

## Possibilidades do Uso de Fontes Renováveis de Energia em Manaus

Ennio Peres da Silva<sup>1</sup>

Gilberto De Martino Jannuzzi<sup>2</sup>

Ashok Gadgil<sup>3</sup>

Maria Lúcia Leonardi<sup>4</sup>

### Resumo

Neste trabalho são apresentados os potenciais e as possibilidades de utilização da energia solar, eólica, hidráulica e de biomassa no município de Manaus, AM. A motivação deste trabalho está no fato de Manaus não estar conectada aos sistemas interligados de distribuição de eletricidade, possuir atividades comerciais e industriais importantes (Zona Franca), apresentar um crescente consumo de energia, tudo isto dentro da problemática ambiental da Região Amazônica. Constatou-se neste estudo que o potencial eólico local é desprezível, que o potencial de aproveitamento da energia solar (térmica e fotovoltaica) e de geração de biogás é bastante pequeno, e que o potencial da biomassa madeira é significativo, porém controverso. O maior potencial e a melhor possibilidade de utilização das fontes renováveis de energia em Manaus encontram-se no aproveitamento hidráulico, situado fora da região próxima ao município, que deverá ser abastecido através de longas linhas de transmissão.

### 1 Introdução

Além de seus aspectos históricos e econômicos (ciclo da borracha, Zona Franca), Manaus chama a atenção por se tratar de uma região energeticamente isolada, não sendo entretanto uma pequena comunidade para as quais existem soluções energéticas tradicionais ou que podem ser exploradas em pequena escala. As características físicas, geográficas, populacionais e sócio-econômicas de Manaus já foram resumidamente apresentadas em trabalho anterior (GADGIL et alii, 1996), onde foi feita também uma apresentação do consumo de energia no município, em suas diferentes modalidades e setores, tendo-se descrito ainda a estrutura do suprimento energético atual.

Historicamente, até a implantação da Zona Franca em 1967 não havia em Manaus uma demanda significativa de energia, uma vez que a população era relativamente pequena (com exceção em alguns momentos particulares, como o do ciclo da borracha) e as atividades econômicas estavam baseadas no extrativismo e na exportação de produtos regionais "in natura". Com a Zona Franca e o programa de ocupação da região, incrementou-se a geração de eletricidade (a termoelétrica Aparecida I é de 1962) e o suprimento de derivados de petróleo (a PETROBRÁS assumiu o controle da Refinaria de Manaus - REMAM - em 1971). Em 1989 entrou em operação a Usina Hidroelétrica de Balbina, com capacidade nominal de 250 MW, tomando-se então a principal fonte de energia elétrica da região. Nos anos imediatamente seguintes, muitas unidades térmicas que estavam em operação foram paralisadas ou transferidas para outras regiões do país.

Atualmente, com o aumento do consumo, as perspectivas de falta de energia e as dificuldades econômicas de implementação de outras formas de suprimento (gás natural<sup>5</sup> ou linhas de transmissão, como será discutido adiante), várias unidades térmicas estão sendo (re)instaladas no município, indicando ser esta a saída de curto prazo adotada: geração térmica, principalmente a partir de óleo diesel, em unidades térmicas antigas, com baixos rendimentos e com elevada emissão de poluentes.

Com o intuito de se identificar alternativas a estas medidas de ampliação do fornecimento de energia, foram estudadas as possibilidades de utilização das fontes renováveis de energia na região,

<sup>1</sup> Prof. do Instituto de Física "Gleb Wataghin" da UNICAMP.

<sup>2</sup> Prof. Livre-Docente do Depto. de Energia da Faculdade de Engenharia Mecânica da UNICAMP

<sup>3</sup> Pesquisador-sênior do Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, USA

<sup>4</sup> Pesquisadora do Núcleo de Estudos e Pesquisas Ambientais da UNICAMP.

<sup>5</sup> Mais recentemente a exploração das significativas reservas de gás natural da região de Urucu está recebendo atenção especial do governo federal, PETROBRÁS e ELETROBRÁS, para abastecer termoelétricas na cidade de Manaus.

bastante desejáveis dadas as características ambientais de Manaus, em meio à Floresta Amazônica. Os resultados obtidos, já adiantados de forma resumida no trabalho citado, aqui são apresentados com detalhes, apontando os efetivos potenciais disponíveis de cada uma das fontes renováveis de energia da região e fazendo algumas correções, produto de pesquisas posteriores. As fontes renováveis consideradas foram aquelas que apresentavam algum potencial de aproveitamento na região em torno da cidade de Manaus, seja atualmente ou em um futuro não muito distante, tendo sido analisadas as seguintes opções:

- (a) Energia Solar: aquecimento de água e geração de eletricidade (energia fotovoltaica),
- (b) Energia Eólica: geração de eletricidade e bombeamento de água,
- (c) Energia Hidráulica: geração de eletricidade, e
- (d) Biomassa: produção de combustíveis (sólidos, líquidos e gasosos) e geração de eletricidade.

## 2 O Potencial da Energia Solar em Manaus

Os dados de insolação disponíveis para a cidade de Manaus estão apresentados na Tabela 1 (VILLA NOVA e SALATTI, 1977). Os valores mostrados, que embora sejam de 1976 permanecem atuais, indicam que a incidência de energia solar em Manaus não é das mais favoráveis, considerando a baixa latitude que se encontra, sendo sua média anual da mesma ordem da incidência verificada por exemplo na cidade de Campinas, SP, situada em uma latitude sul bem mais elevada (22°53'S).

**Tabela 1- Valores calculados de radiação no topo da atmosfera ( $E_o$ ), máxima radiação medida ( $E_m$ ) e valores médios observados ( $E$ ) para a cidade de Manaus (AM), em MJ/m<sup>2</sup>.dia.**

Estado: Amazonas  
Período: 1976

Estação: Manaus Latitude: 3° 08'S  
Longit.: 60°02' W

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
$E_o$	37,14	37,88	37,34	35,29	32,99	31,90	32,78	34,99	36,84	32,42	36,88	36,54	35,66
$E_m$	30,31	30,77	30,64	28,88	26,58	25,49	26,41	28,46	30,14	30,64	29,76	29,76	29,01
$E$	19,17	14,78	14,06	13,39	17,50	17,66	20,64	22,19	23,40	19,21	15,91	15,91	18,00

Os valores médios relativamente baixos de incidência da energia solar explicam-se pelo reduzido número de horas de insolação para a cidade de Manaus: o total verificado no ano de 1991 foi de 1.541,8 horas, ou seja, apenas 35 % do número máximo (no topo da atmosfera) de 4.416,5 horas. Por sua vez, esta baixa insolação é resultante do elevado índice pluviométrico da região, que durante o ano de 1991 foi de 2.275,8 mm de água, enquanto a média da maioria das capitais do país no mesmo ano foi de 1910 mm, e a insolação total média de 2.170 horas (IBGE, 1992).

### 2.1 Uso Térmico da Energia Solar

O uso térmico da energia solar, apesar de possível em inúmeras aplicações, tais como bombas de calor, refrigeração, etc., neste trabalho será considerado apenas para o aquecimento de água, através de coletores solares planos, por ser a tecnologia melhor desenvolvida e de uso mais imediato. Esta aplicação pode se dar em residências, em algumas edificações do setor comercial, principalmente em hotéis, motéis, restaurantes e assemelhados, em algumas indústrias que empregam água quente ou vapor, e em alguns casos também no setor público, como em creches públicas, restaurantes populares, etc..

#### 2.1.1 Estimativa para o Setor Residencial

Segundo a Agência para Aplicação de Energia do Estado de São Paulo (AGÊNCIA, 1985), de 33 % a 45 % do total da energia elétrica consumida pelo setor residencial do Estado de São Paulo são utilizados para aquecimento de água, sendo de 42 % a média estadual, tendo-se como usos finais banhos (chuveiros e duchas), lavagem de roupas (máquinas de lavar roupa) e lavagem de utensílios domésticos (torneiras de água quente e lava-louças).

No caso de Manaus, onde a temperatura média ambiente é mais elevada, o percentual do consumo de eletricidade destinado ao aquecimento de água é bem menor. De fato, segundo pesquisa recente financiada pelo PROCEL/ PNUD (JANNUZZI et alli, 1996), apenas 5,4 % das residências de

Manaus possuem chuveiros elétricos (o percentual varia de 0,9 % nas classes mais baixas a 26,7 % nas mais altas), contrastando bastante com a situação do Estado de São Paulo, onde estes equipamentos estão presentes em aproximadamente 85 % das residências.

Aplicando-se a relação observada para o Estado de São Paulo (42 % do consumo de eletricidade para uma presença de chuveiros elétricos em 85 % das residências) para Manaus, em cada classe de consumidor, obtêm-se as quantidades de energia elétrica utilizadas no aquecimento de água mostradas na Tabela 2.

**Tabela 2- Estimativa da redução de consumo de energia elétrica pelo uso de coletores solares em Manaus (em 1996).**

Classe de consumidor (em kWh/mês)	Consumo anual (TJ)	% utilizado no aquecimento de água	Consumo anual para aquecimento de água (TJ)
F5(acima de 1.000)	404,0	13,2	53,3
F4(de 501 a 1.000)	589,7	9,7	57,2
F3(de 201 a 500)	741,7	2,7	20,0
F2(de 101 a 200)	442,1	1,2	5,3
F1(até 100)	127,4	0,4	0,5
TOTAL	2.304,9	--	136,3

Portanto, a redução máxima de consumo de eletricidade residencial em Manaus pela introdução generalizada de coletores solares planos corresponde a um potencial total médio no ano de aproximadamente 4 MW méd (136,3 TJ/ano ou 37.881 MWh/ano).

Entretanto, considerando-se os custos dos coletores solares e de sua instalação, e também que sua utilização venha a depender exclusivamente dos consumidores, não se pode pretender que todos as residências de Manaus venham a empregá-los. Assim, consideramos razoável uma penetração dos coletores apenas nas residências de maior poder aquisitivo, ou seja, nas classes F4 e FS especificadas anteriormente. Dessa maneira, por iniciativa exclusivamente privada, isto é, sem programas de incentivo, o potencial prático atual de redução de consumo de eletricidade será da ordem de 110,5 TJ ao ano, ou seja, o equivalente a um potencial médio no ano da ordem de 3 MW méd.

Atualmente, nas regiões onde o uso de coletores solares planos está disseminado, apenas 25 % das residências das classes sociais mais altas utilizam estes equipamentos (YÁNEZ, 1996), de maneira que pode-se esperar somente um potencial médio de 27,6 TJ/ano, ou seja, algo abaixo de 1 MW méd de potência evitada.

### 2.1.2 Estimativa para o Setor Comercial

Enquanto uma cidade turística e de negócios, principalmente pela presença da Zona Franca, Manaus possui uma grande quantidade de hotéis, apart-hotéis, clubes e restaurantes, que possibilitam a utilização de coletores solares planos para aquecimento de água. Como para este setor também não se dispõem de medições diretas do consumo de energia para esta finalidade, pode-se utilizar o mesmo percentual obtido para o setor residencial, ou seja, volta de 6 % do consumo total de eletricidade. Considerando então que o consumo de energia elétrica neste setor foi de 920 TJ em 1992 (GADGIL et alli, 1996), obtêm-se uma energia anual possível de ser evitada de 55,2 T.I (15.333 MWh), ou seja, uma potência média evitada no ano da ordem de 1,5 MW méd.

Analogamente ao caso do setor residencial, considerando-se apenas 25 % dos estabelecimentos comerciais como possíveis de utilizar estes equipamentos, obtêm-se um potencial prático médio de 13.8 TJ/ano, ou seja, inferior a 1 MW méd.

### 2.1.3 Estimativa para o Setor Industrial

Segundo dados econômicos da Zona Franca de Manaus, os principais setores industriais da região são os de materiais eletro-eletrônicos, bicicletas e motocicletas (duas rodas), de produtos de matérias plásticas, relojoaria e de canetas, isqueiros e artigos de cutelaria, que juntos representaram 78 % do faturamento da Zona Franca em 1992 (BRASIL, 1994). Nestes setores a utilização de coletores solares planos praticamente não se aplica, de maneira que podemos considerar desprezível o potencial de uso desta forma de energia solar no setor industrial de Manaus.

#### 2.1.4 Estimativa para o Setor Público

O setor público praticamente não se utiliza de fontes térmicas de energia (GADGIL et all, 1996), sendo que do uso de eletricidade (60% do total neste setor) quase que metade corresponde à iluminação pública. Dessa maneira, pode-se considerar desprezível o potencial de substituição de eletricidade neste setor por energia térmica solar. Entretanto, do ponto de vista da implementação desta tecnologia, cabe ao setor público estimular sua utilização e dar o exemplo em termos de aplicação. Portanto, nos casos onde for possível a introdução dos coletores solares, o setor público deveria adotá-los, mostrando sua viabilidade e economicidade.

Sobre este mesmo aspecto deve-se salientar os trabalhos realizados no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, onde foram feitos importantes estudos sobre várias opções energéticas, incluindo a análise do desempenho local de aquecedores solares.

#### 2.2 Uso Fotovoltaico da Energia Solar

No caso da energia solar fotovoltaica, verifica-se atualmente que, devido ao ainda elevado custo das células solares, o uso desta forma de geração direta de energia elétrica é restrito a algumas situações e locais, em regiões distantes das redes elétricas, onde o custo de construção de linhas de transmissão até estas localidades é desvantajoso em relação aos custos da energia fotovoltaica.

No Brasil, considerando-se a extensa rede de distribuição de energia elétrica e sua interligação entre diversas regiões do país, o uso de painéis solares fotovoltaicos tem sido compensador apenas para a alimentação de transmissores de rádio situados em locais de difícil acesso, bóias marítimas de sinalização e em postos florestais e pequenas comunidades isoladas, onde recentemente foram implantados alguns sistemas.

A cidade de Manaus, enquanto município servido por rede elétrica (94% das residências são atendidas pela rede), não apresenta hoje situações favoráveis ao uso da energia solar fotovoltaica, sendo portanto nulo seu potencial atual. Entretanto, vale mencionar a existência no município uma empresa, a Amazonas Energia Solar Ltda., que comercializa estes equipamentos, empregados principalmente para iluminação, bombeamento de água e televisão, em localidades isoladas, fora de Manaus.

Futuramente, quando os custos dos painéis fotovoltaicos deverão ser algumas vezes inferiores aos valores hoje praticados, poder-se-á então determinar um potencial para estes equipamentos, porém não muito significativo, dado o número reduzido de horas de insolação da região onde se situa Manaus. Neste caso, pode-se imaginar uma quantidade de energia elétrica a ser produzida por uma área equivalente a 1% da atual área cultivada (3.500 ha), considerando-se uma eficiência de conversão dos painéis fotovoltaicos de 10% e uma incidência de energia solar média de 18 MJ/(m<sup>2</sup>.dia) (Tabela I), o que resulta em uma quantidade de energia de 2,3 x 10<sup>8</sup> MJ/ano (230 TJ/ano), ou seja, numa potência média no ano de 7,3 MW méd.

### 3 A Energia Eólica em Manaus

A grandeza fundamental para se avaliar o potencial eólico de uma região é a velocidade do vento local ( $v$ ), que influi de forma cúbica ( $v^3$ ) no cálculo do potencial disponível.

Portanto, a viabilidade ou não do uso de sistemas eólicos depende essencialmente do regime de ventos da região considerada, podendo-se afirmar, através dos inúmeros casos já estudados, que em geral a opção de geração de energia elétrica através de aerogeradores deve ser considerada apenas em localidades que apresentem uma velocidade média dos ventos maior ou da ordem de 6 m/s. Para regiões onde os ventos disponíveis possuem velocidades inferiores a esta, deve-se cogitar apenas no uso da energia eólica para o bombeamento de água (atendimento de pequenas comunidades, irrigação, etc.), mesmo assim em localidades não servidas pela rede elétrica, ou onde os custos de geração de eletricidade sejam elevados.

O mapa eólico brasileiro produzido pela ELETROBRÁS (1988), a partir de dados obtidos pelo Ministério da Aeronáutica (em aeroportos), e Secretarias da Agricultura (em postos meteorológicos), indica para a região de Manaus uma velocidade média dos ventos de aproximadamente 1,5 m/s. Além disso, este estudo da ELETROBRÁS aponta também a ocorrência de elevados períodos de calmaria, produzidos pela influência das massas de ar que dominam a região, como a Massa Equatorial Continental e a Convergência Intertropical, esta última atuando durante quase todo ano, provocando instabilidade e a predominância de movimentos verticais das massas de ar em lugar de movimentos horizontais.

Entretanto, estes dados obtidos em aeroportos devem ser corrigidos (ROHATGI et alli, 1993) para expressarem corretamente a velocidade média dos ventos. Como não estão disponíveis medidas diretas específicas para esta finalidade em Manaus, estimou-se uma correção dos dados do mapa eólico da ELETROBRÁS, a partir de alguns casos conhecidos: Fortaleza (CE) e Campinas (SP). A média destas correções indicou um fator de 1,6 vezes os valores fornecidos pelo mapa, de forma que, aplicando-se este fator à cidade de Manaus obtém-se uma velocidade média dos ventos de 2,4 m/s. Este valor está mais próximo dos registros do Instituto Nacional de Meteorologia (1º Distrito, Manaus), que apontam para o período de 1979-1980 uma velocidade média dos ventos de 3,2 m/s (RIBEIRO, 1985). Mesmo com a correção efetuada, vê-se que a região de Manaus não é muito propícia para o aproveitamento eólico, sendo recomendável apenas a utilização desta energia para fins de bombeamento de água, mesmo assim nas localidades mais afastadas das redes de distribuição de energia elétrica.

Considerando-se agora a localização geográfica de Manaus, seu elevado índice pluviométrico e a enorme malha de pequenos rios e igarapés que cortam a região, ou seja, a pouca necessidade de irrigação ou acumulação de água, conclui-se que a opção de uso da energia eólica nesta localidade deve ser praticamente descartada. Esta conclusão coincide com vários outros estudos, como o Plano 2015 da ELETROBRÁS (1994), que cita apenas o Norte de Roraima como região promissora para aproveitamento eólico na Região Norte do país, e o estudo elaborado pela Cia. Elétrica do Amazonas (RIBEIRO, 1985).

#### **4 A Energia Hidráulica em Manaus**

Para se conhecer o potencial hidráulico de uma região é necessário o levantamento das curvas de vazão e de frequência de seus rios por um longo período (normalmente superior a 10 anos), estabelecendo-se a vazão média e as situações de piores secas e enchentes. A partir destes dados preliminares, o estudo geográfico da região indicará as melhores localizações das barragens, onde devem ser levados em conta os menores custos para a obra, a obtenção dos maiores potenciais e os menores impactos ambientais.

Portanto, para a realização deste trabalho, considerou-se apenas os estudos já realizados na região de Manaus, bem como os projetos hidroelétricos já estabelecidos, envolvendo as empresas com concessão de exploração do potencial hidráulico da área, a saber, a ELETRONORTE, a CEAM e a ELETROBRÁS.

O Estado do Amazonas, apesar de apresentar uma admirável malha fluvial, possui poucos aproveitamentos hidráulicos. A principal razão para este fato é a pequena inclinação da região, o que pode ser comprovado pela cota do rio Amazonas a 3.100 km de sua foz (nível do mar), que é de apenas 65 metros (a altitude da cidade de Manaus é 92 m). Este fato reflete-se também no impacto ambiental causado pela grande área inundada das barragens da região, como é o caso da Hidroelétrica de Balbina.

Todos os possíveis aproveitamentos já levantados, estudados e já em operação, situados a uma distância não superior a 500 km de Manaus, estão listados na Tabela 3. Pode-se concluir da tabela que no curto prazo não há, com exceção de Cachoeira Porteira, perspectiva de que novos aproveitamentos hidráulicos venham suprir a região de Manaus, uma vez que a maioria dos aproveitamentos encontra-se atualmente ainda na fase de estudos e que os prazos de construção de hidroelétricas de porte são bastante longos. Assim, não se deve contar com estes aproveitamentos antes da primeira década do próximo século, mesmo que alguma destas obras seja iniciada imediatamente.

Quanto à Hidroelétrica de Cachoeira Porteira, esta é uma das alternativas da ELETROBRÁS e da ELETRONORTE para o suprimento de energia elétrica para a região de Manaus. Localizada no rio Trombetas, no Estado do Pará, e situada a aproximadamente 480 km de Manaus, prevê-se para este aproveitamento um potencial de 700 MW elétrico (mais 700 MW em uma segunda etapa), com uma perspectiva de início de operação para 2003, o que é pouco provável diante dos atrasos atualmente verificados em todos estes tipos de projeto (ELETRONORTE, 1988).



**Tabela 3 - Aproveitamentos hidroelétricos situados até 500 km de Manaus  
(ELETROBRÁS, 1993)**

Aproveitamento	Rio (Estado)	Potencial(MW)	Situação
Balbina	Uatuma(AM)	250(efetiva)	Op. Desde de 1989
Apui	Juma(AM)	1,60(nominal)	Op. prevista 1997
Katuema	Jatapu(AM)	346(nominal)	Estudos
Onça	Jatapu(AM)	306(nominal)	Estudos
Fumaça	Pitinga(AM)	107(nominal)	Estudos
Pitinga	Pitinga(AM)	10(efetiva)	Estudos
Ponta da Ilha	Trombetas(AM)	98(nominal)	Estudos
Treze Quedas	Trombetas(PA)	168	Estudos
Turuna	Turuna(PA)	55	Estudos
Manoel José	Trombetas(PA)	163	Estudos
Maniva	Trombetas(PA)	83	Estudos
Taja	Trombetas(PA)	272	Estudos
Ananai	Cachorro(PA)	208	Estudos
Carona	Mapuera(PA)	254	Estudos
Cachoeira Porteira 1	Trombetas(PA)	700	Op. Prevista 2003
Cachoeira Porteira 2	Trombetas(PA)	350 (ou 700) <sup>a</sup>	Estudos
Armazém	Erepecuru(PA)	590	Estudos
Mel	Erepecuru(PA)	748	Estudos
Paciência	Erepecuru(PA)	625	Estudos
Carapanã	Erepecuru(PA)	920	Estudos
Itapacura 1	Itapacura(PA)	8,2	Estudos
Itapacura 2	Itapacura(PA)	6,7	Estudos

a: ELETRONORTE, 1988

Até a entrada em operação de Cachoeira Porteira, uma outra possibilidade de abastecimento hidroelétrico de Manaus que está sendo estudada é a interligação da Usina Hidroelétrica de Tucuruí (ELETRONORTE, 1991), também localizada no Estado do Pará, com a margem esquerda do Rio Amazonas, envolvendo as cidades de Belo Monte, Serra Azul, Alenquer, a Usina Hidroelétrica de Cachoeira Porteira (a ser construída) e a Hidroelétrica de Balbina (já em operação), chegando-se até a cidade de Manaus, perfazendo um total de aproximadamente 1.600 km. As quantidades de energia transportadas pelo sistema seriam da ordem de 400 MW em uma primeira etapa, atingindo-se o equivalente a 1.500 MW em uma etapa posterior, quando da operação da Usina de Cachoeira Porteira. Sem considerar-se a construção desta usina, o prazo para a implantação deste sistema está estimado em aproximadamente 3 anos após a conclusão do projeto básico.

Uma terceira opção que está sendo considerada é a importação de energia da Usina Hidroelétrica de Guri, na Venezuela, distante aproximadamente 1.600 km de Manaus. Esta opção é bastante complexa, pois envolve negociações e acordos internacionais com o país vizinho, sendo que no momento os estudos realizados trabalham com uma previsão de fornecimento de 500 MW, que poderá atingir até 1.000 MW. Pelas semelhanças técnicas (linhas de transmissão) e de distância, pode-se estimar para este caso também um prazo de aproximadamente 3 anos, a partir do início das obras, para esta energia estar disponível em Manaus (POOLE, 1990).

Por fim, alguns pequenos potenciais hidráulicos podem ser aproveitados, como pequenas centrais hidroelétricas (P.C.H.), porém o potencial total estimado neste caso para a região de Manaus é quase insignificante.

Como não há perspectiva de construção de usinas hidroelétricas na região próxima a Manaus, não serão aqui abordados os importantes e diversificados impactos ambientais que estão associados a este tipo de aproveitamento energético, principalmente em uma região ecologicamente complexa e pouco conhecida como a Amazônica, onde empreendimentos equivocados como o de Balbina já foram realizados.

## 5 A Energia de Biomassa em Manaus

Para se estabelecer o potencial de biomassa energeticamente aproveitável de uma região, deve-se conhecer seus recursos vegetais e agropecuários, as características locais de cultivo e

aproveitamento dos produtos e resíduos, bem como suas características de clima e solo, que permitam avaliar as possibilidades de se introduzir culturas energéticas.

No caso de Manaus, a principal região agrícola do município está localizada ao norte, no Distrito Agropecuário, cujas atividades agropecuárias mais importantes estão listadas nas Tabelas 4, 5 e 6 (SEPLAN/CODEAMA, 1994).

**Tabelas 4 - Principais produtos agrícolas de Manaus (em 1989)**

Produto	Área colhida(ha)	Quantidade(t)	Resíduos
Mandioca	2.500	29.500	Ramas
Laranja	368	(26.240 mil frutos)	Bagaço
Guaraná	208	11	--
Cacau	78	21	Cascas
Limão	40	(7.670 mil frutos)	Bagaço
Tangerina	35	(4.435 mil frutos)	Bagaço
Coco-da-baía	28	207	Cascas

As culturas listadas na Tabela 4 correspondem a aproximadamente 97 % da área total cultivada na cidade de Manaus. Com exceção da mandioca, que pode ser empregada na produção de álcool etílico, nenhuma das outras culturas são energéticas. Entre estas, pode-se citar apenas a cana-de-açúcar, com uma área plantada reduzida (10 ha em 1989), com uma produção de somente 400 toneladas, destinadas à fabricação de aguardente.

**Tabela 5 - Principais produtos de extração vegetal de Manaus (em 1990)**

Produto	Produção(kg)	Resíduo
Gomas não elásticas	480.790	--
Borracha	186.295	--
Castanha	(70.298 hectalitros)	Cascas
Óleo de copaíba	8.442	
Piçava	6.900	
Madeira	(3.466m <sup>3</sup> )	Galhos, folhas e raízes

**Tabela 6 - Atividades pecuárias e avícolas de Manaus (em 1990)**

Produto	Produção(kg)	Resíduo
Aves(*)	1.299.419	"Camas"(**) e esterco
Bovinos e bufalinos	19.349	Esterco
Suínos	6.044	Esterco
Eqüinos	990	Esterco
Ovinas e caprinos	469	Esterco

(\*) Galinhas, galos, frangos(as), pintos e codornas

(\*\*) Forragens de raspas de madeira, palhas ou cascas utilizadas nas granjas.

Dos produtos agrícolas e de extração pode-se estimar o potencial energético apenas da mandioca e dos produtos cítricos (laranja, limão e tangerina), uma vez que alguns não apresentam resíduos, outros apresentam áreas reduzidas de colheita e ainda, como no caso do cacau e da castanha, as unidades utilizadas nos dados disponíveis não permitem estabelecer suas respectivas quantidades de resíduos. Para os dois produtos mencionados têm-se as características da Tabela 7.

**Tabela 7 - Produtividades anuais e poderes caloríficos dos principais resíduos agrícolas de Manaus.**

Resíduos	Produtividade (t/ha.ano)	Poder calorífico (MJ/kg)
Mandioca: rama seca <sup>a</sup>	12	15,76
Cítricos: bagaço <sup>b</sup>	25(fruta)	2,11(base úmida)

a: (SINERGE, 1988)

b: (BURWELL, 1978)

Tomando-se as respectivas áreas colhidas anualmente, pode-se estimar as quantidades de resíduos e as energias a elas associadas, que totalizaram em 1989/1990 496,2 TJ, ou seja, 15,7 MW méd. Evidentemente que na prática não se pode pensar que toda esta biomassa possa ser aproveitada. Adotando-se o mesmo percentual de aproveitamento estimado para o caso dos resíduos da cana de açúcar (palhas e pontas), ou seja, 50% do total, obtém-se um potencial médio de 248,1 TJ ao ano, algo por volta de 7,8 MW méd.

Deve-se observar que as produtividades da mandioca e dos produtos cítricos calculados a partir da Tabela 4 são bem menores que as apresentadas na Tabela 7, indicando que estes potenciais podem estar superdimensionados.

Por seu lado, a atividade avícola e pecuária produz uma quantidade importante de esterco, que apresenta um potencial interessante para a geração de biogás, como está mostrado adiante.

### 5.1 Cultivo de Espécies para a Produção de Etanol

Existem três processos principais de obtenção de etanol a partir da biomassa: através de compostos sacarídeos (açúcar), amiláceos (amido) e celulósicos. No primeiro grupo estão os açúcares monossacarídeos como a dextrose (glicose) e a frutose, e os dissacarídeos como a sacarose, a maltose e a lactose. Os compostos amiláceos e celulósicos são compostos polissacarídeos.

O processo mais econômico de produção em larga escala de etanol é a fermentação de açúcares pela ação de bactérias ou leveduras, resultando em etanol e CO<sub>2</sub>; em se tratando de compostos di ou polissacarídeos, uma etapa anterior será necessária para a redução destes compostos em monossacarídeos (glicose).

A produção de etanol a partir do amido extraído da mandioca já foi experimentada no país em escala industrial, não havendo dificuldades tecnológicas para sua realização. Entretanto, devido às etapas preliminares adicionais (a partir da conversão do amido em açúcar o processo é semelhante àquele que emprega a cana-de-açúcar), o custo deste processo não permitiu sua expansão como alternativa energética, sendo que inúmeras instalações experimentais foram fechadas ou convertidas ao uso da cana-de-açúcar. Para estes vegetais têm-se os rendimentos da Tabela 8:

**Tabela 8 - Rendimentos da produção de etanol a partir da cana-de-açúcar e da mandioca (M.M.E., 1982).**

Biomassa	Produtividade (t/ha)	Rendimento (l/t)	Rendimento (l/ha)
<b>Cana-de-açúcar</b>	<b>50</b>	<b>70</b>	<b>3.500</b>
<b>Mandioca</b>	<b>25</b>	<b>180</b>	<b>4.500</b>

Considerando que já existe em Manaus um consumo de álcool etílico pelo setor automotivo e que este produto é praticamente todo importado das regiões Sudeste e Nordeste do país, o mercado deste energético na cidade é o próprio mercado consumidor, que em 1992 foi de 78 mil m<sup>3</sup>, entre álcool hidratado (GADGIL et alli, 1996) e anidro (estimado a partir do percentual médio de 22 % do consumo de gasolina).

Na hipótese de se suprir este mercado com etanol produzido na própria região, segundo os dados da Tabela 8 seria necessário o plantio de mais de 22.000 ha de cana de açúcar ou mais de 17.000 ha de mandioca, considerando-se o cultivo exclusivo de uma ou outra espécie. Comparando-se estes valores com a área atualmente cultivada em Manaus, cerca de 3.500 ha, conclui-se que é muito difícil no momento atender-se todo o mercado consumidor, produzindo-se etanol apenas no município (toda a área cultivada atual deveria ser aumentada em até 5 vezes).

Além do etanol, as usinas de cana de açúcar produzem uma grande quantidade de bagaço e vinhoto. Parte do bagaço é utilizado na própria usina para a geração de vapor e energia elétrica (cogeração), utilizados em todo o processo. O crescente aumento da eficiência de operação das usinas fez com que atualmente estas unidades industriais possuam a capacidade de gerar eletricidade acima de suas necessidades e, através de contratos especiais com as concessionárias de energia elétrica, algumas unidades já fornecem eletricidade para a rede.

Entretanto, no caso de Manaus, que apresenta um cultivo de somente 10 ha de cana de açúcar (1989), ou seja, aproximadamente 500 ton/ano de cana, tem-se apenas algo em tomo de 135 ton de bagaço (1 ton cana produz 270 kg de bagaço) (M.M.E., 1985a), o que equivale a 1,3 TJ/ano. Supondo-se



então que mesmo 50 %o desta energia pudesse ser aproveitada em um processo de cogeração, então o potencial anual médio disponível seria de apenas 20 kW méd, portanto quase insignificante.

Quanto ao vinhoto, que antigamente na Região Sudeste era jogado em pequenos ribeirões e córregos provocando a mortandade de peixes (falta de oxigênio, devido ao consumo deste gás dissolvido na água pelos produtos do vinhoto), atualmente tem sido devolvido ao solo como adubo e irrigação. após algumas correções em seu pH. A aplicação energética do vinhoto é a sua biodigestão, o que no caso atual da cidade de Manaus também possui um interesse ainda menor, dada a pequena produção de cana de açúcar no município e o fato de a energia a ser extraída na forma de biogás por tonelada de cana é aproximadamente 10 vezes inferior à energia obtida com o bagaço, ou seja, no caso de Manaus seria da ordem de apenas 4 kW méd durante o ano.

Por outro lado, o cultivo da mandioca é expressivo em Manaus (Tabela 4), correspondendo a uma área de plantio 250 vezes maior do que a área de cana de açúcar. Considerando-se uma produtividade de 4.500 litros/ha (Tabela 8), então a atual área plantada de mandioca em Manaus permitiria a produção de até 11 milhões de litros de álcool etílico por ano (253,3 TJ/ano, ou 8,0 MW méd), ou seja, 14 % do consumo verificado em 1992, além de gerar como resíduo alguma coisa como 135 milhões de litros de vinhoto, que representariam mais 1,3 MW méd de energia na forma de biogás.

Como já foi mostrado, o uso da mandioca para suprir todo o consumo de etanol de Manaus é impraticável no momento. No máximo pode-se considerar uma expansão, a médio prazo, equivalente à área hoje cultivada, ou seja, da ordem de 3.500 ha, o que resultaria em uma produção de quase 16 milhões de litros por ano, equivalente a uma potência anual média de 11,2 MW méd. (353,2 TJ/ano), não se incluindo a produção de mandioca atual, que pode ser considerada como um potencial já hoje disponível.

É sabido que o álcool etílico de mandioca apresenta um custo mais elevado que aquele produzido a partir da cana de açúcar, devido principalmente às etapas adicionais de processamento anteriores à fermentação e maior necessidade de energia externa, uma vez que não produz bagaço e seus resíduos têm sido pouco aproveitados. Entretanto, considerando-se que as condições de cultivo desta espécie vegetal na região de Manaus são mais favoráveis que as da cana-de-açúcar, e que o custo do transporte do etanol de cana das regiões Sudeste e Nordeste para Manaus encarece este produto, esta opção energética pode ter um custo competitivo e sua viabilidade econômica deve ser avaliada.

## **5.2 O Cultivo de Florestas e o Uso Energético de Madeiras em Manaus**

A energia que pode ser extraída da madeira depende do seu tipo, densidade, teor de cinzas, umidade, etc. De uma forma genérica, atribuí-se à madeira (lenha) um poder calorífico médio de 10,56 MJ/kg (função da umidade) (M.M.E., 1985a). O potencial energético das florestas é estabelecido a partir da produtividade de cada espécie, sua rotatividade (tempo necessário para a reposição da área utilizada), o que depende de cada espécie cultivada, do tipo de solo, região, etc., e do seu poder calorífico.

A cidade de Manaus, de colonização antiga, com intensa atividade agrícola e pecuária, não possui mais grandes áreas de florestas naturais (primárias) que possam ser exploradas para fins energéticos continuados, ou seja, respeitando-se os períodos naturais de recomposição das mesmas, que se situam entre 15 e 30 anos. Além disto, esta atividade concorre com a exploração de madeiras para finalidades não energéticas.

Portanto, o uso energético da madeira no município de Manaus só pode ser feito através dos resíduos das indústrias madeireiras, ou através de um programa de cultura de espécies ou reflorestamento. Estas duas últimas atividades possuem muitos críticos de sua exequibilidade, enquanto as indústrias madeireiras se deslocam para áreas cada vez mais distantes de Manaus.

Por outro lado, estima-se um consumo de lenha da ordem de 5 % do consumo total de energia para Manaus (GADGIL et alli, 1996), principalmente pelo setor industrial. Da mesma maneira, verificou-se em 1988 um consumo aproximado na cidade de 2.000 toneladas de carvão vegetal (CORRÊA et alli, 1989), o que equivale a algo em torno de 57 TJ no ano.

A produção de carvão vegetal na região tem sido feita através de técnicas primitivas (medas e fomos tipo "rabo quente", de baixo rendimento), em localidades próximas à Manaus (principalmente às margens das rodovias de acesso à capital) e destina-se basicamente ao setor industrial e comercial, principalmente o primeiro, como insumo químico.

O uso energético do carvão vegetal já foi, como a madeira, considerado em inúmeros estudos (ELETROBRÁS, 19831, e continua sendo apontado como uma opção importante a ser considerada (ELETROBRÁS, 1994), principalmente no caso das regiões amazônicas, sem que no entanto esta alternativa tenha sido empregada em escalas significativas.

No caso do uso energético da madeira (lenha), apesar de não existirem grandes unidades de geração de eletricidade a partir deste energético, existe um número razoável de pequenas unidades, notadamente junto às madeireiras, que aproveitam sobras de madeira para a produção de eletricidade para consumo próprio. Estas unidades, conhecidas por locomóveis, são máquinas a vapor, portanto com baixos rendimentos, possuindo potências em geral inferiores a 100 kW.

Algumas concessionárias de energia elétrica da Região Norte também operavam este tipo de equipamento mas, ao contrário das serrarias, que estão satisfeitas com seus locomóveis (CORRÊA et alli, 1989), desativaram progressivamente estas máquinas devido a problemas de sincronia entre mais de um locomóvel, baixa eficiência e dificuldades de operação.

Quanto à viabilidade desta tecnologia, existem experiências bem sucedidas, como as termoelétricas a lenha de alguns autoprodutores (por exemplo a Paranapanema), a usina de Samuel e de Jari, bem como algumas outras que apresentaram muitos problemas, como as Usinas de Ariquemes (RO) e Brasília (AC).

De qualquer forma, o uso da madeira tem sido bastante considerado para a geração de energia elétrica em toda a Amazônia, podendo-se citar aqui o estudo da SATHÉL (POOLE et alli, 1990), que aponta a viabilidade desta opção frente ao uso do óleo diesel, e as conclusões contidas no Plano 2015 da ELETROBRÁS (1994), que apontam boas perspectivas para esta opção a médio e longo prazo, recomendando no curto prazo a realização de projetos-pilotos em escala industrial para testes e avaliação desta tecnologia. Evidentemente que Manaus será uma localidade propícia para a instalação das primeiras plantas-piloto.

Considerando-se então estas perspectivas de utilização energética para a geração de eletricidade e considerando-se também o resultado de um estudo da CESP (LEITE, 1979) que indica uma viabilidade para o transporte da lenha em distâncias de até 100 km, pode-se supor uma área de exploração de madeira de aproximadamente 31.400 km<sup>2</sup> ao redor da usina. Como a área do município de Manaus é de 11.684 km<sup>2</sup> e em suas redondezas existe quase que tão somente floresta nativa, chega-se a uma área mínima de 20.000 km<sup>2</sup> para a exploração energética da madeira.

Levando-se em conta agora as características desta mata natural, de forma a minimizar-se os impactos ambientais de seu uso, ou seja, um prazo de 20 anos para a recuperação da área utilizada, pode-se pensar na disponibilidade anual de 1.000 km<sup>2</sup> de floresta natural para a geração de energia. Portanto, tomando-se uma produtividade de 10 toneladas de madeira por hectare e um poder calorífico de 10,56 MJ/kg, chega-se a um potencial médio anual de 334,8 MW méd, sendo possível pensar-se na geração de até 100 MW méd elétrico durante o ano (eficiência de conversão de 30%), ou seja, aproximadamente metade da energia elétrica hoje gerada em Manaus.

Pode-se supor então que o mercado atual para a utilização energética das florestas na geração de energia elétrica é todo o consumo local de eletricidade. Entretanto, como já foi mostrado, a tecnologia para esta aplicação ainda não está completamente madura e o indicado é a implantação, a curto prazo, de uma planta-piloto para testes e avaliação, principalmente dos efeitos ambientais provocados. Assim sendo, chegou-se à mesma conclusão apontada no Plano 2015 da ELETROBRÁS (1994), que recomenda uma planta-piloto em tomo de 50 MW, sem que no entanto a rotatividade anual e a área de floresta a serem adotadas para o suprimento desta planta-piloto sejam divulgadas. No caso aqui abordado, seria necessária uma área de corte de 500 km<sup>2</sup>/ano, de um total de 10.000 km<sup>2</sup> ( 1 milhão de hectares).

### 5.3 A Produção e o Processamento de Óleos Vegetais

Os óleos vegetais se caracterizam por uma mistura de compostos orgânicos, principalmente ésteres derivados do glicerol com ácidos graxos, denominados genericamente de glicerídeos, pertencentes à categoria dos lipídeos. Devido a suas características, os óleos vegetais são candidatos importantes à substituição do óleo diesel em veículos automotivos e motores-geradores. Pode-se utilizar, sem qualquer alteração no motor, uma mistura de diesel com até 30% de óleos vegetais. Devido a algumas diferenças em relação ao diesel (maior viscosidade, índice de cetano e resíduos de carbono), porcentagens maiores ou a utilização exclusiva de óleos vegetais requer um processamento termoquímico, sendo como mais importantes a transesterificação (separação da glicerina e obtenção de

uma mistura de ésteres etílicos) e o craqueamento (produção de hidrocarbonetos, monóxido de carbono e água).

Quanto ao cultivo de espécies produtoras de óleos vegetais, existe uma grande variedade de culturas possíveis. Para cada uma deve-se avaliar com rigor a produtividade na região considerada, os custos de todo o processo de obtenção de combustível, o custo da terra, etc..

Apesar desta tecnologia ainda não estar consolidada é dos custos adicionais das etapas de transesterificação e craqueamento, a produção de óleos vegetais apresenta a vantagem de que algumas espécies estão melhores adaptadas ao solo e ao clima amazônico, podendo representar opções interessantes, como é o caso do dendzeiro.

De fato, foi constatado através de consulta a engenheiros agrônomos da EMBRAPA que o cultivo do dendzeiro na região apresenta uma produtividade muito boa, não havendo dificuldades técnicas para o plantio desta espécie vegetal. Entretanto, no momento a extração do dendê ou o seu cultivo não é significativo, apesar de situar-se em Manaus o Centro Nacional de Pesquisas de Seringueira e Dendê, órgão pertencente à EMBRAPA.

Deve-se lembrar aqui que outras espécies vegetais também apresentam boas alternativas para a produção de biodiesel, como a soja, o amendoim, a mamona, o babaçú e outras. Entretanto, as características de cultivo e alta produtividade do dendzeiro faz com que haja um certo consenso de que esta seria a melhor espécie para a região amazônica, e neste trabalho apenas esta espécie será analisada, principalmente pelo fato de que no momento não há a produção expressiva de outra variedade de oleaginosa no município de Manaus.

Considerando-se então as possibilidades de produção do óleo de dendê no município de Manaus e considerando também que este óleo vegetal pode ser transformado em um combustível alternativo ao óleo diesel, então seria razoável supor-se que o potencial para este energético é o próprio consumo anual de diesel na cidade, ou seja, da ordem de 330 milhões de litros por ano (GADGII. et allí, 1996). Entretanto, levando-se em conta que a produtividade média do dendzeiro é de 5 ton de óleo/ha.ano, com um poder calorífico de 38,64 MJ/kg (M.M.E., 1982), então para se atender toda a demanda anual de diesel de Manaus seria necessária uma área plantada mínima de dendzeiros da ordem de 64.700 ha, ou seja, quase vinte vezes a atual área cultivada do município.

Portanto, supor-se-á como potencial tecnicamente exequível apenas uma área equivalente à área cultivada atual, ou seja, algo em torno de 3.500 ha (mesma suposição adotada para o caso da mandioca), resultando em uma potência média anual de 676,2 TJ, ou seja, 21,4 MW méd. Por outro lado, como a produção atual é bastante reduzida, praticamente não se dispõe de um potencial prático disponível.

#### 5.4 A Produção de Biogás em Manaus

Os resíduos de biomassa se caracterizam pelos compostos; produtos e materiais de origem animal e vegetal rejeitados pelas atividades industriais, agrícolas e pelos centros urbanos.

Além da queima direta de alguns destes resíduos, um outro método econômico e simples de se extrair energia é a sua biodigestão. Este processo é desenhado pela ação de microorganismos na ausência de oxigênio (biodigestão anaeróbica), promovendo a transformação da matéria orgânica em compostos estabilizados (menos complexos e menos ativos), liberando dióxido de carbono e metano (CH<sub>4</sub>).

Qualquer que seja o modelo de biodigestor utilizado, os produtos energéticos contidos no gás gerado serão. o metano e o hidrogênio. A composição exata de cada caso dependerá do tipo de biomassa utilizada, do modelo e das condições de operação (temperatura, pressão, pH, etc.) do biodigestor O valor energético do gás produzido, considerando um poder calorífico médio para o biogás (M.M.E., 1982), é de 27,21 MJ/m<sup>3</sup>, com uma massa específica de 1,52 kg/m<sup>3</sup>.

Para o caso específico do vinhoto, o seu aproveitamento melhora o balanço econômico da produção de etanol e seu tratamento ou utilização é fundamental para se evitar graves problemas ambientais. Entretanto, como já foi mostrado anteriormente, seu potencial atual para a cidade de Manaus é desprezível.

Pelos dados apresentados na Tabela 6, pode-se constatar a importância do esterco do gado, aves e suínos como principais opções de aproveitamento de biomassa para a produção de biogás em Manaus. Para estas biomassas, a Tabela 9 apresenta a produtividade de cada uma e o potencial estimado para a cidade.

**Tabela 9 - Potencial de geração de biogás para Manaus a partir da atividade pecuária (em 1990).**

Biomassa	No. De cabeças	Produtividade anual (base úmida)	Biogás (m <sup>3</sup> /ano)	Potencial <sup>d</sup> (MW méd)
Esterco bovino	19.349	3,6 ton/boi	2.577.300 <sup>a</sup>	2,2
Esterco suíno	6.044	0,8 ton/porco	304.600 <sup>b</sup>	0,3
Esterco de aves	1.299.419	0,065ton/galinha	26.183.300 <sup>c</sup>	4,5

**Produtividades em base úmida:**

(a) 37m<sup>3</sup> de biogás/ton esterco (M.M.E., 1982)

(b) 63m<sup>3</sup> de biogás/ton esterco (M.M.E., 1982)

(c) 62m<sup>3</sup> de biogás/ton esterco (DANESE., 1982)

(d) 27 MJ/m<sup>3</sup> de biogás(M.M.E., 1982)

Alguns esclarecimentos são necessários com relação aos resultados apresentados na Tabela 9. Primeiro, como foram consideradas todas as cabeças animais para a produção de esterco, os números estão neste aspecto superdimensionados, principalmente no caso do gado bovino, criado solto em pastagens, sendo muito difícil seu aproveitamento em biodigestores. No caso dos suínos e das aves este aspecto não é tão significativo, uma vez que estas espécies são normalmente criadas em cativeiros. Por outro lado, o emprego de resíduos de biomassa vegetal conjuntamente com o esterco em biodigestores, inclusive já testado para vários resíduos da região (HARWOOD, 1980), produz resultados satisfatórios, agindo o esterco como inoculador de bactérias metanogênicas e fonte de nutrientes para as mesmas. De qualquer forma, o potencial técnico disponível é a soma de todas as fontes de biogás, ou seja, 7,0 MW méd, podendo-se supor um potencial prático de 50 %a do total, ou seja, 3,5 MW méd, ou 109,6 TJ.

Aproveitamento energético da biomassa está associado a inúmeros impactos ambientais, principalmente quando este aproveitamento não se dá de maneira racional e bem estudada. Por exemplo, o corte indiscriminado de florestas naturais, cujo tempo de reposição não é respeitado, tem provocado o esgotamento destes recursos naturais, a erosão e a desertificação do solo, etc. Aliás, este problema tem sido verificado em muitas áreas da Amazônia e é motivo de preocupação constata de pesquisadores, ambientalistas e autoridades responsáveis.

Em alguns casos, mesmo com o uso de métodos racionais e um planejamento adequado, alguns problemas ambientais tem sido observados. Como exemplo pode-se citar as alterações da fauna local em regiões de monocultura de eucalipto, seja para fins energéticos ou para a indústria de papel e celulose. A ausência de frutos nesta espécie vegetal provoca a migração e o desaparecimento de aves e outros animais, alterando sobremaneira o ecossistema local, em alguns casos permitindo a proliferação desproporcional de alguns tipos de insetos.

Alguns outros problemas são de origem cultural, uma vez que o setor agrícola em muitos países, principalmente nos subdesenvolvidos, apresenta grande resistência à utilização de métodos e técnicas melhoradas e mais racionais de cultivos, praticando ainda métodos muito antigos e muitas vezes pouco eficientes, desenvolvidos em épocas onde a preocupação ambiental era pouca ou inexistente. Para exemplificar, pode-se citar as tradicionais queimadas para preparo do solo, ainda hoje muito utilizadas, mesmo em setores agrícolas mais "modernizados", como é o caso do setor sucro-alcooleiro no Brasil. A prática das queimadas, além de desperdiçar parte da biomassa disponível, provoca uma grande emissão de material particulado, com impacto considerável sobre a atmosfera e o meio ambiente. Este tem sido um problema freqüente na região amazônica, onde as queimadas têm provocado preocupação inclusive a nível internacional.

## **6 Conclusão: Resumo do Potencial das Fontes Renováveis em Manaus**

De uma maneira simplificada, pode-se apresentar os potenciais de cada fonte de energia ou tipo de energético considerado em uma única tabela, de forma a permitir uma visão geral do conjunto das possibilidades das fontes renováveis de energia no município de Manaus.

Portanto pode-se perceber que a opção mais interessante em termos do potencial de utilização de fontes renováveis de energia para o suprimento de Manaus encontra-se na energia hidráulica, havendo também um potencial importante para o uso da biomassa madeira, porém esta tecnologia ainda não está consolidada e os impactos ambientais que poderão advir deste aproveitamento devem ser estudados em profundidade.

Tabela 10 - Potencial médio das fontes renováveis de energia em Manaus

Fonte ou Energético	Potencial Técnico (MW méd)	Potencial Prático (MW méd)	Potencial Prático (TJ/ano)
<b>Energia solar térmica</b>			
* Residencial	4	<1	28
* Comercial	2	<1	14
* Industrial	--	não há	não há
* Público	--	não há	não há
<b>Energia solar fotovoltaica</b>	7	não há	não há
Energia eólica	--	não há	não há
<b>Energia hidráulica(1)</b>			
* Cachoeira Porteira	1.400	700	22.075
* Interligação com Tucuruí	1.500	400	12.614
* Interligação com Guri	1.000	500	15.768
<b>Biomassa</b>			
* Resíduos Agrícolas	16	8	248
* Etanol	11	8	253
* Madeira	335	50	1.577
* Óleo Vegetal (dendê)	21	--	--
* Biogás	7	3	110

(1) A curto prazo, apenas uma das alternativas deverá ser implementada, atendendo o mercado consumidor de Manaus.



## Referências Bibliográficas

- AGÊNCIA - Agência para Aplicação de Energia (1985). Potencial para Utilização da Energia Solar no Estado de São Paulo. São Paulo.
- BRASIL (1994). Programa de Investimentos em Infra-estrutura Física no Eixo Manaus (AM) Boa Vista (RR). Brasília: Presidência da República, Secretaria de Planejamento, Orçamento e Coordenação.
- BURWELL, C. C. (1978). "Solar Biomass Energy: An Overview of U.S. Potential". In: Science. v. 199, n. 10, março, pp. 1041-1048.
- CORRÊA, C. M.; SILVA, D. A.; TRUGILHO, P. F. (1989). "Aspectos da Produção, Comercialização e Consumo do Carvão Vegetal no Município de Manaus". In: Rev. Amaz. Desenvolvimento v. 11, n.17, pp. 57-73.
- DANESE, Modesto (1981). "Utilização do Biogás". In: Energia. v. III, n. 15, PP. 14-19.
- ELETROBRÁS (1983). Biomassa na geração de eletricidade - perspectivas de utilização em sistemas isolados das Regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil. Brasília.
- ELETROBRÁS (1993). Sistema de Inform. do Potencial Hidrelétrico SIPOT. Brasília
- ELETROBRÁS (1994). Plano Nacional de Energia Elétrica (Plano 2015). Brasília.
- ELETRONORTE (1988). UHE Porteira (Área de Influência). Cenários Sócio-econômicos e as Necessidades de Energia Elétrica de 1988 a 2010. Bras7ia.
- ELETRONORTE ( 1991 ). Interligação da Usina Hidroelétrica de Tucuruí com a Margem Esquerda do Rio Amazonas. Brasília: Internal Report.
- ELETRONORTE (1992). Boletim Estatístico. Brasília: Internal Réport.
- GADGIL, Ashok; JANNUZZI, Gilberto De Martino; SILVA, Ennio Peres; LEONARDI, Maria Lúcia (1996). "A Cost-Neutral Strategy for Maximal Use of Renewable Energy Sources and Energy Efficiency for Manaus, Brazil". In: Proc. 19% ACEEE, v. 9, pp. 87-99. Califomia.
- HARWOOD, J. H (1980). "Pesquisas para Produção de Biogás na Amazônia". In: Acta Amazônica. v. 10, n. 2, pp. 403-409.
- IBGE (1992). Anuário Estatístico Brasileiro. Rio de Janeiro.
- JANNUZZI, Gilberto De Martino; PARENTE, R. C. P.; BRAGA, Aluísio (1996). "Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo dos Consumidores de Manaus, Macapá e Porto Velho". Convênio Procel/Unicamp/Fua. Campinas.
- LEITE, A. R. C. A. P. ( 1979). "Aplicações da Gaseificação da Madeira na Geração de Energia". In: Simpósio sobre Fontes Alternativas para a Geração de Energia Elétrica. Brasffia: CELETRAMAZON.
- M.M.E. - Ministério das Minas e Energia (1982). Biomassa, Biocombustíveis, Bioenergia. Brasília.
- M.M.E. - Ministério das Minas e Energia (1985a). Balanço Energ. Nacional. Brasília.
- M.M.E. - Ministério das Minas e Energia (1985b). Manual de Tecnologias de Energia, Parâmetros Técnicos e Econômicos. Brasília.
- POOLE, Alan Douglas; ORTEGA, Oswaldo; MOREIRA, José Roberto (1990). Energia para o Desenvolv. da Amazônia. São Paulo: Projeto Pnud/Sudan/Suframa/Basa.
- RIBEIRO, E. B. P. (1985). Levantamento das Potencialidades Energéticas do Estado do Amazonas. Projeto CEAM/PIMEB. Brasília.
- ROHATGI, Jonardan S.; FEITOSA, Everaldo A. N.; SORIANO" Eugênio A.; MELLO, Paulo I. P.; CORRÊA, Manoela S.; AVELAR, Celso T. S.; ALBUQUERQUE, Teresa C. (1993). "Correção Através da Análise Numérica das Velocidades de Vento Medidas em Aeroportos". In: Anais do V1 Congr. Bras. Energia, v. III, pp.759-764, 1993. Rio de Janeiro.

- SINERGE (1988). "Potencialidades do Fmto da Acrocomia Intumesceus Drude (Macaba) para fins Energéticos". In: Anais do 1°. Simpósio Nacional sobre Fontes Novas e Renováveis de Energia. Brasília.
- VILLA NOVA, N. A.; SALATTI, E. (1977). "Radiação Solar no Brasil". In: Anais do I1 Simp. Anual da Acad. Ciências de São Paulo. São Paulo. Este trabalho foi posteriormente complementado com medidas realizadas com pireliômetro Eppley (Acta Amaz. v.8, n. 3, pp. 417-421, 1978), com medidas da distribuição espectral (Acta amaz. v. 9, n. 2, pp. 279-285, 1979) e com medidas da radiação solar dentro e fora da floresta (Acta amaz. v. 22, n. 3, pp. 335-340, 1992).
- YÁNEZ, Marco Salcedo; JANNUZZI, Gilberto De Martino; SILVA, Ennio Peres (1996). "Metodologia para Estimativa do Potencial de Conservação de Energia Elétrica Residencial pelo Uso de Coletores Solares Planos em uma Região e sua Aplicação na Cidade de Campinas - SP". In: Anais do VII Congr. Bras. de Energia, V. IV pp. 2218-2229. Rio de Janeiro.
- SEPLAN/CODEAMA (1994). Anuário Estatístico do Amazonas 1988 1990, V 12. Manaus: Governo do Estado do Amazonas.