necessidade de medidas corretivas para o trabalho. É importante ressaltar, ainda, que tal ocorrência na postura deveu-se aos movimentos feitos para a execução da roçada com a máquina, não caracterizando como uma postura rotineira.

Já os braços permaneceram sempre abaixo do nível dos ombros, contribuindo para menor desgaste do trabalhador, enquadrando-os na categoria 1, sem a necessidade de medidas corretivas, enquanto as pernas ficaram na categoria 2, estando os trabalhadores sempre em deslocamento.

### **5.3.2.2 Atividade de poda**

#### **a) Primeira poda manual e semimecanizada**

Nas Figuras 20 e 21 são mostradas as posturas típicas adotadas pelos trabalhadores na execução da primeira poda pelos métodos manual e semimecanizado. A partir das análises dessas posturas, verificou-se que na primeira poda manual, em 89% das observações durante o trabalho, os trabalhadores permaneceram com a coluna lombar ereta e em apenas 11% curvada; em 53% das observações um dos braços estava acima do nível dos ombros e em todo o período avaliado, os trabalhadores permaneceram em pé com as duas pernas esticadas e manuseando a ferramenta com peso abaixo de 100 N. Na poda pelo método semimecanizado, verificou-se que, em 92% das observações, a coluna lombar dos trabalhadores estava ereta, e em apenas 8% curvada; em todas as observações ambos os braços dos trabalhadores permaneceram abaixo do nível dos ombros, em pé, com as duas pernas esticadas e manuseando a máquina, com peso abaixo de 100 N.



**Figura 20.** Posturas típicas selecionadas na primeira poda manual.



**Figura 21.** Posturas selecionadas na primeira poda semimecanizada.

Os resultados da análise postural dos trabalhadores na atividade de primeira poda manual e semimecanizada, obtidos pelo método OWAS são apresentados na Figura 22, podendo verificar que a postura 3 foi a mais lesiva ao trabalhador.

<b>Primeira poda manual</b>											
Postura 1 (51% do tempo)				Postura 2 (35% do tempo)				Postura 3 (8% do tempo)			
											
Costas	Braços	Pernas	Carga	Costas	Braços	Pernas	Carga	Costas	Braços	Pernas	Carga
1	2	2	1	1	1	2	1	2	1	2	1
Categoria 1				Categoria 1				Categoria 2			
Não são necessárias medidas corretivas.				Não são necessárias medidas corretivas.				Necessárias medidas corretivas em longo prazo.			
<b>Primeira poda semimecanizada</b>											
Postura 1 (71% do tempo)				Postura 2 (12% do tempo)				Postura 3 (8% do tempo)			
											
Costas	Braços	Pernas	Carga	Costas	Braços	Pernas	Carga	Costas	Braços	Pernas	Carga
1	1	2	1	1	1	2	1	2	1	2	1
Categoria 1				Categoria 1				Categoria 2			
Não são necessárias medidas corretivas.				Não são necessárias medidas corretivas.				Necessárias medidas corretivas em longo prazo.			

**Figura 22.** Análise das posturas típicas adotadas pelos trabalhadores na primeira poda manual e semimecanizada.

Como pode ser observado, em relação ao método manual, a postura típica 1, que ocorreu em 51% das observações do trabalho, enquadrou-se na categoria 1, a postura 2 aconteceu em 35% das observações, totalizando 86% de observações sem a necessidade da

adoção de medidas ergonômicas corretivas. Entretanto, a postura 3 que ocorreu em 8% do tempo trabalhado, permaneceu na categoria 2, indicando a necessidade da adoção de medidas corretivas no método de trabalho em longo prazo.

As costas permaneceram na categoria 1, não necessitando medidas corretivas, fato este devido ao baixo percentual de tempo de permanência do trabalhador com a coluna curvada (11%), enquanto os braços se enquadraram na categoria 2, necessitando medidas corretivas a longo prazo, agravado pelo fato dos trabalhadores permanecerem grande parte da jornada de trabalho (53%) com um dos braços acima do nível dos ombros. Tal situação pode ser explicada pelo comprimento do serrote manual (1,8 m), fazendo com que o trabalhador necessitasse erguer os braços para executar a poda de galhos mais altos mostrando, dessa forma, a necessidade de ajustar o cabo dessa ferramenta conforme as medidas antropométricas dos trabalhadores. Por fim, as pernas permaneceram esticadas e enquadradas na categoria 2, ocasionado pelo fato do trabalho ser realizado sempre em pé, todavia, com melhorias dessa postura pelas pausas realizadas pelos trabalhadores ao longo da jornada de trabalho.

Em relação à primeira poda semimecanizada, verificou-se que dentre as 91% de ocorrência das posturas típicas estudadas, 75% foram ocupadas pela postura 1, 12% pela postura 2 e 8% pela postura 3. Todas as três posturas analisadas se enquadraram na categoria 1, não necessitando medidas ergonômicas corretivas. Além disso, as costas e os braços também ficaram nesta mesma categoria, enquanto as pernas se enquadraram na categoria 2, necessitando medidas corretivas a longo prazo, pelo fato dos trabalhadores permanecerem em pé e com ambas as pernas esticadas em grande parte da jornada de trabalho, situação que, de certa forma, foi amenizada com as pausas realizadas pelos trabalhadores durante o trabalho.

## **b) Segunda poda manual e semimecanizada**

Nas Figuras 23 e 24 são mostradas as posturas típicas adotadas pelos trabalhadores na execução da segunda poda pelos métodos manual e semimecanizado. Para ambas as podas, foram selecionadas três posturas típicas.





**Figura 23.** Posturas selecionadas na segunda poda manual.









**Figura 24.** Posturas selecionadas na segunda poda semimecanizada.

No método manual, é possível verificar que, em todas as observações, a coluna dos trabalhadores permaneceu ereta, em 84% das observações um dos braços estava acima do nível dos ombros e em todo o período avaliado, os trabalhadores permaneceram em pé com as duas pernas esticadas e manuseando a ferramenta com peso abaixo de 100 N. No método semimecanizado, foram selecionadas também três posturas típicas, onde se constatou que as costas permaneceram eretas em todo o período amostrado, os braços estavam abaixo do nível

dos ombros em 88% das observações, e em todo o período, os trabalhadores permaneceram em pé, com as duas pernas esticadas e manuseando peso abaixo de 100 N.

Na Figura 25 é mostrada a análise postural da segunda poda manual e semimecanizada, conforme dados obtidos pelo método OWAS.

Segunda poda manual											
Postura 1 (16% do tempo)				Postura 2 (25% do tempo)				Postura 3 (59% do tempo)			
											
Costas	Braços	Pernas	Carga	Costas	Braços	Pernas	Carga	Costas	Braços	Pernas	Carga
1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1
Categoria 1				Categoria 1				Categoria 1			
Não são necessárias medidas corretivas.				Não são necessárias medidas corretivas.				Não são necessárias medidas corretivas.			
Segunda poda semimecanizada											
Postura 1 (12% do tempo)				Postura 2 (29% do tempo)				Postura 3 (59% do tempo)			
											
Costas	Braços	Pernas	Carga	Costas	Braços	Pernas	Carga	Costas	Braços	Pernas	Carga
1	2	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1
Categoria 1				Categoria 1				Categoria 1			
Não são necessárias medidas corretivas.				Não são necessárias medidas corretivas.				Não são necessárias medidas corretivas.			

**Figura 25.** Análise das posturas típicas adotadas pelos trabalhadores na segunda poda manual e semimecanizada.

Como pode ser observado no método manual, as três posturas típicas selecionadas se enquadraram na categoria 1, não havendo a necessidade da adoção de medidas corretivas, devendo ressaltar que a postura 1 foi constatada em 16% do tempo de trabalho, a postura 2 em 25% e a postura 3 em 59%. Foi possível verificar, ainda, que em 16% das observações um dos braços do trabalhador encontrava-se acima do nível dos ombros, porém o resultado do método enquadrou essa postura na categoria 1, sem a necessidade da adoção de medidas ergonômicas corretivas.

Em todo o período avaliado, os trabalhadores permaneceram em pé e com as pernas esticadas, enquadrando-se na categoria 2, por se tratarem de posturas estáticas, necessitando de medidas a longo prazo. Apesar desse resultado, tal postura inapropriada pode ser amenizada pelos deslocamentos dos trabalhadores entre as árvores a serem podadas, contribuindo para a minimização desse problema.

Em relação à poda semimecanizada, todas as posturas adotadas pelos trabalhadores também se enquadraram na categoria 1, não sendo necessário a adoção de medidas ergonômicas corretivas, enfatizando que neste método de trabalho, a postura típica 1 foi observada em 12% do tempo de trabalho, a postura 2 em 29% e a postura 3 em 59%. Foi verificado também que as costas dos trabalhadores permaneceram todo o período ereta, enquadrando-se na categoria de ação 1, ou seja, não necessitando da adoção de medidas ergonômicas corretivas. Em 12% das observações um dos braços dos trabalhadores permaneceram acima do nível dos ombros, enquadrando-se na categoria 1, enquanto as pernas permaneceram esticadas em todo o período avaliado, enquadrando-se na categoria 2.

### **c) Terceira Poda Manual e Semimecanizada**

As posturas típicas adotadas pelos trabalhadores na execução da terceira poda manual e semimecanizada são mostradas nas Figuras 26 e 27. Para ambos os métodos foram selecionadas duas posturas para análise no *software*.



**Figura 26.** Posturas selecionadas na terceira poda manual.







**Figura 27.** Posturas selecionadas na terceira poda semimecanizada.

A partir das análises das posturas típicas adotadas pelos trabalhadores no método manual, foi possível verificar que, em todo o período avaliado, a coluna lombar dos trabalhadores permaneceu ereta; pelo menos um dos braços estava acima do nível dos ombros; em todo o período os trabalhadores permaneceram em pé com as duas pernas esticadas e manuseando a ferramenta com peso abaixo de 100 N. Em relação ao método semimecanizado, constatou-se que em todo o período avaliado, a coluna lombar dos trabalhadores também estava ereta; em 67% das observações os braços estavam abaixo do

nível dos ombros; enquanto em todo o período de trabalho avaliado, os trabalhadores permaneceram em pé e com as duas pernas esticadas e manuseando uma carga com peso abaixo de 100 N.

Na Figura 28 são mostrados os resultados da análise postural dos trabalhadores na terceira poda executada pelos métodos manual e semimecanizada.

<b>Terceira poda manual</b>							
Postura 1 (42% do tempo)				Postura 2 (58% do tempo)			
							
Costas	Braços	Pernas	Carga	Costas	Braços	Pernas	Carga
1	3	2	1	1	2	2	1
Categoria 1				Categoria 1			
Não são necessárias medidas corretivas.				Não são necessárias medidas corretivas.			
<b>Terceira poda semimecanizada</b>							
Postura 1 (33% do tempo)				Postura 2 (67% do tempo)			
							
Costas	Braços	Pernas	Carga	Costas	Braços	Pernas	Carga
1	2	2	1	1	1	2	1
Categoria 1				Categoria 1			
Não são necessárias medidas corretivas.				Não são necessárias medidas corretivas.			

**Figura 28.** Análise das posturas típicas adotadas pelos trabalhadores na terceira poda manual e semimecanizada.

Conforme resultados obtidos pelo método OWAS, foi possível constatar nos métodos de trabalho, que ambas as posturas típicas identificadas foram enquadradas na categoria de ação 1, não havendo a necessidade da adoção de medidas corretivas. Tal resultado deve-se, principalmente, ao fato da posição constante ereta da coluna lombar. Entretanto, verificou-se que os braços se enquadraram na categoria 2, necessitando medidas tão logo seja possível, devido ao fato de um dos braços dos trabalhadores ficarem acima do nível dos ombros durante todo o período avaliado, situação prejudicial à saúde dos trabalhadores.

No método manual, a postura típica 1 ocorreu em 42% das observações e a postura 2 em 58. As costas enquadraram-se na categoria 1 por estarem durante todo o período na posição ereta. Os braços se enquadraram na categoria 3 necessitando de medidas corretivas tão logo seja possível por estarem todas as observações com um dos braços acima do nível dos ombros. Em todo o período avaliado, os trabalhadores permaneceram em pé e com as pernas esticadas e manuseando peso abaixo de 100 N, enquadrando-se na categoria 2, necessitando de medidas a longo prazo.

No método semimecanizado, verificou-se que 33% das observações foram ocupadas pela postura 1 e 67% na postura 2, ambas enquadradas na categoria 1 e não necessitando de medidas ergonômicas corretivas. Neste método, as costas foram enquadradas na categoria 1, sem a necessidade de medidas ergonômicas corretivas, os braços se enquadraram na categoria 2, necessitando de medidas a longo prazo devido ao fato de estarem 33% das observações com um dos braços acima do nível dos ombros, enquanto as pernas se enquadraram também na categoria 2 devido os trabalhadores ter permanecido em pé e com ambas as pernas esticadas em todo o período avaliado.

É importante ressaltar que, em função de a terceira poda ser executada em maior altura das árvores (até 5 metros), os trabalhadores necessitava manter os braços erguidos para a execução da poda, principalmente pelo método manual. Tal situação é prejudicial à saúde dos trabalhadores, indicando a necessidade de correção imediata desta postura. Dul e Weerdmeester (1995) aconselham que, se for inevitável executar a atividade mantendo os braços acima do nível dos ombros, essa situação deverá ter duração limitada. É importante ainda adotar medidas corretivas como a substituição do cabo extensor mais longo da ferramenta e da máquina, permitindo aos trabalhadores a execução das podas mais altas com maior conforto, segurança e saúde, como também o estabelecimento de rodízios de funções e pausas de recuperação regulares distribuídas ao longo da jornada de trabalho.

### 5.3.3 Análise biomecânica

Os resultados das análises das forças aplicadas nas articulações (cotovelos, ombros, tronco, quadris, joelhos e tornozelos) e no disco L5-S1 da coluna vertebral dos trabalhadores é apresentado para as fases propriamente ditas das atividades estudadas, em função de serem representativas do ciclo de trabalho. Tal fato deve-se à afirmação de Couto (1995), de que a postura inadequada feita de forma ocasional não acarreta fadiga física do trabalhador, sendo que as dores somente ocorrem quando o tempo de permanência na postura inadequada é excessivo em relação à sua resistência.

Nesta avaliação foram consideradas as mesmas posturas típicas selecionadas para a análise postural, sendo consideradas quatro posturas típicas na roçada manual e três na roçada mecanizada.

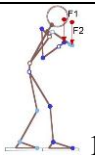
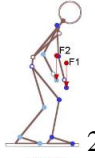

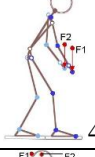
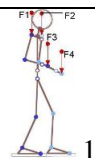
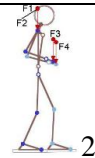
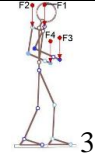
#### 5.3.3.1 Atividade de roçada

Na atividade de roçada, os valores inseridos no *software* consistiram nas médias dos valores de altura e peso dos trabalhadores amostrados, que foram 1,68 m de altura e 73,1 kg de massa corporal, bem como a angulação entre os vários segmentos corpóreos, obtida por meio das filmagens durante a jornada de trabalho.

Na Tabela 32 são apresentados os resultados da análise do modelo tridimensional de predição de posturas e forças estáticas, referentes à força de compressão no disco L5-S1 da coluna vertebral dos trabalhadores na atividade de roçada manual. Como pode ser observado, nenhuma das posturas típicas adotadas impuseram risco de compressão no disco L5-S1 da coluna vertebral, estando todas as forças de compressão abaixo do limite máximo recomendado de 3.426,3 N.

Apesar da carga manuseada ter sido menor na roçada manual, é importante ressaltar que a maior força de compressão no disco tem uma relação direta com as posturas adotadas, pois tais posturas foram consideradas nocivas quanto mais se afastou da posição de neutralidade funcional ou anatômica (posição que não exige esforço da musculatura ou das articulações), podendo provocar, assim, doenças ocupacionais e lesões nos trabalhadores (COUTO, 1995).

**Tabela 32.** Força de compressão no disco L5-S1 da coluna vertebral, considerando o limite recomendado de 3.426,3 N, para a atividade de roçada manual e semimecanizada, mostrando se a postura é realizada sem risco de lesão (SRL) ou com a carga limite recomendada ultrapassada (CRL).

Atividade e particularidades	Postura típica	Tempo na postura (%)	Força de compressão no disco L5-S1 (N) ± desvio padrão	Risco de lesão no disco L5-S1
<b>Roçada manual</b> Foíce = 14,50 N Gravidade = 9,8 N F1 e F2 = 7,1 N	 1	19	1.507 ± 99	SRL
	 2	16	1.663 ± 112	SRL
	 3	20	1.247 ± 77	SRL
	 4	40	1.523 ± 101	SRL
<b>Roçada Semimecanizada</b> Roçadora = 80 N Gravidade = 9,8 N F1 e F2 = 29,4 N F3 e F4 = 9,8 N.	 1	23	419 ± 6	SRL
	 2	49	363 ± 1	SRL
	 3	25	395 ± 4	SRL

Apesar de nenhum dos métodos ter oferecido riscos de compressão do disco L5-S1 da coluna vertebral dos trabalhadores, ficou evidente o maior esforço no método manual, indicando que o método semimecanizado com uso da roçadora oferece melhores condições para o desenvolvimento do trabalho com maior conforto e sem riscos de danos à saúde dos trabalhadores. Na Tabela 33 são apresentados os percentuais de capazes nas diversas articulações do corpo dos trabalhadores nas posturas típicas selecionadas da roçada manual,



vistas pelos eixos x, y e z, bem como as articulações com risco de lesão. Foram consideradas sem riscos de lesão as articulações com percentual de capazes iguais ou superiores a 99%.

**Tabela 33.** Percentual de capazes nas articulações dos pulsos, cotovelos, ombros, tronco, quadril, joelhos e tornozelos nas posturas típicas selecionadas da roçada manual.

Postura típica	Eixo X	Eixo Y	Eixo Z	Articulação	Percentual de capazes (%)	Risco de lesão
1				Pulsos	99	Quadril e joelhos.
				Cotovelos	100	
				Ombros	99	
				Tronco	99	
				Quadril	88	
				Joelhos	98	
				Tornozelos	99	
2				Pulsos	99	Quadril, joelhos e tornozelos.
				Cotovelos	100	
				Ombros	99	
				Tronco	99	
				Quadril	88	
				Joelhos	97	
				Tornozelos	98	
3				Pulsos	99	Quadril e joelhos.
				Cotovelos	100	
				Ombros	99	
				Tronco	99	
				Quadril	92	
				Joelhos	96	
				Tornozelos	99	
4				Pulsos	99	Quadril e joelhos.
				Cotovelos	100	
				Ombros	100	
				Tronco	99	
				Quadril	88	
				Joelhos	97	
				Tornozelos	99	

Como pode ser observado, as articulações dos quadris e joelhos foram mais comprometidas em todas as posturas adotadas pelos trabalhadores no método manual. Os quadris mostraram percentual de capazes de 88% nas posturas 1, 2 e 4 e 92% na postura 3. Os joelhos apresentaram 98% de capazes na postura 1, 97% nas posturas 2 e 4 e 96% na postura 3, enquanto os tornozelos foram afetados na postura 2 com 98% de capazes.

Desta forma, torna-se importante ressaltar o exposto por Marçal *et al.* (2004), que o trabalho efetivo exigindo sobrecarga do trabalhador pode causar lesões nos músculos, tendões, ligamentos e até mesmo prejudicar a estrutura óssea dos trabalhadores, provocando

entorses, inflamações articulares, rupturas musculares, quadro álgico e tendinites, podendo consequentemente, causar afastamento do trabalho, aumento do índice de absenteísmo e prejuízos ao trabalhador e à empresa.

Na Tabela 34 estão representadas as posturas típicas selecionadas para a análise da roçada semimecanizada, vistas pelos eixos x, y e z, bem como o percentual de capazes nas diversas articulações do corpo dos trabalhadores e as articulações com risco de lesão.

**Tabela 34.** Percentual de capazes nas articulações dos pulsos, cotovelos, ombros, tronco, quadril, joelhos e tornozelos nas posturas típicas selecionadas da roçada semimecanizada.

Postura típica	Eixo X	Eixo Y	Eixo Z	Articulação	Percentual de capazes (%)	Risco de lesão
1				Pulsos	99	Quadril e joelhos.
				Cotovelos	100	
				Ombros	99	
				Tronco	99	
				Quadril	96	
				Joelhos	96	
				Tornozelos	99	
2				Pulsos	99	Quadril e joelhos.
				Cotovelos	100	
				Ombros	99	
				Tronco	99	
				Quadril	96	
				Joelhos	96	
				Tornozelos	99	
3				Pulsos	99	Quadril e joelhos.
				Cotovelos	100	
				Ombros	100	
				Tronco	99	
				Quadril	96	
				Joelhos	96	
				Tornozelos	99	


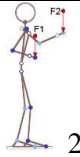
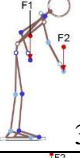
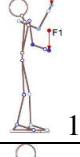

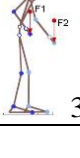
Como pode ser observado, as únicas articulações afetadas pelo método semimecanizado foram os quadris e os joelhos, situação que ocorreu em todas as três posturas típicas, com percentual de capazes de 96%. Tal resultado mostra que, além de o método semimecanizado ter comprometido menos as articulações do corpo humano, o trabalho executado neste método exigiu um menor esforço, principalmente no quadril. Isto pode estar associado à postura ereta que o trabalhador adotava na execução do trabalho, recomendada em trabalhos em pé, facilitando a manutenção da carga próxima ao corpo, como relatado por Dul e Weerdmeester (1995).

### 5.3.3.2 Atividade de poda

#### a) Primeira poda manual e semimecanizada

Na Tabela 35 são apresentados os resultados da análise do modelo tridimensional de predição de posturas e forças estáticas. Eles são referentes à força de compressão no disco L5-S1 da coluna vertebral dos trabalhadores na atividade de primeira poda realizada pelo método manual e semimecanizado.

**Tabela 35.** Força de compressão no disco L5-S1 da coluna vertebral, considerando o limite recomendado de 3.426,3 N, para a atividade de primeira poda manual e semimecanizada, mostrando se a postura é realizada sem risco de lesão (SRL) ou com a carga limite recomendada ultrapassada (CRL).



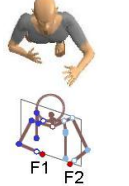


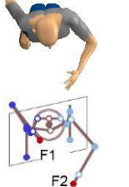


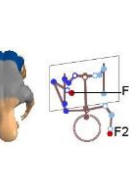
Atividade e particularidades	Postura típica	Tempo na postura (%)	Força de compressão no disco L5-S1 (N) ± desvio padrão	Risco de lesão no disco L5-S1
<b>Poda manual</b> Serrote = 13 N Gravidade = 9,8 N F1 e F2 = 6,4 N.	 1	51	610 ± 23	SRL
	 2	35	716 ± 32	SRL
	 3	8	1.735 ± 120	SRL
<b>Poda Semimecanizada</b> Motopoda = 59 N Gravidade = 9,8 N F1 e F2 = 28,91 N.	 1	75	1.100 ± 58	SRL
	 2	12	1.068 ± 58	SRL
	 3	8	1.168 ± 67	SRL

Foram inseridos no *software* para as análises, os valores médios de 1,66 m de altura e 76,2 kg de massa corporal dos trabalhadores amostrados, bem como a angulação entre os vários segmentos corpóreos, obtidas por meio das filmagens durante a jornada de trabalho. Como pode ser observado, não houve risco de compressão no disco em nenhum dos métodos e posturas adotadas, estando as forças de compressão abaixo de 3.426,3 N no disco L5-S1.

É possível observar que, a força de compressão no disco aumentou com a maior inclinação da coluna lombar do trabalhador, situação ocorrida em ambos os métodos de trabalho. Apesar de a força de compressão ter sido maior na postura típica 3 em ambos os métodos, tal postura foi responsável por apenas 8% das observações da jornada de trabalho, não prejudicando a saúde dos trabalhadores. De um modo geral, o método semimecanizado ofereceu uma maior força de compressão no disco L5-S1, porém sem ultrapassar o limite máximo recomendado de 3.426,3 N.

Na Tabela 36 são apresentados os percentuais de capazes e as articulações com risco de lesão para as posturas típicas adotadas pelos trabalhadores na primeira poda manual.




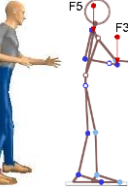

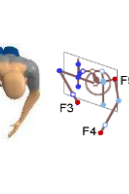
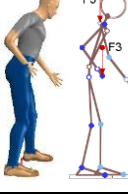
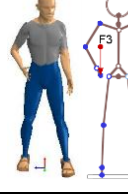
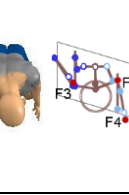
**Tabela 36.** Percentual de capazes nas articulações dos pulsos, cotovelos, ombros, tronco, quadril, joelhos e tornozelos nas posturas típicas selecionadas da primeira poda manual.

Postura típica	Eixo X	Eixo Y	Eixo Z	Articulação	Percentual de capazes (%)	Risco de lesão
1				Pulsos	99	Quadril e joelhos.
				Cotovelos	100	
				Ombros	99	
				Tronco	99	
				Quadril	97	
				Joelhos	98	
				Tornozelos	99	
2				Pulsos	99	Quadril.
				Cotovelos	100	
				Ombros	99	
				Tronco	99	
				Quadril	98	
				Joelhos	99	
				Tornozelos	99	
3				Pulsos	99	Tronco, quadril, joelhos e tornozelos.
				Cotovelos	100	
				Ombros	99	
				Tronco	98	
				Quadril	95	
				Joelhos	98	
				Tornozelos	96	

Pelos resultados obtidos, é possível verificar que, no método manual, a articulação do quadril foi afetada em todas as posturas selecionadas, com percentual de capazes de 97% na postura 1, 98% na postura 2 e 95% na postura 3. Os joelhos foram afetados nas posturas 1 e 3 com 98% de capazes em ambos os métodos de trabalho, enquanto o tronco e os tornozelos foram afetados na postura 3, com 98% e 96% de capazes, respectivamente.

Na Tabela 37 são apresentados os percentuais de capazes e as articulações com risco de lesão para as posturas típicas adotadas pelos trabalhadores na execução da primeira poda semimecanizada.

**Tabela 37.** Percentual de capazes nas articulações dos pulsos, cotovelos, ombros, tronco, quadril, joelhos e tornozelos nas posturas típicas selecionadas da primeira poda semimecanizada.

Postura típica	Eixo X	Eixo Y	Eixo Z	Articulação	Percentual de capazes (%)	Risco de lesão
1				Pulsos	99	Quadril.
				Cotovelos	100	
				Ombros	99	
				Tronco	99	
				Quadril	95	
				Joelhos	99	
				Tornozelos	99	
2				Pulsos	99	Quadril.
				Cotovelos	100	
				Ombros	99	
				Tronco	99	
				Quadril	96	
				Joelhos	99	
				Tornozelos	99	
3				Pulsos	99	Quadril.
				Cotovelos	100	
				Ombros	99	
				Tronco	99	
				Quadril	96	
				Joelhos	99	
				Tornozelos	99	


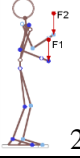
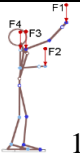
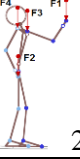
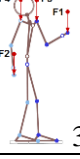
Em relação ao método semimecanizado, nas três posturas típicas selecionadas, apenas a articulação do quadril apresentou percentual de capazes inferior a 99%. A postura 1 apresentou 95% de capazes e, as posturas 2 e 3, 96%, devendo-se ressaltar que o maior comprometimento do quadril pode estar relacionado ao peso e maior dificuldade de manuseio da máquina em relação ao serrote manual de poda. Pelos resultados obtidos, ficou evidente que a poda executada pelo método manual exigiu maior compressão no disco L5-S1 na postura 3, porém não chegando a ultrapassar o limite permitido, e comprometeu um maior

número de articulações do corpo dos trabalhadores (tronco, quadril, joelhos e tornozelos), devido ao fato de exigir a coluna curvada e a manutenção de ambos os braços mais esticados e distantes do corpo, contribuindo, segundo Dul e Weermeester (1995), para o aumento da tensão mecânica dos músculos e o consumo de energia.

### b) Segunda poda manual e semimecanizada

Os resultados da análise da força de compressão no disco L5-S1 da coluna vertebral para a segunda poda são mostrados na Tabela 38.

**Tabela 38.** Força de compressão no disco L5-S1 da coluna vertebral, considerando o limite recomendado de 3.426,3 N, para a atividade de segunda poda manual e semimecanizada, mostrando se a postura é realizada sem risco de lesão (SRL) ou com a carga limite recomendada ultrapassada (CRL).

Atividade e particularidades	Postura típica	Tempo na postura (%)	Força de compressão no disco L5-S1 (N) ± desvio padrão	Risco de lesão no disco L5-S1
<b>Poda manual</b>	 1	15	1.178 ± 57	SRL
	Serrote = 13 N Gravidade = 9,8 N	24	951 ± 50	SRL
	 2 F1 e F2 = 6,4 N.	56	1.064 ± 59	SRL
<b>Poda Semimecanizada</b>	 1	11	1.568 ± 97	SRL
	Motopoda = 59 N Gravidade = 9,8 N	26	971 ± 47	SRL
	 2 F1 e F2 = 28,91 N.	53	672 ± 22	SRL
	 3			

Como pode ser observado, novamente a carga limite de 3.426,3 N não foi ultrapassada quando a atividade foi executada por ambos os métodos de trabalho, não oferecendo, portanto, riscos de compressão do disco L5-S1 da coluna vertebral em nenhuma das posturas típicas adotadas pelos trabalhadores.

Pelos resultados obtidos, observou-se certa semelhança entre os valores de compressão na coluna vertebral dos trabalhadores na execução dessa poda, por ambos os métodos de trabalho. Entretanto, deve-se enfatizar que, em relação à primeira postura típica, a maior força de compressão ocorrida na execução do método semimecanizado pode ser devido ao maior peso manuseado da máquina em relação ao serrote de poda. Além disso, tal resultado pode ser devido os braços estarem mantidos mais distantes ao tronco do corpo do trabalhador, situação que, segundo Dul e Weerdmeester (1995), pode aumentar a tensão mecânica dos músculos e o consumo de energia.

Entretanto, ao analisar as posturas mais adotadas pelos trabalhadores na execução do trabalho, verificou-se que o método manual causou uma maior força de compressão no disco L5-S1 (1.064 N), quando comparado ao método semimecanizado (672 N), devendo ressaltar que tal fato, aparentemente, está diretamente ligado à postura dos braços mais estendidos no primeiro método. Assim, novamente ficou evidente a importância dos trabalhadores adotarem uma postura com os braços apoiados próximos ao corpo, evitando prejudicar a sua saúde, situação mais favorecida pelo método semimecanizado.

Na Tabela 39 são apresentados os percentuais de capazes e as articulações com risco de lesão referentes às posturas típicas adotadas pelos trabalhadores na segunda poda manual e, na Tabela 40, os referentes à segunda poda pelo método semimecanizado.

**Tabela 39.** Percentual de capazes nas articulações dos pulsos, cotovelos, ombros, tronco, quadril, joelhos e tornozelos nas posturas típicas da segunda poda manual.

Postura típica	Eixo X	Eixo Y	Eixo Z	Articulação	Percentual de capazes (%)	Risco de lesão
1				Pulsos	99	Quadril e tornozelos.
				Cotovelos	100	
				Ombros	99	
				Tronco	99	
				Quadril	95	
				Joelhos	99	
				Tornozelos	98	
2				Pulsos	99	Quadril.
				Cotovelos	100	
				Ombros	100	
				Tronco	99	
				Quadril	97	
				Joelhos	99	
				Tornozelos	99	
3				Pulsos	99	Quadril.
				Cotovelos	100	
				Ombros	99	
				Tronco	99	
				Quadril	96	
				Joelhos	99	
				Tornozelos	99	

**Tabela 40.** Percentual de capazes nas articulações dos pulsos, cotovelos, ombros, tronco, quadril, joelhos e tornozelos nas posturas típicas da segunda poda semimecanizada.

Postura típica	Eixo X	Eixo Y	Eixo Z	Articulação	Percentual de capazes (%)	Risco de lesão
1				Pulsos	98	Pulsos, ombros, tronco, quadril e tornozelos.
				Cotovelos	99	
				Ombros	98	
				Tronco	98	
				Quadril	95	
				Joelhos	99	
				Tornozelos	96	
2				Pulsos	99	Quadril.
				Cotovelos	100	
				Ombros	99	
				Tronco	99	
				Quadril	96	
				Joelhos	99	
				Tornozelos	99	
3				Pulsos	99	Quadril e joelhos.
				Cotovelos	100	
				Ombros	100	
				Tronco	99	
				Quadril	96	
				Joelhos	97	
				Tornozelos	99	



Como pode ser visto, a articulação do quadril foi a mais comprometida em todas as posturas adotadas, com percentuais de capazes de 95%, 97% e 96%, nas posturas 1, 2 e 3, respectivamente, enquanto os tornozelos apresentaram 98% de capazes na postura típica 1.

Em relação à segunda poda semimecanizada (Tabela 40), é possível notar que a postura típica 1 apresentou um maior número de articulações comprometidas, com percentuais de capazes entre 95% e 98% nas articulações dos pulsos, ombros, troncos, quadril e tornozelos.



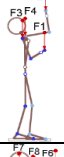
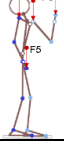
O maior número de articulações comprometidas na segunda poda, pelo método semimecanizado, pode está relacionado à necessidade de erguer mais a motopoda para alcançar os galhos mais altos das árvores no momento da execução da poda, situação que pode ser facilmente solucionada com a regulagem do cabo extensor da máquina. É importante ressaltar que, apesar dessa postura ter ocupado um menor tempo da jornada de trabalho (11% das observações), a mesma deve ser levada em consideração, não deixando que no futuro possa trazer qualquer problema à saúde dos trabalhadores.

Por isso, deve-se evitar trabalhar com a motopoda levantada, a fim de não sobrecarregar principalmente os membros superiores, impedindo maior esforço nas articulações, pois, conforme relatado por Dul e Weerdmeester (1995), qualquer trabalho realizado com os membros superiores acima do nível dos ombros é altamente fatigante, independente da sustentação de cargas. Por fim, verifica-se que na postura típica 2 foi comprometida a articulação do quadril, com 96% de capazes, enquanto na postura 3, o quadril e joelhos foram mais afetados, com 96% e 97% de capazes, respectivamente.

### **c) Terceira poda manual e semimecanizada**

Para análise biomecânica da terceira poda manual e semimecanizada, foram inseridos os mesmos valores de altura e peso dos trabalhadores, bem como os diversos ângulos entre os segmentos corpóreos (Tabela 41). Como pode ser observado, não houve risco de compressão no disco L5-S1 em nenhum dos métodos e posturas estudados, estando as forças de compressão abaixo do limite de 3.426,3 N. Entretanto, deve-se salientar que o método manual ofereceu maior força de compressão no disco em ambas as posturas típicas analisadas.

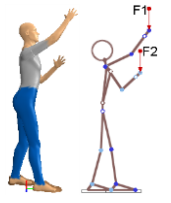
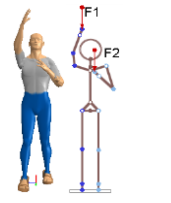
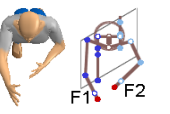

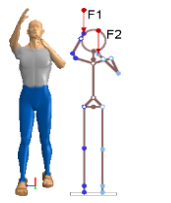
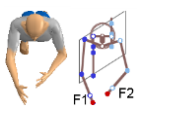
**Tabela 41.** Força de compressão no disco L5-S1 da coluna vertebral, considerando o limite recomendado de 3.426,3 N, para a atividade de terceira poda manual e semimecanizada, mostrando se a postura é realizada sem risco de lesão (SRL) ou com a carga limite recomendada ultrapassada (CRL).

Atividade e particularidades	Postura típica	Tempo de permanência na postura (%)	Força de compressão no disco L5-S1 (N) ± desvio padrão	Risco de lesão no disco L5-S1
<b>Poda manual</b> Serrote = 1,3 Kg		37	1103 ± 62	SRL
Gravidade = 9,8 N F1 e F2 = 6,4 N.		61	1218 ± 72	SRL
<b>Poda Semimecanizada</b> Motopoda = 5,9 Kg		30	944 ± 44	SRL
Gravidade = 9,8 N F1 e F2 = 28,91 N.		61	907 ± 41	SRL

Tal resultado deveu-se ao fato de que, em grande parte da jornada de trabalho, os braços ficaram acima do nível dos ombros e distantes do corpo, situação que poderá causar problemas à saúde dos trabalhadores. No método semimecanizado a menor força de compressão se deve ao fato de que apenas um dos braços permaneceu elevado, porém abaixo do nível dos ombros. Tal situação foi favorecida pelo cinturão que auxilia no apoio da máquina junto ao corpo dos trabalhadores, contribuindo para a manutenção da postura na posição vertical de equilíbrio, e favorecendo para a melhoria das condições de conforto e redução da fadiga.

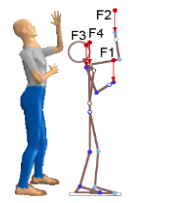
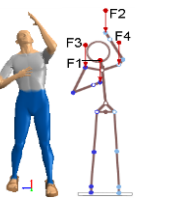
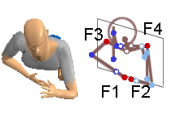
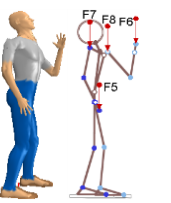
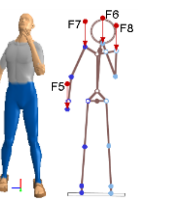
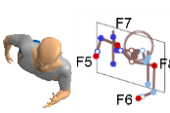
Na Tabela 42 são apresentados os percentuais de capazes e as articulações com maior risco de lesão para as posturas típicas adotadas pelos trabalhadores na execução da terceira poda manual.

**Tabela 42.** Percentual de capazes nas articulações dos pulsos, cotovelos, ombros, tronco, quadril, joelhos e tornozelos nas posturas típicas selecionadas da terceira poda manual.

Postura típica	Eixo X	Eixo Y	Eixo Z	Articulação	Percentual de capazes (%)	Risco de lesão
1				Pulsos	99	Quadril.
				Cotovelos	100	
				Ombros	99	
				Tronco	99	
				Quadril	94	
				Joelhos	99	
				Tornozelos	99	
2				Pulsos	99	Quadril.
				Cotovelos	100	
				Ombros	99	
				Tronco	99	
				Quadril	93	
				Joelhos	99	
				Tornozelos	99	

Como pode ser observado, no método manual foram comprometidas as articulações do quadril, com 94% de capazes na postura típica 1 e 93% na postura 2. Já no método semimecanizado (Tabela 43), se mostraram afetados os quadris, com 97% de capazes na postura 1 e 96% na postura 2, enquanto os tornozelos foram também comprometidos na postura 2 com 98% de capazes.

**Tabela 43.** Percentual de capazes nas articulações dos pulsos, cotovelos, ombros, tronco, quadril, joelhos e tornozelos nas posturas típicas selecionadas da terceira poda semimecanizada.

Postura típica	Eixo X	Eixo Y	Eixo Z	Articulação	Percentual de capazes (%)	Risco de lesão
1				Pulsos	98	Pulsos e quadril.
				Cotovelos	99	
				Ombros	99	
				Tronco	99	
				Quadril	97	
				Joelhos	99	
				Tornozelos	99	
2				Pulsos	99	Quadril e tornozelos.
				Cotovelos	100	
				Ombros	100	
				Tronco	99	
				Quadril	96	
				Joelhos	99	
				Tornozelos	98	

Foi possível notar que, a necessidade de erguer a motopoda para alcançar os galhos mais altos nas árvores pode ter sido responsável por afetar um maior número de articulações. Por isso, deve-se evitar trabalhar com a motopoda muito erguida, de modo a não sobrecarregar os membros superiores e causar esforço nas articulações, principalmente nos ombros, que é altamente fatigante. Por outro lado, foi possível constatar que a articulação do quadril mostrou um percentual de capazes inferior no método manual nas três podas estudadas, evidenciando que o método manual é o que mais força esta articulação.

Por fim, diante dos resultados obtidos, ficou evidente que o método semimecanizado realizado na terceira poda causou maior esforço nas articulações do corpo do trabalhador, entretanto pode ser considerado o método mais indicado, pelo fato da menor compressão no disco L5-S1 da coluna vertebral do trabalhador.

## 6 CONCLUSÕES

De acordo com a análise e discussão dos resultados, as principais conclusões obtidas neste trabalho foram:

### 6.1 Análise operacional

- a) Os valores de produtividade das atividades de roçada manual e semimecanizada foram semelhantes entre si, devendo ressaltar que no método semimecanizado, houve maior dificuldade dos trabalhadores em deslocar-se, devido ao maior peso da máquina em relação à ferramenta e ao maior porte da vegetação existente na área de estudo.
- b) O elevado percentual de pausas realizadas pelos trabalhadores na execução da poda manual, decorrente do maior esforço físico da atividade, acarretou uma menor produtividade e eficiência operacional.
- c) O método de poda semimecanizado apresentou uma maior produtividade, principalmente na segunda e terceira poda, evidenciando a importância da mecanização na execução das podas mais altas.
- d) O método de poda semimecanizado proporcionou uma melhor qualidade do trabalho em termos de quantidade de tocos de galhos fora do padrão aceitável, entretanto, mostrou a necessidade de um maior tempo de adaptação dos trabalhadores com a motopoda, devido a ocorrência e maior número de injúrias no lenho das árvores.

### 6.2 Análise econômica

- a) A roçada semimecanizada apresentou maior custo de produção, ocasionado principalmente pelas condições do local de realização do trabalho, que possuía vegetação densa, presença de galhada e tocos de plantios, que dificultou o deslocamento do trabalhador.

- b) Em todas as podas estudadas, o custo de produção foi maior no método semimecanizado, ocasionado pelos componentes depreciação da máquina e salário dos trabalhadores.

### **6.3 Análise ergonômica**

#### **6.3.1. Carga de trabalho físico**

- a) O método de roçada manual apresentou maior sobrecarga física nos trabalhadores em relação ao semimecanizado, sendo a atividade classificada como pesada e podendo a maior exigência física ser atribuída ao menor tempo de pausas de recuperação realizadas pelos trabalhadores no decorrer do trabalho.
- b) De um modo geral, a atividade de poda executada pelo método manual apresentou maior esforço físico dos trabalhadores, apesar da carga cardiovascular não ter ultrapassado o limite máximo recomendado de 40%.
- c) As pausas espontâneas e os deslocamentos realizados pelos trabalhadores, ao longo da jornada de trabalho, na execução da poda pelo método manual, contribuíram para a recuperação dos trabalhadores, evitando a ocorrência de sobrecarga física.

#### **6.3.2. Análise de postura**

- a) A atividade de roçada manual evidenciou posturas lesivas, ocasionadas principalmente pelo fato dos trabalhadores manterem a coluna vertebral curvada e torcida em vários momentos no decorrer da jornada de trabalho, indicando a necessidade da adoção de medidas ergonômicas para a melhoria das condições de trabalho.
- b) As posturas adotadas pelos trabalhadores na execução das podas, em ambos os métodos de trabalho, mostraram-se aceitáveis, porém, foi observada, com frequência, a ocorrência dos

braços estendidos acima do nível dos ombros, postura que deve ser evitada para não causar danos à saúde dos trabalhadores

### **6.3.3. Análise biomecânica**

- a) Apesar de nenhum dos métodos de roçada ter causado risco de compressão na coluna vertebral dos trabalhadores, ficou evidente o maior esforço no método manual, ocasionado pelos constantes movimentos do corpo dos trabalhadores na execução do trabalho e evidenciando as melhores condições oferecidas pelo método semimecanizado.
- b) A poda executada pelo método manual exigiu maior compressão no disco L5-S1 e comprometeu um maior número de articulações do corpo dos trabalhadores em relação ao método semimecanizado, devido à exigência dos trabalhadores em manter ambos os braços mais esticados e distantes do corpo, porém com menor risco de danos à saúde dos trabalhadores.
- c) A primeira poda executada pelo método manual mostrou ser mais nociva aos trabalhadores em relação ao método semimecanizado, devido ao menor percentual de capazes (número de trabalhadores sem comprometimento das articulações) na execução do trabalho.
- d) O quadril foi a articulação do corpo do trabalhador mais afetada nos diferentes tipos e métodos de poda, provavelmente ocasionada devido o trabalhador manter a ferramenta distante do corpo no método manual, e pelo peso da máquina, no método semimecanizado.
- e) A coluna vertebral dos trabalhadores não foi comprometida em nenhuma das atividades, mostrando que os diferentes tipos e métodos de poda de pinus oferecem baixo risco de problemas lombares nos trabalhadores.

## 7 RECOMENDAÇÕES

De acordo com os resultados e conclusões obtidos neste trabalho são feitas as seguintes recomendações:

a) À empresa florestal:

- Orientar os trabalhadores para que esses não executem a roçada por mais de uma hora sem a realização de pausas, evitando assim a ocorrência de sobrecarga física.
- Orientar os trabalhadores para evitar ao máximo a realização da roçada manual com a coluna curvada, diminuindo o risco de surgimento de lesões na coluna lombar.
- Realizar treinamento de motopoda com maior duração, de modo a melhorar a qualidade do serviço em relação à presença de injúrias no lenho.

b) Aos fabricantes de máquinas e ferramentas:

- Desenvolver cabos de diferentes tamanhos para a foice e regulagens do cabo da motopoda conforme as medidas antropométricas dos trabalhadores florestais, possibilitando a execução do trabalho com os braços abaixo do nível dos ombros.
- Desenvolver um cinto em forma de X para a motopoda, minimizando o esforço de sustentação da máquina pelos membros superiores dos trabalhadores, oferecendo maior segurança e condições de conforto aos trabalhadores na realização da atividade.



## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRAF: **Anuário estatístico da ABRAF**: ano base 2010. Brasília, 2011. 130 p.
- ABREU, R.L. Ficheiro:Brazil State Parana.svg, 2008. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2010. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Brazil\\_State\\_Parana.svg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Brazil_State_Parana.svg)>. Acesso em: 16 mar. 2010.
- ABREU, R. L. Ficheiro:Parana Municip Curiuva.svg, 2008. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2010. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Parana\\_Municip\\_Curiuva.svg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Parana_Municip_Curiuva.svg)>. Acesso em: 16 mar. 2010.
- ALVES, J. U. **Análise ergonômica das atividades de propagação vegetativa de *Eucalyptus* spp. em viveiros**. 2001. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- ALVES, J.U.; SOUZA, A. P.; MINETTI, L. J.; GOMES, J. M. Avaliação biomecânica dos trabalhadores nas atividades de propagação de *Eucalyptus* spp. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 81-91, 2001.
- ALVES, J. U.; MINETTI, L. J.; SOUZA, A. P.; SILVA, K. R.; GOMES, J. M.; FIEDLER, N. C. Avaliação do ambiente de trabalho na propagação de *Eucalyptus* spp. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.481-486, 2002.
- APUD, E. **Guide-lines on ergonomic study in forestry**. Genebra: Internacional Labour Office, 1989. 241 p.
- APUD, E. Temas de ergonomia aplicados al aumento de la productividadde la mano de obra en cosecha forestal. In: simpósio brasileiro sobre colheita e transporte florestal, 3, 1997, Vitória. **Anais...** Vitória: SIF/UFV, 1997. p.46-60.
- BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e tempos**: projeto e medida do trabalho. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 635 p.
- CHAFFIN, D. B.; ANDERSON, G. B. J. **Occupational biomechanics**. Nova Iorque: John Wiley & Sons, 1990.
- COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: o manual técnico da máquina humana**. Belo Horizonte. Ergo Editora, v.1 e 2, 1995.
- DUL, J. WEERDMEESTER, B. **Ergonomia Prática**. São Paulo: Edgard Blucher, 1995. 147p. Tradução: Itiro Iida.
- FERREIRA, P. C. **Avaliação ergonômica de algumas operações florestais no município de Santa Bárbara-MG**. 2006. 77 p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Sustentabilidade) – Centro Universitário de Caratinga – UNEC, Caratinga, MG.

FIEDLER, N. C. **Projeto de pesquisa:** proposta para as normas brasileiras de biomecânica no trabalho florestal. Brasília, 1998. 21p.

FIEDLER, N. C.; SOUZA, A. P.; MINETTI, L. J.; MACHADO, C. C.; TIBIRIÇÁ, A. C. G. Análise de posturas na colheita florestal. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 435-441, 1999.

FIEDLER, N. C.; SANTOS, A. M. L.; GATTO, A. C.; LOPES, E. S.; OLIVEIRA, J. T. S. Avaliação das condições do ambiente de trabalho em atividades de poda de árvores. **Revista Cerne**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 19-24, jan/mar 2007.

FIEDLER, N. C.; FERREIRA, A. H. S.; VENTUROLI, F.; MINETTE, L. J. Avaliação da carga de trabalho físico exigida em operações de produção de mudas ornamentais no Distrito Federal – um estudo de caso. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 703-708, mar. 2007.

FIEDLER, N. C.; MENEZES, N. S.; AZEVEDO, I. N. C.; SILVA, J. R. M. Avaliação Biomecânica dos Trabalhadores em Marcenarias no Distrito Federal. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 99-109, 2003.

HARRY G. G.; FONTES J. M.; MACHADO C.C.; SANTOS S. L. Análise dos efeitos da eficiência no custo operacional de máquinas florestais. In: I Simpósio brasileiro sobre exploração e transporte florestal, 1991, Belo Horizonte: UFV/SIF. **Anais...** 1991. p.57-75.

HOEFLICH, V. A.; TUOTO, M. Floresta plantada poupa mata native. **Painel Florestal**. Disponível em: <[http://painelflorestal.com.br/exibeNews.php?id=408&cod\\_editoria=4&url\\_back=news.php&pag=0&busca=](http://painelflorestal.com.br/exibeNews.php?id=408&cod_editoria=4&url_back=news.php&pag=0&busca=)>. Acesso em: 09 jul. 2009.

IEA, Internacional Ergonomics Association, **What is ergonomics**. Disponível em: <[http://www.iea.cc/browse.php?contID=what\\_is\\_ergonomics](http://www.iea.cc/browse.php?contID=what_is_ergonomics)>. Acesso em 06 mai 2009.

IIDA, Itiro. **Ergonomia:** projeto e produção. 2ª ed. rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

KIRK, P. M.; PARKER, R. J. Heart rate strain in New Zealand manual tree pruners. **International Journal of Industrial Ergonomics** 18: 317-324. 1996

KISNER, C.; COLBY L. A. **Exercícios Terapêuticos:** fundamentos e técnicas. 5 ed. São Paulo: Editora Manole Ltda, 2009.

MACHADO, C. C.; **Colheita Florestal**. Viçosa: UFV, Imp. Univ., 2 ed., 2008.

MACHADO C. C.; **Planejamento e controle de custos na exploração florestal**. Viçosa: UFV, Imprensa universitária, 1984. 138p.

MACIEL, R. H. Prevenção de LER/DORT: o que a ergonomia pode oferecer. In: **Cadernos de saúde do trabalhador**. São Paulo: Kingraf, 2000.

MARÇAL, M. A.; MAZZONI, C. F. Levantamento da incidência de sintomas osteomusculares entre trabalhadores envolvidos na atividade de limpeza urbana. In: Congresso Brasileiro de Ergonomia, 13, 2004. **Anais...** Fortaleza.

MEC. **Cronometragem**. São Paulo: Livraria Editora, 1968. 63 p.

MTE - Ministério do Trabalho e Emprego, **Normas regulamentadoras: NR 17 - ergonomia**. Disponível em: <[http://www.mte.gov.br/legislacao/normas\\_regulamentadoras/nr\\_17.asp](http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_17.asp)>. Acesso em: 09 jul. 2009.

OWAS. **Manual software for OWAS analysis**. Tampere University of Technology, Occupational and Safety Engineering, 1990. 14p. Disponível em: <<http://turva.me.tut.fi/owas>> Acesso em: 21 abr. 2010.

PACHECO, M. Contribuição da floresta plantada. **Celulose Online**. Disponível em: <<http://www.celuloseonline.com.br/colunista/colunista.asp?IDAssuntoMateria=460&iditem=>>. Acesso em: 30 abr 2009.

PAIVA, H. N. **Florestas de eucalipto: implantação e manutenção**. In: SEMANA DE ESTUDOS FLORESTAIS, 10, 2008. Irati. **Anais...** Irati: Universidade Estadual do Centro-Oeste - UNICENTRO, 2008. 1 CD.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Fazenda. **Delegacias Regionais da Receita e postos fiscais**, 2008. Disponível em: <<http://www.fazenda.pr.gov.br/UserFiles/File/Mapas/Mapa%20DRRs%20200807.jpg>> Acesso em: 16 out. 2009.

RODAHL, K. **The Physiology of Work**. Londres: Taylor & Francis, 1989.

SANTANA, A. M. C.. **A abordagem ergonômica como proposta para melhoria do trabalho e produtividade em serviços de alimentação**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, PGEP/UFSC, 1996.

SEIXAS, F. Avaliação do esforço físico dispendido em operações florestais: um exemplo na operação de coleta de sementes. **Série Técnica IPEF**. Piracicaba, p. 1-16, 1991.

SEITZ, R. A. **Manual de Poda de Espécies Arbóreas Florestais**. Curitiba: FUPEF, 1995.

SILVA, W.G. **Análise ergonômica do posto de trabalho do armador de ferro da construção civil**. 2001. 100p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SILVA, A. C.; HIGUCUI, P. **Sistemas e métodos silviculturais**. Lages: [S.n.], 2008. (Apostila da disciplina sistemas e métodos silviculturais, Curso de Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina). 117 p.

SILVEIRA, F. S. A. **Avaliação ergonômica das atividades de coveamento manual, coveamento semi-mecanizado, planto manual e aplicação de corretivo do solo na**

**implantação florestal de eucalipto.** 2006. 85 p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Sustentabilidade) – Centro Universitário de Caratinga – UNEC, Caratinga, MG.

SIXIEL, R. M. M.; GOMEZ, F. M. Produção de florestas com qualidade: técnicas e plantio. **IPEF – Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais.** 2008. Disponível em: <<http://www.ipef.br/silvicultura/plantio.asp>> Acesso em: 27 ago. 2009.

SOUZA, A.P. O uso de técnicas ergonômicas nas atividades de colheita de madeira. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 7º CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 2, Curitiba, 1993. **Anais...** Curitiba, SBS, SBEF, 1993. p. 343-346.

SOUZA, A.P.; MACHADO, C.C. Estudo ergonômico em operações de exploração florestal. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 1, Belo Horizonte, 1991. **Anais...** Viçosa, MG, SIF, 1991. p. 198-226.

SSOLBERGJ. Ficheiro:Brazil (orthographic projection).svg, 2008. In: WIKIPÉDIA, a enciclopédia livre. Flórida: Wikimedia Foundation, 2010. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Brazil\\_\(orthographic\\_projection\).svg](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Brazil_(orthographic_projection).svg)>. Acesso em: 16 mar. 2010.

STIHL. **FS 220 - Roçadora profissional, projetada para o serviço pesado.** Disponível em: <<http://www.stihl.com.br/katalog/produkt/41192000016/FS+220.html>> Acesso em: 17 mar. 2010.

TOUPIN, D.; Le BEL, L.; DUBEAU, D.; IMBEAU, D.; BOUTHILLIER, L. Measuring the productivity and physical workload of brushcutters within the context of a production-based pay system. **Forest Policy and Economics**, v. 9, n. 8, p. 1046-1055, 2007.

UNIVERSITY OF MICHIGAN. **3D Static strenght prediction program:** version 6.0.5 – user's manual. Michigan, Universidade de Michigan, Centro de Ergonomia, 2011. 108 p.

VÄYRYNEN, S; KÖNÖNEN, U. Short and long-term effects of a training programme on work postures in rehabilitees: A pilot study of loggers suffering from back troubles. **International journal of industrial ergonomics.** v 7, n. 2, p. 103-109, 1991.

VILAGRA, J. M.; BARBOSA, A.; MORO, A. R. P. Constrangimento postural no meio rural: o caso dos agricultores de vilas rurais da região oeste do paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA, 14, 2006, Curitiba. **Anais...** Recife: ABERGO, 2006. 1 CD.

VILLA VERDE, R.; CRUZ, R. M. Avaliação da frequência cardíaca como indicador biológico na prevenção dos distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, Belo Horizonte, v.2, n.1, p.11-21, 2004.

VOSNIAK, J. **Avaliação ergonômica das atividades de implantação florestal no norte do Paraná.** 2009. 100 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, *Campus* de Irati, PR.

WISNER, A. **A inteligência do trabalho**: textos selecionados de ergonomia. São Paulo: FUNDACENTRO, 1994. 191 p. Tradução: Roberto Leal Ferreira.

WISNER, A. **Por dentro do trabalho**. Ergonomia: método e técnica. São Paulo: FTD/Oboré, 1987.

## ANEXO I

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, colaborador da empresa, fui convidado a participar de um estudo cujo objetivo principal é avaliar as condições ergonômicas e de trabalho dos trabalhadores florestais em atividades silviculturais. A coleta de dados faz parte do projeto de pesquisa vinculado ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais, da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, Paraná.

Sabe-se que, para o avanço da pesquisa, a participação de voluntários é de fundamental importância. Nesse sentido, aceito a presença do pesquisador Felipe Martins de Oliveira para aplicação de questionários, bem como para medir a frequência cardíaca, fotografar e filmar imagens dos momentos de trabalho.

Estou ciente de que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome, ou quaisquer outros dados confidenciais serão mantidos em sigilo. A elaboração final dos dados será feita de maneira codificada, respeitando o imperativo ético da confidencialidade.

Estou ciente de que posso recusar a participar do estudo, ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, nem sofrer qualquer dano.

O pesquisador envolvido com o referido projeto estará à disposição, com o qual poderei manter contato pelo telefone: (42) 3421-3201. Estão garantidas todas as informações que eu queira saber antes, durante e depois do estudo.

Li, portanto, este termo, fui orientado quanto ao teor da pesquisa acima mencionada e compreendo a natureza e o objetivo do estudo do qual fui convidado a participar. Concordo voluntariamente em participar desta pesquisa, **sabendo que não receberei nem pagarei nenhum valor econômico por minha participação.**

---

Pesquisador: Felipe Martins de Oliveira

RG:

---

Orientador: Eduardo da Silva Lopes

RG:

---

Entrevistado

## ANEXO II

### DADOS PARA DETERMINAÇÃO DOS CUSTOS DAS ATIVIDADES

<b>Motoroçadora Stihl FS 220</b>	<b>Dados</b>
Valor de aquisição (R\$)	2.000,00
Vida útil (anos)	2,5
Valor de revenda (R\$)	500,00
Consumo de combustível (litro/h)	0,625
Preço do litro de gasolina (R\$/litro)	2,70
Preço óleo 2t 500 mL 1/25 (R\$/litro)	17,00
Salário mensal trabalhador + encargos (85,06%) (R\$)	1.950,00
Custo mensal com manutenção (R\$)	150,00
<b>Foice</b>	
Valor de aquisição (R\$)	20,00
Vida útil (meses)	4
Custo manutenção (R\$/mês) – Lima (R\$)	8,00
Salário mensal trabalhador + encargos (85,06%) (R\$)	1.295,42
<b>Motopoda Stihl KA 85R</b>	
Valor de aquisição (R\$)	1.596,00
Vida útil (anos)	2,5
Consumo de combustível (litro/h)	0,4375
Salário mensal trabalhador + encargos (85,06%) (R\$)	1.950,00
Custo mensal com manutenção (R\$)	200,00
<b>Motopoda Stihl HT 75</b>	
Valor de aquisição (R\$)	2.968,00
Vida útil (anos)	2,5
Consumo (litro/h)	0,4375
Salário mensal trabalhador + encargos (85,06%) (R\$)	1.950,00
Custo mensal com manutenção (R\$)	200,00
<b>Serrote poda 1</b>	
Valor de aquisição (R\$)	200,00
Vida útil (anos)	2
Custo mensal com manutenção (R\$)	20,00
Salário mensal trabalhador + encargos (85,06%) (R\$)	1.295,42
<b>Serrote poda 2</b>	
Valor de aquisição (R\$)	180,00
Vida útil (anos)	2
Custo mensal com manutenção (R\$)	20,00
Salário mensal trabalhador + encargos (85,06%) (R\$)	1.295,42
<b>Serrote poda 3</b>	
Valor de aquisição (R\$)	250,00
Vida útil (anos)	2,5
Custo mensal com manutenção (R\$)	20,00
Salário mensal trabalhador + encargos (85,06%) (R\$)	1.295,42