



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

DANIEL PENA PEREIRA

**ANÁLISE TÉCNICA E DE CUSTOS DE POVOAMENTO DE EUCALIPTO
SOB PREPARO MANUAL E MECANIZADO DO SOLO EM ÁREA
DECLIVOSA NO SUL DO ESPÍRITO SANTO**

**JERÔNIMO MONTEIRO - ES
MARÇO – 2010**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

ANÁLISE TÉCNICA E DE CUSTOS DE POVOAMENTO DE
EUCALIPTO SOB PREPARO MANUAL E MECANIZADO DO
SOLO EM ÁREA DECLIVOSA NO SUL DO ESPÍRITO SANTO

DANIEL PENA PEREIRA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais, Área de Concentração Ciências Florestais e Linha de Pesquisa Manejo Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Nilton César Fiedler.
Coorientador: Prof. Dr. Julião Soares de Souza Lima.

JERÔNIMO MONTEIRO - ES
MARÇO – 2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

P436a Pereira, Daniel Pena, 1970-
Análise técnica e de custos de povoamento de eucalipto sob preparo manual e mecanizado do solo em área declivosa no sul do Espírito Santo / Daniel Pena Pereira. – 2010.
112 f. : il.

Orientador: Nilton César Fiedler.

Coorientador: Julião Soares de Souza Lima.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias.

1. Eucalipto – Crescimento – Espírito Santo (Estado). 2. Florestamento. 3. Mecanização agrícola. 4. Solos florestais. 5. Plantio de florestas. 6. Florestas – Custo operacional. 7. Plantas – Efeito da radiação solar. I. Fiedler, Nilton César. II. Lima, Julião Soares de Souza. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

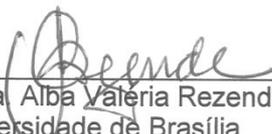
CDU: 63

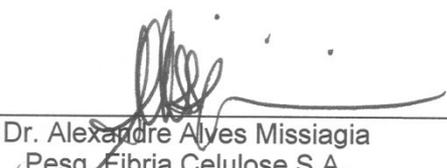
ANÁLISE TÉCNICA E DE CUSTOS DE POVOAMENTO DE EUCALIPTO SOB PREPARO MANUAL E MECANIZADO DO SOLO EM ÁREA DECLIVOSA NO SUL DO ESPÍRITO SANTO

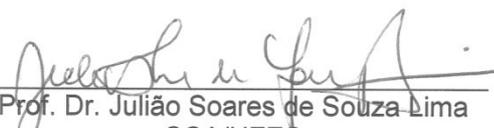
Daniel Pena Pereira

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais na área de concentração Ciências Florestais.

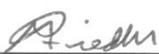
Aprovada em 26 Março de 2010.


Prof. Dra. Alba Valéria Rezende
Universidade de Brasília


Dr. Alexandre Alves Missiagia
Pesq. Fibria Celulose S.A.


Prof. Dr. Julião Soares de Souza Lima
CCA/UFES


Prof. Dra. Maristela de Oliveira Bauer
CCA/UFES


Prof. Dr. Nilton César Fiedler
CCA/UFES (Orientador)

Ao meu irmão
Antônio Carlos, o “Tonca”
(*in memoriam*)

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao Grandioso Pai do Céu, que me ofertou sabedoria, saúde e luz no meu caminho, com minha família e amigos e as várias oportunidades e caminhos percorridos na vida para chegar até aqui. Louvado seja Deus!

Aos meus pais, Tônico e Teresinha, pela fecundidade da vida e aos valiosos e imensuráveis cuidados, amor e carinho, conselhos, condução e direcionamento ao longo desta. A todos os meus irmãos, Maria Teresa, Ivan, Agnes, em especial ao Antônio Carlos (*in memoriam*), Estevão e Ângelo, pela ajuda na minha educação e formação profissional, e que mesmo de longe demonstraram interesse, preocupação e curiosidade por esse estudo e, ao virem para minha conclusão de curso, pacientemente observaram as longas horas da defesa.

À minha família querida, pelo apoio e entendimento nos momentos ausentes: minha esposa Cátia, por estar ao meu lado, sempre, oferecendo carinho e conselhos, e Rafael, ainda pequeno, compreendendo as dificuldades da vida.

À Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Alegre. Ao professor Nilton, pelo acolhimento, confiança e orientação recebida durante o mestrado e pelo incentivo durante todo o curso. Ao professor Julião, pelo apoio nos momentos decisivos e por me orientar com seus ensinamentos e atenção.

Aos professores, Marcelo A. Tomaz e Roberto A. Cecílio, pelo estímulo e motivação a ingressar no mestrado. Aos professores, José F. Chichorro e Maristela de O. Bauer pela ajuda no delineamento estatístico. Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais do Departamento de Engenharia Florestal (DEF) da Universidade Federal do Espírito Santo, que me acompanharam em minha formação acadêmica. Aos membros da banca examinadora, as professoras Alba e Maristela e ao colega e amigo da Fibria, Alexandre. Aos funcionários do CCA-UFES que me apoiaram.

À Fibria Celulose S.A., aos gestores Antônio do Nascimento Gomes e Rildo A. de Paula, pela compreensão e oportunidade de trabalho no Espírito Santo e Marcelo S. Ambrogi, Sebastião da Cruz Andrade e Jairo Dal'Col, pela viabilização de realização deste curso e, também, pelo auxílio financeiro para as medições cartográficas. Ao gestor Fernando de L. G. Bertolucci, e aos colegas do CT, Júpiter I. M. Abad, Alexandre, Reginaldo G. Mafia, Rodolfo A. Loos, Sebastião da Fonseca e Eduardo H. Vieira, pelo apoio e sugestões contínuas. Ao Jocival L. Domingues, pela ajuda e colaboração. Aos colegas de profissão que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta dissertação. À Janine M. Dapieve (Biblioteca Ney Magno dos Santos), pela habitual colaboração na realização de pesquisas bibliográficas.

Aos amigos Flávio, Pompeu, Saulo, Renan, Heitor e Huézer e tantos outros que me ajudaram a instalar parcelas, coletar dados e compartilhar as dificuldades em organizar um campo experimental. Ao "Seu Manoel" pela ajuda, paciência, disposição no seu trabalho e habitual boa vontade e prontidão em acompanhar e ajudar em vários momentos durante a pesquisa. Ao amigo João Batista Pavesi, pelas sugestões e cooperação na realização do curso.

Obrigado, Deus! Gente, valeu! Um sonho se realizou.

O saber se aprende com os mestres; a sabedoria, só com o corriqueiro da vida.

Cora Coralina

BIOGRAFIA

DANIEL PENA PEREIRA, filho de Antônio Carneiro Pereira e Raimunda Teresa Pena Pereira, nasceu em Belo Horizonte, Minas Gerais, no dia 27 de maio de 1970.

Formou-se Técnico em Agropecuária na Central de Ensino e Desenvolvimento Agrário de Florestal (CEDAF-UFV), em 1989.

Em 1991, ingressou na Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG, graduando-se Engenheiro Agrônomo em dezembro de 1995.

Sua trajetória profissional iniciou com larga experiência em sistemas de irrigação, produção de frutas e flores, venda e assistência técnica no uso e aplicação de pesticidas. Em 2003, ingressou no corpo técnico da Aracruz Celulose S.A., atuando na região do extremo sul da Bahia com o fomento florestal. Em 2007, transferiu-se para sul do Espírito Santo, na mesma função, até a presente data, onde faz parte do corpo técnico da Fibria Celulose S.A., desde 2009.

No biênio 2006-2007, realizou pós-graduação *Latu Sensu* na Universidade Federal de Lavras (UFLA), no curso de Gestão e Manejo Ambiental em Sistemas Florestais Plantados.

Em março de 2008, iniciou o Curso de Mestrado em Ciências Florestais, na Universidade Federal do Espírito Santo, CCA-UFES, submetendo-se à defesa da dissertação em março de 2010.

RESUMO

PEREIRA, Daniel Pena. **Análise técnica e de custos de povoamento de eucalipto sob preparo manual e mecanizado do solo em área declivosa no sul do Espírito Santo**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre. Orientador: Prof. Dr. Nilton César Fiedler. Coorientador: Prof. Dr. Julião Soares de Souza Lima.

Esta pesquisa avalia o efeito de dois métodos de preparo do solo sobre a altura de um povoamento de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, implantado em áreas declivosas no sul do Estado do Espírito Santo. Foram avaliados a declividade limite de um conjunto trator-subsolador, os custos de implantação e a altura das plantas. O delineamento adotado para avaliação da altura das plantas foi em blocos ao acaso, com repetição, cujos efeitos foram fixos para tratamentos e blocos. Os tratamentos foram manual e mecanizado e os blocos foram as faces de exposição solar: Norte+Nordeste (N+NE) e Oeste+Noroeste (O+NO), com seis repetições. No preparo mecanizado do solo, o tráfego do conjunto trator-subsolador atingiu 87,89% da declividade limite calculada para o trator utilizado, considerando um fator de segurança de 50%. A fase de preparo manual do solo apresentou o maior percentual de custos totais de implantação (34,6%), enquanto que o sistema mecanizado correspondeu a 22,4% dos custos totais. Devido à mecanização, foi possível reduzir custos na ordem de R\$ 103,81/ha (redução de 29,5%), em relação ao preparo manual do solo, evidenciando um ganho econômico de R\$85,45/ha no primeiro ano de cultivo do eucalipto, em favor do sistema mecanizado. Não houve interação ($P>0,05$) entre as faces de exposição e os métodos de preparo do solo. As maiores alturas das plantas, 2,36 e 2,41 m aos seis meses de idade e 6,60 e 6,72 m aos doze meses de idade, foram observadas no método mecanizado e na face N+NE, respectivamente. Isso pode ser atribuído à melhor qualidade de sítio criado por subsolagem, para absorver nutrientes e água pelas raízes das plantas de eucalipto e ao efeito da radiação solar global incidente sobre a altura das plantas, estimulando o processo de fotossíntese. Assim, a subsolagem foi o melhor método de preparo do solo e a face N+NE, a melhor face de exposição solar que proporcionaram maior desenvolvimento das plantas, nas duas idades do povoamento de eucalipto.

Palavras-chave: mecanização florestal; plantios florestais; preparo do solo; custos de implantação florestal; exposição solar.

ABSTRACT

PEREIRA, Daniel Pena. **Technical analysis and cost of eucalyptus plantation under hand-operated and mechanized tillage of soil on strong slope area at the southern state of Espírito Santo, Brazil.** 2010. Dissertation (Master's degree on Forest Science) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre. Adviser: Prof. Dr. Nilton César Fiedler. Co-adviser: Prof. Dr. Julião Soares de Souza Lima.

This work evaluates the effect of two methods of tillage of soil affecting the height of a stand of *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, implanted on strong slope areas at the southern state of Espírito Santo, Brazil. Were evaluated the slope limit of a tractor-subsoiler, deployment costs and plant height. The study design for evaluation of plant height was in randomized blocks, with repetition, which were fixed effects for treatments and blocks. The treatments were hand-operated (planting spot) and mechanized (sub soiling) and the blocks were the land aspects: North + Northeast (N+NE) and West + Northwest (O+NO) with six replicates. In mechanical tillage, traffic from tractor-subsoiler reached 87.89% of maximum slope calculated for the tractor used, considering a safety factor of 50%. The preparation phase in hand-operated system showed the largest percentage of total costs of implantation (34.6%), while the mechanized system accounted for 22.4% of total costs. Due to mechanization, it was possible to reduce costs in the order of R\$ 103.81/ha (29.5% reduction) compared to hand-operated system, indicating an economic gain of R\$ 85.45/ha in first year of the eucalypt plantations in favor of the mechanized system. There was no interaction ($P>0.05$) between the land aspects and methods of tillage. The highest height of plants, 2.36 and 2.41 m at six months of age and 6.60 m and 6.72 at twelve months of age, were observed in the mechanized method and face N+NE, respectively. This can be attributed to better site quality created by subsoiling to absorb nutrients and water by eucalyptus roots and the effect of incoming solar radiation on plant height, stimulating the photosynthesis process. Thus, subsoiling was the best method of tillage and N+NE aspects, the best sun exposure that showed higher plant development on two ages of the eucalyptus stand.

Keywords: forest mechanization, forest plantations, tillage of soil, forest establishment costs; sun exposure.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Subsoladores utilizados na área florestal: (a) arrasto e (b) montado.....	23
Figura 2 -	Mapa de localização da área de estudo no sul do estado, em São José do Calçado – ES.....	32
Figura 3 -	A área total do projeto de 17,62 ha e a área de estudo no talhão nº 2, com área de 10,02 ha.....	33
Figura 4 -	Projeção da área de estudo (Talhão 2) sobre ortofoto.....	34
Figura 5 -	Imagem do trator analisado, potência 150 cv, tração 4 x 2 auxiliar TDA, tracionando o subsolador-adubador de arrasto.....	39
Figura 6 -	Subsolador-adubador de arrasto típico utilizado na área de estudo – Fazenda Cachoeira Bonita, São José do Calçado – ES.....	39
Figura 7 -	Diagrama das coordenadas X, Y e Z do trator analisado, utilizadas para o cálculo do seu centro de gravidade (CG)..	40
Figura 8 -	Localização dos pontos de amostragem de solo na área de estudo.....	42
Figura 9 -	Modelo da sequência das operações florestais, adotado na área de estudo, em São José do Calçado – ES.....	45
Figura 10 -	Representação gráfica da distribuição mensal da precipitação (barra esquerda) e da temperatura (barra direita) na área do estudo, em São José do Calçado – ES..	52
Figura 11 -	Representação gráfica simplificada do Balanço Hídrico Climático da área do estudo. Método de Thornthwaite e Mather (1955). Latitude 20°56'S, Longitude 40°36'W, Altitude 580 m.....	53
Figura 12 -	Modelo digital de elevação (MDE) criado a partir de uma rede de malha triangular, com coleta de 780 pontos, na área de estudo. Fazenda Cachoeira Bonita, São José do Calçado – ES.....	54
Figura 13 -	Sobreposição da área de pós-plantio (9,74 ha) sobre área original (10,02 ha), evidenciando as áreas utilizadas para plantio (em branco e hachurado), estradas e aceiros (em preto). Fazenda Cachoeira Bonita, São José do Calçado – ES	55

Figura 14 -	Relação entre valores de cota estimados e observados.....	56
Figura 15 -	Faixas de altitude da área de estudo, em São José do Calçado – ES.....	56
Figura 16 -	Declividade da área de estudo, segundo definição da Embrapa. Fazenda Cachoeira Bonita, em São José do Calçado – ES.....	57
Figura 17 -	Faces de exposição solar da área de estudo, com predominância das faces norte e nordeste. Fazenda Cachoeira Bonita, em São José do Calçado – ES.....	58
Figura 18 -	Estimativa da radiação global total no ano de 2009, para a área de estudo, em São José do Calçado – ES.....	59
Figura 19 -	Distribuição mensal para radiação incidente (estimada) na face norte da área de estudo, em São José do Calçado – ES..	60
Figura 20 -	Distribuição mensal para a radiação incidente (estimada) na face oeste da área de estudo, em São José do Calçado – ES	61
Figura 21 -	Distribuição mensal para a radiação incidente (estimada) na face noroeste da área de estudo, em São José do Calçado – ES.....	62
Figura 22 -	Distribuição mensal para a radiação incidente (estimada) na face nordeste da área de estudo, em São José do Calçado – ES.....	63
Figura 23 -	Comportamento sazonal da radiação incidente potencial (kWh/m ²) nas quatro faces predominantes na área de estudo.....	64
Figura 24 -	Tráfego realizado pelo conjunto trator-subsolador na operação de subsolagem da área de estudo (A) e Limite teórico para o tráfego do conjunto, restrito pela declividade limite de 43,90% (B). Fazenda Cachoeira Bonita, São José do Calçado – ES.....	67
Figura 25 -	Sobreposição de áreas com tráfego realizado <i>versus</i> recomendável pela declividade limite de 43,90% (A) e Área com limite ajustado para o conjunto trator-subsolador, em 40,20% (B). Fazenda Cachoeira Bonita, São José do Calçado – ES.....	68
Figura 26 -	Distribuição espacial do K, Ca e Mg na área do estudo, classificada de acordo com os níveis críticos para implantação e manutenção florestal propostos por Novais <i>et al.</i> (1986).....	75

Figura 27 - Sequência da evolução do plantio na área de estudo: no alto, área inicial com pasto; (1) início da implantação; (2) idade 6 meses e (3) 12 meses.....	78
Figura 28 - Percentual dos tempos totais da operação de subsolagem, segundo medidas de produtividade.....	80
Figura 29 - Percentual dos tempos totais da operação de capina química tratorizada, segundo medidas de produtividade.....	82
Figura 30 - Distribuição percentual dos custos de implantação e manutenção florestal, nos sistemas manual e mecanizado de cultivo.....	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Descrição dos elementos de cada ciclo operacional analisado.....	47
Tabela 2 -	Esquema da análise de variância (ANOVA).....	51
Tabela 3 -	Simulação de trafegabilidade do conjunto trator-subsolador, na área de estudo, perante diferentes situações de limites.....	70
Tabela 4 -	Estatística descritiva dos atributos químicos e físicos do solo na área de estudo, dados de 94 amostras.....	72
Tabela 5 -	Valores dos níveis críticos de implantação e de manutenção para P, K, Ca e Mg no solo para o crescimento do eucalipto.....	74
Tabela 6 -	Parâmetros dos variogramas experimentais ajustados para os elementos K, Ca e Mg, na profundidade de 0-20 cm..	76
Tabela 7 -	Balanço nutricional final previsto para o eucalipto implantado na Fazenda Cachoeira Bonita, em São José do Calçado – ES, com produtividade esperada de 30 m ³ /ha/ano.....	77
Tabela 8 -	Distribuição dos tempos de trabalho do conjunto trator-subsolador.....	79
Tabela 9 -	Distribuição dos tempos de trabalho do conjunto trator-pulverizador.....	81
Tabela 10 -	Capacidade operacional efetiva, custos variáveis e percentual de participação das atividades florestais executadas, na sequência operacional do empreendimento, por sistema de cultivo.....	84
Tabela 11 -	Rendimento manual efetivo de cada atividade e os limites estabelecidos pela coleta-piloto, para o número mínimo de amostras de algumas operações florestais e sua eficiência operacional.....	85
Tabela 12 -	Médias das alturas das plantas de eucalipto, aos seis meses de idade (Fazenda Cachoeira Bonita, São José do Calçado – ES, 2009).....	89
Tabela 13 -	Médias das alturas das plantas de eucalipto, aos doze meses de idade (Fazenda Cachoeira Bonita, São José do Calçado – ES, 2009).....	90

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 -	Fluxograma da sequência da modelagem do mapa de áreas aptas às atividades mecanizadas de silvicultura.....	106
Anexo 2 -	Teste do centro de gravidade do trator analisado.....	107
Anexo 3 -	Tabela da distribuição espacial dos nutrientes K, Ca e Mg, na área de estudo, conforme níveis críticos de implantação e de manutenção sugeridos por Novais <i>et al.</i> (1986), em nº de <i>pixels</i> e percentual em cada área.....	108
Anexo 4 -	Recomendação de fertilizantes para plantio e manutenção florestal, via o <i>Software</i> Nutricalc 2001 e patamar de produtividade de 30 m ³ /ha/ano.....	109
Anexo 5 -	Salário e encargos de operador braçal.....	109
Anexo 6 -	Histogramas da altura das plantas de eucalipto, aos seis e doze meses de idade, separados por tratamento (Fazenda Cachoeira Bonita, São José do Calçado – ES, 2009).....	110
Anexo 7 -	Valores dos testes de normalidade e homogeneidade para a variável dependente altura, aos 6 meses e 12 meses de idade (Fazenda Cachoeira Bonita, São José do Calçado – ES).....	111
Anexo 8 -	Análise de variância dos dados de altura aos seis meses de idade.....	111
Anexo 9 -	Análise de variância dos dados de altura aos doze meses de idade.....	111
Anexo 10 -	Valores médios das medições das alturas das plantas de eucalipto, aspectos fisiográficos e de fertilidade do terreno, agrupados por método de preparo do solo e face de exposição solar (Fazenda Cachoeira Bonita, São José do Calçado – ES, 2009).....	112

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
MENSAGEM	vii
BIOGRAFIA	viii
RESUMO	ix
ABSTRACT	x
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABELAS	xiv
LISTA DE ANEXOS	xv
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. HIPÓTESE.....	3
1.2. OBJETIVO GERAL.....	3
1.2.1. Objetivos Específicos.....	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. O AGRONEGÓCIO E OS CICLOS ECONÔMICOS NO ESPÍRITO SANTO.....	4
2.2. ZONAS NATURAIS E A VEGETAÇÃO NO ESPÍRITO SANTO.....	6
2.3. IMPACTOS DA SILVICULTURA NO ESPÍRITO SANTO.....	7
2.4. O PROCESSO PRODUTIVO E A SILVICULTURA.....	8
2.5. PRODUTIVIDADE DO EUCALIPTO.....	10
2.5.1. Classificação da Capacidade Produtiva.....	12
2.5.2. Características Ambientais.....	13
2.5.2.1. Variabilidade espacial de atributos do solo.....	13
2.5.2.2. Aspectos climáticos, do relevo e do solo.....	15
2.5.3. Operações Florestais.....	19
2.5.3.1. Mecanização do preparo do solo e o cultivo mínimo.....	20
2.5.3.2. Proteção florestal.....	26
2.5.3.3. Mensuração florestal.....	27
2.6. ANÁLISE TÉCNICA E DE CUSTOS DE PROJETOS FLORESTAIS.....	28
3. MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1. ÁREA DE ESTUDO.....	32
3.1.1. Vegetação, Relevo e Solo.....	35
3.2. CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS.....	36
3.2.1. Coleta de Dados.....	36
3.2.2. Estruturação de Dados.....	37
3.2.3. Manipulação dos Dados e Geração de Informação.....	37

3.3. POTENCIALIDADE DE MECANIZAÇÃO NO CULTIVO DO EUCALIPTO.....	38
3.4. ANÁLISE DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO.....	42
3.5. ANÁLISE TÉCNICA E DE CUSTOS DOS SISTEMAS DE CULTIVO MANUAL E MECANIZADO.....	44
3.5.1. Descrição das Operações Florestais.....	44
3.5.2. Altura de Povoamento de Eucalipto em Função do Preparo de Solo e da Exposição Solar do Terreno.....	50
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
4.1. CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS.....	52
4.2. POTENCIALIDADE DE MECANIZAÇÃO NO CULTIVO DO EUCALIPTO.....	66
4.3. ANÁLISE DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO.....	71
4.4. ANÁLISE TÉCNICA E DE CUSTOS DOS SISTEMAS DE CULTIVO MANUAL E MECANIZADO.....	77
4.4.1. Rendimento Operacional do Conjunto Trator-Subsolador.....	79
4.4.2. Rendimento Operacional do Conjunto Trator-Pulverizador.....	81
4.4.3. Análise do Rendimento das Atividades Manuais e Custos Variáveis de Implantação e Manutenção Florestais.....	83
4.5. ALTURA DE POVOAMENTO DE EUCALIPTO EM FUNÇÃO DO PREPARO DE SOLO E DA EXPOSIÇÃO SOLAR DO TERRENO.....	89
5. CONCLUSÕES.....	92
6. RECOMENDAÇÕES.....	93
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94
ANEXOS.....	105

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a formação de povoamentos florestais com fins econômicos ocorreu com a introdução do gênero *Eucalyptus* na região de Rio Claro – SP. O pioneirismo coube a Navarro de Andrade, técnico da Companhia Paulista de Estradas de Ferro, que em 1903 trouxe as primeiras sementes de eucalipto, árvore originária da Austrália, para plantio. Seu objetivo era encontrar uma solução para a produção de dormentes, postes e lenha para a ferrovia e as locomotivas (ANDRADE, 1911; ANDRADE, 1961).

Até o final da década de 60, a exploração florestal dos recursos naturais nativos era quase que exclusivamente predatória. A implantação de povoamentos de rápido crescimento deu novo impulso ao setor florestal, com a criação da política governamental de incentivo fiscal e do Código Florestal, nesse período (MACHADO, 2002; CANTO, 2006).

No Estado do Espírito Santo, no ano de 2008, os plantios atingiram 210.409 ha, sendo que em 167.521 ha a madeira é destinada ao setor de papel e celulose (ABRAF, 2009) Desse total, aproximadamente 35.700 ha eram cultivados por produtores rurais, no Programa Produtor Florestal da Fibria Celulose S.A. Estima-se que cerca de 60% estão em áreas declivosas, o que gera maiores custos com construção de estradas, preparo de solo para plantio, tratamentos culturais e colheita.

A integração dos produtores rurais à base produtiva, via fomento florestal, constitui um instrumento estratégico para suprir a demanda de matéria-prima das indústrias florestais, principalmente por estimular o mercado regional. Como forma de extensão, os setores rural e industrial conectam-se e formam um importante elo econômico. A atividade alavanca o setor produtivo com o fortalecimento do poder econômico do homem do campo, a redução de pressão sobre maciços e fragmentos nativos, sendo alternativa de produção em áreas ociosas, sem outra aptidão ou degradadas, e, principalmente, por oferecer ao produtor rural uma esperança sólida de melhoria de renda futura, com o cultivo do eucalipto. Entretanto, o fomento ainda carece de difusão de conhecimentos, máquinas e equipamentos acessíveis para que o produtor rural alcance competitividade e melhor rentabilidade nesse setor.

O problema na área rural, principalmente para os produtores capixabas, é evidenciado pelos seus relatos, com a dificuldade de executar as atividades florestais em áreas declivosas e seus custos elevados. Isso ocorre pelo fato de os produtores rurais terem pouca tradição e experiência na área de silvicultura, conforme identificado por Canto (2006). Essa autora relatou que, as condições climáticas, os custos elevados, a falta de mão de obra qualificada, de máquinas e equipamentos e o relevo montanhoso encontram-se entre os principais entraves na atividade.

O relevo das áreas declivosas tem sido relatado na literatura como o principal limitante para o tráfego de máquinas na área florestal. O impedimento para as máquinas subirem, descerem e trafegarem lateralmente com estabilidade compromete a produtividade de vários tipos de tratores florestais utilizados na colheita de eucalipto no Brasil (VALVERDE, 1995; LIMA, 1998). O conhecimento do limite de estabilidade de tratores, bem como o zoneamento das áreas onde podem ser realizadas as operações agrícolas, a fim de se evitarem acidentes, são fatores importantes no auxílio ao planejamento das atividades florestais (OLIVEIRA *et al.*, 2005).

Outro assunto a ser elucidado é como as faces de exposição solar influenciam o crescimento de eucaliptais, em terrenos inclinados. Alguns estudos têm mostrado que, as áreas com relevo declivoso são favoráveis ao desenvolvimento de culturas como o café e o eucalipto nos locais onde as exposições do terreno favorecem maior incidência de radiação solar, indicando maior aproveitamento da energia disponível para a demanda fotossintética e menor ocorrência de doenças (BARROS, 2006; BATISTA e MAFIA, 2009).

Siqueira *et al.* (2004) evidenciaram que os cafeicultores e pecuaristas, com produtividades abaixo da média no Estado, estão em franco processo de descapitalização e empobrecimento. A silvicultura torna-se atraente; pois, constitui-se uma fonte de renda alternativa mais acessível e compatível com o estado depauperado dos solos de suas propriedades.

1.1. HIPÓTESE

A operação de preparo de solo é uma das etapas que contribui com grande peso no custo da produção da madeira, na fase da implantação desses povoamentos. Juntamente com as operações de manutenção, compõem as fases que garantem patamares elevados de produtividade, observadas as boas práticas silviculturais. Verifica-se a necessidade de avaliar os custos das operações de implantação e manutenção de florestas de produção de eucalipto e seu desenvolvimento, em função das formas de preparo do solo, em áreas declivosas, assim como investigar as faces de exposição solar do terreno, na seleção de áreas para implantação desses povoamentos.

1.2. OBJETIVO GERAL

Este trabalho avalia as operações de implantação e manutenção de povoamento de eucalipto, em áreas declivosas no sul do Estado do Espírito Santo, sob aspectos técnicos e de custos com preparo do solo mecanizado e manual, em pequena propriedade rural.

1.2.1. Objetivos Específicos

- a) Determinar a potencialidade da mecanização no cultivo de eucalipto, em áreas declivosas, através da declividade operacional limite;
- b) Avaliar os atributos físicos e químicos do solo para cultivo de eucalipto;
- c) Analisar os rendimentos operacionais e os custos do cultivo manual e cultivo mecanizado, nas fases de implantação e manutenção florestais;
e
- d) Avaliar a altura de povoamento de eucalipto em função do preparo manual e mecanizado do solo e da exposição solar do terreno, aos 6 e 12 meses de idade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O AGRONEGÓCIO E OS CICLOS ECONÔMICOS NO ESPÍRITO SANTO

No Estado do Espírito Santo, a agricultura é um dos setores de maior relevância socioeconômica. É estratégico para a ocupação produtiva e a geração de renda de milhares de famílias capixabas, incluindo 80% dos municípios capixabas dependentes de atividades agrícolas. O agronegócio capixaba responde, atualmente, por cerca de 30% do PIB estadual e absorve aproximadamente 40% da população economicamente ativa, 28% da qual, vinculada diretamente à produção (PEDEAG, 2007; ESPÍRITO SANTO, 2009).

Desde os tempos mais remotos, com o início da exploração dos recursos naturais para subsistência, passando pela colonização tardia do Espírito Santo, cujo processo se deflagrou a partir de meados do século XIX, na época da escravatura, a atividade cafeeira impulsionou o primeiro grande ciclo de desenvolvimento. Com o passar do tempo, houve expansão da ocupação humana para o interior, em direção às ambicionadas riquezas minerais. Na região do vale do Itapemirim e nas áreas montanhosas, o grande impacto é creditado à expansão da lavoura cafeeira.

Apesar de trazer grandes benefícios para o estado, até o início dos anos 60, o café determinava o dinamismo econômico capixaba. Com o esgotamento dos solos e seu efeito na produção, a disseminação sem controle da broca do café e os movimentos cíclicos do preço do café, o ciclo do café sucumbiu ao ciclo seguinte – o da industrialização. A vinda do Programa Federal de Erradicação dos Cafezais deixou um rastro intenso de pobreza e êxodo rural, agravado pelas condições desfavoráveis do relevo e pela estrutura agrária familiar do estado. Ainda, o modelo de produção em pequenas propriedades familiares dificultava a substituição da cultura, em razão do caráter de subsistência de parte delas (PEDEAG, 2007; ESPÍRITO SANTO, 2009).

Siqueira *et al.* (2004) evidenciaram que os cafeicultores e pecuaristas, com produtividades abaixo da média no Estado, estão em franco processo de descapitalização e empobrecimento, podendo criar três situações de efeito desastroso, a saber: ampliação do passivo da mão de obra familiar ou de

empregos mal remunerados e seus encargos; aumento significativo da depreciação dos bens não contabilizados de sua propriedade, que se consomem; e, processo progressivo de degradação do valor da propriedade (terra) pela falta de uso das técnicas de conservação.

Do fim da época do Ciclo do Café até os dias de hoje, lavouras decadentes cederam área para a formação de pastos. O setor rural capixaba ainda persiste no modelo café-pecuária como binômio, conforme exposto no PEDEAG (2007). O Espírito Santo é o segundo maior produtor de café do Brasil e a cafeicultura domina as atividades agropecuárias do estado, com 43,26%, seguida pela produção animal e pela fruticultura, com 20,62% e 17,67%, respectivamente. Ao avaliarem a cafeicultura no estado por regiões, Ferrão *et al.* (2008) encontraram que, em 70% das regiões, o café, tanto arábica quanto conilon, apresenta produtividade média de baixa a muito baixa. Esse fato é agravado quando se observa que essas regiões respondem por 67,46% da produção do estado. Isso indica que ainda existe dificuldade para substituição da cultura, em razão de que 77% do total de produtores possuem base familiar de produção e que respondem por 41% da produção cafeeira do estado.

O esforço da economia capixaba em busca de diversificar sua base produtiva impulsionou a expansão industrial, centrada nos grandes projetos de produção de bens intermediários (*commodities*) e na exportação. Houve início do segundo ciclo de desenvolvimento do estado, com a instalação do Porto de Tubarão, das usinas de pelotização de minério de ferro e da fábrica de celulose (PEDEAG, 2007). Desde então, o cenário rural no Estado do Espírito Santo vem sendo alterado a cada ano. A cafeicultura, a fruticultura e a produção animal, produzidos em escala, são importantes para a economia espírito-santense; porém, existe espaço para uma diversificação planejada. A silvicultura avançou para a agricultura familiar, com a introdução da seringueira e dos povoamentos de eucalipto, com os programas de Extensão Florestal do Estado e o Fomento Florestal. Com relativa expressão, a silvicultura e o setor de celulose se destacam na economia local, dependentes, exclusivamente, do cultivo de eucalipto. Em sua maioria, o eucalipto é cultivado por empresas dos setores de papel e celulose e siderurgia (PEDEAG, 2007; ABRAF, 2009).

2.2. ZONAS NATURAIS E A VEGETAÇÃO NO ESPÍRITO SANTO

Lani (2008) demonstrou que, o Estado do Espírito Santo, com 46.184 km², é muito diverso em ambientes. As faixas de ambientes naturais dispõem-se paralelamente à costa, relacionando-se com o relevo, que influi na temperatura e na precipitação locais.

Há áreas planas e acidentadas, quentes e frias, pluviosas e secas, incluindo uma região pertencente ao polígono das secas, no norte do estado. Nas áreas acidentadas ocorrem zonas quentes, zonas amenas e zonas frias, relacionadas com as diferenças de altitude e ocupam 27,4% da área do estado.

Dentre as anotações de Ruschi (LANI, 2008), destaca-se a sua conceituação de que a Mata Atlântica refere-se às matas de encosta e altimontana, de porte menor, menos penetrável, mais diversa e rica em epífitas do que as florestas dos tabuleiros. O mapeamento da vegetação natural foi incluído no levantamento de solos do Brasil para caracterizar os solos por vias indiretas, sobretudo, indicações hídricas e térmicas. No Espírito Santo, segundo Achá-Panoso (LANI, 2008), a fase de vegetação que mais se destacou foi a floresta subperenifólia, sendo a mais comum no estado. Nela se encaixam as características da vegetação no entorno da área de estudo: decídua em parte; mesófila; ocorre, geralmente, com 60 a 90 dias secos por ano e mais de 1.000 mm de precipitações anuais.

A partir de 1993 (Decreto Federal nº 750) consideraram-se diversas formações, como Domínio da Mata Atlântica, dentre elas, a Floresta Ombrófila Densa Atlântica (ou Mata Atlântica propriamente dita), formação Mata de encosta. Suas características refletem as definições anteriores e incluem que a variabilidade das espécies varia regionalmente, destacando-se o palmito-juçara (*Euterpe edulis* Mart.), as quaresmeiras (*Tibouchina*), o gonçalo-alves (*Astronium graveolens* Jacq.), o ipê-amarelo (*Tabebuia*), as canelas (*Ocotea* e *Nectandra*), a braúna (*Melanoxylon*), o guapuruvu (*Schizolobium*) e diversas espécies de *Myrtaceae* (dos gêneros *Myrcia* e *Eugenia*, principalmente). São encontradas a bracatinga (*Mimosa*) e as embaúbas (*Cecropia*), em áreas perturbadas (LANI, 2008).

2.3. IMPACTOS DA SILVICULTURA NO ESPÍRITO SANTO

Ao contrário do resultado excludente dos dois grandes ciclos de desenvolvimento, os modelos de fomento florestal no Brasil são baseados em três pilares: econômico, social e ambiental (SCHETTINO e GONÇALVES, 2007; DONATI, 2008). É crescente o destaque do setor florestal brasileiro para a economia nacional. Assiste-se por todo o mundo, em diferentes tipos de organizações, o surgimento de um interesse renovado pelas atividades florestais, com destaque para sua importância na geração de empregos, absorvendo cerca de 4,3 milhões de pessoas, o que equivale a 5% da população economicamente ativa do nosso país (CENIBRA, 2003; ABRAF, 2009; PEREIRA e FIEDLER, 2009).

Na Aracruz Celulose S.A., o Programa Produtor Florestal movimentou cerca de R\$ 672,2 milhões em compra de madeira, insumos, adiantamentos financeiros e impostos, no decênio 1998-2008. Além de propiciar melhoria da qualidade de vida das famílias envolvidas, o programa gerou renda para os produtores, movimentou a economia dos municípios e viabilizou o reinvestimento nas propriedades (DONATI, 2008). No período de 1990-1998, a estrutura fundiária das propriedades que participavam do Fomento Florestal, implantado pela Aracruz Celulose S.A., mostrou que 75% das propriedades têm área menor que dez hectares e 25% têm área entre dez e cem hectares. Isso mostra que a grande maioria é composta por pequenos produtores (SIQUEIRA *et al.*, 2004).

Segundo Donati (2008), essa dimensão social gera empregos e cria novas empresas de prestação de serviços na ordem de 50 postos de trabalho por cada mil hectares plantados. Schettino e Gonçalves (2007), ao analisarem a ocupação principal dos agricultores no sul do estado, viram que o uso e a disponibilidade da mão de obra é maior nas propriedades que possuem povoamentos de eucalipto. A silvicultura cria, também, uma frente de trabalho diferente da ocupação habitual dos produtores, ocupando espaço durante a entressafra do café.

Toda essa cadeia é responsável por inúmeros produtos essenciais ao bem estar da sociedade, como papel para livros, cadernos, higiene pessoal, embalagens e madeira para fabricação de móveis, geração de energia, carvão

vegetal e construção civil; além de óleos essenciais com os quais são fabricados alimentos, produtos de limpeza, perfumes e remédios, entre outras aplicações (CENIBRA, 2003; ABRAF, 2009).

Em relação ao meio ambiente, são relevantes os benefícios ligados à proteção, recuperação e conscientização ambiental. A atividade humana tem causado mazelas com a ocupação do solo ao longo dos ciclos econômicos, nos diversos ecossistemas, em especial à Mata Atlântica. O plantio de eucalipto tem um papel significativo na proteção das matas nativas, uma vez que o programa prevê que parte da madeira produzida pode ser utilizada na própria propriedade (SCHETTINO e GONÇALVES, 2007; DONATI, 2008). Por isso, é interessante difundir a idéia do desenvolvimento rural sustentável, com ênfase na gestão de florestas naturais e plantadas e, ampliar nas escolas de ensino médio e fundamental, os modos de ensino sobre a importância desses recursos, tanto em termos socioambientais quanto econômicos, conforme preconizam Schettino e Gonçalves (2007) e o projeto Espírito Santo 2025 do Governo Estadual (ESPÍRITO SANTO, 2009).

Vários autores conceituados no país (GRAZIANO NETO, 2006; SCOLFORO, 2008; NOVAIS, 2009; SILVA, 2009) estudam este tema, dando grande respaldo científico aos plantios de eucalipto, desmistificando preconceitos e distorções a respeito da planta que pode, inclusive, contribuir para a conservação de solos degradados e a fixação do homem no campo.

Tudo isso confere ao cultivo do eucalipto, uma característica de sustentabilidade não vista anteriormente, que se torna importante para empresas, produtores, governo e sociedade, agregando valores e implantando um modelo de desenvolvimento sustentável no meio rural (CANTO, 2006; SCHETTINO e GONÇALVES, 2007; DONATI, 2008; ESPÍRITO SANTO, 2009).

2.4. O PROCESSO PRODUTIVO E A SILVICULTURA

As atividades econômicas vêm evoluindo até os dias de hoje, desde os tempos das trocas e do surgimento da moeda. Segundo Buarque (1984), uma característica dessas atividades econômicas tem sido obter formas mais eficientes nas trocas do homem com a natureza, ao reduzir a quantidade de

trabalho necessário, ao mesmo tempo em que aumenta a produção de bens e serviços.

Há algum tempo, a redução de custos operacionais no setor florestal, era o maior benefício da mecanização. Entretanto, com a diminuição da oferta de mão de obra e o aumento dos custos sociais, a mecanização das operações tornou-se peça importante na busca de acréscimo de produtividade e de maior controle efetivo de custos e da administração. Devido a sua importância econômica no Brasil, as empresas florestais utilizam espécies melhoradas geneticamente, máquinas em larga escala, e adotam treinamentos da mão de obra, visando aumentar a capacidade produtiva (MACHADO, 2002).

Com a crescente demanda por papel e celulose advinda de fontes renováveis, ambiental e socialmente amparadas, a demanda de matéria-prima para esse fim impulsiona planos de aumento da oferta de madeira, com a expansão de projetos florestais para produtores rurais, designado como fomento florestal. Portanto, os projetos florestais estão relacionados com o planejamento de indústrias, que além do enfoque local (uso dos recursos naturais), também possuem enfoque social e econômico (RESENDE e OLIVEIRA, 2001).

A silvicultura brasileira detém tecnologia de ponta na atividade. Segundo estimativas da ABRAF (2009), o setor florestal acumulou, em 2008, o total estimado de 6.126.000 ha com eucalipto e pinus, dos quais 70% de eucalipto e 456,7 mil ha de outras espécies (Acácia, Seringueira, Paricá, Teca, Araucária, Populus). Em Minas Gerais, primeiro colocado do país, o eucalipto utilizou uma área de 1,28 milhões de hectares (30%), seguido por São Paulo (21,9%) e Bahia (13,8%). O Espírito Santo detém o sexto lugar nesse ranking, com 210.409 ha plantados (4,9%). Isso tudo respeitando estritos padrões ambientais, bem como o Código Florestal.

Entretanto, as atividades florestais não alcançaram níveis mais arrojados recentemente, devido à crise financeira internacional, que chegou ao país no quarto trimestre de 2008. A crise expôs o setor a reduções das vendas internas e externas de celulose, aço e do consumo de painéis de madeira reconstituída e de móveis. Levou a adiamentos e à suspensão de vários investimentos, desde viveiros de mudas e grandes aquisições de novas áreas destinadas ao cultivo do eucalipto, até grandes empreendimentos em novas

plantas industriais em vários estados do país, com os naturais desdobramentos na readequação de quadros de pessoal próprio e terceirizado das empresas (ABRAF, 2009).

Mesmo assim, além da geração de empregos e serviços, o setor florestal brasileiro tem perspectivas futuras otimistas ao incrementar o potencial de uso dos biocombustíveis, ampliar o mercado de créditos de carbono, expandir as fronteiras florestais e ao sinalizar a instalação de novas plantas industriais.

Assim, o uso da terra no Brasil mostra que há muito para melhorar. A maioria das terras rurais privadas está destinada à pecuária e à agricultura, como mostram dados do Censo Agropecuário 2006 do IBGE, publicados em 2007. Esses dois usos representam 66,25% das terras rurais privadas e ocupam cerca de 26% do território nacional, com 218,6 milhões de hectares, sendo que 4,5% desta área são considerados como pastagens plantadas degradadas. Destaca-se, também, a quantidade de terras produtivas não utilizadas, com 16,4 milhões de hectares, que representam, aproximadamente, três vezes o total de terras ocupadas com florestas plantadas. As florestas plantadas ocupam apenas 0,72% da área total do país e 1,86% das terras rurais privadas, demonstrando elevado potencial para expansão (IBGE, 1996; ABRAF, 2009; IBGE, 2007).

2.5. PRODUTIVIDADE DO EUCALIPTO

No Brasil, o cultivo de eucalipto intensivo é baseado, principalmente, em povoamentos clonais formados com material de elevada produtividade, chegando a atingir valores na ordem de 45-60 m³/ha/ano. Estimativas mais conservadoras indicam que o incremento médio anual está em torno de 35 m³/ha/ano, variando de 30-60 m³/ha/ano, a depender da região, material genético, dos tratamentos culturais (ALFENAS *et al.*, 2004; CAMPOS e LEITE, 2006), dos níveis de fertilidade no solo (BARROS *et al.*, 1997b) e das características fisiográficas locais (BRAGA *et al.* 1999).

O desenvolvimento dos programas de melhoramento genético e da clonagem em escala comercial tem garantido a obtenção de ganhos genéticos importantes para a formação de povoamentos homogêneos produtivos

(ALFENAS *et al.*, 2004) e de maior qualidade para fins industriais (ORTIZ, 2003).

Muitos fatores que influenciam o crescimento das árvores e afetam a produtividade podem ser controlados por meio do manejo florestal. Esses fatores podem ser elencados, segundo Assmann (1961) citado em Ortiz (2003), como material genético (espécie e procedência); concorrência (espaçamento, desbastes e mortalidade natural); poda; riscos (doenças, insetos, ventos e fogo); clima (região, altitude, inclinação, exposição e precipitação); solo (geologia, pedologia, relevo e vegetação, inclinação e exposição); manejo (adubação, irrigação, utilização e queima).

Segundo Nappo (2007), o manejo florestal em florestas plantadas começa antes da implantação destas, no momento do planejamento da atividade florestal. O manejo estabelece a forma de aplicação das atividades para a formação e condução dos recursos a serem produzidos pelo povoamento, de forma que estes atendam às expectativas de qualidade, quantidade e custos aceitáveis. Maestri (2003) ressalta que o manejo florestal envolve a escolha de estratégias de ação que viabilizem o negócio como um todo.

No passado, não existiam recursos para modificar o ambiente de um determinado local, para mudar a densidade e a estrutura do povoamento florestal. Com o advento das práticas de fertilização e irrigação, tornou-se possível modificar algumas características, especialmente fertilidade e teores de água no solo (HUSCH *et al.*, 2003).

Novais *et al.* (1986) e Gava (1997) demonstraram que o potássio é um nutriente do solo que o eucalipto apresenta maiores respostas de crescimento com adubações de manutenção, aumentando o incremento de produtividade de ano para ano. Barros *et al.* (1997b) demonstraram que o acúmulo de potássio (K) na biomassa da parte aérea de povoamentos de *Eucalyptus grandis*, em função da idade, é crescente e foi explicado em 99% pela análise de regressão. Conforme descrito em Novais *et al.* (1986), para cálcio (Ca) e magnésio (Mg), a situação é semelhante à do K, sendo necessário propor níveis críticos de manutenção, além dos de implantação, pois os teores naturais do solo podem ser insuficientes para sustentar o crescimento das plantas, à medida que há exaustão desses elementos do solo. Ainda exposto

por esses autores, o fósforo (P) difere em exigências pelo eucalipto, havendo grande necessidade durante a implantação e mostrando queda exponencial do seu nível crítico de manutenção ao longo do tempo. Barros *et al.* (1997a) enfatizam a observância de níveis críticos dos nutrientes no solo e a sua demanda nutricional, respectivamente, para sítios de diferentes capacidades produtivas.

A adoção de técnicas nas operações de implantação e manutenção florestal deve; portanto, ser prioritária, visando à obtenção de povoamentos regulares e produtivos e que satisfaça economicamente as condições de implantação e de colheita.

2.5.1. Classificação da Capacidade Produtiva

A qualidade do sítio pode ser expressa pela capacidade produtiva florestal da área, que é determinada pela ação e interação de fatores do meio e influenciada pelas práticas de manejo florestal (BARROS *et al.*, 1976; HUSCH *et al.*, 2003). A relação entre o crescimento do povoamento e seu meio, referido como seu sítio, é de difícil mensuração. Ocorre uma interação independente entre os fatores do sítio e as plantas, tornando difícil associar relações de causa e efeito. Os fatores ambientais do sítio podem ser agrupados em edáficos, climáticos, topográficos e de competição (HUSCH *et al.*, 2003). Campos e Leite (2006) e Husch *et al.* (2003), ressaltam que, para o eucalipto e para a maioria das espécies, áreas de grande capacidade produtiva são também aquelas cujo crescimento em altura é elevado, podendo-se inferir que existe correlação positiva entre a altura dos indivíduos dominantes do povoamento e a capacidade produtiva do lugar.

Um sistema ideal de classificação de sítios, quanto à produtividade florestal, deve levar em consideração as características ambientais que causem variações de crescimento das árvores (EMBRAPA, 2000). Tal sistema permitiria equacionar a produtividade florestal como uma função do solo ao longo das sucessões. Do ponto de vista nutricional, deve-se levar em conta o conteúdo de nutrientes da planta. Sabe-se que, nas regiões tropicais, a maior proporção dos nutrientes do sistema pode estar imobilizada na biomassa.

Assim, a qualidade do local e a produtividade decrescem rapidamente se a técnica de exploração é intensiva ou inadequada.

De acordo com Campos e Leite (2006), essa qualidade de sítio pode ser expressa empiricamente por adjetivos subjetivos ou por meio de algum índice quantitativo, como o índice de local. Estabelecendo a relação entre a altura dominante e a idade, obtém-se diretamente a classificação da capacidade produtiva de um local, com uma expressão numérica. Entretanto, para ter consistência e confiabilidade da verdadeira tendência de crescimento das árvores, devem-se realizar medições sucessivas, abrangendo idades que vão desde a idade jovem (cerca de dois anos) até a idade próxima da que ocorre o máximo de incremento médio anual em volume.

A altura das árvores a ser medida deve estar em consonância com os objetivos do inventário florestal. A altura total e a altura comercial são as mais importantes. A altura total é mais facilmente visualizada, pois vai do nível do terreno até o topo da copa, onde o diâmetro tende a zero, sendo mais utilizada em povoamentos equiâneos. Para árvores de pequeno porte, a altura é medida diretamente, utilizando miras extensíveis graduadas. A altura das árvores é dependente do diâmetro (dap) e, também, da capacidade produtiva local. A inclusão de variáveis do povoamento, como a altura dominante, o dap, o índice de local e a idade, pode resultar em estimativas mais precisas da produção (CAMPOS e LEITE, 2006).

2.5.2. Características Ambientais

2.5.2.1. Variabilidade espacial de atributos do solo

A grande maioria dos ensaios de manejo e fertilidade do solo utiliza o método de delineamentos experimentais, no qual as observações são independentes umas das outras e as parcelas experimentais uniformes quanto aos atributos estudados. Em face do conhecimento ainda incipiente sobre o assunto, no início do século, a aceitação dessas hipóteses foi grande, sem a necessária verificação. A hipótese de independência entre as amostras apenas pode ser satisfeita e verificada na prática, se a amostragem contiver informações geográficas, como, por exemplo, as coordenadas com referências

a um eixo arbitrário para possibilitar análises da geoestatística. Caso contrário, a amostragem ao acaso pode falhar em detectar a existência de variabilidade espacial e, por isso, esconder a realidade (VIEIRA, 1997).

Existem ferramentas geoestatísticas que podem ser úteis na análise de variabilidade espacial de dados para os quais não existe independência entre amostras (VIEIRA *et al.*, 1981; VIEIRA *et al.*, 1983). Embora os efeitos da variabilidade espacial do solo nas culturas sejam uma preocupação antiga (MONTGOMERY, 1913 e HARRIS, 1920 citados em VIEIRA, 2000), diversos autores, ainda hoje, dedicam-se a pesquisá-los (SOUZA *et al.*, 2003; VIEIRA e GONZALEZ, 2003; CAVALCANTE *et al.*, 2007; OLIVEIRA, 2007; SILVA *et al.*, 2007). A teoria dos procedimentos, adotados em geoestatística, está amplamente discutida em Vieira (1997) e Vieira (2000).

Souza *et al.* (2004b) notaram que a variabilidade de atributos químicos é relativamente menor, no local com predomínio na pedoforma linear. Já no local em que apresenta as formas do relevo côncava e convexa, a variabilidade apresentou-se mais elevada, devido provavelmente à movimentação do relevo. Nesse sentido, Souza *et al.* (2003) demonstraram que as rotas preferenciais dos fluxos superficiais de água, em cada pedoforma, podem criar tendências para o carreamento de elementos químicos e físicos do solo, para determinadas regiões do relevo. Vieira (1997) também encontrou variação entre atributos químicos e físicos semelhantes à encontrada por Oliveira (2007).

Muitos trabalhos concluíram que existe dependência espacial entre os pontos amostrados, confirmando que o solo, independente de ser do mesmo tipo, apresenta variabilidade em seus atributos químicos e/ou físicos; ou seja, o solo é um meio heterogêneo. Conforme ressaltado por Moulin e Silva Júnior (2003), as análises clássicas, em que as observações são consideradas aleatórias e independentes espacialmente e que tratam o solo como meio homogêneo, devem ser substituídas por análises espaciais, que levam em consideração as relações entre observações vizinhas e que tratam o solo como um meio heterogêneo. Como as variáveis estudadas apresentaram a estrutura de dependência espacial, permitiu o seu mapeamento, utilizando-se técnicas geoestatísticas.

Para qualquer um dos atributos, foi possível notar que uma amostragem ao acaso falharia em apresentar as variações encontradas. Dessa maneira, quando se amostra ao acaso, está se escondendo uma variação que existe e deve ser considerada. Assim, a amplitude de variação revela os problemas que podem ocorrer quando se usa a média dos valores para o manejo da fertilidade. Em alguns locais da área, a aplicação de fertilizante será inferior à dosagem necessária; em outros, a aplicação será condizente com as necessidades e, em outros, poderá haver aplicação excessiva.

2.5.2.2. Aspectos climáticos, do relevo e do solo

O ritmo de crescimento da cultura do eucalipto no Brasil é dos mais acelerados do mundo e sua idade de rotação é menor em comparação com os ciclos de espécies de crescimento mais lento (MAESTRI, 2003). Entretanto, essa essência possui sensibilidade às variáveis de clima e solo, conforme relatado por Grespan (1997); Gonçalves (2003); Maestri (2003); Ortiz (2003); Silva (2007) e Facco (2008) e, também, pelas características fisiográficas do local (STAGE, 1976; BRAGA *et al.*, 1999). Outros estudos têm demonstrado que o crescimento de plantações de *Eucalyptus* spp. no Brasil (STAPE *et al.*, 2004; SOUZA *et al.*, 2006; ALMEIDA *et al.*, 2007), na Argentina (KOJIMA *et al.*, 2009) e em outros lugares como a África do Sul (DYE, 1996 citado em ALMEIDA *et al.*, 2007), é fortemente afetado pelo clima.

No estudo sobre tipos de solos na região de atuação da Aracruz Celulose S.A., no Estado do Espírito Santo e no extremo sul do Estado da Bahia, e sua aplicação aos plantios de eucalipto, EMBRAPA (2000) encontrou que as características edáficas, determinando maior ou menor deficiência hídrica, foram correlacionadas à produtividade do eucalipto, medida pelo inventário florestal, nos diversos sítios da região de domínio da Aracruz Celulose S.A. Dias Júnior *et al.* (1999), ao avaliarem a pressão de pré-consolidação e a umidade dos solos cultivados com *Eucalyptus* spp., também encontraram variações em relação ao tipo de solo. Os diferentes tipos de solos na região de Aracruz-ES, Podzólico Amarelo e Plintossolo, que representam cerca de 70% da área total cultivada com eucalipto nessa região, sofreram

variações diferentes na compactação do solo, em relação ao tráfego de máquinas durante a fase de colheita.

Segundo Souza *et al.* (2003), na pedoforma côncava, há tendência do fluxo de água se concentrarem no centro da pedoforma, fazendo com que haja maior acúmulo de sedimentos na base da encosta. Dessa forma, essa porção do terreno pode favorecer o crescimento das plantas em detrimento daquelas situadas na parte mais alta do terreno. Gonçalves (2003) também verificou correlação positiva entre produtividade e características edáficas, encontrando seis classes de produtividade em plantações de *E. grandis*, no Estado de São Paulo. Tanto as classes mais produtivas (69 a 77 estéreos/ha/ano) como as menos produtivas (32 a 39 estéreos/ha/ano) tiveram relação direta entre as características físicas e químicas do solo.

Ortiz (2003), relacionando a variabilidade dos atributos do solo e do relevo com o potencial produtivo dos plantios clonais de *E. grandis* da Suzano Papel e Celulose S.A., no Estado de São Paulo, destacou a relação indireta dos atributos cotas e alumínio e direta da soma de bases (principalmente o cátion potássio), argila, areia total e umidade com o potencial produtivo. As áreas de maior potencial produtivo apresentaram menores teores de alumínio e de argila total e maiores teores de soma de bases trocáveis além de ocuparem posição menos elevada no relevo. Esse cenário, em cotas mais baixas, favorece maior depósito de sedimentos e, com isso, disponibiliza mais nutrientes no sistema destas porções do terreno.

Grespan (1997) verificou, na região de São Mateus-ES, que os clones de eucalipto mostraram comportamento bastante variável quanto ao gradiente textural e a disponibilidade de nutrientes no solo. Mas encontrou que a cultura influenciou o ambiente, contribuindo para elevar os teores de matéria orgânica e a capacidade de troca de cátions dos solos, nas camadas 0-40 cm e 40-70 cm de profundidade. A matéria orgânica diminuiu a atividade do Al^{3+} , contribuindo com melhoras no pH.

O agrupamento de áreas homogêneas em unidades de manejo, quanto a características de clima, solo, relevo, cobertura vegetal e potencial de crescimento do eucalipto, possibilitam, assim, melhor entendimento das interações do eucalipto com o ambiente, bem como constituem a base para o ordenamento dos recursos naturais classificando sítios de altas produtividades

por ciclos consecutivos, com menor impacto ambiental. As variações de crescimento existentes, dentro de uma mesma área, estão associadas a diferenças edáficas, sendo determinantes diretos ou indiretos da produção florestal (EMBRAPA, 2000).

Stape *et al.* (2004) indicaram que, sítios produtivos produzem madeira, em rotação de seis anos, na metade da área requerida por sítios de baixa produtividade, sendo mais eficiente no uso da água. Ao avaliarem a eficiência de uso de água, luz e nitrogênio através de um gradiente geográfico no nordeste do Brasil, encontraram que, para cada 100 mm adicionais na precipitação anual, aumentaram o índice de área foliar em 0,3 unidades e a produtividade, em 2,3 toneladas (ton)/ha por ano. Nessa região, a pluviosidade decresceu de 1600 mm por ano na parte costeira, para menos do que 800 mm por ano, em apenas 120 km território adentro. Tal fato é confirmado pelo trabalho de Souza *et al.* (2006), em que a disponibilidade de água influenciou a produtividade de madeira. Para um aumento de 100 mm no total de precipitação anual, ocorreu um ganho médio de 0,445 m³/ha/mês, enquanto uma redução na mesma proporção, causou perda de 0,64 m³/ha/mês. Verificou-se, portanto, correlação positiva entre o total precipitado durante a estação chuvosa e o ganho de volume de madeira por hectare.

O estudo de Maestri (2003) permitiu concluir que o índice de sítio (IS) não é estável ao longo do ciclo da vida dos povoamentos clonais de *E. grandis*. Além disso, o fator disponibilidade de água, representado por variáveis coletadas diretamente na estação meteorológica ou via balanço hídrico, pode apresentar alta correlação com o crescimento anual em altura dominante, área basal e volume por hectare de povoamentos de eucalipto. Nota-se que foi possível aumentar a precisão dessas estimativas em 30,4%, 23,3% e 36,0%, quando comparado com o sistema de modelos sem inclusão de variáveis ambientais.

Conforme verificado por Grespan (1997), no trabalho de Facco (2008), os povoamentos de eucalipto contribuem com o ambiente mostrando serem importantes reguladores de vazão, facilitando a infiltração de água no solo e proporcionando maior permanência da água na microbacia. Facco (2008) também verificou que é importante considerar as características da topografia nos componentes do balanço hídrico em regiões de relevo ondulado.

Os plantios em áreas com encostas voltadas para o norte sofreram o estresse hídrico por mais tempo do que os plantios com áreas voltadas para o sul, com os tempos variando de 150 a 188 dias e de 55 a 140 dias, para as faces norte e sul, respectivamente.

Silva (2007) observou que há coerência no potencial produtivo em diferentes faces de exposição do plantio. Faces voltadas para o norte foram mais produtivas que a superfície plana e as voltadas para o sul. Nos povoamentos florestais da Celulose Nipo-Brasileira S.A. (CENIBRA), na bacia do Rio Doce, em Minas Gerais, houve tendência de áreas com menor déficit de pressão de vapor de água atmosférico e maiores disponibilidades de água no solo e de radiação solar serem as mais produtivas.

Braga *et al.* (1999), ao analisarem as características ambientais determinantes da capacidade produtiva de sítios cultivados com eucalipto, encontraram que as características fisiográficas (altitude, declividade e pedoforma) e a radiação solar destacaram-se, representando, indiretamente, fatores de ação direta sobre o crescimento do povoamento. Portanto, é necessário, prioritariamente, observar essas características na seleção de áreas para implantação e manutenção de povoamentos comerciais de eucalipto.

Nesse sentido, Stage (1976), ao verificar as condições de declividade e da exposição solar sobre o índice de sítio de povoamentos de *Pinus monticola* Dougl., nos Estados de Idaho e Washington (EUA), encontrou tendências decrescentes para este índice, quando a declividade aumentava de 5 para 30% e quando a exposição solar variava na área. Para uma mesma declividade, os melhores índices de sítio encontravam-se nas exposições com ângulos entre 0° e 67,5° e entre 337,5° e 360°, representando as faces norte e nordeste, em ambos os casos. Gallardo-Cruz *et al.* (2009) encontraram que a topografia do terreno influencia fortemente a distribuição da insolação no terreno. A radiação incidente foi 20% maior na face sul do que na face norte, mas não foi observada variação em relação à altitude, em área experimental no Estado de Oaxaca, sul do México. A distribuição de energia na superfície da terra tem forte relação com as condições do terreno. Ferreira *et al.* (2005) e Filho e Sá (2007) confirmaram, em seus experimentos, que no hemisfério sul todas as feições do relevo voltadas para a face norte recebem maior insolação e, do

mesmo modo, as faces voltadas para o sul, recebem menor quantidade. Entretanto, Ferreira *et al.* (2005) apresentaram que a exposição do terreno, especificamente as faces norte e sul, não teve efeito sobre a formação e na diferenciação de atributos químicos e físicos dos solos da região de Santa Maria, RS.

A declividade do terreno influencia, também, operações na fase de colheita florestal. Canto *et al.* (2006) analisaram a colheita semimecanizada e o transporte florestal em propriedades rurais fomentadas no Estado do Espírito Santo. Evidenciaram dificuldades dos produtores em executar essas atividades, devido a uma série de fatores, entre eles, o relevo montanhoso, ocorrente em 59,8% das propriedades avaliadas, corroborados por Siqueira *et al.* (2004), em que a maior parte dessas propriedades foi enquadrada em terrenos com declividade entre 23% a menos de 100%, representando as classes fortemente ondulada a fortemente montanhosa. Fato semelhante foi observado por Birro *et al.* (2002) e Oliveira *et al.* (2006), em que também as atividades de colheita foram dificultadas pelo declive. Verificaram que os estratos situados em menores declives e distâncias de extração apresentaram maior produtividade das operações de baldeio mecanizado em relação àqueles de maiores declives e distâncias de extração.

2.5.3. Operações Florestais

A implantação de povoamentos florestais envolve operações desde o preparo do solo até o completo estabelecimento deles, que ocorre geralmente no segundo ano após o plantio. A espécie a ser usada dependerá da destinação final da madeira, sendo mais recomendável o uso de materiais adaptados para a região de plantio (PEREIRA *et al.*, 2009), uma vez que a interação genótipo x ambiente é determinante para estabelecer o nível de produtividade de cada sítio. Paiva (2007) ressalta que todas as operações exigem um planejamento prévio, com conhecimento das técnicas e seus cuidados, não se esquecendo de observar a relação custo/benefício.

As operações sequenciais, para a implantação e manutenção de povoamentos de eucalipto em áreas declivosas, são listadas em Dalbem *et al.* (2008), Paiva (2007) e Pereira *et al.* (2009). Com a medição plani-altimétrica do

local e a coleta de solos para análises realizadas, a primeira fase é a limpeza da área, combate inicial a formigas cortadeiras e construção de aceiros e carregadores internos e externos. Em seguida, procede-se à marcação e abertura de covas e adubação inicial ou marcação das linhas mestras da subsolagem e a operação da subsolagem, com aplicação de fosfato nas áreas mecanizáveis. A aplicação de herbicida deve ser feita perto da época do plantio, para aproveitar melhor o efeito residual da capina química. Seguem-se o plantio propriamente dito com replantio, irrigação (se necessária) e a adubação de arranque, nas áreas mecanizáveis. As fases seguintes fazem parte da manutenção, envolvendo coroamentos, roçadas, aplicação de herbicida, conforme a necessidade e o tipo de infestação de ervas na área. As adubações são programadas de acordo com o resultado da análise de solo, em que são definidos os tipos de adubos e corretivos e suas respectivas doses e frequências. Geralmente, entre 12 e 18 meses após o plantio, o povoamento atinge o final do processo de implantação, havendo encontro das copas das árvores e o fechamento do dossel.

Com uma implantação criteriosa utilizando tecnologias aplicáveis ao manejo, possibilita-se maior aproveitamento dos recursos naturais disponíveis, otimização de práticas de manejo silvicultural e redução de custos operacionais e, por conseguinte, definir o sucesso do empreendimento e causar melhoria constante da qualidade ambiental (EMBRAPA, 2000).

2.5.3.1. Mecanização do preparo do solo e o cultivo mínimo

Com o passar dos anos, havendo constante uso da terra, a argila é arrastada das camadas superiores para regiões mais profundas (40-60 cm), podendo formar uma camada compactada, adensada, menos permeável do que a porção superior. Essa camada pode chegar a ficar tão dura e impermeável que impede o crescimento de raízes e a passagem de água e ar no solo, diminui a absorção de nutrientes e reflete na nutrição e fixação das plantas (GALETI, 1981; SEIXAS, 1988).

A compactação do solo é um processo em que a porosidade e a permeabilidade são reduzidas, a resistência é aumentada e muitas mudanças são provocadas na estrutura do solo e em várias características de seu

comportamento. Várias podem ser as causas da compactação, como o impacto das gotas de chuvas, trânsito de máquinas e animais até o preparo convencional do solo (SEIXAS, 1988; RICHART *et al.*, 2005).

Em seu livro intitulado “Manual do plantador de Eucalyptus”, Navarro de Andrade detalha que o preparo do solo quanto mais mobilizado melhor. Observa-se que plantações de eucalipto, em terrenos que não puderam ser preparados, apresentaram rendimentos muito inferiores àquelas em que os solos foram revolvidos por máquinas (ANDRADE, 1911). Entretanto, possivelmente devido à praticidade e baixo custo, o uso do fogo foi recomendado como prática para limpeza prévia de áreas com macega e capoeiras ralas, devendo-se observar a condição de umidade do solo e a legislação referente a esta prática (CÂNDIDO, 1974). No final da década de 80, o preparo de solo nas áreas reflorestadas consistia na eliminação, em geral por queima, dos resíduos da vegetação anterior e no revolvimento intenso de todo o solo da camada superficial, à semelhança do que se utiliza nos cultivos agrícolas convencionais (SANCHES *et al.*, 1995; FESSEL, 2003; MOLIN e SILVA JÚNIOR, 2003).

Quando utilizada a queima, o crescimento inicial da muda era rápido, o que levava à falsa impressão de excelente e duradoura condição para as plantas. Entretanto, Maluf (1991) demonstrou que a queima influenciou, negativamente, a sobrevivência do eucalipto aos 11 meses de idade e reduziu seu crescimento volumétrico em 10,8%. Gatto *et al.* (2003), também, demonstraram as perdas de incremento de madeira em rotações que são submetidas a esses métodos. Ao final da rotação, na fase de corte, a produtividade real do cultivo com queimada se igualou a tratamentos com menor mobilização do solo, desaparecendo as vantagens iniciais (ZEN, 1992 citado em ZEN *et al.*, 1995).

No sistema de preparo convencional do solo, a grade aradora tem sido o equipamento mais utilizado. Normalmente, a grade trabalha o solo a pouca profundidade e apresenta alto rendimento de campo, porém o uso contínuo desse implemento pode levar à formação de camadas compactadas, chamadas “pé de grade” (SILVEIRA *et al.*, 2001). Os arados, tanto de disco como de aiveca são equipamentos pouco utilizados, porque requerem maior tempo e energia para a sua operação, apesar de terem sido usados nas

décadas de 60 e 70 (GONÇALVES e STAPE, 2002). Esse preparo pulverizava a superfície e facilitava a erosão hídrica, com perdas de solo, e a exposição ao sol, com perdas de água por evaporação (GATTO *et al.*, 2003; RICHART *et al.*, 2005). Também, o desrespeito às condições mais favoráveis para o preparo do solo e o uso de máquinas cada vez maiores e pesadas para essas operações podem levar a modificações na estrutura do solo, favorecendo a compactação, que poderá interferir na infiltração de água no solo e no desenvolvimento radicular das culturas e, conseqüentemente, reduzir sua produtividade (RICHART *et al.*, 2005).

Na tentativa de solucionar os problemas decorrentes do preparo convencional do solo para implantação de povoamentos florestais, surgiram os preparos conservacionistas, que proporcionam menor mobilização do solo e mantêm maior proteção da superfície com os resíduos culturais (LOUZADA e MARCIANO, 1995; SANCHES *et al.*, 1995; ZEN *et al.*, 1995; GATTO *et al.*, 2003; RICHART *et al.*, 2005). A grade bedding, no início década de 80, trouxe avanços no preparo de solo na área florestal. Segundo Gonçalves e Stape (2002), o cultivo em nível e a adubação de base simultânea ao preparo do solo possibilitaram menor revolvimento do solo. O cultivo mínimo é um dos tipos de manejo conservacionista (RICHART *et al.*, 2005). A tecnologia atualmente utilizada no preparo do solo, para povoamentos florestais tecnificados, utiliza-se do cultivo mínimo do solo. O cultivo mínimo realiza um preparo de solo localizado apenas na linha ou cova de plantio, sendo que a subsolagem ou o coveamento são as principais operações de preparo do solo desse sistema (GONÇALVES e STAPE, 2002; GATTO *et al.*, 2003). Desde então, várias empresas do setor florestal especializaram-se no cultivo mínimo do solo através de processos mecanizados.

A subsolagem é a prática pela qual se rompe a camada adensada ou compactada, formada no interior do solo. Essa operação é realizada com subsoladores tracionados por tratores (GALETI, 1981; BURLA, 2001; FESSEL, 2003). Por se tratar de um rompimento brusco do subsolo, arrebetando-o e produzindo trincas, a subsolagem requer a utilização de maiores potências na tração do subsolador (GRANDI, 1998 citado em BURLA, 2001). Os subsoladores podem ser de arrasto ou acoplados no sistema hidráulico dos tratores. São equipados com hastes que podem variar de formato, sendo

encontrados três modelos: reta, curva e parabólica, dotadas ou não de asas (SEIXAS, 1988; BURLA, 2001). Na área florestal, os subsoladores são dotados de haste única, acoplados com um sistema de aplicação de fosfato em profundidade, um disco de corte na parte dianteira (corte de restos culturais) e um pequeno conjunto de discos de grade na parte traseira para fazer o acabamento do sulco, quebrando torrões (Figura 1).

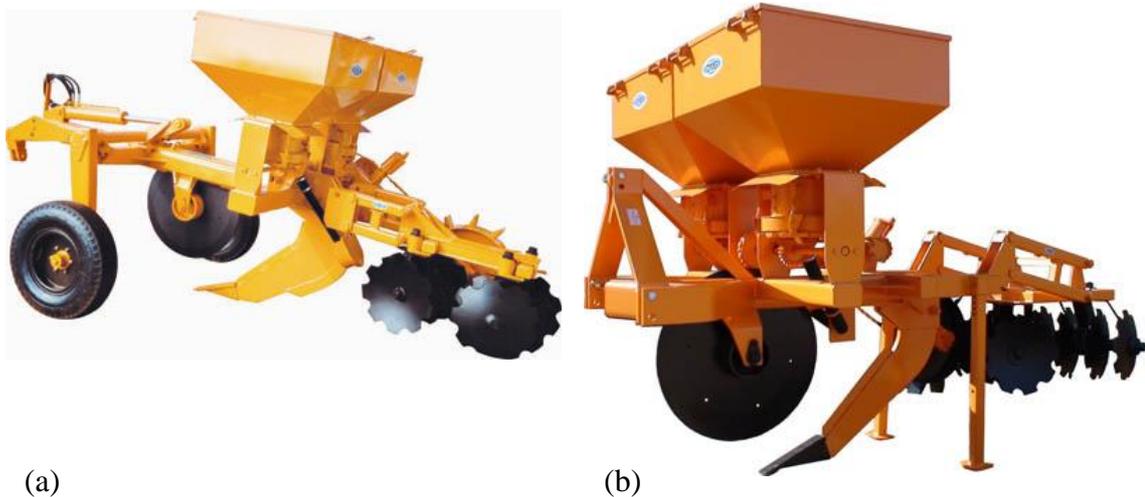


Figura 1 – Subsoladores utilizados na área florestal: (a) arrasto e (b) montado.
Fonte: Catálogo do produto DMB Máquinas Agrícolas.

Para Srivastava *et al.* (1993) e Fessel (2003), a subsolagem é utilizada para romper camadas de solo impermeáveis ou compactadas, em profundidades maiores que 40 cm, promovendo a infiltração de água, pouca mistura e nenhuma inversão de solo. Atualmente, profundidades entre 15 e 35 cm são consideradas como operação de escarificação. Especificamente no setor florestal, Dalbem *et al.* (2008), recomendam profundidade mínima de 50 cm no preparo de solo, em áreas mecanizáveis, para plantio de eucalipto. Barbieri *et al.* (1985), citados em Richarts *et al.* (2005), mencionam que a compactação do solo não se apresenta de forma contínua ao longo de grandes extensões. Dessa forma, a profundidade recomendada de trabalho deve ser orientada por um estudo prévio da extensão e profundidade das camadas compactadas ao longo do perfil do terreno, por meio do uso de penetrômetros ou penetrógrafos, conforme estudo de Molin e Silva Júnior (2003). As recomendações para a mecanização do preparo do solo variam conforme o tipo de solo, devendo haver observância de cuidados especiais devido a

tendências de erosões, alagamentos e presença de horizontes inferiores cimentados (EMBRAPA, 2000).

Conforme relataram Zen *et al.* (1995), a prática do cultivo mínimo como técnica de manejo de solo florestal teve início a partir da necessidade de reduzir o custo da implantação através da adequação das práticas de conservação de solo e reduzir os riscos decorrentes da queimada dos talhões. As premissas utilizadas partiram do pressuposto de que o próprio resíduo florestal (serrapilheira e restos da cultura) seria um excelente anteparo às gotas da chuva e atenuante da velocidade da água, que são os principais agentes do processo erosivo. Descrevem, ainda, que, em áreas com reflorestamento, a biomassa que recobre o solo após a colheita aos sete anos é de 34 a 44 ton/ha, composto pela serrapilheira (20 a 30 ton/ha) e a copa mais o ponteiro das árvores com diâmetro menor que 5 cm (\pm 14 ton/ha). Esse material de alta relação carbono/nitrogênio tem período de permanência prolongado e serve como protetor do solo, age diretamente na manutenção da umidade, atua como barreira física das plantas invasoras e altera sensivelmente a microbiologia do solo.

Louzada e Costa (1995), na apresentação sobre a utilização do sistema de cultivo mínimo na implantação de povoamentos de eucalipto na Veracruz Florestal, evidenciaram vantagens da aplicação de herbicida à base de glifosato em faixas. Relatam que, a permanência das invasoras formando uma "cobertura viva" no solo, principalmente na fase inicial de desenvolvimento do povoamento, diminui o impacto da retirada da vegetação original da área. Com isso, pode-se ter disponibilidade de alimentos alternativos para alguns insetos-praga (por exemplo, formigas cortadeiras e grilos desfolhadores), bem como preservar na área uma população de insetos-predadores importantes para o controle biológico das pragas florestais. Em alguns casos, tipos especiais de ervas funcionam como plantas iscas para atrair insetos-praga e facilitar o seu controle. Esse fato é confirmado pelo estudo de Zanuncio *et al.* (1995), em que, com o cultivo mínimo, a presença de vegetação entre as fileiras de eucalipto dificulta o estabelecimento de saúveiros e o ataque de insetos desfolhadores sobre as jovens plantas de eucalipto.

Ao consolidar informações acerca da mecanização de atividades silviculturais em relevo ondulado, Burla (2001) demonstra o uso de tratores

tracionando subsoladores e coveadores na fase de preparo do solo para plantio de eucalipto, nas áreas florestais da Cenibra, nas montanhas de Minas Gerais. Ressalta que o rendimento varia de 0,5 a 0,8 hectare e 1 hectare por hora efetiva de trabalho, para as operações de subsolagem e de coveamento mecânico, respectivamente. Gonçalves e Stape (2002) citam rendimentos semelhantes com subsoladores dupla-haste e coveadores duplos que realizam 0,7 a 1 ha/h e 0,4 a 0,7 ha/h, respectivamente.

Lima *et al.* (2004) observaram que a realização de algumas atividades no setor florestal, pode ser limitada em regiões de topografia acidentada, por não permitir o tráfego das máquinas com estabilidade. A estabilidade, longitudinal e transversal, está relacionada com a capacidade de uma máquina subir, descer e trafegar lateralmente em curva de nível, sem comprometer sua dirigibilidade. Com o conhecimento das inclinações-limite para o tráfego e com um modelo digital de elevação (MDE) de uma região, é possível determinar a potencialidade do uso de máquinas e equipamentos na área florestal.

Lima (1998) encontrou ângulos limites para o tráfego transversal de máquinas num sistema de colheita de eucalipto, utilizando os tratores “Skidder” e “Feller-Buncher”, no Estado de Minas Gerais. O valor limite da inclinação lateral, estimado para o tráfego dinâmico do “Skidder”, foi de 33,2%, estando próximo dos 35,0%, citado na literatura. Em função das características técnicas do “Feller-Buncher”, quando em operação, o tráfego desse trator deve ser restrito a áreas planas, pois este carrega feixes de árvores em pé, causando maior instabilidade transversal. A subsolagem deve ser feita em curva de nível, com deslocamento transversal ao declive. O limite de inclinação deve ser estimado pelo centro de gravidade do trator, sendo considerada uma faixa de segurança de 50%, mais uma ampliação dessa margem, segundo a declividade operacional limite sugerida por Mialhe (1980).

Burla (2001) alerta que o melhor resultado da subsolagem para o eucalipto ocorre em solos com menor teor de água. Não devem ser muito secos, para evitar a formação de torrões muito grandes, o que afetará as operações seguintes, principalmente o plantio. Com alto teor de água, o rompimento só acontece na região de passagem do subsolador, sendo o efeito perdido posteriormente. Nesse caso, a água atua como lubrificante entre as partículas, causando o deslizamento das mesmas (RICHART *et al.*, 2005). O

solo, na profundidade de trabalho, deve apresentar um teor de água tal que sua consistência exiba transição entre os estados duro e friável; conseqüentemente, as camadas superiores estarão mais secas (SEIXAS, 1988).

Sasaki *et al.* (2002) reforçam que, apesar de existirem diversas opções para realizar o preparo do solo, a subsolagem se consolidou na área florestal, devido a seus efeitos benéficos para o desenvolvimento das plantas e às suas vantagens operacionais (maior capacidade de trabalho) e econômicas (menor custo).

2.5.3.2. Proteção florestal

Os aceiros e os carregadores internos e externos são as principais vias de acesso aos talhões, facilitando o trânsito, a chegada de insumos e de pessoas, a extração futura da madeira, a prevenção e o combate aos incêndios florestais. Segundo Sant'Anna *et al.* (2007), no Brasil, além dos seres humanos, somente os raios poderiam causar incêndios florestais. Portanto, devido aos incêndios florestais terem sua origem, em grande parte, antrópica, deve-se manter os aceiros sempre limpos para evitar sua propagação e entrada nos talhões, vindo de vizinhos. A época de maior ocorrência sempre está associada aos meses de menor precipitação e menor umidade relativa do ar. Dentre as espécies, as plantações de eucalipto representam o tipo de vegetação mais atingida por incêndios florestais.

Em relação a pestes, o cuidado maior e sempre constante é o combate às formigas cortadeiras, especialmente as saúvas (*Atta spp*) e as quem-quéns (*Acromymex spp*). Outras ocorrências de insetos e patógenos são esporádicas e de difusão menos drástica do que em relação às culturas brancas. Raramente, se observa a ocorrência de epidemias de doenças, sendo que o melhoramento genético tem contribuído com a seleção de materiais imunes.

Em relação a outros insetos, recentemente, duas pragas se sobressaem: (a) o gorgulho-do-eucalipto (*Gonipterus scutellatus* Gyllenhal) e (b) o percevejo-bronzeado (*Thaumastocoris peregrinus*). No primeiro caso, a estratégia em campo baseou-se na associação de aplicações do fungo *Beauveria bassiana* e liberações da vespa parasitoide de ovos *Anaphes nitens*,

com muito sucesso na redução de danos no Espírito Santo. O percevejo-bronzeado surgiu no Brasil em meados de 2008, nos estados de São Paulo e no Rio Grande do Sul. Desde então, tem se disseminado rapidamente e causado danos severos em plantações de eucalipto. Ainda não se descobriu o método de controle, sendo que está em fase de estudo, inclusive a mensuração dos prejuízos causados à produção (WILCKEN, 2008; WILCKEN *et al.*, 2008).

2.5.3.3. Mensuração florestal

O inventário florestal é um ramo da ciência florestal que trata dos métodos para se obterem informações a respeito da cobertura vegetal, tais como área, volume e crescimento das árvores, qualidade e quantidade das espécies distribuídas em florestas naturais ou implantadas (PAULA NETO, 1997).

Husch, Beers e Kershaw Junior (2003), em seu livro dedicado a Charles I. Miller (1916 – 1997), enfatizam a necessidade da obtenção de dados de qualidade sobre o desenvolvimento dos povoamentos. Boas decisões no manejo florestal requerem boas ferramentas para analisar o impacto das atividades de manejo sobre os recursos florestais. Durante o século XX, a demanda de recursos florestais cresceu mundialmente, inclusive gerando demanda de manejo sobre outros fatores como vida selvagem, qualidade da água, oportunidade de recreação e biodiversidade.

Para se obter uma avaliação da produtividade de povoamentos, realiza-se um inventário florestal, que consiste na medição de parte da população, isto é, de unidades amostrais ou parcelas, para depois extrapolar os resultados para a área total. Assim, visando planejar as operações florestais, têm-se estimativas da quantidade e da distribuição da madeira disponível (LEITE e ANDRADE, 2002).

A estimativa do volume de madeira em uma floresta, como um todo, será feita com base no conhecimento da área da floresta e da área da parcela. É comum utilizar, para florestas implantadas, áreas de parcelas que variam de 400 a 600 metros quadrados, com as formas variando de circular, quadrada a retangular, a depender do relevo, da variabilidade do local e dentro da parcela,

do espaçamento (LEITE e ANDRADE, 2002) e dos objetivos do inventário (CAMPOS e LEITE, 2006). Husch *et al.* (2003) e Campos e Leite (2006) destacam que parcelas retangulares são mais indicadas para áreas com topografia difícil e grandes variações na altitude. Nessas situações, o eixo da parcela retangular deve ser orientado no sentido da maior declividade, obtendo-se máxima variabilidade da floresta nas amostras.

2.6. ANÁLISE TÉCNICA E DE CUSTOS DE PROJETOS FLORESTAIS

O projeto começa com a idéia de investir certa quantidade de capital na produção de bem ou serviço. Essa idéia tem que ser desenvolvida por um estudo que abrange as várias etapas, incluindo a análise das operações da execução do projeto (BUARQUE, 1984).

Buarque (1984) e Resende e Oliveira (2001) abordam que todo planejamento de projetos é dividido em duas fases: (a) fase macro e (b) fase micro. Na primeira fase, são considerados como fatores condicionantes gerais ou macrofatores, aspectos gerais inerentes a qualquer tipo de projeto: objetivo, localização do projeto, características de solo e clima, infra-estrutura, insumos necessários e mercado do produto.

Geralmente, essa fase é de responsabilidade do organismo central do planejamento (seja ele privado ou governamental). Nos programas de fomento florestal, as empresas garantem a compra de toda a produção dos projetos junto aos produtores. Essa parceria já dura quase 20 anos no Estado do Espírito Santo, junto à Fibria Celulose S.A.; há quase 40 anos no Estado de São Paulo, junto à Suzano Papel e Celulose S.A. e há mais de 50 anos em Minas Gerais, estado pioneiro da implantação do Fomento Florestal no Brasil (LADEIRA, 2002; FIBRIA, 2010; SUZANO, 2010). Assim, em termos de mercado do produto, principal gargalo da produção, os produtores participantes desses programas têm essa questão resolvida.

Diante da crescente demanda madeireira, há necessidade de utilização de um manejo florestal moderno, que requeira a integração entre floresta, indústria e mercado, a fim de garantir o retorno financeiro e, ao mesmo tempo, garantir uma base sustentável do estoque de crescimento das florestas. Para isso, é importante que sejam desenvolvidas e utilizadas técnicas que visem

identificar as oportunidades de mercado, as alternativas de uso e as estimativas de diferentes produtos que as florestas podem oferecer (LEITE, 1994).

O setor brasileiro de florestas plantadas, por meio da produção e exploração sustentável de suas florestas, oferece diversos produtos à sociedade, ao mesmo tempo em que mantém a biodiversidade e os serviços ambientais. A produção florestal pode ser subdividida em produtos madeireiros e não madeireiros. O uso dos produtos madeireiros são diversos, tais como energia, carvão vegetal, madeira serrada, celulose, produtos de madeira sólida, madeira processada e até os resíduos de madeira e créditos de carbono. Os produtos florestais não madeireiros também contribuem ao desenvolvimento e geração de receitas ao setor, e oferecem ao mercado várias opções, tais como resinas, borrachas, gomas, ceras, produtos aromáticos e medicinais, entre outros (BNDES, 2008; SBS, 2008; ABRAF, 2009).

Na segunda fase, são considerados como fatores condicionantes específicos ou microfatores, aspectos detalhados das atividades do projeto florestal: criação de mapas e de redes de acesso, talhamento, viveiro, aspectos silviculturais, manutenções e colheita florestal.

Nessa fase, são organizados os custos por atividade e feita a análise técnico-econômica (BUARQUE, 1984; RESENDE e OLIVEIRA, 2001). No caso do fomento florestal, essa fase é desenvolvida pelos produtores rurais, orientados pelo corpo técnico das empresas. Resende e Oliveira (2001) descrevem que a silvicultura engloba todo o processo produtivo para a produção da matéria-prima madeira. Compõe-se de um rol de atividades ou operações responsáveis pela implantação e formação do povoamento. Segundo esse autor, cada uma dessas operações deve ser caracterizada na fase de planejamento, incluindo rendimentos operacionais e custos unitários.

A análise de operações florestais está associada à coleta de dados em campo, contidos em relatórios de estudo de tempos e movimentos (VALVERDE, 1995). Segundo Barnes (1977), o estudo de tempos e movimentos é o estudo dos sistemas de trabalho com os seguintes objetivos: (1) desenvolver o sistema e o método preferido, usualmente aquele de menor custo; (2) padronizar esse sistema e método; (3) determinar o tempo gasto para uma pessoa, qualificada e devidamente treinada, trabalhando num ritmo

normal, executar uma tarefa ou operação específica; e (4) orientar o treinamento do trabalhador no método preferido. Dentre várias aplicações, o estudo de tempo é uma das técnicas mais utilizadas na organização racional das atividades e na verificação do tempo padrão para o controle da eficiência e custo da mão de obra (FIEDLER, 1998).

Conforme Paim (2007), dentre as etapas para a prática do estudo de cronometragem, a separação por elementos permite verificar melhorias possíveis, a regularidade da operação e separar o tempo produtivo do improdutivo. No setor florestal, com a aplicação desse estudo, é possível estratificar custos e conhecer a eficiência, o rendimento e a produtividade de um conjunto de operações, bem como os fatores que estão contribuindo para as interrupções do trabalho (ANDRADE, 1998).

Os custos das plantações foram descritos, em detalhes, por Navarro de Andrade, no início do século XX. Em terreno com trabalho manual, o custo com mão de obra para realizar roçadas de limpeza de área, alinhamento e abertura de covas, plantio e replantio, limpezas do 1º ao 5º ano e podas de limpeza ficou o equivalente a R\$ 3.572,00 por hectare, sendo cerca de 49,7% dessa despesa referente aos custos com mão de obra na implantação do povoamento, até a fase de replantio. A despesa em terreno preparado por máquinas, com as atividades de aração, gradagem, alinhamento e abertura de covas, plantio e demais operações de manutenção foi o equivalente a R\$ 2.600,00, sendo aproximadamente 59,1% dessa despesa referente ao gasto com a implantação do povoamento, até a fase de replantio. (ANDRADE, 1911).

Dossa *et al.* (2000), ao analisarem um sistema de produção de eucalipto, na região sul do país, em 1996, encontraram os custos com mão de obra e máquinas na implantação representando 56% dos custos totais incluindo a colheita. As despesas com corte representaram 33,5% na composição dos custos. A receita líquida atingiu margem bruta de 61,9%, aos sete anos, considerando produtividade de 184,8 m³/ha.

Siqueira *et al.* (2004) mostraram os custos com mão de obra e os rendimentos obtidos para o sistema manual, em áreas de fomento florestal no Espírito Santo, considerando produção média de 304 estéreos/ha e período de rotação médio de 6,5 anos. Os custos de implantação e manutenção do povoamento até a época da colheita foram de R\$ 851,01 por hectare e as

despesas com a colheita e transporte foram de R\$ 2.781,88 por hectare, representando, respectivamente, 23,4% e 76,6%. A receita líquida foi de R\$ 1.343,59 e representou 27% de lucro sobre a receita bruta.

Recentemente, ao avaliarem a situação do fomento florestal em Minas Gerais, Resende *et al.* (2006) encontraram que o custo com a mão de obra e máquinas na implantação foi de R\$ 910,00 por hectare e o de manutenção, R\$ 55,00 por hectare por ano, considerando um ciclo de sete anos e produtividade de 250 estéreos/ha. Além disso, considerou-se custo de oportunidade da terra, avaliado em R\$ 120,00/ha/ano. O custo total de implantação e manutenção ficou em R\$ 2.110,00/ha/ano. O custo com colheita e transporte chegou a R\$ 2.433,40/ha, sendo 100 km a distância do pátio de entrega da madeira. Assim, a receita bruta alcançou R\$ 8.750,00/ha e a líquida, R\$ 4.206,60/ha, representando 48,1% de lucro sobre a receita bruta.

Comparativamente às duas atividades agropecuárias principais no Estado do Espírito Santo, Siqueira *et al.* (2004) apontaram nítida vantagem do eucalipto frente à cafeicultura e à pecuária, confirmando a potencialidade do eucalipto como cultura preferencial na geração de renda líquida da terra, uma vez que o café e o gado ocupam cerca de 80% da área explorada economicamente no Estado. O eucalipto apresentou custo total (R\$/ha/ano) pelo menos 1,9 vezes inferior ao café. Em relação à pecuária de corte, apresentou custo de até 2,8 vezes superiores, entretanto, com receita bruta 3,9 vezes superior. Com atenção à receita líquida, o eucalipto supera o café e o gado em todos os níveis de produtividade adotados e considerada a média histórica dos preços. O fato dessas atividades ainda serem as principais no cenário rural deve-se à insistência dos produtores em cultivar café ou pastagem em áreas de baixo rendimento, explicada pela utilização da mão de obra familiar ou meeiros.

Resende e Oliveira (2001) concluem que a avaliação econômica define a viabilidade do projeto, a recomendação ou não de sua implantação e quais aspectos merecem observações mais cuidadosas, assim como compara os resultados encontrados com os retornos econômicos de outros projetos alternativos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. ÁREA DE ESTUDO

A análise técnica e de custos de dois sistemas de cultivo testados foi realizada a partir de uma área de implantação de contrato de fomento florestal da Fibria Celulose S.A., com fins de produção e venda de madeira de eucalipto para produção de celulose, em dois sistemas de cultivo (manual e mecanizado). A espécie usada foi desenvolvida pela Fibria, procedente de híbridos *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden x *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, com mudas clonais.

A área de estudo fica localizada no sul do Estado do Espírito Santo (Figura 2), no município de São José do Calçado, entre as coordenadas UTM (Projeção Universal Transversa de Mercator – DATUM SAD-69 Fuso 24S): norte= 7.682.974,189 m; sul= 7.682.588,817 m; leste= 226.675,383 m; e Oeste= 226.119,654 m.

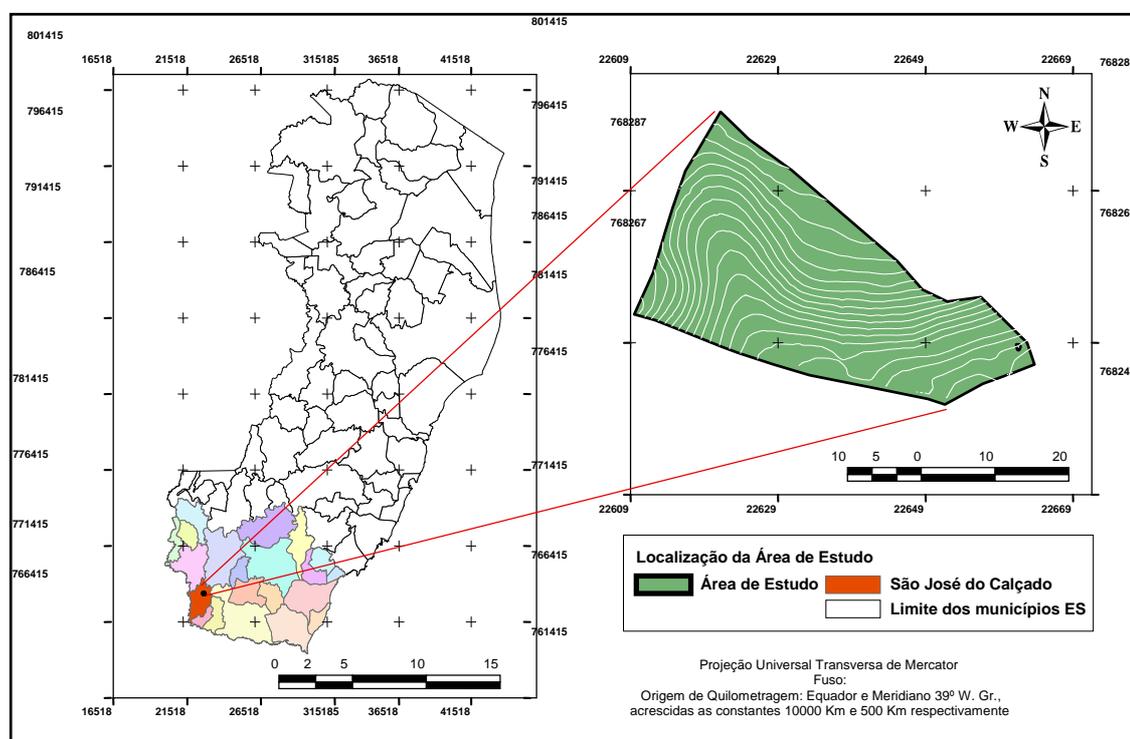


Figura 2 – Mapa de localização da área de estudo no sul do estado, em São José do Calçado – ES.

A altitude da propriedade varia entre 577,35 e 708,96 m. O talhão utilizado para a coleta de dados possui área de 10,02 ha e a área total do projeto é de 17,62 ha (Figura 3).

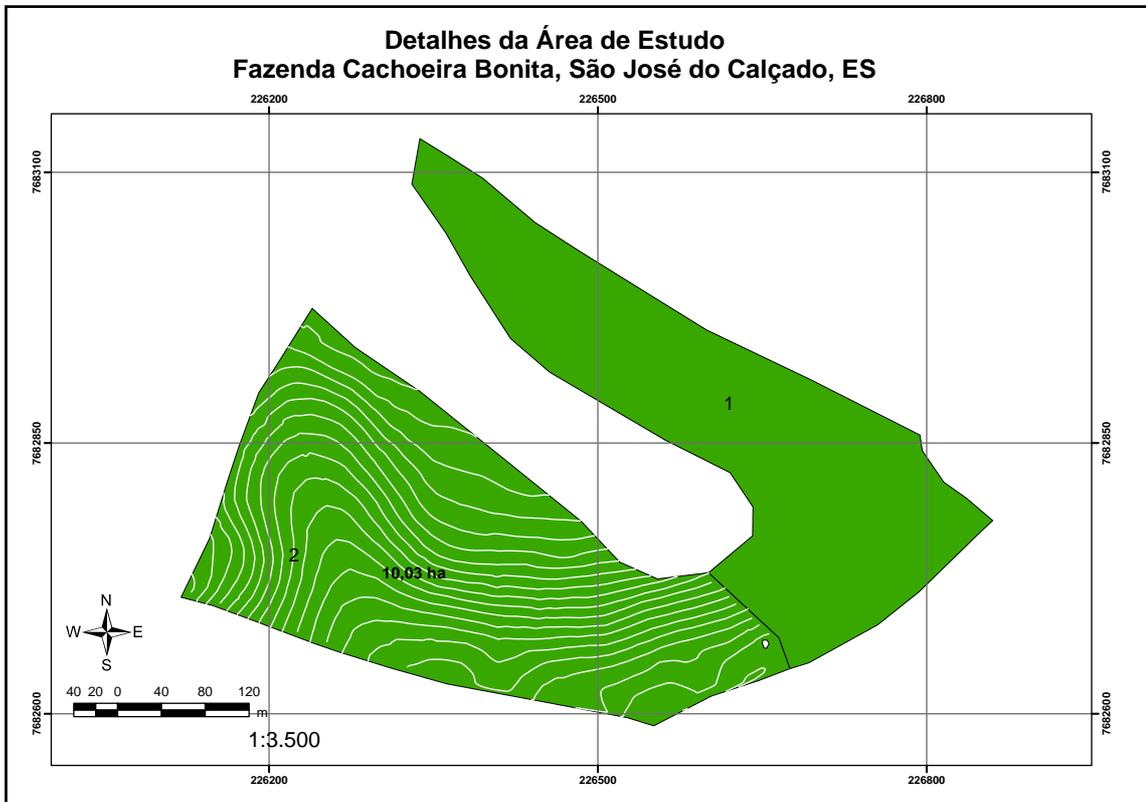


Figura 3 – A área total do projeto de 17,62 ha e a área de estudo no talhão nº.2, com área de 10,02 ha.

O acesso à área de estudo é feito pela ES-181, no sentido Alegre – São José do Calçado. A propriedade possui área total de 58 ha e já tem plantações particulares de eucalipto e uma gleba com palmeira real. O produtor também diversifica a produção com a cafeicultura, a piscicultura e a pecuária de corte. A propriedade e os limites da área de estudo podem ser visualizados na Figura 4.

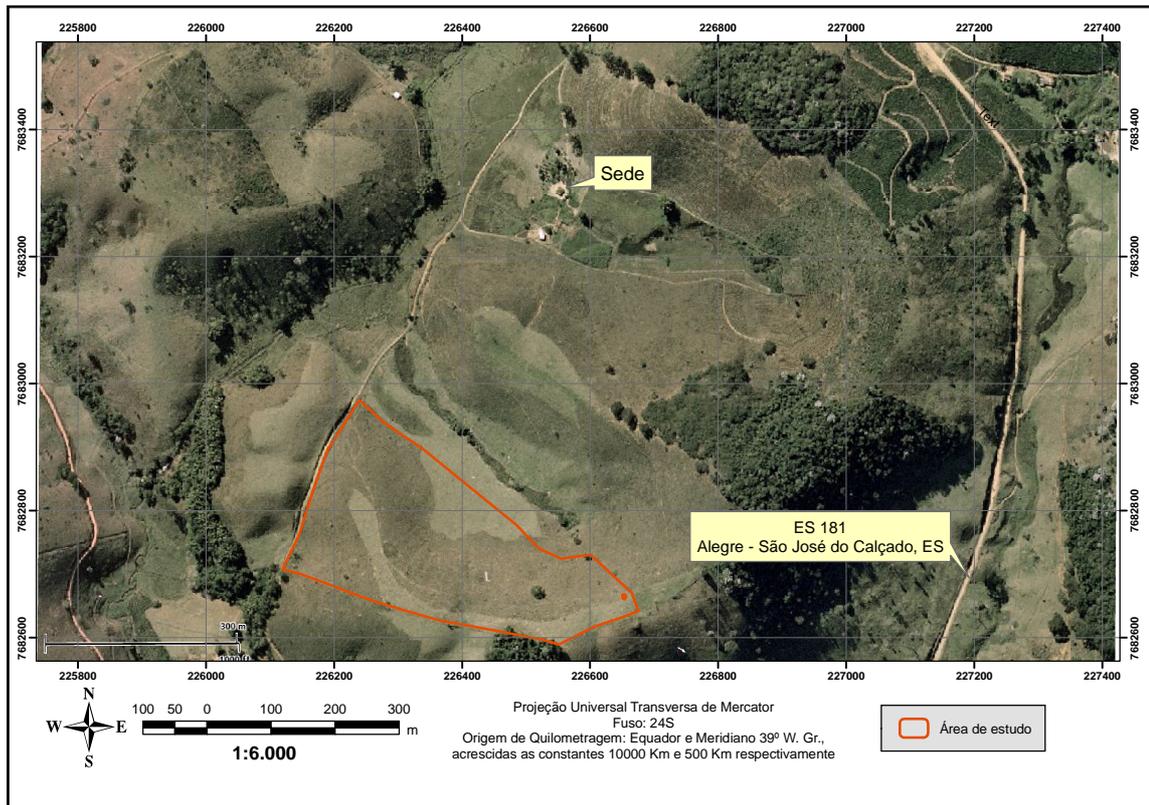


Figura 4 – Projeção da área de estudo (Talhão 2) sobre ortofoto.

Fonte: Geobases, 2009.

A região sul do estado compreende a mesorregião considerada como um tipo de utilização de manejo regular. A área de estudo está inserida na categoria I, com aptidão para silvicultura no nível Ib – aptidão preferencial para silvicultura (baseada em práticas agrícolas que refletem um nível tecnológico médio e com limitações moderadas para produção sustentada), conforme Mapa de Aptidão Florestal das Terras do Espírito Santo (BRASIL, 1979). Exigem níveis mais elevados de insumos para aumentar suas vantagens em um determinado tipo de utilização. Possui 48% de sua área apta para lavouras, a pastagem pode ser plantada em 32% e a silvicultura pode ocupar 13,40% da mesorregião, em 168.201 ha. As terras sem aptidão para o uso agrícola representam 6,5% do espaço regional. Nesse caso, outros tipos de utilização menos intensivos podem ser considerados tais como a preservação da natureza.

3.1.1. Vegetação, Relevo e Solo

A área de estudo está localizada na metade oeste do sul do Estado do Espírito Santo, com temperaturas amenas, acidentadas, transição chuvosa/seca. Essa região delimita 6,9% da área do estado, sendo a grande área do café arábica.

A fase de vegetação pertence ao domínio da Mata Atlântica, na Floresta Ombrófila Densa Atlântica (ou Mata Atlântica propriamente dita), formação Mata de encosta. Nela se encaixam as características da vegetação no entorno da área de estudo: floresta decídua em parte; mesófila; ocorre, em geral, com 60 a 90 dias secos por ano e mais de 1.000 mm de precipitações anuais. A área de estudo tinha como principal uso a pastagem, com predominância de gramíneas das espécies *Brachiaria brizantha* Hochst Stapf (capim-braquiária) e *Melinis minutiflora* P. Beauv. (capim-gordura). As matas existentes, adjacentes ao projeto, enquadram-se no domínio da Mata Atlântica, refletindo o uso do solo original da área.

De acordo com BRASIL (1979), as condições apresentadas pelas terras para uso de máquinas e implementos situam a área de estudo como grau de limitação moderado (relevo ondulado) a forte (relevo forte ondulado), com rendimento dos tratores entre 50 - 75% a menos do que 50%, respectivamente. Segundo o Mapa dos Níveis de Possibilidades das Terras para Mecanização, o nível da região é muito baixo, com impedimentos muito fortes quanto à mecanização.

Segundo o Mapa geral de solos do Espírito Santo, baseado no mapa exploratório de solos do Projeto RADAMBRASIL (LANI, 2008), o solo predominante é o Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), do tipo LVA9. É o local da grande área de solos amarelados, profundos e pobres. Comumente encontrado na parte montanhosa do Espírito Santo, o LVA caracteriza-se por médios teores de ferro. É caracterizado por um horizonte A moderado, com baixo teor de nutrientes e muito rico em alumínio. As argilas desses solos são de baixa atividade, o que os tornam mais pobres em nutrientes.

3.2. CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS

Utilizaram-se os métodos de Köppen e de Thorthwaite e Mather (1955) para caracterizar o clima e a disponibilidade hídrica da região. Obtiveram-se os valores médios da região do estudo, com uso do modelo numérico do terreno para espacialização dos dados pluviométricos, utilizando-se o método proposto por Castro (2008), e dos dados de temperatura, através do modelo matemático desenvolvido por Pezzopane *et al.* (2004), ajustado para todo o estado do Espírito Santo. Os dados climatológicos em bases mensais, oriundos do banco de dados dos postos pluviométricos da Agência Nacional de Águas (ANA), com periodicidade mínima de 20 anos, foram adquiridos gratuitamente através do sistema de informações hidrológicas *Hidro Web* (ANA, 2009). O balanço hídrico foi feito segundo a sequência desse método descrita em Vianello e Alves (1991), Pereira *et al.* (2002) e Maestri (2003).

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) foi a ferramenta de manipulação dos dados espaciais desta pesquisa, construindo um modelo digital de elevação (MDE) da área pesquisada. A partir dele, foram feitas todas as manipulações espaciais da pesquisa. O fluxograma desta metodologia de estudo pode ser conferido no Anexo 1.

Para desenvolver esta ferramenta, foram adotados procedimentos para cada componente, conforme extraídos de Assad e Sano (1998) e Santos (2002): aquisição e armazenamento dos dados; estruturação dos dados; manipulação dos dados e geração de informação.

3.2.1. Coleta de Dados

A primeira fase foi adquirir os dados na forma digital, no levantamento de campo. A caracterização do perfil topográfico da área em estudo foi feita pela empresa GTEC, com coleta de 780 pontos e suas feições (coordenadas UTM e cotas de altitude), gerando uma densidade de amostragem de aproximadamente 77,8 pontos por hectare. Mediram-se os mapas de implantação e de pós-plantio do contrato de fomento, delimitando os polígonos de plantio e suas respectivas áreas. A GTEC utilizou os sistemas Estação Total

(aparelho LEICA TC 407) e o *Global Positioning System* (GPS) Topográfico da marca Pro XRS da Trimble.

A medição dos polígonos, onde foi feita a capina química mecanizada e a marcação de pontos para instalação das parcelas experimentais e para coleta de solos, foi feita com o GPS geodésico GTR-1 da TechGeo e o GPSmap 60CSx da Garmin.

3.2.2. Estruturação dos Dados

Os conjuntos de dados foram transformados em um mesmo sistema de coordenadas geográficas, com coordenadas UTM e DATUM, adotado como o SAD69 fuso 24S. A resolução espacial das células depende da escala cartográfica de trabalho. A determinação da resolução espacial da célula do *grid* ou *pixel* foi feita com a Equação 1:

$$T = \frac{F \times DE \times 0,0254}{1,64} \quad (1)$$

Em que:

T = tamanho do *pixel*, m;

F = fator 1/50 para denominador de escala ≤ 20.000 ; e 1/60 para denominador de escala > 20.000 ; e

DE = denominador da escala do mapa.

3.2.3. Manipulação dos Dados e Geração de Informação

Seguindo a definição de Assad e Sano (1986), os modelos digitais são utilizados para se obter informações relevantes da superfície, sem a necessidade de se trabalhar diretamente nela. O modelo digital, ou modelo numérico do terreno (MNT), é gerado a partir de um conjunto de pontos amostrados da superfície real, sendo que as coordenadas x e y dos pontos estão relacionadas às posições de amostragem na superfície e a coordenada z está relacionada à variável que se quer modelar.

O MDE foi criado utilizando-se todos os pontos levantados em campo (coordenadas x, y e cotas z), através da criação de uma rede de malha triangular (*Tin*) e, em seguida, convertendo-a em uma imagem *raster*, com o

comando na ferramenta *3D Analyst: Tin to raster*. A manipulação e análise de dados determinaram, a partir do modelo de elevação digital (MDE), as classes de radiação solar global incidente, as faces de exposição solar, as curvas de nível e as classes de declividade do terreno, respectivamente, utilizando os comandos: *área solar radiation, aspect, contour* e *slope*.

O cálculo da radiação foi feito através do somatório da radiação direta e radiação difusa que chegam à superfície da terra, conforme consta no SIG. Os mapas temáticos relacionados à incidência de radiação foram expressos em Watt hora/m².

A verificação da acurácia da criação do MDE, pelo método da rede de malha triangular (*Tin*), foi realizada por meio da metodologia proposta por Caruso e Quarta (1998), também usada por Silva *et al.* (2007), em que, para a realização da verificação, um posto especificado é extraído. Assim, é possível obter o valor estimado do posto retirado e posteriormente compará-lo com o valor real da variável.

Juntamente com as faces de exposição predominantes na área, a qualidade do solo do sítio e a classificação climática, possibilitaram-se a análise das variáveis ambientais do local de estudo. Os resultados e as manipulações dos dados e análises foram em formato cartográfico. A partir desse ponto é que foram gerados os mapas temáticos de toda a manipulação dos dados espaciais, com as informações desejadas.

3.3. POTENCIALIDADE DE MECANIZAÇÃO NO CULTIVO DE EUCALIPTO

No preparo de solo mecanizado, utilizou-se um trator com potência de 150 cv turbinado, tração 4 x 2 auxiliar TDA, lastreado com 455 kg na parte dianteira e 150 kg em cada roda traseira e com peso total aproximado de 6.265 kg. A bitola foi usada no máximo, com 2,04 m e largura total do rodado foi de 2,50 m (Figura 5).



Figura 5 – Imagem do trator analisado, potência 150 cv, tração 4 x 2 auxiliar TDA, tracionando o subsolador-adubador de arrasto.

O trator foi equipado com um subsolador-adubador de arrasto, típico da área florestal, dotado de haste única, lisa e de formato parabólico, sem asa na sua extremidade, para o preparo mecanizado de solo (Figura 6). A profundidade de trabalho recomendada foi de, no mínimo, 50 cm com aplicação simultânea de fosfato natural reativo.



Figura 6 – Subsolador-adubador de arrasto típico utilizado na área de estudo. Fazenda Cachoeira Bonita, São José do Calçado – ES.

Comparou-se a área de subsolagem efetivamente realizada com a área teórica, limitada pela declividade operacional limite, conforme descrito em Mialhe (1980). Segundo esse autor, o conhecimento das condições de

equilíbrio permite a utilização segura do trator, evitando-se riscos de acidentes em terrenos de topografia acidentada.

Utilizou-se o SIG para comparar as áreas subsoladas realizadas na prática *versus* a estimada teórica, sobre o MDE criado para este estudo. Os resultados dessa análise possibilitaram gerar o percentual de área com mecanização do preparo de solo (subsolagem) possível de ser executado teoricamente, com amplas margens de segurança.

A trafegabilidade teórica do conjunto é limitada pelo ângulo máximo recomendável. As coordenadas do centro de gravidade (CG) são ilustradas na Figura 7 e seguem as normas ISO 789-6 e NBR 12567.

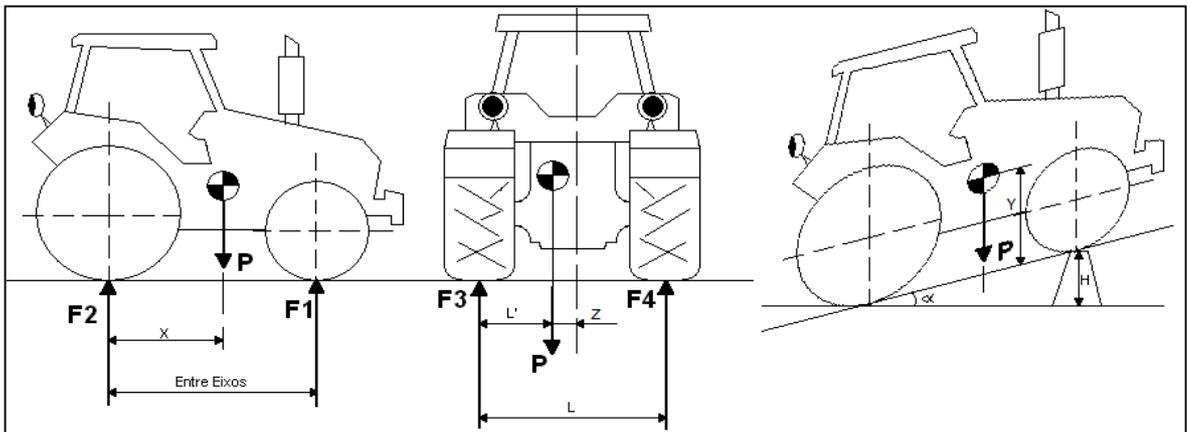


Figura 7 – Diagrama das coordenadas X, Y e Z do trator analisado, utilizadas para o cálculo do seu centro de gravidade (CG).
 Fonte: Zanotto (2008).

De acordo com as coordenadas do centro de gravidade e da bitola de trabalho do trator usado na subsolagem, foi definida a condição de equilíbrio estático lateral do conjunto trator-subsolador, dada pela Equação 2, extraída de Mialhe (1980) e utilizada por Lima (1998):

$$i = \arctg \frac{S}{2y} \quad (2)$$

Em que:

i = declividade do plano de apoio;

S = bitola, mm; e

Y = cota vertical do centro de gravidade, mm.

Na Equação 2, encontra-se a condição de equilíbrio estático lateral do trator analisado, quando a declividade do plano de apoio for igual a i . Ultrapassado esse valor, teoricamente o trator tomba lateralmente. Mesmo com esse limite, podem surgir obstáculos no percurso do trator, alterando o ângulo do plano de apoio e levando-o ao tombamento lateral. A declividade operacional limite (dl) recomenda o limite máximo de tráfego, no caso de ocorrer alteração no plano da superfície do terreno, constante ou repentina, causando desnivelamento entre os pontos de contato dos pneus com o solo, seja pelo fato de uma das rodas caminhar em sulcos ou devido às irregularidades da própria superfície do terreno (MIALHE, 1980). Assim, de acordo com a Equação 3, sugere-se ampliação da margem de segurança, ao considerar irregularidades presentes com riscos potenciais ao tráfego lateral seguro do trator:

$$dl = \arctg \frac{\frac{S^2}{2y} - P}{\frac{P \times S}{2y} + S} \quad (3)$$

Em que:

dl = declividade operacional limite, %;

y = cota vertical do centro de gravidade, mm;

S = bitola, mm; e

P = altura do desnivelamento da superfície do terreno e o plano de apoio do trator, mm.

Na prática, muito antes de ser atingida essa declividade, o trator corre sério risco de perder sua estabilidade lateral. Para tanto, estabeleceu-se a Equação 4 que permite obter o limite da condição de equilíbrio dinâmico para um dado trator, pois quanto maior for a velocidade de deslocamento, mais intensamente se manifesta a ação dos processos dinâmicos que podem provocar o tombamento lateral da máquina (MIALHE, 1980). Como norma de segurança, deve-se tomar apenas a metade do valor do ângulo de inclinação correspondente a i , para recomendar o limite máximo de inclinação do terreno da área de estudo que o conjunto trator-subsolador pode trabalhar.

$$\alpha_{\max} = 0,5 \times I \quad (4)$$

Em que:

α_{\max} = ângulo máximo recomendável para o conjunto trator subsolador;
 I = declividade limite (i ou dl).

Na operação da capina química pré-plantio, utilizou-se o trator MF 265 com um pulverizador de barra adaptado, para aplicação em faixa de dois metros de largura (“conceição aberta”) e bitola com 1,55 m. O pulverizador foi da marca Hatsuda, modelo HS 300, com capacidade para 300 litros de calda.

3.4. ANÁLISE DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO

Dentro da área de estudo, foram demarcados os pontos de amostragem de solo, com auxílio do GPS, distribuídos em grade regular de 33 m x 33 m , perfazendo 94 pontos e densidade de 9,6 pontos/ha (Figura 8).

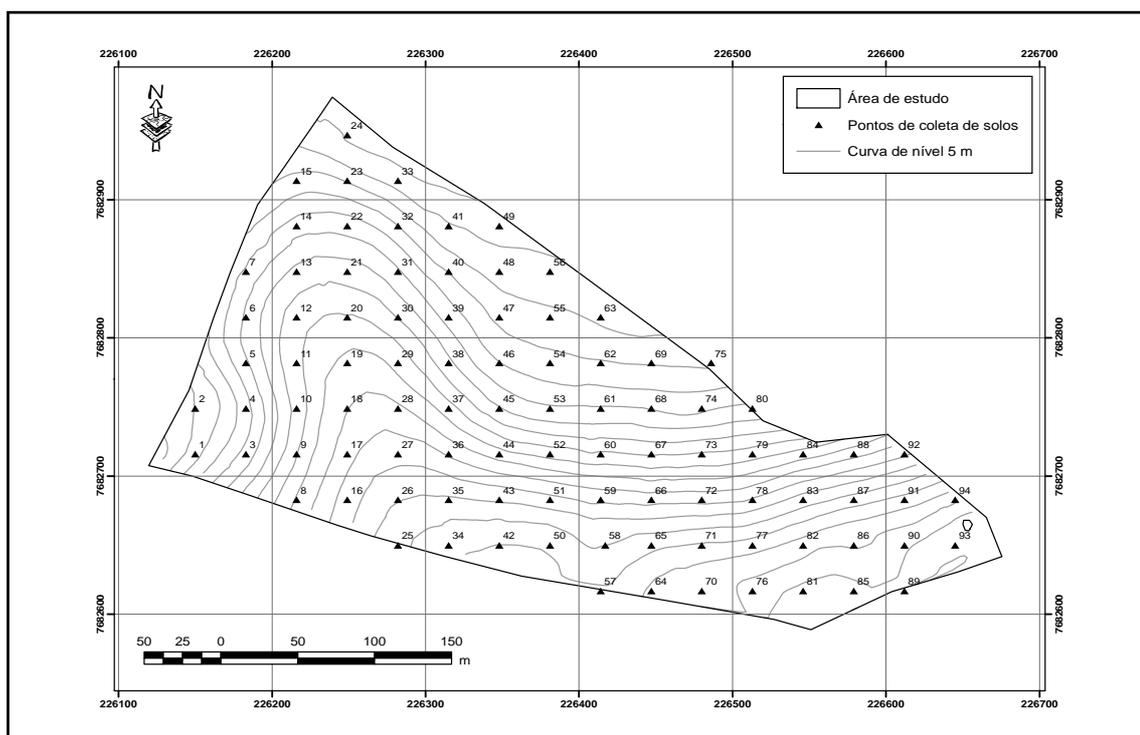


Figura 8 – Localização dos pontos de amostragem de solo na área de estudo.

A coleta foi realizada em cada ponto, conforme definido no arranjo da grade regular, criada com auxílio de uma planilha eletrônica e especializada no SIG. As amostras foram retiradas nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, com auxílio de um trado holandês inoxidável. Após a coleta, foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas, secas ao ar e passadas em peneiras de 2 mm, constituindo a terra seca fina ao ar (TFSA).

As análises das frações granulométricas e da fertilidade foram realizadas no laboratório de solos da Universidade Federal do Espírito Santo – Departamento de Engenharia Florestal.

Para extração e análise dos teores de nutrientes e frações granulométricas, foram utilizadas as metodologias propostas pela EMBRAPA (1997). Os atributos químicos analisados foram: pH em água, teores de fósforo (mg/dm^3), potássio (mg/dm^3) e sódio (mg/dm^3); cálcio (cmol/dm^3), magnésio (cmol/dm^3), alumínio (cmol/dm^3) e acidez potencial (cmol/dm^3); e matéria orgânica (dag/dm^3). Foram calculados os índices da soma de bases (SB - cmol/dm^3), capacidade de troca catiônica total (CTC - cmol/dm^3) e as percentagens de saturação de bases (V%) e de alumínio (m%). As frações granulométricas percentuais (areia, silte e argila) foram obtidas pelo método da pipeta, utilizando o agente dispersante NaOH (0,1M).

A existência da dependência espacial do potássio (K), do cálcio (Ca) e do magnésio (Mg) foi comprovada pelo variograma experimental utilizando o *Software GS+* (ROBERTSON, 1998), de acordo com metodologia pertinente à geoestatística. Métodos clássicos de análise estatística de dados geralmente supõem que, as realizações das variáveis aleatórias são independentes entre si, ou seja, que observações vizinhas não exercem influências umas sobre as outras. A análise espacial de dados apresenta-se como uma alternativa e/ou como uma complementação da análise clássica de dados, sendo que esse tipo de análise considera as correlações entre as observações, quando se fazem estimativas. Krige (1951), citado por Vieira (2000), em seus trabalhos com dados de mineração da África do Sul, concluiu que a variância dos dados possuía uma estruturação que dependia da distância de amostragem. A partir dessa constatação, surgiram os conceitos básicos de geoestatística, que estudam as variáveis que possuem algum grau de dependência espacial ou temporal.

À medida que a distância entre pontos amostrados aumenta, o valor estimado também aumenta até um valor máximo no qual se estabiliza. Esse valor máximo chama-se patamar (C) e é aproximadamente igual à variância dos dados. A distância na qual o valor estimado atinge o patamar é chamada de alcance, recebe o símbolo de “a” e é a distância limitada de dependência espacial. Medições localizadas a distâncias maiores que “a”, tem distribuição espacial aleatória e por isso são independentes entre si. Para essas amostras, a estatística clássica pode ser aplicada sem restrições. Por outro lado, amostras separadas por distâncias menores que “a”, são correlacionadas umas as outras, o que permite que se façam interpolações para espaçamentos menores do que amostrados. Dessa maneira, o alcance “a”, é a linha divisória para a aplicação de geoestatística ou estatística clássica. Tem-se um efeito pepita puro (C_0) ou ausência total de dependência espacial, quando o alcance “a” para os dados em questão, é menor do que o menor espaçamento entre amostras. Para esses dados, tem-se uma distribuição espacial completamente aleatória e a única estatística aplicável é a clássica.

No ajuste dos variogramas para cada elemento, através do *Software GS+*, obtiveram-se os parâmetros: efeito pepita (C_0), patamar (C_0+C) e o alcance (a) de dependência espacial. Em seguida, de posse desses parâmetros, fez-se a interpolação dos dados pelo método da krigagem ordinária, com o uso da ferramenta *3D Analyst*, comando *interpolate to raster/kriging*, no SIG. Para determinação do índice de dependência espacial (IDE), utilizou-se da relação $C/(C_0+C)$, de acordo com os critérios estabelecidos por Zimback (2001), em que são considerados os seguintes intervalos: fraca dependência para valores de $IDE \leq 25\%$; moderada entre $25\% < IDE < 75\%$; e forte para $IDE \geq 75\%$.

3.5. ANÁLISE TÉCNICA E DE CUSTOS DOS SISTEMAS DE CULTIVO MANUAL E MECANIZADO

3.5.1. Descrição das Operações Florestais

O cultivo do eucalipto envolve operações desde o preparo do solo até o seu completo estabelecimento, que geralmente ocorre entre 12 e 18 meses

após o plantio. Neste estudo, foram avaliados os custos das operações até os doze meses de idade, conforme o modelo listado na Figura 9.

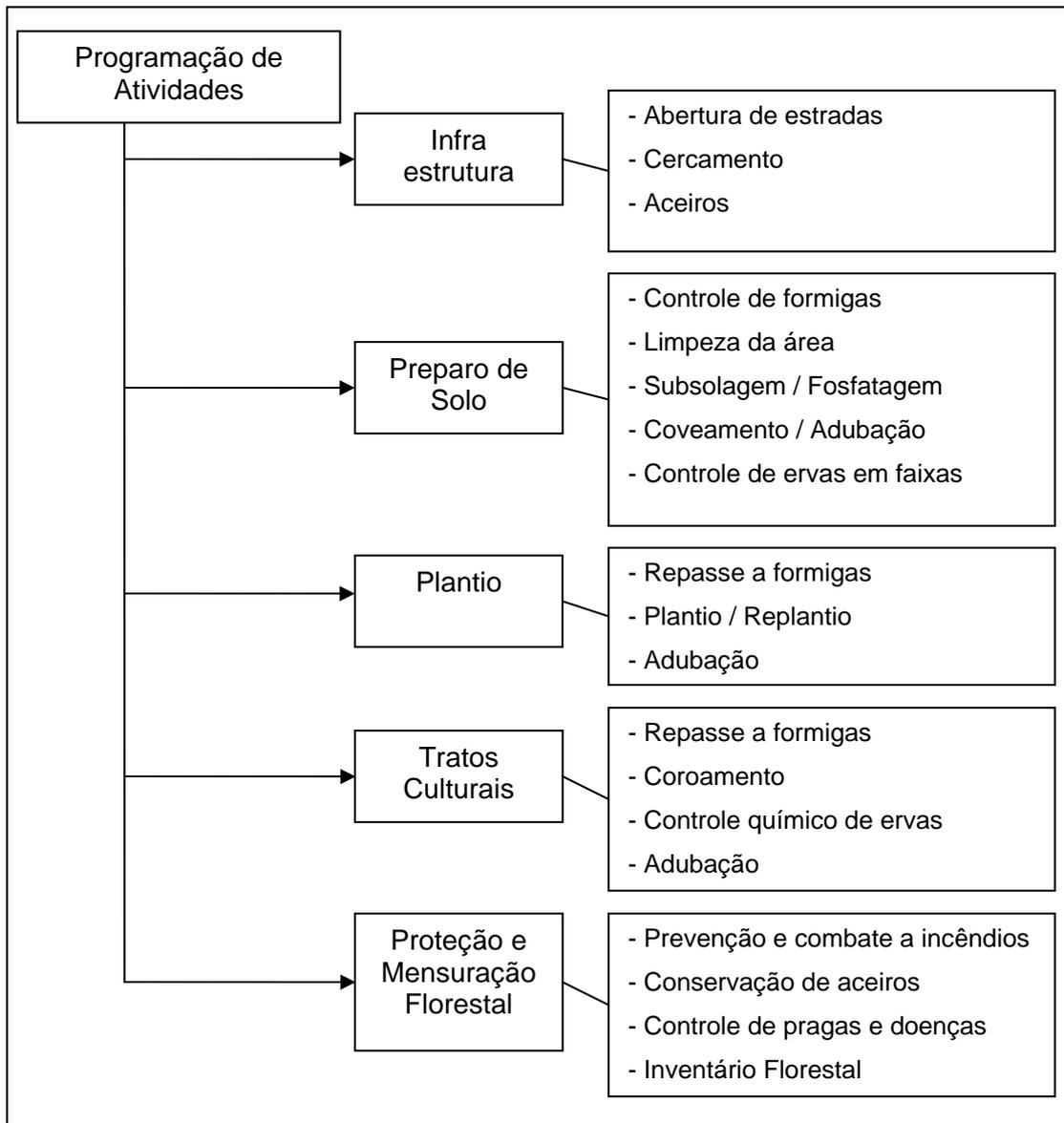


Figura 9 – Modelo da seqüência das operações florestais, adotado na área de estudo, em São José do Calçado – ES.

As operações de implantação e manutenção florestal seguiram recomendações técnicas do Programa Produtor Florestal da Fibria, complementadas por Paiva (2007) e Dalbem *et al.* (2008). Foram incluídos alguns itens com vistas a reduzir custos e impactos ao meio ambiente, tais como aplicação de herbicida em faixas e dose reduzida de herbicida por hectare (ZANUNCIO *et al.*, 1995; PEREIRA *et al.*, 2009).

O sistema mecanizado envolveu toda área em que foi possível fazer o preparo de solo com subsolagem. O sistema manual foi utilizado no restante da área, preparado com coveamento manual, feito com enxadão. Neste estudo, houve diferenças entre os sistemas de cultivo em relação ao espaçamento e o *stand*. O espaçamento de plantio adotado foi de 3 x 3 m totalizando, aproximadamente, 1.111 mudas por hectare, no sistema manual; e de 3,5 x 2,15 m totalizando, aproximadamente, 1.333 mudas por hectare, no sistema mecanizado.

Para o estudo de tempos e rendimentos das atividades manuais, foi determinado o tempo necessário a um operador qualificado, treinado, trabalhando num andamento normal, para completar uma tarefa determinada. Conforme Paim (2007), dentre as etapas para a prática do estudo de cronometragem, a separação por elementos permite verificar melhorias possíveis na operação e separar o tempo produtivo do improdutivo. Essa análise foi realizada em todas as operações de atividades de preparo do solo, plantio e manutenção e utilizou-se o método de tempos contínuos, ou seja, sem detenção do cronômetro (FIEDLER, 1998). Utilizou-se um cronômetro centesimal da marca Oregon e formulários específicos contendo as fases operacionais de cada operação.

O sistema de cultivo do eucalipto foi composto dos ciclos operacionais (a) limpeza de área e preparo inicial do solo, (b) plantio e (c) manutenção florestal. Para descrição dos elementos de cada ciclo operacional, foram consideradas as operações sequenciais, sendo alterados alguns elementos no caso do sistema mecanizado, em função da estrutura utilizada (Tabela 1).

Tabela 1 – Descrição dos elementos de cada ciclo operacional analisado

Ciclo	Elementos do ciclo	Sistema manual	Sistema mecanizado	
2 meses - 0	Limpeza e preparo inicial do solo	Combate inicial a formigas cortadeiras	Distribuição manual e de forma sistemática e localizada de formicidas abrangendo toda a área de plantio e 50 m ao redor.	Idem.
		Roçada	Limpeza do terreno, na qual se retiram plantas indesejáveis da área. Uso de foices.	Idem.
		Subsolagem	-	Operação de preparo inicial do solo, com subsolagem feita com trator.
		Marcação e alinhamento	Etapa de planejamento e demarcação das covas na área.	Demarca as covas nas linhas da subsolagem, fazendo bacias para acertar o local do plantio.
		Coveamento	Procedimento de escavação do solo para preparo do plantio. Uso de enxada.	-
		Capina química em faixas	Uso de herbicidas para eliminar plantas indesejáveis. Feito com pulverizador costal manual.	Idem nas áreas mais declivosas. Feito com trator nas partes menos declivosas.
		Adubação pré-plantio	Aplicação de adubo conforme análise de solo, na cova de plantio e misturado manualmente ao solo.	Feito durante a subsolagem, com aplicação de fosfato, no mesmo implemento.
		Preenchimento das covas	Processo de preenchimento das covas com o solo retirado das mesmas.	-
0 – 1º mês	Plantio	1º repasse a formigas	Distribuição manual localizada de formicidas na área de plantio.	Idem.
		Plantio efetivo	Processo de introdução das mudas nas covas. Operação manual com o uso de chucho.	Idem.
		Adubação pós-plantio	-	Enterrio de adubo de arranque, ao lado das mudas.
		Replantio	Procedimento de substituição das mudas mortas ou danificadas.	Idem.
2º mês – 1 ano	Manutenção florestal	2º repasse a formigas	Distribuição manual localizada de formicidas na área de plantio.	Idem.
		Coroamento	Eliminação de invasoras envolta da muda (círculo). Atividade realizada de forma manual com enxada (raio médio de 60 cm).	Idem.
		Capina química pós-plantio em área total	Uso de herbicidas para eliminar plantas indesejáveis. Feito com o pulverizador costal manual.	Idem.
		Adubação de cobertura	Distribuição manual do adubo nas laterais da muda a lanço. Metade da dose em cada lado.	Idem, dose ao longo do espaço entre plantas, sobre a linha da subsolagem.
		Limpeza dos aceiros	Remoção de material combustível na bordadura do projeto, para prevenção contra incêndios.	Idem.

Fonte: Adaptado de Paiva (2007); Dalbem et al. (2008); Pereira et al. (2009).

Foram analisados nove elementos do ciclo operacional (a), sendo eles: abertura de estradas, cercamento, combate inicial a formigas cortadeiras, roçada, marcação e alinhamento, subsolagem ou coveamento, capina química, adubação pré-plantio e preenchimento das covas. Para o ciclo (b), foram mais quatro, a saber: 1º repasse a formigas, plantio efetivo, adubação pós-plantio (na parte mecanizada) e replantio. No ciclo operacional (c), os outros cinco: 2º repasse a formigas, coroamento, capina química pós-plantio, adubação de cobertura e limpeza dos aceiros.

A coleta de dados foi realizada durante o período de outubro de 2008 a fevereiro de 2010. Devido à característica de algumas atividades, tais como cercamento, abertura de estradas e aceiros, transporte e distribuição de insumos e roçadas, optou-se por medir o dispêndio em horas e seu custo final, pois essas operações foram realizadas de forma contínua, optando-se por censo.

Foi realizado um estudo piloto de algumas operações, buscando definir o número mínimo de amostras necessárias para proporcionar um erro de amostragem máximo de 5% (Equação 5), segundo a metodologia adaptada de Conaw (1977):

$$n \geq \frac{t^2 \times \sigma^2}{e^2} \quad (5)$$

Em que:

n = número mínimo de ciclos necessários;

t = coeficiente tabelado ao nível de probabilidade desejado e (n – 1) graus de liberdade;

σ^2 = variância dos dados; e

e = erro admissível, em percentagem.

O percentual de tempo gasto por cada elemento do ciclo operacional, foi calculado durante as fases de implantação e manutenção florestais, conjuntamente nos dois sistemas de cultivo, manual e mecanizado. No sistema manual o tempo improdutivo foi basicamente composto pelas interrupções pessoais (alimentação, fumar, necessidades fisiológicas, repouso e consumo de água).

No caso das atividades com uso de trator, as interrupções das atividades foram separadas em interrupções pessoais (tomar água, repouso, fumar, necessidades fisiológicas) e operacionais (deslocamento até os talhões, deslocamento entre talhões, manobras, espera do trator para reabastecimento, eventuais manutenções de máquinas e implementos, abastecimento do fertilizante, deslocamentos da área de trabalho para o local de alimentação e vice-versa). A disponibilidade mecânica foi calculada a partir do tempo produtivo, excluindo-se o tempo de paradas mecânicas (eventuais manutenções de máquinas e implementos), que efetivamente paralizaram o funcionamento do conjunto tratorizado. Em seguida, dividiu-se o tempo produtivo pelo tempo total de operação, obtendo a disponibilidade mecânica do conjunto, em percentual.

Para ambos os sistemas de cultivo, a capacidade operacional teórica foi estabelecida de acordo com o estudo do tempo e movimento inicial (piloto). Foi calculada dividindo-se a área realizada em hectares (ha) pelo tempo gasto efetivamente na operação considerada. A capacidade operacional efetiva foi obtida através da área realizada (ha), sobre o tempo total gasto na atividade, não descontado o tempo improdutivo. O cálculo da eficiência operacional foi feito dividindo-se a capacidade operacional efetiva pela capacidade operacional teórica, obtendo-se o resultado em percentual.

O custo da mão de obra empregada foi calculado de acordo com o contrato de trabalho temporário, estabelecido junto ao Sindicato Rural de São José do Calçado (ES). Esse custo foi obtido em valores mensais, em função das horas trabalhadas, compreendendo os custos com salários diretos e benefícios sociais como décimo terceiro, férias, indenizações e equipamentos de proteção individual. A Equação 6 utilizada foi extraída de Rocha (2006):

$$COM = \frac{Sal \times Enc}{hfm} \quad (6)$$

Em que:

COM = custo com mão de obra (R\$/hora efetiva);

Sal = salário do trabalhador (R\$);

Enc = encargos trabalhistas; e

hfm = hora efetiva do trabalhador por mês.

Ainda, consideraram-se nesta pesquisa, 20% sobre os custos da mão de obra a título de custo de administração (CA). Relaciona-se com serviços de escritório (contabilidade e finanças) e supervisão de campo em horas efetivas. Contabilizado igualmente ao COM, em R\$/hf (Equação 7):

$$CA = 0,20 \times COM \quad (7)$$

Em que:

CA = custo de administração (R\$/hora efetiva); e

COM = custo com mão de obra (R\$/hora efetiva).

Em relação às atividades mecanizadas, o custo foi atribuído de acordo com as despesas das horas gastas pelos tratores, na abertura de estradas, na subsolagem e na capina química pré-plantio.

Diante dos custos operacionais (R\$/hora) e dos rendimentos de operações manuais e tratorizadas (ha/hora), foi possível determinar o custo de implantação e manutenção (R\$/ha) de um povoamento de eucalipto, em áreas declivosas e nos dois sistemas de cultivo, manual e mecanizado.

No experimento, foi realizado o inventário florestal para comparação do efeito de cada sistema de cultivo (manual e mecanizado) sobre a variável altura. Foram feitas duas medições em altura, aos seis e doze meses de idade das plantas, em cada sistema de cultivo.

3.5.2. Altura de Povoamento de Eucalipto em Função do Preparo do Solo e da Exposição Solar do Terreno

O delineamento adotado foi em blocos ao acaso, com repetição, cujos efeitos foram fixos para tratamentos e blocos, conforme descrito em Vieira e Hoffmann (1989). Os tratamentos foram manual e mecanizado e os blocos foram as faces de exposição solar: norte + nordeste e oeste + noroeste, com seis repetições (Equação 8).

$$Y_{ijk} = \mu + B_j + T_i + T_i B_j + \epsilon_{ijk} \quad (8)$$

Em que:

Y_{ijk} = efeito da observação k, no tratamento i, no bloco j;

μ = efeito da média geral;

B_j = efeito do bloco j, j = 1 e 2;

T_i = efeito do tratamento i , $i = 1$ e 2 ;
 $T_i B_j$ = efeito da interação tratamento *versus* bloco;
 ϵ_{ijk} = erro aleatório associado à observação Y_{ijk} , suposto normal e independentemente distribuído com média zero e variância σ^2 , $k = 1;2;\dots;6$.

As unidades de amostra foram escolhidas ao acaso, dentro de cada combinação bloco e tratamento para evitar erros de tendência (viés). Foram sorteadas no programa R (PETERNELLI e MELLO, 2007; R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2008), com o comando *sample*, sem reposição, a partir de pontos de GPS criados em uma malha regular de 20 x 20 m.

As análises exploratórias dos dados e análises estatísticas foram feitas utilizando o *Software SAEG*[®] e o *Software STATISTICA*[®]. O teste de Shapiro-Wilk W foi usado para testar a normalidade e o teste de Levene foi usado para testar a homogeneidade das variâncias dos dados de alturas das plantas. Em seguida, partiu-se para se fazer a análise de variância (ANOVA), a 5% de significância (Tabela 2).

Tabela 2 – Esquema da análise de variância (ANOVA)

ANOVA	
Fonte de Variação	Graus de Liberdade
Bloco (B)	1
Tratamento (T)	1
B x T	1
Resíduo	20
Total	23

Sendo admitido o modelo fixo, isto é, somente o erro ϵ_{ijk} como aleatório, no teste F todas as fontes de variação tiveram como denominador o quadrado médio do resíduo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS

O balanço hídrico climatológico e os dados de pluviosidade e de temperatura são apresentados, respectivamente, nas Figuras 10 e 11. A Figura 10 ilustra a distribuição mensal, em termos da média histórica da pluviosidade e da temperatura estimadas para o local da pesquisa.

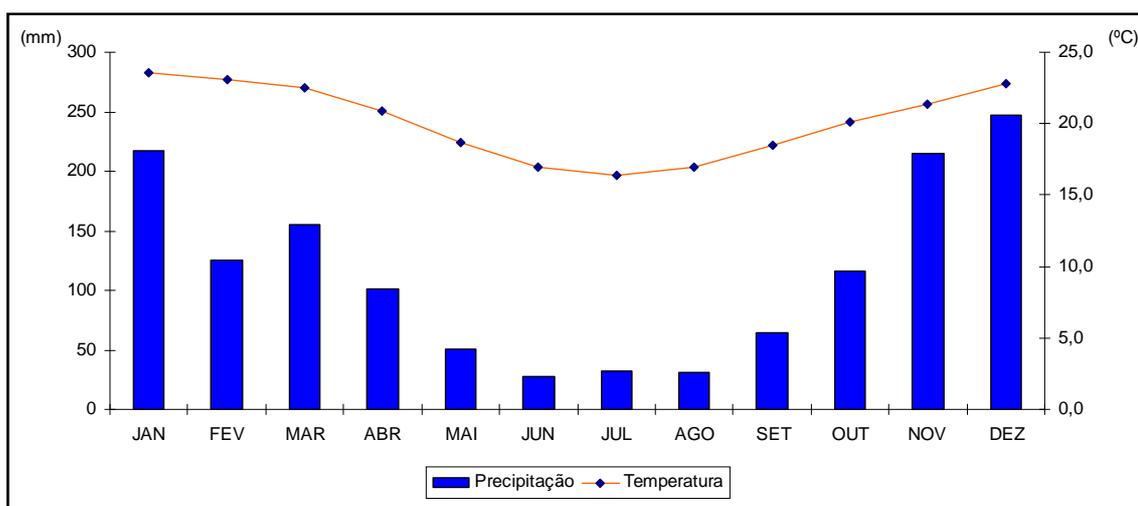


Figura 10 – Representação gráfica da distribuição mensal da precipitação (barra esquerda) e da temperatura (barra direita) na área do estudo, em São José do Calçado – ES.

A Figura 11 ilustra a disponibilidade hídrica do solo, em termos da média histórica da pluviosidade estimada para o local da pesquisa.

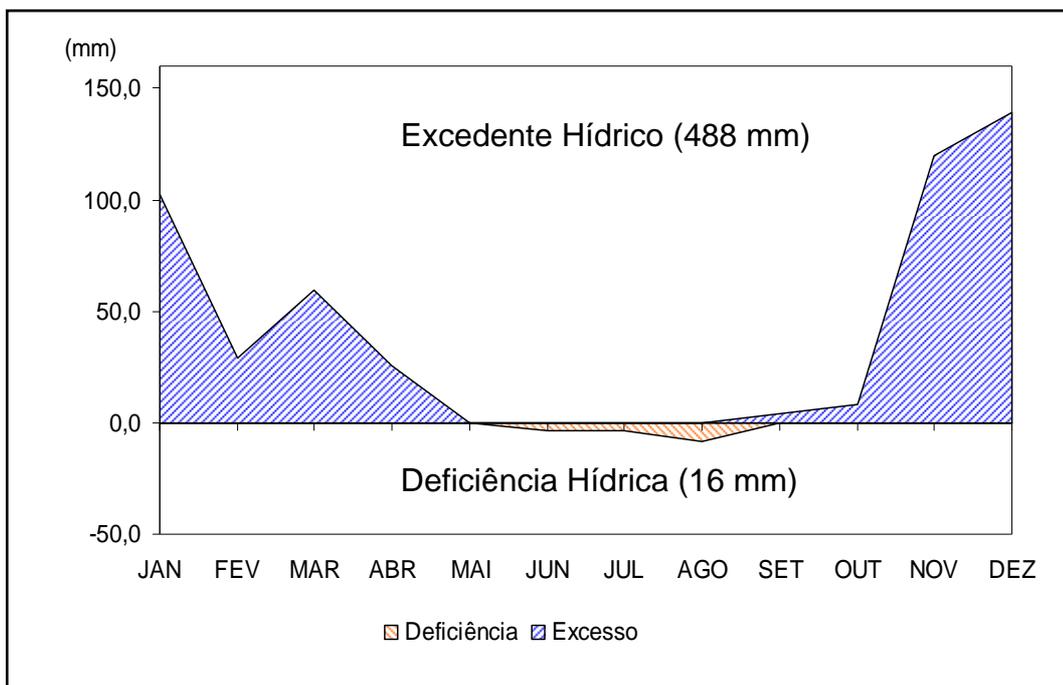


Figura 11 – Representação gráfica simplificada do Balanço Hídrico Climático da área do estudo. Método de Thornthwaite e Mather (1955). Latitude 20°56'S, Longitude 40°36'W, Altitude 580 m.

Pelo método de Köppen, essa região é caracterizada pelo tipo climático *Cwa* – descrito como: C= mesotérmico; w= chuvas nos verões e seca no inverno; e a= temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C.

O local de estudo apresenta os seguintes dados médios: a precipitação média anual atinge faixa de 1380 mm por ano e a temperatura média, 20,1°C (Figura 10).

O solo apresentou deficiência hídrica média anual de 16 mm e excedente de 488 mm. Segundo a classificação de Thornthwaite e Mather (1955), o clima do local de estudo é: $B_2 r B'_3 a'$ – que significa clima úmido, com pequena deficiência hídrica (nos meses de maio, junho, julho e agosto), mesotérmico, com evapotranspiração potencial anual de 910 mm e concentração da evapotranspiração potencial no verão (meses de dezembro, janeiro e fevereiro) igual a 42,6%.

A partir do sistema de informações geográficas, foi obtido o modelo digital de elevação (MDE), que permitiu caracterizar as variáveis ambientais da área de estudo (declividade, exposição solar e radiação incidente), separar as áreas de cultivos manual e mecanizado, adotando a declividade limite de

trafegabilidade para o conjunto trator-subsolador e mapear os atributos físicos e químicos do solo, criando mapas temáticos dos resultados (Figura 12).

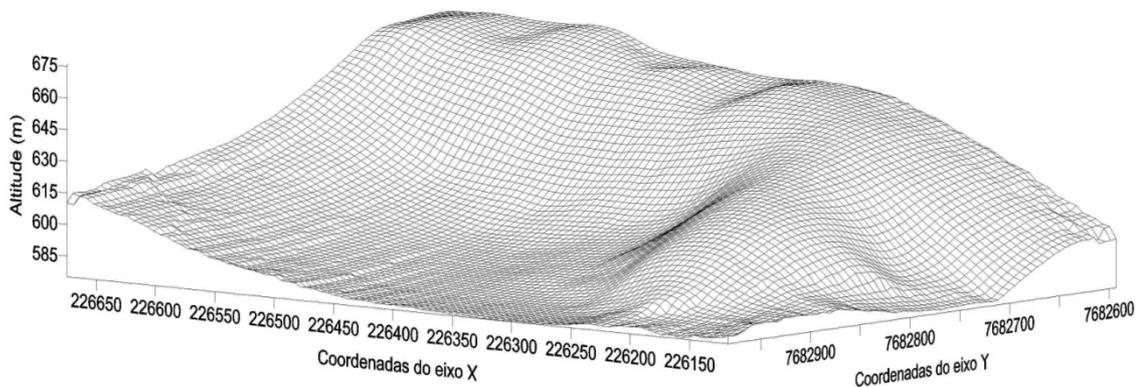


Figura 12 – Modelo digital de elevação (MDE) criado a partir de uma rede de malha triangular, com coleta de 780 pontos, na área de estudo. Fazenda Cachoeira Bonita, São José do Calçado – ES.

O limite do tamanho da célula do *grid* ou *pixel* (T) foi obtido a partir da Equação 1 descrita anteriormente, ou seja:

$$T = \frac{1/50 \times 3000 \times 0,0254}{1,64} = 0,9293m$$

Para apresentações da área de estudo no formato A4, a escala para ilustrar melhor os mapas foi a de 1:3.000. Assim, o tamanho do pixel deve ser igual a 0,9293 m ou $\cong 1$ m. Logo, a resolução espacial dos mapas manipulados tem 1 metro de lado e a área é coberta por 556 colunas e 385 linhas.

O método de interpolação, pela rede de malha triangular (*Tin*), apresentou ajustes muito próximos em termos de medidas de precisão. Para traçar a representação topográfica de um terreno, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1994), é requerida uma densidade mínima de 32 pontos a serem coletados por hectare.

De acordo com a medição pós-plantio, houve redução de 0,28 ha sobre a área original de 10,02 ha. A área final com plantio efetivo ficou em 9,74 ha e a redução foi devido, basicamente, à construção de estradas e aceiros (Figura 13).

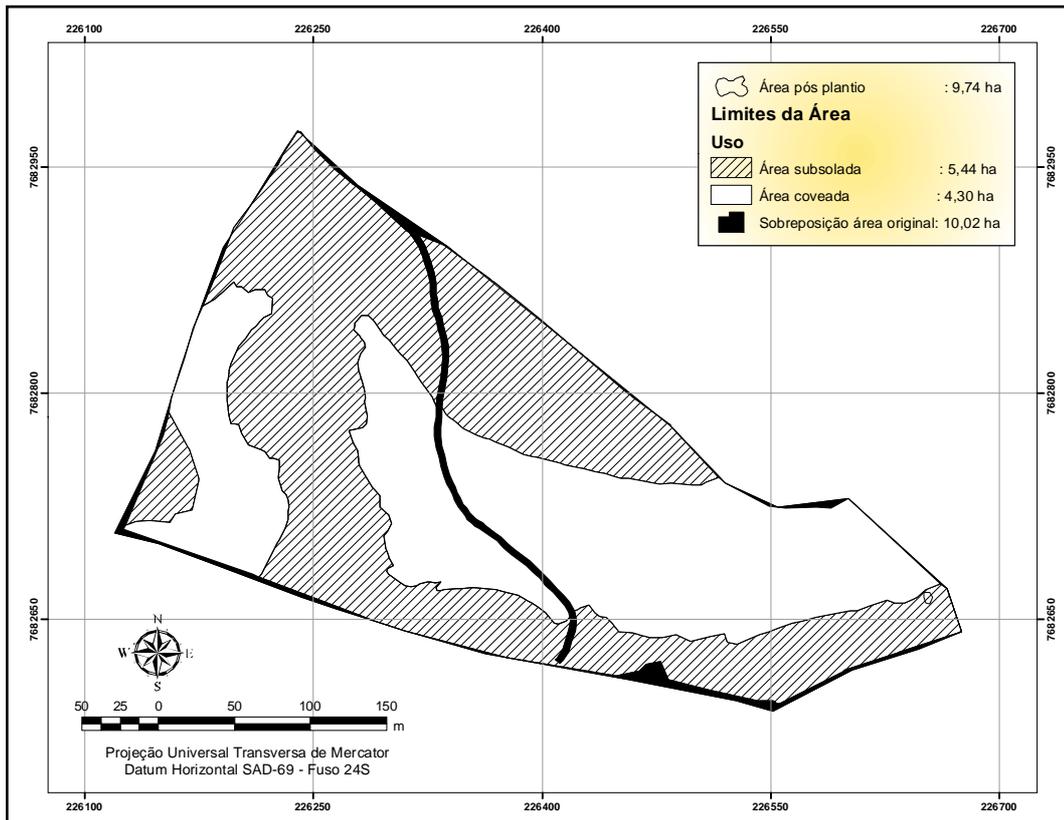


Figura 13 – Sobreposição da área de pós-plantio (9,74 ha) sobre área original (10,02 ha), evidenciando as áreas utilizadas para plantio (em branco e hachurado), estradas e aceiros (em preto). Fazenda Cachoeira Bonita, São José do Calçado – ES.

Ao utilizar-se 780 pontos coletados, com as feições coordenadas UTM e cotas de altitude, alcançou-se a densidade de 80 pontos/ha, ultrapassando a densidade mínima de pontos requerida. Portanto, os resultados estão alinhados com as recomendações para execução de levantamentos topográficos, segundo a NBR 13133 (ABNT, 1994). Assim, pode-se afirmar que os pontos coletados serviram satisfatoriamente para ilustrar o perfil topográfico da área de estudo, de acordo com a relação entre os valores de cota estimados e observados, apresentada na Figura 14.

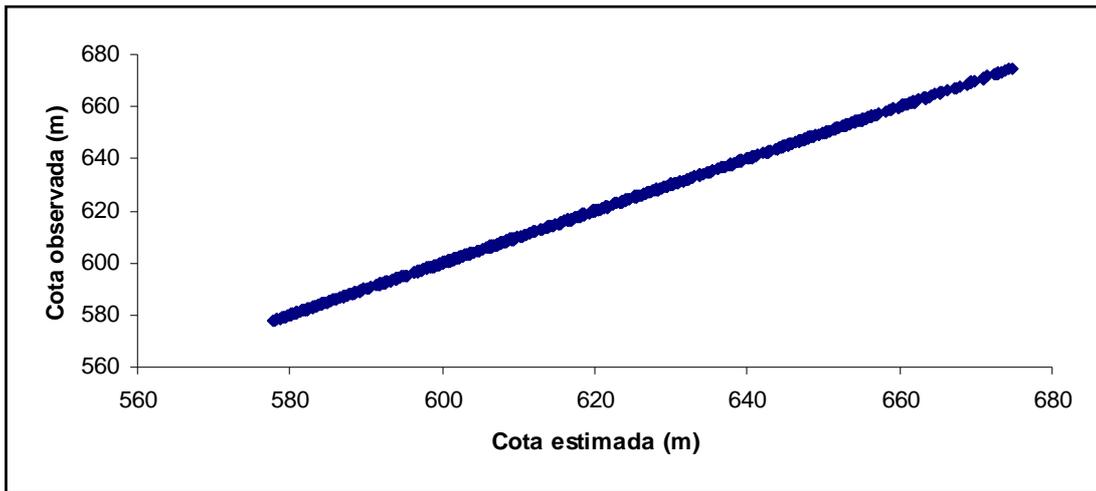


Figura 14 – Relação entre valores de cota estimados e observados.

Pela Figura 14, vê-se que ambos os valores observados e estimados estão próximos à reta 1:1. Isso indica um não viés do estimador, ou seja, o estimador utilizado pode ser considerado como de boa qualidade.

A Figura 15 ilustra a variação da altitude no local de estudo.

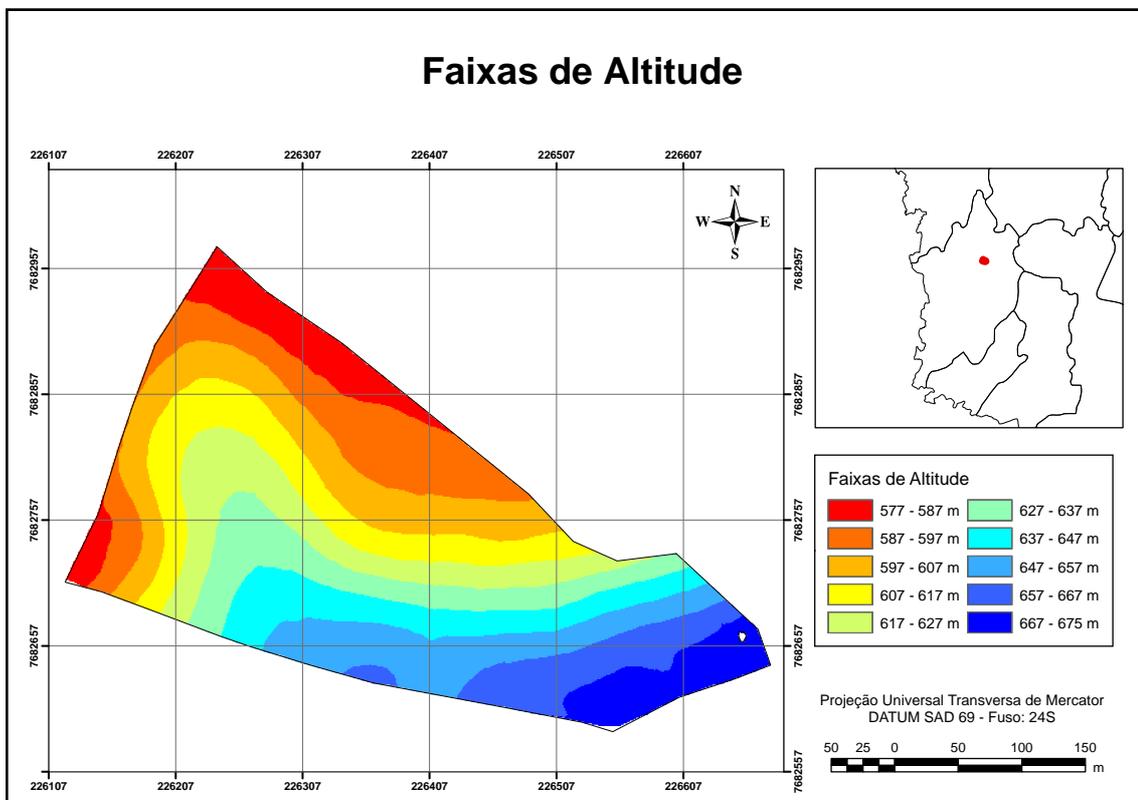


Figura 15 – Faixas de altitude da área de estudo, em São José do Calçado – ES.

Considerando a amplitude de altitude de 98 metros, variando de 577 a 675 m (Figura 16), há predominância do relevo fortemente ondulado (51,18%) e montanhoso (34,93%), na maior parte da área. Os relevos planos, suavemente ondulados e fortemente montanhosos, ocorrem de maneira pontual, em 0,08%, 0,49% e 0,04%, respectivamente, na área (Figura 16).

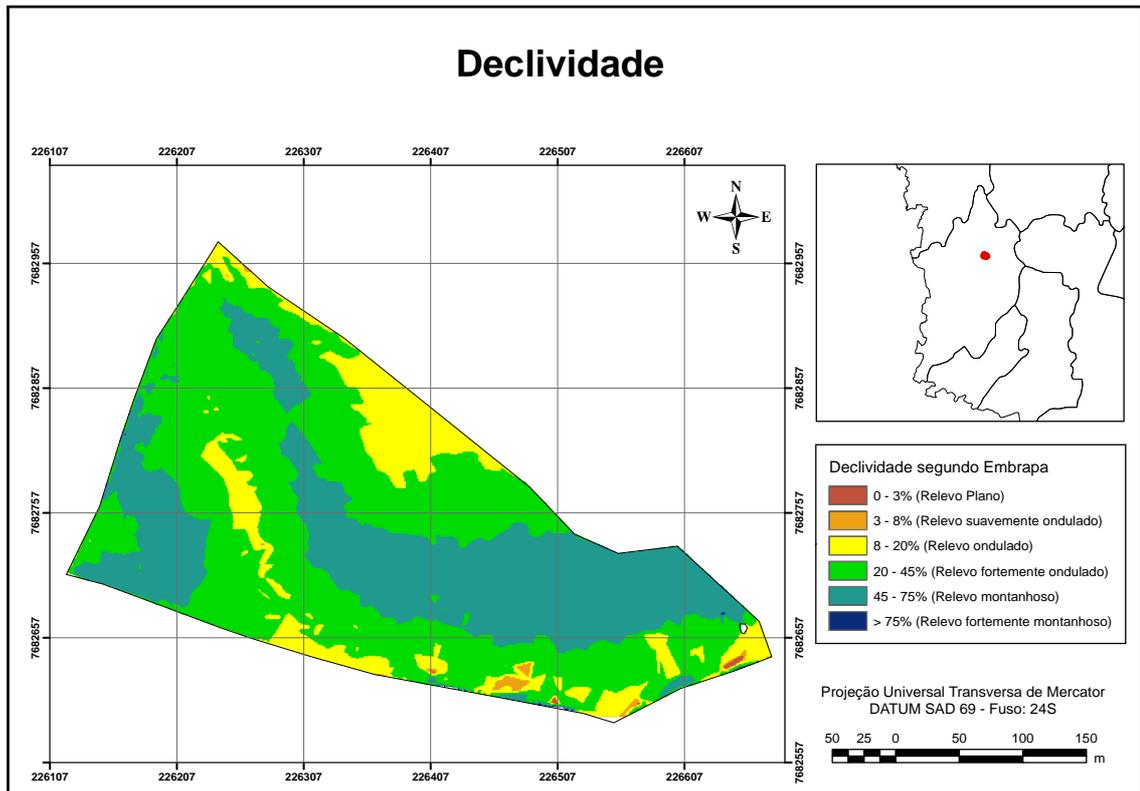


Figura 16 – Declividade da área de estudo, segundo definição da Embrapa. Fazenda Cachoeira Bonita, em São José do Calçado – ES.

De acordo com Stape (1976), essa variação no relevo acentua a sua influência na variação da radiação solar global incidente em cada face de exposição. As classes de radiação global incidente estão apresentadas na Figura 17.

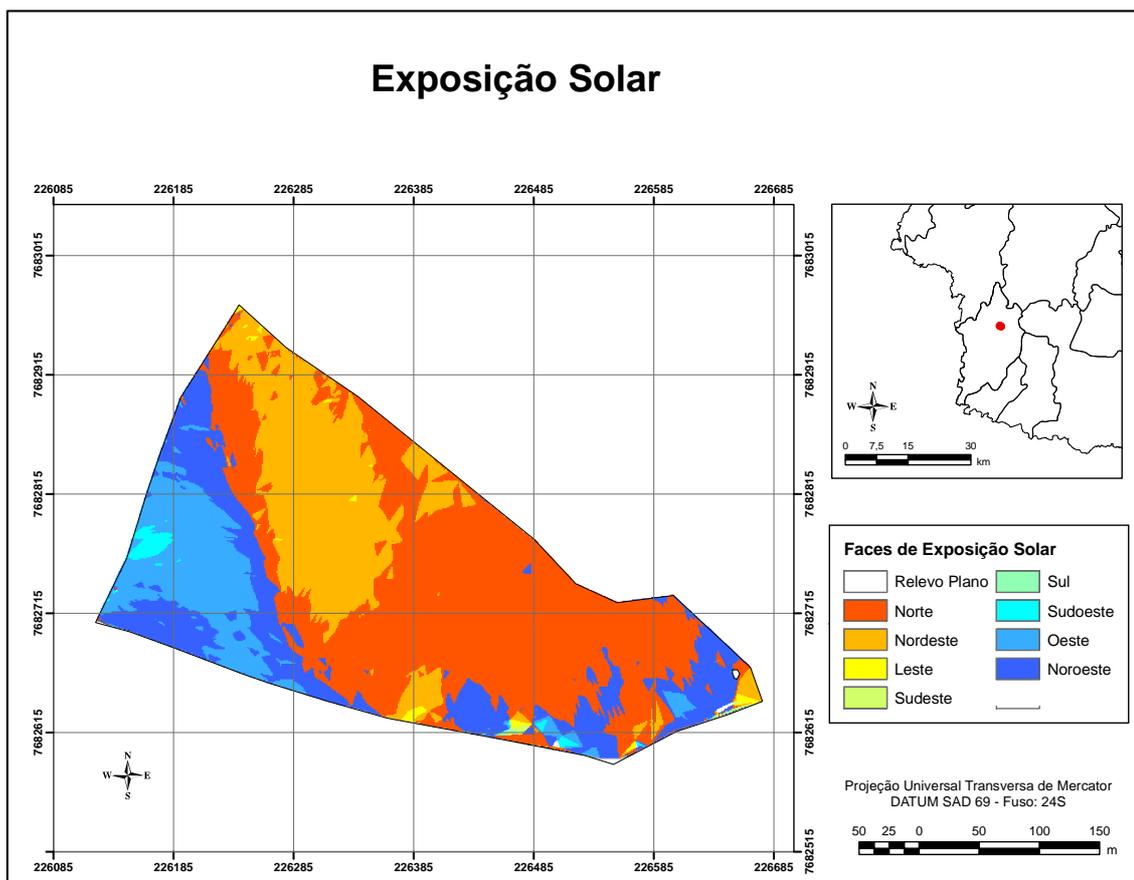


Figura 17 – Faces de exposição solar da área de estudo, com predominância das faces norte e nordeste. Fazenda Cachoeira Bonita, em São José do Calçado – ES.

De acordo com a exposição solar no local de estudo, nota-se que a face norte (46,8%) ocupa a maior área. As faces nordeste, noroeste e oeste predominam em 22,3%, 17,6% e 11,9%, respectivamente. As outras faces ocupam porções menores do terreno, sendo 0,9%, 0,4%, 0,06%, 0,03% e 0,02% para as faces sudoeste, leste, plana, sudeste e sul, respectivamente (Figura 17).

A irradiância solar global anual e mensal foi estimada em Watt hora por metro quadrado para a latitude da área de estudo e corrigida, considerando os padrões do SIG, segundo as variáveis declividade e faces de exposição solar do MDE. No ano de 2009, detecta-se pela Figura 18, que a radiação total variou de 1,077 MWh/m² (equivalente a 3,879 GJ/m²) a 1,856 MWh/m² (equivalente a 6,686 GJ/m²).

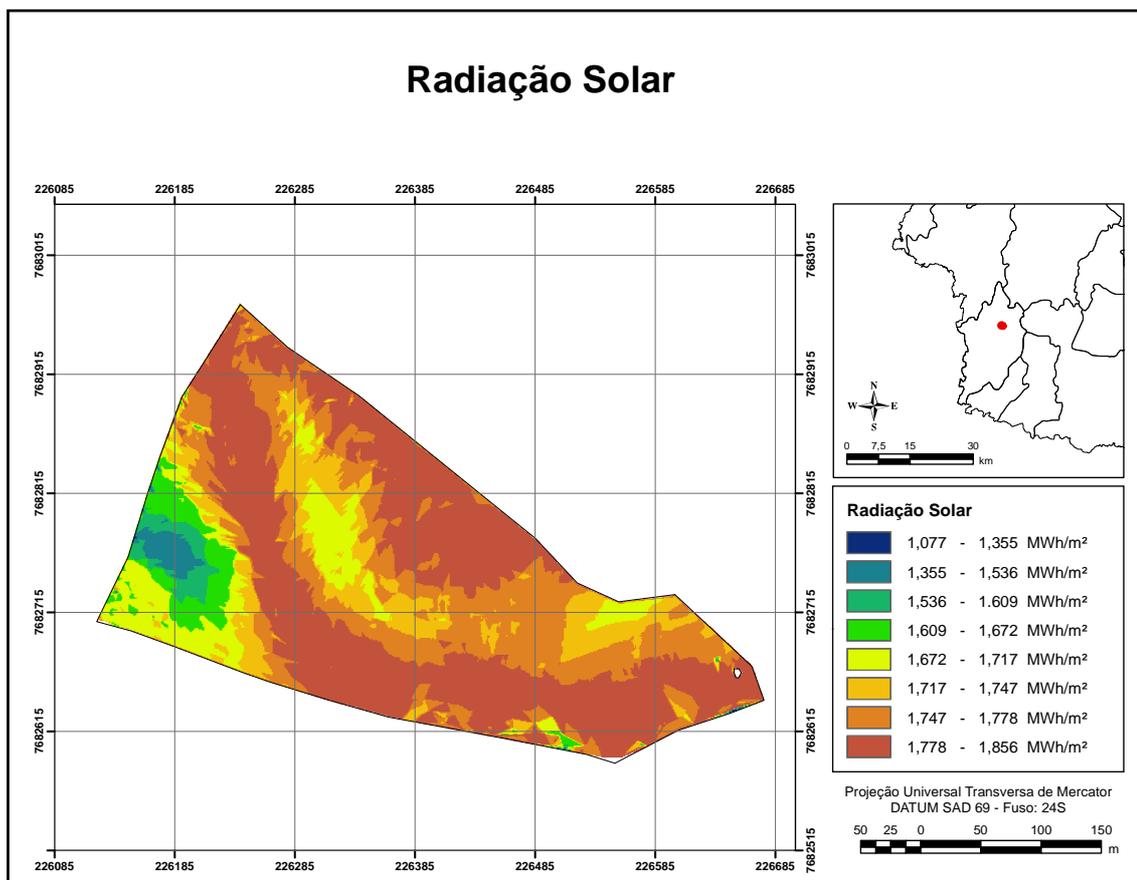


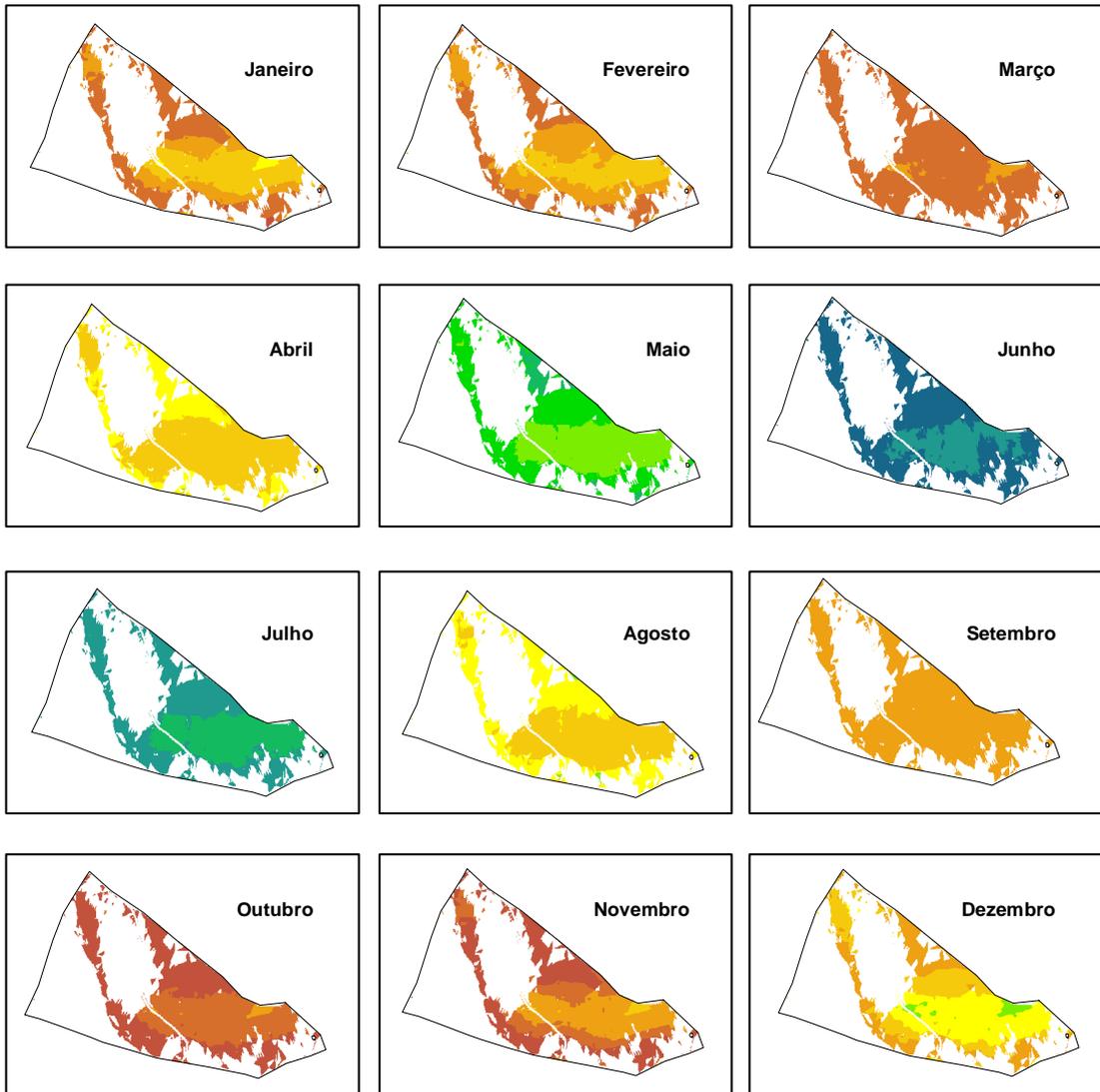
Figura 18 – Estimativa da radiação global total no ano de 2009, para a área de estudo, em São José do Calçado – ES.

A variação existente pode ser explicada por diversos fatores, tais como, as faces de exposição solar do terreno e a inclinação do relevo (FILHO e SÁ, 2007; SILVA, 2007; SILVA *et al.*, 2007; FACCO, 2008; BATISTA e MAFIA, 2009); estação do ano (FACCO, 2008; GALLARDO-CRUZ *et al.*, 2009); e presença de nebulosidade (SILVA, 2007).

A variação da quantidade de radiação solar incidente pode ser vista nas Figuras 19 a 22, com distribuições mensais ao longo do ano de 2009.

**Radiação solar na face norte da área de estudo
Distribuição mensal estimada para o ano de 2009**

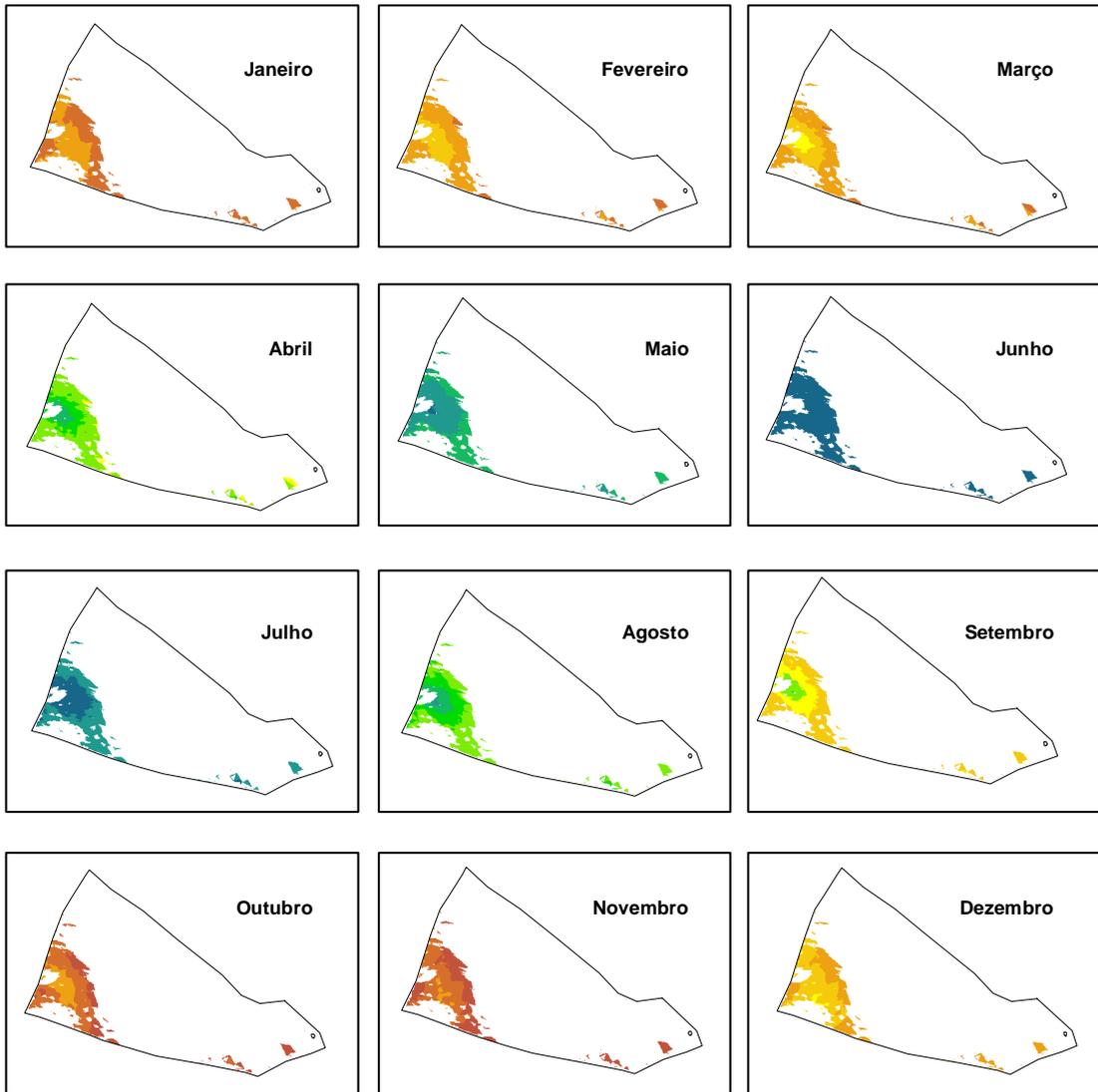
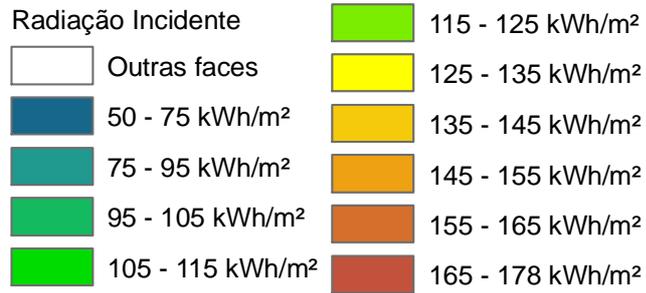
Radiação Incidente		115 - 125 kWh/m ²	
	Outras faces		125 - 135 kWh/m ²
	50 - 75 kWh/m ²		135 - 145 kWh/m ²
	75 - 95 kWh/m ²		145 - 155 kWh/m ²
	95 - 105 kWh/m ²		155 - 165 kWh/m ²
	105 - 115 kWh/m ²		165 - 178 kWh/m ²



N
1:10.000

Figura 19 – Distribuição mensal para a radiação incidente (estimada) na face norte da área de estudo, em São José do Calçado – ES.

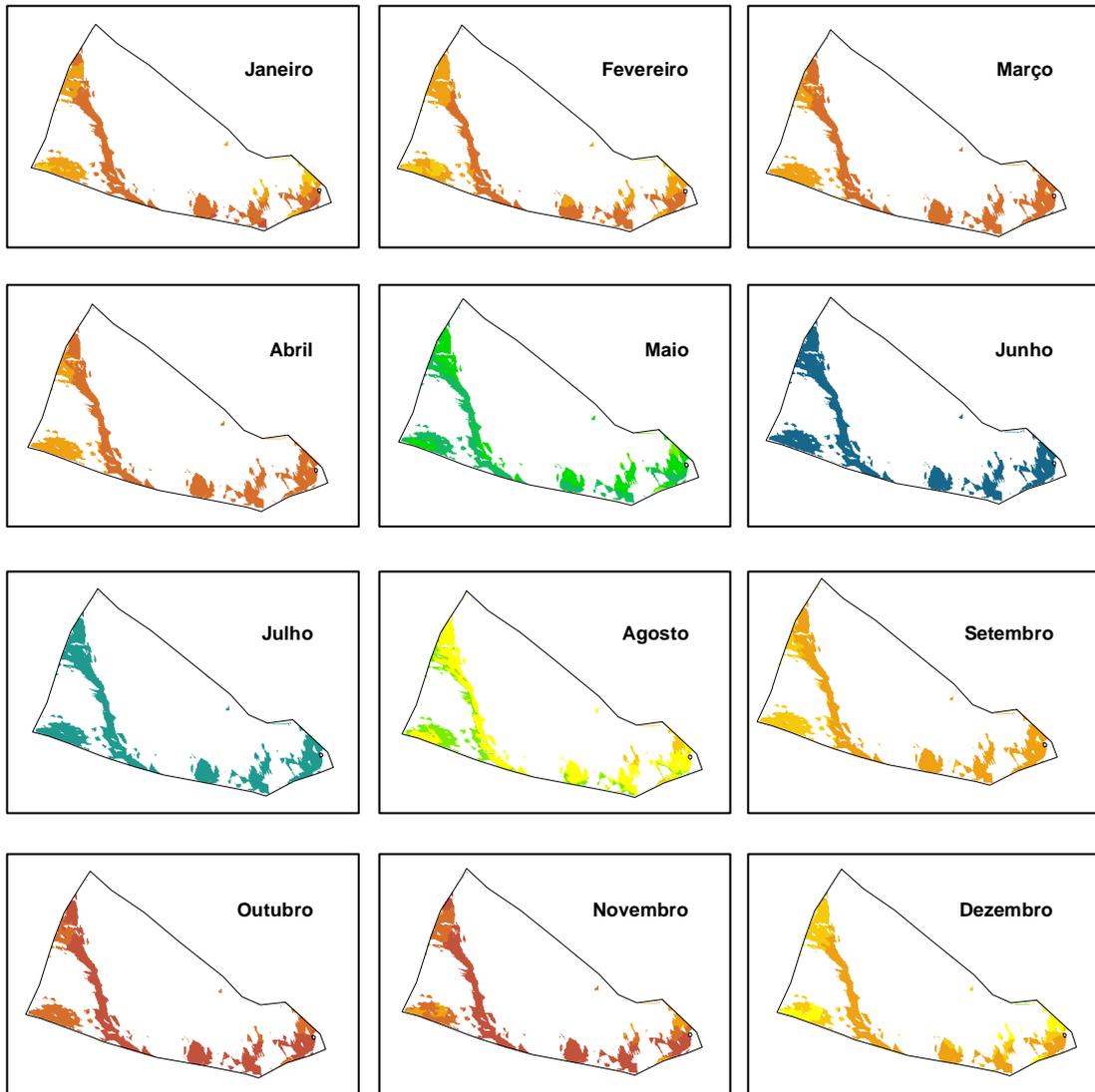
**Radiação solar na face oeste da área de estudo
Distribuição mensal estimada para o ano de 2009**



N
1:10.000

Figura 20 – Distribuição mensal para a radiação incidente (estimada) na face oeste da área de estudo, em São José do Calçado – ES.

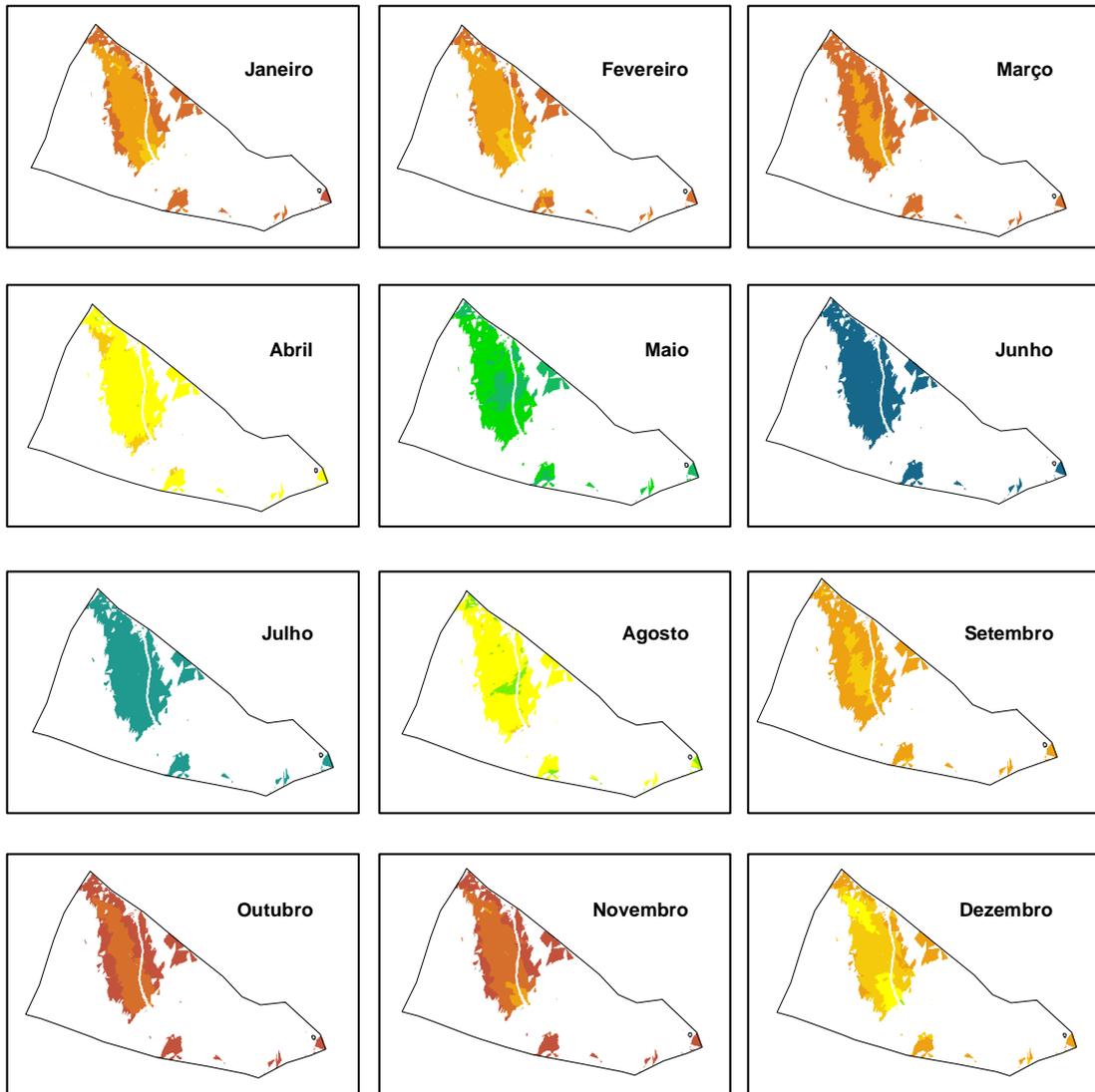
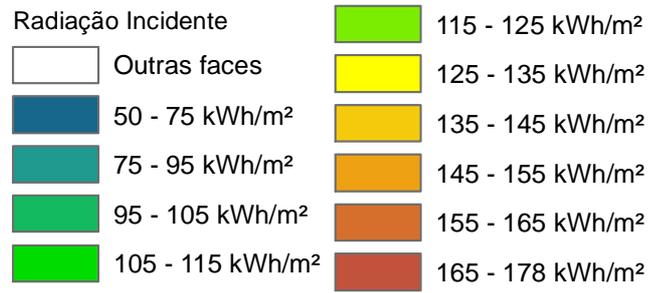
**Radiação solar na face noroeste da área de estudo
Distribuição mensal estimada para o ano de 2009**



N 1:10.000

Figura 21 – Distribuição mensal para a radiação incidente (estimada) na face noroeste da área de estudo, em São José do Calçado – ES.

**Radiação solar na face nordeste da área de estudo
Distribuição mensal estimada para o ano de 2009**



N 1:10.000

Figura 22 – Distribuição mensal para a radiação incidente (estimada) na face nordeste da área de estudo, em São José do Calçado – ES.

A Figura 19 representa a radiação incidente sobre a porção do terreno com faces voltadas para o norte; a Figura 20, sobre a face oeste; a Figura 21, sobre a face nordeste; e a Figura 22, a radiação incidente sobre a face voltada para o noroeste. Apenas essas quatro faces foram consideradas na análise; pois, além de inexpressivas em termos de ocupação de área, as outras faces não abrigam nenhuma parcela ou amostra de inventário florestal.

Ao analisar a Figura 19, correspondente à exposição norte, o SIG estimou valores totais de radiação mais altos do que as outras três exposições, variando de 1,738 a 1,847 MWh/m², ao longo do ano de 2009. Os valores de 1,569 a 1,802 MWh/m²; 1,682 a 1, 825 MWh/m² e 1,730 a 1,823 MWh/m² foram estimados, respectivamente, para as exposições oeste, noroeste e nordeste (Figuras 20 a 22). Os valores, então, foram distribuídos mensalmente, e verifica-se que, existem diferenças mês a mês, ao longo do ano. Observa-se, com esses resultados, que devido à orientação do terreno, houve maior quantidade de radiação na face norte, conforme encontrado, também, por Stage (1976); Braga *et al.* (1999); Silva (2007) e Facco (2008).

Essa variação também pode ser notada na Figura 23, onde se observa tendência de comportamento da distribuição da radiação, ao longo do ano, semelhante entre as faces oeste-norte-nordeste.

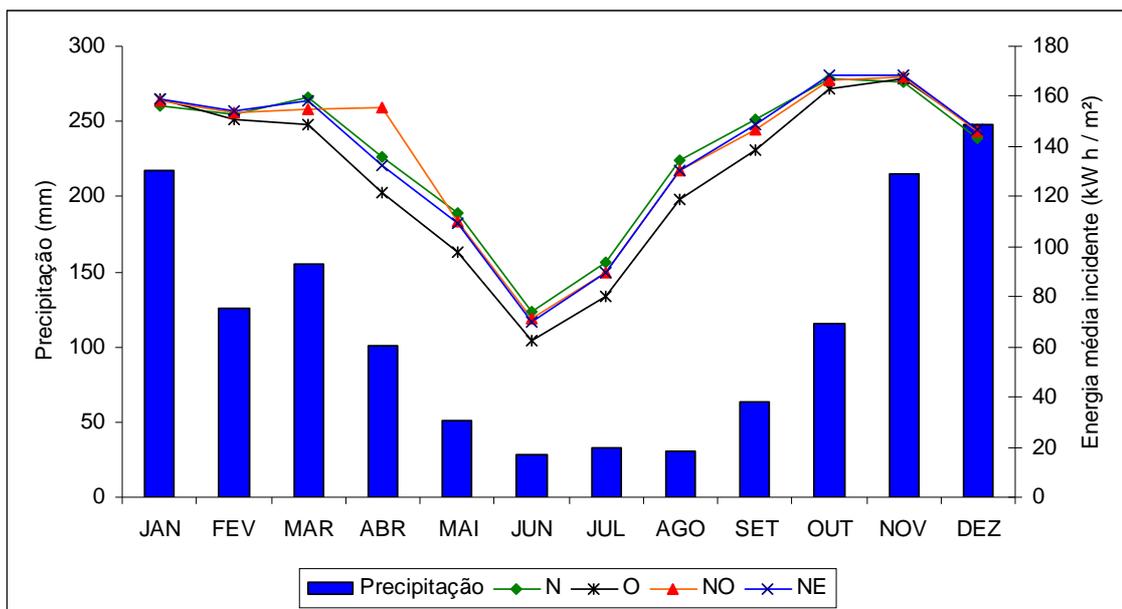


Figura 23 – Comportamento sazonal da radiação incidente potencial (kWh/m²) nas quatro faces predominantes na área de estudo.

Na face noroeste (NO), a radiação tendeu a diminuir de forma mais abrupta a partir do mês de abril, enquanto que nas outras faces, a radiação diminuiu gradualmente a partir de março. Nas faces norte (N), oeste (O) e nordeste (NE) registraram-se valores mínimos de radiação no mês de junho, aumentando, a partir daí para valores máximos em novembro. Na face oeste, depreende-se que a amplitude entre os valores máximos e mínimos é maior. Além disso, conforme ressaltado por Filho e Sá (2008), o aumento da declividade diminui a quantidade de energia recebida, devido ao ângulo de incidência da radiação e, também, do efeito de sombreamento provocado pelo relevo, que é importante em regiões montanhosas.

Nos resultados obtidos por Gallardo-Cruz *et al.* (2009), houve interessante comportamento em relação à precipitação total anual, pois onde não ocorreu chuva na região, a face sul obteve maior radiação em detrimento da face norte, que registrou um pico de radiação quando do início do período chuvoso. Semelhante comportamento, em relação às chuvas, foi notado na área de estudo, conforme mostrado pela Figura 23. Durante o período, em que os meses foram mais secos, a radiação solar global tendeu a cair, culminando com valores mínimos no mês de junho, em média, com 61,07 kWh/m², para todas as faces consideradas. Assim, os meses mais chuvosos apresentaram maior incidência de radiação solar global. Apesar de ocorrer maior nebulosidade no período chuvoso, não ocorreu um período contínuo de cobertura por nuvens, durante muito tempo nesta estação, a ponto de afetar o balanço de radiação, concordando com os resultados de Gallardo-Cruz *et al.* (2009).

Stage (1976) e Filho e Sá (2007) concordam que expressões para avaliar o efeito das faces de exposição do terreno sempre devem considerar o envolvimento e a interação com a declividade. De fato, Filho e Sá (2007) comentam que a topografia é o fator que mais influencia a distribuição de energia, sendo modificada pela inclinação e orientação da face, assim como das sombras formadas pelas feições vizinhas ao terreno.

Nesse sentido, os estudos com disponibilidade de água ou balanços hídricos mostram que o eucalipto é afetado fortemente pelo comportamento climático e cresce melhor em locais mais úmidos e com menos estresse hídrico, com mais energia (radiação) para favorecer a transpiração, a mudança

de fase da água e a absorção de nutrientes (MAESTRI, 2003; STAPE *et al.*, 2004; SOUZA *et al.*, 2006; ALMEIDA *et al.*, 2007; SILVA, 2007; FACCO, 2008).

4.2. POTENCIALIDADE DE MECANIZAÇÃO NO CULTIVO DE EUCALIPTO

A profundidade efetiva média da subsolagem foi de 53,07 cm e, durante a operação foi mantida velocidade em primeira marcha, obtendo média de 3,18 km/h.

As coordenadas longitudinal horizontal, horizontal traseira e vertical estão descritas abaixo, conforme medição feita pelo fabricante (ZANOTTO, 2008): X (mm) = 1.226,91; Z (mm) = -5,20 e Y (mm) = 850,00 (Anexo 2).

De posse dessas informações, definiu-se a condição de equilíbrio estático lateral do conjunto trator-subsolador (i), obtida pelas Equações 2 e 4:

$$i = \left(\arctg \frac{2040}{2 \times 850} \right) \times 0,5 = 25,10^\circ \text{ ou } 46,84\%$$

Entretanto, a superfície do terreno é muito irregular, principalmente em áreas declivosas com pouca ou nula frequência de preparos periódicos do solo. O tombamento do trator fica iminente, caso o trator encontre obstáculos, tais como raízes, tocos, murunduns ou cupins, “caminhos de vaca”, ravinas ou erosões e outras irregularidades. Esses obstáculos podem estar pouco visíveis, abrigados pelo capim e/ou fora do campo de visão do operador. Utilizando as Equações 3 e 4, ampliou-se a margem de segurança, ao incluir uma altura de obstáculo ocasional de 15 cm, conforme verificado no local de estudo:

$$di = \left(\arctg \frac{\frac{(2040)^2}{2 \times 850} - 150}{\frac{150 \times 2040}{2 \times 850} + 2040} \right) \times 0,5 = 23,7^\circ \text{ ou } 43,9\%$$

Os mapas temáticos referentes a esse tema são apresentados nas Figuras 24 e 25.

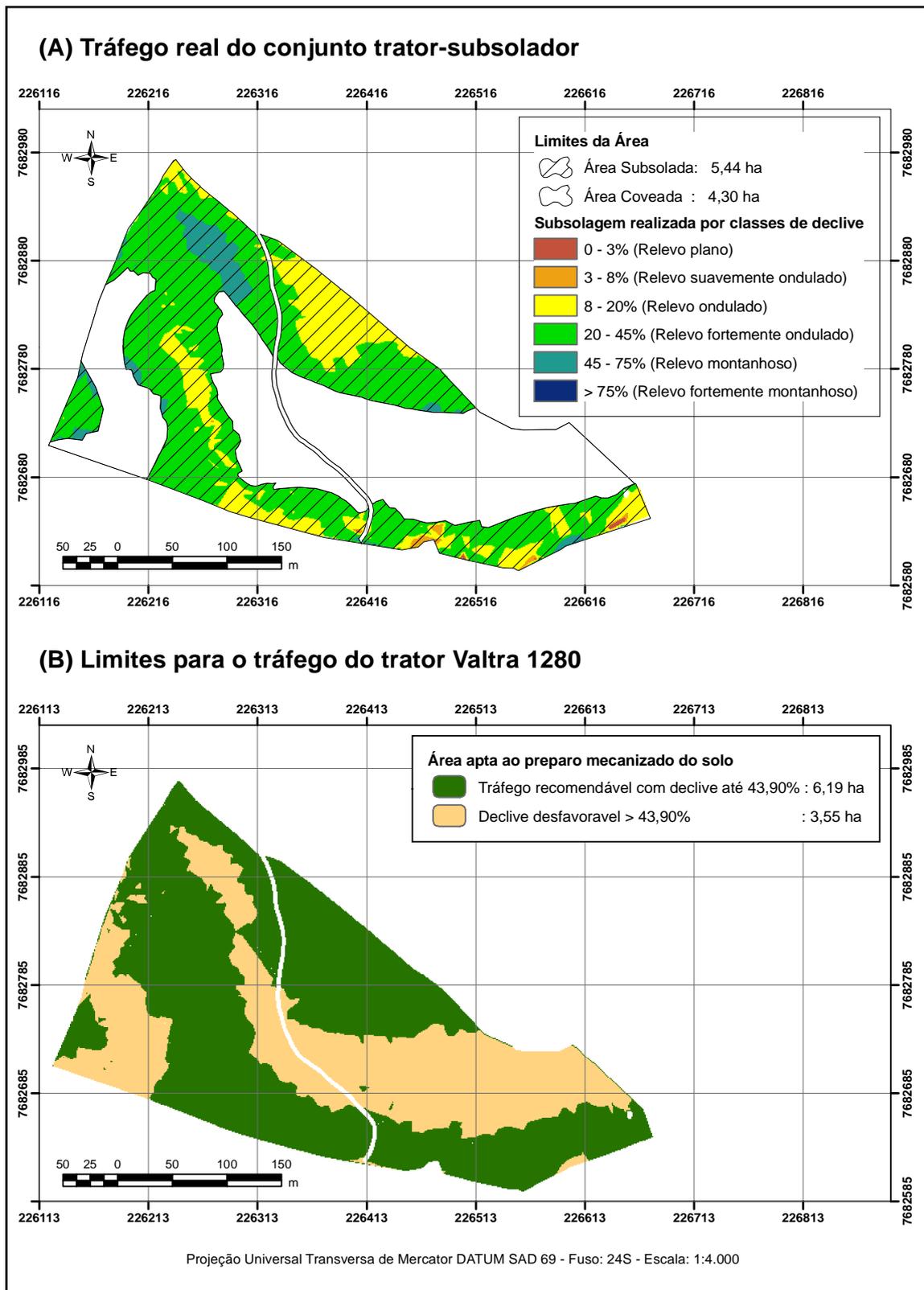


Figura 24 – Tráfego realizado pelo conjunto trator-subsolador na operação de subsolagem da área de estudo (A) e Limite teórico para o tráfego do conjunto, restrito pela declividade limite de 43,90% (B). Fazenda Cachoeira Bonita, São José do Calçado – ES.

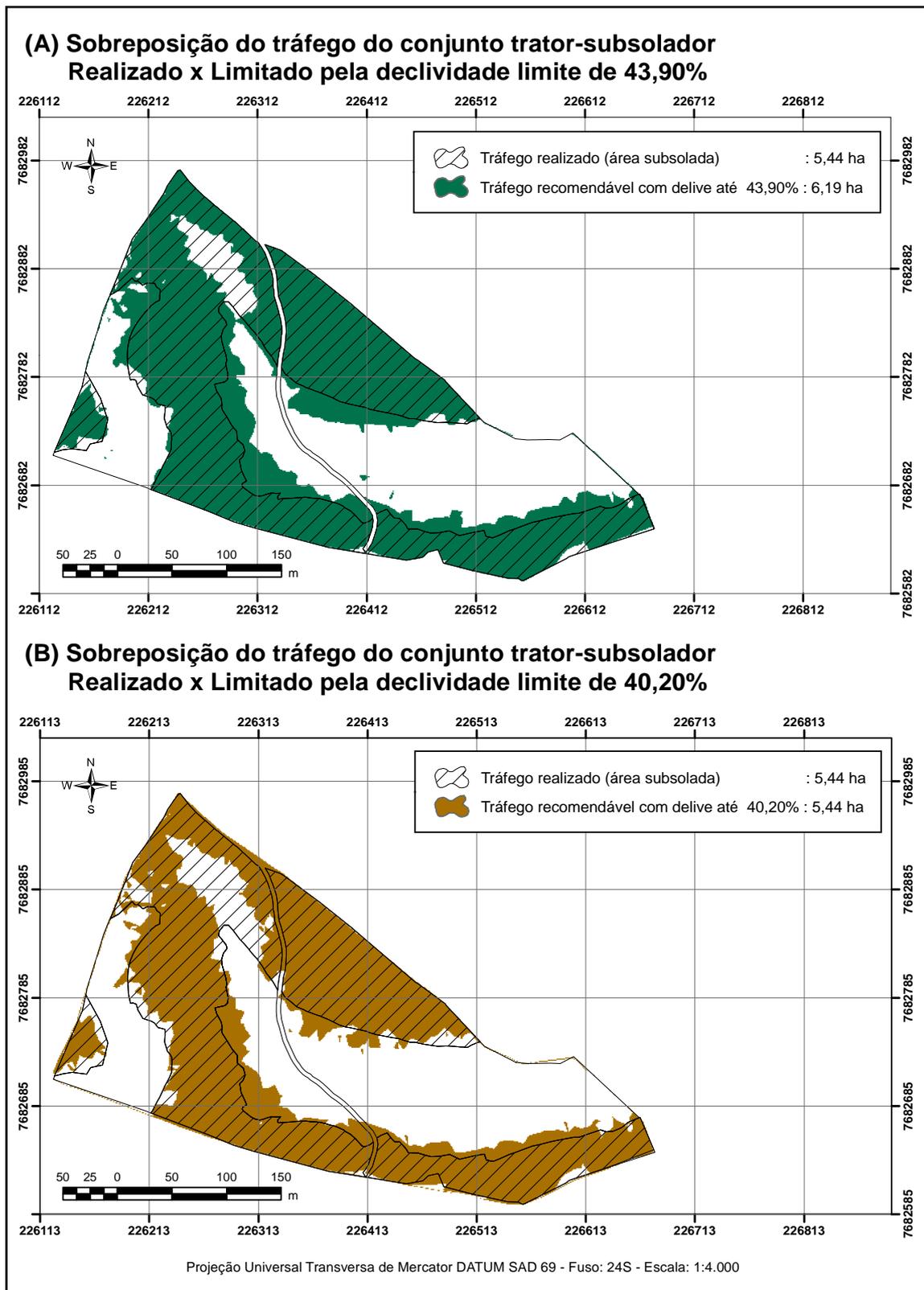


Figura 25 – Sobreposição de áreas com tráfego realizado *versus* recomendável pela declividade limite de 43,90%(A) e Área com limite ajustado para o conjunto trator-subsolador, em 40,20% (B). Fazenda Cachoeira Bonita, São José do Calçado – ES.

Como a operação de subsolagem é a que mais demanda força de tração; portanto, é a mais suscetível a acidentes em terrenos inclinados, definiu-se os limites teóricos das áreas com cultivo manual e mecanizado, a partir da declividade limite de 23,7° ou 43,9% (Figura 24). Oliveira *et al.* (2005) encontraram resultados próximos, com o ângulo máximo estimado variando entre 39 e 41%, em terrenos inclinados da região de Alegre, ES.

Souza *et al.* (2004a), em recomendação de inclinação limite para o tráfego de tratores na região de Viçosa-MG, notaram o limite para tombamento de 17,50° equivalente a 31%, para um trator da marca Massey Ferguson, modelo 265 4X2 TDA. Isso foi coerente com as recomendações do fabricante, que indica o limite máximo em 30% de declividade.

Para trabalhar nas áreas declivosas deste estudo, testou-se o potencial de mecanização da área em função da habilidade prática do operador em dirigir o conjunto trator-subsolador. Verificou-se que a área realizada na prática atingiu os limites teóricos da área, estipulados pela inclinação limite, em 87,89%, conforme ilustrada na Figura 24A. Com esse feito, a área subsolada alcançou 5,44 ha, ao invés dos 6,19 ha recomendados pela inclinação limite de 43,90% (Figura 24B) e, ainda, 81,6% da área de 6,67 ha, delimitada pela condição estática de equilíbrio, calculada em 25,10° ou 46,84% (Figura 25A). Entretanto, cabe salientar que esse feito foi possível frente à experiência, habilidade e destreza do operador em dirigir o conjunto em condições de superfície inclinada e irregular.

É interessante observar que se o fator de segurança adotado for menor do que 50%, utilizado na Equação 4, pode-se atingir 100% dos limites teóricos, em termos de área em hectares. Assim, quando o fator de segurança for igual a 40,2%, possibilita esse ajuste, acertando a área subsolada à área teórica; portanto, pode ser considerado como referência para o tráfego transversal do trator analisado, em áreas declivosas (Figura 25B).

Na Tabela 3, observa-se o percentual de área trafegável pelo conjunto, com as classes de relevo em diferentes situações de declividades limites.

Tabela 3 – Simulação de trafegabilidade do conjunto trator-subsolador, em percentagem da área de estudo, perante diferentes situações de limites

Limitador	Declividade limite (%)	Trafegabilidade estimada (m ²)	%	Trafegabilidade realizada (m ²)	%
Condição estática	0-46,84	66.682	68,46	54.419	81,61
	> 46,84	Sistema manual	31,54	-	-
	Total	97.397	100	-	-
Condição dinâmica	0-43,90	61.916	63,57	54.419	87,89
	> 43,90	Sistema manual	36,43	-	-
	Total	97.397	100	-	-
Limite ajustado	0-40,20	54.419	55,87	54.419	100
	> 40,20	Sistema manual	44,13	-	-
	Total	97.397	100	-	-

Ao analisar a Figura 25A, constata-se que a maior parte do relevo da área subsolada se situa nas faixas entre 8-20% e 20-45% de declividade, representando as classes relevo ondulado a fortemente ondulado, ocupando 22,98% (1,25 ha) e 69,12% (3,76 ha) da área mecanizada. A classe do relevo montanhoso, representada pela faixa entre 45-75%, foi ocupada em 7,08% (0,38 ha). As classes do relevo plano, suavemente ondulado e fortemente montanhoso, foram presentes em áreas pequenas da área. Isso é explicado pela pouca frequência dessas classes na área de estudo, presentes em 137 m², 462 m² e 23 m², respectivamente.

Devido à grande variação do relevo local e à força presente na barra de tração, causada pelo subsolador, pode-se pressupor que, as áreas com relevo acima da declividade limite de 43,9% foram trafegadas, pois o conjunto possuía maior estabilidade e passou rapidamente por essas faixas, permeadas entre as outras classes de relevo. Fato semelhante foi notado por Khoury Junior *et al.* (2009), que ao adicionar uma força na barra de tração de 10.000 N, o ângulo de inclinação-limite da pista de teste foi maior, decorrente da força na barra de tração a qual contribuiu para a estabilidade, uma vez que a transferência de massa para o eixo traseiro do trator garante mais estabilidade. Isso é relevante, pois pode aumentar a declividade limite para tratores tracionando subsoladores em áreas declivosas e favorecer um aumento do potencial de mecanização nessas áreas.

Além da declividade, outro fator que contribuiu para limitar o tráfego de máquinas nas áreas declivosas foi a superfície irregular do terreno. Uma vez

que praticamente inexistente o revolvimento intenso do solo à semelhança do que se utiliza nos cultivos agrícolas convencionais, outras operações como capina química, adubação e aplicação de calcário podem ser restritas pela superfície irregular.

4.3. ANÁLISE DOS ATRIBUTOS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO

Não se utilizou a fertilidade como critério para verificar efetivas variações de crescimento das árvores dentro da área de estudo, visto que toda a área é predominantemente de baixa fertilidade, apresentando baixa capacidade de troca de cátions total, medida a pH 7 (CTC), baixa soma de bases (SB), além de elevado índice de saturação de alumínio (m%). Entretanto, mapas temáticos foram elaborados, para checar a distribuição espacial dos elementos potássio, cálcio e magnésio.

Os resultados de análise de solo demonstram que o local de estudo possui baixa fertilidade e com elevado teor de alumínio (Tabela 4).

Tabela 4 – Estatística descritiva dos atributos químicos e físicos do solo na área de estudo, dados de 94 amostras

Parâmetros	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	MO	CTC	SB	V	m	Argila	Silte	Areia
<i>Profundidade 0-20 cm</i>	H ₂ O	mg/dm ³	mg/dm ³	cmol/dm ³	cmol/dm ³	cmol/dm ³	cmol/dm ³	dag/dm ³	cmol/dm ³	cmol/dm ³	%	%	%	%	%
Média	4,8	1,7	16,95	0,36	0,17	1,1	7,2	2,8	7,78	0,58	7,7	67,5	51	5	44
Mínimo	4,2	1,2	9,0	0,11	0,00	0,5	4,2	1,8	5,14	0,15	2,2	23,7	31	0	20
Máximo	5,4	2,3	38,0	1,51	0,55	1,6	10,1	3,7	10,39	1,94	29,0	87,0	75	15	65
Desvio- padrão	0,3	0	5,51	0,25	0,12	0,2	1,1	0,4	1,05	0,34	5,0	13,8	8	4	8
CV (%)	5,3	13	32,5	68,2	71,2	19,5	15,7	14,4	13,5	58,3	64,5	20,5	15	73	18
Parâmetros	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	MO	CTC	SB	V	m	Argila	Silte	Areia
<i>Profundidade 20-40 cm</i>	H ₂ O	Mg/dm ³	mg/dm ³	cmol/dm ³	cmol/dm ³	cmol/dm ³	cmol/dm ³	dag/dm ³	cmol/dm ³	cmol/dm ³	%	%	%	%	%
Média	4,8	1,4	12,84	0,25	0,07	1,1	6,8	0,2	7,16	0,37	5,3	75,1	57	6	36
Mínimo	4,3	0,9	6,0	0,00	0,00	0,5	4,0	0,1	4,45	0,04	0,8	22,6	42	0	23
Máximo	5,5	2,3	37,0	1,25	0,44	1,6	10,7	0,3	11,35	1,71	28,7	94,1	70	17	54
Desvio- padrão	0,2	0	5,37	0,19	0,07	0,2	1,3	0,0	1,32	0,23	3,8	11,5	6	4	7
CV (%)	4,2	18	41,8	74,8	96,9	20,0	19,8	16,3	18,4	61,5	70,7	15,3	10	67	18

Nota: pH (acidez ativa); P (fósforo); K (potássio); Ca (cálcio); Mg (magnésio); Al (alúminio); H+Al (acidez potencial); CTC (capacidade de troca de cátions total a pH 7); SB (soma de bases); m (índice de saturação de alumínio); MO (matéria orgânica); V (índice de saturação de bases).

O solo da área de estudo apresenta camada superficial (0-20 cm) de textura argilosa, sendo as frações argila, silte e areia com 51%, 5% e 44%, respectivamente. A camada subsuperficial (20-40 cm) igualmente apresenta textura argilosa, sendo as frações argila, silte e areia com 57%, 6% e 36%, respectivamente.

Conforme classificação encontrada em Malavolta (1989) e Prezotti *et al.* (2007), o solo possui acidez elevada, com pH em água de 4,8 nas duas profundidades; portanto, com mínima variação. Os teores de fósforo (P) variaram entre 0,9 e 2,3 mg/dm³, sendo valores considerados baixos, nas duas camadas. Segundo Novais *et al.* (1986), o extrator Mehlich-1 retira até o P-não lábil e, com isso, não gera uma quantificação real de P-lábil. O uso da resina de troca iônica como extratora de P-lábil pode diminuir esse problema e identificar uma medida quantitativa do que realmente poderá ser absorvido pela planta. Para o potássio, o teor médio encontrado nas duas camadas é considerado baixo. Para o cálcio (Ca) e magnésio (Mg), os teores variaram entre as camadas, sendo considerados baixos nas duas camadas. (Tabela 4). A camada 20-40 cm manteve a classificação baixa, provavelmente devido ao teor menor de matéria orgânica, denotando menor enriquecimento com carbono orgânico e com resposta aos piores níveis de Ca e Mg e, também, de P.

Os teores de alumínio foram elevados, sendo maiores que 1 cmol/dm³ nas duas camadas. Pode-se argumentar que, em razão da tolerância da maioria das espécies de eucalipto à acidez do solo (NEVES *et al.*, 1982), a calagem é recomendada para suprir as necessidades de Ca e Mg.

Novais *et al.* (1986) e Barros *et al.* (1997a) registraram que a produtividade esperada de plantios de eucalipto se relaciona com teores crescentes de K, Ca e Mg, refletidos em níveis críticos para implantação e manutenção das produtividades entre 10 e 50 m³/ha/ano (Tabela 5). Baseado nesse fato, pode-se estimar as quantidades de nutrientes necessárias para se atingirem diferentes produtividades, definidas pela qualidade de sítio. A partir do conhecimento dessas quantidades e dos teores dos nutrientes disponíveis no solo, pode-se prever a produtividade futura e a adubação necessária para atingir a meta estabelecida (NOVAIS *et al.*, 1986).

Tabela 5 – Valores dos níveis críticos de implantação e de manutenção para P, K, Ca e Mg no solo para o crescimento do eucalipto

Elemento	Nível crítico de implantação	Nível crítico de manutenção				
		Incremento médio anual (m ³ /ha/ano)				
		10	20	30	40	50
P (mg/dm ³)	60	4,1	4,3	4,3	4,4	4,5
K (mg/dm ³)	10	30	45	60	75	90
Ca (cmol/dm ³)	0,2	0,30	0,45	0,60	0,70	0,80
Mg (cmol/dm ³)	0,05	0,07	0,10	0,13	0,16	0,19

Fonte: Novais *et al.* (1986).

De acordo com a Tabela 5, vê-se que o solo não apresenta nível de fósforo satisfatório para a implantação e manutenção florestal e, para os elementos K e Ca, o solo apresenta somente níveis satisfatórios para a implantação florestal. O nível crítico de K, estabelecido em 10 cmol/dm³, mostrou-se insatisfatório para atender a demanda de crescimento do eucalipto, quando vários experimentos demonstraram respostas positivas a grandes aplicações desse elemento (GAVA, 1997; ORTIZ, 2003). Esse tipo de resultado sugere que, a maior resposta ao K com passar do tempo, é consequência de sua exaustão do solo e que os teores iniciais, capazes de permitir a implantação e o crescimento inicial da planta, são insuficientes para sustentar seu crescimento. Para Ca e Mg, a situação é também semelhante a do K (NOVAIS *et al.*, 1986).

No Anexo 3, estão listadas as áreas com condições de fertilidade para suportar ou não a produtividade desejada. De modo geral, a área de estudo suporta incrementos reduzidos de madeira por ano, incluindo áreas que não apresentam condições nem para a implantação do povoamento.

Pela Figura 26, observa-se a variabilidade espacial dos nutrientes K, Ca e Mg no solo original, antes da implantação do eucalipto, gerada por meio do processo de interpolação por krigagem, com base nos princípios de geoestatística.

Distribuição espacial do potássio, cálcio e magnésio

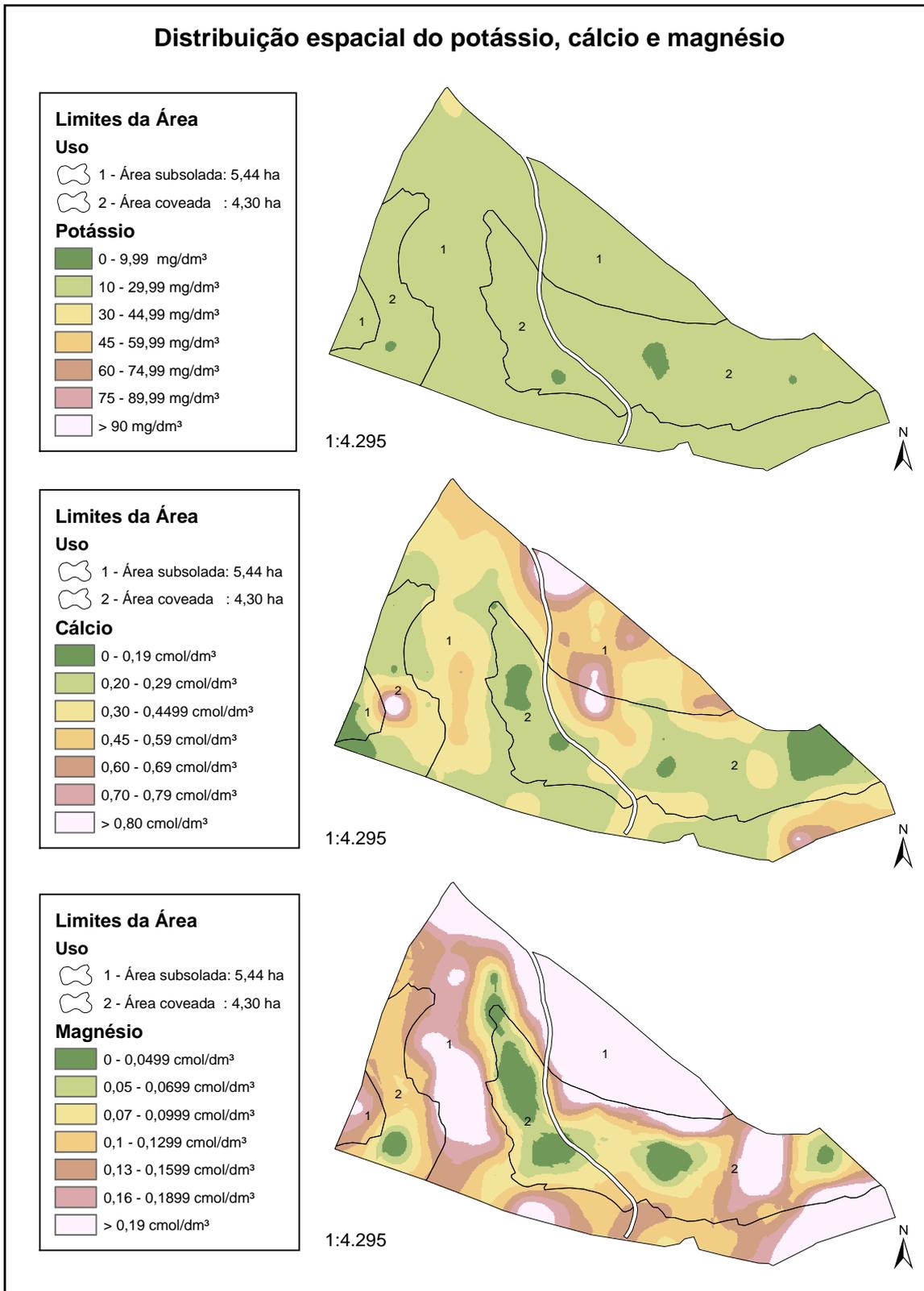


Figura 26 – Distribuição espacial do K, Ca e Mg na área do estudo, classificada de acordo com os níveis críticos para implantação e manutenção florestal propostos por Novais *et al.* (1986).

Os parâmetros dos modelos ajustados para a interpolação são mostrados na Tabela 6.

Tabela 6 – Parâmetros dos variogramas experimentais ajustados para os elementos K, Ca e Mg, na profundidade de 0-20 cm.

Elemento	Modelo	a (m)	C ₀	C ₀ +C	IDE (%)	R ² (%)
K	Esférico	51,6	0,01	17,72	99,9	76,2
Ca	Exponencial	86,1	0,0051	0,0609	91,6	95,3
Mg	Esférico	84,0	0,00058	0,015260	96,2	96,7

Nota: a: alcance; C₀: efeito pepita; C₀+C: patamar; IDE: índice de dependência espacial [C/(C₀+C)]; R²: coeficiente de determinação do modelo do variograma.

Observa-se que os modelos de variogramas ajustados para os elementos foram o esférico e o exponencial, pois obtiveram um melhor ajuste dos dados, dentre os modelos testados pelo *Software* GS+. O menor alcance de dependência espacial foi obtido para K (56,1 m), intermediário para Mg (84,0 m) e o maior para Ca (86,1 m). O menor alcance para K indica maior descontinuidade deste elemento na área e que, a distância de 30 m entre os pontos de amostragem, foi suficiente para representar a distribuição espacial desses atributos na área de estudo. O índice de dependência espacial (IDE) foi alto para os três elementos, sendo 99,9% para K, 91,6% para Ca e 96,2% para Mg. Quanto maior for o IDE, melhor precisão na estimativa de valores em locais não amostrados (onde não houve coleta de solo).

A adubação recomendada conduz a fertilidade do local a um patamar de produtividade previsto para 30 m³/ha/ano. A recomendação foi feita pelo *Software* Nutricalc 2001, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa (MG), utilizando resultados de análise de solo feitos com amostras de solo coletadas ao acaso e misturadas e, portanto, considerando o solo como um meio homogêneo. O programa de adubação proposto está listado no Anexo 4, para o plantio na área de estudo.

Pela Tabela 7, depreende-se que o programa de adubação proposto oferece, em média, a quantidade de nutrientes adequada para se alcançar produtividade de 30 m³/ha/ano.

Tabela 7 – Balanço nutricional final previsto para o eucalipto implantado na Fazenda Cachoeira Bonita, em São José do Calçado, ES, com produtividade esperada de 30 m³/ha/ano

Sistema	Elemento	Teor atual	Teor desejado	Necessidade	Acréscimo*
Manual	P (mg/dm ³)	1,7	64,3	62,6	69,42
	K (mg/dm ³)	19	70	51	68,60
	Ca (cmol/dm ³)	0,36	0,8	0,44	1,29
	Mg (cmol/dm ³)	0,17	0,18	0,01	0,36
Mecanizado	P (mg/dm ³)	1,7	64,3	62,6	62,88
	K (mg/dm ³)	19	70	51	65,95
	Ca (cmol/dm ³)	0,36	0,8	0,44	1,56
	Mg (cmol/dm ³)	0,17	0,18	0,01	0,36

Nota: Acréscimo na forma das adubações previstas. Balanço nutricional final após o cumprimento do programa de adubação proposto pelo Nutricalc.

Os solos no Estado do Espírito Santo possuem minerais de argila com baixa atividade, pois são de origem caulínica e apresentam uma reduzida capacidade de troca catiônica. Por essa razão, comportam-se quase como solos arenosos, retendo pouco K na solução do solo (PREZOTTI *et al.*, 2007). Entretanto, argumenta-se que o excesso de potássio aplicado no sistema é conveniente, porque pode favorecer um desempenho adequado dos povoamentos de eucalipto e viabilizar o alcance das metas de produtividade propostas. O mesmo raciocínio pode ser usado para explicar o excesso de Ca e Mg, sendo que esses elementos, adicionados na forma de calcário dolomítico, possuem dissolução lenta e podem servir até para os ciclos seguintes do povoamento.

4.4. ANÁLISE TÉCNICA E DE CUSTOS DOS SISTEMAS DE CULTIVO MANUAL E MECANIZADO

A Figura 27 expõe fotos da evolução do uso do solo na área de estudo, antes e após a implantação do povoamento de eucalipto.



Figura 27 – Sequência da evolução do plantio na área de estudo: no alto, área inicial com pasto; (1 e 2) início da implantação; (3) idade 90 dias; (4) 6 meses e (5 e 6) 12 meses.

4.4.1. Rendimento Operacional do Conjunto Trator-Subsolador

O rendimento dessa operação teve média de 0,596 ha/hora, em uma área total de 5,44 ha. Verificou-se que o tempo efetivo de subsolagem, com o conjunto tratorizado, foi de 4,74 horas (h) e que o tempo de paradas mecânicas foi de 0,66 h, perfazendo 92,82% de disponibilidade mecânica do conjunto (Tabela 8).

Tabela 8 – Distribuição dos tempos de trabalho do conjunto trator-subsolador

Item		
Tempo de manobras	(h)	1,68
Tempo de subsolagem	(h)	4,74
Tempo de interrupção		
- abastecimento do fosfato no implemento;		
- acoplar/desacoplar implemento;		
- ajuste da dosagem do fosfato;	(h)	2,49
- alimentação;		
- conferir saída do fosfato e limpezas; e		
- pausas/descanso/necessidades fisiológicas.		
Tempo de paradas mecânicas	(h)	0,66
Tempo de deslocamentos	(h)	0,23
Tempo total	(h)	9,13
Área realizada	(ha)	5,44
Capacidade operacional teórica	(ha/h)	1,147
Capacidade operacional efetiva	(ha/h)	0,596
Eficiência operacional	%	51,93
Disponibilidade mecânica	%	92,82

Nota: Período analisado apenas durante a operação de subsolagem.

A capacidade operacional teórica foi de 1,147 ha/h e a capacidade operacional efetiva da atividade foi de 0,596 ha/h. Assim, nota-se que a eficiência operacional desse conjunto, no local de estudo, foi de 51,93%, refletindo um baixo nível de mecanização dessas terras. Apesar disso, a mecanização do preparo de solo é viável, em áreas declivosas de produtores rurais. Cabendo ressaltar a importância da participação de operadores treinados e experientes nessa etapa.

Na Figura 28, visualizam-se as medidas de produtividade desse conjunto, divididas em percentual do tempo gasto em manobras, produção, interrupção e deslocamento.

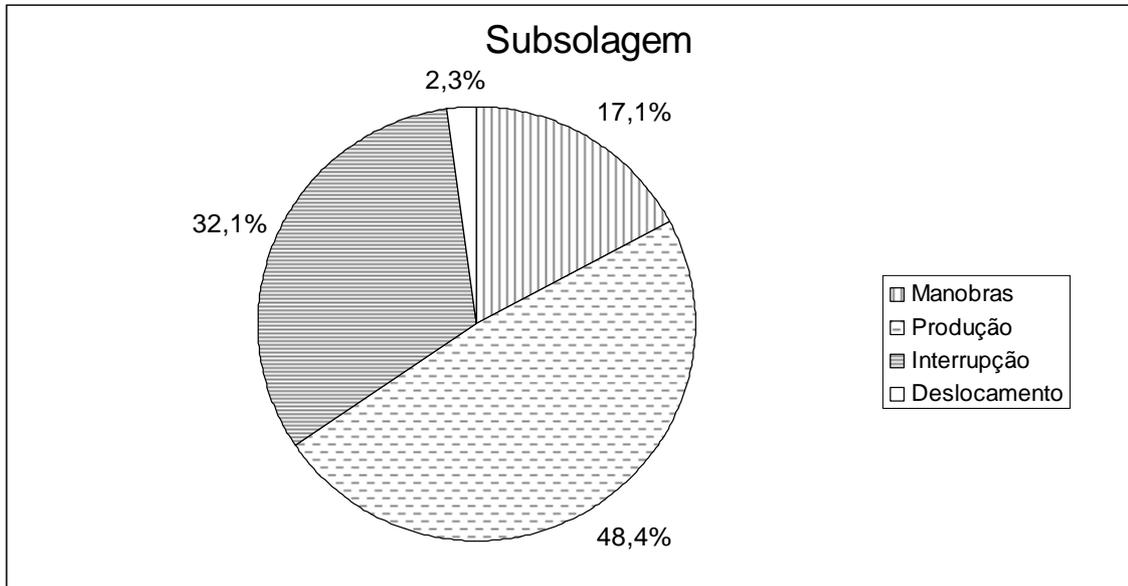


Figura 28 – Percentual dos tempos totais da operação de subsolagem, segundo medidas de produtividade.

A operação de subsolagem consumiu a maior parte do tempo, em 48,4%, seguida pelas interrupções (incluindo as paradas mecânicas) e pelas manobras, com 32,1 e 17,1%, respectivamente. O deslocamento entre as áreas subsoladas representou 2,3%. Assim, o planejamento dos locais de tráfego pode contribuir para aumentar a produtividade do preparo mecanizado do solo. A limpeza de área feita com trator de esteira ocasionaria uma melhor condição do plano da superfície do terreno, ao eliminar e/ou corrigir as irregularidades presentes na área. Isso é fundamental para propiciar melhor condição para o tráfego de máquinas em áreas declivosas.

No planejamento da subsolagem em áreas declivosas, sabendo-se da declividade operacional limite, pode-se alcançar redução no tempo de manobras, uma vez que o conjunto deverá trafegar em regiões sabidamente mais eficientes. Durante essa fase, observaram-se muitas manobras devido ao deslizamento lateral do conjunto, levando o operador a alterar a direção do trator e realizar manobras para retomar ao local onde estava anteriormente.

4.4.2. Rendimento Operacional do Conjunto Trator-Pulverizador

Inicialmente, a proposta era utilizar tratores nas operações em que fosse possível seu uso. No entanto, a declividade foi um impedimento a um melhor desempenho do tráfego de máquinas na área, refletindo na capacidade de tráfego de máquinas. Durante a capina química pré-plantio, por exemplo, observou-se (a) baixo rendimento na operação, (b) deslizamentos laterais frequentes e (c) elevada deriva de herbicida, causados pela dificuldade de manobras e trechos curtos, declividade e irregularidades na superfície do plano de apoio dos rodados, respectivamente, para as situações (a), (b) e (c).

Isso permite supor que, durante uma capina química pós-plantio, poderia ocorrer danos severos às plantas jovens, com intoxicação pela deriva do herbicida. Assim, para a capina química mecanizada, avaliou-se apenas o rendimento do trator na operação antes do plantio, na fase pré-plantio.

O resultado da distribuição dos tempos de trabalho do conjunto trator-pulverizador é apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 – Distribuição dos tempos de trabalho do conjunto trator-pulverizador

Item		
Tempo de manobras	(h)	0,89
Tempo de herbicida	(h)	2,43
Tempo de interrupção		
- ajuste da altura da barra;		
- conferir pressão e volume de calda;	(h)	0,59
- limpeza de pontas de pulverização; e		
- pausas/descanso.		
Tempo de parada mecânica	(h)	0,13
Tempo de deslocamentos	(h)	0,16
Tempo total	(h)	4,21
Área realizada	(ha)	2,54
Capacidade operacional efetiva	(ha/h)	1,047
Capacidade operacional líquida efetiva	(ha/h)	0,623
Eficiência operacional	%	59,52
Disponibilidade mecânica	%	96,69

Nota: Período analisado apenas durante a operação de capina química pré-plantio.

Apesar da bitola do trator não ter sido variada para posição máxima, o rendimento dessa operação foi fortemente influenciado pela declividade do local, variando de 0,517 a 0,771 ha/h, com média de 0,63 ha/h sobre uma área total de 2,54 ha. Dessa forma, houve necessidade de complemento com

aplicação com pulverizador costal manual na área subsolada restante de 2,90 ha. Verificou-se o tempo efetivo de funcionamento do conjunto tratorizado foi de 4,25 horas, perfazendo 94,13% de disponibilidade mecânica do conjunto.

A capacidade operacional teórica foi de 1,048 ha/h e a capacidade operacional efetiva da atividade foi de 0,624 ha/h. Assim, nota-se que o rendimento operacional desse conjunto, no local de estudo, foi de 59,52%, considerado um baixo nível de mecanização dessas terras. Isso serviu de base para a não recomendação de aplicação de herbicidas de forma mecanizada em faixas, em função de seu baixo rendimento. Nesse caso, o uso de trator equipado com barra de pulverização, com 12 metros de largura, poderá ser viável, devido ao custo mais baixo e maior rendimento esperado.

Na Figura 29, visualizam-se as medidas de produtividade desse conjunto, divididas em percentual do tempo gasto em manobras, produção, interrupção e deslocamento.

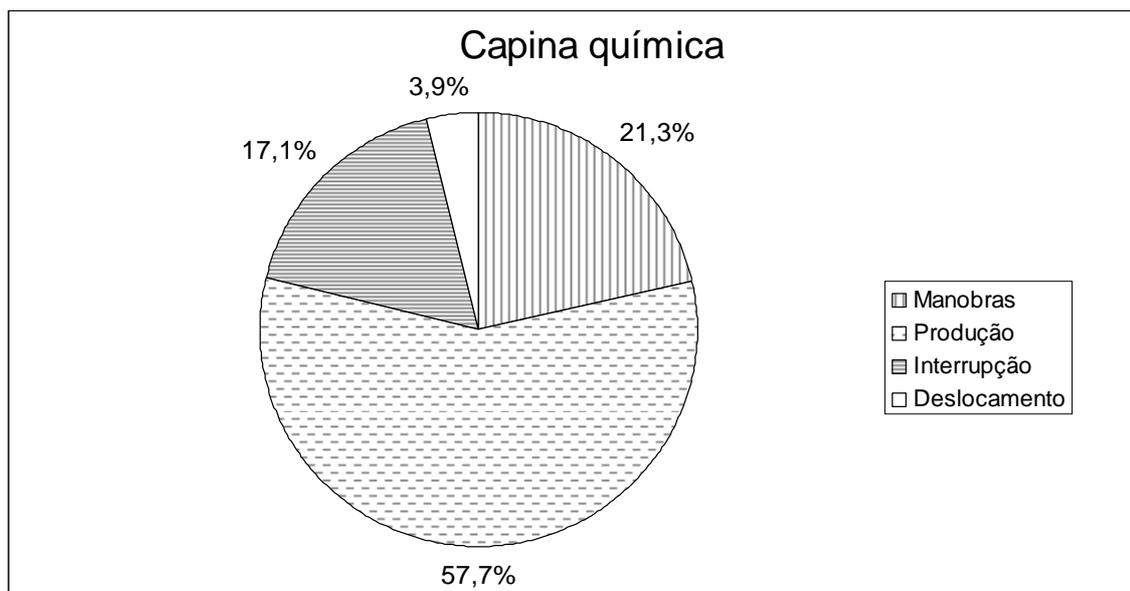


Figura 29 – Percentual dos tempos totais da operação de capina química tratorizada, segundo medidas de produtividade.

A operação de subsolagem consumiu a maior parte do tempo, em 57,7%, seguida pelas manobras e pelas interrupções (incluindo as paradas mecânicas), com 21,3 e 17,1%, respectivamente. O deslocamento entre as áreas subsoladas representou 3,9%. Assim, igualmente à subsolagem, o

planejamento dos locais de tráfego pode contribuir para aumentar a produtividade dessa operação no sistema mecanizado.

4.4.3. Análise do Rendimento das Atividades Manuais e Custos Variáveis de Implantação e Manutenção Florestais

O custo por hora efetiva de trabalho da mão de obra (COM) e o custo de administração (CA) foram obtidos conforme as Equações 6 e 7, em que:

$$COM = \frac{R\$477 / \text{mês} \times 45,90\%}{220.\text{horas}} = R\$3,1634 / h \quad (6)$$

e

$$CA = 0,20 \times 3,1634 = R\$0,6327 / h \quad (7)$$

O salário e os encargos trabalhistas adotados estão descritos no Anexo 5. Logo, o custo total da mão de obra (CT) foi representado pela soma, totalizando R\$ 3,80 por hora efetiva de trabalho. Esse custo horário foi adotado em todas as atividades executadas por trabalhadores braçais, sob regime temporário de trabalho:

$$CT = 3,1634 + 0,6327 = R\$3,80 / h$$

Os resultados dos rendimentos e a comparação de custos estão apresentados nas Tabelas 10, 11 e 12.

A Tabela 10 ilustra a capacidade operacional efetiva obtida nas atividades de implantação e manutenção florestais, nos sistemas de cultivo manual e mecanizado, Fazenda Cachoeira Bonita, São José do Calçado – ES.

Tabela 10 – Capacidade operacional efetiva, custos variáveis e percentual de participação das atividades florestais executadas, na sequência operacional do empreendimento, por sistema de cultivo

Fase	Elementos do ciclo	Sistema manual			Sistema mecanizado			
		COE (ha/h)	Custo (R\$/ha)	(%)	COE (ha/h)	Custo (R\$/ha)	(%)	
2 meses - 0	Infra estrutura	Abertura de estradas	-	52,19	3,12	-	52,19	3,33
		Cercamento	-	401,44	24,03	-	401,44	25,60
		Aceiros	-	20,29	1,21	-	20,29	1,29
	Limpeza e preparo inicial do solo	Combate inicial a formigas	0,313	12,16	0,73	0,313	12,16	0,78
		Roçada inicial	0,037	103,52	6,20	0,037	103,52	6,60
		Subsolagem	-	-	-	0,622	291,12	18,57
		Marcação e alinhamento	0,019	196,69	11,77	0,063	60,80	3,88
		Coveamento	0,019	201,02	12,03	-	-	-
		Capina química manual / costal	0,043	88,92	5,32	0,043	47,40	3,09
		Capina química tratorizada	-	-	-	0,803	48,47	3,02
		Adubação pré-plantio	0,085	44,86	2,69	-	-	-
		Preenchimento das covas	0,028	134,57	8,06	-	-	-
		0 – 1º mês	Plantio	1º repasse a formigas	0,463	35,33	0,49	0,463
Plantio efetivo	0,057			67,18	4,02	0,047	80,60	5,14
Adubação pós-plantio	-			-	-	0,054	70,80	4,52
Replantio	0,344			11,04	0,66	0,344	11,04	0,70
2º mês – 1 ano	Manutenção florestal	2º repasse a formigas	0,563	29,05	0,40	0,563	36,75	0,43
		Coroamento	0,039	97,87	5,86	0,032	117,42	7,49
		Capina química pós-plantio / costal	0,060	63,84	3,82	0,060	63,84	4,07
		Adubação de cobertura	0,063	59,95	3,59	0,053	71,93	4,59
		Roçada geral	0,069	55,37	3,31	0,069	55,37	3,53
		Capina química pós-plantio	0,085	44,65	2,67	0,085	44,65	2,85
		Total por hectare		-	1.719,94	100	-	1.634,49

Nota: COE = capacidade operacional efetiva. As células com “-” não possuem valores para serem computados na soma total.

A Tabela 11 mostra a capacidade operacional teórica das atividades avaliadas, onde, também, estão listadas as eficiências operacionais.

Tabela 11 – Rendimento manual efetivo de cada atividade e os limites estabelecidos pela coleta-piloto, para o número mínimo de amostras de algumas operações florestais e sua eficiência operacional

Atividades	Número mínimo de amostras	Amostras coletadas	Capacidade operacional teórica (ha/h)	Capacidade operacional efetiva (ha/h)	Eficiência operacional (%)
Combate a formiga	61,78	120	2,611	0,313	11,99
Marcação e alinhamento	24,94	29	0,360	0,019	5,28
Coveamento	25,90	65	0,042	0,019	45,24
Capina química pré-plantio	13,02	15	0,864	0,043	4,98
Adubação pré-plantio	34,74	64	0,616	0,085	13,80
Enchimento de cova	22,21	29	0,118	0,028	23,73
Plantio efetivo	25,42	30	0,364	0,057	15,66
Coroamento	14,96	75	0,083	0,039	46,99
Adubação de cobertura	20,12	83	0,616	0,063	10,23

Depreende-se, pelas Tabelas 10 e 11, que as operações que apresentaram melhores rendimentos foram as atividades relacionadas com o combate a formigas cortadeiras, sendo a capacidade operacional efetiva de 0,313; 0,463 e 0,563 ha/h, respectivamente, para o combate inicial, 1º e 2º repasses, nos dois sistemas de cultivo. O combate a formigas apresentou a capacidade operacional efetiva média de 0,446 ha/h. Esse maior rendimento é esperado face ao rápido deslocamento dos trabalhadores dentro da área. Entretanto, o combate inicial apresentou baixa eficiência operacional (11,99%), afetada pelo combate localizado ter sido realizado junto com o combate sistemático. O combate localizado exige que o trabalhador pare junto ao formigueiro, localize os olheiros ativos e realize o combate com a isca granulada e em pó. Portanto, é uma atividade que exige cuidado e atenção, demandando mais tempo, principalmente no primeiro combate; pois existe maior infestação de formigueiros. O controle sistemático é mais rápido e exige apenas a colocação da dose da isca granulada a cada seis metros. Os

repasses também são mais rápidos, pois a população de formigas é menor e apenas é realizado o combate localizado, quando se encontra um formigueiro.

As roçadas manuais feitas no início e durante a manutenção florestal tiveram rendimentos diferentes, pois no início a área estava mais suja, ocasionando uma capacidade operacional efetiva mais baixa (0,037 ha/h) do que a roçada feita aos 12 meses (0,069 ha/h), nos dois sistemas. Isso pode ser explicado pelas condições mais sujas da área antes da implantação do povoamento.

O maior percentual dos custos encontrado na fase de limpeza de área e preparo de solo, para o sistema manual, está relacionado ao coveamento manual, uma operação com capacidade operacional efetiva baixa (0,019 ha/h) e que requer grande esforço físico do trabalhador para sua execução. Segue-se percentual de custo maior na operação de marcação e alinhamento de covas, igualmente com baixa capacidade operacional efetiva e justificada pela topografia da região. Portanto, a baixa eficiência, notada na atividade de marcação de covas (5,28%), foi esperada. Essa operação teve capacidade operacional efetiva melhor no sistema mecanizado, com 0,063 ha/h, uma vez que é mais simplificada, necessitando apenas de marcar o ponto de plantio, através de uma balisa com a distância entre covas, criando uma pequena bacia para receber a muda.

A capacidade operacional efetiva do plantio efetivo no sistema manual foi de 0,057 ha/h e, no sistema mecanizado, de 0,047 ha/h. Perante a capacidade operacional teórica de 0,364 ha/h, sua eficiência operacional também não foi elevada, de 15,66%, pois o serviço requer cuidado no manuseio das mudas, retirada dos tubetes, transporte e distribuição das caixas com mudas na área. O replantio ocupou percentual pequeno nos custos por hectare (0,66 e 0,70%, respectivamente, nos sistemas manual e mecanizado), pois foi um serviço com capacidade operacional efetiva de 0,344 ha/h nos dois sistemas e não demandou muita mão de obra para sua conclusão.

Fato semelhante à adubação inicial ocorreu com a adubação de cobertura, em que no sistema manual a capacidade operacional efetiva de 0,063 ha/h foi melhor do que no sistema mecanizado (0,053 ha/h), devido à diferença no número de mudas por hectare. As adubações tiveram eficiências operacionais pouco elevadas (13,80 e 10,23%, respectivamente para a

adubação pré-plantio e de cobertura), devido ao peso elevado manuseado pelo trabalhador e sendo um serviço que exige grande esforço físico. No caso da adubação de cobertura, a menor eficiência foi devido à necessidade de ter que colocar o adubo sob a projeção da copa das árvores, na parte de cima do terreno, em forma de meia-lua, no sistema manual; e sobre a linha da subsolagem, em faixa contínua de 1 m entre-plantas, no sistema mecanizado.

Os piores rendimentos, no sistema manual, foram observados nas atividades de coroamento, enchimento de cova, coveamento e marcação de covas, com capacidade operacional efetiva de 0,039; 0,028; 0,019 e 0,019 ha/h, respectivamente. A eficiência operacional variou de 46,99; 23,73 e 45,24%, respectivamente para as operações de coroamento, enchimento de cova e coveamento. A capacidade operacional teórica foi baixa com 0,083; 0,118 e 0,042 ha/h, respectivamente para aquelas operações, já que nessas etapas há um trabalho individualizado por cova e adoção de posturas incômodas constantemente (Tabelas 10 e 11). Dessa forma, apresenta uma maior necessidade de intervalos para pausas e descanso dos trabalhadores, afetando o rendimento.

A capina química pós-plantio, na fase de manutenção florestal, apresentou rendimento com a capacidade operacional efetiva de 0,085 ha/h, sendo mais rápida do que a aplicação aos 90 dias (0,060 ha/h) e a aplicação pré-plantio (0,043 ha/h). Durante a manutenção florestal, as plantas estão maiores e com menos perigo de serem atingidas por eventual deriva. A aplicação aos 90 dias exige mais cuidado para não ocorrer deriva e atingir as plantas, que estão novas e podem até morrer por intoxicação do glifosato. O problema observado na etapa inicial foi o elevado tempo gasto no reabastecimento das bombas com água e mistura do herbicida, estando os locais de distribuição de água distantes, afetando o deslocamento do operador na área de plantio e a eficiência da operação. Isso confere com a baixa eficiência operacional observada na capina química pré-plantio de apenas 4,98%, mesmo com maior capacidade operacional teórica (0,864 ha/h).

A Figura 30 demonstra a distribuição percentual dos custos nos dois sistemas.

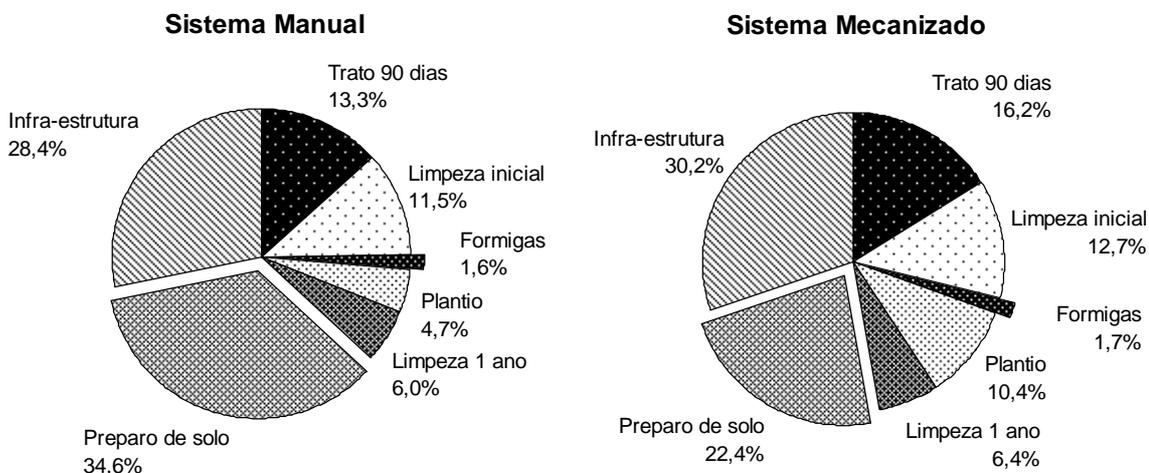


Figura 30 – Distribuição percentual dos custos de implantação e manutenção florestal, nos sistemas manual e mecanizado de cultivo.

A infraestrutura, com abertura de estradas, cercamento e construção de aceiros, representou 28,37 e 30,22% do custo total por hectare, respectivamente para o sistema manual e mecanizado, sendo um pouco maior no segundo sistema, pois este ocupou a maior parte do terreno (5,44 ha) na área de estudo. Somente o cercamento, para ambos os sistemas, representou praticamente um quarto dos custos totais por hectare.

No sistema mecanizado, o preparo do solo consumiu 22,4% do total de custos e contribuiu muito com o rendimento das outras operações, principalmente a marcação de covas. Isso refletiu na maior participação percentual da marcação de covas no custo por hectare no sistema manual do que no sistema mecanizado. A fase de preparo manual do solo ocupou o maior percentual de custos totais de implantação de um povoamento do eucalipto, com 34,6%. Nota-se, pela Tabela 11, que o preparo mecanizado do solo ficou 29,5% mais barato que no sistema manual, indicando potencial para ser adotado em áreas declivosas e gerando ganho econômico de R\$ 103,81/ha.

A fase do plantio consumiu 4,7 e 10,4% do custo total por hectare, respectivamente para os sistemas manual e mecanizado. O maior percentual de custo, no sistema mecanizado, para o plantio foi devido ao elemento de adubação inicial ou pós-plantio. Essa operação é feita em maior número de

plantas, o que demanda mais tempo e afeta o rendimento, além da aplicação ser localizada ao lado das mudas. No sistema manual, o adubo foi adicionado à cova aberta, antes do seu preenchimento, proporcionando rapidez na execução da operação.

As outras fases limpeza inicial e de 1 ano da área, combate a formigas e trato de 90 dias não foram muito diferentes entre os dois sistemas, sendo que o trato de 90 dias no sistema mecanizado foi um pouco maior do que no sistema manual, devido ao maior número de plantas por hectare naquele sistema.

4.5. ALTURA DE POVOAMENTO DE EUCALIPTO EM FUNÇÃO DO PREPARO DO SOLO E DA EXPOSIÇÃO SOLAR DO TERRENO

Uma vez que os pressupostos foram atendidos, em relação à independência, normalidade e homogeneidade de variância (Anexos 6 e 7), partiu-se para se fazer a análise de variância (Anexos 8 e 9).

As alturas das plantas, aos seis e doze meses, não apresentaram interação significativa ($P < 0,05$) entre as faces de exposição e os métodos de preparo do solo. No entanto, houve diferenças ($P < 0,05$) entre os métodos de preparo do solo e entre as faces de exposição solar (Tabelas 12 e 13).

Tabela 12 – Médias das alturas das plantas de eucalipto, aos seis meses de idade (Fazenda Cachoeira Bonita, São José do Calçado – ES, 2009)

Face de exposição	Preparo do solo		Média
	Manual	Mecanizado	
Oeste/Noroeste	2,01	2,20	2,11 A
Norte/Nordeste	2,31	2,52	2,41 B
Média	2,16 a	2,36 b	

Nota: As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Tabela 13 – Médias das alturas das plantas de eucalipto, aos doze meses de idade (Fazenda Cachoeira Bonita, São José do Calçado – ES, 2009)

Face de exposição	Preparo do solo		Média
	Manual	Mecanizado	
Oeste/Noroeste	6,04	6,27	6,15 A
Norte/Nordeste	6,50	6,94	6,72 B
Média	6,27 a	6,60 b	

Nota: As médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste F, a 5% de probabilidade.

A altura, diferenciada por método de preparo do solo e por face de exposição solar do terreno, demonstrou ser um indicativo de maior potencial de desenvolvimento para o sistema mecanizado sobre o sistema manual e para os plantios nas faces norte e nordeste (NNE) sobre as faces oeste e noroeste (ONO).

A maior altura foi observada no método mecanizado, aos seis e doze meses de idade e isso pode ser atribuído às melhores condições criadas para absorção de nutrientes e de água pelas plantas de eucalipto, ao favorecer o crescimento de raízes. A subsolagem promoveu um rompimento brusco do subsolo e produziu trincas em vários locais, principalmente nas partes mais declivosas. Devido a esse efeito, em alguns locais, a profundidade da subsolagem foi superior a 70 cm. Isso promoveu maior contato das raízes com as partículas do solo e, também, maior volume explorado do solo pelas raízes, favorecendo processos de interceptação do fósforo pelas raízes, principal forma de absorção desse elemento, e aumentando a eficiência de sua absorção pelas plantas. De forma geral, quanto maior o volume de solo explorado pelo sistema radicular, maior a eficiência de absorção dos nutrientes.

Em um estudo realizado por Batista e Mafia (2009), foi verificado que, para áreas com relevo acidentado, é favorável ao desenvolvimento do eucalipto os locais onde as exposições do terreno favorecem maior incidência de radiação solar, indicando maior aproveitamento da energia disponível para a demanda fotossintética e menor ocorrência de doenças.

A maior altura foi observada nas faces NNE e isso pode ser atribuído ao efeito da incidência de radiação global sobre o terreno, variada em função das faces de exposição solar da área experimental. As faces NNE suplantaram as faces ONO no efeito sobre a altura, provavelmente ofertando maior quantidade de radiação e estimulando o processo de fotossíntese nas plantas. De acordo com as estimativas de radiação global total incidente (R_g) por faces de exposição solar, as faces NNE apresentaram $1,7665 \text{ MWh/m}^2$, ao longo do ano de 2009. As estimativas de R_g para as faces ONO foram de $1,7055 \text{ MWh/m}^2$, ao longo do mesmo ano, sendo 3,45% menores do que a R_g da face NNE.

Entretanto, observou-se que, na face oeste, houve R_g na ordem de $1,289 \text{ MWh/m}^2$, indicando tendência em apresentar radiação cerca de 30,21% menor do que a maior R_g estimada para a face norte, cujo valor foi de $1,847 \text{ MWh/m}^2$. Nesse sentido, quanto maior a radiação global total incidente em determinada face do terreno, maior a altura das plantas (Anexo 10).

5. CONCLUSÕES

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

5.1. A declividade e a irregularidade da superfície do terreno foram limitantes para o desempenho do tráfego do conjunto trator-subsolador, resultando na subsolagem de 88% da área definida pela declividade limite de 43,90%.

5.2. O rendimento operacional dos tratores usados na subsolagem e na capina química pré-plantio ficou entre 52-60%, indicando restrições ao tráfego de máquinas nos relevos fortemente ondulado (20-45%) a montanhoso (45-75%).

5.3. O custo de implantação e manutenção florestais diferiu entre os sistemas de cultivo testados manual x mecanizado, evidenciando um ganho econômico de R\$ 85,45/ha no primeiro ano de cultivo do eucalipto, em favor do sistema mecanizado.

5.4. Os métodos de preparo de solo utilizados para implantação do povoamento de eucalipto clonal (*E. grandis* x *E. urophylla*) influenciaram significativamente na altura das plantas, aos seis e doze meses de idade, em favor do sistema mecanizado.

5.5. As faces de exposição solar do terreno também influenciaram significativamente na altura das plantas, aos seis e doze meses de idade, em favor das faces do terreno voltadas a norte e nordeste.

6. RECOMENDAÇÕES

6.1. O preparo do solo mecanizado em áreas declivosas, promoveu maior altura das plantas e deve ser adotado nos locais definidos pela declividade operacional limite dos tratores e empregar operadores experientes e com habilidade para essa operação.

6.2. Para o sistema manual, existe uma alternativa do uso de motoveadores para abertura de covas em áreas declivosas, uma vez que o coveamento com enxadão representou grande percentual na participação dos custos totais.

6.3. A capina química pré-plantio pode ser feita com pulverizador de barra com braços longos (12 metros, por exemplo), para obter maiores rendimentos operacionais e menores custos com essa operação.

6.4. A capina química pós-plantio via “conceição” não deve ser recomendada em áreas declivosas, em função da deriva potencial sobre as plantas jovens de eucalipto, que pode ocorrer durante o trânsito do conjunto sobre o piso normalmente irregular dessas áreas.

6.5. Os dados de declividade, de radiação solar incidente e as faces de exposição solar predominantes, obtidos por uma ferramenta SIG, assim como o potencial de mecanização do preparo do solo, podem solucionar um impasse do produtor sobre a escolha de locais para implantar florestas de produção.

6.6. Tendo em vista o empobrecimento econômico dos produtores rurais, é necessário observar o uso de técnicas corretas na escolha de áreas e na condução de povoamentos de eucalipto, em áreas declivosas, com a finalidade de se obter o maior ganho possível com a atividade.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA) – **Software Hidro Web**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 24 out. 2009.

ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G.; ASSIS, T. F. **Clonagem e Doenças do Eucalipto**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2004. 442 p.: il.

ALMEIDA, A. C.; SOARES, J. V.; LANDSBERG, J. J.; REZENDE, G. D. Growth and water balance of *Eucalyptus grandis* hybrid plantations in Brazil during a rotation for pulp production. **Forest Ecology and Management**, [S.l.]: Elsevier, 251, p. 10-21, 2007.

ANDRADE, E. N. de. **Manual do plantador de Eucalyptus**. 2ª ed. São Paulo: Typographia Brazil de Rothschild & Comp., 1911. 336 p.: il.

ANDRADE, E. N. de. **O eucalipto**. 2ª ed. rev. e atual. Jundiaí: Companhia Paulista de Estradas de Ferro, 1961. 688 p.

ANDRADE, S. da C. **Avaliação técnica, social, econômica e ambiental de dois sistemas de colheita florestal no litoral norte da Bahia**. 1998. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura**. 2. ed. Brasília: Embrapa, SPI/ Embrapa-CPAC, 1998. 434 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13133: Execução de levantamento topográfico**. Rio de Janeiro, 1994. 35 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS (ABRAF). **Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2008/ABRAF** – Brasília, DF: 2009. 120 p.: il. Disponível em: <<http://www.abraflor.org.br>>. Acesso em: 13 nov. 2009.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO (BNDES). BNDES Setorial. **Painéis de Madeira no Brasil: Panorama e Perspectivas**. Rio de Janeiro, n. 27, p. 121-156, mar. 2008.

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho**. 6 ed. São Paulo: Edgar Blücher, 1977. 635 p.

BARROS, M. A. **Geotecnologias como contribuição ao estudo do agroecossistema cafeeiro de Minas Gerais em nível municipal**. 2006. 157 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.

BARROS, N. F. de; MOURA FILHO, W.; VALE, A. B.; OLIVEIRA, L. M. Contribuição ao relacionamento de características pedológicas e topográficas com altura de *Eucalyptus alba*, na região de Santa Bárbara, MG. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 23, p. 109-128, 1976.

BARROS, N. F. de; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F. de. Nutrição e adubação de eucalipto. In: A cultura do eucalipto II. **Informe Agropecuário**, Belo horizonte: EPAMIG, v. 18, n. 186, p. 70-75, 1997a.

BARROS, N. F. de; TEIXEIRA, J. C.; TEIXEIRA, J. L. Nutrição e produtividade de povoamentos de eucalipto manejados por talhadia. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 30, cap. 7, p. 79-87, abr. 1997b.

BATISTA, T. R.; MAFIA, R. G. Uso do geoprocessamento para determinação de áreas com maior potencial para o cultivo do eucalipto considerando a intensidade de radiação luminosa. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, 2009, Natal, **Anais...** Natal: INPE, 2009, p. 3551-3558.

BIRRO, M. H. B.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P. de; MINETTI, L. J. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com "Track-Skidder" em região montanhosa. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 5, p. 525-532, 2002.

BRAGA, F. A.; BARROS, N. F.; SOUZA, A. L.; COSTA, L. M. Características ambientais determinantes da capacidade produtiva de sítios cultivados com eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 23, n. 2, p. 291-298, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Aptidão Agrícola do Espírito Santo**. Brasília: Biblioteca Nacional da Agricultura, nº 19, 1979. 84 p.: il.

BUARQUE, C. **Avaliação econômica de projetos**: uma apresentação didática. Tradução Maria do Carmo Duarte de Oliveira. Rio de Janeiro: Elsevier, 1984. 266 p.

BURLA, E. R. **Mecanização de atividades silviculturais em relevo ondulado**. Belo Oriente: CENIBRA, 2001. 144 p.: il.

CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal**: perguntas e respostas. 2. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2006. 470 p.

CANDIDO, J. F. **Eucalipto**: escolha de espécie, produção de mudas, plantio, tratos e exploração. 2ª ed. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 1974. 136 p.

CANTO, J. L. do. **Colheita e transporte florestal em propriedades rurais fomentadas no Estado do Espírito Santo**. 2006. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

CANTO, J. L. do; MACHADO, C. C.; GONTIJO, F. M. Colheita e transporte florestal em propriedades rurais fomentadas no Estado do Espírito Santo. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 6, p. 989-998, nov./dez. 2006.

CARUSO, C.; QUARTA, F. Interpolation methods comparison. **Computers Mathematical Application**, Great Britain, v. 35, n. 12, p. 109-126, 1998.

CASTRO, F. da S. **Zoneamento agroclimático para a cultura do *Pinus* no Estado do Espírito Santo**. 2008. 101 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, 2008.

CAVALCANTE, E. G. S.; ALVES, M. C.; PEREIRA, G. T.; SOUZA, Z. M. de. Variabilidade espacial de MO, P, K e CTC do solo sob diferentes usos e manejos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 394-400, mar./abr. 2007.

CELULOSE NIPO BRASILEIRA S.A. (CENIBRA). **Por Dentro do Eucalipto**: Cartilha de educação ambiental. CENIBRA: 2003. 7 p.

CONAW, P. L. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977. 264 p.

DALBEM, M.; DAL'COL, J.; SARCINELLI, T. S.; CARMO, A. P. do. **Fomento Legal**: Cultivando o eucalipto. Aracruz: Pauta 6, dez. 2008. 50 p.: il. color.

DIAS JÚNIOR, M. de S.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S. da; SILVA, A. R.; FERREIRA, D. F. Avaliação quantitativa da sustentabilidade estrutural dos solos em sistemas florestais na região de Aracruz-ES. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 23, n. 4, p. 371-380, 1999.

DONATI, Z. A. Fomento Florestal – Agregação de valor na cadeia produtiva da madeira – o caso da Aracruz Celulose. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 15, 2008, Curitiba, **Anais...** Curitiba: FUPEF, 2008, p. 263-280.

DOSSA, D.; CONTO, A. J. de; RODIGHIERI, H.; HOEFLICH, V. A. **Aplicativo com análise de rentabilidade para sistemas de produção de florestas cultivadas e de grãos**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 56 p. EMBRAPA FLORESTAS. Documentos, 39.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Levantamento generalizado e semidetalhado de solos da Aracruz Celulose S.A. no Estado do Espírito Santo e no extremo sul do Estado da Bahia e sua aplicação aos plantios de eucalipto**. Rio de Janeiro, 2000. 111 p.: il. EMBRAPA-CNPS. Boletim de Pesquisa, 1.

ESPÍRITO SANTO (Estado). **Projeto Espírito Santo 2025**. Disponível em: <<http://www.espiritosanto2025.com.br>>. Acesso em: 18 nov. 2009.

FACCO, A. G. **Modelagem do balanço hídrico em microbacia hidrográfica com plantio de eucalipto**. 2008. 81 f. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2008.

FERRÃO, R. G.; FORNAZIER, M. J.; FERRÃO, M. A. G.; PREZOTTI, L. C.; FONSECA, A. F. A. da; ALIXANDRE, F. T.; FERRÃO, L. V. Estado da arte da cafeicultura no Espírito Santo. In: TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. do; JESUS JÚNIOR, W. C. de; PEZZOPANE, J. R. M. (Ed.). **Seminário para a sustentabilidade da cafeicultura**. Alegre, ES: UFES, Centro de Ciências Agrárias, 2008. 342 p.

FERREIRA, F. P.; AZEVEDO, A. C. de; WAPPLER, D.; KANIESKI, A. J.; GIRELLI, D.; PEDROTTI, J. Exposição solar e propriedades do solo em Santa Maria – RS. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 3, p. 377-381, jul./set. 2005.

FESSEL, V. A. G. **Qualidade, desempenho operacional e custo de plantios, manual e mecanizado, de *Eucalyptus grandis*, implantados com cultivo mínimo**. 2003. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

FIBRIA CELULOSE S.A. **Programa Produtor Florestal**. Disponível em: <<http://www.produtorflorestal.com.br>>. Acesso em: 10 jan. 2010.

FIEDLER, N. C. **Análise de posturas e esforços despendidos em operação de colheita florestal no litoral do estado da Bahia**. 1998. 103 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

FILHO, E. I. F.; SÁ, M. M. F. Influência das variáveis do terreno na radiação solar. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis, **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007, p. 5751-5753.

GALETI, P. A. **Mecanização agrícola: preparo do solo**. Ed. 1988. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1981. 220 p.

GALLARDO-CRUZ, J. A.; PÉREZ-GARCÍA, E. A.; MEAVE, J. A. β -Diversity and vegetation structure as influenced by slope aspect and altitude in a seasonally dry tropical landscape. **Landscape Ecology**, [S.l.]: Springer, v. 24, p. 473-482, 2009.

GATTO, A.; BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F. de; COSTA, L. M. da; NEVES, J. C. L. Efeito do método de preparo do solo, em área de reforma, nas suas características, na composição mineral e na produtividade de plantações de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 5, p. 635-646, 2003.

GAVA, J. L. Efeito da adubação potássica em plantios de *E. grandis* conduzidos em segunda rotação em solos com diferentes teores de potássio trocável. **Série Técnica IPEF**, Piracicaba, v. 30, cap. 8, p. 89-94, abr. 1997.

GONÇALVES, T. D. **Mapeamento de Solos e de Produtividade em Plantações de *Eucalyptus grandis* na Estação Experimental de Itatinga, ESALQ, com uso de geoprocessamento**. 2003. 47 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

GONÇALVES, J. L. de M.; STAPE, J. L. (ed.). **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Piracicaba: IPEF, 2002. 498 p.: il. color.

GRESPLAN, S. L. **Produção e eficiência nutricional de clones de eucalipto no norte do Espírito Santo e suas relações com características do solo**. 1996. 81 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.

HUSCH, B.; BEERS, T. W.; KERSHAW JUNIOR, J. A. **Forest Mensuration**. 4th ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003. 443 p.: il.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário 2006**: Brasil, grandes regiões e unidades da federação. Rio de Janeiro, v.22. p. 1-47, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário 1996**. Banco de dados do IBGE - SIDRA. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/agric/default.asp>>. Acesso em: 12 mar. 2009.

KHOURY JUNIOR, J. K.; SOUZA, C. M. A. de; RAFULL, L. Z. L.; VARELLA, C. A. A. Engenharia agrícola: simulação da estabilidade de tratores agrícolas 4 x 2. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 1, p. 257-267, 2009.

KOJIMA, M.; YAMAJI, F. M.; YAMAMOTO, H.; YOSHIDA, M.; TAKAHISA, N. Effects of the lateral growth rate on wood quality parameters of *Eucalyptus grandis* from different latitudes in Brazil and Argentina. **Forest Ecology and Management**, [S.l.]: Elsevier, v. 257, p. 2175-2181, 2009.

LADEIRA, H. P. **Quatro décadas de Engenharia Florestal no Brasil**. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 2002. 207 p.: il.

LANI, J. L. (Coord.). **Atlas de ecossistemas do Espírito Santo**. Vitória: SEMA. Viçosa, MG: UFV, 2008. 504 p.: il. color.

LEITE, H. G. **Conversão de tronco em multiprodutos de madeira, utilizando programação dinâmica**. 1994. 230 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1994.

LEITE, H. G.; ANDRADE, V. C. L de. Um método para condução de inventários florestais sem o uso de equações volumétricas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 3, p. 321-328, 2002.

LIMA, J. S. de S. **Avaliação da força de arraste, compactação do solo e fatores ergonômicos num sistema de colheita de madeira utilizando os tratores “Feller-Buncher” e “Skidder”**. 1998. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

LIMA, J. S. de S.; SOUZA, A. P. de; MACHADO, C. C. Estimativa das estabilidades longitudinal e transversal de tratores florestais utilizados na colheita de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 6, p. 839-844, nov./dez. 2004.

LOUZADA, P. T. C.; MARCIANO, L. Aspectos da utilização do sistema de cultivo mínimo na implantação de florestas de eucalipto na Veracruz Florestal. In: SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1, 1995, Curitiba, **Anais...** Curitiba: IPEF, 1995, p. 73-88.

MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita Florestal**. Ed. UFV, Viçosa, MG: 2002. 468 p.

MAESTRI, R. **Modelo de crescimento e produção para povoamentos clonais de *Eucalyptus grandis* considerando variáveis ambientais**. 2003. 143 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

MALAVOLTA, E. **ABC da adubação**. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo: 1989. 292 p.: il. color (12).

MALUF, L. L. P. **Efeito da queima, métodos de preparo do solo e da adubação no crescimento de *E. camaldulensis* em Areia Quartzosa**. 1991. 78 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 1991.

MIALHE, L. G. **Máquinas Motoras na Agricultura**. São Paulo: Pedagógica e Universitária. Universidade de São Paulo, v 2., 1980. 367 p.

MOULIN, J. P.; SILVA JÚNIOR, R. L. da. Variabilidade espacial do índice de cone, correlacionada com textura e produtividade. **Engenharia Rural**, [S.l.], v. 14, único, p. 49-58, 2003.

NAPPO, M. E. Práticas Silviculturais em Povoamentos Florestais de Produção. In: OLIVEIRA, J.T. de; FIEDLER, N.C.; NOGUEIRA, M. (Ed.). **Tecnologias Aplicadas ao Setor Madeireiro II**. Vitória: Aquarius, 2007. 302 p.

GRAZIANO NETO, F. **Xico Graziano: Crendices e falácias**. 2006. Disponível em: <<http://www.xicograziano.com.br/artigos/250/crendices-e-falacias>>. Acesso em: 21 nov. 2009.

PAULA NETO, F. Considerações sobre inventário e amostragem florestal. In: A cultura do Eucalipto II. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte: EPAMIG, v. 18, n. 186, p. 20-23, 1997.

NEVES, J. C. L.; BARROS, N.F. de; NOVAIS, R.F. de; ANJOS, J. L. Efeito do alumínio em amostras de dois latossolos sob cerrado sobre o crescimento e absorção de nutrientes de *Eucalyptus* spp. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 6, n. 1, p. 17-28, jan./jun. 1982.

NOVAIS, R. F. de. O eucalipto felizmente existe. **Jornal SIF**. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 2009 – Ed. especial, n. 82, ano 17, 8 p.: il. color.

NOVAIS, R. F. de; BARROS, N. F. de; NEVES, J. C. L. Interpretação de análise química do solo para o crescimento e desenvolvimento de *Eucalyptus* spp.: Níveis críticos de implantação e de manutenção. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 10, n. 1, p. 105-111, 1986.

OLIVEIRA, R. B. **Mapeamento e correlação de atributos do solo e de plantas de café conilon para fins de agricultura de precisão**. 2007. 129 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2007.

OLIVEIRA, R. B.; XAVIER, A. C.; QUARTO JUNIOR, P.; SILVA, A. F. da; LIMA, J. S. de S. Mapeamento das áreas aptas para tráfego de tratores agrícolas no município de Alegre-ES. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 5 e ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9, 2005, São José dos Campos, **Anais...** São José dos Campos: UNIVAP, 2005, v. 1, p. 596-598.

OLIVEIRA, R. J. de; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P. de; LEITE, H. G. Avaliação técnica e econômica da extração de madeira de eucalipto com “Clambunk Skidder”. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 2, p. 267-275, 2006.

ORTIZ, J. L. **Emprego do geoprocessamento no estudo da relação entre potencial produtivo de um povoamento de eucalipto e atributos do solo e relevo**. 2003. 205 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

PAIM, N. S. Métodos, processos e estratégias de produção de móveis. In: OLIVEIRA, J.T. de; FIEDLER, N.C.; NOGUEIRA, M. (Ed.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro II**. Vitória: Aquarius, 2007. 302 p.

PAIVA, H. N. Implantação de florestas econômicas. In: OLIVEIRA, J. T. de; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. (Ed.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Jerônimo Monteiro: Suprema Gráfica e Editora, 2007. 420 p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Ed. Agropecuária, 2002. 478 p.

- PEREIRA, D. P.; FIEDLER, N. C. Implantação de povoamentos de eucalipto: uma visão de extensão. In: JESUS JÚNIOR, W. C. de; TOMAZ, M. A.; MARTINS, L. D.; CECÍLIO, R. A.; VARGAS JÚNIOR, J. G. de; DONATELE, D. M.; ALBANE, L. A. (Ed.). **Qualidade na produção agropecuária**. Alegre, ES: UFES, Centro de Ciências Agrárias, 2009. 238 p.: il.
- PEREIRA, D. P.; REBELLO, A. P. B.; FIEDLER, N. C.; BOLZAN, H. M. R. Atividades silviculturais em povoamentos de eucalipto em áreas inclinadas. In: RODRIGUES, B. P.; FIEDLER, N. C.; BRAZ, R. L. (Org.). **Tópicos em ciências florestais**. Alegre, ES: CAUFES, 2009. 140 p.
- PETERNELLI, L. A.; MELLO, M. P. **Conhecendo o R**: uma visão estatística. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007. 118 p.
- PEZZOPANE, J. E. M.; SANTOS, E. A.; ELEUTÉRIO, M. M.; REIS, E. F. dos; SANTOS, A. R. dos. Espacialização da temperatura do ar no Estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 151-158, 2004.
- PLANO ESTRATÉGICO DE DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA CAPIXABA (PEDEAG) – **Novo Pedagog 2007-2025**. Vitória: SEAG, 2007. 115 p.: il. color.
- PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**: 5ª aproximação. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305 p.: il. color.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>. Acesso em: 10 nov. 2008.
- RESENDE, J. L. P. de; OLIVEIRA, A. D. de. **Análise econômica e social de projetos florestais**: matemática financeira, formulação de projetos, avaliação de projetos, localização de projetos, análise de custo-benefício. 2. ed., rev. e atual. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2001. 389 p.: il.
- RESENDE, J. L. P. de; PADUA, C. T. J.; OLIVEIRA, A. D. de; SCOLFORO, J. R. S. Análise econômica de fomento florestal com eucalipto no Estado de Minas Gerais. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 221-231, 2006.
- RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LLANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, jul./set. 2005.
- ROBERTSON, G. P. **GS+**: Geostatistics for the environmental sciences – GS+ User's guide. Plainwell, Gamma Design Software, 1998. 152 p.

ROCHA, E. B. da. **Avaliação técnica e econômica de um sistema de colheita florestal de árvores inteiras no município de Niquelândia – GO.** 2006. 73 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

SANCHES, O. A.; YONEZAWA, J. T.; ZEN, S. Evolução do cultivo mínimo em reflorestamento na Cia. Suzano de Papel e Celulose. In: SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1, 1995, Curitiba, **Anais...** Curitiba: IPEF, 1995, p. 140-147.

SANT'ANNA, C. de M.; FIEDLER, N. C.; MINETTE, L. J. **Controle de incêndios florestais.** Alegre, ES, 2007. 152 p.: il.

SANTOS, A. R. dos. **Apostila de geoprocessamento.** Vitória: UFES, 2002. 54 p.

SASAKI, C. M.; BENTIVENHA, S. R. P.; GONÇALVES, J. L. M. **Considerações básicas de subsoladores florestais.** In: GONÇALVES, J. L. M.; STAPE, J. L. (Ed.). Conservação e cultivo de solos para plantações florestais. Piracicaba: IPEF, cap. 12, p. 393-407, 2002.

SCHETTINO, L. F.; GONÇALVES, F. C. **Avaliação da Gestão Florestal no Sul do Espírito Santo** – Vitória [s.n], 2007. 168 p.: il.

SCOLFORO, J. R. **O mundo eucalipto: os fatos e mitos de sua cultura.** Apresentação Leonardo Boff. Rio de Janeiro: Mar de Idéias, 2008. 72 p.: il.

SEIXAS, F. Compactação do solo devido à mecanização florestal: causas, efeitos e práticas de controle. **Circular Técnica**, Piracicaba: IPEF, n. 163, out. 1988. 11 p.

SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M. de; FIGUEIREDO, C. A. P. de; MARQUES JÚNIOR, J.; MACHADO, R. V. Variabilidade espacial de atributos químicos e de produtividade na cultura do café. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 2, p. 401-407, mar./abr. 2007.

SILVA, J. de C. Eucalipto: desfazendo mitos e preconceitos. **Informativo da Associação Mineira de Silvicultura (AMS).** Belo Horizonte, MG: AMS, 2009 – nº 78, jul. 4 p. Disponível em: <<http://www.painelflorestal.com.br>>. Acesso em: 15 set. 2009.

SILVA, W. C. M. da. **Modelagem dos balanços de radiação e de água e simulação do crescimento do eucalipto na Bacia do Rio Doce-MG.** 2007. 122 f. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

SILVEIRA, P. M. da; SILVA, O. F. da; STONE, L. F.; SILVA, J. G. da. Efeitos do preparo do solo, plantio direto e de rotações de culturas sobre o rendimento e a economicidade do feijoeiro irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [online], v. 36, n. 2, p. 257-263, 2001.

SIQUEIRA, J. D. P.; LISBOA, R. S.; FERREIRA, A. M.; SOUZA, M. F. R. de; ARAÚJO, E. de; JÚNIOR, L. L.; SIQUEIRA, M. de M. Estudo ambiental para os programas de fomento florestal da Aracruz Celulose S.A. e extensão florestal do Governo do Estado do Espírito Santo. **Floresta**, [Curitiba], Edição especial, nov. 2004. 72 p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA (SBS). **Fatos e Números do Brasil Florestal**. São Paulo, 2008. 109 p.: il. color. Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/FatoseNumerosdoBrasilFlorestal.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2008.

SOUZA, C. K. de; MARQUES JÚNIOR, J.; MARTINS FILHO, M. V.; PEREIRA, G. T. Influência do relevo na variação anisotrópica dos atributos químicos e granulométricos de um latossolo em Jaboticabal – SP. **Engenharia Agrícola**, [Jaboticabal], v. 23, n. 3, p. 486-495, set./dez. 2003.

SOUZA, L. H. de; VIEIRA, L. B.; FERNANDES, H. C.; LIMA, J. S. de S.; KHOURY JUNIOR, J. K. Determinação da estabilidade lateral de um conjunto trator-recolhedora de feijão para o trabalho de campo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 12, n. 1, p. 66-71, jan./mar. 2004a.

SOUZA, Z. M. de; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MOREIRA, L. F. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1763-1771, nov./dez. 2004b.

SOUZA, M. J. H. de; RIBEIRO, A.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; MINUZZI, R. B. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da bacia do Rio Doce. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 3, p. 399-410, 2006.

SRIVASTAVA, A. K.; GOERING, C. E.; ROHRBACH, R. P. (Ed.). **Engineering principles of agricultural machines**. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers, 1993. 601 p.

STAGE, A. R. An expression for the effect of aspect, slope, and habitat type on tree growth. **Forest Science**, [S.I.]: Ingenta, v. 22, n. 4, p. 457-460, dec. 1976.

STAPE, J. L.; BINKLEY, D.; RYAN, M. G. Eucalyptus production and the supply, use and efficiency of use of water, light and nitrogen across a geographic gradient in Brazil. **Forest Ecology and Management**, [S.I.]: Elsevier, v. 193, p. 17-31, 2004.

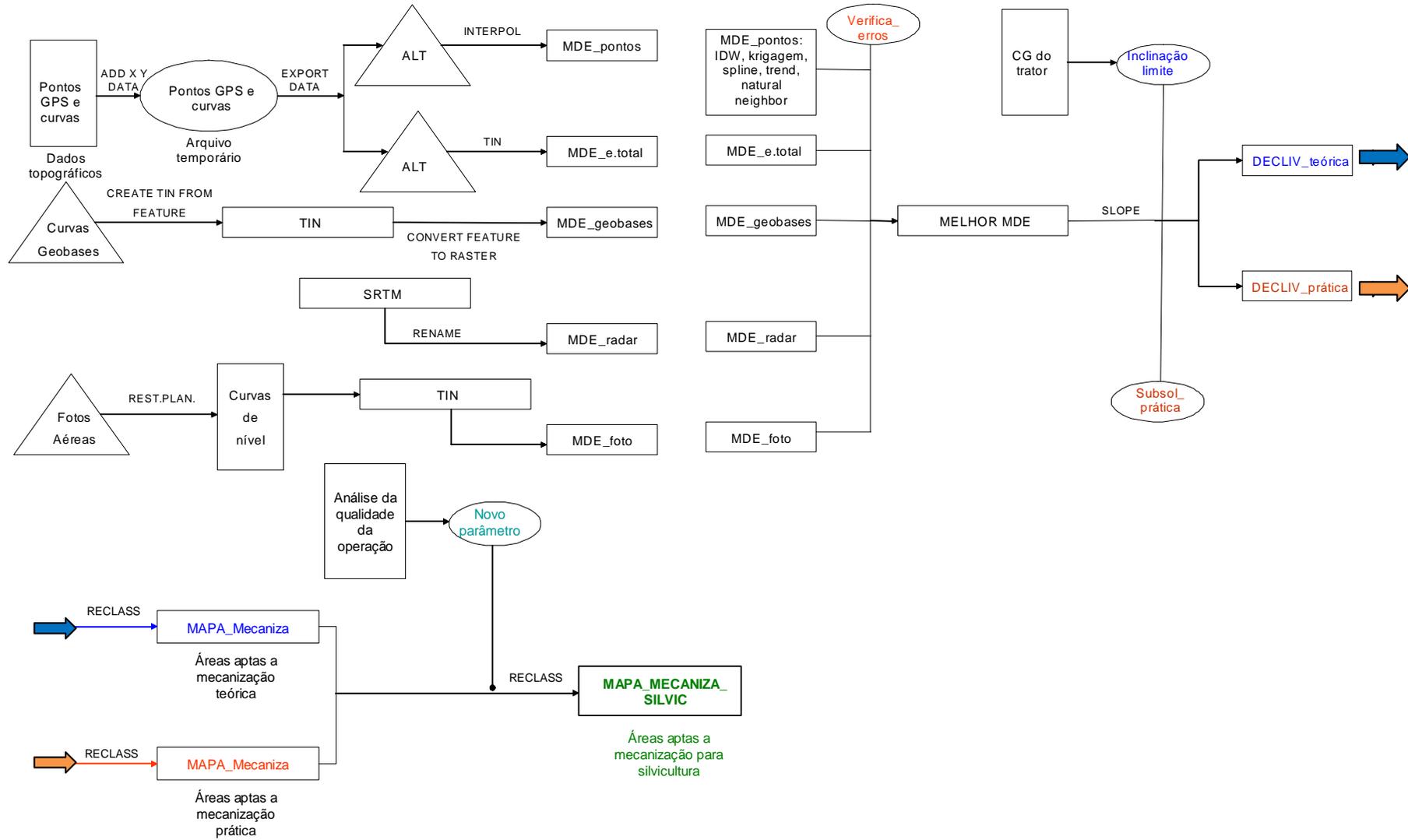
SUZANO PAPEL E CELULOSE S.A. **Programa de Desenvolvimento Florestal**. Disponível em: <<http://www.suzano.com.br>>. Acesso em: 10 jan. 2010.

VALVERDE, S. R. **Análise técnica e econômica do sistema de colheita de árvores inteiras em povoamentos de eucalipto**. 1995. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.

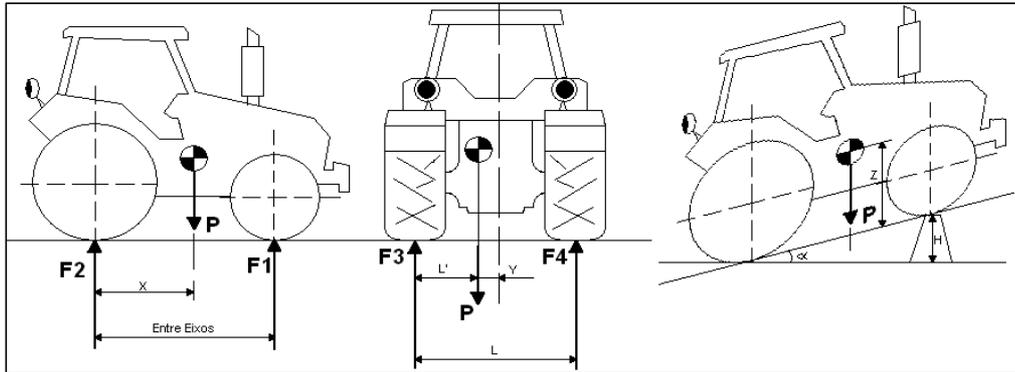
- VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1991. 449 p.
- VIEIRA, S. R.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Spatial variability of field-measured infiltration rate. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, n. 45, p. 1040-1048, 1981.
- VIEIRA, S. R.; HATFIELD, J. L.; NIELSEN, D. R.; BIGGAR, J. W. Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. **Hilgardia**, Berkeley, n. 51, v. 3, p. 1-75, 1983.
- VIEIRA, S.; HOFFMANN, R. **Estatística experimental**. São Paulo: Atlas, 1989.
- VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial de argila, silte e atributos químicos em uma parcela experimental de um latossolo roxo de Campinas (SP). **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 1-13, 1997.
- VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. Tópicos em Ciência do Solo. In: Novaes *et al.* Viçosa, MG: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, p. 1-54, 2000.
- VIEIRA, S. R.; GONZALEZ, A. P. Analysis of the spatial variability of crop yield and soil properties in small agricultural plots. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 1, p. 127-138, 2003.
- WILCKEN, C. F. **Alerta Protef - Percevejo bronzeado do eucalipto (*Thaumastocoris peregrinus*) (Hemiptera: thaumastocoridae): ameaça às florestas de eucalipto brasileiras**. Botucatu, set. 2008. 11 p.: il. color. Disponível em <<http://www.ipef.br/protECAo/alerta-percevejo.pdf>>. Acesso em: 27 mai. 2009.
- WILCKEN, C. F.; OLIVEIRA, N. C. de; SARTÓRIO, R. C.; LOUREIRO, E. B.; BEZERRA JUNIOR, N.; ROSADO NETO, G. H. Ocorrência de *Gonipterus scutellatus* Gyllenhal (Coleoptera: curculionidae) em plantações de eucalipto no Estado do Espírito Santo. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 75, n. 1, p.113-115, jan./mar. 2008.
- ZANOTTO, R. **Centro de gravidade**. Valtra AGCO Corporation [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <daniel@geraes.org> em 17 nov. 2008.
- ZANUNCIO, J. C.; JÚNIOR, P. de M.; SANTOS, G. P. Impacto do cultivo mínimo sobre insetos associados à eucaliptocultura. In: SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1, 1995, Curitiba, **Anais...** Curitiba: IPEF, 1995, p. 117-121.
- ZEN, S.; YONEZAWA, J. T.; FELDEBERG, J. E. Implantação de florestas no sistema de cultivo mínimo. In: SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1, 1995, Curitiba, **Anais...** Curitiba: IPEF, 1995, p. 65-72.
- ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. 2001. Tese (Livro de graduação em Levantamento do solo e fotopedologia) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2001.

ANEXOS

Anexo 1. Fluxograma da sequência da modelagem do mapa de áreas aptas às atividades mecanizadas de silvicultura.



Anexo 2. Teste do centro de gravidade do trator analisado.



1. Características

1.1 - Características do Trator

Peso Bruto do Trator (Kgf)	5510
Reação F1 (Kgf)	2430
Reação F4	2770
Entre Eixos(mm)	2782
Largura do trator [L] (mm)	1910
Diametro da roda	1700
Good Year(23.1-30R1) // Good Year(14.9-28R1)	
Lastro: 8 long. // 0 Trans // 6 tras.	
Plataformado	

1.2 - Características da Rampa

h rampa	800
---------	-----

2 - Valores Intermediários

h rampa	800,00
x'	1175,09
x' total	2664,49
°	0,29
L'	960,20

3 - Resultado Final

X (mm)	1226,91
Y (mm)	-5,20
Z (mm)	850,00

Anexo 3. Tabela da distribuição espacial dos nutrientes K, Ca e Mg, na área de estudo, conforme níveis críticos de implantação e de manutenção sugeridos por Novais *et al.* (1986), em nº de *pixels* e percentual em cada área

Nutriente	Níveis críticos K (mg/dm ³) Ca (cmol/dm ³) Mg (cmol/dm ³)	Distribuição espacial				Indicação
		Área subsolada		Área coveada		
		(Pixel 1m ²)	(%)	(Pixel 1m ²)	(%)	
Potássio	0-9,99	1	0,00	944	2,19	"0"
	10-29,99	53.792	99,27	42.029	97,70	Implantação
	30-44,99	396	0,73	45	0,10	10 m ³ /ha/ano
	45-59,99	0	-	0	-	20 m ³ /ha/ano
	60-74,99	0	-	0	-	30 m ³ /ha/ano
	75-89,99	0	-	0	-	40 m ³ /ha/ano
	>90	0	-	0	-	50 m ³ /ha/ano
	Total	54.189	100	43.018	100	-
Cálcio	0-0,19	564	1,04	4.526	10,52	"0"
	0,20-0,29	14.425	26,62	23.536	54,71	Implantação
	0,30-0,449	20.752	38,30	10.764	25,02	10 m ³ /ha/ano
	0,45-0,59	12.242	22,59	2.361	5,49	20 m ³ /ha/ano
	0,60-0,69	3.565	6,58	694	1,61	30 m ³ /ha/ano
	0,70-0,79	1.330	2,45	507	1,18	40 m ³ /ha/ano
	> 0,80	1.311	2,42	630	1,46	50 m ³ /ha/ano
	Total	54.189	100	43.018	100	-
Magnésio	0-0,049	381	0,70	5.325	12,38	"0"
	0,05-0,069	667	1,23	5.985	13,91	Implantação
	0,07-0,099	2.295	4,24	8.541	19,85	10 m ³ /ha/ano
	0,10-0,129	7.607	14,04	10.102	23,48	20 m ³ /ha/ano
	0,13-0,159	9.956	18,37	5.633	13,09	30 m ³ /ha/ano
	0,16-0,189	7.620	14,06	2.718	6,32	40 m ³ /ha/ano
	> 0,19	25.663	47,36	4.714	10,96	50 m ³ /ha/ano
	Total	54.189	100	43.018	100	-

Anexo 4. Recomendação de fertilizantes para plantio e manutenção florestal, considerando patamar de produtividade de 30 m³/ha/ano

Sistema de plantio	Fertilizante	Época de aplicação	Dose (kg/ha)
Manual	Formulado 04-17-04 + 1,0% Zn + 0,3% Cu	Plantio	400
	Formulado 12-00-20 + 0,7% B	Cobertura 90 dias	225
	Formulado 10-10-30	Manutenção 1 ano	350
	Calcário dolomítico*	Manutenção 1 ano	2.000
Mecanizado	Fosfato natural reativo**	Plantio	300
	Formulado 06-30-06 + 1,0% Zn + 0,3% Cu	Plantio	160
	Formulado 12-00-20 + 0,7% B	Cobertura 90 dias	225
	Formulado 10-00-30	Manutenção 1 ano	350
	Calcário dolomítico	Manutenção 1 ano	2.000

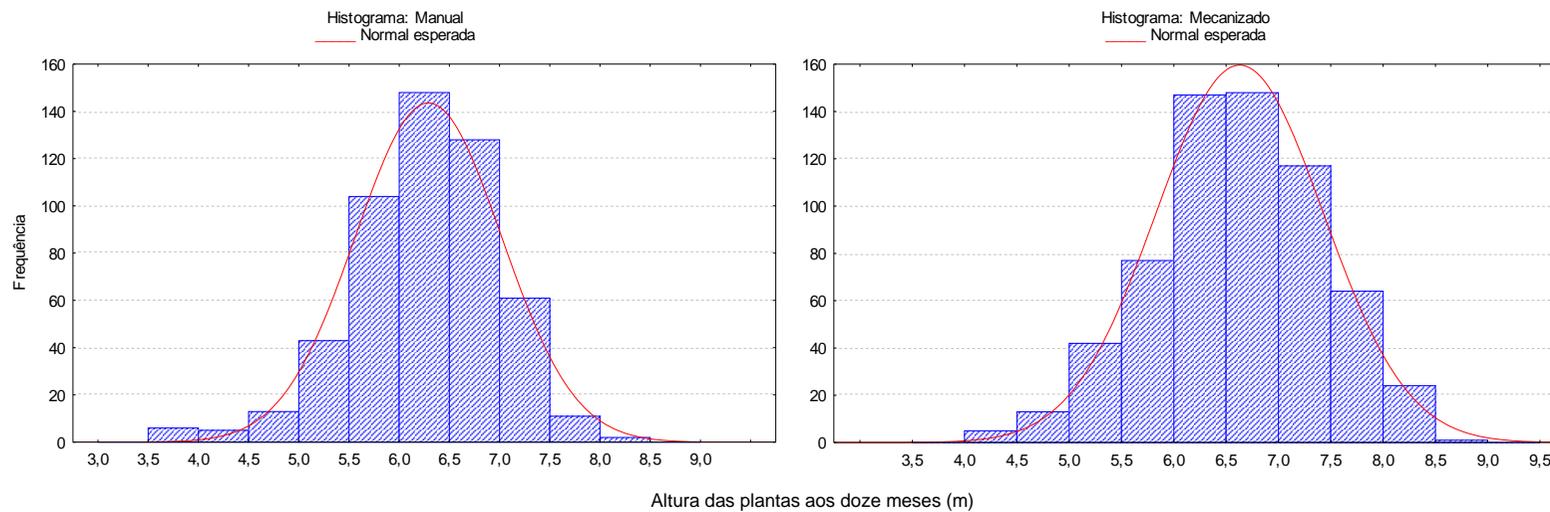
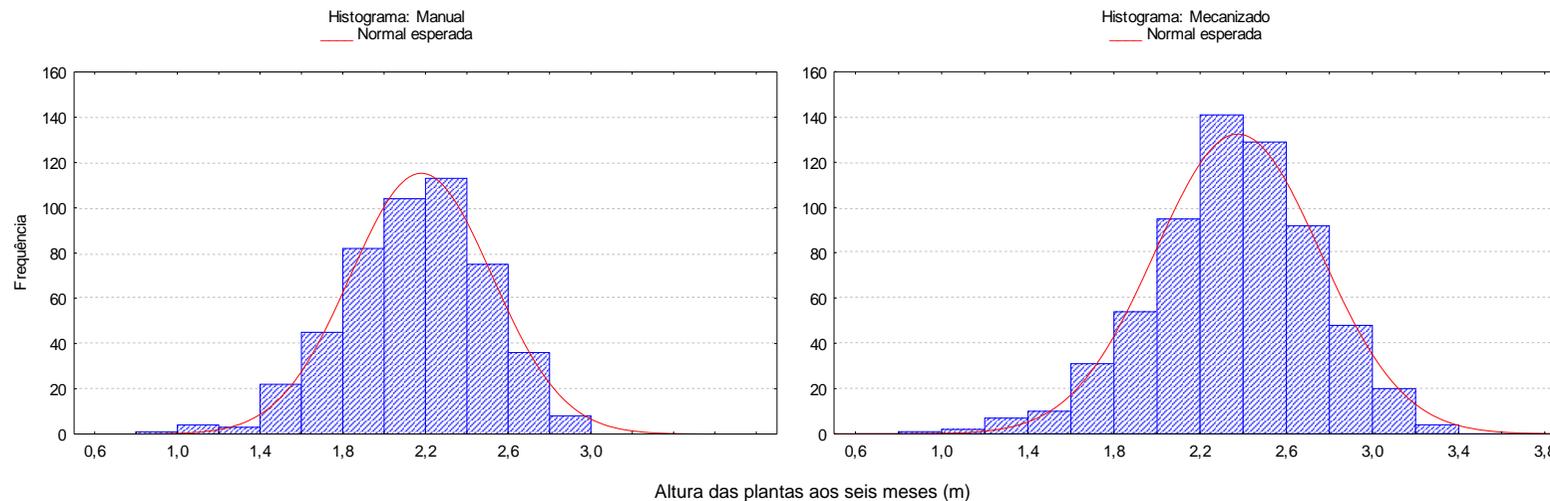
Nota: * Teor de 36% CaO e 12% MgO. ** Teor de 32% P₂O₅ total e 36% Ca.
Fonte: Software Nutricalc.

Anexo 5. Salário e encargos de operador braçal

Mês	Item	Valor (R\$)
1º mês	Salário base	477,00
	Desconto INSS	-38,16
	Encargos INSS	65,45
	Encargos FGTS	38,16
	Contador	46,50
	EPI - bota	30,00
	Total 1	618,95
2º mês	Salário base	477,00
	Desconto INSS	-38,16
	Encargos INSS	65,45
	Encargos FGTS	38,16
	Contador	46,50
	Total 2	588,95
3º mês	Salário base	477,00
	Desconto INSS	-47,70
	Encargos INSS	78,21
	Encargos FGTS	47,70
	Contador	46,50
	13º salário proporcional	119,25
	Férias	119,25
	1/3 férias	39,75
Total 3	879,96	
Salário médio por jornada de 220 h/mês		695,95
Custo-hora médio		3,16

Fonte: Sindicato Rural de São José do Calçado, ES e FG Contabilidade (Alegre, ES).

Anexo 6. Histogramas da altura das plantas de eucalipto, aos seis e doze meses de idade, separados por tratamento (Fazenda Cachoeira Bonita, São José do Calçado – ES, 2009).



Anexo 7. Valores dos testes de normalidade e homogeneidade para a variável dependente altura, aos 6 meses e 12 meses de idade (Fazenda Cachoeira Bonita, São José do Calçado – ES)

Teste	Tipo	H 6m	H 12m
		<i>valor-P *</i>	
Shapiro-Wilk W	Normalidade	0,2278	0,4352
Levene (tratamento)	Homogeneidade	0,5398	0,5589
Levene (bloco)	Homogeneidade	0,8720	0,2940

Nota: * significativos ao nível de 5% de probabilidade ($P < 0,05$). H 6m e H 12m= alturas aos seis e doze meses, respectivamente.

Anexo 8. Análise de variância dos dados de altura aos seis meses de idade

<i>Fonte da variação</i>	<i>GL</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>
Bloco	1	0,570721	23,57544	0,0000959*
Tratamento	1	0,250689	10,35551	0,0043152*
B x T	1	0,000808	0,033361	0,8569117
Resíduo	20	0,024208		
Total	23			

Nota: * significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Anexo 9. Análise de variância dos dados de altura aos doze meses de idade

<i>Fonte da variação</i>	<i>GL</i>	<i>QM</i>	<i>F</i>	<i>valor-P</i>
Bloco	1	1,959969	17,72072	0,000431*
Tratamento	1	0,663424	5,998237	0,023661*
B x T	1	0,067703	0,612121	0,443156
Resíduo	20	0,110603		
Total	23			

Nota: * significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade.

Anexo 10. Valores médios das medições das alturas das plantas de eucalipto, aspectos fisiográficos e de fertilidade do terreno, agrupados por método de preparo do solo e face de exposição solar (Fazenda Cachoeira Bonita, São José do Calçado – ES, 2009)

Método de preparo do solo	Cota	H 6m	H 12m	Declividade		Face de exposição solar	Nível crítico na implantação			Rg
		(m)	(%)	Classe	K (mg/dm ³)		Ca (cmol/dm ³)	Mg (cmol/dm ³)	MWh/m ²	
Sistema manual	628,55	2,31	6,50	52,55	Forte ondulado a Montanhoso	Norte e Nordeste	12,92	0,28	0,07	1,785
Sistema mecanizado	619,87	2,52	6,94	37,08	Forte ondulado a Montanhoso	Norte e Nordeste	17,84	0,38	0,15	1,748
Sistema manual	619,77	2,01	6,04	49,96	Forte ondulado a Montanhoso	Oeste e Noroeste	13,45	0,30	0,11	1,670
Sistema mecanizado	629,17	2,20	6,27	29,97	Ondulado a Montanhoso	Oeste e Noroeste	16,18	0,38	0,20	1,741

Nota: H 6m e H 12m = Altura aos seis e doze meses de idade Rg = Radiação global total incidente.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)