

RODRIGO COELHO DA CRUZ

**OPORTUNIDADES NO APROVEITAMENTO DA BIOMASSA DE RESÍDUOS
FLORESTAIS**

CURITIBA
2012

RODRIGO COELHO DA CRUZ

**OPORTUNIDADES NO APROVEITAMENTO DA BIOMASSA DE RESÍDUOS
FLORESTAIS**

Trabalho apresentado para obtenção parcial
do título de especialista em Gestão Florestal
no curso de Pós-Graduação em Gestão
Florestal do Departamento de Economia
Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias,
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: MSc. William T. Holmann

CURITIBA
2012

DEDICATÓRIA

Aos meus pais José Ari
e Inez Peper pelo grande
incentivo e principalmente
pelo exemplo de vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as bênçãos recebidas e por estar sempre ao meu lado em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais José Ari e Inez pela dedicação, pelo grande apoio recebido e pelos ensinamentos que permitiram que eu concluísse mais essa etapa. A minha irmã pelo companheirismo em todos os momentos.

Aos meus colegas de trabalho, Alcioneide, Eder e Eclair e a todos da Klabin, pelas contribuições para a realização deste trabalho.

Ao meu orientador MSc. William T. Folmann, pelas orientações, ensinamentos, dedicação e participação neste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
3.1 BIOMASSA FLORESTAL.....	12
3.1.1 Conceitos e Características	12
3.1.2 Utilização da Biomassa Florestal no Brasil	12
3.2 <i>Pinus taeda</i>	13
3.3 <i>Eucalyptus benthamii</i>	13
3.4 <i>Eucalyptus dunii</i>	14
3.5 SILVICULTURA.....	14
3.5.1 Preparo de Solo	15
3.5.1.1 Cultivo mínimo.....	15
3.5.1.2 Limpeza	15
3.5.1.3 Subsolagem	16
3.6 SISTEMAS DE COLHEITA	17
3.6.1 Sistema <i>Tree Length</i>	17
3.6.2 Sistema <i>Full Tree</i>	18
3.7 APROVEITAMNETO DA BIOMASSA DE RESÍDUOS FLORESTAIS	19

4 MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1 LOCALIZAÇÃO	21
4.2 CLIMA	21
4.3 AMOSTRAGEM, COLETA E PROCESSAMENTO DOS DADOS.....	22
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
6 CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Implemento Limpa Trilho com sistema hidráulico.	16
Figura 2: Subsolador com sistema controlado de distribuição de fosfato.....	16
Figura 3: Área de limpeza no sistema <i>Tree Length</i>	18
Figura 4: Área de limpeza no sistema <i>Full tree</i>	19
Figura 5: Módulo de picagem de biomassa.....	20
Figura 6: Localização geográfica de Otacílio Costa.	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados de limpeza de terreno, subsolagem sem fosfatagem e subsolagem com fosfatagem no período de janeiro de 2010 a maio de 2012	24
Tabela 2: Áreas em que houve retirada dos resíduos, separados por espécie....	26
Tabela 3: Redução de custo/ha com a redução da necessidade de realização da atividade de limpeza de terreno	26
Tabela 4: Redução de custo/ha com a redução do nível de pagamento.....	27
Tabela 5: Redução de custo/ha total no preparo de solo	27

RESUMO

CRUZ, Rodrigo Coelho da, Universidade Federal do Paraná, Novembro de 2012.
Oportunidades no aproveitamento da biomassa de resíduos florestais.

A corrida pela sustentabilidade das florestas ao longo das últimas décadas tem-se mostrado um longo caminho a ser percorrido, onde a busca pela obtenção de múltiplos produtos é mais um passo importante nessa trajetória. Nesse contexto, o aproveitamento da biomassa florestal representa uma nova oportunidade de ganhos no setor, gerando lucro para as empresas florestais. Dessa forma, este trabalho tratou da mitigação dos custos na implantação de florestas, através da identificação de oportunidades na utilização dos resíduos florestais, resultante das atividades de colheita, avaliando a sua influência no custo da implantação de florestas. Para tal, após a coleta de dados, foram determinadas as reduções de custo potencial da atividade de limpeza de terreno, com a retirada dos resíduos florestais, para o preparo de solo, em florestas de *Pinus taeda*, *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii*, bem como a redução de custos potencial do preparo de solo, considerando o preço pago pela atividade, com a retirada dos resíduos florestais, calculando ao final os ganhos totais no preparo de solo, extrapolado para a meta de plantio em 2012. Os resultados mostraram-se significativos, onde o ganho total anual com o preparo de solo, considerando a área a ser preparada em 2012, representa R\$ 406.112,84.

Palavras-chave: Preparo de solo; resíduos; redução de custos e silvicultura.

ABSTRACT

CRUZ, Rodrigo Coelho da, University Federal of Paraná, November 2012.
Opportunities in biomass utilization of waste forestry.

The race for the sustainability of forests over the past decades has shown a long way to go, where the search for obtaining multiple products is another important step in this pathway. In this context, the use of forest biomass represents a new opportunity for gains in the sector, generating profit for forestry enterprise. Thus, this paper addressed the mitigation costs deployment of forests by identifying opportunities in the use of forest residues, resulting from harvesting activities, assessing their influence on the cost of establishment forests. For this, after the data collection, was establish the cost reduction potential of cleaning activity of terrain, with the removal of forest residues for soil preparation, of *Pinus taeda*, *Eucalyptus benthamii* and *Eucalyptus dunnii*, as well as cost reduction potential of soil preparation, considering the price paid for the activity, with the removal of forest residues, calculating the ending total gains in soil preparation extrapolated to the goal of planting in 2012. The results were significant, where the gain total annual soil preparation, considering the area to be prepared in 2012, is R\$ 406,112.84.

Keywords: soil preparation; waste; cost reduction e forestry.

1. INTRODUÇÃO

Diante das constantes mudanças e inovações tecnológicas e organizacionais, pelas quais passa o setor florestal, torna-se imprescindível que as empresas do setor busquem a melhoria contínua, detectando falhas, perdas e oportunidades do processo produtivo, para que as mesmas se mantenham competitivas dentro do mercado em que atuam. No atendimento dessa necessidade, aspectos relacionados à biomassa dos resíduos florestais assumem grande importância na dinâmica desse setor, frente à possibilidade de melhor aproveitar esses resíduos resultante da colheita florestal. Essa condição aponta para a necessidade de se realizar estudos acerca do seguinte questionamento: Como aumentar os ganhos financeiros e reduzir custos na implantação de florestas, com um melhor aproveitamento dos resíduos florestais?

As florestas desempenham papel fundamental na manutenção da biodiversidade e equilíbrio do planeta, além de ser um recurso essencial ao desenvolvimento da sociedade, fornecendo infinidade de bens e serviços à humanidade. O crescimento populacional fez com que ocorresse o deslocamento à direita da curva de demanda de bens de base florestal. Uma vez que a floresta é um recurso escasso, fez com que a grande maioria das empresas do segmento buscasse alternativas mais competitivas, entre elas, temos o emprego de florestas plantadas, a diversificação da produção e juntamente com a redução de custos.

Segundo Soares *et al.* (2003) existe uma tendência de que a utilização das florestas plantadas sejam pautadas no conceito de obtenção de multiprodutos, uma vez que de acordo com Ferreira *et al.* (1995), o aproveitamento racional e integral dos multiprodutos de uma floresta deve ser considerado uma questão estratégica nas empresas florestais, pois não há justificativa plausível para o desperdício de recursos que custaram tempo e dinheiro para serem produzidos.

Neste contexto a relevância desse estudo que aborda o setor florestal está no levantamento de informações que possam servir de subsídios para a tomada de decisões no sentido de melhor aproveitar a biomassa proveniente dos resíduos florestais, gerados na atividade de colheita florestal.

2. OBJETIVOS

O objetivo geral é identificar oportunidades na utilização dos resíduos de colheita florestal e avaliar a influência nos custos de implantação dos cultivos de *Pinus taeda*, *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii*.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar o ganho percentual/ha com a atividade de limpeza de terreno, quando a colheita é realizada com o sistema *Full tree*.
- Mensurar a redução de custos no preparo de solo, com a limpeza de terreno, após a coleta dos resíduos florestais.
- Determinar a redução de custos do preparo de solo, com a limpeza de terreno e subsolagem, considerando a influência que os resíduos exercem na composição do preço das operações.
- Calcular os ganhos totais no preparo de solo, levando em conta a meta de plantio em 2012.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 BIOMASSA FLORESTAL

3.1.1 Conceito e Características

De acordo com Cortez *et al.* (2008), a biomassa florestal constitui-se por todo aquele material que é deixado para trás na colheita da madeira, tanto em florestas e bosques naturais como em reflorestamento. É constituída basicamente pelas folhas, galhos e o material resultante do processamento da madeira no campo. Ainda de acordo com esses autores os resíduos constituem a principal fonte para geração de energia da biomassa.

A biomassa florestal possui características tais que permitem a sua utilização como fonte alternativa de energia, seja pela queima da madeira, como carvão, aproveitamento de resíduos da exploração e aproveitamento de óleos essenciais, alcatrão e ácido pirolenhoso (COUTO *et al.* 2000 *apud* Soares *et al.* 2006).

3.1.2 Utilização da Biomassa Florestal no Brasil

Nos últimos anos, a questão energética tem despertado interesse, sobretudo na busca de fontes de energia alternativas, com menor impacto ambiental do que os combustíveis fósseis. A partir desta preocupação, a madeira tem-se constituído em uma opção renovável para a geração de energia, inclusive com a criação de políticas setoriais para o incentivo ao desenvolvimento de tecnologias mais eficientes para a conversão da biomassa em energia térmica e elétrica. (SIMIONI, 2007)

Atualmente existe uma tendência mundial por aumentar significativamente a utilização de fontes de energia renováveis em suas matrizes energéticas, como a biomassa florestal, motivadas pela necessidade de redução das fontes esgotáveis de energia, principalmente os derivados de petróleo. Além disso, a utilização da biomassa como fonte de energia apresenta baixo custo de operação, facilidade de armazenamento e transporte, proporciona o reaproveitamento dos resíduos, possui alta eficiência energética, reduz a emissão de gases poluentes quando comparada aos derivados de petróleo. Outras vantagens foram evidenciadas por Brasil (1996)

apud Soares *et al.* (2006): nos países em desenvolvimento, ainda é o combustível mais barato, tanto por tonelada quanto por unidade de calor; não necessita de mão de obra qualificada, gerando emprego e fixando o homem no campo; seu armazenamento é possível em espaço aberto e apresenta baixo teor de cinza e enxofre.

Em 2011 a participação de energias renováveis na Matriz Energética Brasileira de acordo com Brasil (2012) manteve-se entre as mais elevadas do mundo, totalizando 44,1%. Ainda segundo o autor o setor de biomassa em 2011 representou 6,5% da matriz energética brasileira. Na produção de energia da biomassa estão incluídos: lenha, bagaço de cana, lixívia e outras recuperações.

Dentre as fontes de biomassa disponíveis, a florestal tem se destacado perante as demais. Os resíduos florestais constituem parte importante na disponibilidade da biomassa em alguns países pelas grandes quantidades geradas na colheita e na ação industrial. Essa fonte energética está encontrando mercado, em consequência do desenvolvimento tecnológico e dos baixos custos que representa sua utilização eficiente (CORTEZ *et al.* 2008).

3.2 *Pinus taeda*

O *Pinus taeda* Lineu tem sua ocorrência natural nas regiões Sul e Sudeste dos Estados Unidos, caracterizado pelo clima úmido, temperado-ameno, com verões quentes e longos. A precipitação média anual varia de 1.020 mm a 1.520 mm e o período livre de geadas varia de cinco meses na parte norte até dez meses, na parte costeira sul. As temperaturas médias anuais variam de 13°C a 24°C, podendo chegar à mínima extrema de – 23°C. No Brasil, esta espécie se desenvolve bem nas regiões com clima fresco e inverno frio, com disponibilidade constante de umidade durante o ano. Esta condição é encontrada em todo o planalto das regiões Sul e Sudeste (SHIMIZU, 2005).

3.3 *Eucalyptus benthamii*

Segundo Nisgoski *et al.* (1998), o *Eucalyptus benthamii* Maiden é originário da Austrália, principalmente no sudoeste de Sydney nas planícies de Nepean River e seus afluentes. O clima da localização sul é quente e úmido, com quatro a 10 geadas por ano, sendo a média anual de chuvas de 720 a 890 mm. Para

a localização nordeste as temperaturas do verão são comparáveis, mas o inverno é mais intenso, com 30 a 40 geadas por ano. Muitas chuvas, em torno de 2.030 mm por ano e o mês mais seco tem aproximadamente 80 mm de chuva. A espécie pode atingir em torno de 36 m de altura e diâmetros de cerca de 50 cm. Atualmente no Sul do Brasil tem sido usada em muitos programas de reflorestamento em função do bom crescimento e resistência a geadas.

3.4 *Eucalyptus dunnii*

A região de ocorrência natural de *Eucalyptus dunnii* Maiden restringe-se a pequenas áreas no nordeste de Nova Gales do Sul e no sudeste de Queensland na Austrália, em latitudes de 28° a 30° 15'S e altitudes de 300 a 750 m. O clima desta região é subtropical úmido, com temperatura média das máximas do mês mais quente entre 27° e 30° C e média das mínimas do mês mais frio entre 0° a 3° C, ocorrendo de 20 a 60 geadas por ano. A precipitação média anual é de 1.000 a 1.750 mm, com concentração no verão; a precipitação mensal é sempre superior a 40 mm e a estação seca, no inverno, não excede a três meses. Em sua área de distribuição natural, prefere solos úmidos, férteis, principalmente de origem basáltica, mas também ocorre em solos de origem sedimentar, bem drenados. Na Austrália, seu crescimento é considerado um dos mais rápidos entre as espécies de *Eucalyptus sp.* (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA), 1988).

De acordo com Higa *et al.* (2000), essa espécie tem-se destacado no Brasil pelo rápido crescimento, uniformidade dos talhões, forma das árvores e resistência à geada não muito severa.

3.5 SILVICULTURA

A crescente demanda por recursos florestais, exige cada vez mais o emprego de práticas de manejo, que busquem a otimização do desenvolvimento dos povoamentos florestais, para se obter aumento da produção. Nesse contexto, a Klabin S/A está orientada para a formação de florestas, atendendo às funções econômicas, sociais e ambientais, produzindo, como uso de práticas de manejo e uso racional dos recursos, madeira de qualidade diferenciada, para a produção de

papel. Para tal, não utiliza como prática a desrama e nem desbastes em seus reflorestamentos, realizando somente um corte raso ao final da rotação de 16 e 7 anos, para pinus e eucaliptos respectivamente.

3.5.1 Preparo de Solo

O preparo do solo é o conjunto de operações usadas na busca por elevação ou manutenção da produtividade de florestas, caracterizadas pelo uso de determinados equipamentos adaptados às condições pedológicas e manejo de resíduos (SIXEL, 2009).

3.5.1.1 Cultivo mínimo

O sistema de cultivo mínimo segundo Gonçalves (1995) baseia-se em um preparo de solo restrito às linhas ou covas de plantio mantendo os resíduos com intuito de racionalizar os recursos do solo.

O cultivo mínimo apresenta algumas vantagens e desvantagens comparativamente ao cultivo intensivo do solo, que consiste no amplo revolvimento das camadas superficiais do solo, com incorporação total ou parcial dos resíduos culturais. Segundo Gonçalves e Benedetti (2005), essas vantagens são: melhoria das características físicas do solo; redução das perdas de nutrientes; manutenção ou elevação da atividade biológica do solo; manutenção ou elevação da fertilidade do solo; redução da infestação de plantas invasoras; redução de despesas; maior eficiência operacional. Já as desvantagens são: heterogeneidade de crescimento inicial dos povoamentos florestais; maiores dificuldades de proteção e manejo da floresta.

3.5.1.2 Limpeza

Em áreas de reforma o equipamento limpa trilho é utilizado para a execução da limpeza das linhas onde será realizada a subsolagem. Para tal, utiliza-se o equipamento limpa trilho duplo acoplado em trator esteira (Figura 1). A atividade é realizada em duas linhas na mesma operação, dispondo os resíduos da colheita sobre a linha de tocos do alinhamento anterior.



Figura 1. Implemento Limpa Trilho com sistema hidráulico.

Fonte: Klabin, 2012.

3.5.1.3 Subsolagem

Em áreas de reforma a subsolagem é realizada nas linhas onde ocorreu a operação com o limpa trilho. Utiliza-se um equipamento com dois rippers (hastes), acoplados ao trator esteira (Figura 2), que abrem um sulco em formato de “V” com 40 cm de profundidade, por 60 cm de largura, discos de grades ou hastes recobrem o sulco deixando o solo pronto para o plantio (KLABIN, 2011). Em áreas de preparo para eucalipto é acoplado ao subsolador sistema controlado de distribuição de fosfato.

De acordo com Fessel (2003), a subsolagem provoca o rompimento do solo para frente, para cima e para os lados, formando um corpo tridimensional triangular na linha de preparo.



Figura 2. Subsolador com sistema controlado de distribuição de fosfato.

Fonte: Klabin, 2012.

3.6 SISTEMAS DE COLHEITA

No Brasil os principais sistemas de colheita são: toras longas (*Tree lenght*), árvores inteiras (*Full tree*), toras curtas (*Cut to lenght*) e árvores completas e cavaco no campo (*Chipping*). Para este trabalho vamos abordar somente o sistema *Tree lenght* e *Full tree*, pois são os mais utilizados, pela empresa Klabin S/A, alvo do estudo.

3.6.1 Sistema *Tree lenght*

Neste sistema o corte e o desgalhamento das árvores são realizados no local de derrubada geralmente por um cabeçote *Harvester*, acoplado a uma máquina base. O transporte ocorre desde o local de derrubada até a beira do talhão por um *Skidder* e o processamento à margem das estradas ou pátios utilizando um *Slasher*.

Como no sistema de colheita *Tree Lenght* os resíduos ficam distribuídos mais uniformemente pela área total do talhão, inviabiliza a retirada dos mesmos visando o seu aproveitamento como biomassa para geração de energia, devido ao custo de acumulação deste material e transporte. Além disso, a limpeza de terreno necessita ser realizada em toda a extensão do talhão, não havendo, portanto oportunidade de reduzir a realização desta atividade no talhão, como ilustra a figura 3, onde a cor amarela no talhão C1B representa a área em que foi realizada a atividade de limpeza de terreno.

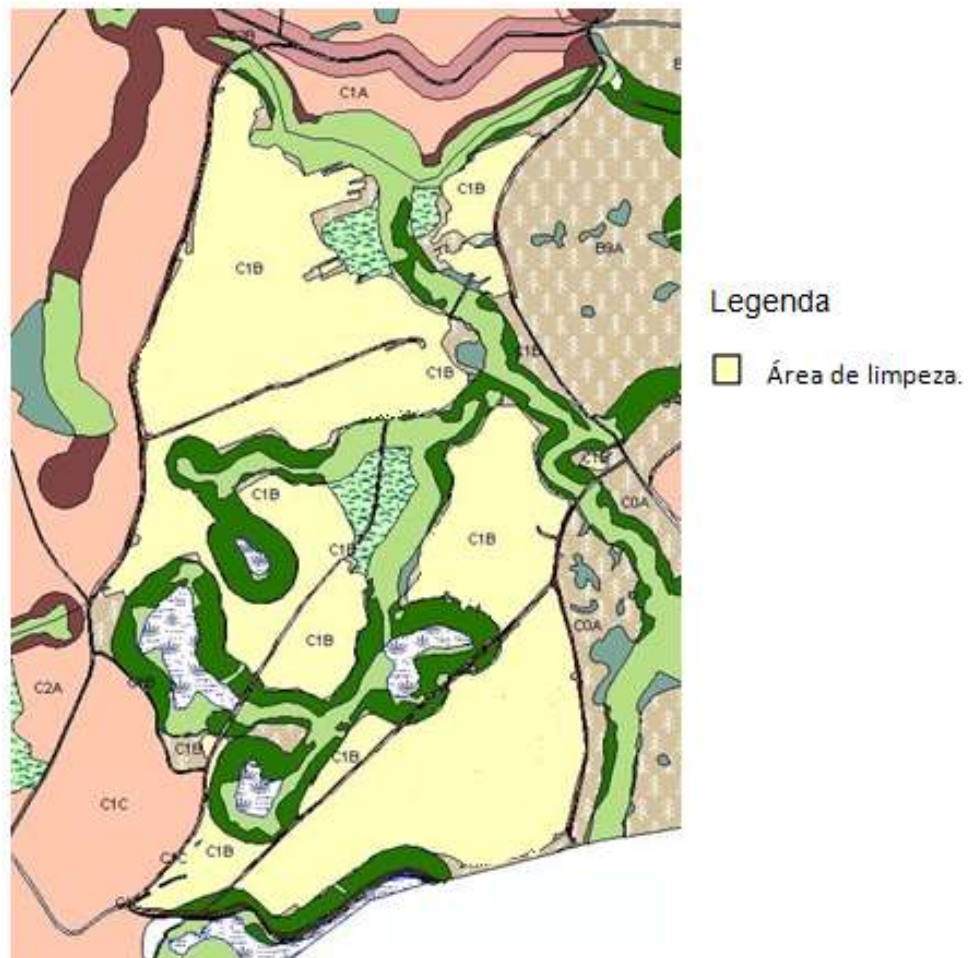


Figura 3. Área de limpeza no sistema *Tree Length*.

Fonte: Klabin, 2012

3.6.2 Sistema *Full tree*

Neste sistema, diferentemente do que ocorre no sistema *Tree Length* a árvore é derrubada por um *Feller Buncher* e, em seguida, levada inteira até a beira do talhão por um *Skidder*, onde a madeira será desgalhada e traçada por um cabeçote *Harvester*.

A acumulação dos resíduos do processamento facilita operações de aproveitamento no caso de florestas destinadas a multiprodutos, a área fica limpa de resíduos diminuindo o risco de incêndios e há concentração de várias operações em um único ponto permitindo maior controle, e conseqüentemente, maior rendimento operacional se comparado ao sistema de toras curtas (MACHADO e CASTRO, 1985). Entretanto tem como pontos negativos o tráfego de máquinas diretamente sobre o solo, gerando problemas de compactação do solo e riscos de exaurir a capacidade produtiva do local devido à exportação de nutrientes.

Em áreas onde o sistema de colheita é o *Full tree*, todos os resíduos de galhos e copas permanecem no local do traçamento. Isto faz com que os mesmos sejam acumulados, facilitando sua coleta para geração de energia ou picagem no campo. Além disso, faz com que a operação de limpeza de terreno, visando retirar os resíduos da linha de subsolagem seja necessária somente na borda do talhão, reduzindo os custos de preparo de solo, conforme ilustra a figura 4, onde a cor amarela identifica a operação de limpeza de terreno, a qual não é executada no interior dos talhões.

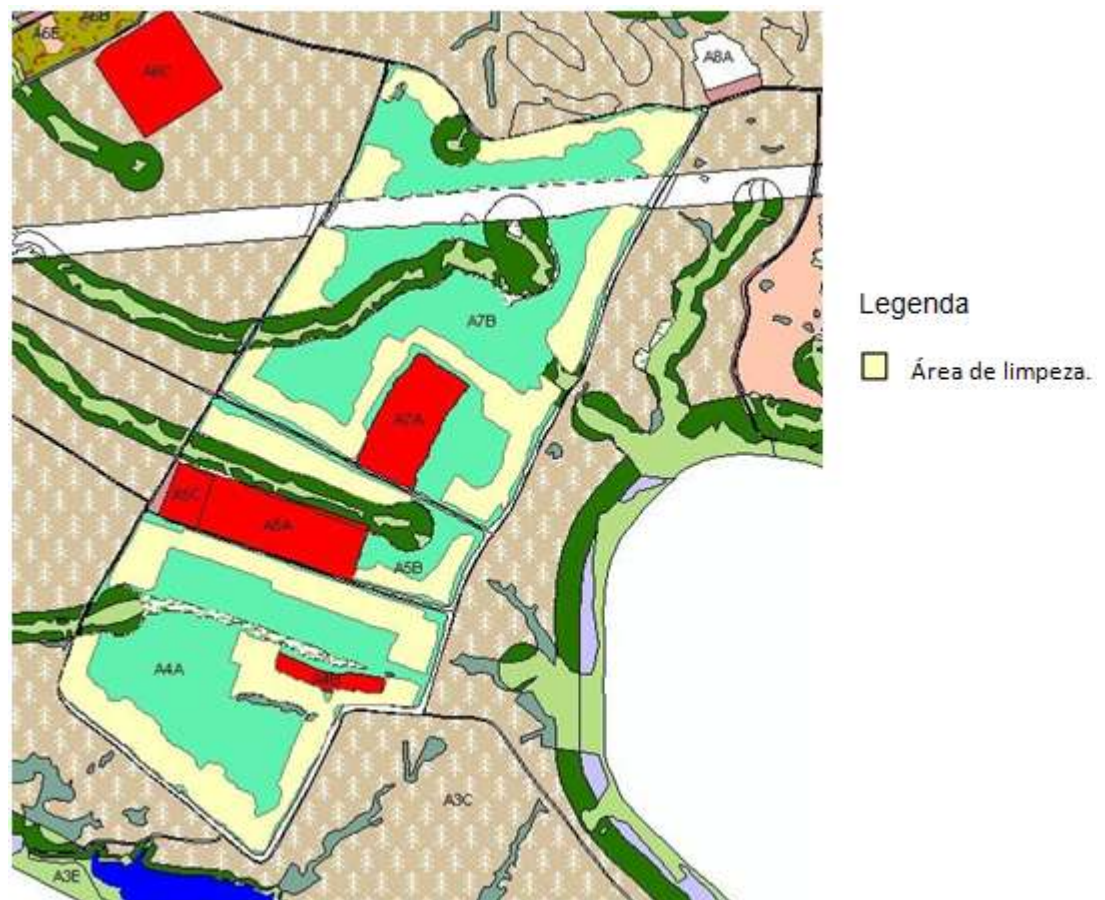


Figura 4. Área de limpeza no sistema *Full tree*.

Fonte: Klabin, 2012.

3.7 APROVEITAMENTO DA BIOMASSA DE RESÍDUOS FLORESTAIS.

Esta atividade somente é feita em talhões onde a colheita foi realizada pelo sistema *Full Tree*, pois facilita o abastecimento do picador, em função do empilhamento parcial dos resíduos na borda do talhão.

Para a execução da picagem do resíduo, inicialmente é necessário realizar o remonte dos mesmos em “ilhas”. Para tal utiliza-se um trator com uma grua carregadeira para empilhar os resíduos em pilhas maiores, trabalhando lateralmente às ilhas de resíduos, reduzindo sua largura e aumentando sua altura. A alimentação dessas ilhas maiores é feita por um *Forwarder*, que irá abranger uma área maior, diminuindo a movimentação do picador florestal.

Posteriormente o picador é instalado ao lado de cada ilha de resíduo remontada e faz a transformação do resíduo em cavacos, que são depositados diretamente no caminhão de transporte (Figura 5).



Figura 5. Módulo de picagem de biomassa.

Fonte: Klabin, 2012

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO

O presente trabalho foi realizado na empresa Klabin S/A na unidade de Santa Catarina, localizada na cidade de Otacílio Costa (Figura 6), a qual se localiza na mesorregião do planalto serrano catarinense.

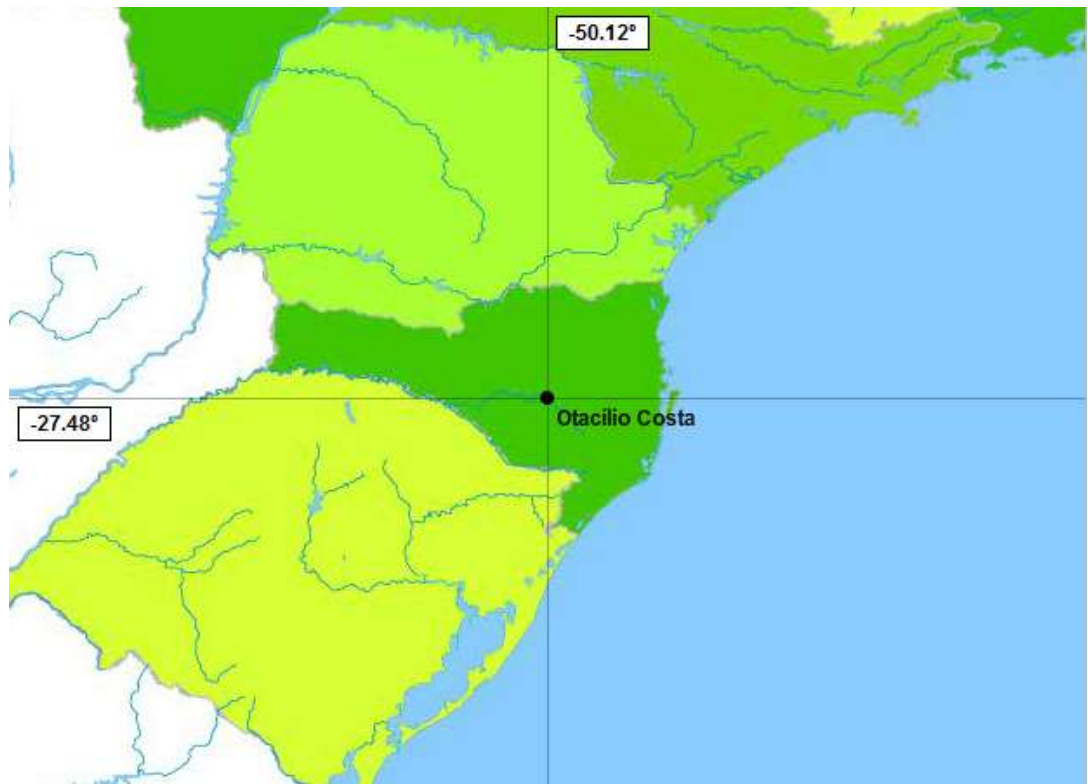


Figura 6. Localização geográfica de Otacílio Costa.

Fonte: IBGE, 2013.

4.2 CLIMA

A região do meio oeste catarinense tem como clima predominante o mesotérmico, que proporciona temperaturas agradáveis, variando de 13° a 25° C, com chuvas distribuídas durante todo o ano. Temperado e úmido, o clima é classificado como Cfb segundo a classificação de Köppen. A ocorrência de geadas na região é comum nos períodos de inverno, com registros de 27 geadas por ano aproximadamente. Apresenta temperatura média anual de 17,8 °C, precipitação anual de 1.841 mm e altitude média de 850m (KLABIN, 2011).

4.3 AMOSTRAGEM, COLETA E PROCESSAMENTO DOS DADOS

A coleta de dados consistiu em uma busca exploratória na base de dados da empresa Klabin S/A, onde se buscou os dados referentes ao preparo de solo no período de janeiro de 2010 a maio de 2012.

A reunião de dados relativos à determinação da redução de custos potencial da atividade de limpeza da área, para a operação de preparo de solo na implantação de florestas, quando ocorre à retirada dos resíduos florestais foi realizado por meio do *software* SAP[®]. Toda a operação de preparo de solo é realizada por prestadores de serviço, sendo que cada atividade executada recebe uma medição para posterior pagamento pelo serviço prestado em hectare. Esses dados são apontados no *software* SAP[®], que faz o gerenciamento das operações florestais da empresa, armazenando todas as atividades realizadas em cada talhão, bem como área realizada e o custo correspondente.

O levantamento abrangeu todos os dados correspondentes ao preparo de solo em área (ha), considerando a atividade de limpeza de terreno e subsolagem para plantio de *Pinus taeda* e subsolagem com fosfatagem para plantio de *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus dunnii*, bem como o nível de pagamento realizado em cada atividade. Para cada atividade silvicultural realizada na empresa existem cinco preços, que são praticados de acordo com o grau de dificuldade de cada talhão. Para a determinação de qual nível será praticado é considerado os seguintes critérios: análise do tronco anterior, solo, quantidade de resíduo, presença de pedras, relevo, microtopografia, presença de mato competição, comprimento de linha e altura da planta. Cada critério tem um peso específico de acordo com cada atividade. Como exemplificação um maior comprimento de linha favorece a atividade de subsolagem, aumentando o tempo efetivo de trabalho, pois diminui o número de manobras que a máquina precisa fazer. Em contrapartida dificulta a atividade de adubação manual, pois aumenta a distância em que o adubo necessita ser transportado.

Os cálculos correspondentes à avaliação de todos os critérios juntos compõem o nível (1 a 5) de pagamento. De posse dos dados, os mesmos foram exportados, classificados por fazenda, talhão e espécie e analisados por meio do *software* Excel[®], através da ferramenta tabela dinâmica. Todo o levantamento de

preparo de solo no período estabelecido corresponde a uma área de 5.097,48ha distribuídos em 42 fazendas e 307 talhões.

Para o cálculo da redução da necessidade de executar a atividade de limpeza de terreno em percentual de área, foi necessário identificar em quais fazendas/talhões ocorreu o aproveitamento da biomassa florestal. Para tal realizou-se a subtração da área subsolada pela área de limpeza de terreno, sendo que os talhões que apresentaram área subsolada maior que área limpa, corresponde às fazendas/talhões em que a colheita da madeira foi no sistema *Full Tree* e a biomassa foi retirada. Dessa forma, criaram-se duas classificações: talhões que foram submetidos ao aproveitamento da biomassa e os que não passaram por essa atividade.

De posse do volume de área total em que houve a retirada dos resíduos florestais, foi possível calcular a percentagem de área em que a atividade de limpeza de terreno foi executada, através da diferença entre área submetida à limpeza de terreno e área subsolada. Posteriormente com esse percentual e com o volume total de área trabalhada com e sem a retirada dos resíduos florestais, foi realizada a extrapolação dos ganhos para o total de área trabalhada no período considerado, determinando a redução de custo potencial da atividade de limpeza de terreno, se todos os talhões tivessem o aproveitamento da biomassa de resíduos florestais. Na mesma base de dados, foi calculada a redução do nível de pagamento da atividade de limpeza de terreno e subsolagem com o aproveitamento da biomassa, e o impacto dessa redução de custo, considerando a meta de plantio anual da empresa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dois sistemas de colheita utilizados atualmente pela empresa, foram obtidos os dados referentes às atividades de limpeza de terreno e subsolagem, visando identificar qual é a diferença de volume de área onde foi realizada a atividade limpeza de terreno, quando ocorre o aproveitamento dos resíduos florestais.

Na Tabela 1 consta toda a área realizada da atividade de limpeza de terreno (limpa trilho) em comparação com a área de subsolagem por fazenda, separado por espécie.

TABELA 1. DADOS DE PREPARO DE SOLO NO PERÍODO DE JANEIRO DE 2010 A MAIO DE 2012.

Fazenda	Espécie	Limpa de Terreno (ha)	Subsolagem sem fosfatagem (ha)	Subsolagem com fosfatagem (ha)
Alexandrina	E. BENTHAMII	9,74	-	9,74
	P. TAEDA	36,29	-	36,29
Areia	E. BENTHAMII	13,17	-	13,17
	P. TAEDA	4,15	4,15	-
Arruda	E. BENTHAMII	41,57	-	70,7
	P. TAEDA	49,17	41	18,72
Azulão-II	E. BENTHAMII	6,26	-	6,35
	E. DUNNII	64,2	-	100,76
	P. TAEDA	36,75	-	59,47
Azulão-IV	P. TAEDA	95,25	69,18	26,07
Azulão-VIII	P. TAEDA	28,16	28,16	-
Barra da Pedra	E. BENTHAMII	75,61	-	75,61
Barra dos Índios	P. TAEDA	30,48	30,48	-
Bom Retiro-I	P. TAEDA	13,73	13,73	-
Bom Retiro-II	P. TAEDA	57,41	57,41	-
Bom Retiro-III	P. TAEDA	82,68	89,58	-
	E. BENTHAMII	56,93	-	56,93
	E. DUNNII	201,31	-	201,41
Campo de Dentro-I	P. TAEDA	437,51	491,07	60,2
	P. TAEDA	82,84	82,84	-
Campo de Dentro-II	P. TAEDA	82,84	82,84	-
Canoas-II	P. TAEDA	47,61	49,61	-
Cavazotti	E. BENTHAMII	20,58	-	20,58
	E. DUNNII	59,59	-	65,89
	P. TAEDA	84,8	60,83	25,84
Cerro Alto	P. TAEDA	23,95	23,95	-
Céu	E. DUNNII	187,92	187,92	-
Condessa	E. BENTHAMII	41,14	-	82,31
	P. TAEDA	43,27	38,34	16,57
Emiliano	P. TAEDA	115,75	95,6	45,8

Estrada Nova	E. DUNNII	79,52	-	79,52
Goiabeira-III	E. BENTHAMII	17,17	-	17,25
	E. DUNNII	28,66	-	28,59
Gomes-III	E. BENTHAMII	2,64	-	2,64
	E. DUNNII	17,14	-	17,14
	P. TAEDA	110,09	63,32	46,77
Gropp	E. BENTHAMII	86,27	-	149,28
	P. TAEDA	51,77	105,42	-
Guarujá	E. BENTHAMII	90,82	-	90,82
	E. DUNNII	60	-	60
	P. TAEDA	416,11	416,11	-
Ilhéu-II	P. TAEDA	16,74	16,74	-
Irmãos Duarte	P. TAEDA	28,81	28,81	-
Lagoa das Antas-II	P. TAEDA	25,03	25,03	-
Lajeado-III	E. DUNNII	18,14	-	23,00
	P. TAEDA	108,02	136,01	28,77
Madrugá	P. TAEDA	16,00	16,00	-
Perimbó-I	E. BENTHAMII	107,99	107,99	-
	E. DUNNII	12,49	12,49	-
	P. TAEDA	10,44	10,44	-
Pinhal	P. TAEDA	137,08	137,08	-
Poço Grande-II	E. BENTHAMII	73,43	-	115,75
	E. DUNNII	12,31	-	17,93
	P. TAEDA	121,36	92,86	53,21
Poço Rico	E. BENTHAMII	2,52	-	2,52
	E. DUNNII	60,70	-	60,70
	P. TAEDA	2,64	-	2,64
Ponte Alta do Norte-I	P. TAEDA	123,11	123,11	-
Ponte Alta do Norte-II	E. BENTHAMII	22,46	-	23,5
	E. DUNNII	12,72	-	12,69
	P. TAEDA	8,97	8,42	-
Rio da Garrafa	E. BENTHAMII	25,35	-	25,35
Rio da Serra-II	E. BENTHAMII	40,74	-	40,74
	E. DUNNII	77,54	-	77,54
	P. TAEDA	5,37	5,37	-
Rio das Pedras-III	E. BENTHAMII	73,88	-	74,71
	E. DUNNII	12,7	-	12,7
	P. TAEDA	8,69	-	8,73
Santa Catarina	E. BENTHAMII	64,18	-	64,34
Simeão	P. TAEDA	32,58	32,58	-
Tributos-II	E. BENTHAMII	45,5	-	46,81
Westarp	E. BENTHAMII	76,52	-	117,87
	E. DUNNII	19,44	-	29,46
	P. TAEDA	72,47	19,46	53,01
Total geral		4483,93	2721,09	2376,39

Com os dados da Tabela 1, foi possível determinar o percentual de área em que a atividade de limpeza de terreno foi executada por espécie, através da comparação entre a atividade de limpeza e subsolagem. Nas fazendas onde a

subsolagem for superior a limpeza, significa que foi realizada a retirada dos resíduos, permitindo realizar a limpeza somente na borda do talhão. Para tal subtraiu-se a área de subsolagem pela área de limpeza de terreno. Os resultados obtidos encontram-se na Tabela 2.

TABELA 2. ÁREAS EM QUE HOUVE RETIRADA DOS RESÍDUOS, SEPARADOS POR ESPÉCIE.

Espécie	Limpeza (ha)	Subsolagem (ha)	%
Eucalipto	404,04	715,89	56,4
Pinus	448,88	794,25	56,5
Total	852,92	1510,14	56,5

É possível observar que nas áreas em que os resíduos resultantes das atividades de colheita no sistema *Full Tree* foram retirados do talhão, a atividade de limpeza de terreno foi realizada somente em 56,4% para o plantio de eucalipto e 56,5% para plantio de pinus, resultando em uma média de 56,5%. Assim, em 43,5% do total de área não foi necessário realizar essa atividade.

TABELA 3. REDUÇÃO DE CUSTO/HA COM A REDUÇÃO DA NECESSIDADE DE REALIZAÇÃO DA ATIVIDADE DE LIMPEZA DE TERRENO.

Ganhos com limpa trilho	Redução %	Custo da atividade/ha	Total/ha
Redução da necessidade de Limpa trilho	43,5	R\$ 393,26	R\$ 171,07

A Tabela 3 demonstra que a redução potencial de 43,5% da necessidade de realização da limpeza de terreno representaria, considerando o custo médio da atividade de limpeza de terreno R\$ 393,36/ha, uma redução de custo média de R\$ 171,07/ha.

Quando ocorre o aproveitamento da biomassa florestal, o nível de pagamento das atividades de preparo de solo é menor, pois a quantidade de resíduo tem um impacto significativo na composição do preço.

TABELA 4. REDUÇÃO DE CUSTO/HA COM A REDUÇÃO DO NÍVEL DE PAGAMENTO

Ganhos com redução do nível de pagamento	Nível médio ¹	Nível médio ²	Redução total/ha
Redução do Custo da Limpeza	3,0	2,8	R\$ 9,65
Redução do Custo da Subsolação em Pinus	2,8	2,6	R\$ 7,90
Redução do Custo da Subsolação em Eucalipto	2,6	2,3	R\$ 13,50

¹ Nível médio de pagamento sem a retirada dos resíduos florestais.

² Nível médio de pagamento com a retirada dos resíduos florestais.

A Tabela 4 representa a redução do nível histórico de pagamento praticado no preparo de solo. Com a redução significativa da quantidade de resíduo no talhão, após a retirada dos mesmos para posterior aproveitamento, o custo da limpeza de terreno diminuiria em R\$ 9,65 enquanto que o custo da subsolação reduziria em R\$ 7,90 e R\$ 13,50 para Pinus e Eucalipto respectivamente.

Com base nos dados de redução de custo em função da diminuição da necessidade de execução da atividade de limpeza de terreno, bem como do nível de pagamento no preparo de solo, foi possível calcular a redução de custo média/ha, conforme tabela 5, totalizando R\$ 191,42/ha.

TABELA 5. REDUÇÃO DE CUSTO/HA TOTAL NO PREPARO DE SOLO

Espécie	Redução de custo total/ha
Pinus	R\$ 188,62
Eucalipto	R\$ 194,22
Média	R\$ 191,42

Extrapolando o ganho de redução de custo de R\$191,42 para a área a ser trabalhada pela empresa em 2012, que é de 3.159 ha e considerando que somente em 73% (2.121,58 ha) da mesma o preparo de solo é mecanizado, o ganho total de redução de custo chegaria a R\$ 406.112,84.

6. CONCLUSÃO

- O aproveitamento da biomassa de resíduos florestais, após a colheita florestal, se mostrou oportuno, pois tem grande impacto no custo das operações de preparo de solo, permitindo uma importante redução dos mesmos no custo final da implantação de florestas;

- A coleta de resíduos florestais fornece uma condição mais favorável de trabalho no talhão, reduzindo a necessidade de realizar a atividade de limpeza de terreno em 43,5%, além de favorecer a operação de preparo de solo, pois reduz a quantidade de resíduo no talhão, o grau de dificuldade da atividade, permitindo assim, reduzir o custo de implantação em R\$ 191,42/ha, gerando um ganho total em 2012 de R\$ 406.112,84;

- A retirada dos resíduos florestais tem reflexo também no longo prazo, uma vez que os resíduos, quando presente em grande quantidade, dificultam a mecanização das demais atividades necessárias à implantação de florestas, como adubações, manutenções, combate a pragas, entre outros, tornando-as manuais, podendo ocorrer perda de qualidade e encarecimento do custo final das florestas.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanço energético nacional 2012**. Brasília, 2012. 57p.

CORTEZ, L. A. B. ; LORA, E. E. S. ; GOMEZ, E. O. **Biomassa para energia**. Editora Unicamp, Campinas, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE FLORESTAS (EMBRAPA). **Zoneamento Ecológico para plantios florestais no Estado de Santa Catarina**. Curitiba: EMBRAPA, 1988. 100p.

FERREIRA, O. O.; ALVES, M. K. L.; SANTOS N. F. dos. Avaliação das perdas de colheita de madeira em floresta comercial/industrial. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.5, n.1, p. 129-137, 1995.

FESSEL, V. A. G.; **Qualidade, desempenho operacional e custo de plantios, manual e mecanizado, de *Eucalyptus grandis*, implantados com cultivo mínimo de solo**. Piracicaba, 2003. Dissertação (Mestrado em ciências, área de concentração: recursos florestais). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

GONÇALVES, J. L. M. Efeito do cultivo mínimo sobre a fertilidade do solo e ciclagem de nutrientes. In: SEMINÁRIO SOBRE CULTIVO MÍNIMO DO SOLO EM FLORESTAS, 1., 1995, Curitiba. **Anais...** Piracicaba: CNPFloresta, IPEF, UNESP, SIF, FUPEF, 1995. p. 43-60.

GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. 427 p.

HIGA, R.C.V.; HIGA, A.R.; TREVISAN, R.; SOUZA, M. V. R. de. Resistência e resiliência a geadas em *Eucalyptus dunnii* Maiden plantados em Campo de Tenente. **Boletim de Pesquisas Florestais**, Colombo - PR, n.40, p.67-76, 2000.

IBGE. **Otacílio Costa – SC**. 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=421175>> Acesso em: 21/01/2013.

KLABIN. **Acervo particular**. Otacílio Costa, 2012.

KLABIN. **Plano de Manejo Florestal Santa Catarina**. Otacílio Costa, 2011.

MACHADO, C.C.; CASTRO, P.S. **Exploração florestal**. Viçosa: UFV, 1985. 32p.

NISGOSKI, S.; MUÑIZ, G. I. B. de; KLOCK, U. Caracterização anatômica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambége. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8, n.1, 1998.

SHIMIZU, Jarbas Yukio. **Sistemas de Produção: Cultivo do Pinus**. (Versão eletrônica). Novembro, 2005. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus/03_especies_mais_plantadas_no_brasil.htm> Acesso em: 19/09/ 2012.

SIMIONI, F. J. **Análise diagnóstica e prospectiva da cadeia produtiva de energia de biomassa de origem florestal no planalto sul de Santa Catarina** (Tese - Doutorado em Engenharia Florestal). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2007, 132 p.

SIXEL, R. M. M. de. **Produção de florestas com qualidade: Preparo do solo**. IPEF, 2009.

SOARES, T. S.; CARNEIRO, A. C. O.; GONÇALVES, E. O.; LELLES, J. G. Uso da biomassa florestal na geração de energia. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, Garça, SP, Ano IV, n.8, 2006.

SOARES, T. S.; VALE, A. B. do.; LEITE, H. G.; MACHADO, C. C. Otimização de multiprodutos em povoamentos florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.27, n.6, p.811-820, 2003.