

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

RAFAEL FERRAÇO DE CAMPOS

AVALIAÇÃO DA DENSIDADE DE ESTRADAS EM PROPRIEDADES
RURAS NO SUL DO ES

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
DEZEMBRO 2014

RAFAEL FERRAÇO DE CAMPOS

AVALIAÇÃO DA DENSIDADE DE ESTRADAS EM PROPRIEDADES
RURAIS NO SUL DO ES

Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
DEZEMBRO 2014

RAFAEL FERRAÇO DE CAMPOS

AVALIAÇÃO DA DENSIDADE DE ESTRADAS EM
PROPRIEDADES RURAIS NO SUL DO ES

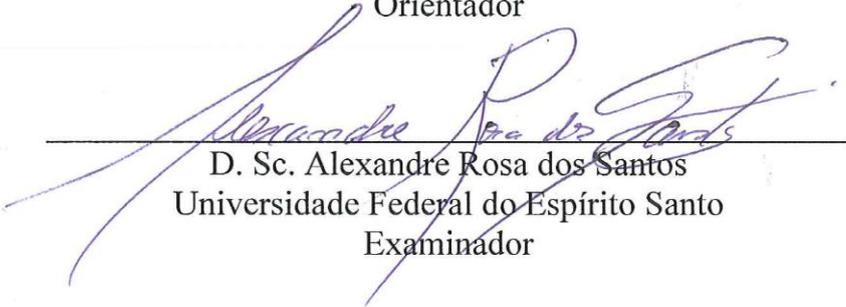
Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira,
da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção
do título de Engenheiro Florestal.

Aprovada em 10 de DEZEMBRO de 2014.

COMISSÃO EXAMINADORA

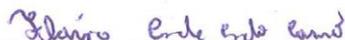


D. Sc. Nilton Cesar Fiedler
Universidade Federal Do Espírito Santo
Orientador



D. Sc. Alexandre Rosa dos Santos

Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador



Doutorando Flávio Cipriano de Assis do Carmo
Universidade Federal Do Espírito Santo
Examinador



Doutorando Saulo Boldrini Gonçalves
Universidade Federal Do Espírito Santo
Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente a UFES pela oportunidade, à minha família e a família Cassa pelo apoio nesta empreitada.

A minha irmã, Letícia, por sempre me apoiar nos momentos difíceis, pela ajuda, atenção e carinho. Obrigado por ser minha irmã chata.

Ao meu irmão Afonso Cassa Reis por sempre me apoiar nos momentos difíceis, pela ajuda, atenção. Obrigado por ser meu irmão chato.

Ao meu orientador Prof. Nilton César Fiedler pelos ensinamentos transmitidos e sua serenidade.

Sou muito grato aos professores Alexandre Rosa dos Santos, Elizabeth Neire de Paulla, Miele Tallon Matheus pelo empenho, orientações e auxílio para formar o profissional que me tornei.

Aos professores da UFES, especialmente os do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira por compartilhar conhecimento e bons momentos.

E sem dúvida devo agradecer as diversas pessoas que contribuíram significativamente com minha formação, com o trabalho realizado e apoio nestes anos.

Amilton José Pereira, Antônio Pereira Drumond Neto, Christine Assumpção, Flavio Cipriano Carmo, Giulliano Failla, Isabella Vilhena Freire Martins, Laís Cazadine Bebbber, Raquel Fernandes Zorzanelli, Raphael Lima Dalfi...

In memoriam Prof. Miele Tallon Matheus

RESUMO

A maior parte das estradas florestais está desprovida de estudos de gestão e planejamento. A densidade ótima de estradas (DOE) é um fator determinante na composição dos custos do empreendimento florestal, pois, quanto maior a densidade de estradas, maiores serão os custos de construção e manutenção, tendo como consequência a redução da área produtiva. Objetivou-se com este trabalho à racionalização do binômio estradas e extração florestal para diferentes propriedades rurais por meio da determinação da densidade ótima de estradas (DOE) preconizado pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) e realizar estudo de caso comparando a ampliação da malha viária em uma propriedade. De acordo com os resultados obtidos, as áreas florestais pesquisadas possuem densidades de estradas muito acima do ótimo recomendado, observou-se que a maior DOE quantificada foi de 85,65 m.ha⁻¹ na propriedade 4 e o maior custo do excesso de estrada (CEE) foi na propriedade 2 com um custo de 559,34 R\$.ha⁻¹. Verifica-se no estudo de caso um aumento de 221,99 R\$.ha⁻¹ no CEE em 2014.

Palavras-chave: Custos de estradas, Colheita Florestal, Técnicas e Operações Florestais

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivo.....	2
1.2 Objetivos específicos:.....	2
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 Rede viária florestal	3
2.2 Classificação da rede viária	3
2.3 Planejamento da rede viária	4
2.4 Problemas nas estradas florestais.....	6
2.5 Manutenção e dispositivos de drenagem das estradas florestais.....	8
2.6 Custos de estradas.....	9
2.7 Densidade de estradas.....	10
3 METODOLOGIA	11
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
4.1 Mapeamento das estradas florestais	15
4.2 Determinação da DOE.....	16
4.3 Estudo de caso, ampliação da malha viária.....	18
5 CONCLUSÕES.....	21
6 REFERÊNCIAS.....	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantificação de área plantada e das estradas florestais.....	15
Tabela 2 – Análise das densidades de estradas e dos custos decorrentes	16
Tabela 3 – Análise dos custos da ampliação da quantidade de estradas.	19

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma das fases do planejamento da rede viária	5
Figura 2 - Problemas nas estradas florestais	7
Figura 3 - Localização das propriedades rurais em São José do Calçado – ES.....	11
Figura 4 - Mapeamento das estradas florestais das propriedades 1 e 2.....	15
Figura 5 - Mapeamento das estradas florestais das propriedades 3 e 4.....	16
Figura 6 - Análise comparativa da densidade de estradas (DE) e densidade ótima (DOE) das propriedades	17
Figura 7 - Estudo de caso da ampliação da malha viária da propriedade 4.....	18
Figura 8 - Análise comparativa da densidade de estradas e do custo de excesso de estradas nos anos de 2013 e 2014	19

1 INTRODUÇÃO

As estradas florestais são indispensáveis para o planejamento e implantação de um empreendimento florestal, pois são necessárias para qualquer atividade no talhão sendo utilizadas desde a abertura da área para o preparo do solo até o transporte dos produtos florestais, assim como nas diversas outras operações no povoamento. As estradas tem como finalidade facilitar a realização do manejo florestal e o deslocamento de máquinas, materiais e pessoas (MACHADO 2013; CORRÊA, 2005).

Segundo Machado (2013) estrada florestal é o meio de ligação entre as áreas rurais e urbanas, comumente denominadas estradas de terra. Barbosa (2004) afirma que as estradas de uso florestal no Brasil são a base da atividade madeireira, permitindo o tráfego de mão de obra e dos meios de produção necessários para as diversas atividades florestais.

A maior parte das estradas florestais está desprovida de estudos sobre manutenção e recuperação, ou seja, de gestão e planejamento, na qual se deve em grande parte à falta de recursos financeiros destinados a malha rodoviária e à falta de mão de obra especializada. Muitos dos traçados dessas estradas não obedecem a nenhuma norma para projeto geométrico ou logística, apenas acompanha a topografia natural do terreno principalmente no sentido longitudinal (VIVIANE, 1998).

Conforme Carmo *et al* (2013), as áreas florestais, em sua grande maioria, possuem densidades de estradas muito acima do ótimo recomendado, mostrando a falta de conhecimentos e critérios no planejamento e aproveitamento dos plantios. A má localização, juntamente com uma manutenção inadequada da rede viária, podem gerar grandes impactos ambientais (GONÇALVES, 2002).

Dada à magnitude do binômio estrada florestal e transporte, fica clara a importância da utilização da densidade ótima de estradas a fim de reduzir os custos totais, garantindo a conservação dos recursos existentes, contribuindo com o meio ambiente e a sociedade.

Diante do exposto, a busca por técnicas que respondam de maneira eficaz aos defeitos nas estradas florestais e que visam melhorar a trafegabilidade da malha viária é crescente, com foco na redução dos custos as pesquisas neste âmbito se intensificam, buscando encontrar soluções para o setor florestal (OLIVEIRA *et al.*,2013).

1.1 Objetivo

Objetivou-se à racionalização do binômio estradas e extração florestal para diferentes propriedades rurais por meio da determinação da densidade ótima de estradas (DOE) preconizado pela Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) e realizar estudo de caso comparando a ampliação da malha viária em uma propriedade durante a colheita florestal

1.2 Objetivos específicos:

- I. Realizar o mapeamento das propriedades para quantificação da densidade de estradas e área de plantio florestal
- II. Determinar a DOE, distância média de extração (DME) e custo de excesso de estradas (CEE) para as propriedades rurais
- III. Realizar estudo de caso comparando a ampliação da densidade de estradas e seus custos

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Rede viária florestal

A rede viária é um importante componente do setor florestal, constituída por vias interligadas que possibilitam o acesso às áreas florestais viabilizando o tráfego de mão-de-obra e os meios de produção necessários para implantação, manutenção, proteção da floresta, e principalmente possibilitar a colheita e o transporte dos produtos florestais (MACHADO, 1989).

Sendo imprescindível na implantação de um empreendimento florestal a rede viária é utilizada desde a abertura da área para o preparo do solo, servindo de acesso para diversas outras operações no povoamento. Assumindo papel de destaque na colheita e no transporte de madeira, chega a representar até 60% do custo de madeira (CORRÊA, 2005).

As estradas florestais têm como principais características o baixo volume de tráfego, às vezes temporário, e o tráfego pesado e extrapesado, ocorrendo normalmente em um único sentido (LOPES; MACHADO; SOUZA, 2002). Silva *et al.* (2002), afirmam que a rede viária florestal são indispensáveis nas empresas pois além de serem imprescindíveis na colheita da madeira, servem como divisão de áreas, facilitando o planejamento e o manejo florestal.

2.2 Classificação da rede viária

Machado (1989) desenvolveu o SIBRACEF (Sistema Brasileiro de Classificação de Estradas Florestais), onde foram propostas treze classes essenciais de tipos de estradas de uso florestal, considerando aspectos de segurança, economia, garantia de tráfego e durabilidade, tanto das estradas como dos veículos de transporte. O SIBRACEF consiste em estabelecer o padrão ideal de estrada para um determinado meio de transporte rodoviário florestal. Entretanto, esta técnica ainda requer estudos com o intuito de obter a simplificação e agilização do uso, visando sua aplicação prática.

Segundo Malinovski e Perdoncini (1990), no Brasil não ocorre uma padronização regular na classificação das estradas florestais. No entanto, os autores classificam as estradas em 4 categorias:

- I. Estradas primárias: são conhecidas como estradas de ligações entre o centro consumidor e a área de produção. Devem possuir melhor qualidade que as outras da região, possibilitando assim o tráfego pesado durante o ano todo.
- II. Estradas secundárias: são aquelas de menor qualidade, normalmente implantadas nas áreas de produção e devem dar condição de tráfego para as áreas de produção específicas, até se chegar às estradas primárias. Muitas vezes, não possibilitam o tráfego pesado normal em todo o ano.
- III. Estradas terciárias: não possuem revestimento algum e podem ser encontradas somente nas áreas de produção. Por serem de menor qualidade, normalmente são estradas de uso sazonal e muitas vezes se confundem com caminhos de máquinas. A diferença básica é que neste tipo de estradas existe movimentação de terra, enquanto que nos caminhos de máquinas não há.
- IV. Caminhos de máquinas: são aqueles caminhos nos quais somente existe trânsito de máquinas florestais. São abertos dentro da floresta, muitas vezes somente se rebaixando os tocos. Normalmente, caminho de máquinas é sinônimo de trilhas de extração ou ramal.

2.3 Planejamento da rede viária

De acordo com Dykstra e Heinrich (1996) estradas florestais devidamente projetadas, construídas de acordo com as práticas de engenharia, devem:

- Fornecer acesso à baixo custo a floresta para o transporte de produtos e atender às necessidades do manejo florestal beneficiando comunidades locais ao mesmo tempo.

- Minimizar a erosão do solo associada as estradas, reduzindo assim a sedimentação nos cursos d'água.
- Utilizar a drenagem natural como base para o modelo da rede.
- Evitar áreas de significado cultural para o traçado da estrada.
- Minimizar as construções de estradas e pátios de estocagem.
- Garantir a segurança dos trabalhadores e do público em geral que poderá utilizar as estradas ou ser afetado pelo tráfego.

Corrêa (2005) propõe que o planejamento da rede viária contemple as seguintes fases, conforme a Figura 5:

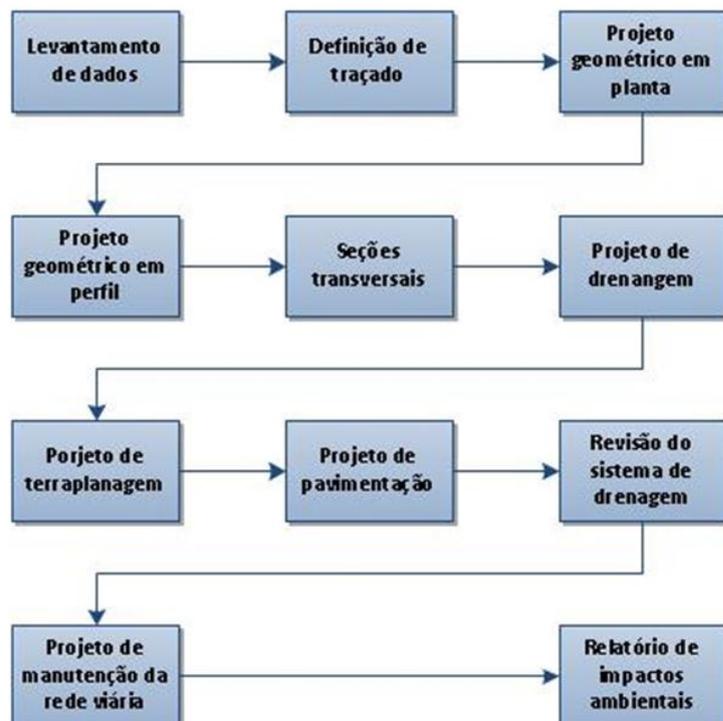


Figura 1 – Fluxograma das fases do planejamento da rede viária

Fonte: adaptado de Corrêa, 2005.

Quanto à definição de manutenção de rede viária, Nunes (2003) define como um conjunto de atividades que deverão ser executadas para minimizar os defeitos e consequentemente redução dos custos operacionais dos veículos, prolongar a vida útil das estradas e proporcionar aos usuários um meio seguro, confortável e econômico de acesso às áreas rurais. O autor classifica a manutenção de acordo com o tipo de serviços:

- Rotineiros (operações contínuas e sistemáticas);
- Especiais (operações para melhorar a qualidade da estrada);
- Emergenciais (operações para dar novamente condições de uso a trechos interrompidos).

Conforme Malinovski e Perdoncini (1990), citados por Pereira Neto (1995) a construção exagerada das estradas florestais significa perda de áreas de efetivo plantio. Portanto, o planejamento da rede viária deve compatibilizar a densidade de estradas, ou seja, a área não produtiva com a viabilidade econômica dos futuros povoamentos.

2.4 Problemas nas estradas florestais

Corrêa e Malinovski (2006) afirmam que a erosão do solo é o problema central no diagnóstico ambiental em estradas florestais, tendo como consequência assoreamento e poluição de mananciais. Entre as suas principais causas estão a ineficiência do sistema de drenagem, associados aos baixos índices de infiltração de água e a baixa permeabilidade do solo, com consequentemente aumento do escoamento superficial, propiciando o desenvolvimento de processos erosivos.

De acordo com Baesso (2003) os problemas nas estradas florestais geralmente estão associados ao tráfego, a superfície de rolagem, no sistema de drenagem, onde se verifica:

- Ondulações (costela de vaca)
- Seção transversal inadequada
- Drenagem ineficiente

- Buracos
- Excesso de poeira
- Erosões
- Acúmulo de sedimentos
- Atoleiros



Figura 2 - Problemas nas estradas florestais. A: Ondulações ou “costela de vaca”. Fonte: (MOREIRA, 2003). B: Seção transversal inadequada. Fonte: (BAESSO, 2003). C: Mau funcionamento do sistema de drenagem superficial. Fonte: (BAESSO, 2003). D: – Ocorrência de buracos. Fonte: (MOREIRA,2003).

Além de diminuir a área produtiva da propriedade, as estradas florestais podem causar danos à paisagem, e para minimizar os efeitos negativos oriundos da implantação de uma malha rodoviária florestal deve ser realizado um criterioso planejamento na construção de estradas florestais (MACHADO e MALINOVSKI, 1988).

Os problemas nas estradas tem diversas causas como no caso das ondulações que se constituem sulcos em intervalos no sentido perpendicular à direção do tráfego. Sua ocorrência se deve à falta de capacidade de suporte do subleito e ausência ou deficiência do sistema de drenagem. Problemas como buracos são decorrentes da plataforma mal drenada, provavelmente sem abaulamento transversal. Constituem pequenas depressões em forma de bacia na superfície da estrada, produzidas quando o tráfego desgasta pequena parte da superfície da estrada e têm o crescimento acelerado pela umidade interior do buraco. (NUNES,2003)

2.5 Manutenção e dispositivos de drenagem das estradas florestais

A implantação de programas de manutenção exige um planejamento que deve levar em consideração as necessidades reais, mas também aquelas previstas para o futuro imediato. Estes programas mostram-se estar diretamente relacionados com a qualidade das estradas e conseqüentemente, menor o custo de operação dos veículos e menor o custo total de transportes (NUNES,2003).

De acordo com os autores Vale *et al*, (2014) a água exerce sobre a superfície e o subleito das estradas ações e dependendo da amplitude dessas ações, a via pode até mesmo ser interrompida, causando sérios prejuízos. Portanto se uma estrada for deficiente no que diz respeito à drenagem, ela se tornará intransitável. Assim, é necessária a busca de melhores soluções para os problemas que a água venha a causar sendo o projeto de drenagem vital para a construção das estradas. Os dispositivos de drenagem superficial utilizados são:

- Bacias de acumulação
- Bueiros
- Caixas de acumulação

- Dissipadores de energia
- Sarjetas
- Valetas de condução de água
- Valetas de pé-de-aterro
- Valetas de proteção

2.6 Custos de estradas

Os custos de estradas estão relacionados principalmente com o tipo de solo, custos de maquinários, volume de material de revestimento e construções em geral. Assim, é necessário basear-se nas informações locais de custo para ter uma estimativa, uma vez que esses valores, nessa fase de planejamento da rede, deverão ser aproximados, mas não ainda perfeitamente exatos (BRAZ, 1997).

Conforme Costa e Costa (1980), o controle de custos nas operações de construções de estradas florestais é fundamental para que se consiga realizar as operações de forma econômica e serve como base para futuros planejamentos. Os principais elementos considerados para os cálculos são:

- Tempo efetivo trabalhado e a produção de cada máquina por atividade;
- Tempo perdido por diferentes razões.

Machado (2002) descreve que os custos de estradas são:

- Custo de construção (depreciação);
- Custo de manutenção;
- Preço do terreno;
- Redução da área de plantio (custo de oportunidade);
- Taxa de juros.

Zagonel (2005) afirma que o aumento da demanda de madeira requer uma crescente utilização de veículos de alta tonelagem pelas empresas florestais. Isto tem levado à exigência de que as estradas florestais sejam transitáveis durante todo ano e conseqüentemente tenham maior vida útil.

2.7 Densidade de estradas

Densidade de estradas é a relação entre o comprimento total de estradas a ser construída e a área total a ser abastecida, expressa em $m \cdot ha^{-1}$. Tem importância fundamental para caracterizar a intensidade da construção de estradas florestais. (MACHADO, 2013)

A densidade de estradas pode ser facilmente estimada pela medição de estradas sobre um mapa e a área de plantios florestais que elas atendem. A densidade, expressa em $m \cdot ha^{-1}$, pode variar de acordo com a intensidade da atividade florestal, com as condições do terreno e do sistema de colheita adotado. A densidade ótima de estradas tende a ser maior, na medida em que a declividade do terreno aumenta (PEREIRA *et al.*, 2010).

A determinação da densidade ótima de estradas (DOE) é uma técnica quantitativa que estabelece o volume de estradas para uma determinada área florestal, otimizando a relação Estrada/Colheita Florestal, em termos técnicos e econômicos (MACHADO, 1989).

Densidade de ótima estradas (DOE) é a relação entre o comprimento total de estradas a ser construída e a área total a ser abastecida pela rede, tendo importância fundamental para caracterizar a intensidade da construção de estradas, indicando a viabilidade da rede que está sendo planejada (BRAZ, 1997). A DOE é um fator determinante na composição dos custos de empreendimento florestal, pois, quanto maior a densidade de estradas, maiores serão os custos de construção e manutenção, tendo como consequência a redução da área produtiva (CORRÊA *et al.*, 2006).

Segundo Pereira 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.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no município de São José do Calçado, estado do Espírito Santo (Figura 6). Este município possui uma topografia que varia de fortemente ondulado a montanhoso, 76 % de suas áreas com declividade entre 30 a 100%. Os solos predominantes são classificados como Latossolo Vermelho Amarelo (PROATER 2011).

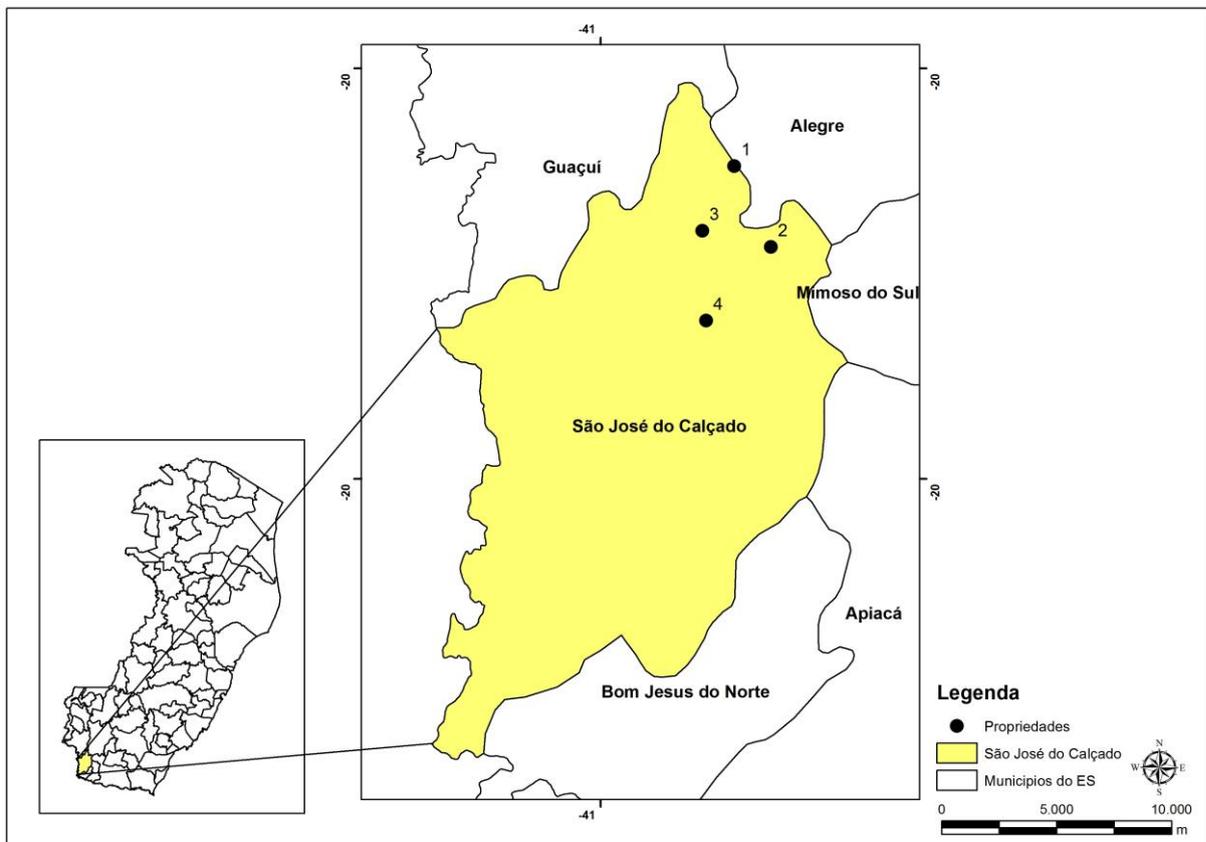


Figura 3 - Localização das propriedades rurais em São José do Calçado – ES

As quatro propriedades em estudo caracterizam-se com plantio de eucalipto, implantado em áreas declivosas, com inclinação aproximada de 35%. As espécies plantadas nas áreas foram o híbrido *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophilla*, em espaçamento 3 x 3 metros, produzidos por propagação vegetativa.

O sistema de colheita de madeira adotado nas propriedades é o de toras curtas (“*cut-to-length*”), onde a derrubada, desgalhamento, destopamento e traçamento da madeira em toras de 3 metros é feito com o uso de motosserras, enquanto a

extração foi realizada por tombamento manual até a margem das estradas florestais.

A área de estudo foi georreferenciada com um GPS portátil da marca GARMIN (Etrex H), onde os pontos foram coletados nas estradas entorno dos povoados florestais. A partir das coordenadas levantadas, obteve-se a imagem da área pelo satélite de uso do *Google Earth* (GOOGLE, 2014). Os dados foram processados por meio da geotecnologia utilizando o *software ESRI ArcGIS 10.2.2* com a finalidade de mapear e determinar a densidade de estradas florestais.

De posse da imagem georreferenciada, quantificou-se a partir da fotointerpretação em tela na escala 1:3000 a área de plantio e o comprimento da malha viária das propriedades. A partir destes dados se obteve as densidades das estradas existentes.

A DE foi calculada pela divisão do comprimento da estrada em metros pela área de plantio em ha, conforme metodologia proposta por Machado (2013).

A DOE foi determinada por equações em que a extração fora realizada de forma manual (FAO,1974).

$$DOE = 50 \sqrt{\frac{C.T.V.q}{R}} \quad \text{Equação 1}$$

Onde :

$$C = \frac{c.T.1000}{L} \quad \text{Equação 2}$$

Em que:

C = custo de extração em R\$ por m³.km⁻¹

c = custo da operação de extração manual em R\$.min⁻¹

t = tempo em minutos gasto pela extração, em viagem, com ou sem carga, na distância de 1 m

L = capacidade de carga média de extração manual, m³

T = fator de correção para os casos em que a extração não é feita em linha reta e perpendicular à estrada e não termina no ponto mais próximo ao de origem, variando

de 1 a 1,5.

V = fator de correção quando as estradas não são paralelas e são tortuosas com espaçamentos desiguais entre si e varia entre 1 e 2

q = volume de madeira a ser explorado, em m³.ha⁻¹; e

R = custo de construção da estrada em R\$.km⁻¹

No Sul do estado do Espírito Santo onde há predominância do relevo fortemente ondulado e montanhoso, referenciou-se os custos de R\$17,31 por m³.km⁻¹ para a extração manual de madeira (PEREIRA *et al*,2010) e o custo de 4.050,86 R\$.Km⁻¹ para a construção de estradas florestais (CARMO, 2013). Sendo a produtividade da floresta um volume projetado de 220 m³.ha⁻¹.

Malinovski e Perdoncini (1990) expressaram a relação entre a densidade de estradas e a distância média de extração (DME) como:

$$DME = \frac{2500 \times T \times V}{DOE} \quad \text{Equação 3}$$

Em que:

DOE = densidade ótima de estradas

T = fator de correção para a extração, para casos em que a extração não é feita em linha reta e perpendicular à estrada e não termina no ponto mais próximo da origem, variando de 1 a 1,5; e

V = fator de correção para rede de estradas, utilizado quando as estradas são tortuosas e não paralelas, com espaçamento diferente entre as mesmas, variando de 1 a 2.

O custo por perda de área produtiva (Cpap), foi obtido pelas equações 4 e 5 preconizado por Pereira (1995).

$$Cpap = \frac{Cap}{IMA} \times DOE \quad \text{Equação 4}$$

Em que:

Cpap = custo de perda de área produtiva (R\$.m⁻³);

Cap = custo anual de perda de área de produção (R\$.m⁻¹);

IMA = incremento médio anual da floresta (m³.ha⁻¹);e

DOE = densidade ótima de estradas (m.ha⁻¹).

$$Cap = \frac{A.IMA.Vm}{10.000}$$

Equação 5

Sendo que:

A = área de estrada por metro linear de estrada (m².m⁻¹)

IMA = incremento médio anual da floresta (m³.ha⁻¹);e

Vm = valor médio da madeira em pé (R\$.ha⁻¹).

O excesso de estradas (EE) foi obtido através da subtração da DE com a DOE.O custo de excesso de estradas foi calculado pela multiplicação do custo de construção de estradas com o excesso de estradas. Todas as variáveis foram calculadas para as propriedades e o estudo de caso.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Mapeamento das estradas florestais

O mapeamento das propriedades possibilitou quantificar a área dos plantios florestais e o comprimento da malha viária, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Quantificação de área plantada e das estradas florestais

Propriedade	Área plantada (ha)	Estradas (m)	Densidade atual (m.ha ⁻¹)
1	42,96	8173,18	190,25
2	47,45	10536,81	222,05
3	11,09	2072,12	186,92
4	39,37	4672,59	118,69

Além desta quantificação o mapeamento também permitiu a visualização da disposição das estradas florestais nas propriedades, conforme as Figura 7 e Figura 8.

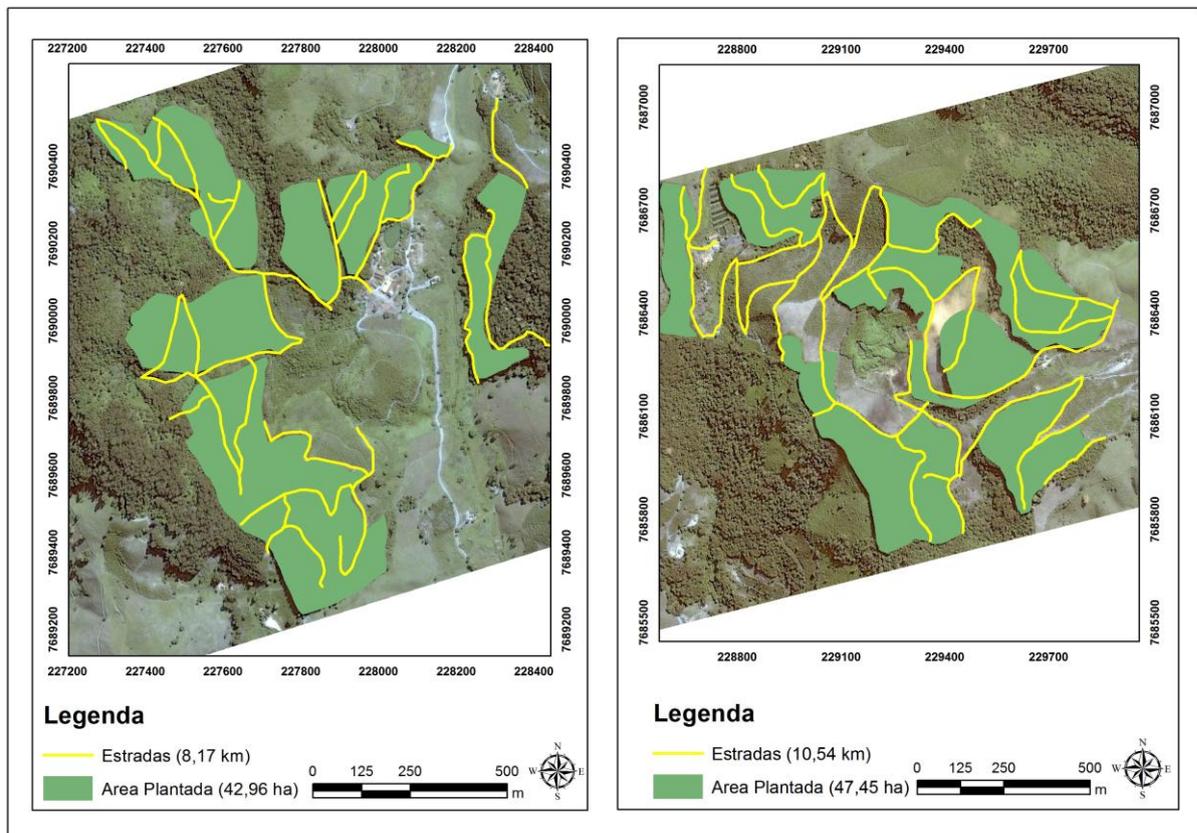


Figura 4 - Mapeamento das estradas florestais das propriedades 1 e 2.

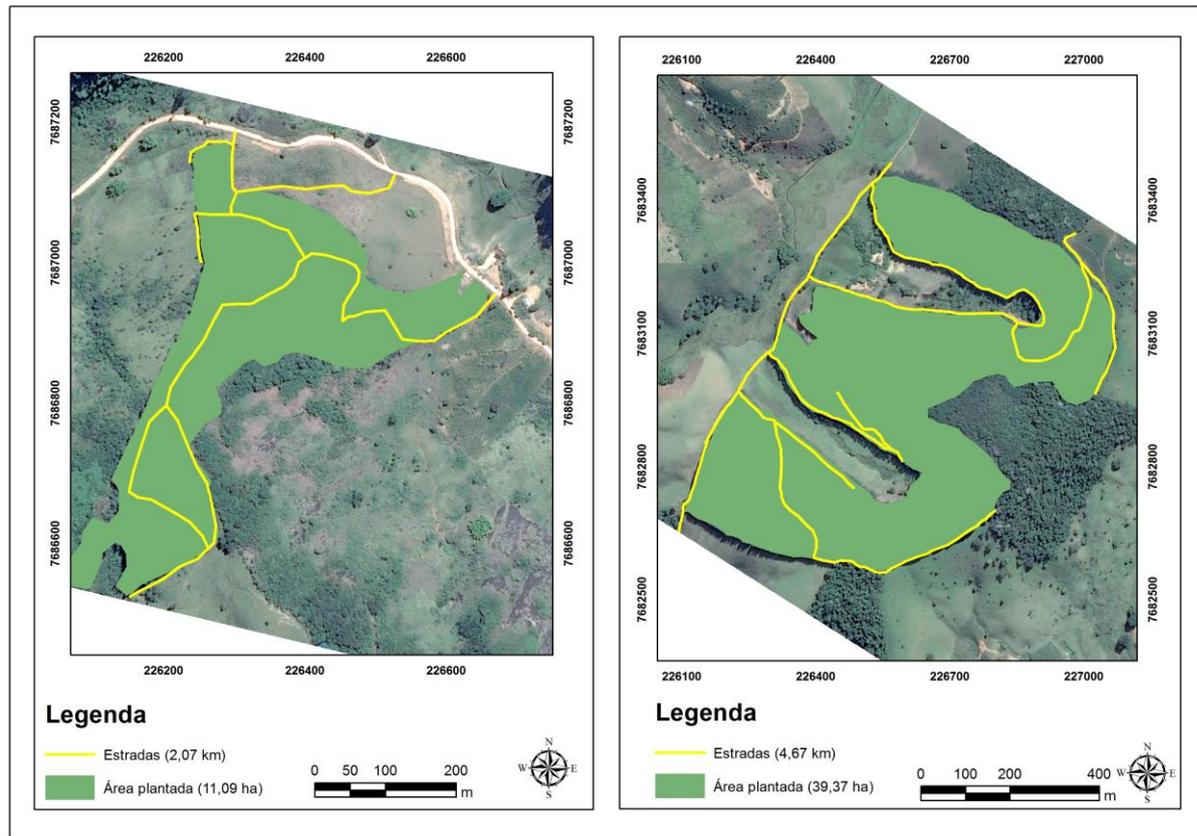


Figura 5 - Mapeamento das estradas florestais das propriedades 3 e 4.

4.2 Determinação da DOE

De posse dos dados dos custos de extração e manutenção das estradas, foi quantificado a DOE conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Análise das densidades de estradas e dos custos decorrentes

Prop	DE (m.ha ⁻¹)	DOE (m.ha ⁻¹)	DME (m)	CPAP (R\$.m ⁻³)	EE(m linear)	CEE (R\$.ha ⁻¹)
1	190,25	83,97	46,15	2,85	106,28	430,52
2	222,05	82,82	46,79	3,33	138,08	559,34
3	186,92	79,53	48,72	2,8	102,95	417,03
4	118,69	85,65	45,24	1,78	34,72	140,65

Em que: Prop=Propriedade; DE= Densidade de Estradas; DOE= Densidade Ótima de Estradas; DME= Distância Média de Extração; CPAP = Custo de Perda de Área Produtiva; EE= Excesso de Estradas e CEE = Custo do Excesso de Estradas.

Na tabela 2 verifica-se que todas as áreas apresentaram maior densidade de estradas em relação ao ótimo desejado, sendo a propriedade 2 a qual obteve maior custo de perda de área produtiva (3,33 R\$.m⁻³) assim como o excesso de estradas (138,08 m) quando comparada com a DOE e o custo com excesso de estradas (559,34 R\$.ha⁻¹).

Deve-se considerar que a densidade atual de acordo com o método da FAO foi considerada muito elevada, no entanto, as áreas se encontram em terrenos declivosos, sendo necessário uma maior extensão de estradas para o transporte da madeira quando comparadas com áreas planas.

Outra justificativa se dá pelo fato de que anteriormente as propriedades possuíam cultivos de lavouras de café que necessitavam de uma maior quantidade de estradas, para facilitar a aplicação de insumos, controle de plantas daninhas e colheita dos frutos, não havendo um planejamento específico para escoamento de produtos florestais.

Observa-se na Figura 9 demonstra que em todas as propriedades em estudo apresentaram excesso de estradas.

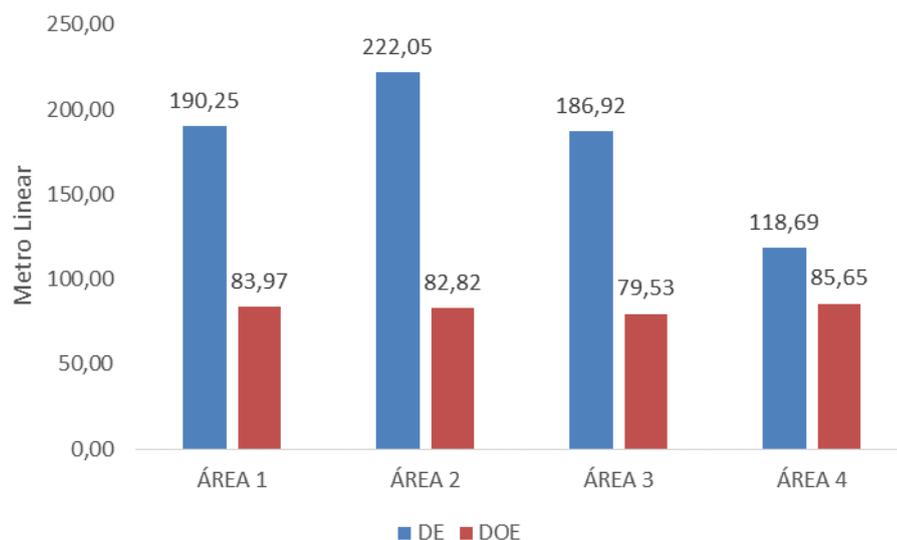


Figura 6 - Análise comparativa da densidade de estradas (DE) e densidade ótima (DOE) das propriedades

Com a quantificação da DOE das propriedades em estudo foi realizada a média dos valores obtidos sendo estes valores de 82,99 m.ha⁻¹ para DOE e 46,72 m para DME. Comparado com os resultados obtidos no estudo de Carmo *et al* (2013) ao qual obteve um valor médio de 124,2 m.ha⁻¹ para DOE e DME de 31,22 m no cenário produtividade da floresta de 220 m³.ha⁻¹ estes apresentaram valores menores para DOE e maiores para DME. Entretanto se constata o contrário quando se compara com os resultados de Souza (2001) o qual obteve valores de 20,2 m.ha⁻¹ para DOE e 183 m para DME.

O estudo realizado por Carmo *et al* (2013) possui características semelhantes ao trabalho realizado, demonstrando correspondência com valores obtidos para DOE e DME. Entretanto quando comparado com os resultados de Souza (2001), o qual foi conduzido em áreas planas utilizando a colheita mecanizada os valores apresentaram grande desigualdade.

4.3 Estudo de caso, ampliação da malha viária

No ano de 2014 foi construído novas estradas florestais na propriedade 4. O mapeamento no ano de 2013 e 2014 permitiu a quantificação deste aumento na quantidade de estradas conforme a Figura 10.

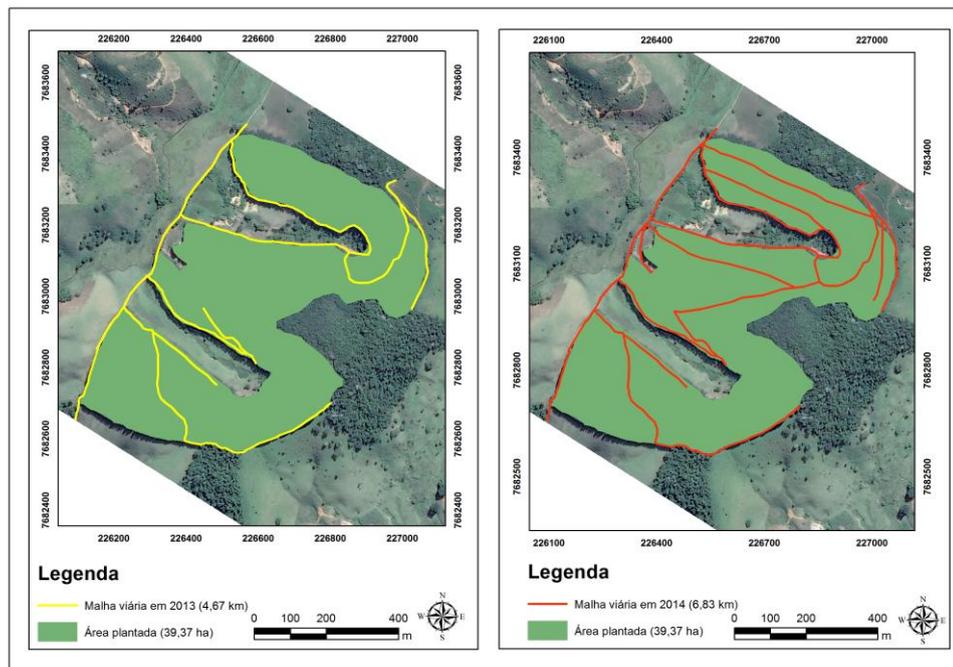


Figura 7 - Estudo de caso da ampliação da malha viária da propriedade 4

No ano de 2013 a propriedade 4 possuía 4,67 km de estradas florestais, e no ano de 2014 esta quantidade foi ampliada para 6,83 km. Em 2013 a densidade de estradas já se encontrava 33,04 m.ha⁻¹ maior que a densidade ótima calculada (118,69 m.ha⁻¹). Este acréscimo de 2,16 km na densidade de estradas gerou um custo de 362,64 R\$.ha⁻¹ com excesso de estradas, como pode ser verificado na Tabela 3.

Tabela 3 – Análise dos custos da ampliação da quantidade de estradas.

Prop 4	DE (m.ha ⁻¹)	DOE (m.ha ⁻¹)	CPAP (R\$.m ⁻³)	EE(m linear)	CEE (R\$.ha ⁻¹)
2013	118,69	85,65	1,78	34,72	140,65
2014	173,49	85,65	2,60	89,52	362,64

Em que: Prop=Propriedade; DE= Densidade de Estradas; DOE= Densidade Ótima de Estradas; CPAP = Custo de Perda de Área Produtiva; EE= Excesso de Estradas e CEE = Custo do Excesso de Estradas

A construção de novas estradas acarretou em um grande aumento no custo de excesso de estradas como pode ser verificado na figura 11. Entretanto quando compara o valor das densidades de estradas das outras propriedades do estudo a propriedade 4 continua com a menor densidade de estradas.



Figura 8 - Análise comparativa da densidade de estradas e do custo de excesso de estradas nos anos de 2013 e 2014

Fica claro que o planejamento da construção de estradas florestais deve estar diretamente relacionado com os aspectos de produção tornando-se indispensável

para as atividades da silvicultura. A quantidade e qualidade de estradas está diretamente relacionado a diversas variáveis, como o tempo gasto em percurso de transporte, manutenção mecânica, ocorrência de acidentes e níveis de impacto ao meio ambiente.

A busca pela otimização da quantidade de estradas em relação a área do plantio florestal tem como vantagem uma rede menos densa, dessa forma reduzindo os custos com manutenção de estradas e perda de área para plantio. Entretanto uma malha viária mais densa facilita a colheita em termos técnicos. O gestor florestal deve utilizar desta ferramenta para realizar o planejamento do plantio florestal obtendo vantagens tanto em termos técnicos assim como econômicos na época da colheita e nos demais tratamentos silviculturais.

5 CONCLUSÕES

As áreas florestais pesquisadas possuem densidades de estradas muito acima do ótimo recomendado, exibindo a falta de conhecimentos técnicos e critérios no planejamento dos plantios florestais. A densidade ótima de estradas avaliadas neste estudo indica que, a densidade nas áreas deve ser reduzida.

A elevada densidade de estradas mostrou a necessidade de um correto planejamento na alocação das estradas, pois com o uso da densidade ótima de estradas há um melhor aproveitamento da área de plantio assim como redução dos custos com construção e manutenção de estradas.

Verifica-se no estudo de caso um aumento de 221,99 R\$.ha⁻¹ no CEE em 2014. Entretanto quando se compara o valor das densidades de estradas das demais propriedades em estudo, a propriedade 4 continua com a menor densidade de estradas mesmo após sua ampliação.

O planejamento das estradas florestais é indispensável para as atividades da silvicultura, pois a partir de estudos como a densidade ótima de estradas o gestor florestal deve determinar a quantidade e qualidade das estradas para reduzir custos.

6 REFERÊNCIAS

- BAESSO, D. P. GONÇALVES, F. L. R. **Estradas rurais: técnicas adequadas de manutenção**. Florianópolis: DER, 2003. 204 p.
- BARBOSA. S. T. **Evolução do sistema de transporte florestal na região de Telêmaco Borba**. 2004. Monografia (Trabalho Conclusão de Curso) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Telemaco Borba.
- BRAZ, E.M. **Otimização da rede de estradas secundárias em projetos de manejo sustentável de floresta tropical**. Rio Branco: Embrapa-CPAF/AC, 1997. 36p. (Embrapa-CPAF/AC. Circular Técnica, 15).
- CARMO, F. A. C.; FIEDLER, N. C.; SILVA, E.L.; PENA, D.P.; BROETTO H. M.; NEIRE, E.S. **Análise da densidade ótima de estradas florestais em propriedades rurais**. Cerne, vol. 19, núm. 3, 2013, pp. 451-459. Universidade Federal de Lavras, Lavras, Brasil.
- CORRÊA, C.M.C. **Perdas de solo e qualidade da água proveniente de estradas de uso florestal no Planalto Catarinense**. 2005. 156p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- CORRÊA, C.M.C.; MALINOVSKI, J.R.; ROLOFF, G. **Bases para o planejamento de rede viária em reflorestamento no Sul do Brasil**. Floresta, Curitiba, v.36, n.2, p.277-286, 2006.
- Dykstra, D.; Heinrich, R. 1996. **Código Modelo de Práticas de Aprovechamiento Forestal de la FAO**. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 85 p.
- FAO. **Logging and log transport in tropical high forest: a manual on production and costs**. Roma, 1974. 90p. (FAO.Forest Series, 5; FAO. Forestry Development Paper, 18).

GONÇALVES, J.L.M. **Conservação do solo**. In: **GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. cap.2, p.47-130.

GOOGLE. **Google Earth 7.1, 2014**. Disponível em: <<http://www.google.com.br/intl/pt-PT/earth/learn/>> Acesso em 12 de Julho de 2014.

LOPES, E. S.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P. **Classificação e custos de estradas em florestas plantadas na região sudeste do Brasil**. R. *Árvore*, Viçosa-MG, v. 26, n. 3, p. 329-338, 2002

MACHADO, C. C. **Sistema brasileiro de classificação de estradas florestais (SIBRACEF): Desenvolvimento e relação com o meio de transporte florestal rodoviário**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1989. 188p. (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal do Paraná, 1989.

MACHADO, C. C.; MALINOVSKI, J. R. **Ciência do trabalho florestal**. Viçosa, MG: UFV, Imprensa Universitária, 1988. 65p

MACHADO, C.C. **Construção e Conservação de Estradas Rurais e Florestais**. Viçosa: UFV 2013.441p.

MALINOVSKI, J. R.; PERDONCINI, W. **Estradas de uso florestal**. Colégio Florestal de Irati - GTZ, Irati, 1990. 100p;

MOREIRA F.E.B. **Um modelo de avaliação da evolução geométrica das patologias em vias não-pavimentadas: aplicação ao caso do município de Aquiraz** (dissertação). Fortaleza: Universidade Federal do Ceará; 2003. 176 p.

NUNES, T.V.L. **Método de previsão de defeitos em estradas vicinais de terra com base no uso das redes neurais artificiais: trecho de Aquiraz-CE**. 2003, 118f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Mestrado em Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2003

OLIVEIRA, R.J.; MACHADO, C.C.; CORDEIRO, S.A., LEITE H.G. SILVA J.V. **Análise de Processo Hierárquico para Gerir as Estradas Florestais**. Floresta e Ambiente 2013 jan./mar.; vol. 20(n.1):38-44p.

PEREIRA NETO, S. D. **Análise Econômica da densidade de estradas nas áreas de produção de Eucalyptus**. Curitiba, 1995. 133f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

PEREIRA, D.P.; GUIMARÃES, P.P.; FIEDLER, N.C.; CARMO, F.C.A.; MARIN, H.B.; BARBOSA, R.P. **Análise da densidade ótima de estradas em povoamento florestal no sul do estado do Espírito Santo**. Jerônimo Monteiro,2010. 1º Simpósio em Ciências Florestais Florestas Tropicais: Produção de Bens e Serviços. Universidade Federal do Espírito Santo.

PROATER - **Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural de São José do Calçado - ES (2011 – 2013)**. Planejamento e Programação de Ações. Governo do Estado do Espírito Santo / Incaper, 33p. 2011. Disponível em <http://www.incaper.es.gov.br/proater/municipios/Caparao/Sao_Jose.pdf>. Acesso em 28 de outubro de 2014.

SILVA, M. L. da; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. **Economia florestal** Viçosa, MG: UFV, 2002. 178 p.

SOUZA, D. O. **Avaliação dos diferentes níveis de mecanização na atividade de colheita de madeira**. Curitiba:UFPR/PIBIC/CNPq, 2001. 74 p. Relatório Técnico-Científico Final

VALE, A.B.; MACHADO, C.C.; PIRES, J.M.M.; VILAR, M.B.; COSTA, C.B.; NACIF; A.P. **Eucaliptocultura no Brasil: Silvicultura, Manejo e Ambiência**. 1ed.Viçosa. SIF. 2014.v. 1, 552 p.

VIVIANE, E. **Utilização de um Sistema de informação Geográfica como Auxílio à Gerência de Manutenção de Estradas Rurais Não-Pavimentadas.** Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, Brasil, 1998.

ZAGONEL, R. **Análise da densidade ótima de estradas de uso florestal em relevo plano de áreas com produção de Pinus taeda.** 2005. 100 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.