



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

FACULDADE DE AGRICULTURA

CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Projecto de Licenciatura:

**Avaliação da Densidade Óptima de Estradas na Concessão
Florestal do Levasflor**

Monografia apresentado e defendido como requisito para a obtenção do grau de Licenciatura
em Engenharia Florestal

Autor: Belson Ábaco Rareque

Tutor: Eng. Edson Moisés Chilaquene Massingue

Co-Tutor: dr. Arão Raimundo Feniasse, MSc

Lionde, Setembro de 2019



INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO DE GAZA

Projecto de Licenciatura sobre “Avaliação da densidade óptima de estradas na concessão do Levasflor” apresentado ao Curso de Engenharia Florestal na Faculdade de Agricultura do Instituto Superior Politécnico de Gaza, como requisito para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Florestal.

Tutor: Eng. Edson Moisés Chilaquene Massingue

Co-Tutor: dr. Arão Raimundo Feniase, MSc

Chókwè, Setembro de 2019

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABELAS	I
ÍNDICE DE FIGURAS	I
DEDICATÓRIA	IV
AGRADECIMENTOS	V
RESUMO.....	VI
ABSTRACT	VII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Problema e justificativa	3
1.2. Objectivos	5
1.2.1. Objectivo geral	5
1.2.2. Objectivos específicos	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1. Rede de estradas.....	6
2.2. Finalidade das estradas florestais.....	6
2.3. Classificação da rede de estradas	6
2.4. Decurso da planificação das estradas florestais	7
2.4.1. Aspectos a considerar na projecção das estruturas das estradas florestais.....	7
2.5. Planeamento da rede de estradas florestal	9
2.6. Densidade das Estradas Florestais	10
2.6.1. Densidade óptima de estradas (DOE).....	11
2.6.2. Custos de estradas.....	11
2.7. Sistema de informações geográficas	13
2.7.1. Google Earth.....	13
3. METODOLOGIA	14
3.1. Descrição Do Local de estudo	14
3.2. Caracterização do equipamento de extracção	17
3.3. Operação de extracção	17

3.4.	Materiais	17
3.5.	Métodos de colecta de dados	18
3.5.1.	Entrevista e consultas documentais	18
3.5.2.	Mapeamento	18
3.5.3.	Medição da largura da estrada	18
3.5.4.	Estudo de tempo e movimento	19
3.6.	Processamento de dados	19
3.6.1.	Quantificação e determinação da densidade actual de estradas	19
3.6.2.	Determinação das variáveis de estudo	20
3.6.2.1.4.1.	Capacidade de carga do tractor (L)	22
3.7.	Produção de mapas	26
3.7.1.	Produção de mapa de densidade actual de estradas	26
3.7.2.	Produção mapa de densidade óptima de estradas	26
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1.	Quantificação do comprimento acumulado de estradas e a produção de mapa da densidade actual de estradas	27
4.2.	Caracterização do perfil transversal das estradas da concessão	29
4.3.	Determinação do tempo da actividade de extracção	30
4.3.1.	Tempo necessário para o tractor percorrer 1m de distância sem carga	30
4.3.2.	Tempo necessário para o tractor percorrer 1m de distância com carga	30
4.4.	Determinação da densidade óptima de estradas (DOE), separação óptimo de estradas e distância média de extracção	31
4.4.1.	Comparação da densidade actual de estradas (DAE) em relação a densidade óptima de estradas (DOE)	31
4.4.2.	Distribuição dos pátios de toros e a determinação do tamanho dos pátios	32
4.5.	Elaboração do mapa de densidade óptima de estradas	34
4.6.	Determinação da taxa de perda de área e dos custos em função da densidade de estradas	36
4.6.1.	Determinação da perda de área mediante ao excesso de estradas	36

4.6.2. Variação dos custos de construção e manutenção de estradas em função da densidade de estradas	36
4.6.3. Variação do custo de extracção de madeira função da densidade.....	37
5. CONCLUSÃO	39
6. RECOMENDAÇÕES	40
6.1. Planificação da rede de estradas e pátios de empilhamento de madeira.....	40
6.2. Construção de estradas.....	40
6.3. Mapas de exploração (abate e araste)	40
6.4. Exploração das zonas baixas.....	40
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
I. ANEXOS	45

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Classificação de estradas florestais.....	6
Tabela 2: Desenvolvimento horizontal de curvas	8
Tabela 3: Capacidade de carga do tractor.....	22
Tabela 4: Valores da densidade óptima de estradas, separação óptima de estradas e distância média de extracção.	31
Tabela 5: Número actual de pátios	32
Tabela 6: Determinação do tamanho dos pátios de empilhamento	32
Tabela 7: Perda de área em função da densidade actual de estradas.....	36
Tabela 8: Dados referente a entrevista	45
Tabela 9: Produção do bloco	46
Tabela 10: Ficha de registo de medição da largura de estradas.....	46
Tabela 11: Largura da estrada	47
Tabela 12: Tempo necessário para o tractor percorrer 1m de distância sem carga.....	47
Tabela 13: Tempo necessário para o tractor percorrer 1m de distância com carga.....	48
Tabela 14: Custo Operacional de extracção (X).....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Perfil horizontal de um caminho florestal (Lopes et al 2001).....	7
Figura 2: Perfil longitudinal de um caminho florestal (Lopes et al 2001)	8
Figura 3: Perfil transversal de um caminho florestal (Fath et al 2000).....	9
Figura 4: Mapa de localização do bloco de estudo (Levasflor).....	14
Figura 5: Mapa topográfico	16
Figura 6: Tractor usado para a actividade de arraste	17
Figura 7: Mapeamento de estrada.....	18
Figura 8: Medição de largura de estradas	19
Figura 9: Distribuição da densidade actual de estradas.....	27
Figura 10: Mapa de densidade actual de estradas e a distribuição dos pátios	28
Figura 11: Estrada com secção transversal inadequada (11A: Estrada plana; 11B: poças de água; 11C: Início do processo erosivo).....	29
Figura 12: Distribuição da densidade actual de estradas.....	31
Figura 13: Comparação do número de dos pátios em função da densidade.....	33
Figura 14: Mapa de Densidade Óptima de Estradas	35
Figura 15: Comportamento dos custos em função da densidade de estradas.....	37
Figura 16: Variação do custo de extracção em função da densidade de estradas	38

LISTA DE ABREVIATURAS

PEDFFB: Política de Desenvolvimento de Florestas e Fauna Bravia
DOE: Densidade óptima de estradas
DAE: Densidade actual de estradas
SOE: Separação óptima entre estrada
CF Custos Fixos
CV: Custo Variável
CT: Custo Total
VE: Volume a ser estocado no pátio
VM: Volume médio explorável por hectare
FAO: Organização Das Nações Unidas Para A Alimentação e a Agricultura
MAE: Ministério de administração Estatal
EN 213: Estrada Nacional 213
GPS: Sistema de posicionamento global
Lda: Limitada
Mts: Meticais
m: Metro
m²: Metro Quadrado
m³: Metro Cubico
ha: Hectare
km: Quilometro
min: Minutos
h: Horas
l/h: Litros por hora
m/ha: Metro por hectare



DECLARAÇÃO

Declaro por minha honra que este Trabalho de Culminação do Curso é resultado da minha investigação pessoal e das orientações dos meus tutores, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final. Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para propósito semelhante ou obtenção de qualquer grau académico.

Chókwè, _____ de _____ de _____

(Belson Ábaco Rareque)

Dedicatória

A minha família, especialmente a minha mãe Maria Jacinta Ábaco e aos meus irmãos Zarés Alexandre e Kolija Ábaco Rareque e a Deus por estarem ao meu lado durante toda minha caminhada.

A estes eu dedico

AGRADECIMENTOS

Á Deus pela saúde e protecção.

Á minha família que me apoiou e colaborou na complementação dos meus estudos, em particular a minha Mãe Sra. Maria Jacinta Ábaco que apesar de todas dificuldades me educou e me ensinou tudo que sei e sempre me deu força.

Aos meus supervisores (Eng. Edson Moisés Chilaquene Massingue e dr. Arão Raimundo Feniasse) por terem acreditado na minha capacidade e terem me dado a chance de realizar o meu trabalho sob suas orientações, pelos conhecimentos e conselhos oferecidos e pelo apoio durante a realização do trabalho.

Agradeço ao ISPG pela oportunidade de realizar o curso, agradeço as docentes do ISPG em particular os docentes do curso de Engenharia Florestal (Eng. Severino José Macoo, dr. Sérgio Alfredo Bila, Eng. Pedro Venâncio Wate) por todo conhecimento compartilhado.

Aos meus colegas e amigos pelo apoio, amizade, críticas e conselhos, que me ofereceram durante toda essa caminhada, em particular Clara Miteca, Keven Mutatiua, Beto Soares, Jonas Rui, Inácio Zemio e a turma da Engenharia Florestal geração 2015.

RESUMO

Este trabalho teve como objectivo avaliar a densidade óptima de estradas na concessão florestal do Levasflor. Para a realização do trabalho foram georreferenciadas as estradas florestais do bloco 1 com o auxílio do receptor GPS, usando uma fita-métrica foi medida a largura da estrada em pontos distando 1 km entre si, realizou-se um estudo de tempo e movimento para o processo de extracção florestal, foi realizada uma entrevista ao gestor da empresa e ao chefe dos recursos humanos com vista a obter dados referentes aos custos de construção das estradas e os custos de exploração, também foram realizadas consultas no plano de manejo da concessão de forma a obter o incremento médio das espécies florestais. Foram obtidas imagens satélites e determinada a área do bloco com o auxílio do Google Earth Pro, com ajuda do software Quantum GIS2.8 foi obtido o comprimento acumulado das estradas através da fotointerpretação e foram produzidos mapas de densidade de estradas. Os dados obtidos foram processados na planilha do Microsoft Excel 2016. O tempo médio para o tractor percorrer 1m de distancia com e sem carga e obteve-se um valor de 0,0075 min/m, obteve-se uma densidade actual de estradas de 18,17 m/ha, a densidade óptima de estradas foi de 6 m/ha, a análise sobre o comportamento dos custos totais (custos de construção e manutenção de estradas) em função da densidade mostraram que em função da densidade óptima de estradas o custo total foi de 794,05 mts/m valor este abaixo do custos totais em função da densidade actual que é de 2404,64 mts/m em relação ao custo de extracção teria um custo de 56,26mts/m/m³ em relação aos atuais 170,38mts/m/m³ de madeira extraída, em relação a perda de área produtiva se perde cerca de 9,18ha correspondentes a 3,68% da área total do bloco. A estradas da concessão não estão optimizadas. De forma a reduzir os impactos gerados pela não planificação das estradas recomenda-se a concessão a fazer a planificação das estradas tendo como referência a densidade de estradas.

Palavras chaves: Densidade óptima; Custos de estradas; Estradas florestais

ABSTRACT

This work had as objective to evaluate the optimal density of roads on the Levasflor forest concession. To carry out the work were geotagged forest roads 1 block with the aid of GPS receiver, using a tape measure was measured the width of the road in points 1 km far from each other, a time and motion study for the process of forest extraction was conducted an interview with the company Manager and the Chief of human resources with a view to obtaining data on the road construction costs and operating costs, also consultations on the management plan of the granting the average increment forest species. Satellite images were obtained and determined to block area with the aid of the Google Earth Pro, with Quantum GIS software help 2.8 was obtained the accumulated length of roads by photointerpretation and density maps were produced. The data obtained were processed in the Microsoft Excel spreadsheet 2016. The average time for the tractor traverse 1 m away with and without load and obtained a value of 0.0075 min/m, a current density of roads of 18.17 m/ha, great density of roads was 6 m/ha, the analysis on the behavior of the total costs (costs of construction and maintenance of roads) as a function of density showed that depending on the optimal density of roads the total cost was 794.05 mts/m value this below the total costs as a function of current density is 2404.64 mts/m in relation to the cost of extraction would have a cost of 56, 26 mts/m/m³ compared to current 170.38 mts/m/m³ of extracted wood, in relation to loss of productive area if loses about 9.18 ha corresponding to 3.68% of the total area of the block. The concession roads are not optimized. In order to reduce the impacts generated by not planning of roads it is recommended that you grant to do the planning of roads with reference to the density of roads.

Keywords: Optimal density; Road costs; Forest roads

1. INTRODUÇÃO

Moçambique é um dos poucos países da África Austral que ainda detém uma considerável área de florestas nativas e outras formações lenhosas, compostas principalmente por Miombo, Mecrusse e Mopane, o tem uma área florestal estimada em 31,7 milhões de hectares. As florestas produtivas cobrem uma área de 17,2 milhões de hectares, enquanto 14,5 milhões de hectares correspondem as florestas não produtivas dos quais 6,97 milhões de hectares são de áreas florestais dentro das áreas de conservação e 7,5 são das floretas dentro das áreas de protecção (Magalhães *et al* 2018).

A exploração e utilização dos recursos, da forma como vem sendo realizada, ameaçam a conservação e a perpetuação destes recursos a médio e longo prazo, a agricultura itinerante, a exploração de madeira, lenha e a produção de carvão, as queimadas descontroladas e a caça furtiva são apontadas como as principais ameaças dos recursos florestais e faunísticos no país (Bila, 2005).

O processo de exploração quer por licenças simples como concessões florestais, carece da elaboração de um Plano de Maneio Florestal (PMF), com base no inventário florestal em conformidade com um conjunto mínimo de normas voltadas para o maneio sustentável dos recursos. No entanto, uma avaliação recente sobre operadores florestais levada a cabo pelo Governo demonstrou existir elevado grau de incumprimento das normas básicas, como a posse de um PMF, demarcação da área de concessão, garantia de regeneração natural, reflorestamento em áreas exploradas e a existência de serrações (Aquino *et al* 2016).

O incumprimento das normas básicas do PMF são alguns dos aspectos que influenciam negativamente a eficiência da extração florestal tendo estes impactos negativos na sustentabilidade do meio ambiente e no seu custo final (Bila, 2005).

As estradas são estruturas essenciais para fornecer acesso à floresta, desde a fase de estabelecimento, a fase de colheita (Abdi *et al* 2009). O planeamento de estrada florestal desempenha um papel importante no maneio florestal e as práticas de exploração madeireira, por outro lado, a construção de estradas são as operações mais caras e destrutivas no ambiente de floresta, levando à compactação do solo e aumentar a erosão de solo e o escoamento ao longo do caminho de derrapagem (Hayati *et al* 2012).

A rede de estradas é um tipo de empreendimento que deve atender de forma abrangente aos aspectos sociais, apresentando exequibilidade técnica, definidas através do melhor traçado com o menor custo de implantação e manutenção, de forma a reduzir os efeitos danosos ao ambiente (Corrêa *et al* 2006).

Segundo Malinovski (2004), as estradas representam, depois da floresta, o maior investimento num empreendimento florestal além de apresentar longo período de depreciação, sendo composto por diferentes custos em função do padrão escolhido.

A determinação da densidade óptima de estradas é importante para reduzir os custos totais (construção, manutenção e de extração), garantindo a conservação dos recursos existentes, contribuindo com o meio ambiente e a sociedade (Oliveira *et al* 2013).

Diante disso, apesar das estradas serem indispensáveis para o planeamento, nenhum estudo no Levasflor foi realizado sobre a densidade óptima de estradas na concessão da empresa e sua relação com as operações de extração florestal. Assim, as informações referentes a esse trabalho contribuirão no processo de planificação das operações florestais, subsidiando a tomada de decisão, visando à redução de custos, minimização de desperdícios e impactos ambientais, em busca da sustentabilidade florestal.

1.1. Problema e justificativa

A Política de Desenvolvimento de Florestas e Fauna Bravia (PEDFFB) define como objectivo geral, para um horizonte a longo prazo o seguinte: “*proteger, conservar, desenvolver e utilizar de forma sustentável os recursos florestais e faunísticos para o benefício económico, social e ecológico da actual e futura gerações de moçambicano*”. Devendo, assim, haver um equilíbrio entre os objectivos de produção e conservação, bem como entre os objectivos económicos, sociais e ambientais (Magalhães, 2014).

De acordo com Schack-Kirchner *et al* (2006), as estradas podem causar impactos negativos sobre os diversos ecossistemas por onde passam, como o caso da erosão que passa a ser maior a medida que a cobertura vegetal é retirada. A abertura de estradas causa a exposição do solo, em que esta acelera as perdas do solo pela erosão. As estradas representam uma ameaça à qualidade da água devido à sedimentação de cursos de água causada pela erosão. O solo descoberto, somado à intensidade e à quantidade da chuva é importante factor na produção de sedimentos em quaisquer rampas e, em geral, estradas aceleram a erosão pelo aumento dos declives e alteração dos padrões normais de drenagem, o que concentra sobre a superfície do solo o fluxo de água em canais.

Devido à necessidade de alto investimento em rede de estradas, a determinação da densidade óptima de estradas (DOE) se torna importante para a definição da quantidade de estradas buscando-se um custo total mínimo entre os custos de construção e manutenção de estradas, extracção e perda de área produtiva. Entretanto, também deve ser levado em consideração factores operacionais tais como o regime de manejo, a declividade do terreno, o sistema de colheita e método de extracção (Souza, 2016).

Frequentemente tem se observado que o processo de abertura de estradas nos blocos de exploração da concessão do Levasflor não se tem realizado mediante uma planificação as mesmas pois estas estradas são abertas durante o processo de extracção no qual a área recém exploradas, apresenta por vezes uma densidade alta de estradas o que resulta em impactos ambientais (redução da área produtiva, ocorrência de erosão e assoreamento dos rios), também tem se observado uma distribuição desinforme dos pátios de empilhamento de madeira pois tem se realizado uma distribuição dirigida a qual não respeita a distancia mínima entre os pátios.

De maneira a obter medidas mitigadoras aos impactos gerados pela não planificação da rede de estradas foi realizado este trabalho como forma de fornecer uma base para a racionalização da

relação estrada/extracção florestal, através de uma rede estradas optimizada e adequada as condições da floresta e aos sistemas operacionais de maneiras que se possa trabalhar com o máximo rendimento possível e reduzindo desta feita os impactos gerados.

Para tal a uma crescente necessidade em técnicas que respondam de maneira eficaz aos defeitos nas estradas florestais e que visam melhorar o tráfego na rede de estradas com foco na redução dos custos, as pesquisas neste âmbito se intensificam como forma de encontrar soluções para o sector florestal (Oliveira *et al* 2013).

1.2. Objectivos

1.2.1. Objectivo geral

- Avaliar a densidade óptima de estradas da concessão florestal do Levasflor.

1.2.2. Objectivos específicos

- Quantificar a densidade actual de estradas da concessão do Levasflor (bloco 1);
- Executar o estudo tempo para a actividade de extracção (tempo necessário para o tractor se deslocar 1 metro de distância com e sem carga);
- Determinar a densidade óptima de estradas (DOE);
- Elaborar mapa de densidade de estradas do bloco 1;
- Estimar a perda de área produtiva e o seu comportamento em função da densidade de estradas;
- Analisar o comportamento dos custos em função da densidade de estradas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Rede de estradas

Estrada florestal é o meio de ligação entre as áreas rurais e urbanas, comumente denominadas estradas de terra (terra batida). Servem para escoar produtos agrícolas e florestais, além de proporcionar aos moradores do campo acesso aos serviços de educação, saúde e lazer disponíveis nas cidades (Machado, 2013).

A rede de caminhos compreende todos os caminhos que são interligados entre si, com a finalidade de possibilitar o escoamento da matéria-prima produzida. A rede de caminhos constitui o fundamento do manejo sustentável de uma floresta e é a componente básica do sistema de exploração (Fath *et al* 2000).

2.2. Finalidade das estradas florestais

Segundo Fath *et al* (2000) e Ryan *et al* (2004) as estradas têm a finalidade de:

- Possibilitar o acesso aos lugares de trabalho na floresta;
- Possibilitar o transporte de implementos aos lugares de trabalho;
- Facilitar a extração de produtos florestais (madeireiros e não madeireiros);
- Serve de quebra fogo e os controles Profiláticos;

2.3. Classificação da rede de estradas

A rede de estradas florestal é um conjunto de estradas conectadas entre si, e desse modo, tornando possível o escoamento da produção (Malinovski *et al* 1990). A tabela 1 apresenta a classificação das estradas segundo Souza, (2016):

Tabela 1: Classificação de estradas florestais

Classificação das estradas florestais	Largura (m)	Revestimento	Uso	Características
Estrada Primária	7 a 8	Sim	Permanente	Alto investimento; ligam as áreas de produção aos centros consumidores;
Estrada Secundária	5 a 6	Sim	Intermitente	Menos utilizadas que as primárias, porém devem permitir o acesso em qualquer época do ano; fornecem acesso às áreas de corte;

Estrada Terciária	3 a 4	Parcialmente	Sazonal	São estradas dentro das áreas de corte; utilizadas para diminuir as distâncias de extracção;
-------------------	-------	--------------	---------	--

Fonte: (Souza, 2016)

2.4. Decurso da planificação das estradas florestais

Segundo Filho e Costa (1980) e Fath *et al* (2000) para a planificação da abertura florestal é necessário ter as seguintes informações:

- a) Informações sobre o terreno: mapas topográficos e de solos;
- b) Mapa de Localização: este mapa mostra onde o projeto está instalado;
- c) Perfil longitudinal;
- d) Perfis transversais;
- a) Informações sobre a floresta e o seu manejo;
- b) Informações sobre as condições de construção dos caminhos usados: características dos caminhos, veículos usados, locais de extracção de material de construção;

2.4.1. Aspectos a considerar na projecção das estruturas das estradas florestais

a) Perfil horizontal de um caminho florestal

É o perfil que mostra o alinhamento do caminho florestal, ou seja, a sequência de rectas e curvas que formam a linha mestra do caminho florestal (figura 1). O desenvolvimento horizontal de um caminho é formado pelos trajectos rectos e curvas que servem para suavizar o eixo inicial para evitar mudanças bruscas no trajecto. Este perfil pode ser apercebido ao olhar a uma fotografia aérea ou um mapa, ou voando sobre a área onde o caminho está situado (Fath *et al* 2000).

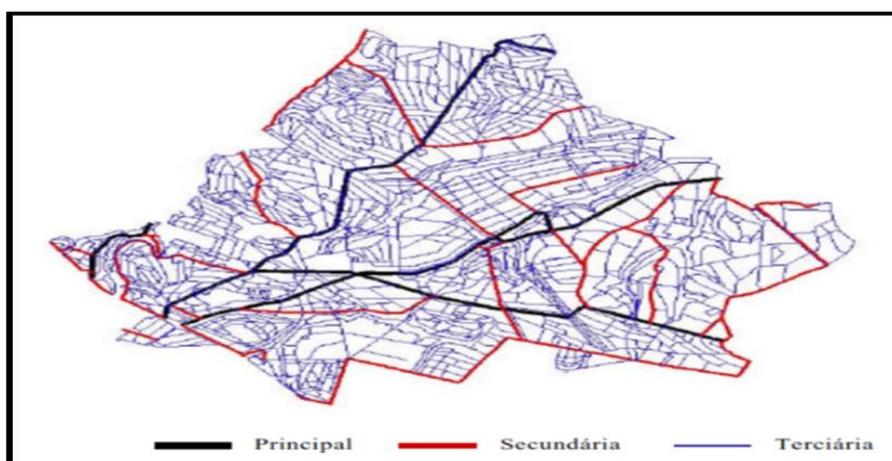


Figura 1: Perfil horizontal de um caminho florestal (Lopes *et al* 2001)

• **Desenvolvimento horizontal de um caminho florestal**

Quanto ao tráfego, é desejável um desenvolvimento suave do perfil (trajectos rectos longos e curvas de raio grande) (tabela 2). Entre curvas opostas é necessário um trajecto recto de pelo menos 20m, no caso de curvas no mesmo sentido é aconselhável fazer uma só curva caso o comprimento do trajecto recto seja menor do que 100 m. Razões de visibilidade e de manobra definem os raios mínimos a serem usados nos projectos de construção de curvas (Fath *et al* 2000).

Tabela 2: Desenvolvimento horizontal de curvas

Desenvolvimento de curvas		
Condições de terreno	Raio de curvatura mínimo	Velocidade
Planície	50 m	30 km/h
Terreno muito acidentado	20 m	É necessário reduzir a velocidade
Lugares de viragem nas montanhas	12 m	

Fonte: (Fath, et al., 2000)

b) Perfil longitudinal de um caminho florestal

É o corte efectuado longitudinalmente do eixo principal do caminho. Fornece-nos a posição de declives (subidas e descidas) do traçado original dos caminhos (figura 2). O perfil longitudinal refere-se à inclinação que os caminhos possuem em relação ao plano de nível de referência.

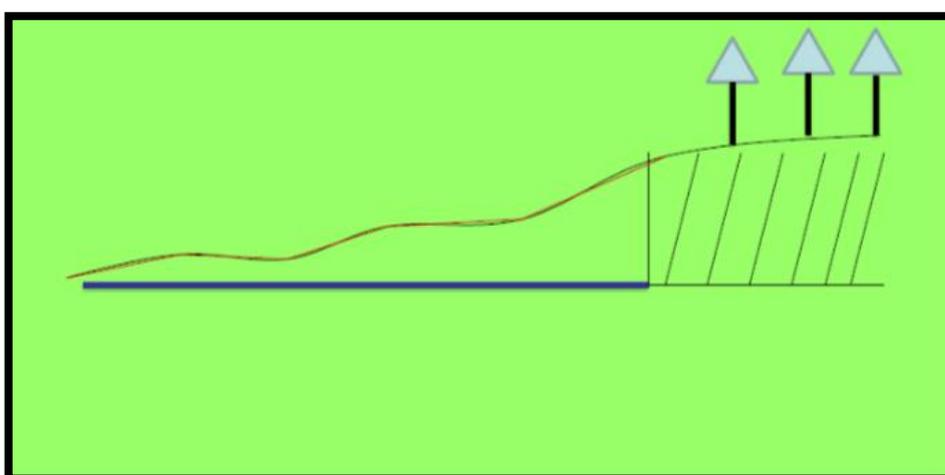


Figura 2: Perfil longitudinal de um caminho florestal (Lopes *et al* 2001)

c) Perfil transversal de um caminho florestal

É o corte efectuado perpendicularmente ao eixo do caminho, normalmente é realizado em diversos pontos do mesmo, onde exista a necessidade de escavação ou aterro. Mostra-nos a inclinação de taludes, a drenagem e a inclinação transversal do caminho. A figura 3 apresenta os componentes do perfil transversal de uma estrada.

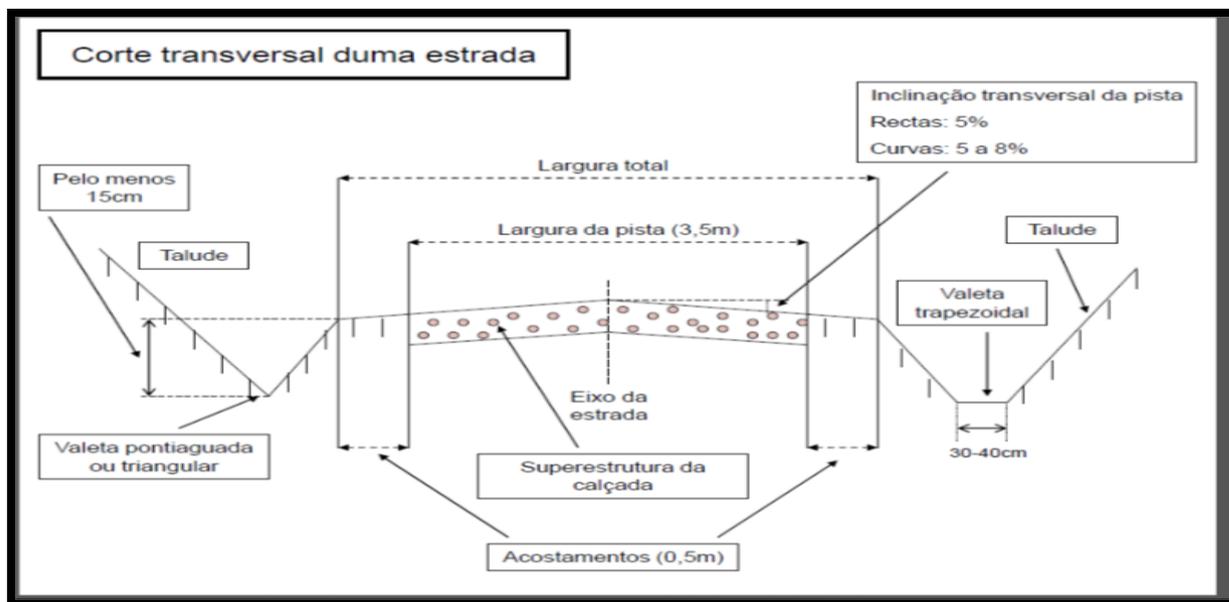


Figura 3: Perfil transversal de um caminho florestal (Fath *et al* 2000)

2.5. Planeamento da rede de estradas florestal

A rede de estradas tem forte relação com as operações de exploração florestal, de maneira que os aspectos operacionais das estradas como extensão, traçado e parâmetros técnicos influenciam no planeamento de ambas as operações (Malinovski, 2014).

O planeamento da rede de estradas deve ser realizado buscando fornecer o acesso às áreas de produção, permitindo o escoamento da madeira de forma eficiente, a optimização dos processos, minimização de custos e atendimento às demandas operacionais, contemplando também as questões sociais e ambientais das áreas. A falta de planeamento e a construção exagerada de estradas pode ocasionar em um investimento excessivo em estradas e perda de área produtiva (Souza, 2016).

2.5.1. Aspectos sociais, ambientais e económicos a considerar no planeamento de estradas

Segundo Malinovski *et al* (2004), a rede de estradas é um tipo de empreendimento que deve atender de forma abrangente aos aspectos sociais, apresentando exequibilidade técnica,

portanto, devem apresentar o melhor traçado com o menor custo de implantação e manutenção. Além disso, não se deve perder de vista efeitos danosos ao ambiente.

2.5.1.1. Aspectos econômicos

Guimarães (2004), sugere que o planejamento e manutenção da rede de estradas estejam contemplados nos processos estratégicos da logística de produção florestal, pois interfere diretamente no desempenho geral da empresa florestal.

2.5.1.2. Aspectos ambientais

Segundo Malinovski *et al* (2004), recomendam que as empresas em vias de implantação de um projeto de construção apresentem Estudos de Impacto Ambiental (EIA), devendo apresentar as seguintes atividades: diagnóstico ambiental (meio físico, biótico e socioeconômico), análise de impactos ambientais do projeto e suas alternativas, estudo de medidas mitigadoras e elaboração dos programas de acompanhamento e monitoramento dos impactos. Esse estudo deverá estar associado ao Relatório de Impactos Ambientais (RIMA), apresentando informações e conclusões relativas aos objetivos e justificativas do projeto, as alternativas tecnológicas, aos diagnósticos ambientais, aos impactos ambientais, a qualidade ambiental futura (com e sem projeto), as medidas mitigadoras, aos programas de acompanhamento e monitoramento e as recomendações das alternativas mais favoráveis.

2.5.1.3. Aspectos técnicos

Para Souza (2016), a construção da rede de estradas começa pelo planejamento (elaboração de anteprojetos e projetos fundamentados em mapas e imagens das áreas), seguido da construção (implantação dos projetos em campo) e dos procedimentos de manutenção e conservação.

2.6. Densidade das Estradas Florestais

Segundo Machado (2013), a densidade de estradas é expressa pela relação existente entre o comprimento das estradas e a área. Possui importância fundamental para caracterizar a intensidade da construção de estradas, indicando a viabilidade da rede que está sendo planejada. Segundo Pereira *et al* (2010), a estimativa da densidade de estradas florestais pode ser facilmente determinada através da medição de estradas sobre um mapa e a área do plantio florestal que essas vias atendem. As condições de relevo e o sistema de colheita adotado podem ser determinantes na densidade de estradas, sendo que a medida que a declividade aumenta, se eleva também o valor de densidade ótima para a área.

2.6.1. Densidade ótima de estradas (DOE)

Machado (2013), define a densidade ótima de estradas florestais (DOE) como sendo uma técnica quantitativa que estabelece a extensão de estradas florestais para uma determinada área, otimizando a relação estrada/exploração florestal, em termos técnicos e econômicos. Ela é parte da planificação, pois a relação extensão de estrada *versus* hectares de floresta depende de considerações econômicas, e a vantagem de uma rede menos densa é avaliada comparando o aumento nos custos da exploração florestal de madeira com as economias obtidas na construção e manutenção das estradas.

Segundo Neto (1995), a densidade ótima de estradas é a quantidade ideal de estradas, em metros lineares de comprimento, em relação à área de produção florestal.

Segundo Malinovski *et al* (1990), definem a densidade ótima de estradas como sendo a relação entre os custos de implantação, manutenção, arraste e transporte de matéria-prima. De um modo geral, pode se dizer que se deve levar em consideração alguns pontos:

- Custo de construção e conservação, bem como a perda de área de produção;
- Custos dependentes da densidade da rede de estradas para o transporte.

A densidade ótima de estradas reflete significativamente nos custos de um empreendimento florestal, pois quanto maior for o número de estradas existentes na área, maior serão os gastos nas etapas de construção e manutenção, além de reduzir a área de floresta plantada (Corrêa *et al* 2006).

2.6.2. Custos de estradas

Segundo Machado (2002), os custos de estradas florestais são compostos por:

a) Custo de construção

Segundo Lopes *et al* (2002), que os principais itens de custos de construção de estradas florestais são:

I. Levantamento topográfico

Os custos com levantamento topográfico referem-se aos serviços realizados por uma equipe de um topógrafo e três ajudantes.

II. Limpeza e terraplenagem

Os custos de limpeza e terraplenagem referem-se às actividades de corte de árvores, destoca, remoção de resíduos, remoção da matéria orgânica, execução de corte e aterro e compactação.

III. Drenagem

Os custos de drenagem se referem à construção de taludes/sarjetas e à colocação de pontes.

IV. Revestimento

Estes custos se referem ao revestimento primário (cascalho) obtido em jazida a uma distância média.

b) Custo de manutenção

Estes custos são constituídos de um conjunto de actividades que são executadas para minimizar os defeitos e, conseqüentemente, reduzir os custos operacionais dos veículos, prolongar a vida das estradas e proporcionar aos usuários um meio seguro, econômico e confortável de acesso para áreas rurais (Robert e Robinson citados por Marcelino 2007). Segundo Santos *et al* (1985), as principais actividades de manutenção são:

I. Revestimento primário

Constitui-se em uma camada colocada sobre o subleito, ou base obtida pela compactação de uma mistura de material argiloso com material granular.

II. Mistura de Areia e Argila

Esta mistura é utilizada principalmente quando o subleito é arenoso. A adição de argila propicia a formação de uma camada de boa qualidade como pista de rolamento, tornando coesivo o material que já apresenta boas condições de suporte.

c) Custo de oportunidade

O custo de oportunidade da terra é o retorno que pode ser obtido caso os investimentos em terra fossem aplicados em outra alternativa financeira. O conceito de custo de oportunidade é sempre presente quando a aceitação de uma alternativa exclui outras. Assim, “representa o custo de oportunidade o quanto a empresa sacrificou em termos de remuneração por ter aplicado seus recursos numa alternativa ao invés de outra” (Martins, 1995).

d) Taxa de juros

Os juros podem ser definidos como a remuneração obtida pela não utilização imediata do capital, em detrimento de uma satisfação de uma necessidade actual, sendo esperada uma maior satisfação futura (Neves *et al* 1996).

Segundo Speidel (1966), os custos de juros correspondem ao pagamento pelo uso do capital e dividem-se em:

- Juros reais, quando o capital é emprestado (empréstimo);
- Juros calculados (ou custo de oportunidade do capital), quando o capital é próprio da empresa.

e) Custo de perda de área

Segundo Neto (1995) o custo anual de perda de área representa o valor da madeira que seria produzida anualmente nas áreas ocupadas pelas estradas. Segundo Leftwich (citado por Neto 1995) este custo representa um custo de oportunidade pois representa o valor dos produtos alternativos renunciados que seria possível obter com os recursos considerados (estrada).

2.7. Sistema de informações geográficas

É um sistema com capacidade de aquisição, armazenamento, gestão, análise e visualização de dados geográficos cuja interpretação permite compreender relações e padrões espaciais assim como avaliar tendências temporais. Estes sistemas compreendem cinco componentes distintos, que incluem *hardware*, *software*, dados, procedimentos e recursos humanos, interligados entre si (Longley *et al* 2005).

Segundo Bohrer *et al* (2001) diz que um SIG pode ser utilizado na planificação regional ou ambiental integrando coleta de dados, análise espacial e processo de tomada de decisão. Assim, para estes autores, um SIG pode ser utilizado como banco de dados ambiental, onde dados relevantes sobre os diferentes atributos socioeconómicos e do ambiente natural podem ser armazenados, manipulados e analisados, podendo ser, ainda, constantemente actualizados e combinados em novas análises.

O georreferenciamento dos dados geográficos da floresta natural é fundamental para o posterior planeamento óptimo de estradas, cuidados ambientais e adequação de talhões/blocos, entre muitas outras vantagens. Entretanto, devem ser tomadas precauções, uma vez que o georreferenciamento dentro de florestas naturais pode ser bastante restritivo pela difícil captação dos sinais de satélite pelo GPS e, neste caso, artifícios devem ser utilizados como utilização de clareiras (Braz, 2005).

2.7.1. Google Earth

Segundo Ferreira e Cardoso (2007), o Google Earth é um programa desenvolvido e distribuído pelo Google cuja função é apresentar um modelo tridimensional do globo terrestre construído a partir de imagens de satélites obtidas de diversas fontes. O programa pode ser usado simplesmente como um gerador de mapas bidimensionais e imagens de satélite ou como um simulador das diversas paisagens presentes no Planeta Terra.

3. METODOLOGIA

3.1. Descrição Do Local de estudo

A concessão florestal do Levasflor ocupa uma área de cerca de 46.000 ha, esta situada na província de Sofala entre os distritos de Cheringoma e Muanza, e tem como limite a norte estrada EN 213 entre as vilas de Caia e Dondo é S 18°34'049' E 34°59'069' e o limite sul é S 18°49'001' E 34°50'402', com a povoação de Condue no lado ocidente (Nhamirre, 2006) (Figura 4).

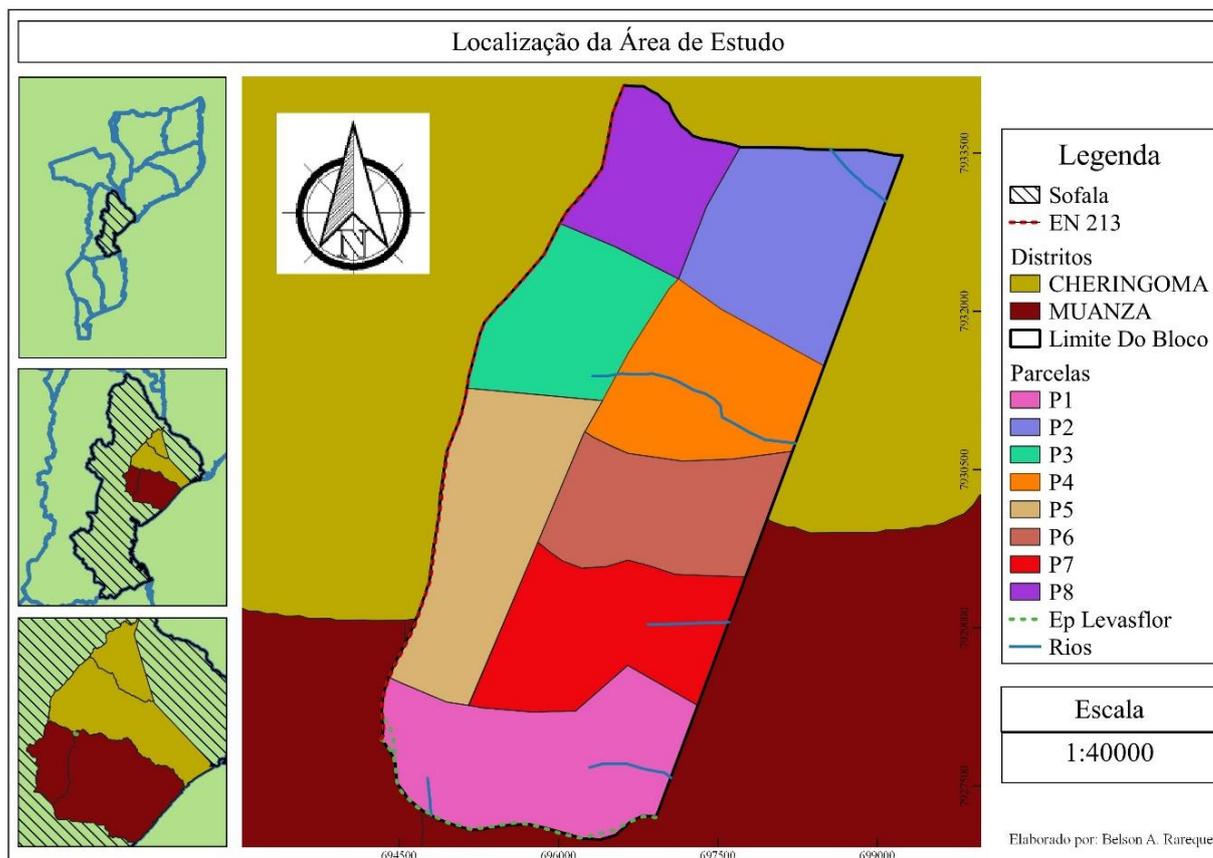


Figura 4: Mapa de localização do bloco de estudo (Levasflor)

A Empresa Levasflor, Lda. consta como uma sociedade por quotas de comprometimento limitada, criada a 06 de agosto de 2004 por escritura pública. Esta empresa empenha-se na actividades industrial no ramo de maneio, exploração e processamento primário e secundário (serração e carpintaria). Sediada na cidade da Beira, província de Sofala, e tem os seus escritórios localizados na estrada Nacional Nº 6 Manga. Tem como contraparte neste projecto de concessão florestal a Igreja Anglicana da Suécia. A concessão da Levasflor esta dividida em 20 blocos exploratórios de diferentes dimensões sendo que elas apresentam em média uma área

de 2055 ha, sendo assim a empresa apresenta um ciclo de corte de 20 anos. Os blocos correspondem a unidades de manejo florestal onde as intervenções são feitas de maneira uniforme, e o tamanho dos mesmos estimou-se em função do volume total da área de produção e a capacidade de exploração da empresa. (Nhamirre, 2006).

A região apresenta um clima do tipo tropical de savana (AW) segundo a classificação de Köppen, a precipitação média anual varia dos 1000 a 1100 mm de chuva, a temperatura média anual do ar é de 24,2 °C, com uma amplitude média anual de 6,8 °C, a temperatura média anual é de 26 °C com uma média anual dos valores máximos para a estação de referência é de 30,7 °C, com os valores extremos de 34,1 °C em novembro e 26,5 °C em julho e a média anual dos valores mínimos é de 17,7 °C, com os valores mensais extremos de 20,5 °C em fevereiro no Verão e 13,8 °C em julho no Inverno, a distribuição das chuvas no geral é desigual ao longo do ano, cerca de 57 a 73% da precipitação anual ocorre no período de dezembro de um ano a março do ano seguinte (MAE, 2014).

3.1.1. Caracterização do relevo a região (bloco 1)

O relevo da região é caracterizado pela ocorrência de depósitos sedimentares do Cretácico marinho e continental das formações de Mazamba, Cheringoma, Grudja e Sena. A região apresenta solos de textura arenosa e argiloarenosa (MAE, 2014).

Para a produção do mapa foram obtidos pontos cotados com o auxílio do software Google Earth pro, em seguida com o auxílio do software TCX Converter foi obtido as altitudes de cada ponto cotado e foi convertido o ficheiro para o formato Separado por virgula (CSV), os dados convertido foram lançados para o software Quantum GIS e com a ajuda da ferramenta Natural Neighbor (união natural dos pontos vizinhos) foram unidos os pontos cotados e se produziu um ficheiro de imagem (Raster), em seguida foi classificada a imagem (Raster) em 3 classe topográfica (ver figura 5) sendo a primeira considerada zona baixa [240m-267m[, a segundo é a zona média [267m-289m[e terceira considerada zona alta [>289m[. Por fim com o auxílio da ferramenta Contour (Curvas) foram obtidas as curvas de nível da área com base na mesma imagem (Raster).

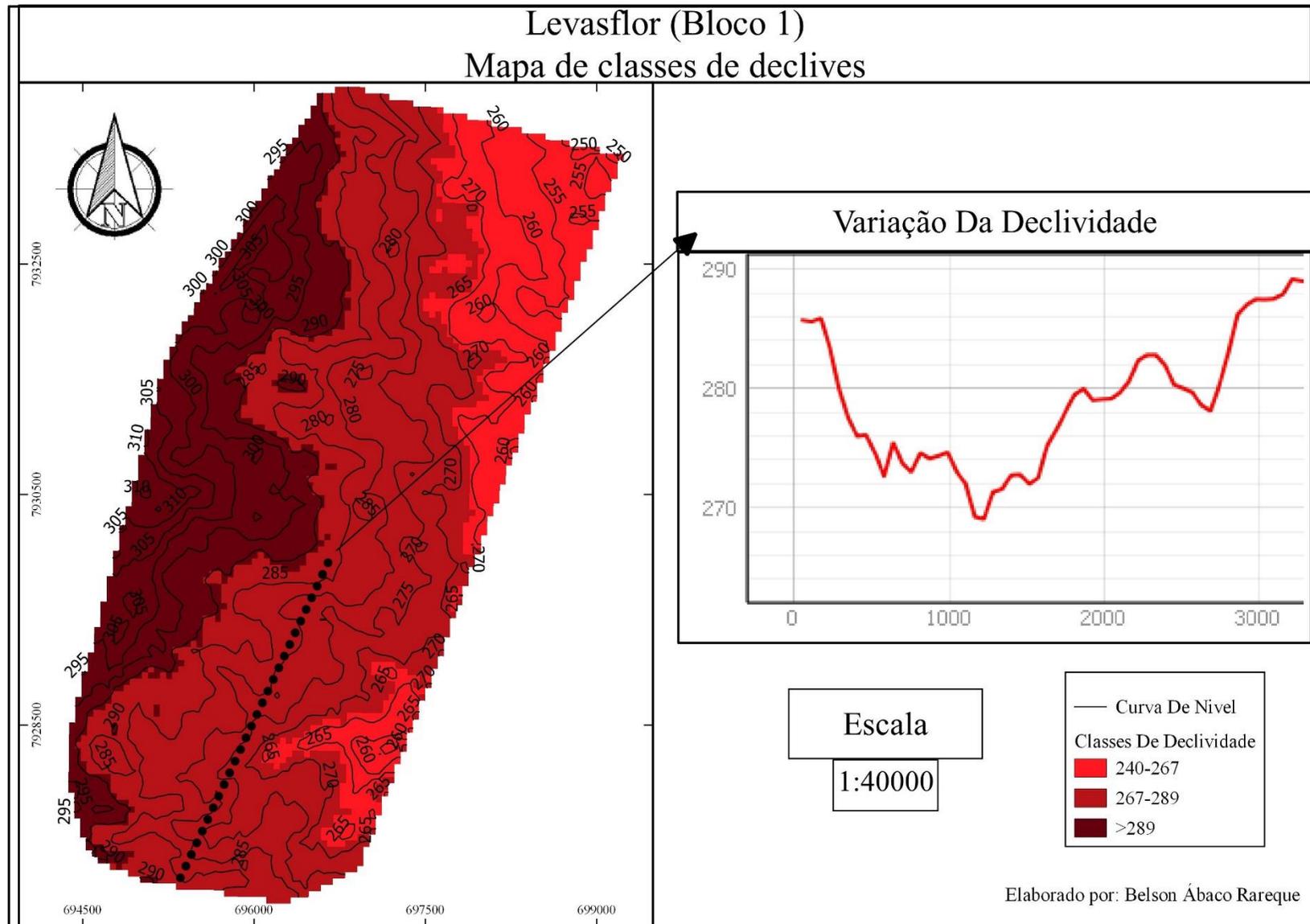


Figura 5: Mapa topográfico

3.2. Caracterização do equipamento de extracção

A actividade de extracção é realizada por meio de um tractor da marca Massey Ferguson modelo 270 Xtra como mostra a figura 6, este tem uma potência de 120 hp (89,5 kw), com um consumo médio de combustível que varia de 5 a 6 L/h de trabalho, dotado de uma corrente acoplada ao ponto de arraste do tractor pelo qual a corrente é usada para amarrar o toro a ser arrastado.



Figura 6: Tractor usado para a actividade de arraste

3.3. Operação de extracção

A operação de extracção é mecanizada sendo que esta tem o seu início com a entrada do tractor com o implemento de arraste (corrente) dentro do bloco, este percorre uma certa distancia ate a local onde efetuara a carga (viagem sem carga), uma vez no local de carga o tractor manobra de forma a facilitar com que o toro seja amarrado, apos este processo realizada o tractor volta ao local de empilhamento (viagem com carga). Durante este processo a carga arrastada pelo tractor é composto por 1–2 toros por viagem. A concessão apresenta dois sistemas de colheita sendo estes classificados em sistema de toros curtos (2,10m- 6m) e sistema de toros compridos (>6m).

3.4. Materiais

Abaixo encontram-se listados os materiais usados para a realização deste trabalho desde o processo de colecta de dados ate ao processamento dos mesmos.

- a) GPS (usado para georreferenciar as estradas e para cronometrar o tempo);
- b) Fita Métrica (usado para a medição da largura da estrada);
- c) Fichas de registo de dados (usado para o registo dos toros arrastados);
- d) Computador (usado para o processamento de dados com o auxílio dos softwares)

e) Software's (Google Earth Pro, Quantum GIS 2.8.2-Wien, TCX Converter e Microsoft Excel 2016).

3.5. Métodos de colecta de dados

3.5.1. Entrevista e consultas documentais

Foi realizada uma entrevista estruturada (ver anexo 1) com vista a obter dados relativos ao custo de construção, o salário do pessoal responsável pela extracção florestal, valor da aquisição do tractor, dos lubrificantes e do combustível. A entrevista foi dirigida ao gestor da empresa e ao chefe dos recursos humanos, também foram realizadas consultas no plano de manejo da concessão com vista a obter o incremento médio da floresta e a produção da mesma por unidade de área.

3.5.2. Mapeamento

Foram mapeadas as estradas existentes na área de estudo, para tal foram percorridas a pé e georreferenciadas as estradas existentes dentro bloco com auxílio de um GPS como mostra a figura 7, o ficheiro (percurso/estrada) era gravado no GPS, foi usado o Google Earth Pro para a obtenção das altitudes e a determinação a área do bloco através da ferramenta de medição (Régua) por meio das imagens satélites da área.



Figura 7: Mapeamento de estrada

3.5.3. Medição da largura da estrada

Foi medida a largura de estradas com vista a obter a largura média da mesma de forma a determinar perda de área produtiva, esta foi medida com o auxílio de uma fita-métrica (como mostra a figura 8) a cada 1 quilometro (km) de distância isto durante o processo de mapeamento e os dados foram registados nas fichas de colecta de dados (ver anexo 2), para tal foi realizado um estudo piloto e em seguida foi determinado o número de pontos de medição necessários para um erro de 5%.



Figura 8: Medição de largura de estradas

3.5.4. Estudo de tempo e movimento

O tempo necessário para o tractor percorrer uma certa distância (m/mim), foi realizado a partir da modificação da metodologia proposta por Zagonel (2005), que consistia no balizamento da possível rota de extracção a cada 20 metros com estacas para facilitar a visualização.

As condições da floresta não permitiam a visualização das estacas a uma distância de 20 metros devido a vegetação existente dentro do bloco, tendo se optado pelo uso do GPS para a medição da distância percorrida pelo tractor e o seu respectivo tempo, foi realizado um estudo piloto que a partir deste foi determinado o tamanho ideal da amostra para um erro máximo de 5%, para a determinação do tamanho ideal foi usada a equação proposta por Barnes (1997) ver equação 1.

$$n \geq \frac{t^2 + CV^2}{E^2} \quad \text{equação [1]}$$

Onde:

t: Valor de t, para nível de probabilidade desejado a (n-1) graus de liberdade;

CV: Coeficiente de variação em percentagem (tempo, largura da estrada);

E: Erro admissível, em percentagem.

3.6. Processamento de dados

3.6.1. Quantificação e determinação da densidade actual de estradas

Os dados obtidos no mapeamento de estradas, foram georreferenciados em imagens de satélite com a finalidade de visualizar as estradas dentro do bloco antes e depois da abertura das estradas. O comprimento acumulado das estradas dentro do bloco foi determinado através da fotointerpretação das imagens georreferenciadas produzidas através do processamento dos dados geográficos usando software Quantum GIS 2.8.2-Wien para tal foram somadas todas

estradas existente dentro de cada parcela e a soma das estradas existentes nas parcelas e obteve-se a densidade actual de estradas (das parcelas e do bloco respectivamente).

A densidade actual de estradas foi calculada pela equação 2 através da divisão do comprimento acumulado da estrada em metros dividido pela área do bloco conforme a metodologia proposta por (Machado, 2013).

$$DAE = \frac{CAE}{A} \quad \text{equação [2]}$$

Onde:

DAE: Densidade actual de estradas (m/ha);

CAE: Comprimento acumulado das estradas (m);

A: Área da parcela ou do bloco (ha).

3.6.2. Determinação das variáveis de estudo

Os dados referentes ao tempo necessário, volume arrastado, largura da estrada e a determinação da densidade (actual e óptima) foram processados na planilha do Microsoft Excel 2016 onde foram produzidos gráficos e a obtenção de algumas medidas de precisão (média, variância, desvio padrão, coeficiente de variação e o tamanho da amostra) para a variável tempo, distância e o volume arrastado.

3.6.2.1. Densidade óptima de estradas florestais

A densidade óptima de estradas foi determinada a partir das equações 3 proposta por (Malinovski e Perdoncini 1990), para tal foi necessário determinar:

$$DOE = 50 * \sqrt{\left[\frac{C*q*T*V}{r}\right]} \quad \text{equação [3]}$$

Onde:

DOE: Densidade óptima de estradas (m/ha);

C: Custo unitário de extracção em Mts/m³/km;

q: Produção do talhão em m³ por hectare (m³/ha)

T: Factor de correção para os casos em que a extracção não é feita em linha recta e perpendicular à estrada e a mesma não termina no ponto mais próximo ao de origem, variando de 1 a 1,5.

V: Factor de correção quando as estradas não são paralelas e são tortuosas com espaçamentos desiguais entre si e varia entre 1 e 2;

r: Custo unitário de construção de estradas em Mts/km.

3.6.2.1.1. Produção do bloco (q) (m³/ha)

A produção de madeira do bloco usada para a determinação da densidade foi obtida por meio de consultas no plano de manejo da concessão recém-publicado, sendo que a produção de madeira por unidade de área é de 16,158 m³/ha distribuídas em 11 espécies (ver anexo 3) segundo Falcão (2015).

3.6.2.1.2. Custo de construção de estradas (r)

O custo de construção de estradas por unidade de área (m²) usado foi o obtido por meio a entrevista dirigida ao gestor da empresa onde se obteve um valor de 120,31 mts/m sendo que para a construção de um quilometro (1 km) foi de 120310 mts/km, este custo é referente ao aluguel de máquinas (camião cisterna, motoniveladora, compactador, colocação de areia e a mão-de-obra necessária para o processo de construção).

3.6.2.1.3. Factores de Correção T e V

A extracção dentro do bloco não é realizada numa linha recta, assim como, as estradas não são paralelas entre si devido a estes factores tornou-se necessário o uso dos factores de correção T e V no processo de determinação da densidade óptima de estradas. Para o presente trabalho usou-se 1,1 par o factor T conforme sugerido por (Souza 2011). E para o factor de correção V usou-se a média entres o valor máximo e o mínimo deste factor tendo resultando desta feita em V igual a 1,5.

3.6.2.1.4. Custo unitário de extracção (C)

O custo unitário de extracção foi determinado através da metodologia proposta por Malinovski e Perdoncini (1990), (ver equação 4), onde antes foi determinado a capacidade média de carga do tractor através do volume médio arrastado pelo tractor e o tempo necessário para o tractor se deslocar numa distância de 1 metro de distância e o operacional de extracção o qual foi determinado pela equação 5.

$$C = \frac{x*t*1000}{L} \quad \text{equação [4]}$$

Onde:

x: Custo operacional de extracção em Mts/minuto.

t: Tempo em minutos, para o tractor percorrer uma distância de 1m com carga e sem carga (min/m).

L: Capacidade média de carga do tractor em m³/viagem.

3.6.2.1.4.1. Capacidade de carga do tractor (L)

Durante o processo de estudo de tempo para a distância percorrida pelo tractor com carga foi quantificado o volume extraído por viagem como mostra a tabela 3.

Tabela 3: Capacidade de carga do tractor

Parâmetros	Volume (m ³)	Número de toros/viagem
Máximo	1,180	2,000
Mínimo	0,503	1,000
Média	0,774	1,652
Variância	0,032	0,237
Desvio Padrão	0,178	0,487

Durante o processo de extracção o tractor arrastava em média 0,774 m³ de madeira de *Millettia stuhlmannii* (Jambirre ou localmente chamada por N`panguire) sendo que neste processo o tractor extraiu toros de volume que variou de 0,503 m³ a 1,180 m³, durante o processo o tractor arrastava 1 a 2 toros por viagem, sendo que em média arrastava 1,652 toros o que corresponde a uma capacidade de carga de 1,279 m³ por viagem.

3.6.2.1.4.2. Custo Operacional de Extracção (x)

O custo operacional de extracção foi de 9,377 mts/min dos quais 78,8% correspondem aos custos variáveis (7,348 mts/min), 3,2% correspondem aos custos fixos (0,302 mts/min), 8,2% correspondem aos custos administrativos (0,769 mts/min) e 9,8 correspondem aos custos de riscos (0,922 mts/min).

3.6.2.1.4.2.1. Determinação do custo operacional de extracção

O custo operacional de extracção é composto dos custos fixos, custos variáveis e outros custos. Custo fixo é aquele que não varia com a produção, ou seja, independentemente do nível de produção do equipamento, e custo variável por sua vez varia em função da produção do equipamento e maquinário (Machado, 2002).

O custo operacional de extracção foi determinado usando a metodologia proposta pela FAO, (1974) de acordo com a equação 5:

$$x = CT/Umin \quad \text{equação [5]}$$

$$CT = CF + CV + CR + CA \quad \text{equação [6]}$$

Onde:

CA: Custo de Administração (mts/min)

CF: Custo Fixo (mts/min)

CV: Custo Variável (mts/min)

CT: Custo Total(mts/min)

Umin: Tempo de trabalho anual em minutos

I. Custo Administrativos

Foram considerados como custos administrativos aqueles relacionados como os trabalhos de escritório e supervisão das operações de campo. Considerou-se no cálculo uma taxa percentual de 12% dos custos totais (soma dos custos fixos e variáveis).

$$CA = 0,12 * (CF + CV) \quad \text{equação [7]}$$

II. Custos de riscos

Foram considerados como custos de riscos os custos não programados que ocorrem espontaneamente. Considerou-se no cálculo uma taxa percentual de 10% dos custos totais.

$$CR = 0,10 * (CF + CV) \quad \text{equação [8]}$$

III. Custos Fixos (CF)

Estes custos foram determinados usando a metodologia proposta pela FAO (1974), em que os custos fixos foram a soma dos valores obtidos a partir de:

$$D = (P - R) / H \quad \text{equação [9]}$$

$$J = P * 0,1 \quad \text{equação [10]}$$

$$CMO = \frac{[12sm(1+f)]}{U} \quad \text{equação [11]}$$

Onde:

D: Depreciação

J: Juros

CMO: Custo de mão-de-obra (mts/min)

H: Tempo de depreciação (mts/min)

U: Horas de trabalho por ano;

P: Valor de aquisição (mts)

R: Valor de revenda ou valor residual (corresponde 10% do P)

Sm: Salário mensal (mts)

f: Encargos sociais expressos em percentagem do salário mensal (4%);

IV. Custos Variáveis (CV)

Os custos variáveis foram determinados usando a metodologia proposta pela FAO (1974), onde os custos variáveis foram a soma dos seguintes custos:

a) Custo de combustível

Este custo é referente ao consumo de combustível (diesel) pelo tractor (obtido pela relação consumo de combustível em litros por hora), o qual o consumo medio é de 6 L/h segundo ACADEMY (2016), este custo foi determinado pela equação 12 segundo (Santos, 2013):

$$CC = Pc * C \quad \text{equação [12]}$$

Onde:

CC: Custo com combustível (mts/h);

Pc: Preço de um litro de óleo diesel (mts/L)

C: Consumo de óleo diesel por hora efetiva (L/h).

b) Custo dos lubrificantes

Os custos de lubrificantes foi determinado considerando a vida útil do lubrificante (óleo do motor e de deferencial) em horas (250 e 500 hora respectivamente) em função das horas efectivas de trabalho (2220 horas), a quantidade a ser trocada (15 e 46 litros respectivamente) e o número de vezes a ser trocado num ano (8,8 e 4,4 vezes respectivamente) para o óleo do motor e o preço (200 mts e 250 mts respectivamente) de acordo com a metodologia (equação 13) proposta por (Souza 2011).

$$CL = Qt * \left(\frac{U}{V}\right) * Pl \quad \text{equação [13]}$$

Onde:

Cl: Custo de lubrificantes mts/h

Qt: Quantidade a ser trocada (L/V)

V: Vida útil do lubrificante (horas)

Pu: Preço do lubrificante (mts/L)

c) Reparos e manutenção (RM)

Os custos referentes a reparos e manutenção foram determinados de acordo com a metodologia proposta pela (FAO, 1974) a partir da equação 14:

$$RM = \frac{\left[(40\%D) + \left[(3\%D) * \left(\frac{U}{100} \right) \right] \right]}{U} \quad \text{equação [14]}$$

3.6.2.2. Separação óptima entre estradas (SOE)

É a separação óptima teórica entre as estradas da rede, que permitira obter a distância de arraste ideal para um determinado equipamento de extracção, este foi determinado usando a metodologia proposta por FAO (1974), equação 15.

$$SOE = k \sqrt{\frac{40RL}{q * C * t * (1+p)}} \quad \text{equação [15]}$$

Onde:

p: Factor usualmente entre 0,10 e 0,50, dependendo das dificuldades do terreno, designado a cobrir perdas de tempo considerando as razões desta demora;

k: Factor variando de 1,0 quando o arraste pode ser realizado equidistantemente em ambos os lados da estrada, e 0,71 quando o arraste é feito somente de um lado, seja pelo terreno ou outras limitações

3.6.2.3. Localização e o tamanho dos pátios de empilhamento

Os pátios foram alocados ao longo das estradas, estes terão uma separação um do outro igual a separação óptima entre estradas (SOE), a área dos pátios obtidos segundo a metodologia proposta por Amaral *et al* (1998) como descrito a baixo.

$$\text{Área do Pátio (m}^2\text{)} = VE \times AP \quad \text{equação [16]}$$

$$VE = \left(\frac{A}{10000}\right) \times VM \quad \text{equação [17]}$$

Onde

AP: Área do pátio (m²) necessária por volume de madeira (m³) a ser explorado para camiões de carroceria longa, o valor é 1,57 m²/m³ e para camião pequeno, 1,26 m²/m³

VE (m³): Volume a ser estocado no pátio

A: Área (m²) sob influência do pátio

VM: Volume médio explorável por hectare

3.6.2.4. Custo de excesso de estradas (CEE)

O excesso de estrada foi determinado usando a equação 18 a partir da subtração da densidade actual de estradas pela densidade óptima, em seguida foi determinado o custo desse excesso de estradas por meio da multiplicação do excesso pelo custo de construção (equação 19).

$$EE = (DAE - DOE) \quad \text{equação [18]}$$

$$CEE = EE \times r \quad \text{equação [19]}$$

Onde:

EE: Custo de excesso de estradas (m/ha);

3.7. Produção de mapas

3.7.1. Produção de mapa de densidade actual de estradas

Para a produção deste tipo de mapa foi usado o software Quantum GIS no qual a partir das estradas georeferenciadas durante o processo de mapeamento foram introduzidas no programa e se produziu o mapa.

3.7.2. Produção mapa de densidade óptima de estradas

Apos a geração do mapa topográfico foram determinadas as distâncias do eixo (com o auxílio de uma régua graduada era medido do limite do bloco ate ao centro de cada parcela de exploração), por meio da multiplicação da distância do eixo pelo volume existente na parcela obteve-se o trabalho valor este que ira auxiliar na identificação do ponto médio por onde a estrada ira passar.

Depois da identificação do ponto onde a diretriz deve passar, foram unidos os pontos por onde a directriz da estrada ira passar, em seguida foi ajustada a directriz estrada com base no método do passo do compasso com vista a respeitar a inclinação e evitar áreas desfavoráveis (áreas com inclinação igual ou inferior a 12%).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Quantificação do comprimento acumulado de estradas e a produção de mapa da densidade actual de estradas

O georreferenciamento de estradas possibilitou quantificar o comprimento das estradas existentes no bloco, e a sua distribuição dentro do bloco conforme a figura 9.

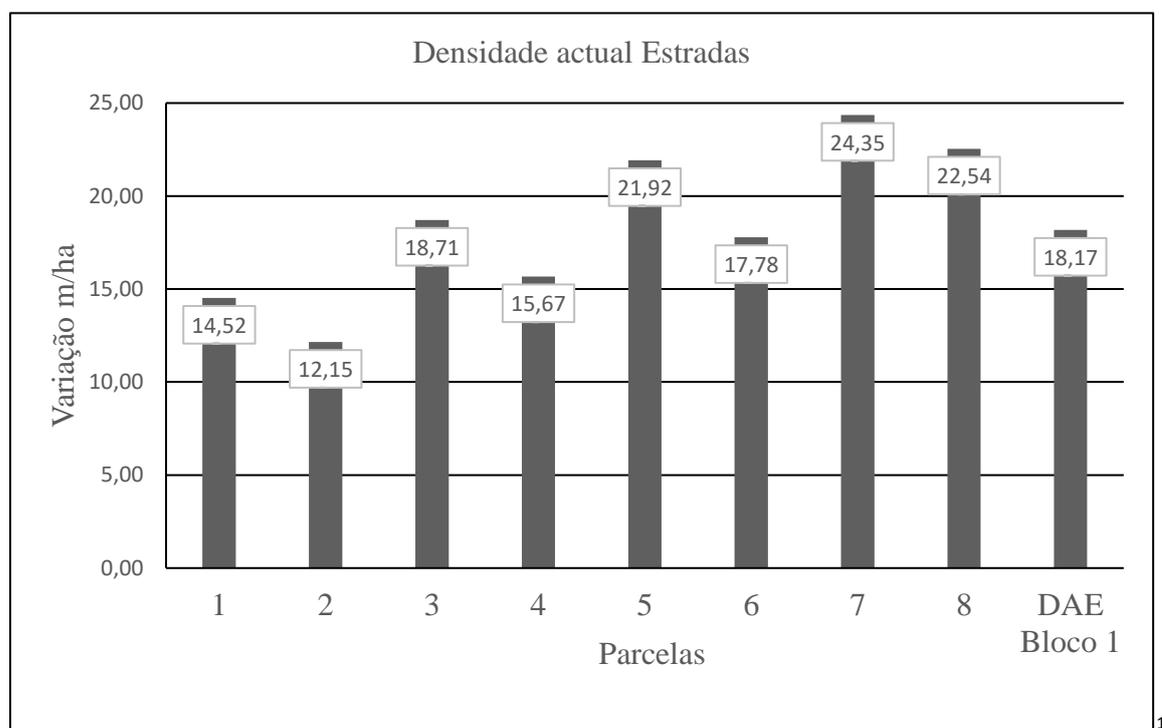


Figura 9: Distribuição da densidade actual de estradas

A densidade actual de estradas dentro do bloco variavam entre as parcelas de exploração tendo uma densidade mínima de 12,5 m/ha e uma máxima de 24,35 m/ha, esta densidade foi influenciada pela área da parcela e pelo volume explorável por unidade de área. Para além de possibilitar a quantificação das estradas o georreferenciamento permitiu também a visualização da disposição das estradas dentro do bloco conforme ilustra a figura 10.

¹ As parcelas 1 e 5 durante o processo de mapeamento, encontravam-se a ser exploradas o que poderá ocasionar alterações nas densidades das duas parcelas assim com a densidade final do bloco 1.

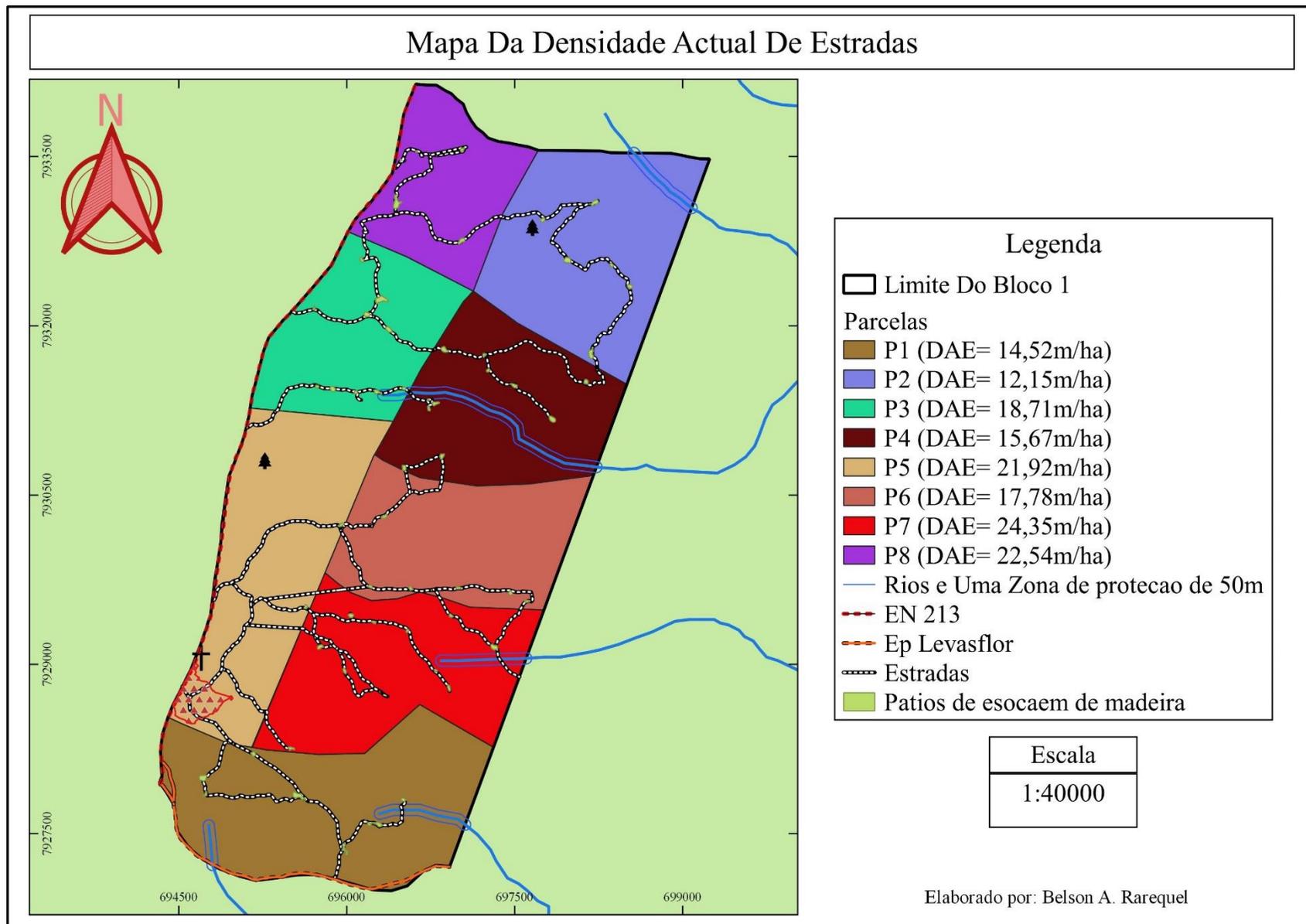


Figura 10: Mapa de densidade actual de estradas e a distribuição dos pátios

4.2. Caracterização do perfil transversal das estradas da concessão

Durante o processo de medição da largura das estradas foi possível observar que as estradas dentro do bloco apresentam uma variação na sua largura tendo uma máxima de 4 m e uma mínima de 3 m, sendo que em média a largura é de 3,4 m (ver anexo 5). As figuras (11A; 11B e 11C) mostram a secção transversal das estradas da concessão do Levasflor.



Figura 11: Estrada com secção transversal inadequada (11A: Estrada plana; 11B: poças de água; 11C: Início do processo erosivo)

As estradas existentes na concessão na sua maioria apresentam um perfil transversal inadequado, pois não apresenta inclinação transversal ou seja a estrada na sua maioria é plana como mostra a figura 11A o que faz com que durante o período chuvoso haja criação de corpos de água na sua extensão como mostra a figura 11B assim como o início do processo erosivo nas laterais da estrada por meio da água que escorre nas laterais pois esta não apresenta taludes como mostra a figura 11C.

Segundo Fath *et al* (2000), as estradas florestais devem apresentar no seu perfil transversal uma largura total de 4,5 metros, deve apresentar uma faixa de rodagem com uma largura de 2,5 metros mais a margem de segurança de 0,5 metros para cada lado totalizando 3,5 metros de

superfície calçada, deve apresentar acostamentos de 0,5 metros em cada lado os quais servem para proteger, estabilizar e elevar a segurança do tráfego. A estrada deve apresentar uma inclinação de 5-8% partido do eixo para os lados da faixa da estrada e devem apresentar taludes para garantir o escoamento das águas que desliza por meio da inclinação transversal da faixa.

De acordo com Júnior (2016), a principal função da seção transversal de uma estrada é não deixar acumular água na superfície da faixa de rodagem. Isso só se torna possível quando existe um abaulamento transversal da via, o que possibilita que essa água seja direcionada para o sistema de drenagem. Dessa maneira, uma boa seção transversal evita o surgimento de diversos outros problemas nas estradas, como buracos, erosões, trilha de roda, entre tantos outros.

4.3. Determinação do tempo da actividade de extracção

4.3.1. Tempo necessário para o tractor percorrer 1m de distância sem carga

O tamanho ideal da amostra para esta actividade foi de 28 unidades amostrais das quais coletou-se 25, o tempo médio foi de 0,006 min/m tendo uma variação de $\pm 0,0012$ min/m (ver anexo 6), esta variação se deve pela velocidade que o tractor levava em direção ao local de abate da árvore assim como as condições do local, sendo que ela variou em $\pm 32,388$ m/min sendo que a média foi de 161 m/min o que corresponde a 9 km/h.

Em um estudo similar realizado por Zagonel (2005), obteve uma velocidade média sem carga de 82,38 m/min e 82,29 m/min, estes valores se deferem com o obtido neste estudo (161,67 m/min) sendo que essa diferença em parte se deve pelo mecanismo de extracção usado na área de estudo por ele avaliado era composto por tractor acoplado a um guincho.

4.3.2. Tempo necessário para o tractor percorrer 1m de distância com carga

O tamanho ideal da amostra para esta actividade foi de 23 unidades das quais foram colectadas 22 amostras dos quais obteve-se uma variação $\pm 0,002$ min/m, sendo que a média foi de 0,008 min/m, a velocidade de extracção variou em cerca de $\pm 29,612$ m/min, a velocidade média de extracção foi de 123,879 m/min (7,4 km/h) (ver anexo 7).

Os valores obtidos neste estudo diferem com os obtidos por Souza (2011), o qual em seu estudo obteve a velocidade média de extracção do conjunto tractor e grua de 6 km/h, esta diferença se deve em parte pelo sistema de extracção usado neste estudo se deferir pelo autor acima citado.

4.4. Determinação da densidade óptima de estradas (DOE), separação óptimo de estradas e distância média de extracção

Definidos os valores dos componentes para a determinação da densidade de estradas e realizados os cálculos obteve-se a densidade óptima de estradas (DOE), a separação óptima de estradas (EOE) e a distância média de extracção (DME) conforme a tabela 4.

Tabela 4: Valores da densidade óptima de estradas, separação óptima de estradas e distância média de extracção.

Bloco	DOE	SOE	DME
1	6 m/ha	849 m	424,5 m

De acordo Fath *et al* (2000) a densidade de estradas recomendadas para as florestas tropicais com um rendimento baixo e com um incremento menor que 3m³/ha/ano a densidade estradas deve ser menor que 15m/ha, a densidade óptima de estradas para o presente estudo se encontra dentro do intervalo estabelecido pelo autor.

4.4.1. Comparação da densidade actual de estradas (DAE) em relação a densidade óptima de estradas (DOE)

A figura 12 mostra a distribuição da densidade actual de estradas dentro das parcelas assim como no bloco no seu todo em relação a densidade óptima de estradas.

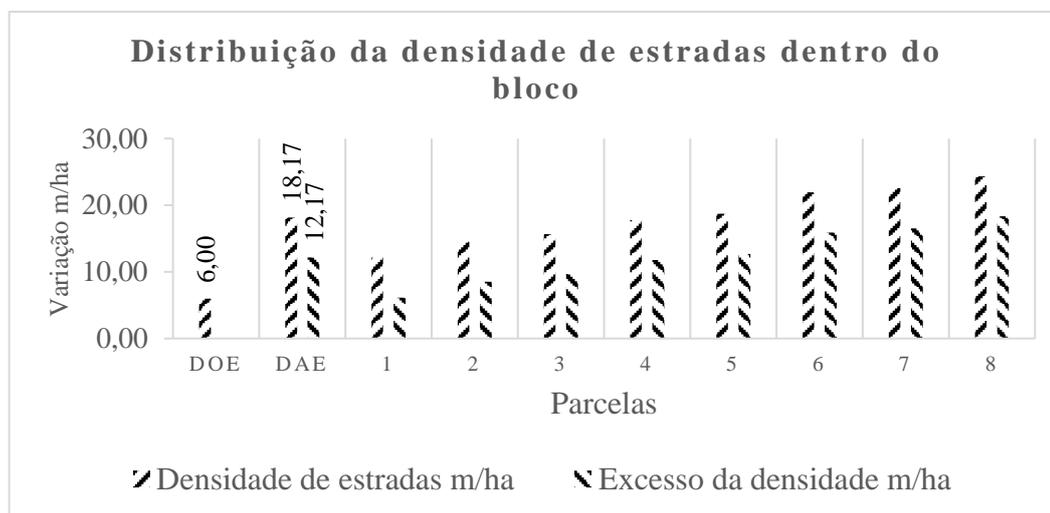


Figura 12: Distribuição da densidade actual de estradas

O bloco está dividido em 8 parcelas de exploração de forma a facilitar as actividades pré-exploratórias assim como exploratórias, a densidade de estradas teve uma variação de 12,1 m/ha a 24,4 m/ha, sendo o bloco no seu todo teve uma densidade actual de 18,2m/ha.

A densidade óptima de estradas para este bloco é de 6m/ha sendo que esta densidade esta a baixo da densidade de estradas observada no bloco que é de 18,17 m/ha sendo que supera em cerca de 202,8% em relação a densidade óptima de estradas. A densidade actual é maior que a densidade óptima de estradas determinada assim como a densidade recomendada para o tipo florestal e o incremento médio da floresta segundo (Fath *et al* 2000).

4.4.2. Distribuição dos pátios de toros e a determinação do tamanho dos pátios

A tabela 5 apresenta a distribuição dos pátios dentro das parcelas de exploração assim como dentro do bloco valores estes obtidos depois da contagem dos pátios obtidos durante o mapeamento, também apresenta a área total e a média ocupada pelos pátios dentro de cada parcela assim como dentro do bloco.

Tabela 5: Número actual de pátios

Bloco 1									
Parcela	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
Área da parcela (ha)	328	275	196	243	287	217	268	162	1976
Nº de pátios	8	6	10	11	2	6	12	4	59
Área dos pátios (ha)	10041,6	10035	14504	10895	1574	5051	12119	2200,4	66420,1

A área de estudo apresenta 59 pátios ocupando uma área total de 66420.12 m² as quais estão distribuídas aleatoriamente dentro das parcelas em números de 2 a 12 pátios/parcela tendo uma área média de 1016,43 m² tendo uma variação de 787 m² a 1675,5 m²/pátios.

Segundo Amaral *et al* (1998) tamanho dos pátios é determinado em função do sistema de transporte de toros e do tipo de veículo utilizado.

Neste trabalho considerou-se o sistema de transporte paralelo e o veículo usado foi um camião de carroçaria longa tendo se obtidos os seguintes valores conforme a tabela 6.

Tabela 6: Determinação do tamanho dos pátios de empilhamento

Parâmetros	Valores
Volume a ser estocado no pátio (VE)	1164,67m ³
Área do pátio (m ²) (AP)	1828,53m ²
Área (m ²) sob influência do pátio (A)	720801m ²
Volume médio explorável por hectare (VM)	16,16m ³ /ha
Pátios com o formato quadrado	43m*43m

Os pátios de empilhamento serão localizados ao longo das estradas secundarias sendo estes separados um do outro a uma distância de 849 m valor este que corresponde a separação óptima de estradas, cada pátio ira empilhar madeira oriunda de uma área de exploração de 72,08 ha, cada pátio terá a capacidade de empilhar um volume de madeira de 1164,81 m³.

De acordo com Braz *et al* (2018) uma das referências para a alocação dos pátios de empilhamento de madeira é que a distância entre eles não deve ser menor que a separação óptima entre estradas, visto que a concentração de madeira descarta alguns pontos e incrementa outros, entretanto, essa orientação auxilia a otimização do arraste e, portanto, a redução dos custos.

Sendo que os pátios devem ser planejados como infraestruturas permanentes, e os mesmos devem ser localizados ao longo das estradas secundarias, foram alocados para a área em estudo 27 pátios sendo eles distribuídos de forma sistemática (alocados em intervalos regulares tendo como base a separação óptima de estradas). conforme as recomendações do autor acima citado. A figura 13 mostra a comparação do número de pátios dentro do bloco em relação ao número óptimo dos pátios.

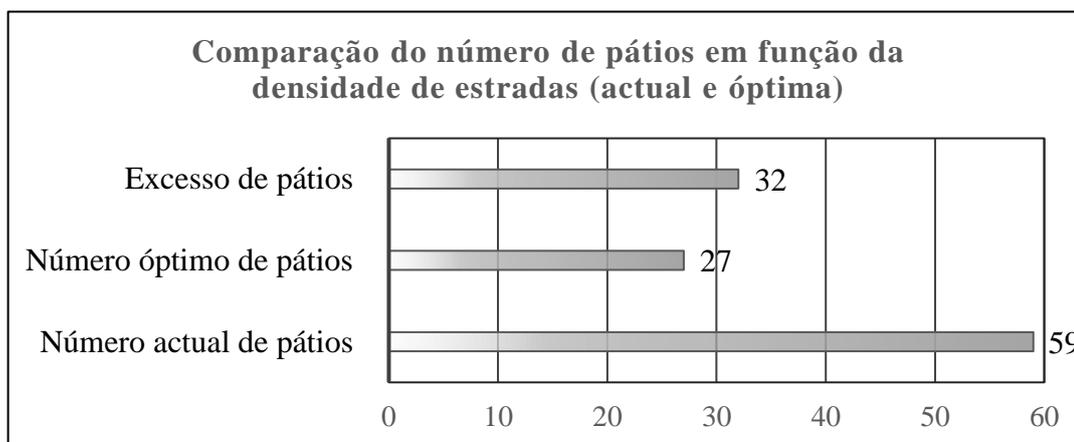


Figura 13: Comparação do número de dos pátios em função da densidade

Para a área de estudo o número óptimo de pátios de empilhamento de madeira é de 27, este número de pátios esta a baixo do total de pátios observado na área que é de 59, sendo assim a área apresenta um excesso de pátios em torno de 32 o que significa que foi aberto mais que o dobro de pátios necessárias para que a exploração fosse otimizada.

Segundo Braz e d'Oliveira (2001), a localização exata dos pátios de empilhamento de madeira influencia as picadas de arraste, a direcção de arraste, relevo e menores distâncias da relação arvore/pátios, sendo assim, a planificação adequada evita o excesso de pátios alocados na

floresta, assim como reduz a densidade de estradas florestais e o movimento desnecessário do equipamento de extracção florestal.

4.5. Elaboração do mapa de densidade óptima de estradas

Conforme os dados de densidade óptima e separação óptima de estradas foi produzido um mapa de estradas para a área em estudo sendo que as estradas tem uma separação óptima (SOE) de 849m entre elas valor este que correspondera também a largura da faixa de abertura (LFA) sendo esta a sama da distância média de extracção (DME) de 424,50 m sendo realizada a exploração em ambos os lados da estrada, terá uma distância máxima teórica de arraste de cerca de 212,25 m o que corresponde a um quarto (1/4) da SOE.

A elaboração deste mapa levou em consideração o volume existente em cada parcela do bloco assim como as condições do terreno com mais enfoque na topografia do terreno com vista a evitar os locais desfavoráveis para o processo de extracção floresta, A figura 14 mostra o mapa final de estradas produzido em função das condições do descritas anteriormente.

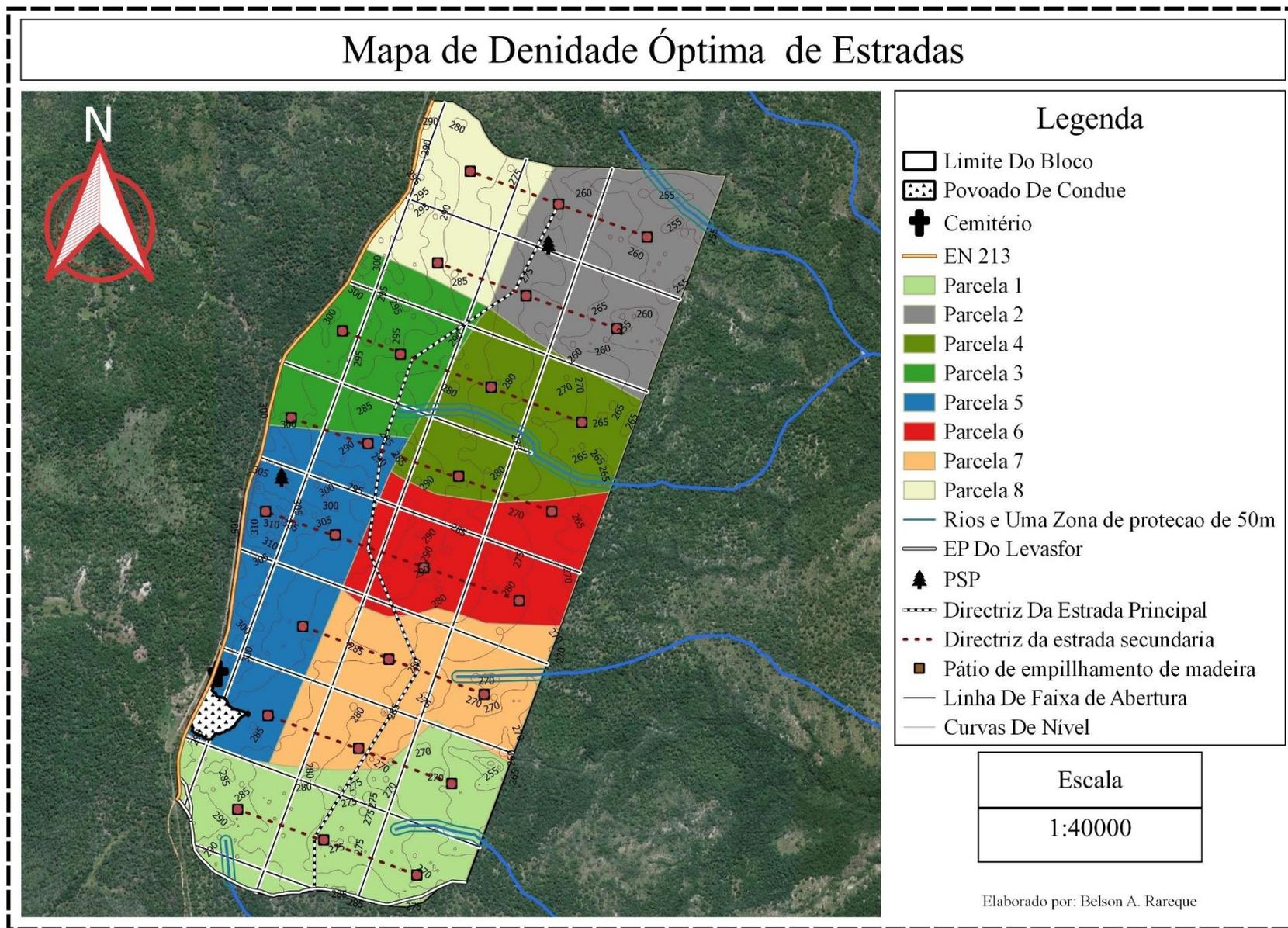


Figura 14: Mapa de Denidade Óptima de Estradas

4.6. Determinação da taxa de perda de área e dos custos em função da densidade de estradas

4.6.1. Determinação da perda de área mediante ao excesso de estradas

A tabela 7 mostra a perda de área florestal mediante ao o excesso de estradas abertas durante o processo de exploração, este excesso foi obtido através da comparação entre a quantidade estradas (óptima em relação a actual).

Tabela 7: Perda de área em função da densidade actual de estradas

Parcela	CAE (km)	DAE m/ha	EE (km)	PA (ha)	PA%
1	4,76	14,52	2,79	0,96	0,29
2	3,34	12,15	1,69	0,02	0,01
3	3,67	18,71	2,49	0,08	0,04
4	3,81	15,67	2,35	0,74	0,30
5	6,29	21,92	4,57	1,71	0,60
6	3,86	17,78	2,56	0,02	0,01
7	6,53	24,35	4,92	4,31	1,61
8	3,65	22,54	2,68	1,34	0,83
Bloco	35,90	18,17	24,05	9,18	3,68

A tabela mostra o comportamento da perda de área (PA) florestal decorrente da não planificação de estradas florestais, o comprimento actual de estradas (CAE) do bloco obtido pelo mapeamento esta em torno de 35,9 km de estradas sendo que o comprimento óptimo de estradas (COE) obtido por meio da multiplicação da densidade óptima de estradas pela área é de 11.89 km de estradas tendo gerado um excesso de estradas (EE) em torno de 24,05 km, tendo a estrada uma largura média de 3,44 m é possível estimar a perda de área (PA) transformada em estradas que é de 9,18 ha o que corresponde a cerca de (PA%) 3,68% da área total ocupada pelo bloco.

Como o observado por Zagonel (2005), que uma planificação otimizada da rede de estradas seja uma alternativa estratégica e importante para a redução dos custos de produção de matéria-prima e investimento em construção e manutenção de estradas e perda de área de produção.

O estudo mostrou que caso a empresa realizasse a planificação da rede de estradas tendo como base a densidade óptima de estradas teria conservado a sua área em cerca 3,68% da área total.

4.6.2. Variação dos custos de construção e manutenção de estradas em função da densidade de estradas

A figura 15 mostra o comportamento dos custos (de construção e manutenção) de estradas em função das densidades de estradas obtidas dentro do bloco assim como do bloco.

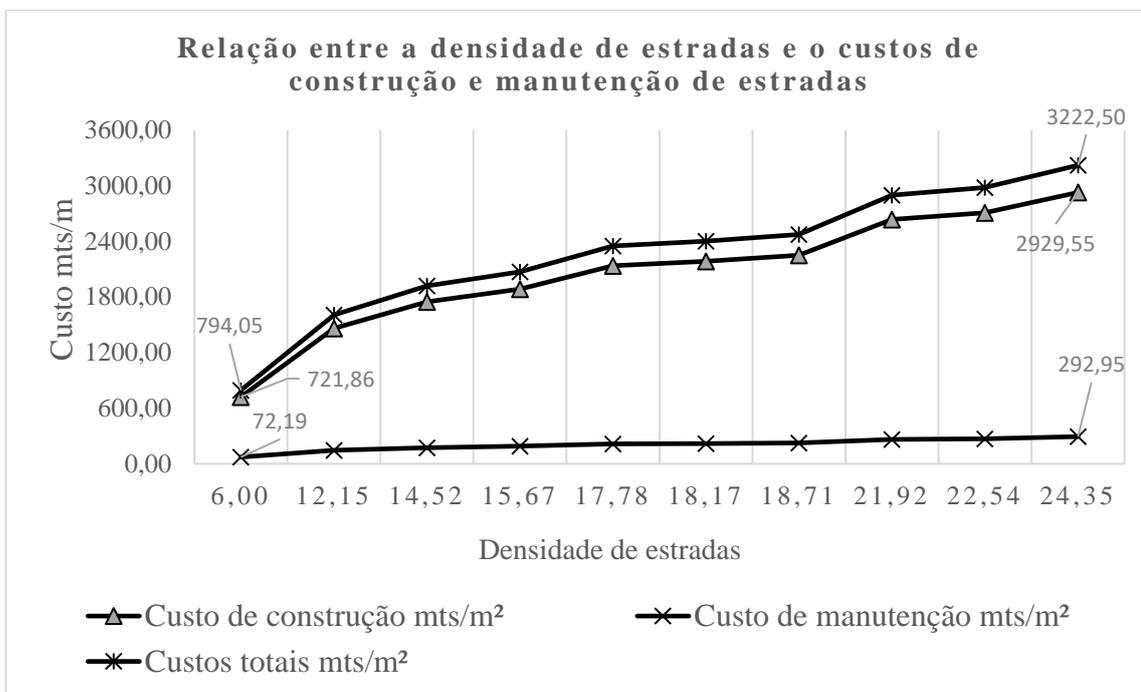


Figura 15: Comportamento dos custos em função da densidade de estradas

Verificou-se que existe uma relação entre os custos e a densidade de estradas, sendo que, a medida que a densidade de estradas aumenta os custos de custos totais aumentam. Caso a concessão opta-se pela planificação da construção de estradas conforme as condições do terreno, madeira a explorar teria reduzido os custos incorridos mediante a não planificação.

De acordo com Neto (1995), a otimização da densidade de estradas possibilita uma diminuição na quantidade de estradas, o que representa grandes benefícios econômicos para as empresas, contribuindo para a redução dos impactos ambientais nos plantios florestais.

Conforme descrito anteriormente por Neto (1995), caso a empresa tomasse como base a densidade óptima de estradas teria economizado cerca de 2428,45 mts/m² pois com base na densidade óptima determinada (6m/ha) a empresa teria um custo total de 794,05 mts/m³/m/ha dos quais (721,86mts/ha corresponde aos custo de construção de estrada construída, 72,19mts/ha para a manutenção “corresponde a 10% do custo de construção” contra os actuais 3222,50 mts/m³/m/ha dos quais 2929,55 mts/ha correspondem ao custo de estradas construída, 292,96 mts/m representa o custo de manutenção de estradas.

4.6.3. Variação do custo de extracção de madeira função da densidade

A figura 16 mostra o comportamento do custo de extracção de madeira em função da densidade de estradas obtida em cada parcela assim como dento do bloco.

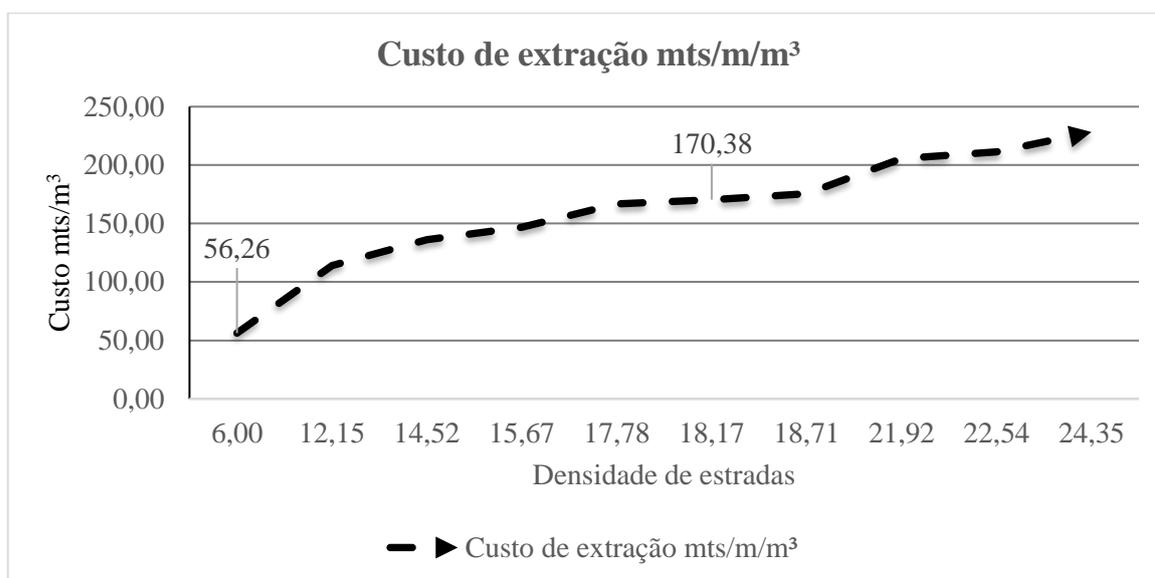


Figura 16: Variação do custo de extração em função da densidade de estradas

Observou-se que existe uma relação entre a densidade de estradas e o custo de extração, sendo que, a medida que a variável densidade aumenta, aumenta também o custo necessário para extrair um certo volume de madeira.

Braz *et al* (2018) em seu estudo verificou o mesmo comportamento no que concerne ao custo de extração sendo que a medida que aumentava a separação entre as estradas secundarias e a densidade de estradas também aumentava o custo de arraste.

Sendo assim caso se usasse como base a densidade óptima de estradas a concessão teria um custo (56,26 mts/m³), este custo é 3 vezes menor (200%) menor que o custo actual de extração que a empresa encore mediante a densidade actual de estradas do bloco.

5. CONCLUSÃO

A densidade actual para a cada parcela de exploração assim como a densidade actual de estradas do bloco 1 que é de 18,17 m/ha.

Com base no estudo de tempo necessário para o tractor percorrer uma distância com e sem carga foi possível observar que o tractor leva cerca de 0,0075 minutos para percorrer um metro de distância com ou sem carga, sendo que em média leva em média 0,0064 minutos para percorrer 1 metro de distância sem carga e 0,008 minutos para percorrer a mesma distância com carga, em média a velocidade de extracção sem carga é de 9 km/h e com carga é de 7,4 km/h.

A densidade óptima de estradas para o bloco em estudo é de 6m/ha numa separação óptima de estradas (SOE) de 849 metros uma da outra, tendo uma distância média de extracção (DME) de 424,5 m.

Em relação a perda de área em função da densidade de estradas, foi possível observar que a cada 1 metro de estrada aberta se perde cerca de 3,44 m² de área florestal, sendo assim com base na densidade actual de estradas perdeu-se cerca de 3,68% da área florestal do bloco em estudo o que corresponde a 9,18 ha.

A densidade de estradas influencia nos custos, pois a medida em que aumenta a densidade os custos também amentam, sendo assim, com a densidade óptima de estradas a empresa teria um custo total (custo de construção e manutenção de estradas) 794,05 mts/m² contra os actuais 2404,64 mts/m². Em relação ao custo de extracção em função da densidade óptima de estradas teria 56,26mts/m/m³ de madeira extraída em relação aos actuais 170,38mts/m/m³ de madeira extraída. desta feita a empresa teria economizado cerca de 69,98% do total do valor actual.

Em geral as estradas do bloco avaliado (bloco 1) não estão optimizadas, este apresenta uma densidade actual (18,17 m/ha) acima do óptimo (6 m/ha), sendo assim mostra a necessidade de optimização com vista a reduzir os danos desnecessários causados a floresta e os custos totais.

6. RECOMENDAÇÕES

6.1. Planificação da rede de estradas e pátios de empilhamento de madeira

Recomenda-se que a abertura de estrada seja realizada com base na densidade óptima de estradas de forma a evitar a abertura desnecessária de estradas e reduzir os impactos negativos a floresta, também recomenda-se que se faça a alocação óptima dos pátios de empilhamento conforme a densidade óptima e área do pátio conforme a madeira a ser estocada no pátio.

6.2. Construção de estradas

Recomenda-se que durante a abertura das estradas se leve em consideração aos perfis de estrada em particular ao perfil transversal tomando-se em conta os parâmetros básicos que a estrada deve apresentar para que esta tenha menor influência ao ambiente a sua volta.

6.3. Mapas de exploração (abate e arraste)

Recomenda-se a produção de mapas de abate e arraste conforme a localização dos pátios e o volume a ser explorado na área, os mapas devem apresentar a localização as árvores e as possíveis rotas de extracção de madeira conforme a condição do terreno de maneiras a evitar a perturbação de zonas sensíveis.

6.4. Exploração das zonas baixas

Recomenda-se que se realize a exploração a uma distância mínima de 150 metros da margem dos rios e lagos temporários conforme estabelecido pelo plano de manejo da concessão de formas a reduzir os impactos ambientais sendo estas áreas sensíveis aos impactos da exploração.

6.5. Realização de trabalhos similares

Recomenda-se a realização de trabalhos similares considerando outros tipos de espécies nativa a serem exploradas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdi, E. et al., 2009. A GIS-MCE based model for forest road planning. *Journal Of Forest Science*, 4(55), p. 171–176.
- ACADEMY, A., 2016. *Operação e manutenção de tratores*, Brasil: Massey Ferguson.
- Amaral, P., Veríssimo, A., Barreto, P. & Vidal, E., 1998. *Floresta Para Sempre Um Manual Para Produção De Madeira Na Amazônia*. Belém: Imazon.
- Anaya, H. & Crsthiansen, P., 1986. *Aprovechamiento Forestal: análisis de apeo y transporte*, San José: IICA.
- Anaya, H. & Quevedo, T., 1975. *Metodologia Para Determinar Costos Y rendimientos em operaciones de apeo y transporte florestal. El transporte de La madera em países de América Latina.*, Roma: FAO.
- Aquino, A., Lim, C., Taquidir, M. & Wilson, S., 2016. *Manejo De Florestas Nativas Promovendo O Uso Sustentavel Em Moçambique*, s.l.: UNIQUE.
- Barnes, R. M., 1997. *Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho*, São Paulo: E. Blüncher.
- Bila, A., 2005. *Estratégia para a Fiscalização Participativa de Florestas e Fauna Bravia em Moçambique*, Maputo: DNFFB/FAO.
- Bohrer, C. B. A. et al., 2001. *Desenvolvimento de um sistema de informações espaciais ambientais e sócio-econômicas para Amazônia Legal*. São Paulo, Anais.
- Braz, E. & d'Oliveira, M. V. N., 2001. *Planejamento da extração madeireira dentro de critérios econômicos e ambientais*, Rio Branco: Embrapa Acre.
- Braz, E. M., 1997. *Otimização Da Rede De Estradas Secundárias Em Projetos De Manejo Sustentável De Floresta Tropical*. Rio Branco: Embrapa-CPAF/AC.
- Braz, E. M., 2005. *Planejamento da Exploração em Florestas Naturais*, Colombo, PR: Embrapa Florestas.
- Braz, E. M. et al., 2018. *Densidade ótima de estradas para a exploração em Plano de Manejo Florestal*, Ribeirão Preto, SP, Brasil: Embrapa-CPAF/AC.
- Burrough, P. A., 1996. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Uk, Clarendom Press.
- Câmara, G., Monteiro, A. M. V. & Medeiros, J. S., 2004. *Introdução à ciência da geoinformação*. São José dos Campos, INPE, p. 345.
- Campos, R. F. D., 2014. *Avaliação Da Densidade De Estradas Em Propriedades Rurais No Sul Do Es*, JERÔNIMO MONTEIRO: UFES.
- Campos, R. F. d. et al., 2017. Densidade de Estradas Florestais em Propriedades Rurais. *Agropecuária Científica no Semiárido*, 1(1), p. 8.
- Carmo, F. C. d. A. d. et al., 2013. Análise Da Densidade Ótima De Estradas Florestais Em Propriedades Rurais. *CERNE*, p. 11.

- Carvalho, E. A. d. & Araújo, P. C. d., 2009. *Sistema de Posicionamento Global de posicionamento global GPS*. Rio Grande do Norte: UFRN.
- Cordeiro, L., 2000. *Sistema de prevenção e controle de incêndios florestais na Klabin Paraná*. Belo Horizonte: Anais.
- Corrêa, C. M. C., 2005. *Perda de solo e a qualidade da água procedente de estrada de uso florestal no planalto catarinense.*, Curitiba-PR: UFP.
- Corrêa, C. M. C., Malinovski, J. R. & Roloff, G., 2006. *Bases para o planejamento de rede viária em reflorestamento no Sul do Brasil*. Curitiba: UFP.
- Falcão, M., 2015. *Plano de manejo revisto da Levasflor 2016-2021*, Maputo: Miombo Consultores, Lda.
- FAO, 1974. *Logging and log transport in tropical high Forest: a manual on*, Rome: s.n.
- FAO, F. A. A. O., 1989. *Watershed management field manual: road design and construction in sensitive watersheds*, Rome: FAO.
- Fath, H., Viegas, F. & Nhamucho, L., 2000. *Manual De Caminhos Florestais*. Maputo: FAEF-CIM.
- Ferreira, W. D. & Cardoso, N. C. L. M. R. D., 2007. *Google Earth*. Goiás: Departamento de Segurança e Administração de Dados.
- Filho, P. P. C. & Costa, H. B. d., 1980. *Construção De Estradas Florestais E Transporte Florestal Rodoviário Na Região Amazonica*. Pará: EMBRAPA/CPATU.
- Guimaraes, H. S., 2004. *A logística como fator decisivo das operações de colheita e transporte florestal*, Curitiba: UFPR.
- Hayati, E., Majnounian, B. & Abdi, E., 2012. *Qualitative evaluation and optimization of forest road network to minimize total costs and environmental impacts*, Iran: iForest – Biogeosciences and Forestry.
- INPACEL, 2001. *Encontro do “Grupo de Discussão Sobre Rede Viária” Visita a International Paper do Brasil*, Brasil: s.n.
- Leftwich, R. H., 1983. *O sistema de preços e a alocação de recursos.*, São Paulo: s.n.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., D.J.Maguire & Rhind, D., 2005. *Geographic Information Systems and Science*. Second Edition ed. New York:: John Wiley & Sons.
- Lopes, E. d. S., Machado, C. C. & Souza, A. P. d., 2001. *Classificação E Custos De Estradas Em Florestas Plantadas*. v.26(n.3).
- Lopes, E. S., Machado, C. C. & Souza, A. P., 2002. *Classificação e custos de estradas florestais em florestas plantadas na região sudoeste do Brasil*. *Revista Árvore*, V. 26(Ed. 3).
- Machado, C. C., 1989. *Sistema brasileiro de classificação de estradas florestais (SIBRACEF): desenvolvimento e relação com meio de transporte florestal rodoviário.*, Curitiba: UFP.
- Machado, C. C., 2002. *Colheita florestal*. Viçosa: UFV.

- Machado, C. C., 2013. *Construção e Conservação de Estradas Rurais e Florestais*. Viçosa: UFV.
- MAE, M. d. A. E., 2014. *Perfil Do Distrito De Cheringoma Província De Sofala*, Maputo: Ministério Da Administração Estatal.
- Magalhães, T. M., 2014. *Análise do Sistema de Exploração dos Recursos Florestais em Moçambique*. Maputo: Justiça Ambiental.
- Magalhães, T. M., Aristides Muhate, R. T., Cuambe, J. & Sailors, X. S., 2018. *Inventário Florestal Nacional*, Maputo: CEAGRE.
- Malinovski, J. R., 2004. *Código de prática para estradas florestais*, Curitiba: s.n.
- Malinovski, J. R., 2014. *Colheita florestal*, Viçosa: UFV.
- Malinovski, J. R., Carvalho, L. C. & Carvalho, M., 2004. *Planejamento de rede viária.*, s.l.: Klabin.
- Malinovski, J. R., W, C & Perdoncini, 1990. Estradas Florestais. *GTZ*, p. Irati.
- Marcelino, F. A., 2007. *Avaliação Dos Sistemas De Redes Viárias Florestais Em Função Dos Custos E Do Risco De Erosão*, Botucato-SP: UEP.
- Martins, E., 1995. *Contabilidade de custos.* São Paulo, Atlas, p. 312.
- Marzoli, A., 2007. *Inventário Florestal Nacional*, Maputo: DNTF.
- Moraes-Júnior, E. H. D., 2016. *Análise da malha viária de um povoamento de tectona grandis l.f. em mato grosso*, Cuiabá – MT: UFNG.
- Neto, S. D. P., 1995. *Análise Econômica da densidade de estradas nas áreas de produção de Eucalyptus.*, Curitiba: Universidade Federal do Paraná.
- Neves, E. M., Cidade, P. F. A. & Esperancini, M. S. T., 1996. *Orçamentos de custos de 6 culturas no estado de São Paulo*, São Paulo: FEALQ/SRB.
- Nhamirre, J. V., 2006. *Determinação do valor financeiro dos recursos florestais madeiros da concessão da Levasflor*, Maputo: UEM.
- Oliveira, R. J. d. et al., 2013. Análise de Processo Hierárquico para Gerir as Estradas Florestais. *Floresta e Ambiente*, p. 8.
- Pereira, D. P. et al., 2010. *Análise da densidade ótima de estradas em povoamento florestal no sul do estado do Espírito Santo*, Espírito Santo: UFES.
- Pokorny, B., Palheta, C. & Steinbrenner, M., 2011. *Custos de Operações Florestais: Noções e Conceitos*. 1a edição ed. Belém, PA: Embrapa.
- Robert, P. & Robinson, R., 1983. *Need to set priorities for road maintenance in developing countries*. Washington: Transportation Research Record.
- Ryan, T., Phillips, H., Ramsay, J. & Dempsey, J., 2004. *Forest Road Manual (Guidelines for the design, construction and management of forest roads)*. Dublin: COFORD .

- Santos, A. R., Pastore, E. L., Junior, F. A. & Cunha, M. A., 1985. *Estradas vicinais de terra: manual técnico para conservação e recuperação*. São Paulo: IPT.
- Santos, P. H. A., 2013. Produtividade e custos de extração de madeira de eucalipto com clambunk skidder. *Revista Árvore*, pp. 511-518.
- Schack-Kirchner, H., Fenner, P. T., Hildebrand, E. & Antonangelo, A., 2006. *Índices topográficos do potencial de erosão em estradas florestais*. Botucatu: FEPAF.
- Sedlak, O., 1974. *General principles for the planning of a forest road net work in Mountain forest roads and harvestin*, Roma: FAO.
- Sousa, A. & Fidalgo, J. N., 2013. *Sistema GPS*, Cidade do Porto: FEUP.
- Souza, C. M. G. D., 2011. *Densidade Ótima De Estradas Para Povoamentos De Teca (Tectona Grandis L.F.) No Estado De Mato Grosso*, Cuiabá-Mt: Universidade Federal De Mato Grosso.
- Souza, D. O., 2001. *Avaliação dos diferentes níveis de mecanização na atividade de colheita de madeira*, Curitiba: UFPR/PIBIC/CNPq.
- Souza, F. L., 2016. *Densidade de estradas em povoamento de pinus taeda l em regime de desbaste e corte raso*, Santa Catarina: UESC LAGES.
- Speidel, G., 1966. *Economia florestal*, Curitiba: UFPR.
- Zagonel, R., 2005. *Análise Da Densidade Ótima De Estradas De Uso Florestal Em Relevô Plano De Áreas Com Produção De Pinus Taeda.*, Curitiba: UFP.

I. ANEXOS

Anexo 1. Questionário dirigido aos responsáveis da concessão

a) Ao gestor da empresa

I. Quanto custa 1 Litro de combustível usado na concessão?

R. _____

II. Quanto custa os lubrificantes usados na concessão?

R. _____

III. Quanto custou a compra de 1 tractor?

R. _____

b) Ao chefe dos recursos humanos:

I. Qual é o salário de um tractorista e o um responsável de arraste?

R. _____

c) Consultas documentais com vista a obter

- ❖ O incremento medio das espécies exploradas.
- ❖ Custo de construção de estrada.
- ❖ Produção da floresta por unidade de área (m^3/ha).
- ❖ Incremento medio anual da floresta.

Anexo 2. Valores obtidos por meio das entrevistas e consultas documentais

A tabela 8 apresenta os dados obtido por meio das entrevistas dirigidas ao gestor da empresa e ao chefe dos recursos humanos assim como os dados obtidos nas consultas documentais da empresa.

Tabela 8: Dados referente a entrevista

Parâmetros	Valores
Custo de construção de estradas	120,31 mts/m
Salário do tractorista	5150,00 mts
Valor de aquisição do tractor	2500000,00 mts
Valor de aquisição do combustível (1 ltr)	64,60 mts
Valor de aquisição do lubrificante (Óleo do motor 1 ltr)	200,00 mts
Valor de aquisição do lubrificante (Óleo de diferencial 1 ltr)	250,00 mts
Produção média da floresta ²	16,158 m^3/ha
Incremento médio da floresta ³	1,188 $m^3/ha/ano$

² Obtido a partir do plano de manejo (Falcão, 2015)

³ O incremento médio foi usado o determinado por Marzoli (2007).

Anexo 3. Dados referentes a produção do bloco (m³/ha) das espécies exploradas no bloco.

Tabela 9: Produção do bloco

Inventario Pré-corte (censo)					
Espécies	Parâmetros				
	ni	ni/ha	Volume	V.médio	V.médio/ha
<i>Ambligonocarpus andogensis</i>	852	0,571	548,238	0,643	0,367
<i>Burkea africana</i>	1423	0,953	953,307	0,670	0,639
<i>Afzelia quanzensis</i>	33	0,022	30,521	0,925	0,020
<i>Breornadia microcephala</i>	56	0,038	113,901	2,034	0,076
<i>Cleistanthus schlechteris</i>	468	0,313	318,614	0,681	0,213
<i>Erithropholeum africanum</i>	197	0,132	127,661	0,648	0,086
<i>Julbernardia globiflora</i>	3945	2,642	2432,001	0,616	1,629
<i>Millettia stuhulmannii</i>	1041	0,697	626,860	0,602	0,420
<i>Pterocarpus angolensis</i>	1611	1,079	1143,025	0,710	0,766
<i>Brachystegia spiciformis</i>	20157	13,501	21910,233	1,087	14,675
<i>Spirostachys africana</i>	111	0,074	69,135	0,623	0,046
Total	29894	15,129	28273,496	0,946	14,308

Legenda: ni- número de arvores; Ni/ha- número de arvores por hectare; V. médio-Volume médio (individual); V. médio/ha-Volume médio por hectare (individual por hectare)

Anexo 4. Registo da largura das estradas e das coordenadas dos pontos de medição

A tabela 10 apresenta o registo da largura de estradas e as respectivas coordenadas dos pontos de medição.

Tabela 10: Ficha de registo de medição da largura de estradas

Estradas			
Coordenadas		Pontos	Largura
X	Y		
696789	7931111	1	3,0
696652	7931019	2	3,2
696512	7930942	3	3,0
696487	7930898	4	4,0
696526	7930714	5	3,7
696545	7930595	6	3,4
696523	7930494	7	3,3
696448	7930405	8	3,8
696367	7930348	9	3,7
696263	7930292	10	3,8
696185	7930232	11	3,5
696039	7930224	12	3,4
695883	7930228	13	3,3
695757	7930222	14	3,3

Anexo 5. Dados referente com a largura da estrada, obtido durante o processo de medição da largura das entradas do bloco 1.

Tabela 11: Largura da estrada

Parâmetros	Valores (m)	
Largura da estrada	Máxima	4,000
	Mínima	3,000
Média	3,444	
Variância	0,091	
Desvio padrão	0,302	
Coeficiente de variação %	8,772	
Erro Máximo %	5,000	
t-student	1,771	
Número de amostras necessárias para limite de erro de 5%.		3,204
Número de amostras colectadas		14,000

Anexo 6: Tempo necessário para o tractor percorrer 1m de distância sem carga

Na tabela 12 estão apresentados os dados referentes ao tempo médio necessário para o tractor se deslocar 1 metro de distância sem carga assim como o tamanho ideal da amostra para a colecta de dados.

Tabela 12: Tempo necessário para o tractor percorrer 1m de distância sem carga

Parâmetros	Variáveis			
	Distância de extracção (m)	Tempo de extracção (min)	Velocidade (m/min)	Tempo (min/m)
Máximo	681,000	4,380	215,909	0,008
Mínimo	40,000	0,240	118,750	0,005
Média	259,000	1,680	161,673	0,006
Variância	45245,333	1,694	1048,957	0,0000015
Desvio Padrão	212,710	1,301	32,388	0,0012
Coeficiente de variação	5,318	5,422	0,273	0,263
Coeficiente de variação (%)	531,774	542,241	27,274	26,331
	Erro admissível (%)			5,000

Valor de t-student	1,711
Número de amostras necessárias para limite de erro de 5%.	27,850
Número de amostras coletadas	25

Anexo 7: Tempo necessário para o trator percorrer 1m de distância com carga

Na tabela 13 estão apresentados os dados referentes ao tempo médio necessário para o trator se deslocar 1 metro de distância com carga assim como o tamanho ideal da amostra para a colecta de dados.

Tabela 13: Tempo necessário para o trator percorrer 1m de distância com carga

Parâmetros	Variáveis			
	Distância de extracção (m)	Tempo Total (min)	Velocidade (m/min)	Tempo min/m
Máximo	1300	10,200	214,035	0,014
Mínimo	37	0,280	69,856	0,005
Média	403,756	3,342	123,879	0,008
Variância	72865,779	4,653	876,896	0,000004
Desvio Padrão	269,937	2,157	29,612	0,002
Coefficiente de variação	0,669	0,645	0,239	0,235
Coefficiente de variação (%)	66,856	64,544	23,904	23,499
	Erro Admissível %			5,000
	Valor de t-student			1,721
	Número de amostras necessárias para limite de erro de 5%.			22,207
	Número de amostras coletadas			22

Anexo 8: Custo operacional da actividade de extracção

A tabela 14 apresenta os custos decorrentes do processo extracção florestais, os quais foram determinados a partir dos custos obtidos na empresa.

Tabela 14: Custo Operacional de extracção (X)

Tipo de Custo	Tractor (Anos)	Tractor (Horas)	Tractor (Minutos)
Tempo de depreciação	20	175200	10512000
Horas de trabalho/ano	1	2200	132000
Valor de aquisição (Mts)	2500000		

Valor de revenda (Mts)	250000		
Custos Fixos (CF) (Mts)			
Depreciação	112500	12,842	0,214
Juros (10%)	250000	1,427	0,024
Seguros (3%)	75000	0,428	0,007
Mão de Obra anual	64272	29,215	0,057
Total Custos Fixos (CF) (Mts)			0,302
Custos Variáveis (CV) (Mts)			
Reparos e manutenção	45033,75	20,470	0,341
Lubrificantes	77000	35,000	0,583
Combustível	852720	387,600	6,460
Total Custos Variáveis (CV) (Mts)			7,384
Outros custos			
Custo de Administração (CA)			0,769
Custo de Risco (CR) (Mts)			0,922
Total de outros custos			1,691
Custo Total (x)			9,377