



Densidade de Estradas Florestais em Propriedades Rurais

Rafael Ferraço de Campos¹; Nilton Cesar Fiedler^{1*}; José Luís Penetra Cerveira Lousada²; Alexandre Rosa dos Santos²; Flavio Cipriano de Assis do Carmo³; Saulo Boldrini Gonçalves²

RESUMO: A maior parte das estradas florestais está desprovida de estudos de gestão e planejamento. Dessa forma, a determinação da densidade ótima de estradas (DOE) é um fator determinante na composição dos custos do empreendimento florestal. Objetivou-se com este trabalho a racionalização do binômio estradas e extração florestal para diferentes propriedades rurais por meio da determinação da densidade ótima de estradas 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 antes e após o corte da floresta. De acordo com os resultados obtidos, as áreas florestais estudadas possuem densidades de estradas 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 estradas foi na propriedade 2 com um custo de R\$ 559,34 .ha⁻¹. Verifica-se no estudo de caso um aumento de R\$ 221,99.ha⁻¹ devido ao excesso de estradas.

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

Roads density forest in rural properties

ABSTRACT: Most forest roads are devoid of management and planning studies. The optimal density of roads (DOE) is a determining factor in the composition of the forest enterprise costs, because the greater the road density, the greater the construction and maintenance costs, resulting in the reduction of the production area. The objective of this work to rationalize the binomial roads and forest extraction for different farms by determining the optimal density of roads recommended by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and conduct case study comparing the expansion of the road network in a property. According to the obtained results, the forest areas surveyed have densities of roads well above the recommended great. It was observed that most quantified DOE was 85.65 m.ha⁻¹ on the property 4 and the higher cost of excess road was on the property 2 at a cost of R\$559.34 .ha⁻¹. In the case study, there was an increase of R\$ 221,99 .ha⁻¹ because to excess roads.

Keywords: cost of roads; harvesting; forest technique and operators.

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 a preparação do solo até o transporte dos produtos florestais, assim como nas diversas outras operações no povoamento. As estradas tem como finalidade facilitar a realização da exploração 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 da 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, a 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 acima do ótimo recomendado, mostrando a falta de conhecimentos de critérios no planejamento e aproveitamento das plantações. A má localização, juntamente com uma manutenção inadequada da rede viária, podem gerar grandes impactos ambientais (GONÇALVES, 2002).

Recebido em 05/02/2017, Aceito para publicação em 15/05/2017

¹ Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)

² Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD)

³ Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

*e-mail: fiedler@pq.cnpq.br

A determinação da densidade ótima de estradas é importante para 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).

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo realizar o mapeamento das propriedades para quantificação da densidade de estradas e área dos

povoamentos florestais, determinar a densidade ótima de estradas, distância média de extração e o custo de excesso de estradas para as propriedades rurais.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no município de São José do Calçado, localizado no sul do estado do Espírito Santo (Figura 1). As áreas de estudo possuem uma topografia que varia de fortemente ondulado a montanhoso, com declividades variando entre 30 a 100%. Os solos predominantes são classificados como Latossolo Vermelho Amarelo (PROATER, 2011).

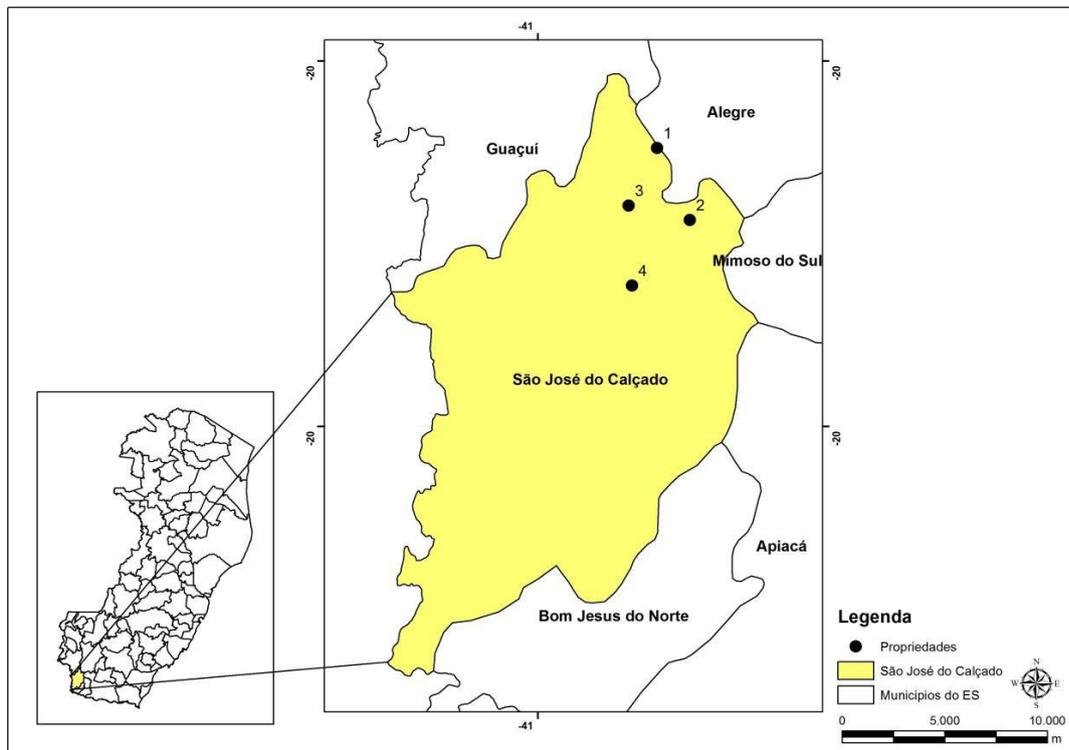


Figura 1. Localização das propriedades rurais em São José do Calçado – ES

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

O sistema de colheita de madeira adotado nas propriedades é o de toros curtos (“cut-to-length”), onde o abate, desrama, despona e o traçamento da madeira em toros de 2,2 metros é feito com o uso de motosserras, enquanto a extração é realizada por recheia manual até a margem das estradas florestais.

A área de estudo foi georreferenciada com um GPS portátil da marca Garmin, modelo Etrex H, onde os pontos foram obtidos nas estradas e no entorno dos povoamentos 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 do povoamento e o comprimento da malha viária das propriedades. A partir destes dados se obteve as densidades das estradas existentes.

A densidade de estradas foi calculada pela divisão do comprimento da estrada em metros pela área do povoamento em hectares, conforme metodologia proposta por Machado (2013). A Densidade ótima de estradas (DOE) foi determinada pelas equações 1 e 2, em que a extração fora realizada de forma manual (FAO, 1974).

$$DOE = 50 \sqrt{\frac{c.T.V.q}{R}} \quad (\text{Equação 01})$$

Em que:

$$C = \frac{c.t.1000}{L} \quad (\text{Equação 02})$$

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 colhido, 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). O volume da floresta em média nestas áreas é 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 (Equação 3):

$$DME = \frac{2500 \cdot T \cdot V}{DOE} \quad (\text{Equação 03})$$

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).

$$C_{pap} = \frac{Cap}{IMA} \times DOE \quad (\text{Equação 04})$$

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);

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

$$Cap = \frac{A \cdot IMA \cdot Vm}{10.000} \quad (\text{Equação 05})$$

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 densidade de estrada com a densidade ótima de estradas (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.

Na propriedade 4 durante a colheita florestal foram construídas novas estradas para facilitar a retirada da madeira. As estradas foram mapeadas antes e após a construção das estradas. Com base nestes dados foi feito um estudo de caso e recalculados a densidade de estradas, densidade ótima de estradas, custos de perda de área produtiva e custos de excesso de estradas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mapeamento das estradas florestais

O mapeamento das propriedades possibilitou quantificar a área dos povoamentos 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)	Comprimento das 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 a Figura 2.

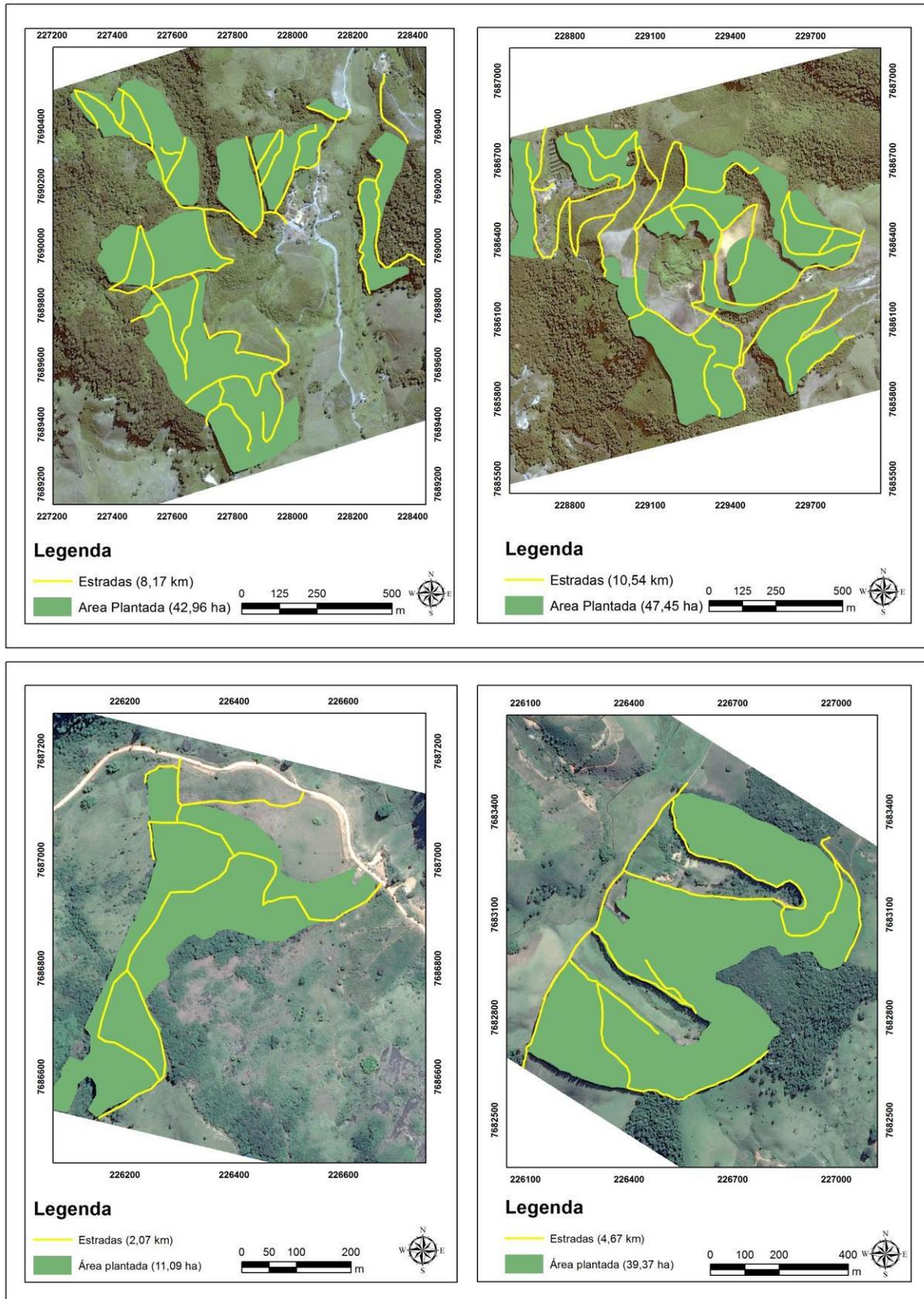


Figura 2. Mapeamento das estradas florestais das quatro propriedades analisadas.

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 que 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 fertilizantes, controle de plantas daninhas e colheita dos frutos, não havendo um planejamento específico para escoamento de produtos florestais.

Na Figura 3, está demonstrado uma análise entre a densidade de estrada encontrada com a densidade ótima calculada nas quatro propriedades analisadas.

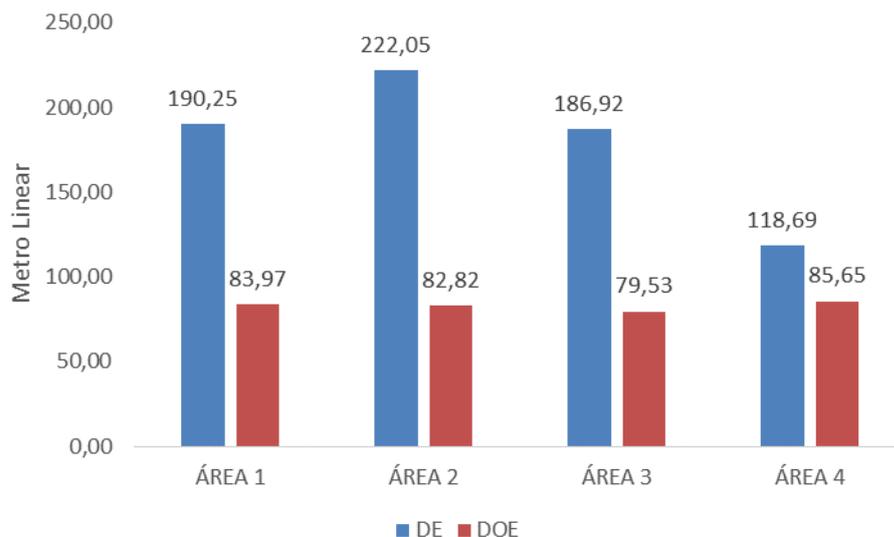


Figura 3. Análise comparativa da densidade de estradas (DE) e densidade ótima (DOE) das propriedades

Observa-se na Figura 3, que todas as propriedades em estudo apresentaram excesso de estradas. 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 ligeiramente 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 em áreas planas.

Estudo de caso, ampliação da malha viária

No ano de 2014, durante a colheita florestal, foram construídas 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 4.

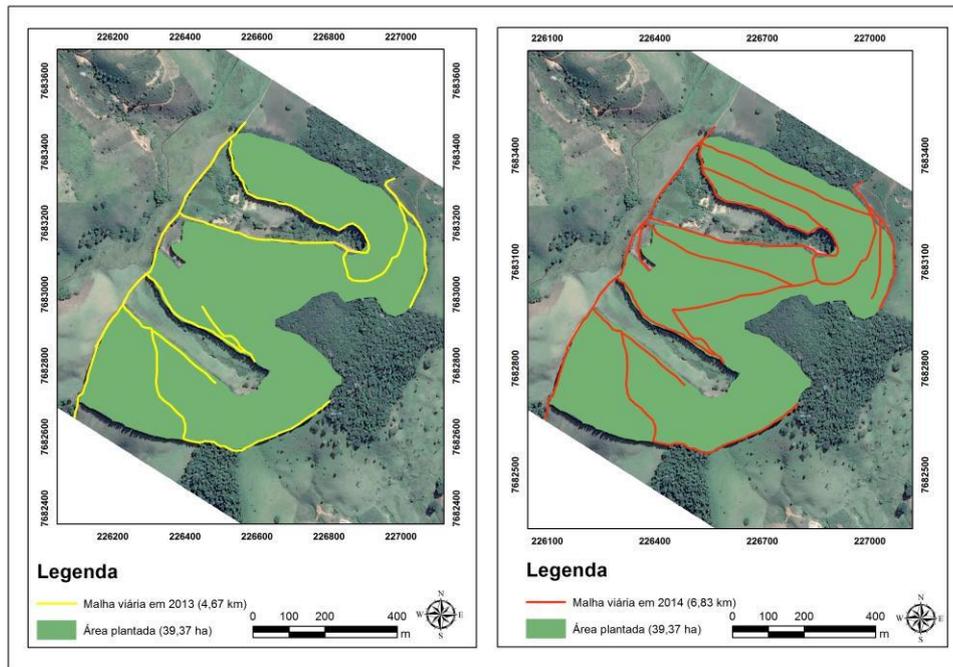


Figura 4. Estudo de caso da ampliação da malha viária da propriedade 4

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 ($118,69 \text{ m. ha}^{-1}$) já se encontrava $33,04 \text{ m. ha}^{-1}$ maior que a densidade

ótima calculada ($85,65 \text{ m. ha}^{-1}$). Este acréscimo de 2,16 km na densidade de estradas gerou um custo de $362,64 \text{ R$. 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 ($\text{R$. m}^{-3}$)	EE (m linear)	CEE ($\text{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 5. Entretanto, quando se compara o valor das densidades de

estradas das outras propriedades do estudo, a propriedade 4 continua com a menor densidade de estradas.



Figura 5. Densidade de estradas (DE) e custo de excesso de estradas (CEE), na propriedade 4 nos anos de 2013 e 2014

Na Figura 5, pode-se observar que o acréscimo da densidade de estradas representou um aumento de aproximadamente 157%. Dessa forma, demonstra 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 construção e manutenção das estradas florestais sempre causam impactos consideráveis ao ambiente, devendo haver um planejamento para a sua minimização.

Sendo assim, a busca pela otimização da quantidade de estradas em relação a área do povoamento florestal tem como vantagem a redução dos custos com manutenção de estradas e perda de área para plantação. Dessa forma, o gestor florestal deve utilizar esta ferramenta para realizar o planejamento antes da instalação do povoamento florestal, obtendo vantagens tanto em termos técnicos quanto econômicos na época da colheita e nos demais tratamentos silviculturais.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que:

- As áreas florestais analisadas possuem densidades de estradas muito acima do ótimo recomendado, exibindo a falta de conhecimentos técnicos e critérios no planejamento dos povoamentos florestais. As densidades ótimas de estradas avaliadas neste estudo indicam que as densidades nas áreas devem ser reduzidas.
- As elevadas densidades de estradas mostraram 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 do povoamento, assim como, minimização de impactos ambientais e redução dos custos com construção e manutenção de estradas.
- Verifica-se no estudo de caso um aumento de 221,99 R\$.ha⁻¹ no custo de excesso de estradas 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 a ampliação.
- O planejamento das estradas florestais é indispensável para as atividades silvícolas, 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 e impactos ambientais.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e Universidade de Trás os Montes e Alto Douro (UTAD) pela oportunidade e estrutura física; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo

(FAPES) pela concessão de bolsas de doutorado, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas de doutorado sanduíche e pós-doutorado no exterior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

CARMO, F. A. C. et al. Análise da densidade ótima de estradas florestais em propriedades rurais. **Revista Cerne**, vol. 19, núm. 3, 2013, pp. 451-459.

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.

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.

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;

OLIVEIRA, R.J. et al. Análise de Processo Hierárquico para Gerir as Estradas Florestais. **Revista 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. et al. **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/Capara o/Sao_Jose.pdf](http://www.incaper.es.gov.br/proater/municipios/Capara%20o/Sao_Jose.pdf)>. Acesso em 28 de outubro de 2014.

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