



### III-331 - METODOLOGIA APLICADA AO DESTINO INDUSTRIAL DE RESÍDUOS DE PODA DE LOGRADOUROS PÚBLICOS PARA FINS ENERGÉTICOS (ESTUDO DE CASO)

**Adelino Carlos Maccarini<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Mecânico pela Universidade de Passo Fundo (UPF). Especialista em Planejamento Energético, Ambiental e Fontes Alternativas de Energia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Mestre em Engenharia Civil com ênfase em Hidráulica e Saneamento pela Universidade de São Paulo - Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR – Campus Pato Branco, nos cursos de Manutenção Industrial e Engenharia Eletromecânica.

**João Bosco Ladislau de Andrade**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Amazonas. Graduado em Licenciatura em Ciências pela Universidade Federal do Amazonas. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba. Doutor em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP). Professor da Universidade Federal do Amazonas, Conselheiro da Fundação Universitária Iberoamericana e Instrutor da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

**Ricardo Hernández Hernández**

Engenheiro Agrícola pela Fundação Faculdade de Educação, Ciências e Letras de Cascavel, hoje UNIOESTE, mestre em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP), Doutorando no curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da UNIOESTE, Campus Cascavel. Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Via do Conhecimento, km 01 – Bairro Fraron - Pato Branco-PR – CEP: 85.503-390 – Brasil – Tel: (046) 3220-2580 - e-mail: [maccarini@utfpr.edu.br](mailto:maccarini@utfpr.edu.br).

#### RESUMO

O presente trabalho sugere, para uma cidade de pequeno porte, um entrelaçamento entre a geração de resíduos de poda de árvores nas vias públicas e o seu destino final, vinculado principalmente à energia que os mesmos poderão gerar a partir da combustão em caldeiras industriais. Cria-se desta forma alternativas mais adequadas para o destino deste resíduo, haja vista que depositá-lo em lixões ou aterros sanitários, além da poluição gerada a partir da degradação, comprometem o espaço dos mesmos, diminuindo seu tempo de vida útil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos de poda; Alternativas energéticas; Destino final do lixo; Lixo; Poda de árvores.

#### INTRODUÇÃO

Muito se tem comentado, em nível mundial, sobre a eminente falta de combustíveis fósseis que ocorrerá, conforme cita Martin (1992), em no máximo 50 anos. Desde a década de 1970, logo após o que se chamou de “A Primeira Crise do Petróleo”, nunca se procurou tanto substituir este precioso líquido por alternativas energéticas, principalmente as provindas de fontes renováveis, como por exemplo, a biomassa.

Por outro lado, ainda vinculando à área ambiental, aborda o mesmo autor que a partir do início da década de 1980, além do que foi mencionado anteriormente, foi aumentada de forma exponencial a preocupação quanto ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos domiciliares, industriais, comerciais e outros. Desde o início da década de 1970 já se tem vinculado o lixo com energia, e a diferença que ocorre no consumo de energia pela fabricação entre os processos primário e secundário, isto é, se referindo à energia economizada pela própria reciclagem dos mesmos.

O assunto em questão é de grande importância para resolver uma pequena parcela da problemática causada pelo destino inadequado dos resíduos de cidades de pequeno porte. Por outro lado, observa-se que a poda de árvores no meio urbano gera uma grande quantidade de resíduos, principalmente pelo corte anual realizado pelos órgãos municipais. O estudo sobre formas adequadas para a destinação destes resíduos, direcionado à



área industrial, pode ser uma importante contribuição, tendo em vista a carência de pesquisa sobre esta temática.

O presente trabalho pretende fazer um entrelaçamento entre a geração de resíduos de poda de árvores nas vias públicas e o seu destino final, vinculado principalmente à conversão de energia térmica que os mesmos poderão gerar a partir da combustão. Também deverão ser avaliadas outras formas de destinação deste resíduo, haja vista que depositá-lo em lixões ou aterros sanitários, além da poluição gerada a partir da degradação, comprometem o espaço dos mesmos, diminuindo seu tempo de vida útil.

## OBJETIVO

Caracterizar os resíduos de poda de árvores em uma cidade de pequeno porte com a finalidade de buscar alternativas mais adequadas para seu destino, como por exemplo, na conversão térmica para aproveitamento energético na indústria.

## REVISÃO DE LITERATURA

### A BIOMASSA COMO FONTE DE GERAÇÃO DE ENERGIA PARA A INDÚSTRIA

No Brasil, conforme cita EPE (2006), média de 25,5% da energia necessária para gerar o calor das caldeiras e fornos industriais vem da biomassa (extração vegetal de diversos gêneros, como a lenha e o bagaço de cana). Outra parte vem dos combustíveis fósseis (petróleo, carvão, gás) e uma pequena parcela da energia hidroelétrica, nuclear, entre outras. Em contrapartida, o consumo de lenha, no ano de 2005, de acordo com a mesma fonte, esteve na ordem de 5.633 tep (tonelada equivalente de petróleo), correspondendo a 7,7% da matriz energética nacional na indústria. Dentro destas estimativas de consumo, alguns autores, como Gabrielli (2005), afirmam que poderá faltar madeira no estado do Paraná, por falta de árvores plantadas. Ocorrência esta chamada de “apagão florestal”, em nível de Brasil, tendo em vista uma possível falta de madeira para os próximos 30 anos se nenhuma providência for tomada urgentemente, como por exemplo, o replantio de árvores e a otimização em sua utilização.

### PODER CALORÍFICO DA MADEIRA

A Tabela 1 representa os diversos poderes caloríficos de cavaco de eucalipto, com diferentes quantidades de umidade relativa. Nota-se que quanto menor a quantidade de umidade, maior será o poder calorífico, variando este de 3.930 kcal/kgf a 920 kcal/kgf, com 10 e 70% de umidade, respectivamente.

**Tabela 1: Poder Calorífico do Cavaco de Eucalipto.**

Umidade (%)	Peso específico (kgf/m³)	Poder calorífico (kcal/kgf)	Origem
10	100	3.930	reciclado
20	175	3.425	reciclado
30	265	2.925	floresta
50	445	1.920	serraria
70	620	920	serraria

Fonte: Vale *et al.* (2000).

### PODA DE ÁRVORES

Na cidade de Pato Branco, onde foi realizado o estudo, a poda de árvores é realizada anualmente, geralmente nas estações frias (entre os meses de maio a setembro), aproveitando a dormência das plantas causada pelo frio. A Figura 1 mostra os resíduos de poda junto às respectivas árvores de onde foram cortadas.



**Figura 1: A poda de ligustros na cidade de Pato Branco.**

Nesta cidade, por exemplo, com área urbana de 71,23 km<sup>2</sup>, são gerados, anualmente, em torno de 6.000 toneladas de galhos e folhas verdes (o equivalente a aproximadamente 6.000 m<sup>3</sup>) provindas da poda de mais de 10.000 árvores que estão situadas nas vias públicas. Entre estas árvores estão o ligustro (*ligustrum lucidum*) (70%), a aroeira periquita (*schinus molle*) (20%) e 10% de outras plantas, como a extremosa e algumas espécies de citrus, entre outras.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a coleta de dados foram escolhidas as duas espécies de árvores mais frequentes na cidade, que são os ligustros e aroeira periquita.

## DETALHAMENTO DE CADA PROCEDIMENTO

Primeiramente foram cortadas algumas amostras de galhos de aroeira e de ligustro para estudo. Estes galhos foram pesados, medidos seus comprimentos e os diâmetros médios das bases e pontas. A secagem inicial ocorreu por um processo natural (ao sol). Em seguida, após serem fragmentados, foram secados em forno, para a retirada da umidade residual e realizar nova pesagem. Também fez-se o seguinte:

- Cadastro da quantidade e tipo de árvores nos logradouros da cidade;
- Corte de algumas amostras das partes de galhos que teriam destino como resíduos de poda;
- Levantamento de quantidade de massa verde (dos galhos, folhas e casca);
- Separação da planta por partes (folhas, casca, galhos finos, médios e grossos);
- Verificação do peso e volume verdes;
- Verificação de perdas de umidade decorrentes da exposição ao sol;
- Verificação do peso e volume após secagem ao forno (a 180°C durante três horas);
- Tabulação dos dados.

## DADOS DA AROEIRA

Os resultados da aroeira estão indicados na Tabela 2.

**Tabela 2: Dados dos Galhos de Aroeira Periquita.**

Aroeira periquita Poder calorífico médio: 3.500 (kcal/kgf)	Média
Diâmetros médios dos galhos (em milímetros)	30
Comprimentos médios dos galhos (em metros)	2,3
Peso médio das amostras com folhas ainda verdes (em gramas)	1.900
Pesos médios das amostras com folhas pré-secas	1.400
Peso médio dos galhos secos ao sol após 28 dias (em gramas)	795
Peso médio dos galhos secos no forno	676
Peso das folhas secas ao sol (em gramas)	160
Peso das folhas secas no forno	152
Volume médio das folhas secas (em mililitros)	620

Fonte: dados obtidos pelo autor em janeiro e fevereiro de 2007.

## DADOS DO LIGUSTRO

Os dados coletados dessa planta são os que estão expressos na Figura 2, a seguir.

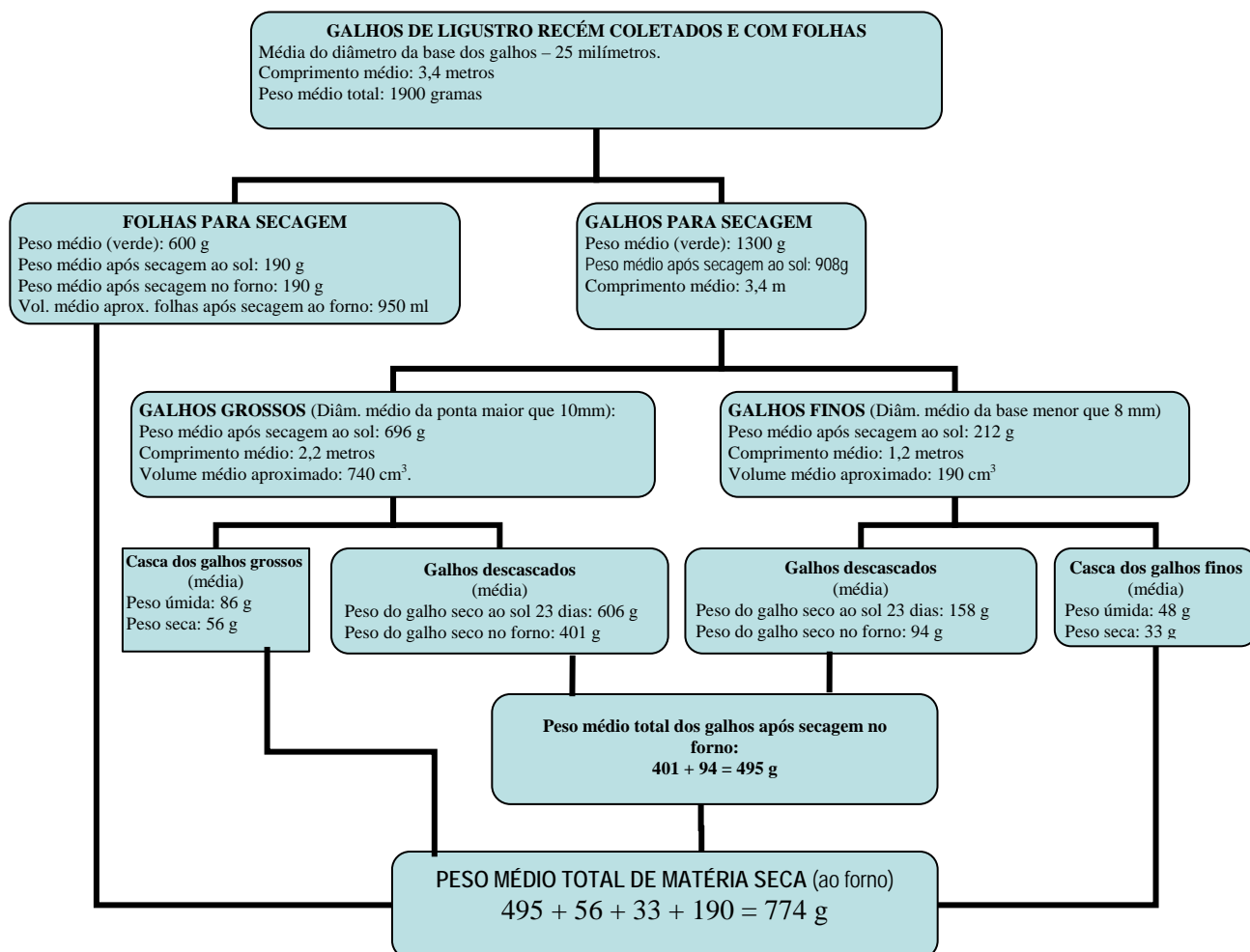


Figura 2: Mapa de operações envolvidas na coleta de dados, para os galhos de ligustro.

## RESULTADOS

O trabalho desenvolvido com as plantas apresentou os resultados adiante.



### **SOBRE A AROEIRA:**

- a) Perda média de umidade dos ramos, após a secagem total no forno: 58%;
- b) Perda de umidade após 28 dias de exposição ao sol: 52% (maior que no caso do ligustro em 23 dias);
- c) A quantidade de umidade evaporada das folhas expostas ao sol após os 23 dias, foi quase que total.

### **SOBRE O LIGUSTRO:**

- a) Perda média de umidade dos ramos, após a secagem total no forno: 59%;
- b) Perda média de umidade das folhas, após a secagem total no forno: 68%.
- c) Ocorreu perda de umidade média de 30% dos galhos de ligustro deixados ao sol durante os 23 dias. Esta umidade representa mais da metade da umidade total da planta (59%);
- d) A quantidade de umidade evaporada das folhas durante os 23 dias de exposição ao sol foi quase que total.

### **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Perante a quantidade aproximada de 6.000 toneladas de resíduos de poda que são recolhidos anualmente pelo órgão municipal patobranquense, estima-se que, depois de secos, ficarão reduzidos a 2.400 toneladas (utilizando-se umidade média de 60%, de acordo com os dados coletados no estudo). A média mensal para os cinco meses de poda é de aproximadamente 500 toneladas, o que equivale, considerando um poder calorífico médio de 3.500 kcal/kgf, interpolado de valores citados por Vale (2000), a 1.700 Gcal/mês (cinco meses) (em torno de 8.500 Gcal/ano) de disponibilidade de energia térmica, (equivalente a 790 tep/ano, se todo este resíduo fosse gerenciado). Esta energia poderia ser utilizada na queima em caldeiras industriais como, por exemplo, em uma indústria de alimentos da cidade, que produz 5.000 ton/mês de ração para consumo animal. Nela se queima, em média, um metro cúbico de madeira para cada 28 a 29 toneladas de ração animal produzida (consumo mensal de aproximadamente 175 m<sup>3</sup>/mês ou 2.100m<sup>3</sup>/ano).

Mas segundo esta indústria, existe um problema, pois neste caso os resíduos de poda só estariam disponíveis em cinco meses do ano. Por outro lado, se os resíduos fossem armazenados para serem utilizados nos períodos de entressafra, estes seriam suficientes para mais de um ano, (ou seja, sobrariam 300 toneladas de resíduos). Outra vantagem para a indústria é que a Prefeitura já forneceria os resíduos na forma de cavacos, isto quer dizer que já vem pronto, ou seja, é apropriado para a caldeira em questão, que é do tipo aquatubular de leito fluidizado.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. EPE - EMPRESA DE PESQUISAS ENERGÉTICAS - Ministério de Minas e Energia (BRASIL). Balanço Energético Nacional 2006 (ano base 2005). Disponível em [www.mme.gov.br](http://www.mme.gov.br), acessado em jan. 2007.
2. GABRIELLI, L. Madeira escassa. Revista CREA-PR, Curitiba, ano 8, n.37, p. 19-22, dez. 2005.
3. MARTIN, J-M. L'économie mondiale de l'énergie. Tradução de Elcio Fernandes. São Paulo. Editora da Universidade Estadual Paulista – UNESP. 1992.
4. VALE, A. T. do, et al.. Produção de energia do fuste de eucalyptus grandis hill ex-maiden e acacia mangium willd em diferentes níveis de adubação. Botucatu: CERNE, V. 6, n. 1, 2000. Disponível em [www.dcf.ufla.br/cerne](http://www.dcf.ufla.br/cerne), acessado em jan. 2007.