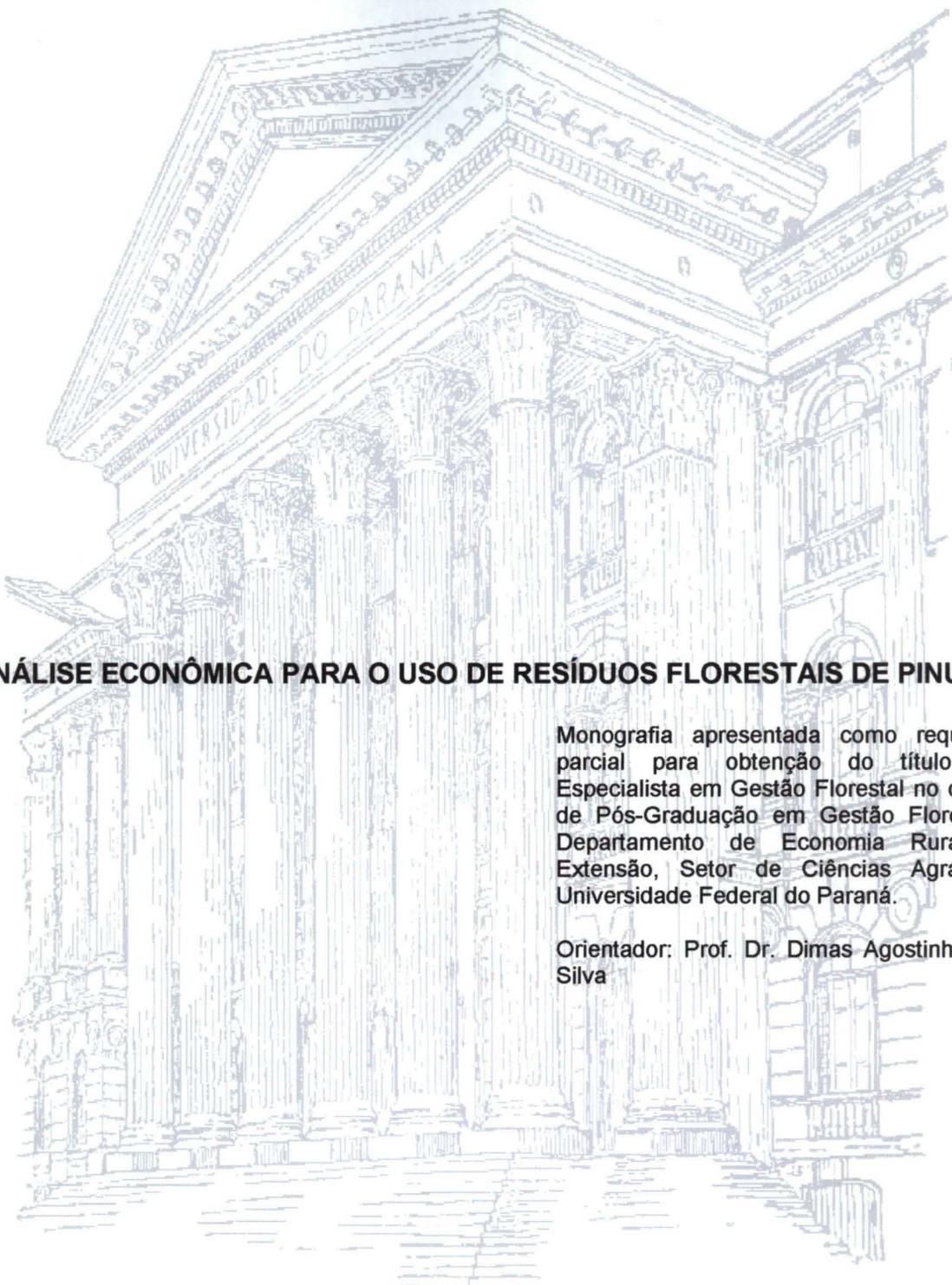


**RUI CLEVERSON BARBOSA**



**ANÁLISE ECONÔMICA PARA O USO DE RESÍDUOS FLORESTAIS DE PINUS**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão Florestal no curso de Pós-Graduação em Gestão Florestal, Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Dimas Agostinho da Silva

**CURITIBA**

**2007**

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de manifestar meus sinceros agradecimentos às várias pessoas que contribuíram para que esse trabalho fosse realizado, em especial:

Agradeço a Deus por me conduzir em meus caminhos, orientar minhas decisões e estar sempre presente iluminando minha vida.

À Maria Celina Barbosa, minha mãe, e Edson Estozel Varela Barbosa, meu pai, por todos os seus atos e por tudo que fizeram e farão por mim, pela vida e educação que me passaram, minha eterna gratidão, respeito, orgulho e amor que tenho por vocês.

A minha esposa, Valdira Ap. da Silva Andrade Barbosa, minha eterna companheira, que nunca fez objeção e esteve sempre presente nos momentos mais felizes e também nos mais difíceis, apoiando-me, ajudando-me e dedicando grande parte de sua vida (comigo), meu profundo agradecimento e meu eterno amor a você. A minha filha, Gabriela de Andrade Barbosa, uma das dádivas de Deus qual tenho muito amor e orgulho.

À Klabin Florestal Santa Catarina que propiciou e me deu condições de realizar mais esta etapa em minha vida, e aos profissionais que nela trabalham, meus sinceros agradecimentos.

Aos engenheiros florestais Darlon Orlamünder de Souza e Marcelo Temps, grandes amigos e excelentes profissionais, agradeço pelos sábios conhecimentos e fundamental ajuda na condução deste trabalho que com muita paciência, souberam me orientar e passar seus conhecimentos para ajudar a desenvolver melhor as atividades, meus eternos agradecimentos.

Aos professores da Universidade Federal do Paraná, em especial ao Prof. Dr. Dimas Agostinho da Silva meu orientador e com os quais tive contato, pelos seus sábios conhecimentos transmitidos, meu muito obrigado.

Enfim, a todos que de uma forma ou outra contribuíram para realização deste trabalho meu muito obrigado.

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	ii
SUMÁRIO .....	iii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	iv
RESUMO .....	v
1 INTRODUÇÃO .....	1
1.1 OBJETIVO GERAL .....	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1 CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUO FLORESTAL .....	4
2.2 ESTUDOS REFERENTES À BIOMASSA RESIDUAL DA COLHEITA FLORESTAL .....	6
3 MATERIAIS E MÉTODOS .....	7
3.1 DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	9
3.1.1 Localização .....	10
3.2 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE COLHEITA.....	12
3.3 MÉTODOS DE SELEÇÃO DA UNIDADE AMOSTRAL.....	13
3.4 PROCESSO E MÉTODO DE AMOSTRAGEM .....	15
3.5 PARÂMETROS LEVANTADOS .....	16
3.5.1 Classificação .....	16
3.5.2 Cálculo das estimativas do inventário da biomassa residual .....	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4.1 ESTIMATIVAS DOS PESOS PARA A CLASSE ENTRE 3 - 8 CM DE DIÂMETRO .....	18
4.2 ESTIMATIVA DOS PESOS PARA A CLASSE > 8 CM DE DIÂMETRO .....	20
4.3 ESTIMATIVA DOS PESOS TOTAIS .....	22
4.4 ANÁLISE ECONÔMICA .....	24
4.5 CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO .....	27
5 CONCLUSÕES .....	28
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	29

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - PRODUÇÃO DE RESÍDUOS NA CADEIA PRODUTIVA DOS SERRADOS DE PINUS SPP.....	5
Figura 2 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS ÁREAS DE ESTUDO .....	11
Figura 3 - ALOCAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	14
Figura 4 - PARCELAS DE ÁREA FIXA COM FORMATO CIRCULAR .....	15
Tabela 1 - PESOS ESTIMADOS DA BIOMASSA RESIDUAL DA COLHEITA SEMIMECANIZADA EM POVOAMENTOS CONDUZIDOS PELO REGIME UTILITY.....	6
Tabela 2 - RESULTADOS DE RESÍDUOS DE BIOMASSA ENTRE 3 E 8CM, CONSIDERANDO AS UNIDADES AMOSTRAIS E TAMBÉM EXPRESSOS EM Kg/Ha.....	18
Tabela 3 - RESULTADOS MÉDIOS: ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DO PESO DA BIOMASSA ÚMIDA DE 3 - 8 CM DE DIÂMETRO.....	19
Tabela 4 - RESULTADOS DE RESÍDUOS DE BIOMASSA MAIOR A 8 cm, CONSIDERANDO AS UNIDADES AMOSTRAIS E TAMBÉM EXPRESSOS EM Kg/Ha.....	20
Tabela 5 - RESULTADOS MÉDIOS: ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DO PESO DA BIOMASSA ÚMIDA DE MAIOR QUE 8 CM DE DIÂMETRO.....	21
Tabela 6 - RESULTADO DE BIOMASSA MAIOR QUE 3 CM DE DIÂMETRO POR UNIDADES AMOSTRAIS E EXPRESSOS EM Kg/Ha .....	22
Tabela 7 - RESULTADOS MÉDIOS E ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DO PESO DA BIOMASSA TOTAL > 3 CM DE DIÂMETRO.....	23
Tabela 8 – RESULTADOS DE BIOMASSA DO RESÍDUO E CONTEÚ DE NUTRIENTES....	24
Tabela 9 - QUANTIDADE CALCULADA DE ADUBO EXISTENTE NA BIOMASSA DO RESÍDUO POR NUTRIENTE E SEU RESPECTIVO CUSTO, CUSTO TOTAL POR HA E EQUIVALÊNCIA EM ÓLEO COMBUSTÍVEL DO CUSTO TOTAL.....	25
Tabela 10 - BIOMASSA DO RESÍDUO, SUA EQUIVALÊNCIA CALCULADA EM ÓLEO COMBUSTÍVEL/HA E RESPECTIVAMENTE O VALOR DO COMBUSTÍVEL.....	25
Gráfico 1 – PERCENTAGEM MÉDIA DO PESO ÚMIDO POR CLASSE BIOMASSA DA EXPLORAÇÃO FLRESTAL.....	22

## RESUMO

Através de dados de pesquisas existentes sobre o conteúdo de nutrientes em resíduos florestais de Pinus, investigou-se a vantagem econômica da utilização dos resíduos, como biomassa para produção de energia em usina termoeletrica ou como reciclagem de nutrientes no solo. Os resultados mostraram que o emprego dos resíduos florestais como energia se apresenta mais econômico, compensando, inclusive, a reposição de nutrientes através da adubação química. O baixo valor da equivalência da fitomassa em nutrientes, em relação ao de sua transformação em energia, e a proporção dos preços de fertilizantes para o preço de energia, foram os principais fatores que afetaram o resultado econômico.

**Palavras-chave:** Análise econômica, produção de energia, reciclagem de nutrientes.

## 1 INTRODUÇÃO

A otimização dos sistemas de colheita florestal é um objetivo inerente a todas as empresas do setor. Com o intuito de desenvolver o conceito de sustentabilidade e a geração de renda, levam-se em considerações relevâncias sobre a consolidação de um subproduto advindo dos povoamentos florestais; - os resíduos remanescentes do processo de colheita. Define-se como resíduo florestal toda a biomassa lenhosa ou não que é produzida no processo de colheita florestal, sendo deixada no solo ou utilizada para fins diversos.

Até então, esta biomassa era encarada como um transtorno operacional, baixando significativamente o rendimento e a qualidade do preparo do solo. Em áreas de cultivo mínimo, a estratégia de tratamento desta biomassa depende do sistema silvicultural e do sistema de colheita utilizado.

Ao encontro desta demanda operacional, para se definir qual a melhor opção de uso da biomassa residual produzida na colheita, estudos vêm sendo realizados na busca de informações quantitativas e qualitativas da mesma. O estudo tem como objetivo uma melhor utilização das partes da copa da árvore e dos materiais de menores dimensões que ficam no campo através da comparação econômica entre deixar para refertilização ou usar para energia.

A utilização desta biomassa como fonte de energia, diminuindo os custos das indústrias, no que se refere a matriz energética disponível. Em contrapartida, sabe-se que para esse uso se tornar viável, os custos de processamento e retirada da biomassa devem ser menores do que o benefício gerado, além da produção ter uma escala suficiente.

A destinação desse material como produção de biomassa é utilizado na geração de energia nas usinas termoelétricas. A produção de energia através de fontes de matéria-prima renováveis será um dos principais assuntos discutidos nos próximos 20 anos, pois o petróleo ficará cada vez mais caro e conseqüentemente tudo que utiliza combustível derivado de petróleo. Ademais, o protocolo de kyoto e

demais aspectos de melhoria ambiental na indústria fortalece a demanda por bioenergia como é o caso de resíduo florestal.

A preocupação das empresas está em desenvolver formas de se aproveitar os resíduos deixados no campo temendo um aumento na concorrência pela madeira, hoje encontrada no mercado. Entretanto há deficiência de técnicas adequadas para o aproveitamento desse material.

A outra opção de utilização é a conservação desta biomassa visando a manutenção dos recursos nutricionais do solo. Entretanto, ainda não existe um consenso de em quanto tempo estes recursos nutricionais estarão disponíveis para as plantas.

Este trabalho está embasado nas variáveis que compõe a produção da biomassa residual da colheita mecanizada de madeira, relatando cada detalhe operacional na busca de estimativas confiáveis. Avaliaram-se as características do povoamento antes do corte final e as características do sistema de colheita florestal, para se definir as estratégias de trabalho. Utilizou-se também informações de estudos prévios, referentes à quantificação de nutrientes da biomassa florestal. Os resultados encontrados, assim como cada detalhe da metodologia elaborada e do processamento dos dados, estão reportados neste trabalho e podem no futuro oferecer informações consistentes da melhor utilização dos resíduos florestais.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Quantificar em t/ha os tipos específicos de resíduos deixados no solo após a colheita em plantios de pinus e analisar economicamente a biomassa residual, proporcionada pelos sistemas de colheita mecanizada em plantios pinus, contemplando dados referentes ao uso da mesma como fonte de energia ou como fonte de nutrientes. Desta forma almeja-se discorrer a respeito da melhor utilização dos resíduos dentro do processo de produção florestal.

## 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Alocar as unidades amostrais e classificar a biomassa residual em intervalos diamétricos pré-determinados de acordo com as necessidades logísticas do possível aproveitamento;
- b) Determinar as magnitudes econômicas do uso de resíduos, tanto para energia, como para refertilização do solo;
- c) Analisar os aspectos que influenciam na tomada de decisão econômica;
- d) Aplicar e adaptar a plantios de pinus uma metodologia já descrita para o inventário dos resíduos da colheita mecanizada, avaliando a eficiência do processo;

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUO FLORESTAL

Os resíduos florestais podem ter diversas utilidades dentro da cadeia produtiva florestal, variando da produção de energia a manutenção natural da fertilidade do solo. Segundo *Maron et al. (2002)* resíduo florestal é o material excedente da operação de extração das árvores nas florestas, sendo constituído por partes quebradas de árvores, toras que não atingiram dimensões mínimas de uso e as partes superiores das árvores (ponteiros). Para *Silva (2005)*, são considerados resíduos florestais aqueles gerados e deixados na floresta como resultado das atividades da colheita de madeira. Ainda segundo este autor, tais resíduos são oriundos de partes da árvore que não são aproveitadas nos processos industriais, chegando a 20% da massa das árvores. *Marcene et al. (2005)* caracterizam resíduos florestais como sendo toda a biomassa residual, lenhosa ou não, que é produzida no processo de colheita florestal, considerando sua avaliação qualitativa e quantitativa, assim como sua localização específica, parâmetros para a avaliação da eficiência do sistema de colheita utilizado.

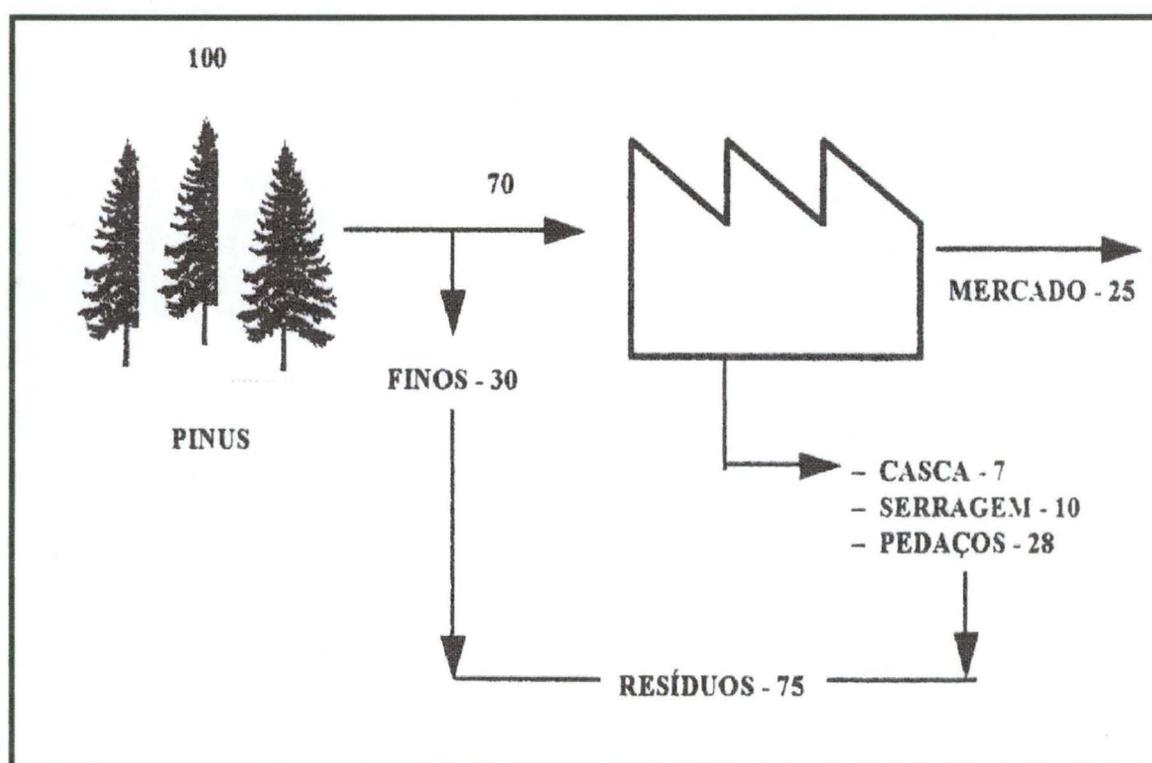
A ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais, tanto no exterior como no Brasil, tem sido objeto de intensivas pesquisas, visto sua importância no equilíbrio ecológico. Uma ampla revisão dessa literatura pode ser encontrada tanto em *Poggiani (1985)* quanto em *Haag (1985)*. No contexto brasileiro de florestas tropicais e subtropicais, os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* têm sido estudados por vários autores, analisando a exportação de nutrientes em povoamentos de diversas idades e espaçamentos. O objetivo fundamental de todos esses trabalhos tem sido mensurar a reciclagem de nutrientes nas diversas espécies.

Os nutrientes encontram-se em maior concentração no componente acículas, seguida pela casca do ponteiro, isso se deve a tendência que a maioria dos

nutrientes têm de concentrar-se nas estruturas mais novas da planta, onde há uma maior atividade metabólica.

Estudos realizados por Mendes et al. (2004), como ilustra a Figura 1, demonstram que os resíduos gerados na colheita florestal em povoamentos de *Pinus* spp., conduzidos para a produção de serrados, chegam a 30% da biomassa produzida.

Figura 1 - PRODUÇÃO DE RESÍDUOS NA CADEIA PRODUTIVA DOS SERRADOS DE PINUS SPP.



Fonte: MENDES et al. (2005)

Nota: Valores do quadro em percentuais.

Em algumas plantações florestais adota-se como princípio à convivência com os resíduos vegetais, com o objetivo de economizar operações e reduzir os danos ao solo (Gonçalves et al. 2002). Por outro lado, isto pode se tornar um potencial fator de risco de incêndios florestais, dificultar o combate à pragas e a instalação de novos povoamentos. Não obstante, a definição da melhor utilização desta matéria prima carece de estudos mais específicos a respeito do potencial econômico, para se tornar uma atividade produtiva. Para tanto é preciso que se defina objetivamente a situação da área após a colheita.

Entretanto, quanto à avaliação das perdas e ganhos dessa reciclagem, a literatura existente é bastante escassa. Do ponto de vista do empresário, tal questão é de extrema relevância quando a prática de utilizar resíduos florestais para fins energéticos impede a reciclagem completa dos nutrientes. Essa retirada de nutrientes terá reflexo na queda da produtividade dos sítios florestais.

## 2.2 ESTUDOS REFERENTES À BIOMASSA RESIDUAL DA COLHEITA FLORESTAL

Em estudos anteriores relatados por *Marcene et. al* (2005), a respeito da avaliação da biomassa residual, gerada por sistemas semimecanizados de colheita florestal, utilizados em povoamentos de *Pinus taeda* conduzidos pelo regime *utility*, foram obtidos os seguintes resultados (conforme Tabela 1).

Tabela 1 - PESOS ESTIMADOS DA BIOMASSA RESIDUAL DA COLHEITA SEMIMECANIZADA EM POVOAMENTOS CONDUZIDOS PELO REGIME UTILITY.

ANÁLISE	BIOMASSA < 3 cm		BIOMASSA ENTRE 3 - 8 cm		BIOMASSA > 8 cm		TOTAL	
	Úmida	Seca	Úmida	Seca	Úmida	Seca	Úmida	Seca
ÁREA 1	49,8639	24,4723	30,3934	15,7235	5,819	2,5898	86,0763	42,7856
ÁREA 2	51,1797	24,2785	20,5793	16,6909	11,0358	5,6787	82,7948	46,6481

Fonte: MARCENE et al. (2005)

Nos estudos realizados por *Berni et al.* (2004) com sistemas de colheita de toras longas de *Pinus taeda* (L.), altamente mecanizado, registrara-se maiores volumes de sobras de traçamento e não de ponteiros e galhos, com uma concentração decrescente no sentido da borda para o interior do talhão. Nota-se também um predomínio de peças retas, ou seja, adequadas para a utilização no processo produtivo de celulose e papel. Hoje pouco utilizadas pelas empresas.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para se alcançar resultados confiáveis, este estudo careceu de uma abordagem bastante ampla dos conceitos das ciências florestais, em função da diversidade existente nos regimes de manejo dos povoamentos, assim como nos sistemas mecanizados de colheita florestal. Para tanto, buscou-se adequar as técnicas de quantificação às inúmeras variáveis existentes. A metodologia elaborada para este trabalho resulta de experiências realizadas no estudo da biomassa florestal, em especial a proveniente dos povoamentos de Pinus.

Para calcular a viabilidade do uso dos resíduos para energia ou para refertilização, fez-se a pressuposição de que a empresa procura maximizar lucros em qualquer situação. Isto implica que a mesma procurará minimizar custos, conforme teoria econômica convencional.

Então, pressupõe-se que sua escolha recaia entre utilizar os resíduos florestais para refertilização dos solos (minimizar custos de adubação) ou para fins energéticos (minimizar custos de energia). Para empresa estaria indiferente entre um ou outro se:

$$V_f = V_e, \text{ ou } V_f - V_e = 0$$

onde:

$V_f$  = valor de adubação equivalente à retirada de nutrientes contidos no resíduo florestal;

$V_e$  = valor de energia contida na biomassa do resíduo;

Ambos os valores são para determinado ano, desprezando-se os demais custos, como os de transporte e mão-de-obra. Como o uso da biomassa do resíduo para fertilização implica um custo de oportunidade de tê-la aproveitada como energia, pode-se capitalizar o valor da energia para um período futuro, quando seus nutrientes estarão novamente disponíveis, ou seja, quando:

$$V_f = V_e (1 + r)^t, \text{ ou } V_f / (1 + r)^t = V_e$$

onde:

$r$  = taxa de desconto, medida pela taxa de juro real, 7,8 % a.a.;

$t$  = tempo médio em anos;

Assim, se  $V_f/(1 + r)^t > V_e$ , a empresa, racionalmente, optaria por utilizá-los sob a forma de energia; ao inverso, optaria por reciclá-los. Não levamos em consideração o tempo médio de decomposição de resíduos em nutrientes disponíveis, presume-se que tal disponibilidade ocorra de forma concomitante para os elementos N, P e K. Através da fórmula pode-se verificar que  $t$  representa o tempo em que o nutriente estaria disponível. Dessa forma,  $t$  igual a zero, implica também que a disponibilidade do nutriente é imediata. Se  $t$  for maior do que zero, a decisão de utilizar o resíduo para outro fim dependerá de um tempo necessário para que o fertilizante fique disponível. Nesse sentido, quanto maior for  $t$ , mais propenso estará a empresa em utilizar os resíduos para a produção de energia e vice-versa.

Para a análise, considerou-se que a diferença de nutrientes, existentes em toda a árvore e no fuste sem casca, representa os resíduos florestais. Para os cálculos, computaram-se os seguintes componentes.

$$V_f = CN + CF + CP$$

onde:

$V_f$  = valor da adubação que é equivalente ao custo total do fertilizante em R\$;

$CN$  = custo do nitrogênio ( sulfato de amônia );

$CF$  = custo do fosfato ( superfosfato simples );

$CP$  = custo do potássio ( cloreto de potássio );

Para a comparação econômica, calculou-se o equivalente em óleo combustível BPF da biomassa do resíduo, seu valor, a diferença entre esse valor e o custo da fertilização (para reposição dos nutrientes retirados pelo resíduo), bem

como a relação de litros de óleo combustível para energia por litro de óleo combustível equivalente a fertilização.

Para a análise econômica no período zero, utilizou-se a relação  $V_e/V_f$ , transformada em termos de óleo combustível por hectare. Assim, se  $V_e/V_f = 1$ , implica que, para a empresa, é indiferente entre usar o resíduo para energia ou para fertilização. Se essa relação for maior do que 1, será mais econômica a utilização do resíduo para energia; se menor, será mais vantajosa como fertilizante.

Nesse sentido,  $V_f$  foi calculado para a reposição mineral do conteúdo de nutrientes existentes no resíduo, enquanto  $V_e$  foi calculado apenas para refletir o valor da biomassa do resíduo em termos de óleo combustível.

As características das áreas de estudo e dos sistemas de colheita utilizados foram o ponto de partida para a definição dos procedimentos. Foram coletadas e averiguadas todas as informações disponíveis sobre as áreas de estudo, incluindo as características dos povoamentos.

A qualificação dos resíduos florestais, gerados pelos sistemas mecanizados de colheita, foi adequada às características morfológicas da espécie, estabelecendo-se classes diamétrica. A quantificação avaliou a proporção de biomassa residual de cada classe, cabendo à localização avaliar a distribuição da mesma na área submetida à colheita. O sistema de colheita também foi analisado para se definir o processo de amostragem.

### 3.1 DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

As áreas escolhidas para o levantamento dos parâmetros foram fazendas que estavam em corte no período em que se realizou esse trabalho. Estas propriedades foram plantadas pela empresa, no intuito de utilização para fins de produção de matéria-prima para a fabricação de papel para embalagens (*kraft*), além da comercialização das toras de maiores dimensões, representando um potencial modelo de ordenamento a ser seguido. A extensão total das áreas analisadas é de

454,53 há. Optou-se por trabalhar com diversas áreas para se comparar os níveis de precisão dos resultados, em função do número de unidades amostrais instaladas e medidas. Tanto o relevo da área total como do compartimento delimitado podem ser classificados como suave-ondulados, de acordo com a classificação apresentada por *Gonçalves (2002)*.

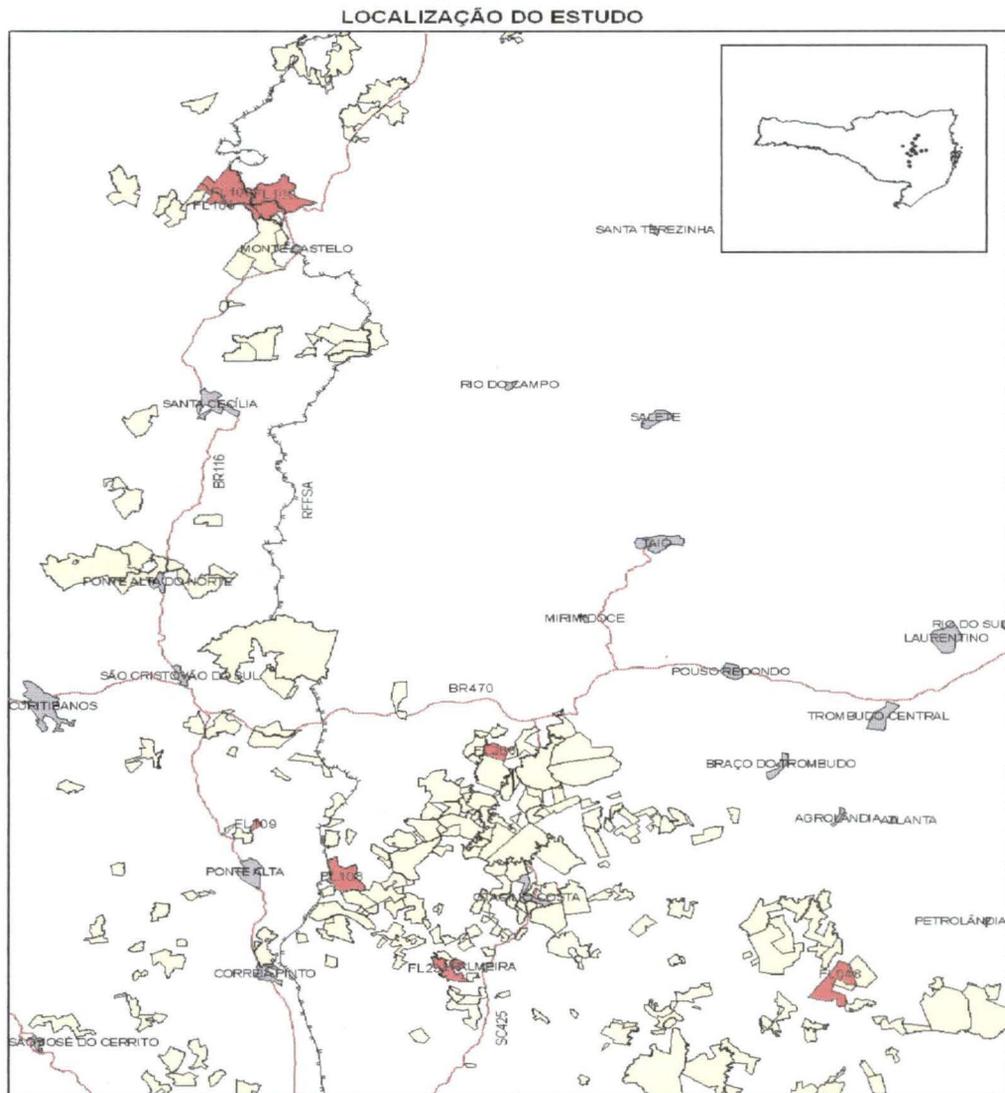
A implantação dos povoamentos de *Pinus* foi realizada em diferentes anos e com diferentes tratamentos silviculturais. Os povoamentos foram conduzidos por diferentes regimes, alguns com tratamentos silviculturais como poda e desbaste e outros conduzido por um regime tipo *pulp-wood*, onde não se aplicam tratamentos silviculturais.

Um outro aspecto marcante que vale ressaltar é a presença de indícios de ataque da vespa-da-madeira (*Sirex noctilio*) em alguns povoamentos, praga florestal incidente nos povoamentos de *Pinus* spp. da região sul do Brasil.

### 3.1.1 Localização

As áreas em estudo são de propriedades da empresa Klabin S.A. localizadas no planalto serrano de Santa Catarina, conforme apresenta a figura.

Figura 2 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DAS ÁREAS DE ESTUDO



A região do planalto serrano catarinense tem como seu principal município, a cidade de Lages, localizada na latitude  $27^{\circ} 50' S$  e longitude  $50^{\circ} 15' W$ , com altitude média de 850 metros. O clima da região é temperado, úmido, com chuvas distribuídas durante todo o período do ano. A temperatura média anual é de  $17,8^{\circ} C$ , com umidade relativa anual em torno de 79% e precipitação anual na ordem de 1.451 mm. A ocorrência de geadas na região é comum nos períodos de inverno, com registros de até 27 geadas por ano aproximadamente. Esporadicamente pode haver a incidência de neve nesse mesmo período nos pontos mais altos dessa região.

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE COLHEITA

Para a derrubada das árvores foram empregados na maior parte dos talhões o equipamento harvester; - máquina base sobre pneus ou esteira, grua e cabeçote cortador-desgalhador. Eventualmente a derrubada foi executada por um operador com motosserra.

Posteriormente à derrubada, foi realizado o desgalhamento do fuste, sendo tal procedimento executado pelo próprio cabeçote *harvester* ou pelo operador de motosserra, no mesmo local da derrubada da árvore. Desta forma, de um modo geral, a biomassa residual advinda das copas das árvores formou faixas lineares ao longo da linha de atuação do *harvester*, sendo o tamanho destas faixas relativo ao alcance do braço da máquina.

O arraste dos fustes desgalhados foi realizado com dois tipos de máquinas: - trator agrícola adaptado com pinça (*mini-skidder* também conhecido como campineiro, e *skidder*). Os fustes foram arrastados até pontos pré-determinados estrategicamente ao longo da estrada, nas margens do talhão (estaleiros). Nestes foi realizada a etapa de traçamento dos fustes, de acordo com as medidas padrão adotadas pela empresa, através da grade traçadora acionada por uma máquina base sobre esteira (escavadeira), munida de braço hidráulico acoplado a pinça. Também nesses pontos, estabelecidos de acordo com a necessidade de deslocamento do operador da máquina sobre esteira, executava-se o carregamento para o transporte.

O transporte das toras até o pátio de recebimento da empresa foi realizado com caminhões, mais especificamente com a composição denominada biminhão ou *Romeu e Julieta*. Trata-se de um veículo composto por duas unidades, sendo a primeira uma unidade tratora e a segunda um reboque, que dependendo da configuração de eixos podem carregar de 50 a 57 t (*Machado et al., 2000*).

Em função das características técnicas do sistema de colheita utilizado, de cada equipamento empregado, aliado às topografias dos terrenos, as distribuições da biomassa residuais pela área foram em parte sistemáticas e uniformes (linhas de

ação do *harvester*), e em parte, localizada, havendo pontos de acúmulo de biomassa, principalmente nos estaleiros e pontos de menor declividade do terreno.

### 3.3 MÉTODOS DE SELEÇÃO DA UNIDADE AMOSTRAL

O processo de amostragem casual simples traz resultados satisfatórios para o inventário de resíduos nos sistemas de toras longas. Neste processo, a localização das unidades amostrais são mais difíceis de serem localizadas no campo. Em decorrência disso, o tempo gasto em deslocamento para localizar as unidades amostrais é maior.

Por amostragem casual simples entende-se a seleção de amostras onde o processo probabilístico é caracterizado pela seleção aleatória de todas as unidades amostrais, ou seja, todas as parcelas cabíveis na população tem a mesma chance de serem sorteadas para implantação do inventário (*Scolforo e Mello 1997*).

*Netto & Brena (1997)* definem genericamente inventário florestal como “... uma atividade que visa obter informações qualitativas e quantitativas dos recursos florestais existentes em uma área pré-especificada”. Analogamente, podemos considerar este estudo de biomassa como inventário de um sub-produto florestal. Conseqüentemente o trabalho está sujeito a todas as premissas estatísticas inerentes aos inventários florestais, com ressalvas aos níveis de precisão quando comparados aos inventários de povoamentos.

Especificamente, o método utilizado para seleção foi através do Sistema de Coordenadas, o qual baseia-se em estabelecer um sistema de coordenadas. Sorteia-se dois valores, correspondentes à ordenada e abcissa. Na interação dos dois valores deverá ser locada a parcela a ser mensurada. Esta escolha se deu em função deste tipo de processo ser mais utilizado em inventários de florestas nativas, cuja variabilidade é elevada e o princípio do processo sistemático tende a captar ao máximo esta variabilidade. No caso da biomassa residual proveniente da colheita florestal, a variabilidade também é elevada, em função dos diferentes regimes de



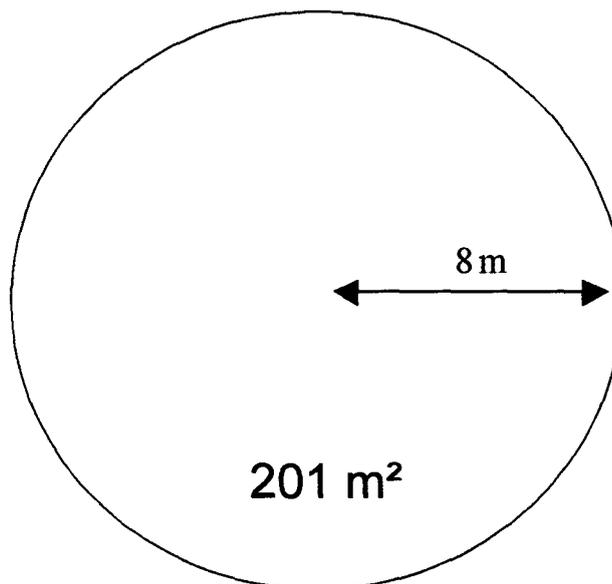
### 3.4 PROCESSO E MÉTODO DE AMOSTRAGEM

Por amostragem casual simples entende-se a seleção de amostras onde o processo probabilístico é caracterizado pela seleção aleatória de todas as unidades amostrais, ou seja, todas as parcelas cabíveis na população tem a mesma chance de serem sorteadas para implantação do inventário (Scolforo e Mello 1997).

O processo de amostragem casual simples traz resultados satisfatórios para o inventário de resíduos nos sistemas de toras longas. Neste processo, a localização das unidades amostrais são mais difíceis de serem localizadas no campo. Em decorrência disso, o tempo gasto em deslocamento para localizar as unidades amostrais é maior (Scolforo e Mello, 1997).

As amostras serão redondas tendo tamanhos fixos com raio de 8 m e 201 m<sup>2</sup>, conforme figura:

Figura 4 - PARCELAS DE ÁREA FIXA COM FORMATO CIRCULAR



Cálculo :

$$A = \pi \cdot R^2$$

$$A = 3,14 \cdot 8^2$$

$$A = 200,96 \text{ m}^2$$

O ponto de cada coordenada indica a estaca central, localizado de maneira aleatória, a partir do ponto central faz-se a circunferência amostral, que foi alocada ao acaso para se garantir o critério estatístico de seleção aleatória.

Definido o primeiro ponto, circula-se a sub-parcela com as dimensões definidas, fixando-se estacas em cada vértice. Esta prática facilitou a inclusão ou não de peças que a interceptavam, desta forma, se a maior parte da peça (galho, ponteiro ou sobra de fuste) esteve-se dentro da parcela, esta seria incluída na pesagem.

### 3.5 PARÂMETROS LEVANTADOS

Os parâmetros levantados no estudo são referentes aos trabalhos realizados a campo nas áreas da empresa

#### 3.5.1 Classificação

Dentro de cada parcela, independentemente da dimensão e formato, foi coletado o peso úmido da biomassa presente, sendo esta dividida em classes em função do diâmetro no centro do material lenhoso. A produção de toras destinadas à fabricação de celulose pela empresa é especificada com no mínimo 8 cm de diâmetro e 80 cm de comprimento.

Sendo assim as classes estipuladas foram:

⇒ *De 3 – 8 cm de diâmetro;*

⇒ *Acima de 8 cm de diâmetro;*

A biomassa classificada como maior de oito centímetros de diâmetro é representada pelas sobras de fuste, ponteiros e galhos grossos. A biomassa classificada entre três e oito centímetros de diâmetro na ponta grossa é representada, em sua maior parte, pelos galhos mais finos advindos da copas das árvores.

A pesagem de todas das duas classes foi executada com balança analítica de capacidade máxima de 500 kg, previamente calibrada e constantemente ajustada, após previa separação da biomassa por classe. A separação mais precisa do material lenhoso foi executado com o emprego de um medidor cujo as medidas são de 3 cm e 8 cm facilitando nos trabalhos de campo na classe de menor diâmetro.

### 3.5.2 Cálculo das estimativas do inventário da biomassa residual

Para cada classe de biomassa e para o volume, obtido pela relação peso/volume, foram calculadas as estimativas, seguindo o memorial de cálculos da análise estatística para a amostragem.

- **Média Aritimética**  $= \frac{\sum x_i}{n}$
- **Desvio Padrão**  $\Rightarrow S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$
- **Variância**  $= (S_x)^2$
- **Erro Padrão**  $\Rightarrow S_{\bar{x}} \cong \sqrt{S_x^2}$
- **Coefficiente da Variação**  $\Rightarrow C.V. = \frac{S_x}{\bar{x}} \times 100$
- **Intensidade de Amostragem**  $\Rightarrow n = \frac{N t^2 S_x^2}{N E^2 + t^2 S_x^2}$

Onde;

$i$  = sub-parcelas (colunas da tabela de parâmetros);

$n$  = número total de unidades amostrais (sub-parcelas);

$t$  = valor tabelado ( $t$  de Student) para 95% de probabilidade;

$N$  = nº potencial de unidades amostrais (sub-parcelas);

$E$  = espectrância do erro  $\Rightarrow E = (LE \times \bar{x})$ ;

$LE$  = limite de erro (20%).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No levantamento de campo foram obtidos os pesos úmidos totais por classe de biomassa residual em kg. Para se realizar os cálculos estatísticos dos pesos úmidos, extrapolou-se diretamente o valor encontrado em kg/ha da biomassa lenhosa acima de 3 cm de diâmetro com de limite de erro: 20%, a 95% de confiabilidade.

### 4.1 ESTIMATIVAS DOS PESOS PARA A CLASSE ENTRE 3 - 8 CM DE DIÂMETRO

A Tabela 2 mostra os pesos úmidos por parcela, extrapolados em kg/ha, da classe de biomassa de 3 - 8 cm de diâmetro. Na Tabela 3 esta apresentado os resultados estatísticos.

Tabela 2 - RESULTADOS DE RESÍDUOS DE BIOMASSA ENTRE 3 E 8CM, CONSIDERANDO AS UNIDADES AMOSTRAIS E TAMBÉM EXPRESSOS EM Kg/Ha.

AMOSTRA	DADOS				Extrapolção
	FL	TALHÃO	ÁREA TALHÃO	3 - 8 cm (kg)	(kg)/ha
1	FL048	016A	40,1	106	5300
2	FL048	016B	9,3	275	13750
3	FL048	017	18	125	6250
4	FL048	017	18	243	12150
5	FL048	017	18	90	4500
6	FL100	054	35,8	280	14000
7	FL100	054	35,8	160	8000
8	FL108	020	24,4	211	10550
9	FL108	025	36,5	354	17700
10	FL108	023	15,3	320	16000
11	FL108	009	50	286	14300
12	FL108	009	50	375	18750
13	FL108	014	33,6	376	18800
14	FL109	001B	10,32	307	15350

15	FL234	007	16,5	378	18900
16	FL268	002B	14,59	380	18980
17	FL268	003A	14,34	473	23635
18	FL268	001B	13,98	420	21005

Fonte: LEVANTAMENTO DE CAMPO (2005)

Nota: Os valores apresentados foram extrapolados para ha em função dos tamanhos das parcelas.

Tabela 3 - RESULTADOS MÉDIOS: ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DO PESO DA BIOMASSA ÚMIDA DE 3 - 8 CM DE DIÂMETRO

ESTATÍSTICA	
Média (Kg/ha)	14.328,89
Desvio padrão (kg/ha)	5.590,76
Variância	31.256.566,34
Nº de unidades amostrais	18
Sx	1317,8
Coeficiente de variação (%)	39,02
Erro padrão (%)	19,40
Erro admissível (%)	20
Nº de unidades amostrais (n) necessárias	17

Fonte: PROCESSAMENTO DOS DADOS (2005)

Nota: Valor da distribuição  $t$  para 95% = 2,1098

A média aritmética obtida na biomassa de 3 a 8 cm de diâmetro para efeito de cálculos ficou em 14,33 t/ha.

Em relação as áreas amostradas o erro de amostragem foi de  $\pm 19,4\%$ , portanto, o erro de amostragem foi inferior ao nível de precisão testado. Tendo uma variação significativa decorrente aos diferentes tipos de relevo e tratamentos silviculturais. Verifica-se que a percentagem de variabilidade dos dados, representada pelo coeficiente de variação, é inferior quando se compara a variabilidade apresentada na biomassa úmida > 8 cm de diâmetro. Este fato explica a suficiência amostral relacionada aos resultados quando se considera o compartimento todo.

As estatísticas relacionadas às amostras são suficientes apenas para 20% de limite de erro, sendo, portanto, indicado o resultado que considera a área total do compartimento em qualquer nível de precisão (a 95% de confiabilidade).

#### 4.2 ESTIMATIVA DOS PESOS PARA A CLASSE > 8 CM DE DIÂMETRO

A classe de biomassa considerada maior do que 8 cm de diâmetro é composta pelas maiores peças encontradas em campo. Na maioria das vezes trata-se dos ponteiros produzidos pelo traçamento dos fustes.

Os pesos desta classe são maiores quando comparadas a outra classe já apresentada. A tabela 4 apresenta os resultados levantados por parcela, também extrapolados em kg/ha, enquanto a Tabela 5 expressa valores médios e parâmetros estatísticos.

Tabela 4 - RESULTADOS DE RESÍDUOS DE BIOMASSA MAIOR A 8 cm, CONSIDERANDO AS UNIDADES AMOSTRAIS E TAMBÉM EXPRESSOS EM Kg/Ha.

AMOSTRA	DADOS				Extrapolação
	FL	TALHÃO	ÁREA TALHÃO	> 8 cm (kg)	(kg)/ha
1	FL048	016A	40,1	483	24.150
2	FL048	016B	9,3	388	19.400
3	FL048	017	18	607	30.350
4	FL048	017	18	230	11.500
5	FL048	017	18	727	36.350
6	FL100	054	35,8	252	12.600
7	FL100	054	35,8	320	16.000
8	FL108	020	24,4	388	19.400
9	FL108	025	36,5	288	14.400
10	FL108	023	15,3	420	21.000
11	FL108	009	50	233	11.650
12	FL108	009	50	383	19.150
13	FL108	014	33,6	174	8.700
14	FL109	001B	10,32	620	31.000

15	FL234	007	16,5	521	26.025
16	FL268	002B	14,59	437	21.855
17	FL268	003A	14,34	119	5.970
18	FL268	001B	13,98	333	16.660

Fonte: LEVANTAMENTO DE CAMPO (2005)

Nota: Os valores apresentados foram extrapolados para ha em função dos tamanhos das parcelas.

Tabela 5 – RESULTADOS MÉDIOS: ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DO PESO DA BIOMASSA ÚMIDA DE MAIOR QUE 8 CM DE DIÂMETRO

ESTATÍSTICA	
Média (t/ha)	19.231,11
Desvio padrão (kg/ha)	8.131,24
Variância	66.117.013,40
Nº de unidades amostrais	18
Sx	1916,550915
Coeficiente de variação (%)	42,28
Erro padrão (%)	21,03
Erro admissível (%)	20
Nº de unidades amostrais (n) necessárias	20

FONTE: PROCESSAMENTO DOS DADOS (2005)

NOTA: Valor da distribuição  $t$  para 95% = 2,1098

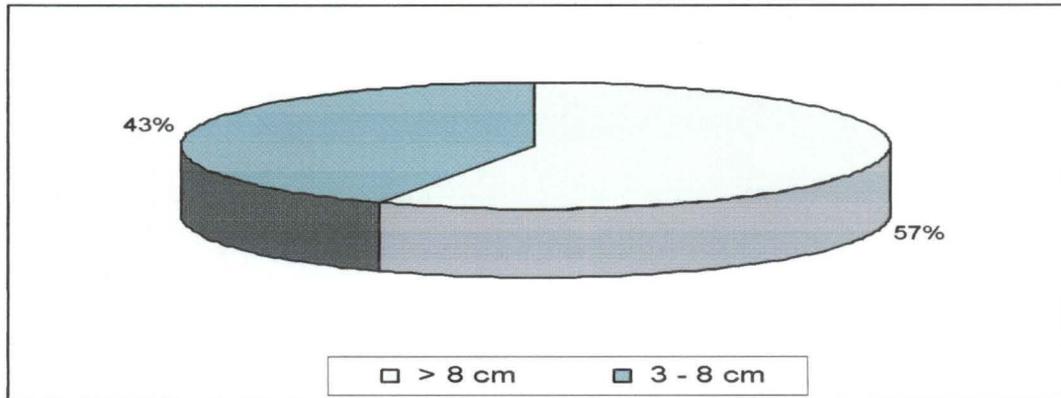
A média da biomassa dos resíduos com diâmetro acima de 8 cm ficou estimado em 19,23 t/ha.

O erro amostral do das amostras em estudo foi de  $\pm 21,03\%$ . Verificando o número necessário de unidades amostrais necessárias a cada nível de precisão requerida, observa-se que não foram instaladas parcelas suficientes. Entretanto, o limite de erro aceitável ficou superior a 20%. A variabilidade dos dados deve-se aos diferentes tipos de relevo e tratamentos silviculturais, desta forma, os cálculos indicam que seriam necessárias 20 parcelas para o limite de 20%.

O gráfico 1 ilustra a participação relativa das duas classes de resíduos florestais estudadas no presente trabalho. Observa-se, num primeiro momento, a

importância relativa das duas classes. A de maior diâmetro é mais expressiva e dentro de dimensões bem recomendadas para fins de uso energético.

Gráfico 1 – PERCENTAGEM MÉDIA DO PESO ÚMIDO POR CLASSE BIOMASSA DA EXPLORAÇÃO FLRESTAL.



Fonte: PROCESSAMENTO DOS DADOS (2005)

#### 4.3 ESTIMATIVA DOS PESOS TOTAIS

Como objetivo é de aproveitar os resíduos com diâmetros acima de 3 cm calculou-se a média geral da biomassa deixada no campo.

Estes resultados estão apresentados na Tabela 6 e Tabela 7.

Tabela 6 - RESULTADO DE BIOMASSA MAIOR QUE 3 CM DE DIÂMETRO POR UNIDADES AMOSTRAIS E EXPRESSOS EM Kg/Ha

AMOSTRA	DADOS			Extrapolção
	FL	TALHÃO	TOTAL	(kg)/ha
1	FL048	016A	589	29.450
2	FL048	016B	663	33.150
3	FL048	017	732	36.600
4	FL048	017	473	23.650
5	FL048	017	817	40.850
6	FL100	054	532	26.600
7	FL100	054	480	24.000
8	FL108	020	599	29.950
9	FL108	025	642	32.100
10	FL108	023	740	37.000

11	FL108	009	519	25.950
12	FL108	009	758	37.900
13	FL108	014	550	27.500
14	FL109	001B	927	46.350
15	FL234	007	899	44.925
16	FL268	002B	817	40.835
17	FL268	003A	592	29.605
18	FL268	001B	753	37.665

Fonte: LEVANTAMENTO DE CAMPO (2005)

Nota: Os valores apresentados foram extrapolados para ha em função dos tamanhos das parcelas.

Tabela 7 – RESULTADOS MÉDIOS E ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DO PESO DA BIOMASSA TOTAL > 3 CM DE DIÂMETRO

ESTATÍSTICA	
Média (t/ha)	33.560,00
Desvio padrão (kg/ha)	7.013,11
Variância	49.183.752,94
Nº de unidades amostrais	18
Sx	1653,0
Coeficiente de variação (%)	20,90
Erro padrão (%)	10,39
Erro admissível (%)	20
Nº de unidades amostrais (n) necessárias	5

Fonte: PROCESSAMENTO DOS DADOS (2005)

Nota: Valor da distribuição  $t$  para 95% = 2,1098

Obteve-se uma média estimada total dos resíduos acima de 3 cm de diâmetros a serem aproveitados de 33,56 t/ha, a qual será utilizada nos cálculos da análise econômica.

Em relação às áreas amostradas o erro de amostragem foi de  $\pm 10,39\%$ , portanto, o erro de amostragem foi bem inferior ao nível de precisão testado quando junta-se todos os dados. Verifica-se que a percentagem de variabilidade dos dados,

representada pelo coeficiente de variação, é inferior quando se compara a variabilidade apresentada nas amostras individuais de biomassa úmida de 3 a 8 cm e > 8 cm de diâmetro. Este fato explica a suficiência amostral ficou abaixo quando relacionada aos resultados considerando o compartimento todo.

As estatísticas relacionadas às amostras são suficientes apenas para 20% de limite de erro, sendo, portanto, indicado o resultado que considera a área total do compartimento em qualquer nível de precisão a 95% de confiabilidade.

#### 4.4 ANÁLISE ECONÔMICA

Quantificados os resíduos, parte-se para a análise dos nutrientes contidos na biomassa dos resíduos. Essas quantidades foram embasadas na literatura e quantificadas somente a parte lenhosa da árvore visto que os galhos finos < 3 cm e folhas (acículas) ficam no campo, conforme resultados apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 – RESULTADOS DE BIOMASSA DO RESÍDUO E CONTEÚO DE NUTRIENTES

Biomassa do resíduo  ( Kg/ha )	Nutrientes		
	N	P	K
33.560	45,1	3,3	18

A quantidade de nutrientes fornecida pelos resíduos e equivalência em adubo e respectivo custo, o custo total da fertilização e sua equivalência em óleo diesel relacionados na Tabela 9.

Tabela 9 – QUANTIDADE CALCULADA DE ADUBO EXISTENTE NA BIOMASSA DO RESÍDUO POR NUTRIENTE E SEU RESPECTIVO CUSTO, CUSTO TOTAL POR HA E EQUIVALÊNCIA EM ÓLEO COMBUSTÍVEL DO CUSTO TOTAL.

Quantidade de adubo (Kg/ha)			Custo do adubo (R\$/ha)			CT / ha ( R\$/há)	Equivalência de adubação em óleo combustível	
S A	S S	C P	S A	S S	C P		( Vf)	t/há
212,74	16,50	34,33	123,39	9,9	29,52	162,81		217,08

onde:

S A = Sulfato de Amônia ( fator de correção: 4,717 )

S S = Superfosfato Simples ( fator de correção: 5,00 )

C P = Cloreto de Potássio ( fator de correção: 1,907 )

Fonte: MANUAL DE ADUBAÇÃO – ANDA (1971)

Preço do Sulfato de Amônia R\$ 0,58 Kg

Preço do Superfosfato Simples R\$ 0,60 kg

Preço do Cloreto de Potássio R\$ 0,80 kg

Fonte: BÜNGE, OUT 2007.

Os valores calculados para o equivalente em óleo diesel da biomassa do resíduo, do valor do combustível, a diferença entre o valor da biomassa e o custo da fertilização, bem como a relação litros de óleo para energia por litro de óleo equivalente na fertilização, são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - BIOMASSA DO RESÍDUO, SUA EQUIVALÊNCIA CALCULADA EM ÓLEO COMBUSTÍVEL/HA E RESPECTIVAMENTE O VALOR DO COMBUSTÍVEL.

Biomassa do Resíduo ( Kg/ha )	Equivalência da Biomassa em Óleo Combustível ( Ve )	l/há	Valor da Energia de Biomassa R\$	Valor do Óleo Combustível menos o valor do Adubo R\$	Relação Ve/Vf
33.560	7.284,29		5.463,21	5.300,41	33,56

Base de Cálculo: (kg/há X 2000)Kcal/kg / 9500 kcal/kg = kg/óleo combustível X 1,031 = litros de óleo combustível.

Pressupondo que a empresa não considere o fator tempo para a disponibilidade de nutrientes no solo, sua opção mais econômica seria utilizar todo o resíduo florestal sob a forma de energia. Assim, o resíduo de pinus proporciona R\$ 162,81/ha de valor como fertilizante; o mesmo resíduo lhe renderia R\$ 5.436,21/ha como energia. Se a empresa computasse a perda da não-fertilização como custo de oportunidade em utilizar o resíduo para energia, seu ganho líquido seria a diferença entre esses dois valores, ou seja, R\$ 5.273,40/ha. Entretanto, tanto os preços como os equivalentes de óleo calculados mostram que a lucratividade da utilização do resíduo sob a forma de energia é sempre maior do que sob a de fertilização. Considerando-se o preço do óleo como constante, vale dizer que seria necessário que o preço do fertilizante subisse 33,56 vezes para que a empresa fique indiferente entre as duas formas de utilização do resíduo (relação  $V_e/V_f$ ).

Os resultados mostram que a utilização do resíduo sob forma de energia é compensadora o suficiente não só para repor quimicamente os nutrientes contidos no próprio resíduo quanto para os contidos na árvore total abatida, proporcionando, ainda, um lucro residual bastante elevado, caso qualquer uma dessas opções de fertilização seja realizada.

Com respeito à relação  $V_f = V_e (1 + r)^t$ , o fluxo de caixa é tão desfavorável à utilização do resíduo sob a forma de adubo ( $V_f$  é menor que  $V_e$  no período zero) que, a nenhum valor positivo de  $t$ , obter-se-ia a igualdade acima. Isso implica que, devido aos preços relativamente baixos dos fertilizantes, não há possibilidade, no tempo, de a utilização do resíduo para reciclar nutrientes ser mais econômica que sua utilização para energia. Assim, dentro do contexto deste estudo, para a manutenção da produtividade dos sítios florestais, a adubação química de reposição poderia ser uma forma mais econômica de fertilização do que a reposição de nutrientes via resíduos.

Uma pressuposição simplificadora e limitante do presente trabalho é não considerar os benefícios da matéria orgânica na retenção e liberação de nutrientes existentes ou aplicados e, principalmente, na criação de condições propícias para o desenvolvimento de microorganismos benéficos ao crescimento das espécies estudadas. Cabe salientar, ainda, que a presente pesquisa não contempla os custos impostos aos ecossistemas, os custos de transporte, de transformação da madeira

em energia e outros. Um modelo de análise econômica mais ampla envolvendo essas variáveis contribuiria para melhorar o conhecimento da área.

#### 4.5 CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO

Considerando que uma tonelada de óleo combustível BPF para as caldeiras custa em torno de R\$750,00 com poder calorífico de ~9.500 kcal/kg e eficiência de 93 % de queima nas caldeiras, a biomassa que tem poder calorífico de ~2,000 kcal/kg a um teor de umidade de 27% e eficiência de 87% de queima, conclui-se que uma tonelada de óleo BPF equivale de 4,5 a 5 t de biomassa.

A empresa hoje, corta em torno de 3.500 ha por mês de reflorestamentos de pinus o que geraria em torno de 120.000 ton de resíduos.

O baixo valor da equivalência da biomassa em nutrientes em relação ao de sua transformação em energia e a relação desfavorável dos preços dos fertilizantes ao preço do óleo combustível são os principais fatores que afetam essa economicidade.

Certamente que neste contexto atual de preços, mesmo que se faça a fertilização química para a reposição de nutrientes retirados na biomassa, desde que se utilize o resíduo para energia, ainda seria economicamente compensador.

## 5 CONCLUSÕES

Considerando apenas a biomassa lenhosa, das classes > 3 cm de diâmetro, foi estimado um peso úmido de 33,56 t/ha, com variação de  $\pm 7,1$  ton/ha.

Considerando-se o preço do óleo como constante, seria necessário que o preço do fertilizante subisse 33,56 vezes para que a empresa fique indiferente entre as duas formas de utilização do resíduo, ou seja, o valor para fertilização equivale a 3% do valor do resíduo quando usado para produção de energia.

Devemos ressaltar que neste estudo ao utilizar os resíduos florestais como energia é mais econômica do que como reposição de nutrientes no solo. Entretanto, esse resultado não leva em consideração os efeitos benéficos da matéria orgânica no solo. Apesar de que este trabalho apresenta limitações por não considerar os custos impostos aos ecossistemas, quando se utiliza os resíduos florestais como energia. Da mesma forma, ele não contempla os custos adicionais de exploração, transporte e de conversão de biomassa em energia.

O presente trabalho disponibilizou entender melhor as diversidades e as contribuições que a economia pode gerar quando se estuda as diferentes possibilidades do uso de materiais ou produtos num âmbito geral.

A pesquisa bibliográfica sobre este assunto ainda é escassa, pois se trata de formas e idéias recentes quanto ao uso desse material sob a forma de energia, procurando minimizar os custos e conseqüentemente diminuir a emissão de poluentes combustíveis, visto que na queima desse material há somente liberação de CO<sub>2</sub>. Certamente que este estudo será útil neste contexto, aperfeiçoado-se com as mudanças de tecnologia na área florestal que vem avançando dia após dia.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Manual de adubação**  
São Paulo, 1971. 265p.

BERNI, D. J. Análise da situação pós-colheita relacionado com o solo e exportação de biomassa em povoamentos de *Pinus taeda*. In: 12º EVINCI. **Anais...** Curitiba, 2005, pg. 24.

BRAMUCCI, M. Determinação de fatores de influência sobre a produtividade dos "Harvesters" na colheita de madeira. **Dissertação de Mestrado**. ESALQ/SP. Piracicaba, 2001. 65 p.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G.; COUTO, H.T.Z. do; FAZZIO, E.C.M.; CORRADINI, L.; CARRARA, M.A. & MIGLIORINI, A.J. **Avaliação das características dos resíduos de exploração florestal do eucalipto para fins energéticos**. Piracicaba, IPEF, 1979. 8p. (IPEF. Circular Técnica, 62).

GONÇALVES, J.L.M.; STAPE, J.L. **Conservação e cultivo de solos para plantações florestais**. Instituto de Pesquisas Florestais – IPEF. Piracicaba, 2002. 498 p.

MALINOVSKI, J.R.; MALINOVSKI, R.A. **Evolução dos sistemas de colheita de pinus na região sul do Brasil**. Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná - FUPEF. Curitiba, 1998. 138 p.

MARCENE, E. A.; MALINOVSKI, J.R. Qualificação, quantificação e localização da biomassa residual gerada por sistemas semimecanizados de colheita de madeira. In: 13º EVINCI. **Anais...** Curitiba, 2005, pg. 40.

MENDES, L.M.; RABELO, G.F.; TRUGILHO, P.F.; MORI, F.A. Energia a partir de resíduos florestais, Lavras, 2004. In: **Revista da Madeira**, Ano14, nº 85. Curitiba, 2004. p. 80 – 88.

NETTO, S.P.;BRENA, D.A. **Inventário Florestal**. Vol. 1. Edição dos autores. Curitiba, 1997.241 p.

POGGIANI, F. **Ciclagem de nutrientes em ecossistemas de plantações florestais** de Eucalyptus e Pinus - implicações silviculturais. Piracicaba, ESALQ, 1985. 211p. (Tese Livre Docência).

POGGIANI, F.; ZEN, S.; MENDES, F.S.; MENDES, F.S. & SPINA-FRANÇA, F. Ciclagem e exportação de nutrientes em florestas para fins energéticos. **IPEF**, Piracicaba.

SCOLFORO, J.R.S.; MELLO, J.M., Inventário Florestal. In: SCOLFORO, J.R.S. (Ed.) Inventário Florestal: - Textos Acadêmicos. Lavras,1997. p.23 – 56.

SCOLFORO, J.R.S.; MAESTRI, R. O Manejo de Florestas Plantadas. In: SCOLFORO, J.R.S. (Ed.) Manejo Florestal: - Textos Acadêmicos. Lavras,1998. p.315 – 380.

SILVA, D. A. Alternativa de utilização de resíduos florestal- industrial para geração de energia. In: VII Semana de Estudos Florestais – **Anais...** Irati, 2005 – p. 199 – 223.