

F02
3391

uso integral da floresta para fins energéticos

Departamento de Difusão de Tecnologia
Brasília DF
1986

REPUBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

Presidente: José Sarney

Ministro da Agricultura: Iris Rezende Machado

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Presidente: Ormuz Freitas Rivaldo

Diretores: Ali Aldersi Saab

Derli Chaves Machado da Silva

Francisco Ferrer Bezerra

ISSN 0101-8957



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura
Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Porto Velho -
UEPAE de Porto Velho
Porto Velho, RO

USO INTEGRAL DA FLORESTA PARA FINS ENERGÉTICOS

Alberto Willian Viana de Castro

Departamento de Difusão de Tecnologia
Brasília, DF
1987

Copyright © EMBRAPA - 1987

UEPAE de Porto Velho. Documentos, 17

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

EMBRAPA/UEPAE Porto Velho
BR - 364, km 5,5
Telefone: (069) 222.3857
Telex: (069) 2258
Caixa Postal 406
78900 Porto Velho, RO

Tiragem: 2.000 exemplares

Editor: Comitê de publicações da UEPAE de Porto Velho

Castro, A.W.V. de

Uso integral da floresta para fins energéticos; por Alberto William Viana de Castro. Porto Velho, EMBRAPA-UEPAE Porto Velho, 1986.

20p.(EMBRAPA - UEPAE Porto Velho, Documentos, 17).

1. Floresta — Energia — Uso — Amazônia. 2. Árvore — Uso Integral — Fertilidade — Efeitos. 3. Floresta — Resíduos. 4. Floresta — Energia — Aproveitamento.

I. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Porto Velho, Porto Velho — RO. II. Título. III. Série.

CDD 634.9

SUMÁRIO

	Página
Resumo	5
Introdução	5
A composição florística nacional	6
1. A floresta Amazônica como fonte de energia	7
Uso integral da árvore para produção de energia	8
1. Componentes da árvore	8
2. Resíduos florestais	8
3. Aproveitamento dos resíduos florestais para fins energéticos	9
4. Coleta de resíduos	9
5. Densificação de resíduos para fins energéticos	10
6. Poder calorífico de resíduos florestais	11
7. Equipamentos para queima de resíduos	12
O uso integral da árvore e seus efeitos na fertilidade do solo ..	12
1. Composição da fitomassa florestal	12
Empresas que vêm utilizando a árvore integral	16
1. Aracruz Florestal S/A.	16
2. Companhia Suzano de Papel e Celulose - CSPC	17
3. Champion Papel e Celulose S/A. - CPC	17
4. Companhia Agro-Florestal Monte Alegre - CAFMA	18
Conclusão	19
Referências	19

RESUMO

Através dos tempos, a floresta tem fornecido, à humanidade, madeira para os mais diversos fins. Dentre estas finalidades, a mais antiga e que proporcionou ao homem possibilidade de colonizar territórios distantes foi a extração de madeira para lenha, para aquecimento e para cozinhar alimentos.

Com a crise de combustíveis derivados de petróleo que atinge vários países, aqueles que dispõem de áreas agricultáveis têm voltado seus esforços para utilização de recursos florestais para produção de energia.

O desenvolvimento de técnicas para utilização integral da árvore com aproveitamento da copa, ramos, casca, touças e raízes, para produção de energia, é motivo de preocupação para muitos cientistas.

Diversos autores, face à elevada exportação de nutrientes, questionam a conveniência de serem utilizados resíduos florestais e rotação demasiado curtas para produção de biomassa, cuja reposição, via adubação, representaria custo elevado.

Na Amazônia, onde a escassez de energia tem impedido o desenvolvimento industrial, a utilização de resíduos da exploração madeireira para produção de energia deve ser vista com atenção pelas indústrias que utilizam a madeira como matéria-prima. Estes resíduos, de modo geral, têm sido bastante desperdiçados, principalmente em áreas de expansão agrícola.

INTRODUÇÃO

A crise mundial de energia é problema dos mais complexos e atinge as nações em diferentes proporções de grandeza. Nos países ricos, por serem mais desenvolvidos e, conseqüentemente, com maior consumo relativo de energia, é onde o problema se torna mais grave. Em muitos destes países, a elevação contínua no preço dos derivados de petróleo e do carvão tem provocado grande desequilíbrio na sua economia.

As previsões do consumo de energia no mundo, acompanhando o crescimento populacional não controlado, têm despertado o interesse do governo de diversos países em elaborar planos alternativos de energia, para suprir as necessidades de consumo atual e demanda futura.

Na área científica, os estudos de melhoramento e métodos de manejo vêm selecionando espécie e definindo técnicas para a formação de florestas para a produção de lenha, carvão vegetal e aproveitamento de subprodutos.

No estado de Rondônia, região de expansão agrícola e deficiente em energia elétrica para o desenvolvimento industrial, os conhecimentos técnicos para o aproveitamento da madeira queimada na abertura de novas áreas, e a utilização dos resíduos das indústrias madeireira, podem contribuir, significativamente, para uma utilização racional da biomassa no Estado. Estes conhecimentos também são de grande utilidade — nos locais onde serão construídas hidroelétricas —, para o uso da biomassa que, certamente, ficará submersa pelo lago formado pela represa. Nestes locais, a biomassa pode ser utilizada na geração de energia para o canteiro de obras, com economia significativa de derivados de petróleo para as empresas construtoras. O objetivo deste trabalho é alertar, aos técnicos e às pessoas ligadas ao setor florestal, sobre o potencial madeireiro existente na região, para aproveitamento energético, e que está sendo desperdiçado.

A COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA NACIONAL

No Brasil, a floresta já representou a principal fonte de energia com o consumo direto da lenha; entretanto, a grande oferta de petróleo, associada ao extraordinário desenvolvimento da petroquímica, desestimulou estudos para o aproveitamento dos recursos renováveis advindos, principalmente, das florestas naturais e plantações, pois seus preços não podiam competir com o baixo custo dos derivados do petróleo na ocasião. Com a crise do petróleo, tais estudos voltaram a ser revistos com maior interesse; contudo, grandes áreas de floresta já haviam sido devastadas.

A ocupação de áreas para a agricultura foi feita sem a devida preocupação com a capacidade de uso da terra, visando dar suporte aos diversos ciclos econômicos de uso alternativo da terra, através da pecuária extensiva, do café, da cana-de-açúcar e outros. O uso indiscriminado da floresta foi, pois, conseqüência de vários fatores inerentes ao próprio desenvolvimento da economia nacional. Devido a estes motivos, pode-se considerar que a exploração florestal, limitada ao aproveitamento de algumas espécies nobres e ao uso local para produção de energia, muito pouco contribuiu para esta situação.

Hoje, a grande preocupação está voltada, principalmente, para a floresta amazônica e a cobertura natural de cerrado, com relação ao comportamento puramente extrativista assumido pelas frentes de colonização nestas regiões.

1. A floresta Amazônica como fonte de energia

A Amazônia legal possui uma área que cobre, aproximadamente, 50% do território nacional. Ecológica e economicamente, a floresta se distingue em dois tipos principais: mata de várzea é mata de terra firme. A mata de várzea, mais homogênea, abrangendo maior concentração de espécies fluviáveis, de peso específico inferior a 0,70, é estimada em 6,5 milhões de ha. A mata de terra firme, com aproximadamente 234 milhões de ha, é a parte mais substancial da região; possui composição altamente heterogênea, com dominância de madeira dura e pesada. Das 160 espécies de maior ocorrência na mata de terra firme do baixo Amazonas, 73,2% apresentam peso específico superior a 0,70. A exploração destas espécies necessita pesquisas sobre a técnica e equipamentos de transporte fluvial das madeiras não fluviáveis, sendo isto sério obstáculo para exploração intensiva de madeiras pesadas.

Segundo THIBAU (1977), o potencial madeireiro é estimado em 45 bilhões de m³ de madeira em pé, com, aproximadamente, 173 m³/ha. Destes, cerca de 70 m³ representam madeiras potencialmente comerciáveis. O total estimado, para toda a área, é de 18 bilhões de m³. Este autor afirma, ainda, que, estimando-se a exploração como rotação de 50 anos, a produção para fins industriais poderia atingir 360 milhões de m³ cortados por ano e 180 milhões de m³ de produtos industriais semi-acabados. Considerando 50% de perda, restariam, no campo, sem aproveitamento, cerca de 25 bilhões de m³ de material lenhoso, passíveis de serem transformados em 10 bilhões de m³ de carvão vegetal.

Considerando-se uma rotação de 50 anos, é possível produzir, anualmente, 200 milhões de m³ de carvão, que dariam para produzir 50 milhões de t de gusa. Tal potencial representa seis vezes a necessidade de carvão vegetal para a siderurgia brasileira em 1985, e treze vezes a consumida em 1975.

O principal estudo sobre o aproveitamento da energia da madeira para região amazônica foi elaborado em 1971, pelo "Centro Technique Forestier Tropical", da França, por Edmund Uhart, em convênio firmado com a SUDAM - Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia. O autor chegou à conclusão que poderiam ser aproveitados

os resíduos da utilização industrial para produzir carvão e gases não-condensáveis, utilizáveis em siderurgia e na geração de eletricidade. Os poderes caloríficos médios das madeiras, dos carvões e dos gases não condensáveis foram determinados por UHART (1971), como sendo: Madeira, 4,730 kcal/kg; carvão vegetal, 7.900 kcal/kg; e gases não-condensáveis, 1.740 kcal/m³.

USO INTEGRAL DA ÁRVORE PARA PRODUÇÃO DE ENERGIA

Representa o aproveitamento total da árvore para produção de energia, com a utilização de todos os seus componentes.

1. Componentes da Árvore

Clark (1979), citado por Couto (1980), para facilitar a definição do que se considera resíduo florestal, dividiu a árvore nos seguintes componentes:

- Árvore completa: - todas as partes componentes, incluindo raízes, touça, fuste total, ramos, folhas ou acículas, e frutos.
- Touça e raízes: - Touça e todas as raízes (a altura da touça depende de práticas locais de exploração).
- Parte área: - todos os componentes da árvore, exceto touça e raízes.
- Fuste total: - touça da árvore com casca, da touça ao topo, exceto folhas ou acículas, ramos e frutos.
- Fuste: - Tronco da árvore da touça até o limite de aproveitamento que depende da utilização local, podendo ser com ou sem casca.
- Ponteiro: - parte do fuste total que não é aproveitado em exploração normal.
- Copa: - todos os ramos, folhas ou acículas, ponteiros e frutos.
- Ramos: - todos os ramos e galhos, incluindo folhas ou acículas.
- Folhagem: - todas as folhas ou acículas, flores e frutos.

2. Resíduos Florestais

Salmeron (1980) define resíduos florestais como sendo todos os

materiais resultantes da exploração comercial da madeira e que permanecem sem utilização industrial definida. Normalmente, são considerados resíduos da exploração florestal os seguintes materiais: casca, galhos, copa, árvore doentes mortas, touças e raízes.

3. Aproveitamento de Resíduos Florestais para Fins Energéticos

Até recentemente, a maioria das atividades de exploração florestal visava apenas o produto principal: madeira para celulose, chapas, lâminas e compensados, serrarias, etc; deixando os resíduos com possibilidade de conversão para energia, dispersos no local.

Segundo Couto (1980), a utilização de resíduos florestais para produção de energia deverá vir acompanhada da quantificação precisa dos diversos componentes envolvidos, possibilitando planejar o abastecimento e disponibilidade de matéria-prima. O conteúdo do mesmo dependerá das práticas e da utilização florestal. Quando o interesse maior é apenas o fuste, sem casca, o resíduo pode ser casca, copa, touça e raízes, sendo que a utilização da touça e raízes ainda é uma incógnita, pois sendo de exploração difícil, acarreta danos físicos ao solo, e em espécies cuja característica é a rebrota, sua exploração deve ser olhada com cuidado para evitar custos de replantio quando realizada a exploração.

O autor recomenda, também, o inventário de resíduos florestais quando for considerada sua utilização pela indústria, para cálculo da viabilidade econômica. Neste inventário, em vez do volume, utiliza-se o peso como unidade de medida quantitativa, uma vez que, devido à instabilidade dimensional, torna-se difícil seu dimensionamento em volume.

4. Coleta dos Resíduos

As características de pequeno peso, grande volume e grande dispersão na área florestal, segundo SALMERON (1980), viabilizaram a exploração mecanizada de resíduos florestais, de forma econômica. Sua coleta pode-se dividir em duas fases: uma fase de campo, incluindo corte da árvore, separação do resíduo, picagem, carregamento e transporte, e uma fase industrial, incluindo descarregamento, secagem do material, armazenamento e abastecimento da caldeira.

Erickson (1973), citado por Salmeron (1980), considera que o aproveitamento do resíduo é econômico quando seu processamento (picagem) é realizado no campo, principalmente quando se tem pátios

de trabalho, onde todas as atividades de exploração estão concentradas.

Em florestas plantadas de *Pinus* e *Eucaliptus*, existem dois sistemas utilizados para o aproveitamento integral da árvore.

Sistema 1: Coleta de resíduos diretamente no campo

Utiliza picadores móveis que transformam os resíduos em cavacos e os transporta até o limite do talhão. Este sistema necessita de topografia plana, para a entrada do equipamento no canteiro de corte. Exige alta participação de mão-de-obra, pois a alimentação do equipamento é, geralmente, manual. A vantagem do sistema é favorecer a perda de umidade do material no próprio canteiro de corte, sendo transportado para caldeiras com umidade próxima àquela de utilização.

Sistema 2: Arraste da árvore inteira para pátios de processamento

Excetuando-se o sistema em que a árvore é picada integralmente, é o processo de coleta que permite maior grau de mecanização. O equipamento básico do sistema é o arrastador de pinças ("grapple - skidder"), cujo raio econômico de atuação delimita a área de exploração para cada pátio de processamento. Este sistema permite trabalhar em terrenos mais acidentados, pela própria característica do arrastador, além de concentrar todo o trabalho num determinado local.

Em florestas de *Pinus*, exploradas sob regime de desbastes, a coleta de resíduos apresenta maiores dificuldades pelo pequeno espaço para movimentação de equipamentos. É praticamente impossível entrar com o picador diretamente para alcançar o resíduo das árvores cortadas. Aliado a isto, o resíduo fica disperso permitindo somente o amontoamento manual. A produção também baixa com um menor volume de resíduos por unidade de área.

5. Densificação de Resíduos para Fins Energéticos

Segundo Migliorini (1980), os resíduos florestais devem ser densificados para o uso, com objetivo de facilitar o transporte, uniformização do material, favorecer a estocagem pelo aumento da densidade e poder calorífico, além da redução poluidora. Existem prensas especiais que permitem reduzir o volume de serragem e pó de serra para, aproximadamente, 10% de seu volume inicial. Podendo a serragem briquetada ser transportada facilmente para as fornalhas, a maiores distâncias.

6. Poder Calorífico de Resíduos Florestais

Varia de acordo com espécie, estrutura química e conteúdo de umidade.

Os resíduos de madeira, em geral, têm de 2.400 a 4.000 kcal/kg; são muito usados na América Latina como combustível das caldeiras a vapor, para o acionamento de turbinas e de máquinas para produção de eletricidade.

Uma indústria, para acompanhar as tendências tecnológicas para aproveitamento de resíduos de madeira, depara-se com cálculos complicados altamente especializados. Cada medida a ser tomada na base destes estudos deve ser parte de um projeto geral e integrar o aproveitamento de todos os resíduos, todas as aparas e serragem, tanto para produção de calor (vapor), quanto para produção de energia a ser gerada pela própria indústria, para o acionamento de suas máquinas e instalações.

A qualidade dos resíduos, para produção de energia, é influenciada pelo peso específico, estrutura química e umidade neles contidos. A umidade, além de alterar a densidade, a qual é utilizada como base para o cálculo do valor energético, altera, também, o valor térmico, uma vez que a produção da energia por combustão de madeira começa só depois da total vaporização da água. Tais fatores devem ser levados em consideração para qualquer planejamento e avaliação do valor térmico dos resíduos a serem utilizados para produção de calor e/ou energia.

Todos os resíduos (pedaços de madeira, compensado ou aglomerado, e outras aparas e lenha) devem ser previamente triturados; caso contrário, a combustão dos resíduos não será completa e sua eficiência será reduzida.

A utilização da casca como combustível também deve ser considerada, principalmente em termos industriais. Seu valor como combustível está associado a vários fatores; contudo, o custo de combustíveis alternativos pode ser considerado como o principal. Para a sua utilização, devem ser levados em consideração o poder calorífico das espécies, conteúdo de umidade da casca e investimento necessário para a construção de fornos designados para queima da casca (que de modo geral é maior que para óleos combustíveis e gás).

Segundo Brito e Barrichelo (1979), o poder calorífico da casca é relativamente baixo, seu valor efetivo é cerca de 4.300 kcal/kg de material seco, dependendo da espécie. Este valor é metade do corres-

pondente ao gás natural. A casca de algumas espécies de *Pinus*, em razão de altos teores de lignina e terpenos, contidos na sua composição química, possuem poder calorífico maior que sua madeira.

7. Equipamentos para Queima de Resíduos

São encontrados a diversos tipos e preços, que variam com o grau de automatização, capacidade da caldeira, qualidade do tipo de combustível, sistema de transferência de calor, etc.

Caldeiras com capacidade de 150.000 a 700.000 kcal são consideradas pequenas; de 500.000 a 3.000.000 kcal, são consideradas médias e produzem de 1.000 a 6.000 kg vapor/hora. O consumo de resíduos nestas caldeiras seria da ordem de 75 a 1.500 kg/hora.

Para capacidade de 0,5 a 6 t/vapor/hora, os preços das caldeiras (não produzidas na América Latina) variam entre US\$ 20.000,00 e US\$ 150.000,00.

Teoricamente, pode-se utilizar, nestas caldeiras, todos os resíduos; entretanto, resíduos com conteúdo de umidade acima de 50%, de cinzas acima de 5% e o tamanho irregular dos cavacos acima de 20 x 20 x 5 mm, aumentam os custos operacionais.

O USO INTEGRAL DA ÁRVORE E SEUS EFEITOS NA FERTILIDADE DO SOLO

Com a crescente utilização de madeira oriunda de plantações, para fins industriais e energéticos, o aspecto nutricional destas plantações passou a ter maior importância para o silvicultor. Esta preocupação resulta do conceito de floresta como recurso natural renovável e é válido quando os princípios básicos de conservação são respeitados. A retirada de grandes quantidades de fitomassa implica no empobrecimento do sítio em uma quantidade considerável de nutrientes.

1. Composição de Fitomassa Florestal

A composição de elementos minerais na fitomassa florestal é variável ao longo da evolução do ecossistema florestal, sendo mais acelerado da fase juvenil até o ponto em que a floresta atinge a maturidade. Poggiani (1980) salienta que, na fase inicial de crescimento das árvores, os pesos da matéria seca dos caules e das copas são quase equivalentes; entretanto, à medida que as árvores crescem, enquanto as copas mantêm, aproximadamente, a mesma fitomassa, os pesos dos caules aumentam de forma exponencial.

Segundo Curlin (1970), citado por Balloni (1979), embora a distribuição do peso de fitomassa obedeça a ordem tronco raiz > ramos > casca > folhas, o peso absoluto de nutrientes contidos nestes diferentes órgãos obedece a uma ordem diferente: copa > madeira > casca. Duvigneaud et al., (1964), citados por Balloni (1979), afirmam que o conteúdo de nutrientes, nos diversos órgãos, obedecem a ordens diferentes de acordo com cada nutriente.

Nitrogênio - casca do tronco > casca dos ramos > folhas > madeiras > brotos.

Cálcio - casca dos troncos > casca dos ramos > folhas > madeiras do tronco > brotos > madeira dos ramos.

Potássio - folhas > madeira do tronco > madeiras dos ramos > brotos > casca do tronco > casca dos ramos.

A remoção dos resíduos poderá apresentar maior ou menor exportação de diferentes elementos, dependendo da parte que será removida; esses teores variam de acordo com a espécie cultivada.

Malkonen (1973), citado por Balloni (1979), comparou, em plantios de *Pinus*, a remoção de nutrientes pela exploração integral de árvore e pela exploração somente de madeira com até 6 cm de diâmetro. Verificou que a primeira técnica remove 2,5; 3,0; 2,0 e 1,5 vezes mais N, P, K e Ca, respectivamente que a última.

Bunn e Will (1973), citados por Balloni (1979), estudando comparativamente as quantidades de matéria seca e nutrientes exportados por diferentes intensidades de exploração, em *Pinus radiata* com 26 anos de idade, em plantio com 300 árvores/ha, chegaram aos resultados apresentados na Tabela 1.

Pode-se observar uma produção, a mais, de 25% de matéria seca; entretanto, a exportação de nutrientes, neste sistema, é superior em quase 80% à quantidade exportada apenas pelo tronco.

É válido citar, também, o trabalho realizado por Weetman e Webber (1971), citados por Balloni (1979), em um povoamento de *Picea mariana* (65 anos de idade, com 6.900 árvores/ha, DAP¹ médio por volta de 14 cm). Foi verificado que o uso total da árvore proporcionou 100% de acréscimo de matéria seca, quando comparado com a exploração somente do tronco; entretanto, esse maior aproveitamento da matéria

¹ Diâmetro à altura do peito.

seca retirou do solo local quantidades de nutrientes três vezes superiores às retiradas somente pelos troncos. Tais resultados podem ser observados na Tabela 2.

Segundo Poggiani (1981), o pequeno aumento de biomassa (cerca de 15%), que se obtém com a utilização da árvore integral, incluindo também folhas e ramos, implica numa maior exportação de nutrientes que varia de 60 a 80%. Entretanto, a sobrevivência das árvores em solos, técnica e economicamente impossíveis de desenvolver atividade agrícola, está baseada na ciclagem dos nutrientes no ecossistema florestal, tanto bioquímica como biogeoquímica.

Na ciclagem biogeoquímica, as folhas, os ramos, as flores, os frutos e a casca que caem, após se decomporem, liberam os nutrientes que são utilizados para o crescimento da própria floresta. Através da

TABELA 1. Quantidade de matéria seca e nutrientes exportados por diferentes intensidades de exploração em *Pinus radiata* com 26 anos de idade (300 árvores/ha).

Material exportado	Método de exploração		Total (kg/ha)	Diferença %
	Troncos (kg/ha)	Árvore (kg/ha)		
Matéria seca	117.000	221.000	44.000	+ 24,8
N	108	220	112	+ 104,0
P	15	28	13	+ 86,6
K	134	224	90	+ 67,2
Ca	89	130	41	+ 46,1

Fonte: Adaptado de Bunn e Will (1979), apresentada por Balloni (1979).

TABELA 2. Estimativa da matéria seca dos nutrientes removidas por diferentes intensidades de exploração de um povoamento de *Picea mariana* com 65 anos de idade no Canadá (6.900 árvores/ha).

Material exportado	Método de exploração		Total (kg/ha)	Diferença %
	Troncos (kg/ha)	Árvore (kg/ha)		
Matéria seca	54.000	107.000	53.000	+ 98,1
N	43	167	124	+ 288,0
P	12	42	30	+ 250,0
K	25	84	59	+ 236,0
Ca	98	276	178	+ 181,0

Fonte: Adaptado de Weetman e Webber (1971), citados por Balloni (1979).

bioquímica (ciclagem interna), a maioria dos nutrientes, com exceção do cálcio, é transportada dos tecidos velhos, e fotossinteticamente inativos, para os tecidos jovens e com grande atividade de crescimento.

A fitomassa da copa (folhas e galhos), apesar de representar uma pequena parcela da fitomassa total da árvore, contém uma elevada concentração de elementos químicos que torna sua exploração bastante criticável e com sérias implicações para manutenção do equilíbrio nutricional e da produtividade do sítio. Em florestas de ciclo curto, o que é considerado "resíduo florestal" são, na verdade, materiais de grande valor biológico que deveriam ser deixados sobre o solo e, na medida do possível, apenas a fitomassa do fuste deveria ser exportada da floresta, Poggiani (1981).

Diversos autores questionam a conveniência de se utilizar rotações demasiado curtas para produção de biomassa, face à elevada exploração de nutrientes, cuja reposição, via adubação, acarretaria em elevado custo. As florestas para fins energéticos, para serem competitivas com as culturas agrícolas, devem ocupar área de baixa fertilidade, devendo-se tomar cuidado com a excessiva exportação de nutrientes, o que implicaria na aplicação de quantidades cada vez maiores de fertilizantes para manter a produtividade e em sensível aumento de custos. Ecologicamente, o ideal seria que as florestas fossem manejadas de forma que as retiradas de fitomassa não sobrepujassem a capacidade natural do sítio em fornecer nutrientes.

Segundo Poggiani (1981), a viabilidade econômica do sistema de utilização dos resíduos — que precisam ser recolhidos, picados, adensados e transportados — dependerá de cada situação específica: como a quantidade de resíduos, a facilidade de transporte, a utilização e industrialização. Cabe, ao responsável pelo empreendimento, avaliar devidamente os custos, os prejuízos ou os benefícios de utilização da árvore inteira, em regime de minirrotação.

Deve-se considerar, também, que as sucessivas e freqüentes intervenções na floresta (exploração, preparo do solo e tratamentos culturais) representam sérios prejuízos em termos de erosão, destruição dos húmus, lixiviação e compactação. Tais intervenções aceleram o depauperamento do solo, provocando alterações nas suas características físicas e químicas mais importantes.

Para concluir, as florestas de ciclo curto são válidas, desde que o solo tenha as características adequadas para suportar, sem danos,

um manejo mais intensivo, e sejam tomadas as devidas precauções para garantir a qualidade do sítio.

EMPRESAS QUE VÊM UTILIZANDO A ÁRVORE INTEGRAL

Algumas empresas vêm utilizando (ou têm planos de, no futuro, utilizar) a árvore integral para suas finalidades industriais e de produção de energia. Citam-se as que seguem.

1. Aracruz Florestal S.A.

Segundo Brandão (1979), nesta empresa, todo material lenhoso com menos 5 cm de diâmetro, não aproveitável para fabricação de celulose, era utilizado como combustível. O processo para utilização é a secagem do material até 45 dias após o corte, quando já apresenta umidade em torno de 25%; com este teor de umidade, 12,7 m³ seco aparentes de cavacos, tem poder calorífico equivalente a 1 t de óleo combustível.

Em 1980, a produção diária, a partir da utilização total das pontas e galhos, era de 2.000 m³ seco aparentes de cavacos, produzidos através da madeira utilizada no abastecimento da fábrica. Esta quantidade equivale a 157 t/dia de petróleo, ou seja, o equivalente a cerca de 1.000 barris/dia.

As operações do aproveitamento de resíduos têm as seguintes etapas:

I. Catagem

- juntamento das pontas e galhos em fileiras no próprio terreno, utilizando 110 homens/dia.

II. Picagem

- feita por um picador móvel, contendo um "container" de 20 m³ seco aparente, auto basculável a uma altura de 3,75 m, o qual é tracionado por um trator agrícola com potência acima de 75 HP na tomada de força a 540 RPM. A alimentação do picador é feita manualmente, através de quatro a cinco homens, que dão a produção média de 120 m³ aparentes/dia, em dois turnos de trabalho. Para produzir 2.000 m³ seco aparentes, são necessários 17 picadores e 136 pessoas.

III. Transporte para a fábrica

- Feito através de semi-reboques com capacidade para 100 m³

aparentes. O carregamento do semi-reboque é feito pelo auto basculante dos picadores, que se faz à beira da estrada. Para transportar 2.000 m³ seco dia, são utilizados onze semi-reboques e quatro cavalos mecânicos (tipo Scania L - 11).

Em maio de 1980, os investimentos neste processo seriam da ordem de Cr\$ 68.628.000,00.

Mão-de-obra utilizada no sistema: 1 supervisor de operação; 4 encarregados de picagem; 5 encarregados de catagem; 34 operadores de picador; 8 carreteiros; 136 homens para alimentação dos picadores; 110 homens para catagem, num total de 298 pessoas.

2. Companhia Suzano de Papel e Celulose - CSPC

Segundo Yonezawa (1980), a CSPC., fazendo pesquisas de casca, topos, brotos descartados e galhadas, para picagem, chegou aos seguintes resultados: 1) poderiam ser aproveitados de 4.011 a 21.257 kg/ha de madeira seca de topos, respectivamente, de área acidentada e plana, quantidade equivalente a 1,5 a 7,8 t de óleo combustível; 2) poderiam, também, ser aproveitados 16.000 kg/ha e 8.000 kg/ha de casca seca, respectivamente, em área acidentada e plana, o equivalente a 5,0 e 2,5 t/ha de óleo combustível.

3. Champion Papel e Celulose S.A. - CPC

Freitas (1980) previa que, em 1982, entraria em funcionamento, na CPC, uma unidade produtora de energia com capacidade de 100 t/vapor/hora, com a árvore como fonte de matéria-prima para produção de energia. Desse total, 28 t vapor/h seria do consumo de casca e 72 t vapor/h do consumo de madeira.

O consumo de madeira seria da ordem de 0,8 esteres para produção de 1 t vapor/hora, nas condições mais pessimistas.

O projeto integrado "Tambor descascador com caldeira de casca" teve seu custo orçado em US\$ 27 milhões.

Toda árvore com mais de 8 cm de diâmetro seria utilizada para produzir energia. A casca (28% do total de 100 t vapor/hora) seria obtida do descasque de 1.400.000 esteres anuais de madeira. Era esperado que cerca de 12,5% do volume desta madeira (175.000 esteres) seria representado pela casca a ser utilizada na caldeira, para produção de 14.000 t vapor.

A empresa também tinha planos para a utilização de árvores de *Pinus* e bambu, plantadas em algumas áreas, porém sem utilização

para produção de celulose. Previa, ainda, utilizar o material eliminado da desbrota de *Eucalyptus*, em áreas com dois anos de idade após o corte. As informações sobre o custo não estavam disponíveis, bem como não se sabia se haveria algum inconveniente silvicultural sério em se realizar desbrota aos dois anos de idade, ao invés de 1 a 1,5 anos, como é comum. Entretanto, os dados disponíveis, à época, levavam os responsáveis pelo projeto a acreditar que a madeira deveria ser colocada no carreador ou estrada, a preço competitivo com outras fontes.

4. Companhia Agro-Florestal Monte Alegre - CAFMA

Segundo Bertolani (1980), esta empresa desenvolveu estudos com *Pinus* spp, com a finalidade de aproveitamento integral ou excedente de resíduos fabris, de pátio e animal. Este material seria usado para adubação de florestas, seja de caráter energético e/ou de produção.

Em 1980, de uma área de 15.000 ha, já haviam sido reflorestados 12.000 ha com *Pinus* de procedência tropical, para produção de madeira.

A Fraudemberg Indústrias Madeireiras S.A., uma empresa coligada, cujas principais atividades são a fabricação de aglomerados e lâminas de madeira laqueada, tinha um consumo previsto de energia, para 1981, de 11.880.000 kcal/h. Desse total, parte seria suprida por combustível (485 t/mês), e parte por resíduos industriais e de pátio (1.571 t/mês), havendo, com isto, uma redução prevista no consumo de óleo (1.070 t) de cerca de 585 t/mês.

Segundo Vilas Boas (1980), um levantamento realizado junto a 161 empresas do setor de celulose e papel, com um total de 174 unidades fabris, chegou aos seguintes resultados: de 144 que responderam ao questionário, 109 utilizavam somente derivados do petróleo; 26 utilizavam derivados do petróleo e combustíveis alternativos; e apenas 9 utilizavam somente alternativos, na geração de energia para a indústria, conforme pode-se observar na Tabela 3.

O consumo de combustíveis alternativos vem apresentando altos índices de crescimento. No primeiro trimestre de 1979, esta participação era de 18,7%, aumentando para 30% no primeiro trimestre de 1980.

TABELA 3. Número de unidades fabris, segundo o tipo de combustível consumido em 1980.

Categorias	Só derivados de petróleo	Derivados de petróleo e comb. alternativos	Só comb. altern.	Total
Celulose	5	3		8
Papel	72	12	7	91
Sanitários	16	1	1	18
Integrados	16	10	1	27
Total	109	26	9	144

Fonte: Vilas Boas. Associação Nacional dos Fabricantes de Papel e Celulose. (1980).

CONCLUSÃO

O sistema de uso integral da floresta constitui-se num empreendimento complexo que envolve decisões técnicas altamente especializadas. O desenvolvimento de tecnologias apropriadas para o aproveitamento de resíduos florestais, visando a produção de energia, torna o sistema tecnicamente viável. Entretanto, o aspecto econômico da utilização dependerá de fatores diversos como custo de coleta, de picagem e de transporte do material para o local de utilização. Deve-se, também, olhar com cuidado o aspecto da ciclagem de nutrientes, para que o nível de utilização não exceda os limites toleráveis pelo solo, a fim de evitar elevadas despesas com adubação.

Especificamente na Amazônia, onde os solos, em sua maioria, são de baixa fertilidade e estão sujeitos a regime intensos de temperatura e pluviosidade, tal atividade deve ser encarada com suficientes conhecimentos técnicos, científicos e econômicos pelas empresas interessadas nesta atividade. O aproveitamento de resíduos florestais na região deveria ser mais atentamente considerado nas indústrias madeireiras. Nestas indústrias, grandes quantidades de resíduos são desperdiçados, podendo ter utilidade para gerar energia (pouco disponível e de alto custo) na própria indústria. O maior desperdício é verificando em áreas de expansão agrícola, e deve ser pensada, criteriosamente, uma maneira de aproveitamento deste material.

REFERÊNCIAS

BALLONI, E.A. O uso intensivo da floresta a seus reflexos na fertilidade

- do solo. UFV - Sociedade de Investigações Florestais. Boletim Técnico, número especial, vol. 2, 83-93. Viçosa (MG). 1979.
- BERTOLANI, F. O abastecimento energético na Freidenberg Indústrias Madeireiras S.A., com resíduos industriais e Florestais. IPEF - Série Técnica, Piracicaba, **1(2):**I-1, I-10. jul. 1980.
- BRANDÃO, L.E. O uso da floresta como supridora de energia na Aracruz Florestal S.A. IPEF - Série Técnica, Piracicaba, **1(2):**3-1, 3-3. jul. 1980.
- BRITO, J.O. & BARRICHELO, L.E.G. Utilização integral da árvore - A casca. IPEF - Circular Técnica nº 50, Piracicaba. Jun. 1979.
- COUTO, H.T.Z. do & BRITO, J.O. Inventário de resíduos florestais. IPEF - Série Técnica; **1(2)**, Piracicaba, A-1, A-13. jul. 1980.
- FREITAS, M. de. O uso da floresta como supridora de energia na Champion Papel e Celulose S.A. IPEF - Série Técnica, Piracicaba, **1(2)**, F-1, F-7. Jul. 1980.
- MIGLIORINI, A.J. Densificação da biomassa florestal. IPEF - Série Técnica, Piracicaba, **1(2):**C-1, C-9. Jul. 1980.
- POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes e manutenção da produtividade da floresta plantada. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais - CETEC. Belo Horizonte - Série Publicações Técnicas nº 4. 1981.
- POGGIANI, F. Florestas para fins energéticos e ciclagem de nutrientes. IPEF - Série Técnica, Piracicaba, **1(2):**D-1, D-11. Jul. 1980.
- SALMERON, A. Pesquisa sobre mecanização florestal para abastecimento industrial de resíduos visando a produção de energia. IPEF - Série Técnica, Piracicaba, **1(2):**B-1, B-12. Jul. 1980.
- THIBAU, C.E. Austrália e Brasil, Energia Fotossintética. Silvicultura, **1(5):** 48-56. Mar./Abr. 1977.
- YONEZAWA, J.T. As perspectivas de uso da floresta como supridora de energia na Companhia Suzano de Papel e Celulose. IPEF - Série Técnica, Piracicaba, **1(2):**6-1, 6-6. Jul. 1980.
- VILAS BOAS, P. Consumo de alternativas energéticas na indústria de papel e celulose. IPEF - Série Técnica, Piracicaba, **1(2):**L-1, L-19. Jul. 1980.

Departamento de Difusão de Tecnologia - DDT
Chefe: Ivan Sergio Freire de Sousa

Coordenadoria de Comunicação Técnico-Científica - COTEC
Coordenadora: Evanir Pimenta Figueiredo

Tratamento Editorial: Gil Marcus Gomes Paiva

Composição: Júlio César da Silva Delfino

Montagem: Jorge Luciano Amaral

Capa: Cláudia Maria da Silva Pereira



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA

Vinculada ao Ministério da Agricultura

Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Porto Velho – UEPAE de
Porto Velho

Porto Velho, RO