



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA
DIVISÃO DE AGRICULTURA
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Projecto Final

**Avaliação da serragem da madeira de *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) na
serração Fuel.**

Relatório final de monografia apresentado e defendido como requisito para a obtenção do grau
de licenciatura em Engenharia Florestal

Autor:

Jorge Marcos Alberto Mabota

Supervisor:

Eng^o. Pedro Venâncio Wate (MSc)

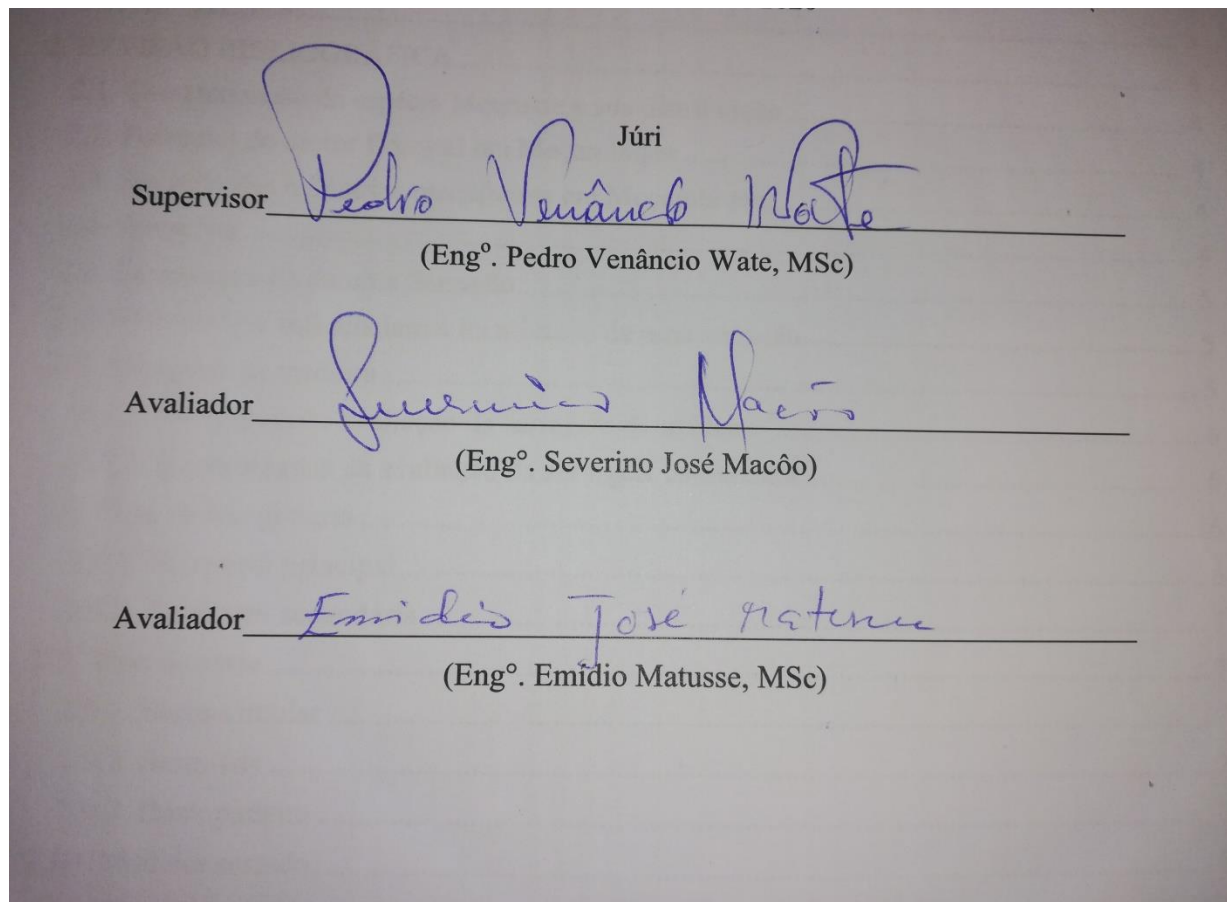
Lionde, Julho de 2021



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Jorge Marcos Alberto Mabota “Avaliação da serragem da madeira de *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) na Serração Fuel” Monografia de investigação apresentado ao curso de Engenharia Florestal, na Faculdade de Agricultura, do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Florestal.

Monografia defendida e Aprovada em 16 de Dezembro de 2020



ÍNDICE

Listas de Tabelas	VI
LISTAS DE FIGURAS.....	VII
LISTAS DE FÓRMULAS	VIII
LISTAS DE ABREVIATURA	IX
DEDICATÓRIA	X
AGRADECIMENTOS	XI
RESUMO.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. PROBLEMA E JUSTIFICAÇÃO DO ESTUDO	2
1.2. OBJECTIVOS.....	3
1.2.1. Geral.....	3
1.2.2. Específicos	3
1.3. HIPÓTESES	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Caracterização da espécie <i>Mecrusse</i> e sua distribuição	4
2.2. Potencial do sector florestal em Moçambique	4
2.3. Situação das indústrias madeireiras em Moçambique	4
2.4. Serrações	4
2.5. Caracterização de uma Serração	5
2.6. Factores que influenciam a localização de uma serração.....	5
2.7. Serragem da madeira.....	5
2.7.1. Vantagens da avaliação da serragem da madeira.....	6
2.7.2. Desvantagens da avaliação da serragem da madeira.....	6
2.8. Tipo de Maquinaria.....	6
2.8.1. Serragem principal	6
2.8.2. Serragem secundária	7
2.9. Tipo de serra	7
2.9.1. Serra-circular.....	7
2.9.2. Serra-fita	7
2.9.3. Destopadeira	7
2.10. Madeira serrada.....	8

2.11. Classificação das actividades de uma Serração	8
2.12. Matéria-prima	8
2.12.1. Defeitos da madeira (toros).....	8
2.12.2. Qualidade dos toros.....	9
2.13. Experiência dos operadores	9
2.14. Principais esquemas de corte usados nas serrações	10
2.14.1. Tangencial.....	10
2.14.2. Radial	10
2.15. Manutenção das serras	10
2.16. Factores inerentes à maquinaria.....	10
2.17. Factores inerentes à matéria-prima	11
2.18. Factores inerentes ao processo operacional	11
2.19. Medidas para melhorar o desempenho da serração.....	11
2.20. Classificação da madeira serrada	11
2.20.1. Classificação por defeitos	11
2.20.2. Classificação por uso final	12
2.21. Desempenho da serração.....	12
2.21.1. Rendimento volumétrico da serração.....	12
2.21.2. Eficiência operacional da serração.....	13
2.22. Principais factores que afectam o rendimento e a eficiência operacional nas serrações.....	13
2.22.1. Factores que afectam o rendimento da madeira serrada	13
2.23. Resíduos de serragem	14
2.23.1. Classificação de resíduos	14
3. METODOLOGIA	15
3.1. Caracterização da área de estudo	15
3.1.1. Clima.....	16
3.1.2. Hidrografia.....	16
3.1.3. Vegetação Natural e Florestas.....	16
3.1.4. Descrição da Empresa Construção e Serração Fuel	17
3.2. Materiais	17
3.3. Métodos de recolha de dados.....	17
3.3.1. Determinação do volume dos toros.....	18

3.3.2. Processo de serragem dos toros	18
3.3.3. Determinação do volume da madeira serrada	19
3.3.4. Análise da serragem da madeira serrada	20
3.3.5. Rendimento volumétrico da madeira serrada.....	20
3.3.6. Determinação da eficiência operacional na serra fita.....	20
3.3.7. Determinação da percentagem dos resíduos	21
3.3.8. Técnicas efectuadas nos esquemas de cortes nas diferentes classes diamétricas.....	21
3.4. Análise de dados	22
4. RESULTADOS E DISCUSÃO	23
4.1. Rendimento da madeira serrada no processamento de <i>Androstachys johnsonii</i> (Mecrusse)	23
4.2. Eficiência operacional na serragem de <i>Androstachys johnsonii</i> (Mecrusse)	24
4.3. Geração de resíduos na serragem de toros de Mecrusse	27
5. CONCLUSÃO	29
6. RECOMENDAÇÕES	30
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
8. ANEXOS	34
8.1. ANOVA do rendimento volumétrico em diferentes classes diamétricas.....	34
8.1.1. Teste de comparação das medias de rendimento volumétrico	34
8.2. ANOVA da eficiência operacional em diferentes classes diamétricas	35
8.2.1. Teste de comparação das medias da Eficiência operacional.....	35

Listas de Tabelas	Páginas
Table 1- Disposição dos toros de <i>Androstachys johnsonii</i> por classes diamétricas	18
Table 2- Classificação da qualidade da madeira serrada	19
Table 3- Rendimento da madeira serrada de <i>Androstachys johnsonii</i> para as três classes diamétricas	23
Table 4- Eficiência operacional (m^3 /operário/diária) de toros de <i>Androstachys johnsonii</i>	24
Table 5- Eficiência operacional da serragem das três classes diamétricas (m^3 /operário/turno) ...	25
Table 6- Geração de resíduos na serragem de toros de <i>Androstachys johnsonii</i> (Mecrusse).....	27

LISTAS DE FIGURAS

Páginas

Figure 1-Mapa de Localização da área de estudo	15
Figure 2- Gráfico da Eficiência operacional das 3 classes diamétricas por hora.....	26
Figure 3- Gráfico da Eficiência operacional das 3 classes diamétricas por turno	27

LISTAS DE FÓRMULAS

Páginas

Fórmula 1 – Equação para determinar a cubicagem dos toros.....	18
Fórmula 2 – Equação para determinar o volume da madeira serrada.....	19
Fórmula 3 – Equação para o rendimento volumétrico da madeira serrada.....	20
Fórmula 4 – Equação para determinar o rendimento volumétrico por classe diamétrica.....	20
Fórmula 5 – Equação para determinar a eficiência operacional da serração.....	21
Fórmula 6 – Determinação da percentagem de resíduos ou subprodutos.....	21

LISTAS DE ABREVIATURA

DNTF-Direcção Nacional de Terras e Florestas

db-diâmetro da base do toro

dt-diâmetro do topo do toro

Eto-evapo-transpiração

MAE-Ministério da Administração Estatal

C-comprimento

L-largura da peça

E-espessura da peça

Vi-volume por toro

Vmsi-volume da peça individual da madeira serrada

m²-metros quadrados

m³-metros cúbicos

R%-rendimento da madeira serrada

VMSi-volume da madeira serrada do toro (m³);

Vti: volume por toro em m³.

Rm: rendimento médio em cada classe

$\sum Ri$: somatório do rendimento volumétrico do toro em cada classe

n: número de toros serrados em cada classe

km²-quilómetros quadrados

Vmst: volume da madeira serrada em cada classe (m³)

Vt: volume de toros em cada classe diamétrica (m³);

% subprodutos-percentagem de subprodutos

E-eficiência em (m³)/operário/dia

O-Número de operários que trabalham na serração.

t-Tempo de corte da madeira em minutos

T-Volume do toro em m³;

DEDICATÓRIA

Em primeiro lugar dedico aos meus pais Alberto Benedito Mabota e Isabel Matsove Mabota, em especial a minha mãe pelo sacrifício, paciência, amor, carinho e por ter apostado muito na minha formação académica.

Aos meus irmãos Tomás Alberto Mabota, Alberto Benedito Mabota Jr e Angelina Alberto Mabota, e a toda família pelo apoio, conselhos dados durante a minha formação académica para que este trabalho sirva como fonte de inspiração de modo que devemos enfrentar os desafios e continuarmos a lutar pelos nossos sonhos.

Aos meus colegas da formação que me apoiaram e a todos que directamente ou indirectamente contribuíram para a minha formação académica.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradecer a Deus, pela graça da vida, pela saúde, bênção, protecção, pela presença nos momentos mais difíceis dessa caminhada, e ajudando-me para que tudo desse certo no final da formação.

Aos meus pais Alberto Benedito Mabota e Isabel Matsove Mabotae aos meus irmãos, em especial a minha mãe Isabel Matsove Mabota, pelo suporte, incentivo, pelo apoio incondicional aos desafios por mim enfrentados e inspiração para tudo. Aos meus demais familiares, a minha namorada Abdoida Malheia pela força, motivação, pelos momentos de alegria, de fraquezas e de vitórias.

Ao meu tutor, Eng^o. Pedro Venâncio Wate (MSc), pela orientação, ensinamentos, paciência e conselhos dados para o desenvolvimento e conclusão desta monografia. A todos docentes do curso de Engenharia florestal do ISPG, em especial ao Eng^o. Severino José Macôo, Eng^o. Emídio Matusse (MSc), Eng^a. Juvência Yolanda Malate (MSc), Eng^o. Edson Chilaquene Massingue, dr. Sérgio Alfredo Bila e ao dr. Arão Raimundo Finiasse (MSc) por todo apoio, dedicação e orientação que me foram dados ao longo da minha formação académica e no decurso do presente trabalho.

A Serração e Carpintaria Fuel, pelo acolhimento em nome do Sr. Timóteo Valente Fuel, que Deus o tenha, pela ajuda, disposição, abertura e oportunidade da realização deste trabalho na sua serração, ao nosso Mestre Conde (Chefe Responsável da serração) e ao Sr. Manuel (Operador da Serra fita) pela grande ajuda e colaboração durante a recolha de dados.

Agradeço aos colegas do curso, em especial aos meus amigos e colegas, que estiveram directamente e indirectamente envolvidos na minha caminhada, me incentivando e me apoiando, em especial ao Eng^o. Valdimiro Neves, Eng^o. Ernesto Diogenes, Eng^o. Araújo Filipe, Eng^o. Simões José Elias, Raimundo Cossa, Eng^o. Nelson Honiasse, Eng^o. Terço Bernardo, Eng^o. Fanuel Jeremias e ao Eng^o. Gulamo Abubacar.

Ao Instituto Superior Politécnico de Gaza pela oportunidade de realizar o curso, por me proporcionar toda instrução técnica e maturidade para a formação profissional, e pela oportunidade de fazer novos amigos ao longo do curso, o meu muito obrigado.

RESUMO

O presente estudo foi realizado na Serração Fuel, localizada na província de Gaza, no distrito de Mandlakaze, e teve como objectivo avaliar a serragem da madeira de *Androstachys johnsonii* na serra fita. O estudo baseou-se na medição do diâmetro e comprimento de toros, volume da madeira serrada na serra fita, volume de toros serrados por período de tempo cronometrado, número de operários envolvidos na serragem e a quantificação de resíduos. Foram seleccionados 60 toros e foram divididos em três classes diamétricas no intervalo de (20-25 cm, 25.1-30 cm e 30.1-35 cm), sendo 20 toros alocados em cada classe diamétrica. Os toros foram cubicados com uma fita métrica para se obter o volume, de acordo com as respectivas classes diamétricas, e em seguida foram processados na serra fita. Após se obterem as peças, foram feitas as dimensões de comprimento, largura e espessura, com auxílio da fita métrica e paquímetro para se determinar o volume da madeira. Os dados obtidos foram processados na planilha do programa informático "Microsoft Office Excel 2013". Dos resultados obtidos nas três classes diamétricas, a (3ª classe) apresentou o melhor rendimento médio com 55.15% enquanto que a (1ª e 2ª classe) apresentaram um rendimento médio de 41.76% e 49.92%, e no teste de comparação das médias (Tukey) a 95% de probabilidade as três classes diamétricas apresentaram uma diferença de rendimento da madeira, sendo que a (classe III) é que apresentou melhor rendimento em relação as (classes II e I). Dos resultados obtidos foi alcançado um rendimento médio de 48.94% tendo se considerado satisfatório para as serrações nacionais. Em termos de eficiência operacional obteve-se melhor resultado na (3ª classe) que foi de 3.02 m³/operário./turno, a (2ª classe) apresentou um resultado médio de 2.38 m³/operário./turno e a (1ª classe) apresentou o valor mais baixo que foi 1.91 m³/operário./turno. Apresentou uma eficiência média de 2.44 m³/operário./turno, e foi considerado aceitável. Com base no teste de comparação das médias (Tukey) a 95% de probabilidade pode se concluir que a (classe diamétrica III) é estatisticamente diferente da (classe I e II). No que concerne aos resíduos, apresentou uma tendência da diminuição do volume de acordo com o aumento do diâmetro, sendo que a (1ª classe) apresentou maior percentagem de resíduo médio de 58.24 %, a (2ª classe) apresentou 50.08 % enquanto a (3ª classe) apresentou baixa percentagem de 44.85 % de resíduo, com uma média de 51.06%. O valor da eficiência operacional foi reduzido devido à existência de defeitos nos toros e a característica da matéria-prima, por ser uma espécie muito resistente e não sendo fácil a sua trabalhabilidade. Com base nestes resultados, concluiu-se que a espécie *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) apresentou resultados satisfatórios de acordo com o rendimento, considerando o nível tecnológico da serração.

Palavra-chave: Madeira serrada, Rendimento volumétrico, Eficiência operacional.

ABSTRACT

The present study was carried out at Sawmill Fuel, located in the province of Gaza, in the district of Mandlakaze, and aimed to evaluate the sawdust from *Androstachys johnsonii* wood in the band saw. The study was based on the measurement of the diameter and length of logs, volume of sawn wood in the band saw, volume of sawn logs per time period, number of workers involved in sawing and the quantification of residues. Sixty logs were selected and divided into three diameter classes in the range of (20-25 cm, 25.1-30 cm and 30.1-35 cm), with 20 logs allocated to each diameter class. The logs were cubed with a tape measure to obtain the volume, according to the respective diameter classes, and then were processed in the band saw. After obtaining the pieces, the dimensions of length, width and thickness were made, with the aid of a measuring tape and a caliper to determine the volume of the wood. The data obtained were processed in the spreadsheet of the computer program "Microsoft Office Excel 2013". Of the results obtained in the three diameter classes, the (3rd class) had the best average yield with 55.15% while the (1st and 2nd class) had an average yield of 41.76% and 49.92%, and in the mean comparison test (Tukey) at 95% probability, the three diameter classes showed a difference in wood yield, and (class III) had the best yield compared to (class II and I). From the results obtained, an average yield of 48.94% was achieved, which was considered satisfactory for national sawmills. In terms of operational efficiency, the best result was obtained in the (3rd class) which was 3.02 m³/worker./shift, the (2nd class) presented an average result of 2.38 m³/worker./shift and the (1st class) presented the lowest value was 1.91 m³/worker./shift. It presented an average efficiency of 2.44 m³/worker./shift, and was considered acceptable. Based on the mean comparison test (Tukey) at 95% probability it can be concluded that (diametric class III) is statistically different from (class I and II). With regard to waste, it showed a trend of decreasing volume according to the increase in diameter, with the (1st class) showing a higher percentage of average waste of 58.24%, the (2nd class) showing 50.08% while the (3rd class) class) showed a low percentage of 44.85% of waste, with an average of 51.06%. The value of operational efficiency was reduced due to the existence of defects in the logs and the characteristic of the raw material, as it is a very resistant species and its workability is not easy. Based on these results, it was concluded that the species *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) presented satisfactory results according to the yield, considering the technological level of the sawmill.

Keywords: Lumber, Volumetric yield, Operational efficiency.

1. INTRODUÇÃO

Moçambique é um país rico em recursos florestais, com uma área florestal de aproximadamente 40,6 milhões de hectares, com cerca de 21 milhões de hectares com potencial florestal para a satisfação das necessidades do mercado interno e para a exportação. Entretanto, DNTF (2007), considera que o país conta actualmente com cerca de 24 mil há de plantações florestais que satisfazem uma pequena fracção das necessidades locais em produtos de origem madeireira, pelo que a maior parte dos produtos florestais consumidos no país é maioritariamente importada.

A Serragem da madeira é uma operação que permite o melhor aproveitamento da madeira, aproveitando ao máximo a matéria-prima a fim de obter maior rentabilidade. Entretanto, com vista a alcançar o produto pretendido, os toros de madeira devem ser serrados de acordo com a futura utilização de modo que possam ser comercializadas possuindo a qualidade desejada. Assim sendo é importante estudar as técnicas de corte apropriadas a cada circunstância (Sales, 1990).

O rendimento em madeira serrada refere-se ao volume efectivamente aproveitado de um toro em relação ao seu volume total (Biasi, 2005). Entretanto o rendimento em madeira serrada é a principal variável para analisar o sucesso do empreendimento e é influenciado por diversos factores, como a características da espécie, produtos finais, maquinaria utilizada, mão-de-obra e principalmente o diâmetro dos toros (Ribeiro, 1992)

E a eficiência operacional informa com segurança como o trabalho e/ou a serragem está sendo conduzida ao longo dos turnos. A avaliação da eficiência em serrações de grande porte está em desuso actualmente, por causa da automatização e da mecanização, nas quais as actividades da produção são comandadas electronicamente e por poucos operários. Porém, em serrações de pequenos e médios portes o rendimento não é muito elevado e também o grau de automatização é baixo ou inexistente (Latorraca, 2004).

Neste sentido, o propósito deste trabalho foi de avaliar a serragem da madeira de *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) na serração Fuel. Pois para Gomide (1994), o rendimento e a eficiência operacional são termos básicos de características de uma serração, para que se possa ter uma noção do desempenho de uma serração, ou seja, estes parâmetros revelam com relativa transparência o desempenho de uma serração.

1.1. PROBLEMA E JUSTIFICAÇÃO DO ESTUDO

Segundo Falcão (2005), vários problemas têm contribuído para o fraco desempenho do sector das serrações, tais como a baixa qualidade do produto, como na produção de pranchas, parquets, barrotes e outros, principalmente devido ao uso de tecnologias obsoletas, assim como à falta de um mecanismo de promoção comercial do produto de madeira em Moçambique.

Na maior parte das empresas madeireiras que exercem as actividades ligadas ao processamento da madeira serrada de *Androstachys johnsonii* (Mecrusse), por conta da deficiência tecnológica o maior problema enfrentado é o baixo aproveitamento da matéria-prima acarretando assim aumento do custo do produto final e uma grande geração de resíduos devido ao tipo de maquinaria utilizada, fraca preparação de mão-de-obra e outros factores (Chitará, 2003).

A escolha da espécie *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) é por ser uma espécie que pertence ao grupo de madeira da 1^a classe, sendo uma das espécies mais procuradas e utilizadas no mercado nacional e internacional. Visto que a mesma espécie é utilizada para a produção de parquet, travessas, tábuas, postes para a construção civil e também é utilizada para a produção de outros produtos (Cardoso, 1963).

Por tanto o presente estudo pretende trazer informações que possibilitem a melhoria do desempenho da serração Fuel nas actividades ligadas ao processamento da madeira. Entretanto, devido à falta de informações técnicas para garantir bons resultados ligados ao rendimento e eficiência no processamento de Mecrusse, houve a necessidade de avaliar a serragem da madeira, porque o estudo do rendimento e da eficiência na utilização de matéria-prima, a maquinaria e a mão-de-obra conduzem a uma rentável produção de madeira serrada. Visto que a serração Fuel tem tido problemas ligados a paragens e demoras no processamento da madeira e atrasos no abastecimento da matéria-prima.

Entretanto através do estudo do rendimento e da eficiência, esses factores servirão como base para a empresa avaliar o seu desempenho, no intuito de saber se as operações no empreendimento estão a ser executadas correctamente ou não. Também o estudo possibilitou o conhecimento de como determinar a qualidade da serração através do rendimento e eficiência, para ajudar na tomada de decisões, para a melhoria dos aspectos técnicos operacionais e da gestão da própria empresa.

1.2. OBJECTIVOS

1.2.1. Geral

- Avaliar a serragem da madeira de *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) na serração Fuel.

1.2.2. Específicos

- Determinar o rendimento da madeira serrada na serragem primária da madeira;
- Determinar a eficiência operacional na serragem principal da madeira;
- Quantificar os resíduos resultantes do processo de serragem da madeira.

1.3. HIPÓTESES

Ho: As classes diamétricas têm o mesmo efeito na serragem da madeira, na serra principal da empresa Fuel.

Ha: As classes diamétrica apresentam diferentes efeitos na serragem da madeira, na serra principal da empresa Fuel.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Caracterização da espécie Mecrusse e sua distribuição

Androstachys johnsonii, conhecido vulgarmente por mecrusse pertence à classe Dicotyledoneae, família Euphorbiaceae e apresenta uma altura média que varia entre 15 a 20 m, sua copa é verde, aberta, mais alta que larga. O tronco é alto geralmente direito, as folhas são simples, opostas, pequenas, 3 a 5 cm de comprimento. O mecrusse ocorre no sudoeste da África Tropical, em Moçambique as manchas de *Androstachys johnsonii* dispersam-se no norte do país um pouco na área de Cheringoma, na zona de Sofala, no norte e centro da província de Gaza, a norte de Mandlakazi e na região dos pequenos Libombos na Província de Maputo (Cardoso, 1963).

2.2. Potencial do sector florestal em Moçambique

Segundo Chitará (2003), as florestas nativas representam o principal potencial florestal em Moçambique, com alta diversidade florística, mas poucas espécies são conhecidas no mercado. Destas florestas, estima-se que 40,1 milhões de ha (51%), do território nacional é coberto por florestas (26,9 milhões de ha é ocupado por florestas para a extracção de madeira com valor comercial e 13,2 milhões de ha são áreas de conservação) e cerca de 14,7 milhões de ha (19%) é coberto por outras formações lenhosas como vegetação arbustiva, matagal e florestas sujeitas à agricultura itinerante (Marzoli, 2007).

2.3. Situação das indústrias madeireiras em Moçambique

As indústrias florestais no país são constituídas por serrações e carpintarias. A maior parte destas indústrias está localizada na zona centro e norte, nomeadamente nas províncias de Sofala, Zambézia, Nampula, Cabo Delgado e Manica (Chitará, 2003).

Nas indústrias madeireiras de transformação primária (serrações) do país a capacidade estimada e actual de produção das serrações são de aproximadamente 120.000 m³/ano e 65.000 m³/ano de madeira serrada, respectivamente. Em que as províncias de Manica, Sofala e Zambézia constituem as províncias com maior capacidade de produção (Eureka, 2001).

2.4. Serrações

Segundo Egas (2000), serrações são indústrias de transformação de madeira redonda (toros) em madeira serrada a partir de máquinas cujos elementos principais de trabalho são as serras, com base na produção. As serrações podem ser classificadas de diferentes formas, ou seja, em função

da sua capacidade produtiva: pequenas (até 50 m³/dia), médias (entre 50 a 100 m³/dia) e grandes (>100 a mais m³/dia), em função da sua máquina principal de corte: as serras múltiplas são caracterizadas pela sua forma com uma lâmina de três mm de espessura e com único corte, serras circulares apresentam lâminas com 6 mm, a serra fita apresenta 1.5 mm de espessura e efectua o corte em redor de bielas.

2.5. Caracterização de uma Serração

Na maioria das vezes, as serrações são constituídas por um depósito de matéria-prima, pátio de toros, armazém, serra principal, serra secundária, sala de afiação das máquinas, furadeira, destopadeira, carpintaria, escritório, gabinete, estoque de madeira serrada, etc. O pátio de toros é o local onde são armazenados os toros até o seu processamento. Torna-se imprescindível estimar o tempo de permanência dos toros no pátio e o volume máximo de toros sobrepostos por pilhas, visando evitar proliferação de organismos xilófagos degradadores da matéria-prima e pilhas instáveis com potencial para provocar acidentes (Vital, 2008).

2.6. Factores que influenciam a localização de uma serração

Para instalação de uma serração em primeiro lugar é importante que pense na forma de aquisição da matéria-prima, porque este aspecto é principal objectivo da instalação, após definir esse objectivo já pode pensar nos aspectos de recursos humanos, vias de acesso, facilidade de negócio (compra e venda), bem como a competitividade (Ribeiro, 1992).

2.7. Serragem da madeira

De acordo com Menezes (1998), a serragem da madeira é um processo eficiente e proveitoso que permite obter maior volume de material útil e valioso do toro através de processos mecânicos, de forma a satisfazer especificações de qualidade, dimensões e acabamento.

A serragem da madeira é uma operação em que os cortes são efectuados de tal maneira que se obtenha a partir do toro, maior volume de material útil e valioso, e que os produtos obtidos possam satisfazer as especificações da qualidade, das dimensões e condições da superfície da própria madeira. Portanto, o sucesso das operações de uma serragem mede-se através do rendimento e da eficiência de conversão da madeira serrada (Egas, 1998).

2.7.1. Vantagens da avaliação da serragem da madeira

Segundo Sales (1990), a avaliação da serragem da madeira é um processo que permite o melhor aproveitamento da madeira, mas também por sua vez apresenta algumas vantagens assim como algumas desvantagens, tais como:

- Garante maior racionalidade nos diferentes cortes a serem efectuados e no posicionamento dos toros;
- Influência na eficiência durante o processamento da madeira
- Possibilita a maximização no aproveitamento da matéria-prima;
- A produtividade é alta com elevada eficiência e o baixo custo do produto final é compensado por uma elevada produção industrial.

2.7.2. Desvantagens da avaliação da serragem da madeira

- Maior desperdício do tempo devido aos critérios exigidos para avaliação da serragem da madeira, nomeadamente: (posicionamento dos toros, número de cortes, modelos de corte e dimensionamento das pranchas);
- As técnicas aplicadas no processamento devem garantir maior aproveitamento e redução dos custos na produção enquanto às vezes há carência ou escassez da madeira de boa qualidade.

2.8. Tipo de Maquinaria

Nas serrações encontram-se diversos tipos de serras mecânicas, tais como: serras de quadro ou alternativas; serras circulares; serras de fita e carro porta toros. A utilização desses equipamentos é capaz de gerar produtos e subprodutos, tais como: semi-blocos, blocos, pranchas, tábuas, costaneiras, serradura e cavacos. O volume, qualidade e o tipo de madeira a produzir em uma serração, dependem basicamente da matéria-prima e das máquinas (Latorraca, 2004).

2.8.1. Serragem principal

A serragem principal é realizada com equipamentos pesados e necessitam de uma grande quantidade de energia, onde sua principal função é reduzir o tamanho dos toros em peças de fácil trabalhabilidade os quais serão serrados novamente em operações secundárias. Segundo o autor,

na serragem principal, os toros podem ser transformados em blocos, semi-blocos, pranchas, tábuas ou quando realizado o destopo ainda no pátio de toros, toros de comprimento menor porte (Rocha, 2002).

2.8.2. Serragem secundária

A serragem secundária é realizada logo após a serragem principal. É nessa etapa que as peças têm o seu tamanho reduzido ou até mesmo adquirem seu tamanho final. As serras circulares são as mais utilizadas para a serragem secundária. Em algumas operações, é comum o uso de serras fitas de pequeno porte (Rocha, 2002).

2.9. Tipo de serra

Dentre os equipamentos existentes, segundo dados do Sebrae (2017), os mais utilizados para a serragem da madeira em serrações de pequeno e médio porte são:

2.9.1. Serra-circular

É perfeita para trabalhos médios e leves em madeira, com óptimo desempenho e durabilidade. Equipamento de corte de madeira a partir de um disco ou lâmina de metal e uma mesa de sustentação.

2.9.2. Serra-fita

É uma serra que é instalada numa máquina cuja fita de serra se movimenta continuamente, pela rotação de volantes accionadas por um motor eléctrico. A serra de fita tem uma versatilidade de trabalho muito grande, podendo realizar quaisquer tipos de cortes rectos ou irregulares, tais como círculos ou ondulações. Também pode ser utilizada para o corte de materiais muito espessos, difíceis de serem cortados na serra circular. Pode ser de dois tipos: horizontal e vertical.

2.9.3. Destopadeira

É o equipamento ideal para igualar a madeira, a máquina possui uma serra com deslocamento horizontal posicionada dentro de uma capota de protecção, o que proporciona total segurança para o operador.

2.10. Madeira serrada

Segundo Egas (2000), madeira serrada é um produto que resulta da acção de corte das serras, sem mais processos de elaboração além dos cortes longitudinais e transversais com o objectivo de proporcioná-lo, em tamanho e qualidade adequada. Neste produto pode se incluir tratamentos adicionais, como a plainagem, secagem e preservação que permite elevar de forma significativa o seu valor.

2.11. Classificação das actividades de uma Serração

Segundo Latorroca (2004), as actividades de uma serração são classificadas da seguinte forma:

Trabalho produtivo é definido como o complemento operador e máquina para serrar a madeira.

Tempo perdido é observado quando as máquinas estão inactivas ou operando sem que haja a serragem de madeira. O tempo perdido se subdivide em:

- O trabalho não produtivo é definido como as actividades do conjunto operador e máquina em que não ocorre a produção de madeira. Detalhadamente, o trabalho não produtivo é composto principalmente por atrasos no processo produtivo que são causados por problemas mecânicos, falta de manutenção preventiva, metodologia de serragem e reparos em avarias da linha de produção.
- O tempo ocioso corresponde aos atrasos no processo produtivo em razão das necessidades pessoais dos operários, da falta de matéria-prima (falhas e retrocessos no sistema de transporte e carregamento) e da falta de fornecimento de energia eléctrica.

2.12. Matéria-prima

A madeira é uma das principais matérias-primas utilizada na produção industrial mobiliária. No caso das pequenas e médias empresas, a maioria utiliza a madeira maciça como matéria-prima para a fabricação de seus produtos, conforme relata (Coutinho, 1999).

2.12.1. Defeitos da madeira (toros)

A qualidade dos toros exerce influência no rendimento, em que toros com defeitos quanto à forma (conicidade, achatamento, tortuosidade e ocosidade) reduzem o rendimento em madeira serrada, visto que a conicidade é a diminuição do diâmetro do tronco, da base para a copa da árvore, que sofre influência ambiental, principalmente do espaçamento, podendo influenciar no rendimento de madeira serrada (Valério *et al.*, 2007).

A conicidade do fuste pode ser influenciada pelo espaçamento, tanto que nos espaçamentos menores as árvores tendem a ganhar uma forma mais cilíndrica, isto é, menos cónica, isto ocorre devido à competição, o que vai resultar numa diminuição da altura da copa em função do desrame ou morte dos galhos inferiores. No entanto a maior conicidade nos espaçamentos maiores deve se a manutenção de uma maior altura da copa e conseqüentemente um maior crescimento do diâmetro da base (Tsoumis, 1991).

Tortuosidade é um factor a considerar, pois toros com elevada tortuosidade geram maior desperdício devido à retirada de maiores costaneiras, para além de limitar o comprimento das peças, ou seja, não permite o aproveitamento total do toro o que afecta negativamente o rendimento (Manhiça, 2010).

2.12.2. Qualidade dos toros

A ausência ou a incidência de podridões ou agentes degradadores nos toros tem total interferência no rendimento da madeira serrada, ou seja, a qualidade do toro é preponderante na escolha do mesmo a ser beneficiado (Silva, 2010).

2.13. Experiência dos operadores

Os toros são serrados de acordo com critérios escolhidos pelo operador da máquina principal, ou seja, é ele quem define a melhor maneira de se serrar um toro. Dessa maneira, podem ocorrer elevadas perdas de matéria-prima, devido à ausência de tecnologias apropriadas para a serragem dos toros, encarecendo o processo, em função de que há a necessidade de se consumir maior volume de matéria-prima para produzir a mesma quantidade de produto serrado, (Rocha *et al.*, 2005).

No que diz respeito aos equipamentos, na maior parte das serrações possuem equipamentos desgastados pelo tempo de uso e que esses são controlados por operadores sem nenhum tipo de capacitação específica. Sabe-se que a percentagem de resíduos está directamente relacionada com a situação em que se encontram os equipamentos desgastados, que tendem gerar mais resíduos (Batista *et al.*, 2015).

2.14. Principais esquemas de corte usados nas serrações

2.14.1. Tangencial

O corte tangencial consiste na obtenção de peças tangenciais aos anéis de crescimento, entre tanto as indústrias madeireiras tem preferência por este tipo de corte por apresentar maior rendimento em madeira serrada, menor largura das tábuas, também os estudos mostram que este tipo de corte apresenta maior rapidez e permite que os empenamentos apresentados pelas tábuas sejam corrigidos facilmente (Remade, 2005).

2.14.2. Radial

O sistema de corte radial caracteriza se por retirada de peças paralelas aos raios, com finalidade de obter maior número de tábuas com as faces no mesmo plano dos respectivos raios e os cortes com esse sistema apresentam desenhos agradáveis formadas a partir da interação de grã e o plano de corte, também reduz o número de deformações nas tábuas obtidas (Dell Menezzi e Nahuz, 1998).

2.15. Manutenção das serras

A manutenção das serras (dentes e laminas) visa aumentar o período de duração da lâmina no processo de corte, diminuindo dessa forma a frequência de interrupções devido o aparecimento de problemas nas lâminas e discos. Também visa proporcionar o aumento do rendimento da maquinaria, através da obtenção de superfícies de boa qualidade, mantendo a forma apropriada dos dentes, os ângulos adequados para o corte e o borde afiado do dente, bem como eliminar as rachas que surgem com frequência no fundo dos dentes, antes que se desenvolvam demasiado e produzam graves danos a serra (Egas, 2000).

2.16. Factores inerentes à maquinaria

Uma boa ferramenta deve permitir um corte com velocidade certa, eficiência do corte, encaixe da peça, geometria de corte, boa forma, enfim, um ajuste ideal para cada procedimento (Weissenstein, 2001). A este respeito Gonçalves (2001), afirma que para saber o número de dentes adequados do disco ou lâmina da serra, deve-se considerar o tipo de trabalho, altura dos dentes, espécie de madeira, potência de corte necessário, velocidade de corte combinada com velocidade de avanço do toro.

2.17. Factores inerentes à matéria-prima

Segundo Biasi & Rocha (2007), sobre os factores que influenciam o processamento mecânico dos toros concordam que o rendimento é influenciado por factores inerentes à madeira, como dimensões e a qualidade do toro e factores próprios da indústria, como técnica de corte empregada, tipo de equipamento, afiação das serras e até o nível técnico e experiência dos operários.

2.18. Factores inerentes ao processo operacional

O método de corte é uma das variáveis de especial importância no rendimento em madeira serrada. Na prática vários factores contribuem para a escolha do método de corte: tipo de serras, qualidade e as dimensões dos equipamentos e mão-obra disponível. Os sistemas de corte são vários e podem ser adaptadas às mais variadas situações, podendo ser classificados em função de determinadas características presentes no toro, tais como os anéis de crescimento e raios lenhosos, o eixo longitudinal dos toros, demanda do mercado, habilidade do operador/equipamentos, capacidade do toro e a sequência de cortes (Rocha, 2000).

2.19. Medidas para melhorar o desempenho da serração

De acordo com Anacleto (2007), existem duas medidas para melhorar o desempenho de uma serração que são:

- Diminuir o tempo improdutivo: Utilizando equipamentos mais resistentes e confiáveis, manutenção preventiva e trocas de ferramentas durante as paragens para o descanso. Com essas medidas pretende-se reduzir o tempo de paragem durante a produção.
- Utilizar melhor o tempo de produtividade: treinamento periódico e conscientização dos operadores de máquinas, mecanização da entrada de madeira e saída de resíduos da linha de produção.

2.20. Classificação da madeira serrada

2.20.1. Classificação por defeitos

Este sistema também é conhecido como classificação por aparência, é empregado largamente em madeiras de coníferas e em madeiras de folhosas. Pois tem-se baseado em características dos defeitos tais como podridões, nós, furos, rachas e outros ataques de insectos. A classificação por

defeitos pressupõe que a peça de madeira seja utilizada nas dimensões originais, portanto não sujeita a ser recortada em outras dimensões correspondentes as requeridas pelo uso final. Nesse sistema é considerado o número, a importância e a distribuição dos defeitos que apareçam em uma ou ambas as faces da peça serrada (Oliveira, 2008).

2.20.2. Classificação por uso final

Segundo Oliveira (2008), este sistema engloba dois subgrupos de classificação de acordo com o uso final da madeira:

- Classificação para uso em estrutura pode ser feita pelo método visual ou pelo método mecânico. No primeiro caso, a classificação está baseada no facto de que os defeitos afectam a resistência e a rigidez das peças de madeira.
- Classificações específicas onde às peças são fornecidas em dimensões exactas para usos bem definidos.

2.21. Desempenho da serração

2.21.1. Rendimento volumétrico da serração

O desempenho de uma serração, também chamado de rendimento volumétrico, coeficiente de serragem ou coeficiente de transformação consiste no cálculo da relação entre o volume de peças comercializáveis produzidas e o volume de toros processados. Com o cálculo do rendimento, obtêm-se as seguintes informações: volume e quantidade de toros para a produção, equipamentos necessários, estoque a ser disponibilizado, projecções futuras (custos, ampliações e investimentos), bem como alteração dos métodos, sistemas utilizados que optimizam a produção e a percentagem de perdas da matéria-prima (Silva, 2010).

As diversas técnicas são apresentadas por vários pesquisadores visando o aumento do rendimento da madeira serrada. Enumeram-se vários parâmetros, tais como: a selecção de toros por classes diamétricas, tratamento optimizado de toros, aplicativos computacionais de optimização no sistema de corte e adequação do layout da serração, (Néri *et al.*, 2005).

2.21.2. Eficiência operacional da serração

De acordo com Rocha (1999), a eficiência expressa à relação entre o volume dos toros serrados por período e o número de operários envolvidos nas operações de serragem. Segundo o mesmo autor, a eficiência é afectada por alguns factores:

- Layout da serração;
- Uso de coníferas ou folhosas;
- Uniformidade da matéria-prima e produtos (padronização);
- Disponibilidade de energia e grau de mecanização da serração.
- Características e condições da maquinaria usada;

Eficiência operacional explica factores como: mão-de-obra envolvida, produtividade, aspectos gerenciais e administrativos. A eficiência pode ser afectada pelas características e condições do maquinário, grau de automação e mecanização da serração, uniformidade da matéria-prima e produtos, mão-de-obra empregada, horas trabalhadas e espécie processada (Rocha, 2002).

2.22. Principais factores que afectam o rendimento e a eficiência operacional nas serrações

O rendimento em madeira serrada é influenciado por diversos factores tais como: técnicas de serragem, qualidade de toros, operações com os equipamentos e principalmente pelo diâmetro dos toros. Além desses factores, o tratamento que é dado aos toros ainda no pátio da serração e outras decisões de como efectuar a serragem são factores fundamentais para que se atinjam bons níveis de rendimento (Murara Júnior, 2006).

2.22.1. Factores que afectam o rendimento da madeira serrada

Existem vários factores que afectam a produção das serrações no aspecto financeiro e no aspecto de produção. O estado de conservação dos equipamentos proporciona maior rentabilidade para algumas serrações, ao passo que outras são ineficientes, de baixo rendimento e geram alto contingente de subprodutos. Portanto, o estado de conservação dos equipamentos está directamente relacionado ao desempenho da serração. Algumas medidas como substituição de equipamento, melhorias nas técnicas e padrões de serragem, no fluxo de material e manutenção adequada, podem melhorar a qualidade dos produtos, aumentar o rendimento e a eficiência (Walker *et al.*, 1993).

2.23. Resíduos de serragem

A geração de resíduos é consequência do processamento primário ou secundário da madeira sólida, independente do tipo de serração. Acredita-se que aumentar e melhorar o aproveitamento de resíduos com a otimização do uso de madeira poderá contribuir para minimizar os efeitos da escassez potencial. Nesse sentido as empresas devem empregar novas técnicas de classificação, estimar a quantidade de resíduos gerados, planificar formas de armazenamento, de transporte e de transformação em subprodutos de maior valor agregado, pois os resíduos produzidos em serrações, quando queimados, geram energia térmica, que pode ser transformada em energia eléctrica e assim substituir a energia comprada (Dowaki & Mori, 2005).

Araújo (2003), afirma que, o aproveitamento de resíduos por parte das serrações apresenta importantes vantagens, como a redução dos custos de produção; redução dos impactos ambientais provocados pelas queimas e pelo descarte dos resíduos.

2.23.1. Classificação de resíduos

De acordo com suas características morfológicas podemos classificar os resíduos como cavacos (partículas com dimensões máximas de 50 x 20 mm), serragem (partículas de madeira provenientes do uso de serras, com dimensões entre 0,5 a 2,5 mm), e por fim, o pó (resíduos menores que 0,5 mm). Considerando-se as três principais etapas de processamento mecânico da madeira, são gerados subprodutos com variadas aplicações comerciais que podem ser assim resumidas. Os resíduos de madeira podem ser utilizados tanto na confecção de material combustível, na agricultura, na geração de energia eléctrica em termoeléctricas, e principalmente na indústria de painéis reconstituídos (IBQP, 2002).

3. METODOLOGIA

3.1. Caracterização da área de estudo

O estudo foi realizado na Serração e Carpintaria Fuel, pertencente à empresa Construções Fuel, localizada no posto administrativo de Macuacua, no distrito de Mandlakaze, Província de Gaza, situada ao Sul de Moçambique, entre as latitudes de 24° 04' 19" e 25° 00' 00" Sul e entre as longitudes de 33° 56' 17". Ao Norte o Distrito é limitado pelo Distrito de Panda, ao Sul com Oceano Índico, Oeste pelos Distritos de Chibuto e Chongoene e a Este os Distritos de Inharrime, Panda e Zavala (MAE, 2005). A figura 1 indica a localização da área de estudo.

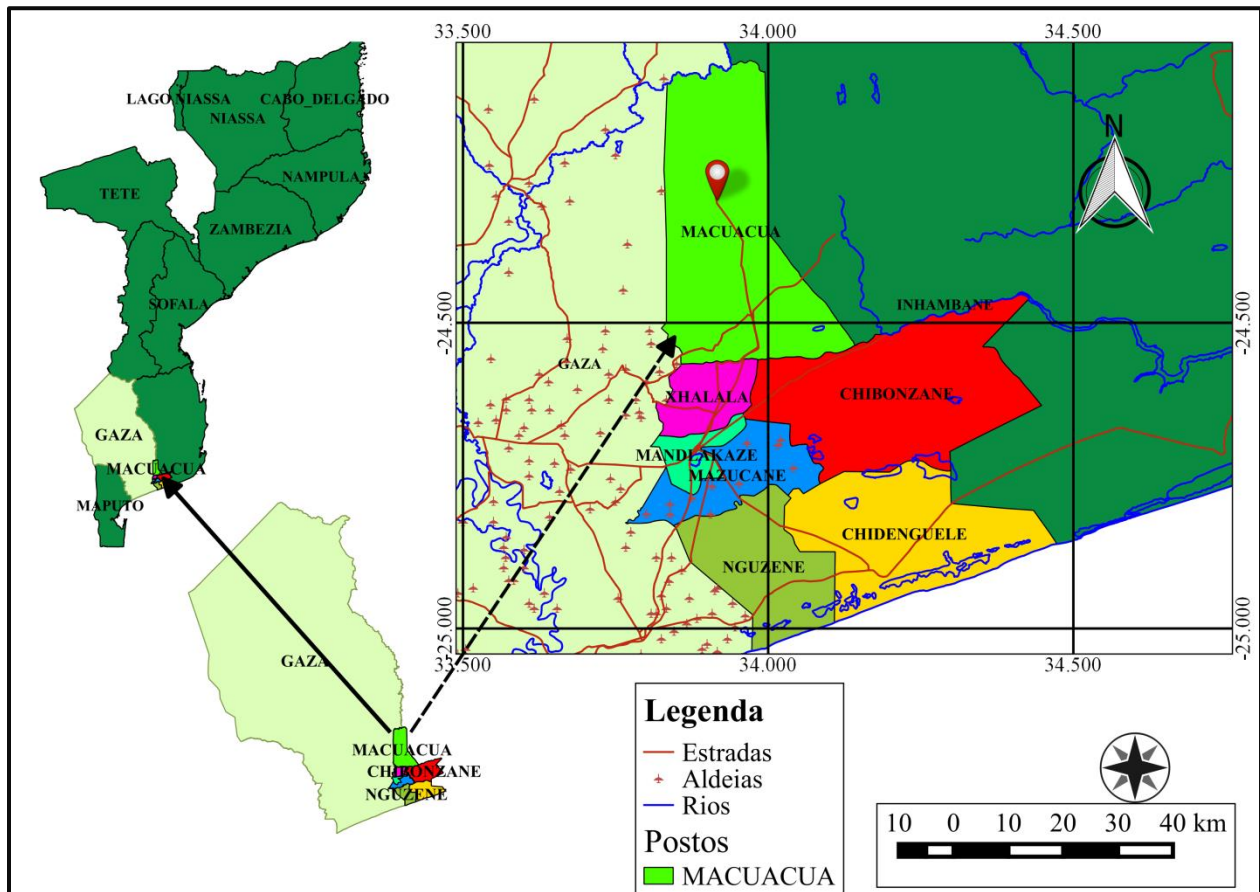


Figure 1-Mapa de Localização da área de estudo

Fonte: Autor

3.1.1. Clima

O distrito é dominado por um clima tropical seco, no interior, e húmido no litoral, com temperaturas médias mensais entre 17 e 28° C e uma precipitação distribuída irregularmente entre os meses de Novembro a Março com um total anual que varia entre os 400 e 950 mm.

A evapo-transpiração potencial de referência (ET_o) é geralmente superior a 1500mm. A maior parte da região apresenta temperaturas médias anuais superiores a 24° C e uma humidade relativa média anual de 60-65%. A faixa sub-litoral apresenta temperaturas médias anuais que variam entre 24 e 26° C, e precipitação média anual varia entre 800 á 1000 mm, podendo localmente ultrapassar este valor, tornando-se o clima de tipo sub-húmido (MAE, 2005).

3.1.2. Hidrografia

O principal recurso hídrico são as 63 lagoas existentes no distrito, embora algumas não sejam permanentes, desaparecendo na época seca. Os dois rios mais importantes do distrito são o Changane, que faz a fronteira norte com o distrito de Chibuto, e o Mangonhane (afluente do rio Inharrime). O distrito tem água de boa qualidade e aquíferos com alta produtividade, variando a sua profundidade desde zonas até 20 metros a regiões entre 20 e 100 metros (MAE, 2005).

3.1.3. Vegetação Natural e Florestas

A maior parte do distrito principalmente na zona centro, nos Posto Administrativo de Chalala, Mandlakazi sede e Chibonzane esta ocupada pela agricultura. Contudo, há ocorrência de matagal médio e baixo, junto à costa nos Posto Administrativo de Nguzene e Chidenguele, também apresenta manchas isoladas de matagal baixo no interior e floresta alta densa, baixa e densa no extremo norte no Posto Administrativo de Macuacua junto ao distrito de Chibuto. A vegetação faz parte da Savana decídua de Miombo, caracterizada por duas espécies nomeadamente *Brachystegia spiciformis* e *Julbernardia globiflora*. A parte norte do distrito no Posto Administrativo de Macuacua é mais seca ocorrendo também espécies vegetais como *Azelia quanzensis*, e *Balanites sp.*

3.1.4. Descrição da Empresa Construção e Serração Fuel

É uma empresa Moçambicana, de estatuto jurídico privado, que actua em vários sectores de actividade, nomeadamente construção civil, pecuária, educação, agricultura e exploração florestal. Fundada em 1980, a sede desta se localiza no posto administrativo de Macuacua no distrito de Mandlakazi na província de Gaza. A serração tem como a máquina principal de corte uma serra fita horizontal (Wood-Mizer LT40), composta por 2 volantes de 47 cm de diâmetro, especificamente com um diâmetro com rotação máxima de 3530 voltas por minuto e com uma plataforma de toros fixa de 8 m de comprimento. A unidade de produção esta mais focada na produção de carteiras com madeira de Mecrusse e também na produção de parquets, vigas, tábuas, pranchas, aros e barrotes.

3.2. Materiais

Para a realização do estudo, foram utilizados os seguintes materiais: fita métrica para a medição dos toros e das peças, paquímetro electrónico para medir a espessura das peças, cronómetro para controlar o tempo que um toro levava para ser serrado, máquina calculadora para efectuar os cálculos e o giz para marcar as peças provenientes de cada classe diamétrica e os dados foram anotados numa ficha do campo previamente preparado.

3.3. Métodos de recolha de dados

Para o levantamento de dados foram seleccionados 60 toros de *Androstachys johnsonii* de acordo com as suas classes diamétricas para o processamento. O critério utilizado foi o delineamento completamente casualizado (DCC), composto por 3 tratamentos que são as classes diamétricas e 20 repetições que são os toros alocados em cada classe diamétrica, o número total das unidades experimentais foi 60 que são os toros. Os toros foram agrupados em três classes diamétricas com base no diâmetro médio, variando no intervalo de 20-25 cm, 25.1-30 cm, 30.1-35 cm. Também foram enumerados e marcados consoante as suas classes diâmetricas para facilitar o controlo da identificação desde o pátio de toros até a área de produção. Em cada classe diamétrica foram alocados 20 toros, conforme ilustra a tabela 1.

Table 1- Disposição dos toros de *Androstachys johnsonii* por classes diamétricas

Classe diamétrica (cm)	Número de toros por classe	Comprimento médio (m)	Diâmetro médio (m)
1ª Classe (20-25 cm)	20	4.07	20.66
2ª Classe (25.1-30 cm)	20	3.91	25.08
3ª Classe (30.1-35 cm)	20	3.91	30.53
Total	60		

3.3.1. Determinação do volume dos toros

Para a obtenção do volume do toro, foram tomadas as medidas de comprimento e diâmetro das duas extremidades com o auxílio de uma fita métrica, isto é, medidas de cima para baixo e da esquerda à direita formando uma cruz. Neste caso com as medidas obtidas nas duas extremidades, obteve-se as médias das mesmas, com os valores representando o diâmetro da base (db) e do topo (dt). E para determinar o volume de cada toro usou-se a fórmula (1) de Smalian.

$$V_i = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{db^2 + dt^2}{2} \right) * l \quad \text{fórmula [1]}$$

Onde:

V_i: volume individual do toro (m³); **d_b**: diâmetro da base (m); **d_t**: diâmetro do topo (m); **l**: comprimento do toro (m); **π** = 3,1416

3.3.2. Processo de serragem dos toros

Durante o processo de serragem, os toros foram submetidos ao sistema de serragem convencional, de acordo com o modelo adoptado pela empresa, em que o mesmo consistiu em realizar cortes tangenciais, paralelos a casca, para retirar a primeira costaneira e de seguida os toros foram virados manualmente para retirar a outra costaneira. Após isso, prosseguiu se com cortes sucessivos horizontais para se obter as peças, dependendo das espessuras que variavam de 25 mm, 30 mm, 35 mm, 40 mm e 45 mm, larguras 14 a 30 cm e comprimento 2.70 a 4.80 m, a

medida que os cortes eram feitos se obtinham peças com faces tangenciais. Após essa fase as tábuas processadas na serra fita foram transferidas para a serra circular onde foram feitos os cortes tangenciais assim como radiais. Em termos do tempo foi cronometrado o tempo de corte do toro desde a sua fixação na serra principal até a última peça de madeira a ser serrado. As peças foram classificadas de acordo com a sua qualidade, pois existiam aquelas que possuíam nós, rachaduras, podridões e furos, também havia as tábuas com a qualidade desejada, assim a madeira foi classificada através das dimensões da espessura, como madeira da primeira, segunda e terceira qualidade. Conforme ilustra a tabela 2.

Table 2- Classificação da qualidade da madeira serrada

Classificação	Defeitos
1ª Qualidade	Sem presença de defeitos
2ª Qualidade	Quando há presença de defeitos que não afectam significativamente a qualidade da madeira (empenamentos, e furos)
3ª Qualidade	Quando há presença de defeitos que afectam significativamente a qualidade da madeira, no caso de (nós, rachaduras e podridões).

3.3.3. Determinação do volume da madeira serrada

Para a determinação do volume das peças, após o processamento dos toros, foram feitas as medições do comprimento (m) com auxílio da fita métrica (m). A largura e a espessura (cm) foram medidas em três pontos com auxílio da régua, nas duas extremidades e no centro da peça, e em seguida efectuou-se os cálculos de modo a obter a média dessas duas dimensões, no entanto para se ter o volume de cada peça usou se a seguinte fórmula (2):

$$V_{msi} = C \times L \times E \quad \text{fórmula [2]}$$

Onde:

V_{msi}: volume da peça da madeira serrada (m³); **C**: comprimento da peça (m); **L**: largura da peça (m); **E**: espessura da peça (m);

3.3.4. Análise da serragem da madeira serrada

Para análise da serragem da madeira de *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) por classe diamétrica, foram usados os seguintes parâmetros: rendimento, resíduos e eficiência operacional.

3.3.5. Rendimento volumétrico da madeira serrada

Após a obtenção do volume em madeira serrada, determinou-se a percentagem de aproveitamento correspondente a cada toro processado, dado pela razão entre o somatório do volume das peças em m³ e do volume do toro em m³ antes da sua serragem. O Rendimento da madeira serrada foi calculado de acordo com a seguinte fórmula (3):

$$Ri\% = \left(\frac{VMSi}{Vti} \right) * 100 \quad \text{fórmula [3]}$$

Onde:

Ri%: rendimento da madeira serrada do toro (%)

VMSi: volume da madeira serrada do toro (m³); **Vti:** volume do toro (m³).

Após a determinação da percentagem de aproveitamento de cada toro, fez-se a determinação do rendimento para cada classe diamétrica, onde somou-se os valores de cada toro dentro da classe diamétrica e achou-se a média para se obter o rendimento médio expresso em percentagem, de acordo com a seguinte fórmula (4):

$$Rm\% = \frac{\sum Ri}{n} \quad \text{fórmula [4]}$$

Onde

Rm%: rendimento médio em cada classe; **n**-número de toros por classes diamétricas; **∑Ri:** somatório do rendimento volumétrico do toro em cada classe;

3.3.6. Determinação da eficiência operacional na serra fita

Para a determinação da eficiência operacional, foi cronometrado o tempo de serragem dos toros, desde a sua fixação na serra fita, até ao momento que se obteve a última peça do toro. Pois a eficiência operacional foi obtida pela relação entre o tempo de trabalho na serração por dia correspondente a um turno de seis horas (6h), equivalendo á 360 minutos pelo volume do toro

dividido pela multiplicação do tempo de corte pelo número de operários envolvidos no processo, de acordo com a seguinte fórmula (5):

$$E = \frac{(360 \times T)}{(t \times O)} \quad \text{fórmula [5]}$$

Onde:

E: eficiência em (m³)/operário/turno; **360** = Turno de 6h em minutos; **T** = Volume do toro em m³
t = Tempo de corte da madeira em minutos; **O** = Número de operários envolvidos nas operações de serragem dos toros.

3.3.7. Determinação da percentagem dos resíduos

A percentagem dos resíduos foi obtida pela relação entre volume de toro antes de serragem e volume da madeira serrada, o rendimento da madeira serrada produzido e volume de toro antes de serragem expresso em percentagem, como ilustra a seguinte fórmula (6):

$$\% \text{resíduos} = \left(\frac{Vt - Vmst}{Vt} \right) * 100 \quad \text{fórmula [6]}$$

Onde:

%resíduos: percentagem de resíduos; **Vt:** volume de toros em cada classe diamétrica (m³);
Vmst: volume da madeira serrada em cada classe (m³);

3.3.8. Técnicas efectuadas nos esquemas de cortes nas diferentes classes diamétricas

Durante a realização da serragem dos toros foram identificados todos os esquemas de corte utilizados pela empresa, visto que o esquema de corte utilizado para a serragem dos toros é o corte tangencial. A empresa optou no esquema de corte tangencial porque interfere directamente no aproveitamento da madeira. O esquema de corte tangencial garantiu maior aproveitamento na produção de peças com qualidade porque este tipo de corte apresenta maior rapidez, maior rendimento em madeira serrada e também apresenta peças com faces tangenciais. No que diz respeito ao esquema de corte radial a empresa não optou nesse tipo de corte porque apresenta algumas desvantagens como menor rapidez de corte, não permite que os empenamentos apresentados pelas peças sejam corrigidos facilmente, e esses todos factores influenciam no rendimento da madeira serrada e na eficiência operacional.

3.4. Análise de dados

Os dados dos toros assim como da madeira serrada obtidos no processamento de toros de *Androstachys johnsonii* (Mecrusse), foram introduzidos, organizados e processados na planilha do programa informático "Microsoft Office Excel versão 2013".

As principais variáveis a analisar foram o rendimento e eficiência operacional na serra fita para as diferentes classes diamétricas. Foram feitas as análises da qualidade dos toros, neste caso que é o diâmetro do toro e a qualidade da madeira serrada.

4. RESULTADOS E DISCUSÃO

4.1. Rendimento da madeira serrada no processamento de *Androstachys johnsonii* (Mecrusse)

A tabela 3 apresenta o rendimento da madeira serrada de *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) nas três classes diamétricas.

Table 3- Rendimento da madeira serrada de *Androstachys johnsonii* para as três classes diamétricas

Tratamento	R.Min (%)	R.Max (%)	R.médio (%)	Desvio Padrão	CV (%)
1ª Classe (20-25 cm)	28.04	72.97	41.76	12.38	30.99
2ª Classe (25.1-30 cm)	27.82	83.27	49.92	13.83	27.34
3ª Classe (30.1-35 cm)	27.37	97.57	55.15	18.13	32.51
Média			48.94	14.78	30.28

Legenda: R.Min- Rendimento Mínimo; R.Max-Rendimento Máximo; R.médio-Rendimento médio; CV- Coeficiente de Variação.

O rendimento médio da madeira serrada de 48.94% encontrado no estudo está dentro do resultado esperado, pois no caso específico das peças analisadas, tendo-se encontrado um desvio padrão médio de 14.78. Segundo Gomide (1974), os rendimentos volumétricos no intervalo de 45% à 55% são considerados normais para as folhosas.

Analisando os resultados demonstrados na tabela 3, verifica-se que os rendimentos médios de cada classe diamétrica aumentaram de acordo com aumento da classe diamétrica, tendo se observado menor rendimento na 1ª classe (41.76%), rendimento médio na 2ª classe (49.92%) e maior rendimento na 3ª classe (55.15%). Confrontando com os resultados encontrados no estudo da Kelly (2015), quando estudou o rendimento da madeira serrada para três classes diamétricas de uma espécie nativa de *Eucalyptus sp* em Santa Catarina, encontrou um rendimento médio de 54.76%, desvio padrão médio de 8.94 e um coeficiente de variação médio de 16.68%.

Comparado com os resultados encontrados por Baptista e Carvalho (2007), quando processaram madeira de espécies nativas de *Eucalyptus grandis*, em serrações de baixo nível tecnológico, os autores encontram um rendimento médio de 44.86%, desvio padrão médio de 5.36 e coeficiente de variação médio de 12.11%, visto que na tabela 3, verifica-se que os resultados encontrados foram superiores em relação aos resultados demonstrados pelos dois autores.

No que indica a tabela 3, o rendimento médio da empresa encontrado nesse estudo é consideravelmente superior em relação ao rendimento médio de 43.41% encontrado por Scanavaca Jr (2010), quando estudou o rendimento da madeira serrada para três classes diamétricas de uma espécie nativa de *Eucalyptus urophylla* em Piracicaba no Brazil. De acordo com Latorraca (2004), o rendimento ou percentagem de aproveitamento depende basicamente do volume total de madeira em toro utilizado pela serração, visto que o rendimento é influenciado por alguns factores como: classes diamétricas, dimensões finais da peça desejada; máquinas utilizadas e a experiência dos operadores.

4.2. Eficiência operacional na serragem de *Androstachys johnsonii* (Mecrusse)

A eficiência expressa à relação entre o volume dos toros serrados por período e o número de operários envolvidos, concretamente foram envolvidos 5 operários nas operações de serragem. Foi determinado a eficiência correspondente a cada dia de trabalho onde obteve-se um volume médio de 2.95 m³. Na tabela 4, encontram-se resultados da eficiência operacional correspondente a cada dia de trabalho.

Table 4- Eficiência operacional (m³/operário/diária) de toros de *Androstachys johnsonii*

Dias	Vol.tor/dia (m ³)	Nr. Toros	Vol.médio (m ³)	Eficiência. (m ³ /op./hora)	Eficiência. (m ³ /op./turno)
1	2.27	16	0.14	0.09	1.80
2	2.99	15	0.20	0.09	2.52
3	3.83	15	0.26	0.10	3.09
4	2.70	14	0.19	0.09	2.45
Total	11.79	60	0.79	0.37	9.86
Média	2.95	15	0.32	0.09	2.47

Legenda: Vol.tor/dia-volume de toros por dia (m³); Nr. Toros-número de toros; Vol.médio-volume médio (m³).

Na tabela 4, pode-se observar que a eficiência operacional encontrada foi de 2.47 m³/operário/turno, este valor pode ser considerado inferior para serração comum, pois encontra-se abaixo das médias estabelecidas de acordo com Magnango (2015), quando avaliaram o desempenho operacional de uma serração de pequeno porte e para espécie nativa e obtiveram uma eficiência média de 6.42 m³/operário/turno.

Na tabela 5, encontram-se os valores obtidos na eficiência operacional de classe diamétrica.

Table 5- Eficiência operacional da serragem das três classes diamétricas (m³/operário/turno)

Tratamento	Vol.toros (m³)	Vol.médio (m³)	Eficiência. (m³/op./hora)	Eficiência. (m³/op./turno)
1^a Classe (20-25 cm)	2.78	0.14	0.09	1.91
2^a Classe (25.1-30 cm)	3.88	0.19	0.10	2.38
3^a Classe (30.1-35 cm)	5.12	0.26	0.10	3.02
Média	3.93	0.20	0.10	2.44

Legenda: Vol.toros-volume de toros (m³); Vol.médio-volume médio (m³).

Na tabela 5, foram determinadas eficiências correspondentes a cada classe diamétrica, onde para a 1^a classe obteve-se 1.91 (m³/operário./turno), a 2^a classe 2.38 (m³/operário./turno) e para 3^a classe obteve-se 3.02 (m³/operário./turno).

As diferenças nos resultados da eficiência em relação ao rendimento e resíduos podem estar relacionadas a diversos factores como: o tipo de maquinaria, as espécies processadas, disponibilidade de energia e o tipo de nível tecnológico da serração (Murara Júnior, 2006). Pois a baixa eficiência operacional na serração deve-se ao facto de ser uma espécie nativa muito resistente e que não é fácil a sua trabalhabilidade, por algum momento levar muito tempo para a sua serragem devido à resistência e também a fraca flexibilidade dos operadores, havendo também a necessidade de reduzirem-se as paragens de modo aumentar o tempo produtivo da serração.

Os valores de eficiência operacional encontrados neste estudo foram inferiores aos encontrados por Baptista e Carvalho (2007), que foi de 4.96 e 5.0 m³/operário/turno, para a espécie de madeira nativa e ainda abaixo da eficiência encontrada por Baptista (2006), que foi de 4.56 m³/operário/turno, quando avaliaram o desempenho operacional de serração de pequeno porte e do mesmo nível tecnológico. Durante o período do estudo a serração processou em média cerca de 2.95 m³ de madeira em toros por dia, e segundo os critérios colocados por Egas (2000), a serração classificou-se como sendo de pequeno porte, pois processa menos de 50 m³ por dia.

O gráfico 1, ilustra a eficiência operacional por hora encontrada para cada classe diamétrica.

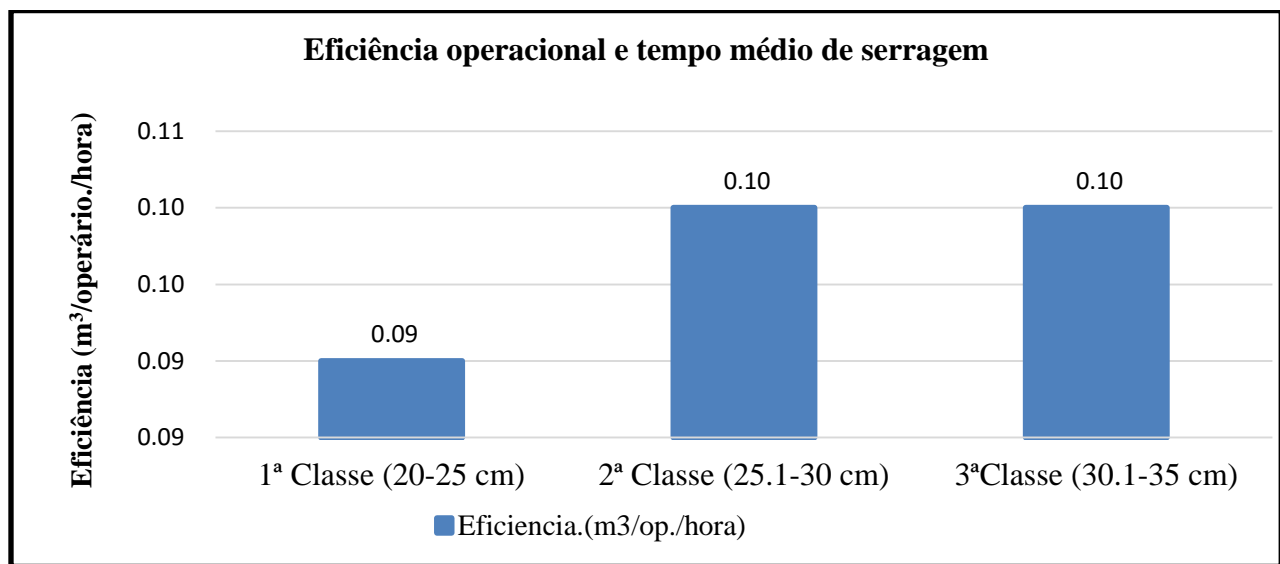


Figure 2- Gráfico da Eficiência operacional das 3 classes diamétricas por hora

A baixa eficiência operacional por hora na serração deveu-se ao facto da matéria-prima apresentar características específicas, por ser uma espécie muito resistente e que não é fácil a sua trabalhabilidade e também por levar muito tempo até que o toro seja totalmente serrado. E também pela fraca flexibilidade dos operadores, havendo também a necessidade de minimizar as paragens, com vista aumentar o tempo produtivo da serração.

O gráfico 2, ilustra a eficiência operacional por turno encontrada para cada classe diamétrica

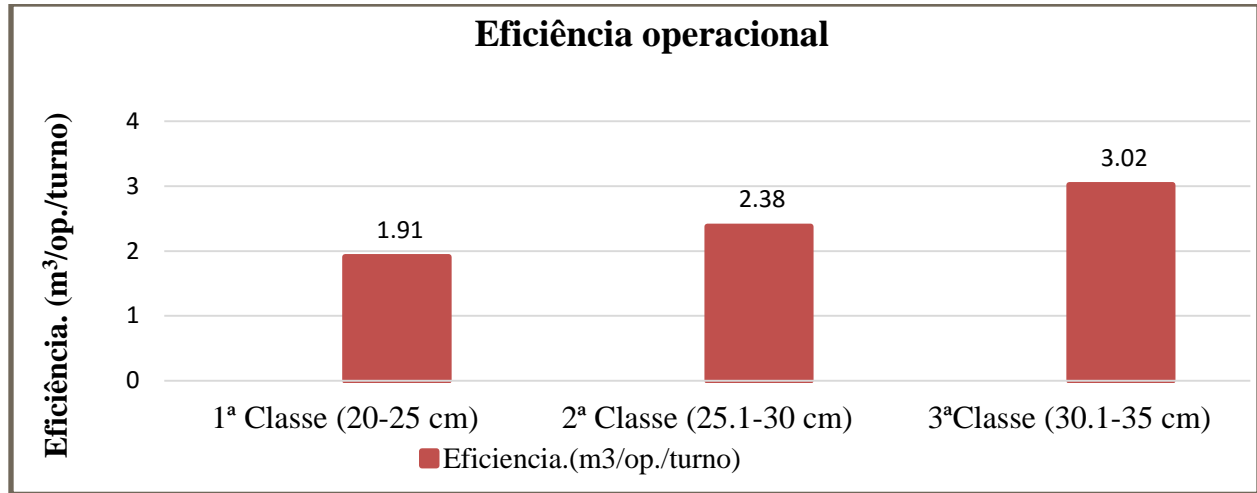


Figure 3- Gráfico da Eficiência operacional das 3 classes diamétricas por turno

De acordo com o gráfico 3, verifica-se que os valores de eficiência encontrados foram similares aos resultados encontrados pelos outros autores tais como: Silva (2010), 2.77 m³/operário/turno; Rocha (2002), 2.8 m³/operário/turno, quando trata-se de serrações de pequeno porte e do mesmo nível tecnológico, respectivamente para as espécies nativas de *Eucalyptus sp.* Por tanto a fraca flexibilidade dos operadores de certa forma influenciou na baixa eficiência, visto que levou-se muito tempo até que o toro seja totalmente serrado devido a certas paragens da máquina.

4.3. Geração de resíduos na serragem de toros de Mecrusse

Na tabela 6, estão ilustrados os resultados de resíduos para as três classes diamétricas.

Table 6- Geração de resíduos na serragem de toros de *Androstachys johnsonii* (Mecrusse)

Tratamento	Mínimo (%)	Máximo (%)	Resíduo médio (%)	Desvio padrão	Coefficiente de Variação (%)
1ª Classe (20-25 cm)	27.03	71.96	58.24	12.38	20.61
2ª Classe (25.1-30 cm)	16.03	66.27	50.08	13.83	27.98
3ª Classe (30.1-35 cm)	2.43	72.63	44.85	18.03	40.99
Média			51.06	14.75	29.86

A tabela 6 apresenta os resultados referentes à geração de resíduos na serragem de toros, onde observou-se que a 1^a classe diamétrica apresentou maior percentagem de resíduo médio de 58.24 %, a 2^a classe uma percentagem de 50.08 % enquanto a 3^a classe apresentou baixa percentagem de 44.85 % de resíduo.

Entretanto, pode-se observar que para cada classe diamétrica houve uma variabilidade dos resíduos isto é, o resíduo diminuía de acordo com o aumento do diâmetro dos toros. De acordo com Mendes *et al.*, (2004), ao processar um toro, a geração de resíduos é inevitável, sendo que o volume e tipos de pedaços gerados são dependentes de vários factores tais como: o diâmetro dos toros e o uso final das peças serradas. Considerando um toro cilíndrico e desejando-se retirar apenas um bloco central, o rendimento corresponderia no máximo 63.66%. Segundo os autores, de modo geral, os resíduos gerados em uma cadeia produtiva de serradura constituem-se em 7% de casca, 10% de serragem e 28% de pedaços, isto sem considerar as perdas na extracção da madeira e o resultado encontrado neste trabalho na serragem foi de 51.06%.

Conforme Araujo (2003), quando realizou o estudo de aproveitamento de resíduos para fins energéticos, encontrou um percentual de resíduos médios de 51.87% na serragem de toros de uma espécie nativa, visto que nesse trabalho foi encontrada uma média de 51.06% de resíduos, o que indica que a serração da empresa em estudo apresenta melhor aproveitamento da madeira serrada.

5. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- O resultado apresentado no que concerne ao rendimento volumétrico médio, a espécie de *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) apresentou 48.94% de madeira serrada. No teste de comparação das médias a 1ª classe apresentou 41.76% de rendimento volumétrico médio, para a 2ª classe o rendimento médio foi de 49.92% e para o 3ª classe obteve-se um rendimento médio de 55.15%.
- A eficiência operacional média encontrada durante a serragem de *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) foi de 2.44 m³/operário/turno, este resultado é considerado aceitável. Pois a serração classificou-se como sendo de pequeno porte e processa menos de 50 m³ por dia para o nível tecnológico da empresa.
- Para o teste de comparação das médias a 3ª classe foi à classe que apresentou a melhor eficiência operacional em relação às outras classes.
- O resultado médio encontrado para os resíduos na serragem de toros foi de 51.06%. Os resultados de rendimento volumétrico e eficiência operacional foram influenciados pela disponibilidade de energia, a disposição da maquinaria, a ocosidade e a tortuosidade.

6. RECOMENDAÇÕES

Conforme as conclusões obtidas, recomenda-se:

- Recomenda-se a separação dos toros por classes diamétricas no pátio de toros antes da serragem, pois essa actividade irá facilitar o uso de modelos de cortes adequados para cada classe diamétrica de modo há minimizar o tempo no manuseamento da matéria-prima, assim contribuindo para o aumento do rendimento volumétrico em madeira serrada e da eficiência operacional;
- A empresa deve fazer o reaproveitamento dos resíduos tais como: costaneiras, cavacos e refilos para a comercialização, e o reaproveitamento da serradura para a produção de briquetes, e outras finalidades de modo a minimizar o desperdício para aumentar a produtividade e o rendimento em madeira serrada;
- Processar toros com diâmetro mínimo de corte estabelecido na lei, desta forma permitindo um ganho na produção da madeira serrada.
- Exercer as actividades cumprindo com o tempo recomendado pela lei de trabalho de 8h de tempo.
- Proporcionar um treinamento aos operários, de modo a minimizar as demoras e paragens na finalidade de diminuir o tempo perdido durante as actividades.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araujo. (2003), *Aproveitamento de resíduos das indústrias de serração do Acre para fins energéticos*. Rio Branco: Embrapa Acre, 38p.

Anacleto. (2007), *Insumos madeireiros e não-madeireiros na serração Spézia Madeiras LTDA*.

Biasi, C. P & Rocha, M. P. (2007), *Rendimento em Madeira Serrada e Quantificação de Resíduos Para Três Espécies Tropicais*. Floresta, Curitiba, PR, v. 37, n. 1, jan./abr.

Biasi, C. P. (2005), Rendimento e eficiência no desdobro de três espécies tropicais.

Biasi, C. P., (2005), *Rendimento em madeira serrada, geração de resíduos e eficiência no desdobro de três espécies tropicais*. Universidade Federal do Parana- Curitiba – PR.

Batista, D.C.; Andrade, Vidaurre, G.B.; Silva, J. G. M. (2015), *Desempenho operacional de uma serraria de pequeno porte do município de Alegre*. Espírito Santo, Brasil. Floresta, Curitiba, PR.

Batista, D & Carvalho, A. M. (2007), Avaliação do desempenho operacional de uma serração através do estudo do tempo, rendimento e eficiência. Scientia Florestalis. Piracicaba, n. 75.

Brasil, J. L. (2010), *Uso de planejamento estatístico de experimentos aplicados a sistemas de adsorção*. 2010. 28 f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

Cardoso. (1963), Madeiras de Moçambique. *Ficha de Androstachys johnsonii*. Laboratório de Sementes e Tecnologia Agrícola e Florestal. Direcção dos Serviços de Agricultura e Florestas.

Chitará. (2003), *Instrumento para a Promoção do Investimento Privado na Indústria Florestal Moçambicana*. MADER\DNFFB. Maputo.

Del Menezzi, C. H. S. e Nahuz, M. A. R.(1998), *Técnicas de desdobro utilizadas ara madeira de eucalipto*.

Direção Nacional de Terras e Florestas (2007), *Estratégia para o reflorestamento*: Ministério da agricultura, Maputo.

Dowaki, K.; Mori, S. (2005), *Biomass energy used in a sawmill*. Applied Energy, Singapore, n.80, p. 327-339.

Dobner Júnior, M.; Higa, A. R.; Rocha, M. P. (2012), *Rendimento em serraria de toras de Pinus taeda*. Floresta e Ambiente, Seropédica, v. 19, p. 385-392.

Egas, F. A. (1998), *Consideraciones para el incremento de la eficiencia de la conversion de la madeira en rolo de Pinus caribaea var. Caribaea en sierras de banda*. Universidade de Pinar del Rio. Pinar del Rio. 116pp .

Egas, A. (2000), *Noções sobre a Produção de Madeira Serrada*. Maputo. DEF/ FAEF/UEM.

- Eureka. (2001), *Inquérito à Indústria Madeireira*. MADER. Maputo. 6pp.
- Falcão. (2005), *Estratégia para o Desenvolvimento das Exportações de Produtos Processados de Madeira de Moçambique*.
- Gonçalves. (2001), *Características de ferramentas de corte*. Revista da Madeira, Curitiba.
- Gomide. (1974), *Serraria*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Imprensa Universitária
- IBQP. (2002), Instituto Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Paraná. *Análise da competitividade da cadeia produtiva da madeira no estado do Paraná*. Curitiba
- Kelly, Z. (2015). *Avaliação do desempenho de uma serração de eucalipto*, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.
- Latorraca. (2004), *Processamento mecânico da madeira*. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 116p.
- Magnango. E.C. (2015). *Desempenho operacional e quantificação de resíduos madeireiros na produção de tábuas e pré-cortados de eucalipto*, Universidade Federal do Espírito Santo. 20 P
- Marzoli, A. (2007), *Avaliação Integrada das Florestas em Moçambique (AIFM)*. Inventário Florestal Nacional. Maputo: MINAG.
- Manhica. (2010), *Rendimento e eficiência no desdobro de pinus utilizando modelos de corte numa serraria de pequeno porte*, Curitiba.
- Menezes. (1998), *Desdobro Secagem e Beneficiamento da Madeira de Eucalipto- Experiencia da Flosul*. In: *Seminário Internacional sobre Produtos sólidos de madeira de alta tecnologia*.
- Mendes *et all.* (2004), *Rendimento em madeira serrada de cupiuba (Goupia glabra), caferana (Erismia uncinatum) e Angelim-pedra (Dinizia excelsa)*. Boa Vista: Embrapa Roraima.
- Murara Junior, M. I. (2006), *Rendimento em madeira serrada de pinus para desdobro*. Revista da Madeira, Edição nº 99.
- Néri, A. C.; Furtado, F. C.; Polese, R. C. (2005), *Avaliação do rendimento de madeira serrada de Pinus*. Revista da Madeira, n.88, p.9.
- Oliveira. (2008), *Inspeção automática de defeitos em madeiras de pinus usando visão computacional*. Revista de Informática Técnica e Aplicada - RITA, v. 15, n. 2, p. 203–217.
- Remade. (2005), *Influência do desdobro no rendimento e qualidade de eucalipto*. 25ª Edição
- Ribeiro. (1992), *Development of forest industry in Mozambique*. University of Oxiford. 186p.

Rocha, M. P. (2002), *Técnicas e planeamento de serração*. Edição revisada. Curitiba: fundação de pesquisas florestais do Paraná.

Rocha, M.P. (2000), *Eucalyptus grandis Hill ex Maiden e Eucalyptus dunnii Maiden* como fonte de matéria prima para serrações. Curitiba.

Rocha, M. P. Timofeiczuk J. R.; Murara J. M. I. (2005), *Rendimento em madeira serrada de Pinus taeda para duas metodologias de desdobro*. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 35, n. 3, set/dez.

Rocha, M.P. (1999), *Desdobro primário da madeira*. Série Didática n° 02/99, Curitiba: Fupef. 61p

Santos, J.A. (2008), *Utilização da madeira de eucalipto para produtos de alto valor acrescentado*. Relatório projecto PRAI iC-01-03-FDR-057.

Sales. (1990, *La Scie a ruban: thério et pratique du sciege des bois en grumes Nogent, Centre Technique Forestier Tropical*, 1990. P. 152

Scanavaca Jr. (2010), *Avaliação do desempenho de uma serração de eucalipto*, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil.

Sebrae. (2017), Serviço Brasileiro de Apoio às Micros e Pequenas Empresas. *Como montar uma serraria*. Acesso em: 21 de janeiro.

Silva, J. G. M. (2010), *Desempenho e amostragem do trabalho de uma serraria no município de Alegre, Espírito Santo*. 2010. 62 f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira), Universidade Federal do Espírito Santo.

Silva, Corteletti. (2013), *Desempenho de uma serraria com base na eficiência e na amostragem do trabalho*. Floresta e Ambiente, Seropédica, v. 20, n. 2, p.271-280, abr./jun.

Tsoumis. (1991), *Science and technology of wood: structure, properties, utilization*. New York.

Vital. (2008), *Planeamento e operação de serrarias*. Viçosa, MG: UFV. 211 p

Walker. (1993), *Sustainable farm management in the Amazon piedmont*. In: Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural, No. 34. Ilhéus.

Weissenstein. (2001), *Usinagem: condições de ferramenta decide bom acabamento*. Revista da Madeira; Curitiba.

8. ANEXOS

8.1. ANOVA do rendimento volumétrico em diferentes classes diamétricas

Através da ANOVA, pode-se observar que na variável rendimento volumétrico, para os tratamentos houve diferença estatística no resultado a um nível de 95% de probabilidade.

Tabela 1: Anova do rendimento volumétrico de Mecrusse

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C. diametri	2	0.21885	0.109425	104.07	0.000
Error	57	0.05994	0.001052		
Total	59	0.27879			

De acordo com a análise de variância, pode se observar que há uma diferença significativa do rendimento entre as três classes diamétricas porque $Pval = 0.000 < 0.05$, a 95 % de confiabilidade.

8.1.1. Teste de comparação das medias de rendimento volumétrico

O teste de Tukey a 95% de probabilidade foi realizado para poder saber a classe diamétrica que se diferencia com outra.

Tabela 2: Rendimento volumétrico de *Androstachys johnsonii* (Mecrusse)

C. diametri	N	Mean	Grouping
Classe III	20	55.15	A
Classe II	20	49.92	B
Classe I	20	41.76	C

Todas as três classes diamétricas apresentaram uma diferença de rendimento da madeira. Sendo que a classe III é que apresentou melhor rendimento em relação às classes II e I.

De acordo com Dobner Júnior *et al.*, (2012), o rendimento de um determinado toro refere-se ao volume efectivamente aproveitado de um toro em relação ao seu volume total, isto é, geralmente quanto maior for o volume individual do toro, maior será o seu volume serrado e consequentemente o rendimento volumétrico.

8.2. ANOVA da eficiência operacional em diferentes classes diamétricas

A análise de variância foi realizada para ver se existe uma diferença significativa na eficiência operacional nas três classes diamétricas.

Tabela 3: Anova da eficiência operacional de Mecrusse

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
C. diametri	2	9.207	4.6036	6.37	0.003
Error	57	41.176	0.7224		
Total	59	50.383			

De acordo com a análise de variância, pode se observar que há uma diferença significativa da eficiência entre as três classes diamétricas porque $P_{val} = 0.011 < 0.05$, a 95 % de confiabilidade. Sendo assim necessário proceder com o teste de comparação das medias (Tukey).

8.2.1. Teste de comparação das medias da Eficiência operacional

Com base na análise de variância, houve necessidade de se proceder com o teste de comparação das medias (Tukey) a 95% de probabilidade.

Tabela 4: Eficiência operacional de *Androstachys johnsonii* (Mecrusse)

C. diametri	N	Mean	Grouping
Classe III	20	3.09	A
Classe II	20	2.38	B
Classe I	20	1.91	B

Pode se concluir que a classe diamétrica III é estatisticamente diferente da classe I e II, sendo que a classe I e II apesar de apresentar médias diferentes não apresentam uma diferença significativa.

Desta forma pode-se dizer que as condições de serragem e as técnicas aplicadas para que haja maior eficiência operacional, a empresa deve trabalhar com toros de maior diâmetro, pois quanto maior o diâmetro, maior será a produção. Portanto, analisando todos esses factores que influenciam no rendimento volumétrico e eficiência operacional nos custos de produção, pode-se concluir que a classe III apresentou os melhores resultados em relação às outras classes.

