

## Aproveitamento de Resíduos das Indústrias de Serraria do Acre para Fins Energéticos



## **República Federativa do Brasil**

*Luiz Inácio Lula da Silva*  
Presidente

## **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

*Roberto Rodrigues*  
Ministro

## **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa**

### **Conselho de Administração**

*José Amauri Dimázio*  
Presidente

*Clayton Campanhola*  
Vice-Presidente

*Alexandre Kalil Pires*  
*Dietrich Gerhard Quast*  
*Sérgio Fausto*  
*Urbano Campos Ribeiro*  
Membros

### **Diretoria-Executiva da Embrapa**

*Clayton Campanhola*  
Diretor-Presidente

*Gustavo Kauark Chianca*  
*Herbert Cavalcante de Lima*  
*Mariza Marilena Tanajura Luz Barbosa*  
Diretores-Executivos

### **Embrapa Acre**

*Ivadir Soares Campos*  
Chefe-Geral

*Milcíades Heitor de Abreu Pardo*  
Chefe-Adjunto de Administração

*João Batista Martiniano Pereira*  
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

*Dorila Silva de Oliveira Mota Gonzaga*  
Chefe-Adjunto de Comunicação, Negócios e Apoio



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 0104-9046

Março, 2003

## ***Documentos 82***

# **Aproveitamento de Resíduos das Indústrias de Serraria do Acre para Fins Energéticos**

Henrique José Borges de Araujo

Rio Branco, AC  
2003

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

### **Embrapa Acre**

Rodovia BR-364, km 14, sentido Rio Branco/Porto Velho  
Caixa Postal, 321  
Rio Branco, AC, CEP 69908-970  
Fone: (68) 212-3200  
Fax: (68) 212-3284  
<http://www.cpafac.embrapa.br>  
[sac@cpafac.embrapa.br](mailto:sac@cpafac.embrapa.br)

### **Comitê de Publicações da Unidade**

Presidente: *Murilo Fazolin*

Secretária-Executiva: *Suely Moreira de Melo*

Membros: *Celso Luís Bergo, Claudenor Pinho de Sá, Cleísa Brasil da Cunha Cartaxo, Elias Melo de Miranda\*, Flávio Araújo Pimentel, Hélia Alves de Mendonça, João Alencar de Sousa, Jonny Everson Scherwinski Pereira, José Tadeu de Souza Marinho, Judson Ferreira Valentim, Lúcia Helena de Oliveira Wadt, Luís Cláudio de Oliveira, Marcílio José Thomazini, Maria de Jesus Barbosa Cavalcante\*, Patrícia Maria Drumond*  
\*Revisores deste trabalho

Supervisão editorial: *Claudia Carvalho Sena / Suely Moreira de Melo*

Revisão de texto: *Claudia Carvalho Sena / Suely Moreira de Melo*

Normalização bibliográfica: *Luiza de Marillac Pompeu Braga Gonçalves*

Tratamento de ilustrações: *Fernando Farias Sevá*

Editoração eletrônica: *Fernando Farias Sevá*

### **1ª edição**

1ª impressão (2003): 300 exemplares

#### **Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

Embrapa Acre.

A663<sub>a</sub> Araujo, Henrique José Borges de.

Aproveitamento de resíduos das indústrias de serrarias do Acre para fins energéticos / Henrique José Borges de Araujo. Rio Branco : Embrapa Acre, 2003. 38 p. il (Embrapa Acre. Documentos, 82).

1. Resíduo industrial – Tecnologia – Acre. 2. Resíduo florestal – Aproveitamento – Acre. 3. Energia – Acre. 4. Serraria – Industrialização – Acre. I. Título.

CDD 19 ed. 333.7932

## **Autor**

### **Henrique José Borges de Araujo**

Eng. ftal., M.Sc., Embrapa Acre, Caixa Postal 321, 69908-970, Rio Branco-  
AC, (68) 212-3200, [henrique@cpafac.embrapa.br](mailto:henrique@cpafac.embrapa.br)



## **Agradecimentos**

O autor agradece à Secretaria Executiva de Floresta e Extrativismo do Estado do Acre (Sefe) e às Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. (Eletronorte) pelo fornecimento de informações relativas às indústrias de serrarias e ao sistema de energia elétrica do Estado do Acre.



## Apresentação

Considerando a sua importância estratégica, a questão energética é um fator fundamental para o desenvolvimento socioeconômico do Estado do Acre. A implementação de programas de expansão das atividades econômicas, com destaque para as indústrias, pode não obter o sucesso esperado, por problemas advindos do fornecimento de energia. Isso ocorre devido às dificuldades para geração de energia elétrica no Estado, principalmente a partir de seus recursos hídricos, aliada a uma oferta limitada e cara, gerada por usinas termelétricas movidas a óleo diesel.

Embora o tema deste trabalho “aproveitamento de resíduos de indústrias madeireiras com propósitos energéticos” não seja uma novidade para o Acre (visto que, há cerca de 20 anos, houve alguns insucessos nas tentativas de instalação de locomóveis alimentados com biomassa lenhosa), passa a ser atual na medida em que há perspectiva de crescimento das atividades econômicas decorrente de novos programas de governo.

O manejo florestal apresenta-se atualmente como uma importante demanda tecnológica para a Região Amazônica, onde se localiza o Acre. Uma das repercussões da prática do manejo em escala comercial é legitimar as indústrias de base florestal, uma vez que estas, ao processarem madeira de áreas legalmente manejadas, deixam de promover a degradação das florestas, que ocorre quando a madeira tem origem de atividades não-sustentáveis. Assim, a prática do manejo florestal torna possível o crescimento das indústrias madeireiras e, em consequência, o aumento da geração de resíduos dessas indústrias, os quais podem ser convertidos em energia.

O presente trabalho enfoca a questão energética do Acre ao mesmo tempo que oferece alternativa, diagnosticada como viável, de melhorar a oferta de energia por meio do aproveitamento dos rejeitos das suas indústrias de base florestal.

*Ivandir Soares Campos*  
Chefe-Geral da Embrapa Acre



## Sumário

<b>Introdução</b> .....	11
<b>Considerações sobre Resíduos Florestais e Aproveitamento para Fins Energéticos no Brasil</b> .....	12
<b>Caracterização do Sistema Gerador de Energia Elétrica do Acre</b> .....	15
<b>Capacidade de Geração de Energia</b> .....	15
<b>Evolução do Consumo Energético</b> .....	17
<b>Projeção do Consumo Energético</b> .....	17
<b>Interligação Elétrica entre os Estados do Acre e Rondônia</b> .....	20
<b>As Indústrias de Serraria do Acre</b> .....	23
<b>Caracterização das Empresas</b> .....	24
<b>Número de Empresas em Funcionamento</b> .....	26
<b>Espécies Processadas e Volume de Resíduos</b> .....	27
<b>Tipos de Aproveitamento dos Resíduos Gerados</b> .....	29
<b>Potencial Energético dos Resíduos não Aproveitados pelas Serrarias</b> .....	33
<b>Conclusões</b> .....	35
<b>Recomendações de Tecnologias e Equipamentos de Aproveitamento de Resíduos</b> .....	36
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	37



# Aproveitamento de Resíduos das Indústrias de Serraria do Acre para Fins Energéticos

---

*Henrique José Borges de Araujo*

## Introdução

O Estado do Acre possui particularidades que lhe conferem vigorosos vínculos com a floresta, entre as quais ressaltam-se: a) a maior parte de seu território (cerca de 90%) é coberta por florestas tropicais primárias; b) os solos, em geral, são de baixa fertilidade, apresentando, portanto, restrições para atividades agrícolas e pecuárias; c) o extrativismo florestal é, desde a época da sua ocupação até os dias atuais, um forte componente socioeconômico da população não-urbana; e d) a indústria de base florestal tende, à medida que passe a explorar a floresta de modo sustentável por meio do manejo florestal, a ocupar os primeiros lugares entre as suas atividades econômicas.

É também característica do Estado o baixo potencial para a produção de energia a partir dos recursos hídricos. A quase totalidade de seu território possui topografia plana, não havendo desníveis acentuados dos rios, o que se constitui um fator limitante para construir hidrelétricas de grande porte. O potencial hidrelétrico do Estado do Acre, estimado em 1.096 MW (megawatt-hora), é considerado bastante reduzido, representando apenas 0,4% do potencial hidrelétrico brasileiro (Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. – Eletronorte, 2002).

Em decorrência desse limitado potencial, o qual também se aplica para grande parte da Região Amazônica, atualmente a energia gerada e consumida no Estado provém de usinas termelétricas movidas a óleo diesel. No entanto, a energia gerada por essas termelétricas apresenta diversas desvantagens, sendo as mais relevantes as de ordem financeira (alto custo de produção) e ambiental (emissão de monóxido de carbono, elevado nível de ruídos, etc.).

A quantidade de energia gerada pelas usinas termelétricas em operação é considerada insuficiente para implementar programas de expansão das atividades econômicas, especialmente industriais, constituindo-se, por

assim dizer, um déficit energético. Salienta-se, no entanto, que está em fase de implantação por parte da Eletronorte, com previsão de funcionamento ainda em 2003, uma linha de interligação elétrica com o Estado de Rondônia que modificará o atual quadro de oferta de energia ao Acre. Existe a expectativa de que essa linha de interligação melhore a oferta energética de modo a possibilitar o crescimento das atividades econômicas em geral.

As indústrias de serraria do Acre tipificam-se pelo baixo nível tecnológico, em que a ineficiência do processo produtivo acarreta grandes desperdícios de madeira, resultando em elevado volume de resíduos. O aproveitamento desses resíduos é parcial.

Sendo o Acre deficitário em geração de energia e, ao mesmo tempo, grande “produtor” de resíduos industriais lenhosos, um programa de aproveitamento destes para fins energéticos, voltado para as indústrias geradoras desse material, mostra-se pertinente com as atuais demandas tecnológicas para o seu desenvolvimento.

O aproveitamento de resíduos por parte das empresas de serraria apresenta importantes vantagens, citando-se: a) redução dos custos de produção, uma vez que as empresas deixariam de pagar pela energia necessária ao seu maquinário; b) redução dos impactos ambientais provocados pela queima e pelo descarte dos resíduos (destinos dos mais correntes); c) geração de postos de trabalho (em miniusinas, em unidades de transformação dos resíduos, no transporte dos resíduos, etc.); d) inovações tecnológicas da indústria; e e) possibilidade de expansão da capacidade produtiva pelo aumento da oferta de energia.

Este trabalho caracteriza sumariamente o sistema de geração de energia elétrica do Estado do Acre e descreve os principais aspectos relativos às suas indústrias de serraria e a “produção” de resíduos. Sua finalidade é avaliar, em termos de quantidade de energia possível de gerar, o potencial energético dos resíduos procedentes das serrarias.

### **Considerações sobre Resíduos Florestais e Aproveitamento para Fins Energéticos no Brasil**

Resíduos industriais florestais são definidos como os subprodutos decorrentes do desdobro primário e secundário como também da utilização da madeira. Desta forma, são resíduos a casca, a costaneira, as pontas, as aparas, as lascas, os nós, o pó-de-serra e as maravalhas. A geração de resíduos industriais florestais no Brasil tem mostrado valores expressivos o que leva a considerar seriamente a sua utilização na cadeia produtiva, pois

não representa só um problema econômico, por meio do desperdício, como também um sério problema de caráter ambiental. De acordo com Souza (1997), o Brasil gera ao ano aproximadamente 23 milhões de toneladas de resíduos originados de indústrias florestais.

A notória falta de eficiência da indústria madeireira brasileira, especialmente das empresas localizadas na Região Amazônica, em boa parte ocorre porque não se sabe o que fazer com o grande volume de resíduos. Tal ineficiência diminui a competitividade da indústria tanto no mercado nacional, como internacional, os quais se mostram em constante crescimento (Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia – Sudam, 1981; FAO, 2000; Smeraldi & Veríssimo, 1999; Viana, 2000).

Segundo Souza (1997), considerando a atual conjuntura brasileira de significativa carência de energia elétrica, com ênfase nas Regiões Norte e Nordeste, e que num país em desenvolvimento é crescente e acelerado o processo de demanda de energia, é indiscutível a importância que assume o aproveitamento de resíduos e da biomassa em geral, por qualquer um dos processos disponíveis. Outro aspecto relevante a ser considerado no aproveitamento de resíduos e biomassa diz respeito ao seu caráter estratégico. Num país em desenvolvimento como o Brasil, nenhuma forma de energia deve ser esquecida ou subvalorizada, especialmente as de caráter renovável.

Mendes et al. (1997) observam que a situação da matriz energética brasileira mostra uma grande dependência de combustíveis derivados do petróleo (32,3%), o que representa um risco para o País, por se tratar de um recurso não-renovável. Entretanto, apesar da participação da energia elétrica hidráulica (37,5%) na matriz energética (Brasil, 1992), apenas 25% das propriedades rurais no Brasil possuem eletrificação rural (Comissão de Eletrificação Rural, 1992). A produção de resíduos oriundos da indústria de base florestal é muito grande e as operações, desde o abate das árvores até a confecção do produto final, acarretam perdas valorosas.

A biomassa florestal reúne todas as condições favoráveis para substituir o óleo combustível, seja pela queima da madeira, como carvão ou mesmo na forma de resíduos da exploração. De fato, as possibilidades de utilização energética de uma floresta são as mais variadas, e a opção por uma ou outra alternativa de utilização está condicionada aos aspectos técnicos, ambientais e econômicos, devendo ser tomada individualmente. A manipulação e a estocagem do carvão vegetal são mais fáceis que a da lenha e mais incômodas que a do óleo combustível. Comparados aos combustíveis líquidos, o manuseio e o armazenamento da madeira são mais

problemáticos. No caso dos resíduos da exploração florestal, tais inconvenientes são agravados, pois o material na forma natural apresenta baixa densidade, requerendo um processamento prévio (picagem, enfardamento ou densificação). Para que exista economicidade na substituição, é preciso que os custos de produção, exploração e transporte até a unidade consumidora sejam, no mínimo, iguais ao custo do óleo combustível posto no pátio da indústria (São Paulo, 1982).

Fontes (1989) comenta que a biomassa florestal pode substituir o óleo diesel na obtenção de energia térmica, mecânica e elétrica, por meio da geração de vapor em caldeira ou grupo gerador que utilize motor a vapor, como acionamento e processos de gaseificação da lenha ou carvão vegetal. Para a Região Norte, devem ser indicadas as formas de maior simplicidade e equipamentos de fácil operação, manutenção e baixos custos de aquisição, mesmo que estes representem perdas na eficiência da transformação biomassa-combustível, que serão compensadas no baixo custo da energia gerada. Na Tabela 1 são apresentados os custos médios de diferentes tipos de combustíveis e de produção de energia no Brasil.

**Tabela 1.** Custos médios de diferentes tipos de combustíveis e de produção de energia no Brasil.

<b>Tipo de combustível</b>	<b>Custo médio matéria-prima* (un\$/t)</b>	<b>Custo médio unidade de calor (un\$/Gcal)</b>
Lenha em tora	1	0,4
Bagaço de cana-de-açúcar	0,9	0,5
Cavaco de madeira	1,4	0,6
Carvão mineral energético	4,4	1,0
Carvão vegetal	6,4	1,2
Gás natural	0,021**	2,0
Óleo diesel	53,6	5,0
Energia elétrica	-	1,3

Onde: un\$ = unidade monetária (considerou-se un\$ = 1, o preço da tonelada de lenha em tora, sendo os demais valores dos custos proporcionais a essa unidade); t = tonelada; Gcal = gigacaloria; \* = preço posto-fábrica; \*\* = custo médio do metro cúbico.

Fonte: Fontes (1989).

Ao analisar a Tabela 1, verifica-se que os combustíveis do tipo biomassa e/ou resíduo de biomassa (lenha em tora, bagaço de cana-de-açúcar e cavaco de madeira) são os que apresentam os mais baixos valores de custos para a mesma unidade de energia (calor) produzida. Em contraste, o custo da energia produzida a partir do combustível óleo diesel se mostra o mais elevado entre todos, sendo, em média, o valor da unidade de energia produzida com óleo diesel cerca de dez vezes maior do que com combustíveis da biomassa ou resíduos desta.

### **Caracterização do Sistema Gerador de Energia Elétrica do Acre**

A seguir são apresentadas, sucintamente, informações sobre o sistema de geração de energia elétrica do Acre, tais como: dados referentes à capacidade de produção e unidades geradoras de energia; consumo e estimativas futuras de consumo energético; e dados a respeito da interligação elétrica entre o Acre e Rondônia através de uma linha de transmissão.

#### **Capacidade de Geração de Energia**

De acordo com Eletronorte (2002), atualmente o sistema gerador de energia elétrica existente no Estado do Acre totaliza a capacidade efetiva de geração de 159,7 MW. Deste total, 80% são instalados na capital Rio Branco, sendo responsabilidade da própria Eletronorte e os 20% restantes, instalados no interior do Estado, são de responsabilidade da Companhia de Eletricidade do Acre S.A. – Eletroacre –, sendo as unidades geradoras no interior de propriedade de uma empresa privada prestadora de serviços, que opera sob contrato com a Eletroacre.

O sistema é de natureza totalmente térmica, possuindo 113 unidades geradoras, distribuídas por 17 usinas termelétricas, sendo 4 localizadas na capital e 13 no interior do Estado. As usinas localizadas na capital, além de atenderem a cidade de Rio Branco, também realizam o suprimento de energia elétrica em sete localidades do interior: Porto Acre, Plácido de Castro, Acrelândia, Redenção, Bujari, Senador Guimard e Campinas. Na Tabela 2 encontra-se a distribuição, por localidade, da capacidade do sistema gerador de energia elétrica no Estado do Acre.

**Tabela 2.** Distribuição, por localidade, da capacidade do sistema gerador de energia elétrica do Estado do Acre.

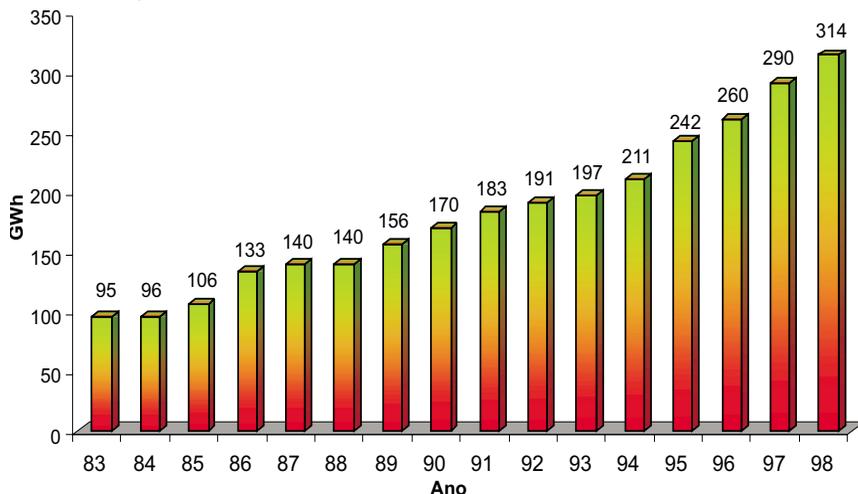
Localidade	Tipo de usina	Nº de usinas	Nº de unidades geradoras	Combustível	Capacidade efetiva de geração de energia elétrica (MW)	% capacidade efetiva
Assis Brasil	Termelétrica	1	3	Óleo diesel	1,13	0,7
Brasiléia	Termelétrica	1	6	Óleo diesel	4,53	2,8
Capixaba	Termelétrica	1	4	Óleo diesel	0,45	0,3
Cruzeiro do Sul	Termelétrica	1	12	Óleo diesel	12,04	7,5
Feijó	Termelétrica	1	5	Óleo diesel	2,52	1,6
Jordão	Termelétrica	1	4	Óleo diesel	0,23	0,1
Manoel Urbano	Termelétrica	1	2	Óleo diesel	0,75	0,5
Marechal Thaumaturgo	Termelétrica	1	3	Óleo diesel	0,29	0,2
Porto Walter	Termelétrica	1	3	Óleo diesel	0,34	0,2
Rio Branco*	Termelétrica	4	55	Óleo diesel	127,75	80,0
Santa Rosa do Purus	Termelétrica	1	2	Óleo diesel	0,12	0,1
Sena Madureira	Termelétrica	1	5	Óleo diesel	3,78	2,4
Tarauacá	Termelétrica	1	4	Óleo diesel	3,26	2,0
Xapuri	Termelétrica	1	5	Óleo diesel	2,52	1,6
<b>Total</b>	-	<b>17</b>	<b>113</b>	-	<b>159,71</b>	<b>100,0</b>

Onde: MW = megawatt-hora; \* = incluem-se as localidades de Porto Acre, Plácido de Castro, Acrelândia, Redenção, Bujari, Senador Guiomard e Campinas.

Fonte: Eletronorte (2002).

## Evolução do Consumo Energético

A evolução do consumo de energia elétrica total do Estado do Acre no período 1983–1998 é apresentada a seguir na Fig. 1. No decorrer desse período, ou seja, em 15 anos, o consumo de energia elétrica passou de 95 GWh (gigawatt-hora), em 1983, para 314 GWh, em 1998, o que representa um crescimento da ordem de 230,5%, sendo o aumento médio anual de 14,6 GWh.



**Fig. 1.** Evolução do consumo de energia elétrica do Estado do Acre no período 1983–1998.

Fonte: Brasil (1999).

## Projeções do Consumo Energético

Em decorrência do redirecionamento dos programas de governo, especialmente no âmbito estadual, há perspectivas de expressivo desenvolvimento socioeconômico do Acre nos próximos anos. O atual governo estadual vem implementando o chamado projeto de desenvolvimento sustentável, que visa, sobretudo, ao aproveitamento racional dos recursos naturais florestais. Esse projeto traz em si maciços investimentos em várias áreas da economia, incluindo a abertura e manutenção de rodovias (ligação com o Pacífico, via Peru, e a BR-364, que conecta o Acre com o restante do Brasil), o que possibilitará o crescimento dos setores industrial (agroindústria, indústria madeireira, processamento de produtos da biodiversidade local, reativação da indústria extrativista tradicional da

borracha e castanha, etc.), comercial e de serviços de um modo geral, incluindo o turismo ecológico. Em consequência desse crescimento haverá, proporcionalmente, forte tendência de aumento da demanda energética.

Atualmente o sistema gerador de energia elétrica no Acre beneficia uma população de cerca de 439 mil habitantes, o que equivale a 75,2% do total da população do Estado. Um estudo prospectivo sobre o consumo energético realizado pela Eletronorte (Eletronorte, 2002) projeta, para o ano de 2011, uma população total a ser beneficiada da ordem de 623 mil habitantes, o que equivalerá a 79,1% do total da população residente no Estado.

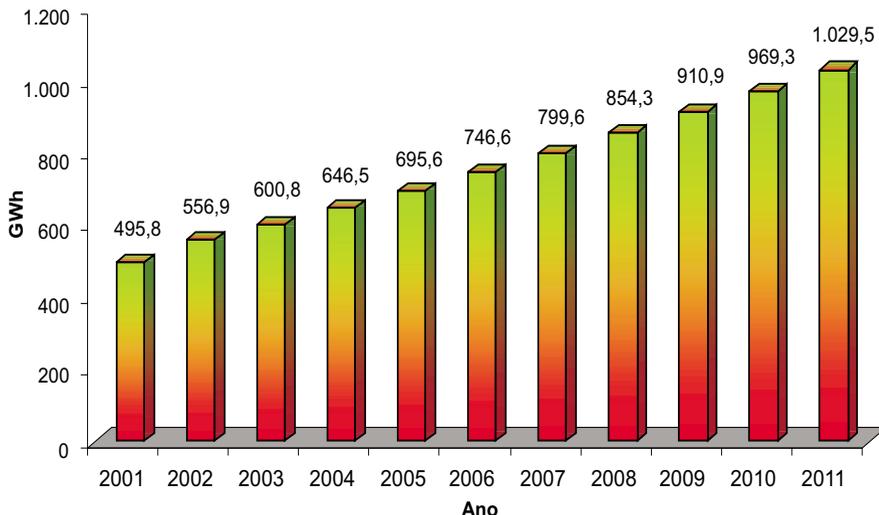
Segundo o referido estudo, em 2001 a estrutura de consumo da energia elétrica no Acre foi a seguinte: residências 49,1%; comércio 22,1%; indústria 5,6%; e outros 23,2%. Para o ano de 2011, a estrutura de consumo projetada será: residências 44,8%; comércio 21,1%; indústria 8,8%; e outros 25,3%. Estes dados revelam que o setor industrial e outros (serviços em geral) terão crescimento positivo na estrutura de consumo de energia, sendo o setor industrial o que apresentará o maior crescimento positivo projetado. Já o setor residencial e o comercial terão crescimento negativo na estrutura de consumo de energia ao final do período do estudo. Na Tabela 3 encontram-se a participação e o crescimento percentual dos diferentes setores na estrutura de consumo de energia elétrica do Acre.

**Tabela 3.** Participação e crescimento percentual projetado dos diferentes setores na estrutura de consumo de energia elétrica do Acre.

Setor de consumo	Participação %		Crescimento % (2001– 2011)
	2001	2011	
Residencial	49,1	44,8	- 4,3
Comercial	22,1	21,1	- 1,0
Industrial	5,6	8,8	+ 3,2
Outros	23,2	25,3	+ 2,1
Total	100,0	100,0	-

Fonte: Eletronorte (2002).

As projeções de crescimento do consumo de energia elétrica para todo o Estado (capital e interior somados) no período 2001–2011 são apresentadas na Fig. 2. Segundo essas projeções, o consumo energético total do Acre em 2001 foi 495,8 GWh e para o ano de 2011 será de 1.029,5 GWh, o que representa um crescimento de 107,6%. No caso do setor industrial, o consumo energético em 2001 foi de 27,8 GWh (5,6% do total) e a projeção para o ano de 2011 é de 90,6 GWh (8,8% do total), significando um incremento de 225,9% no intervalo de 10 anos.



**Fig. 2.** Projeção do consumo de energia elétrica do Acre para o período 2001–2011.

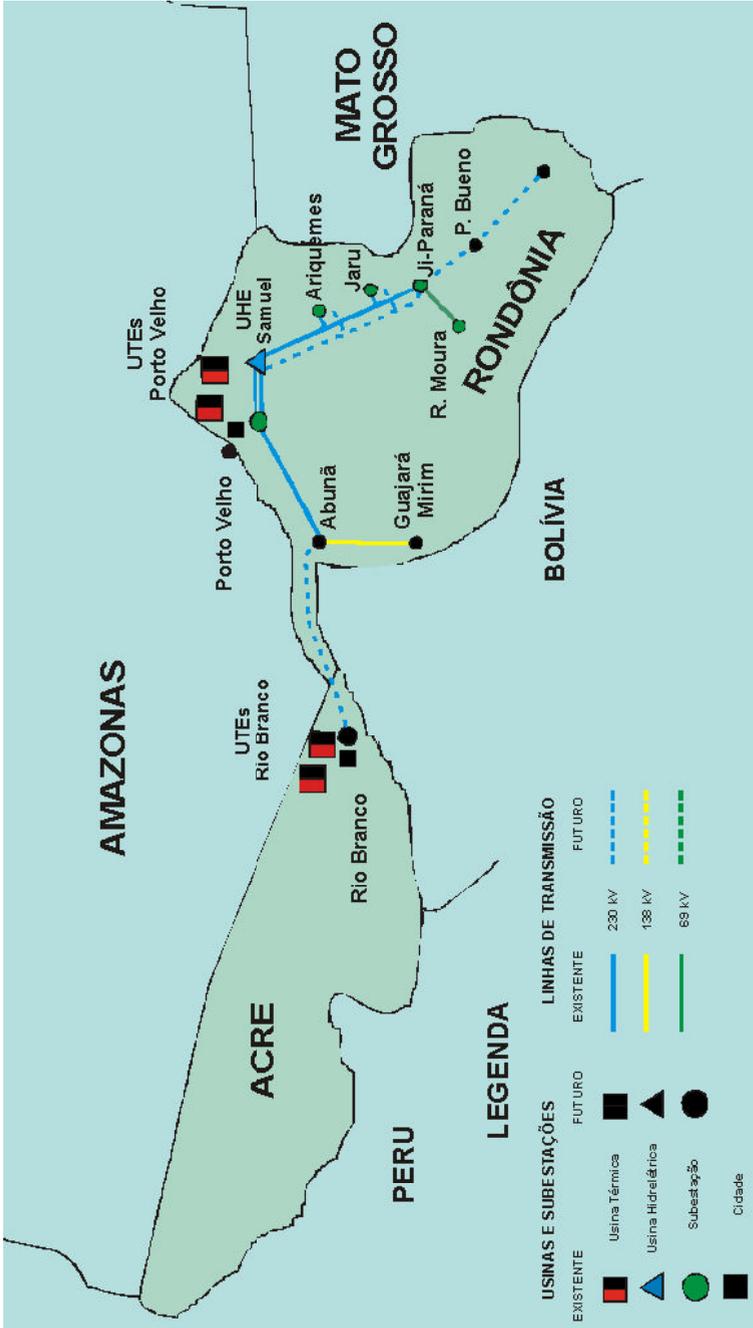
Fonte: Eletronorte (2002).

Ao comparar a evolução do consumo energético no período 1983–1998 (Fig. 1) com a projeção da Eletronorte para o período 2001–2011 (Fig. 2), verifica-se que a curva gráfica do consumo anual é bem mais ascendente no segundo caso. Isto significa que o crescimento da demanda de consumo energético anual será bem mais acelerado nos próximos 10 anos, por causa das perspectivas de desenvolvimento socioeconômico do Estado em razão das novas diretrizes de governo. Enquanto a média anual de crescimento do consumo no período 1983–1998 foi de 14,6 GWh, na projeção para o período 2001–2011 a média passará para 53,5 GWh ao ano, denotando um aumento de cerca de 3,7 vezes dessa média.

## **Interligação Elétrica entre os Estados do Acre e de Rondônia**

As linhas de transmissão de energia elétrica no Brasil costumam ser extensas, visto que as grandes usinas hidrelétricas geralmente estão situadas a distâncias consideráveis dos centros consumidores. Hoje o País está quase que totalmente interligado de norte a sul. Apenas os Estados do Amazonas, Roraima, Acre, Amapá, Rondônia e parte do Pará e Mato Grosso ainda não fazem parte do sistema integrado de eletrificação. Nestes Estados, o abastecimento é feito por pequenas usinas termelétricas ou por usinas hidrelétricas situadas próximas às capitais (Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel, 2002).

Em adiantada fase de implantação, a interligação elétrica entre o sistema Acre e o sistema do Estado de Rondônia, por meio de uma linha de transmissão de 540 km em 230 kV (quilovolt) (Fig. 3 e 4), permitirá o atendimento das cidades de Rio Branco, Porto Acre, Plácido de Castro, Acrelândia, Redenção, Bujari, Senador Guiomard e Campinas. Hoje essas localidades são atendidas pelas quatro usinas termelétricas existentes em Rio Branco, as quais serão desativadas após o funcionamento da nova linha de transmissão, o que deverá ocorrer ainda em 2003.



**Fig. 3.** Interligação dos sistemas de geração de energia elétrica dos Estados do Acre e de Rondônia. Fonte: Eletronorte (2002).



**Fig. 4.** Linha de transmissão ao longo da rodovia BR-364 interligando o sistema elétrico do Acre ao de Rondônia.

A linha de transmissão Acre–Rondônia foi planejada considerando-se a alternativa da utilização do gás natural, proveniente da região de Urucu, no Estado do Amazonas. O projeto do gás natural de Urucu prevê a construção de um gasoduto interligando as localidades de Urucu e Porto Velho e de Coari e Manaus, que permitirá substituir a queima de óleo diesel por gás natural em unidades termelétricas.

Comparado ao óleo diesel, o gás natural possui a vantagem de ter um custo na produção de energia cerca de 2,5 vezes menor (Tabela 1), além de ser um combustível bem mais limpo do ponto de vista ambiental.

Com a chegada do gás natural em Porto Velho, os sistemas de alimentação das unidades termelétricas existentes nessa cidade deverão ser substituídos de modo a se efetuar a troca da queima de óleo diesel por gás natural. Desta forma, as usinas termelétricas situadas em Porto Velho e a usina hidrelétrica de Samuel passarão a ser responsáveis pelo suprimento de energia elétrica tanto do sistema Rondônia como do sistema Acre. A substituição da queima de óleo diesel em Rio Branco pelo gás natural em Porto Velho propiciará uma economia da ordem de R\$ 485 milhões (cerca de US\$ 190 milhões) nos primeiros 5 anos após a implantação da linha de transmissão Acre–Rondônia (Eletronorte, 2002).

## **As Indústrias de Serraria do Acre**

Nas décadas de 70 e 80 a indústria de serraria ocupou importante espaço na economia do Estado do Acre. Após esse período, a atividade madeireira entrou em declínio e, atualmente, apresenta pouca expressão.

Essa situação ocorre, principalmente, por motivo de uma conjuntura na qual as empresas enfrentam fortes barreiras impostas pela legislação ambiental, devido a práticas inadequadas de exploração florestal. Silva (2000) observa que a falta de interesse pelo manejo florestal e pela busca da certificação de origem dos seus produtos permite inferir que as empresas do setor madeireiro não estão comprometidas com a sustentabilidade da floresta. No entanto, à medida que as indústrias passarem a explorar a floresta com critérios de sustentabilidade (condição cada vez mais forte e imposta pelo próprio mercado madeireiro, uma vez que este se insere em um contexto no qual o “respeito” ao meio ambiente é fator de sobrevivência), a tendência é que novamente ocupem uma posição de grande destaque na economia acreana (Araujo & Silva, 2000).

As informações apresentadas a seguir baseiam-se no trabalho intitulado “Diagnóstico do Setor Florestal Madeireiro do Estado do Acre”, elaborado pela Secretaria Executiva de Floresta e Extrativismo do Estado do Acre – Sefe (Acre, 1999). Esse trabalho fundamentou-se em levantamento, realizado em 1999, por meio de pesquisa de campo nas empresas.

No levantamento da Sefe (Acre, 1999) foram identificadas, em todo o Estado, em 1999, somente 35 serrarias em funcionamento contra 137 em 1990 (Araujo, 1991), o que representa um decréscimo de 74,5% no período de 9 anos<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> No trabalho da Sefe (Acre, 1999), as pequenas empresas de serrar madeiras não foram computadas com a denominação serrarias (ou seja, oficinas que serram toras, têm expressivo volume de produção e possuem um ou mais engenhos pesados de serras-fita para a operação de desdobro da madeira), mas como processadoras (ou seja, oficinas que não serram toras, mas blocos pré-cortados, têm baixo volume de produção e, em geral, possuem máquinas simples com serras circulares para a operação de desdobro da madeira). É importante ressaltar que no levantamento de Araujo (1991) não há distinção entre processadoras e serrarias, não sendo possível, portanto, uma comparação direta com levantamento da Sefe (Acre, 1999). Sabe-se, entretanto, que de fato houve acentuado decréscimo do número de empresas em funcionamento no período mencionado (por exemplo, em 1990, ano do levantamento de Araujo (1991), havia em Rio Branco 38 serrarias, enquanto em 1999 foram apenas 17 as serrarias – nenhuma processadora – encontradas pela Sefe).

## Caracterização das Empresas

As serrarias em atividade em 1999 continuam com os mesmos problemas observados em levantamentos realizados ao final da década de 80 e início da década de 90: ineficiência do processo produtivo, defasagem tecnológica, mão-de-obra desqualificada, falta de políticas de apoio ao setor, etc.

Na Fig. 5 observa-se uma serraria dotada com equipamento de serra-fita em que podem ser visualizados alguns aspectos relacionados à ineficiência do processo produtivo (disposição desordenada das peças de madeira serrada, acúmulo excessivo de resíduos, piso impróprio – enlameado – na entrada das toras, etc.).



**Fig. 5.** Vista de uma serraria em que se observam aspectos relativos à ineficiência do processo produtivo.

Ainda é baixo o número de espécies de madeira utilizadas pelas empresas. Considerando a viabilização do manejo florestal é fundamental que se trabalhe com o maior número possível de espécies, uma vez que a exploração intensiva compromete o equilíbrio do ecossistema e a viabilidade econômica dos projetos. A diversificação das espécies utilizadas possibilita diminuir a área total explorada, aumenta a produtividade e maximiza a exploração florestal com a retirada de um maior volume de madeira por hectare, reduzindo assim os custos da exploração.

Na atividade de exploração florestal os problemas têm início no momento do seu planejamento, pois, em geral, é realizada sem critérios ou acompanhamento técnico, sem a determinação de um calendário prévio, resultando em desperdícios de recursos, tempo e sobrecarga dos órgãos ambientais licenciadores. Essa sobrecarga causa morosidade dos trâmites dos processos de licenciamento, gerando grande descontentamento por parte das empresas de serraria. O corte raso ainda é a forma de exploração mais utilizada. Verifica-se que o volume de madeira oriundo de áreas de desmatamento supre com facilidade a demanda do setor madeireiro, configurando-se em um dos principais motivos que dificultam o manejo florestal no Estado.

Observa-se que o transporte da matéria-prima limita a produção florestal, quer pela falta de infra-estrutura (ramais de acesso, estradas pavimentadas, etc.), quer pela inadequação ou defasagem dos equipamentos. É necessário investir em estrutura viária, pois a sua precariedade restringe a exploração florestal a curtos períodos no ano em razão do inverno amazônico (estação das chuvas, que normalmente se estende de novembro a abril).

Verifica-se que a defasagem tecnológica é um dos fatores que comprometem a produtividade das empresas. É necessário incentivar a pesquisa na área tecnológica e investir em qualificação técnica do material humano, tanto na exploração como também no processamento da madeira, a fim de se introduzir técnicas que maximizem a utilização da matéria-prima e dos resíduos. De acordo com Silva (2000), a agregação de valores aos produtos madeireiros é comprometida devido ao fato de que adotar novas tecnologias e aperfeiçoar a produção e comercialização não são prioridades para o setor madeireiro local. Ainda é muito pequena a oferta de produtos madeireiros industrializados no mercado. É importante investir não só no processamento primário, mas também na transformação da madeira em produtos industrializados diferenciados, gerando assim benefícios econômicos e sociais com agregação de recursos à cadeia produtiva.

Araujo (1991), abordando o consumo energético das serrarias do Acre, constatava, em 1990, que 74,2% das empresas utilizavam a energia elétrica da rede pública, gerada por usinas termelétricas movidas a óleo diesel; 14,5% possuíam geradores próprios de energia elétrica movidos também a óleo diesel; e 11,3% das empresas eram equipadas com serras de quadro horizontal movidas por motores a óleo diesel ou a gasolina, não necessitando de eletricidade para funcionarem. De acordo com a Eletroacre, o consumo de energia elétrica total do Estado em 1990 foi de 163.038.329 kWh (quilowatt-hora) e o consumo das serrarias foi de 3.610.000 kWh,

correspondendo a 2,2% desse total. Esse consumo, no entanto, concentra-se de maio (correspondente ao início do período de plena operacionalidade das empresas) a novembro (início da estação das chuvas). A eficiência energética média das empresas (obtida pelo quociente do consumo energético anual, em kWh, pelo volume da produção efetiva anual, em m<sup>3</sup>) foi de 57,3 kWh.m<sup>-3</sup> em 1986, de 28,1 kWh.m<sup>-3</sup> em 1988 e 36,4 kWh.m<sup>-3</sup> em 1990. Os dados de eficiência energética demonstram que as empresas são muito inconstantes, isto é, apresentam significativas flutuações desse índice para cada ano, por causa, principalmente, dos problemas conjunturais mencionados.

### **Número de Empresas em Funcionamento**

Em 1999 o Estado possuía 35 serrarias em funcionamento trabalhando com o desdobro de toras (Tabela 4). A maior parte localizada na capital Rio Branco, ou seja, 17 empresas representando 48,5% do total. Em levantamentos anteriores existia em funcionamento, em todo o Estado, o seguinte número de serrarias: 77 em 1987, sendo 44 em Rio Branco (Centro de Apoio à Pequena e Média Empresa do Estado do Acre – Ceag/AC, 1987); 134 em 1988, sendo 64 em Rio Branco (Araujo, 1990); e 137 em 1990, sendo 38 em Rio Branco (Araujo, 1991)<sup>2</sup>.

O decréscimo no número de empresas nos últimos 10 anos pode ser explicado pela dificuldade de acesso, obtenção, legalização da matéria-prima, deficiências operacionais e administrativas. Silva (2000) afirma que a restrita disponibilidade de matéria-prima florestal, de capital e de mão-de-obra qualificada, além de um mercado local restrito, são as principais barreiras à entrada de novas empresas no mercado madeireiro.

Quanto ao porte, as 35 serrarias classificavam-se da seguinte maneira: 60,6% consumiam até 5.000 m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup> e 39,4% de 5.000 a 10.000 m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup>. Geravam um total de 664 empregos diretos, o que em média significa 19 empregados por empresa. Em 1999 o consumo de madeira bruta em toras foi estimado em 147.343 m<sup>3</sup> para o total das serrarias, significando a média de 4.210 m<sup>3</sup>.ano<sup>-1</sup> por empresa.

---

<sup>2</sup> Como mencionado, o trabalho de Araujo (1991) não faz distinção entre serrarias e processadoras da maneira que é feita no trabalho da Sefe (Acre, 1999). Da mesma forma, os levantamentos da Ceag/AC (1987) e de Araujo (1990) não fazem tal distinção, o que não permite uma comparação direta destes trabalhos com o da Sefe (Acre, 1999) em relação ao número de serrarias em funcionamento. No trabalho da Sefe (Acre, 1999), portanto, alguns municípios (a exemplo de Cruzeiro do Sul, Plácido de Castro, Feijó, entre outros) não aparecem na Tabela 4 em razão de não possuírem serrarias, mas somente processadoras, conforme descrição em nota anterior.

**Tabela 4.** Número de serrarias, por município, do Estado do Acre.

<b>Município</b>	<b>Número de serrarias</b>	<b>%</b>
Acrelândia	3	8,6
Brasiléia	2	5,7
Capixaba	1	2,9
Porto Acre	1	2,9
Rio Branco	17	48,5
Sena Madureira	4	11,4
Senador Guiomard	2	5,7
Tarauacá	4	11,4
Xapuri	1	2,9
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Acre (1999).

### **Espécies Processadas e Volume de Resíduos**

Foi identificado um total de 25 espécies distintas processadas pelas serrarias do Acre em 1999. As dez espécies mais utilizadas, pela ordem crescente de volume processado, foram: cumaru-ferro, cerejeira, cedro, samaúma, cumaru-cetim, angelim, copaíba, jatobá, amarelão e mulateiro. Essas dez espécies respondem por cerca de 87% de todo o volume de madeira processado pelas empresas, evidenciando que a produção se concentra em poucas espécies de madeira as quais continuam sendo basicamente as mesmas encontradas nos levantamentos realizados no final da década de 80.

Com base nos volumes brutos consumidos de cada espécie, foi estimado o volume correspondente de resíduos, usando o fator de conversão 0,4814 obtido a partir do rendimento médio encontrado por Araujo (1991) no processo de desdobro de toras pelas serrarias no Acre.

Na Tabela 5 constam, para o ano de 1999, as espécies processadas e seus respectivos volumes em tora e estimativas dos volumes de resíduos gerados.

**Tabela 5.** Espécies processadas e estimativas de volumes em tora e de resíduos gerados pelas serrarias do Acre em 1999.

Espécie	Volume em tora estimado (m <sup>3</sup> )	% do volume	Volume de resíduos estimado (m <sup>3</sup> )
Cumaru-ferro ( <i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd)	26.260	17,8	12.642
Cerejeira ( <i>Torresea acreana</i> Ducke)	22.220	15,1	10.697
Cedro ( <i>Cedrela</i> sp.)	17.155	11,6	8.258
Samaúma ( <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.)	14.140	9,6	6.807
Cumaru-cetim ( <i>Apuleia molaris</i> Spruce ex Benth.)	12.120	8,2	5.835
Angelim ( <i>Hymenolobium</i> sp.)	12.120	8,2	5.835
Copaíba ( <i>Copaifera</i> sp.)	7.055	4,8	3.396
Jatobá ( <i>Hymenaea courbaril</i> L.)	6.060	4,1	2.917
Amarelão ( <i>Aspidosperma vargasii</i> A. DC.)	6.060	4,1	2.917
Mulateiro ( <i>Calycophyllum spruceanum</i> Benth.)	5.035	3,4	2.424
Ipê ( <i>Tabebuia serratifolia</i> (Vahl.) Nichols.)	4.013	2,7	1.933
Guaribeiro ( <i>Phyllocarpus riedellii</i> Tul.)	3.015	2,0	1.451
Maçaranduba ( <i>Manilkara surinamensis</i> (Miq.) Dub.)	3.015	2,0	1.451
Tauari ( <i>Couratari macroperma</i> )	2.020	1,4	972
Manitê ( <i>Brosimum uleanum</i> )	2.020	1,4	972
Violeta ( <i>Platymiscium duckei</i> Hub.)	2.020	1,4	972
Pereiro ( <i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart.)	2.020	1,4	972
Outras: mogno ( <i>Swietenia macrophylla</i> King.); faveira ( <i>Piptadenia</i> sp. (?)); matamatá ( <i>Eschweilera odora</i> (Poepp.) Miers.); aroeira ( <i>Astronium lecointei</i> Ducke); bálsamo ( <i>Myroxylon balsamum</i> Harms.); orelhinha ( <i>Enterolobium schomburgkii</i> Benth.); mirindiba ( <i>Terminalia</i> sp.); e itaúba ( <i>Mezilaurus itauba</i> (Meissn.) Taub.)	995	0,7	479
<b>Total</b>	<b>147.343</b>	<b>100,0</b>	<b>70.930</b>

Fonte: Acre (1999) e dados calculados pelo autor.

Na Fig. 6 observa-se o pátio de estocagem de toras de uma serraria com poucas espécies de madeira (a fotografia, que representa mais da metade de todo estoque de toras de uma serraria, contém apenas as espécies cumaru-ferro e cumaru-cetim).



**Fig. 6.** Pátio de estocagem de toras de uma serraria contendo poucas espécies de madeira.

### **Tipos e Aproveitamento dos Resíduos Gerados**

A Sefe investigou os tipos de resíduos gerados e o destino que é dado a estes pelas empresas (Tabela 6). Dos destinos identificados, “descarte” e “queima” são aqueles nos quais se localizam os resíduos não aproveitados pelas serrarias.

**Tabela 6.** Tipos e percentuais de destino dos resíduos gerados.

Destino	Tipo (%)			
	Serragem (pó fino)	Maravalhas (lascas)	Pontas/aparas/ peças defeituosas	Costaneiras/ cascas
Armazenamento	2,3	2,4	-	-
Carvoarias	-	-	2,3	-
Cerâmica	19,3	22,6	54,5	61,5
Composto	-	2,4	-	-
Descarte	31,8	31,0	9,1	7,7
Fabricação cabo de vassoura	-	-	2,3	-
Fonte de energia própria	2,3	-	9,1	23,1
Granja	4,5	7,1	-	-
Queima	35,3	29,7	13,6	7,7
Padaria	-	4,8	-	-
Outros	4,5	-	9,1	-
<b>Total (%)</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Acre (1999).

Para os tipos pontas/aparas/peças defeituosas e costaneiras/cascas os índices de aproveitamento podem ser considerados satisfatórios, chegando a 77,3% e 84,6% respectivamente. No entanto, o aproveitamento dos tipos serragem (pó fino) e maravalhas (lascas) é bastante baixo, atingindo apenas 34,9% para o primeiro e 39,3% para o segundo tipo.

As três figuras a seguir apresentam exemplos de: a) concentração de diferentes tipos de resíduos de madeira sendo descartados e/ou queimados no pátio de uma serraria (Fig. 7); b) forno de incineração de resíduos dos tipos serragem (pó fino) e maravalhas (lascas) (Fig. 8); e c) aproveitamento de resíduos do tipo pontas/aparas/peças defeituosas para alimentação do sistema de aquecimento de uma estufa de secagem de madeira convencional (Fig. 9).



**Fig. 7.** Diferentes tipos de resíduos de madeira sendo descartados e/ou queimados no pátio de uma serraria.



**Fig. 8.** Forno de incineração de resíduos dos tipos serragem e maravalhas.



**Fig. 9.** Aproveitamento de resíduos do tipo pontas/aparas/peças defeituosas na fornalha de uma estufa de secagem de madeira convencional.

De acordo com Araujo (1991), o percentual aproximado que cada tipo de resíduo representa no total do volume é: costaneiras/cascas, 40%; pontas/ aparas/peças defeituosas, 35%; e serragem/maravalhas, 25%. Assim, do volume total de resíduos gerados (70.930 m<sup>3</sup>), aproximadamente 28.372 m<sup>3</sup> são costaneiras/cascas; 24.826 m<sup>3</sup> são pontas/ aparas/peças defeituosas; e 17.733 m<sup>3</sup> são serragem/maravalhas. Esses percentuais, combinados com os percentuais de “descarte” e “queima”, permitem estimar que a quantidade total de resíduos não aproveitados chega a 21.335,5 m<sup>3</sup> (30,1%), sendo encontrado maior desperdício nos resíduos finos (serragem e maravalhas) que atinge 11.330,7 m<sup>3</sup> (63,9%) (Tabela 7).

**Tabela 7.** Volumes de resíduos não aproveitados pelas serrarias do Acre em 1999 de acordo com o tipo.

Tipo de resíduo	% do total	Volume total do resíduo (m <sup>3</sup> )	% não aproveitado (descarte + queima)	Volume não aproveitado (m <sup>3</sup> )
Costaneiras/cascas	40	28.372	15,4	4.369,3
Pontas/aparas/peças defeituosas	35	24.826	22,7	5.635,5
Serragem/maravalhas	25	17.732	63,9	11.330,7
Total	100	70.930	30,1	21.335,5

Fonte: Araujo (1991), Acre (1999) e dados calculados pelo autor.

### Potencial Energético dos Resíduos não Aproveitados pelas Serrarias

Segundo Brito et al. (1979), conhecendo-se a densidade básica, a umidade e a quantidade (volume) de madeira, pode-se estimar com relativa precisão a quantidade de energia da madeira e, por conversão, a quantidade de energia elétrica possível de se obter. A estimativa é feita utilizando a fórmula estabelecida por Krogh (1979), o qual observou que o poder calorífico inferior da madeira (PC<sub>i</sub>), dado em quilocalorias por quilograma (kcal.kg<sup>-1</sup>), obedece aproximadamente à seguinte fórmula:

$$PC_i = 4.590 - (51,9 U)$$

Onde:

PC<sub>i</sub> = poder calorífico inferior da madeira (em kcal.kg<sup>-1</sup>)

4.590 e 51,9 = constantes

U = teor de umidade (em %)

Associando-se essa fórmula ao volume de madeira (resíduos), à densidade básica média e à umidade média da madeira, pode-se calcular a energia potencial contida nos resíduos por meio da fórmula:

$$E = V D_b (4.590 - (51,9 U))$$

**Onde:**

**E = quantidade de energia (em kcal)**

**V = volume total dos resíduos não aproveitados (em m<sup>3</sup>)**

**D<sub>b</sub> = densidade básica média (em kg.m<sup>-3</sup>)**

**4.590 e 51,9 = constantes**

**U = teor de umidade (em %)**

Para o cálculo da energia consideraram-se o volume total estimado de resíduos não aproveitados (21.335,5 m<sup>3</sup>); a densidade básica média de 850 kg.m<sup>-3</sup>, uma vez que as espécies de madeira processadas pelas serrarias são, na sua maioria, madeiras de densidade média a pesada; e o teor médio de umidade de 40%, pressupondo que o tempo entre a formação dos resíduos e seu uso para fins energéticos não seria suficiente para reduzir o teor de umidade inicial, de modo que se estima ser a umidade intermediária entre o estado verde e o estado de equilíbrio com o ambiente. O cálculo foi da seguinte maneira:

$$E = 21.335,5 * 850 * (4.590 - (51,9 * 40))$$

Portanto, o total de energia contida nos resíduos não aproveitados gerados pelas serrarias do Acre será de:

$$E = 4,56 * 10^{10} \text{ kcal}$$

Convertendo a energia E de kcal para kWh (divide-se pelo fator 859,845), chega-se a um total aproximado de 53 milhões kWh ou 53,0 GWh.

Considerando os tipos de resíduos e os volumes que representam (Tabela 7), a energia elétrica potencial estimada de cada um é a seguinte:

$$\begin{aligned} \text{Costaneiras/cascas} &\Rightarrow E = 4.369,3 * 850 * (4.590 - (51,9 * 40)) \\ &E = 9,34 * 10^9 \text{ kcal ou } 10,8 \text{ GWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pontas/aparas/peças defeituosas} &\Rightarrow E = 5.635,5 * 850 * (4.590 - (51,9 * 40)) \\ &E = 1,20 * 10^{10} \text{ kcal ou } 14,0 \text{ GWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Serragem/maravalhas} &\Rightarrow E = 11.330,7 * 850 * (4.590 - (51,9 * 40)) \\ &E = 2,42 * 10^{10} \text{ kcal ou } 28,2 \text{ GWh} \end{aligned}$$

## **Conclusões**

Baseando-se nos cálculos da energia potencial contida no volume de resíduos sem aproveitamento gerado pelas serrarias em 1999, ou seja, 53,0 GWh, conclui-se que se todo esse volume fosse convertido em energia elétrica seria suficiente para cobrir cerca de 16,9% do consumo total de energia elétrica do Acre no ano de 1998, que foi de 314 GWh.

Quanto ao consumo energético das serrarias, conclui-se que a energia contida nos resíduos representa cerca de 14,7 vezes o consumo das empresas em 1990 (ano no qual se dispõe de dados sobre o consumo de energia elétrica das serrarias), quando existiam em atividade 137 serrarias contra as 35 de 1999.

O consumo total de energia elétrica do Estado cresceu cerca de 85% de 1990 para 1998, no entanto, o número de serrarias diminuiu cerca de 75%, levando a inferir que as indústrias de serraria podem se expandir, gerando sua própria energia a partir dos seus resíduos e ainda assim ofertar energia adicional para outras atividades econômicas. No entanto, para que isso ocorra é necessário (conforme foi destacado no decorrer deste trabalho) suprir as empresas com matéria-prima de origem sustentada, fazendo refletir que a prática do manejo florestal sustentado trará benefícios também no que se refere à oferta de energia para o Acre.

Pelos números apresentados conclui-se que o volume de resíduos não aproveitado pelas serrarias do Acre é suficiente para pensar em implantar programas de produção de energia elétrica em larga escala.

Quanto à implantação da linha de transmissão que irá integrar os sistemas elétricos do Acre e de Rondônia, em que a energia será proveniente de usinas alimentadas com gás natural e também de hidrelétrica (usina de Samuel), verifica-se que o uso da biomassa dos resíduos das serrarias é bastante competitivo, uma vez que possui custos de geração mais baixos (Tabela 1) em relação a essas fontes de alimentação energética.

## **Recomendações de Tecnologias e Equipamentos de Aproveitamento de Resíduos**

Entre as tecnologias de produção de energia elétrica em larga escala disponíveis, algumas se destacam como mais adequadas considerando as peculiaridades do Estado do Acre:

1. Centrais/Usinas termelétricas abastecidas por resíduos mostram-se bastante factíveis. A implantação e gerenciamento poderiam ser feitos pelas empresas de energia elétrica já existentes ou por empresas privadas prestadoras de serviços. Paralelamente, poderiam ser implantadas unidades de transformação dos resíduos em produtos energéticos de uso direto nas caldeiras dessas usinas como, por exemplo, fornos de carvão, máquinas de briquetagem (transformação dos resíduos, principalmente dos tipos serragem e maravalhas, em bastonetes compactados), lenha selecionada, etc. As indústrias “produtoras” dos resíduos poderiam vendê-los para as usinas, ou mesmo obter “créditos” no que se refere ao consumo de energia elétrica, reduzindo seus custos de produção.

2. Substituição do óleo diesel nas usinas termelétricas existentes. Para isso é necessário adaptar os maquinários das usinas em atividade, possibilitando o acoplamento de gaseificadores que produzem gás combustível a partir da madeira o qual substituirá o óleo diesel consumido. A substituição poderá ser parcial, pois os motores da usina terão como alternativa ser alimentados por óleo diesel ou por gás proveniente da gaseificação da madeira.

3. Equipamentos de pequeno porte como locomóveis, gaseificadores, etc., mostram-se adequados e poderiam suprir energeticamente unidades isoladas de serraria, ou seja, distantes da rede de distribuição de energia elétrica. Neste caso, poderiam, por exemplo, utilizar resíduos provenientes de atividades de manejo florestal, como galhadas, topos, sapopemas, etc.

Obviamente, estudos mais detalhados quanto à definição das tecnologias e equipamentos mais apropriados devem ser conduzidos, incluindo o conhecimento técnico de especialistas desta área (engenheiros elétricos e mecânicos, principalmente).

Em razão da vantagem comparativa em termos de custos com outros meios/ combustíveis de produção de energia, certamente os investimentos em inovações tecnológicas que possibilitem o aproveitamento de resíduos das serrarias seriam compensados em curto espaço de tempo.

## Referências Bibliográficas

ACRE. Secretaria Executiva de Floresta e Extrativismo. **Diagnóstico do Setor Florestal Madeireiro do Estado do Acre**. Rio Branco: SEFE. 1999.

ANEEL. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>> Acesso em: 27 dez. 2002.

ARAUJO, H. J. B. de. **Diagnóstico das indústrias de serraria do Estado do Acre**. Rio Branco: FUNTAC, 1991. 238 p.

ARAUJO, H. J. B. de. **Diagnóstico das indústrias de serraria de Rio Branco**. Rio Branco: FUNTAC, 1990. 157 p.

ARAUJO, H. J. B. de; SILVA, I. G. **Lista de espécies florestais do Acre** (ocorrência com base em inventários florestais). Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 78 p. (Embrapa-CPAF/AC. Documentos, 48).

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional**. Brasília, DF. 1992. 138 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional: ano base 1998**. Brasília, DF. 1999. 153 p.

BRITO, J. O.; MIGLIORINI, J. A.; BARRICHELO, L. E. G. **Estimativas energéticas para povoamentos florestais**. Piracicaba: IPEF, 1979. 10 p. (IPEF. Circular Técnica, n. 79).

CEAG/AC. **Cadastro empresarial do Estado do Acre**. Rio Branco: CEAG/AC, 1987.

COMISSÃO DE ELETRIFICAÇÃO RURAL. Comitê de distribuição. **Relatório CODI 4.02.0311.0; política de eletrificação rural**. S.L. 1992. 66 p.

ELETRONORTE. **Plano indicativo de atendimento de energia elétrica: Estado do Acre 2002 - 2011**. ELETRONORTE. 2002. 36 p.

FAO. Forestry. FAOSTAT. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry>> Acesso em: 15 maio 2000.

FONTES, P. J. P. **Aproveitamento energético da madeira derivada dos desmatamentos em Rondônia**. Brasília, DF: LPF/IBAMA, 1989. 19 p.

KROGH, G. N. E. Tecnologia para queimar madeira. **O Papel**. v. 40, n. 11. nov. 1979. p. 105-108.

MENDES, L. M.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F. Gaseificação de resíduos da indústria madeireira para geração de energia elétrica em pequenas propriedades rurais. In: WORKSHOP SUL-AMERICANO SOBRE USOS ALTERNATIVOS DE RESÍDUOS DE ORIGEM FLORESTAL E URBANA, 1997. Curitiba, **Anais**. Curitiba. 1997. p. 145-149.

SÃO PAULO. Secretaria de Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia. **Biomassa florestal como fonte de energia alternativa na substituição do óleo combustível**: uma diagnose para o Estado de São Paulo; documento síntese. São Paulo: IPEF, 1982.

SILVA, Z. A. G. P. **Mercado madeireiro na Amazônia Ocidental**: estudo de caso no Acre. Curitiba, 2000. 164 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais. Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná).

SMERALDI, R.; OLIVEIRA VERÍSSIMO, J. A. O. **Acertando o alvo**: consumo de madeira no mercado interno brasileiro e promoção da certificação florestal. São Paulo: Amigos da Terra - Programa Amazônia. Piracicaba, SP: IMAFLORA; Belém, PA: AMAZON, 1999. 41 p.

SOUZA, M. R. **Tecnologias para usos alternativos de resíduos florestais**: experiência do Laboratório de Produtos Florestais - IBAMA na área de utilização de resíduos florestais e agrícolas. In: WORKSHOP SUL-AMERICANO SOBRE USOS ALTERNATIVOS DE RESÍDUOS DE ORIGEM FLORESTAL E URBANA, 1997, Curitiba. **Anais**. Curitiba. 1997. p. 49-70.

SUDAM. **Grupamento de espécies tropicais da Amazônia por similaridade de características básicas e por utilização**. Belém: SUDAM-CTM/IPT, 1981. 237 p.

VIANA, V. M. Os caminhos para nossas florestas. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 20 jun. 2000.



---

Acre

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA,  
PECUÁRIA E ABASTECIMENTO**