

## 5.1. INFORMAÇÕES GERAIS

Do ponto de vista energético, para fim de outorga de empreendimentos do setor elétrico, biomassa é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizada na produção de energia. Assim como a energia hidráulica e outras fontes renováveis, a biomassa é uma forma indireta de energia solar. A energia solar é convertida em energia química, através da fotossíntese, base dos processos biológicos de todos os seres vivos.

Embora grande parte do planeta esteja desprovida de florestas, a quantidade de biomassa existente na terra é da ordem de dois trilhões de toneladas; o que significa cerca de 400 toneladas *per capita*. Em termos energéticos, isso corresponde a mais ou menos 3.000 EJ por ano ou seja, oito vezes o consumo mundial de energia primária (da ordem de 400 EJ por ano) (RAMAGE; SCURLOCK, 1996).

Uma das principais vantagens da biomassa é que, embora de eficiência reduzida, seu aproveitamento pode ser feito diretamente, por intermédio da combustão em fornos, caldeiras etc. Para aumentar a eficiência do processo e reduzir impactos socioambientais, tem-se desenvolvido e aperfeiçoado tecnologias de conversão mais eficientes, como a gaseificação e a pirólise, também sendo comum a co-geração em sistemas que utilizam a biomassa como fonte energética, conforme comentado no capítulo 2. No referido capítulo, pode-se observar a participação da biomassa em 30% dos empreendimentos de co-geração em operação no País.

A médio e longo prazo, a exaustão de fontes não-renováveis e as pressões ambientalistas poderão acarretar maior aproveitamento energético da biomassa. Atualmente, a biomassa vem sendo cada vez mais utilizada na geração de eletricidade, principalmente em sistemas de co-geração e no suprimento de eletricidade para demandas isoladas da rede elétrica.

## 5.2. DISPONIBILIDADE DE RECURSOS E CONSUMO DE BIOMASSA

Embora grande parte da biomassa seja de difícil contabilização, devido ao uso não-comercial, estima-se que, atualmente, ela possa representar até cerca de 14% de todo o consumo mundial de energia primária. Em alguns países em desenvolvimento, essa parcela pode aumentar para 34%, chegando a 60% na África (Tabela 5.1).

Atualmente, várias tecnologias de aproveitamento estão em fase de desenvolvimento e aplicação. Mesmo assim, estimativas da Agência Internacional de Energia (AIE) indicam que, futuramente, a biomassa ocupará uma menor proporção na matriz energética mundial – cerca de 11% em 2020 (AIE, 1998). Outros estudos indicam que, ao contrário da visão geral que se tem, o uso da biomassa deverá se manter estável ou até mesmo aumentar, por duas razões, a saber: i) crescimento populacional; ii) urbanização e melhoria nos padrões de vida (HALL; HOUSE; SCRASE, 2000). Um aumento nos padrões de vida faz com que pessoas de áreas rurais e urbanas de países em desenvolvimento passem a usar mais carvão vegetal e lenha, em lugar de resíduos (pequenos galhos de árvore, restos de materiais de construção etc.).

TABELA 5.1 Consumo de biomassa (MtEP)

| País ou Região            | Biomassa [1] | Outros       | Total [2]    | [1/2] %   |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|
| <b>Mundial</b>            | <b>930</b>   | <b>5.713</b> | <b>6.643</b> | <b>14</b> |
| China                     | 206          | 649          | 855          | 24        |
| Leste Asiático            | 106          | 316          | 422          | 25        |
| Sul da Ásia               | 235          | 188          | 423          | 56        |
| América Latina            | 73           | 342          | 415          | 18        |
| África                    | 205          | 136          | 341          | 60        |
| Países em desenvolvimento | 825          | 1.632        | 2.457        | 34        |
| Países da OCDE            | 81           | 3.044        | 3.125        | 3         |

Fonte: AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA – AIE. Nuclear power: sustainability, climate change and competition. Paris: IEA/OECD, 1998.

A precariedade e a falta de informações oficiais sobre o uso da biomassa para fins energéticos deve-se principalmente aos seguintes fatores: i) trata-se de um energético tradicionalmente utilizado em países pobres e setores menos desenvolvidos; ii) trata-se de uma fonte energética dispersa, cujo uso, via de regra, é ineficiente; iii) o uso da biomassa para fins energéticos é indevidamente associado a problemas de desflorestamento e desertificação.

Entretanto, essa imagem da biomassa está mudando, graças aos seguintes fatores: i) esforços recentes de mensuração mais acurada do seu uso e potencial, por meio de novos estudos, demonstrações e plantas-piloto; ii) uso crescente da biomassa como um vetor energético moderno (graças ao desenvolvimento de tecnologias eficientes de conversão), principalmente em países industrializados; iii) reconhecimento das vantagens ambientais do uso racional da biomassa, principalmente no controle das emissões de CO<sub>2</sub> e enxofre (ROSILLO CALLE; BAJAY; ROTHMAN, 2000).

No que concerne especificamente ao peso relativo da biomassa na geração mundial de eletricidade, embora difícil de avaliar, projeções da Agência Internacional de Energia (1998) indicam que ela deverá passar de 10 TWh em 1995 para 27 TWh em 2020 (AEI, 1998).

Estudos indicam que, nos Estados Unidos, a capacidade instalada do parque gerador de energia oriunda de biomassa, no final dos anos 70, era de apenas

200 MW, subindo para 8,4 GW no início dos anos 1990 (WALTER; NOGUEIRA, 1997). A maioria corresponde a plantas de co-geração, com utilização de resíduos agrícolas e florestais. Embora com eficiência termodinâmica relativamente baixa (18% a 26%), essas plantas têm sido economicamente competitivas. Os custos foram avaliados em cerca de US\$ 1.400,00 por kW instalado e entre US\$ 65,00 e US\$ 80,00 por kWh gerado.

As metas do Departamento Americano de Energia (DOE) são de 18 GW de capacidade instalada em 2010 e, para 2030, 100 GW. Espera-se que o desenvolvimento de novas tecnologias, como o acoplamento de sistemas de gaseificação e a integração da pirólise às turbinas a gás, aumente substancialmente a eficiência termodinâmica das plantas e reduza os custos de capital e geração. Em termos de eficiência, estima-se que os índices serão de 35% a 40%. Quanto aos custos, o kW instalado deverá ficar na faixa de US\$ 770,00 a US\$ 900,00 e o MWh gerado, entre US\$ 40,00 e US\$ 50,00.

No Brasil, a imensa superfície do território nacional, quase toda localizada em regiões tropicais e chuvosas, oferece excelentes condições para a produção e o uso energético da biomassa em larga escala. Além da produção de álcool, queima em fornos, caldeiras e outros usos não-comerciais, a biomassa apresenta grande potencial no setor de geração de energia elétrica.

No caso específico do Estado de São Paulo, é intensa a produção de biomassa energética por meio da cana-de-açúcar, sendo comparável à produção de energia hidráulica. O Estado é importador de eletricidade (40% do que consome) e exportador de álcool para o resto do País. Verifica-se, portanto, que, apesar da produção de biomassa ser mundialmente considerada uma atividade extremamente demandante de terras, mesmo numa região com alta densidade demográfica é possível encontrar áreas para essa atividade. A maior parte da energia dessa biomassa é utilizada na produção do etanol – combustível líquido.

A produção de madeira, em forma de lenha, carvão vegetal ou toras, também gera uma grande quantidade de resíduos, que podem igualmente ser aproveitadas na geração de energia elétrica. Como ilustrado na Figura 5.1, os Estados brasileiros com maior potencial de aproveitamento<sup>(14)</sup> de resíduos da madeira, oriunda de silvicultura, para a geração de energia elétrica são Paraná e São Paulo. O tipo de produção de madeira, atividade extrativista ou reflorestamento, influi na distribuição espacial dos resíduos gerados. Nos casos de extração seletiva e beneficiamento descentralizado, o aproveitamento de resíduos pode se tornar economicamente inviável.

Atualmente, o recurso de maior potencial para geração de energia elétrica no País é o bagaço de cana-de-açúcar. A alta produtividade alcançada pela lavoura canavieira, acrescida de ganhos sucessivos nos processos de transformação da biomassa sucroalcooleira, têm disponibilizado enorme quantidade de matéria orgânica sob a forma de bagaço nas usinas e destilarias de cana-de-açúcar, interligadas aos principais sistemas elétricos, que atendem a grandes centros de consumo dos Estados das regiões Sul e Sudeste. Além disso, o período de colheita da cana-de-açúcar coincide com o de estiagem das principais bacias hidrográficas do parque hidrelétrico brasileiro, tornando a opção ainda mais vantajosa.

O setor sucroalcooleiro gera uma grande quantidade de resíduos, que pode ser aproveitada na geração de eletricidade, principalmente em sistemas de co-geração. Ao contrário da produção de madeira, o cultivo e o beneficiamento da cana são realizados em grandes e contínuas extensões, e o aproveitamento de resíduos (bagaço, palha, etc.) é faci-

litado pela centralização dos processos de produção<sup>(15)</sup>. A Figura 5.2 mostra o potencial de aproveitamento desses resíduos para geração excedente de energia elétrica, segundo cada Estado da Federação.

Na produção de etanol, cerca de 28% da cana é transformada em bagaço. Em termos energéticos, o bagaço equivale a 49,5%, o etanol a 43,2% e o vinhoto a 7,3%. Mesmo com esse alto valor energético, o bagaço é pobremente utilizado nas usinas, sendo praticamente incinerado na produção de vapor de baixa pressão (20 kgf/cm<sup>2</sup>). Esse vapor é utilizado em turbinas de contrapressão nos equipamentos de extração (63%) e na geração de eletricidade (37%). A maior parte do vapor de baixa pressão (2,5 kgf/cm<sup>2</sup>) que deixa as turbinas é utilizada no aquecimento do caldo (24%) e nos aparelhos de destilação (61%); o restante (15%) não é aproveitado.

Em média, cada tonelada de cana processada requer cerca de 12 kWh de energia elétrica, o que pode ser gerado pelos próprios resíduos da cana (palha, bagaço, vinhoto etc.). Os custos de geração já são competitivos com os do sistema convencional de suprimento, o que possibilita a auto-suficiência do setor em termos de suprimento energético, por meio da co-geração.

Trabalho elaborado pelo Centro Nacional de Referência em Biomassa, com a colaboração de outras instituições e o apoio financeiro da ANEEL, indica um potencial técnico<sup>(16)</sup> de co-geração de excedentes de energia elétrica de 3.851 MW no setor sucroalcooleiro do Brasil<sup>(17)</sup> (CENBIO, 2002).

Contudo, o referido trabalho também constata que apenas 133 MW estavam sendo comercializados em setembro de 2001, o que corresponde a cerca de 11% do potencial técnico dessas usinas e a somente 3,4% do referido potencial brasileiro. Não obstante, os dados também revelam que há perspectivas de 1.578 MW em novos projetos (348 MW em curto prazo, 772 MW em médio prazo e 458 MW em longo prazo), o que corresponde a 28% do potencial técnico indicado pelo levantamento. A Tabela 5.2 apresenta uma síntese desses resultados por unidade da federação.

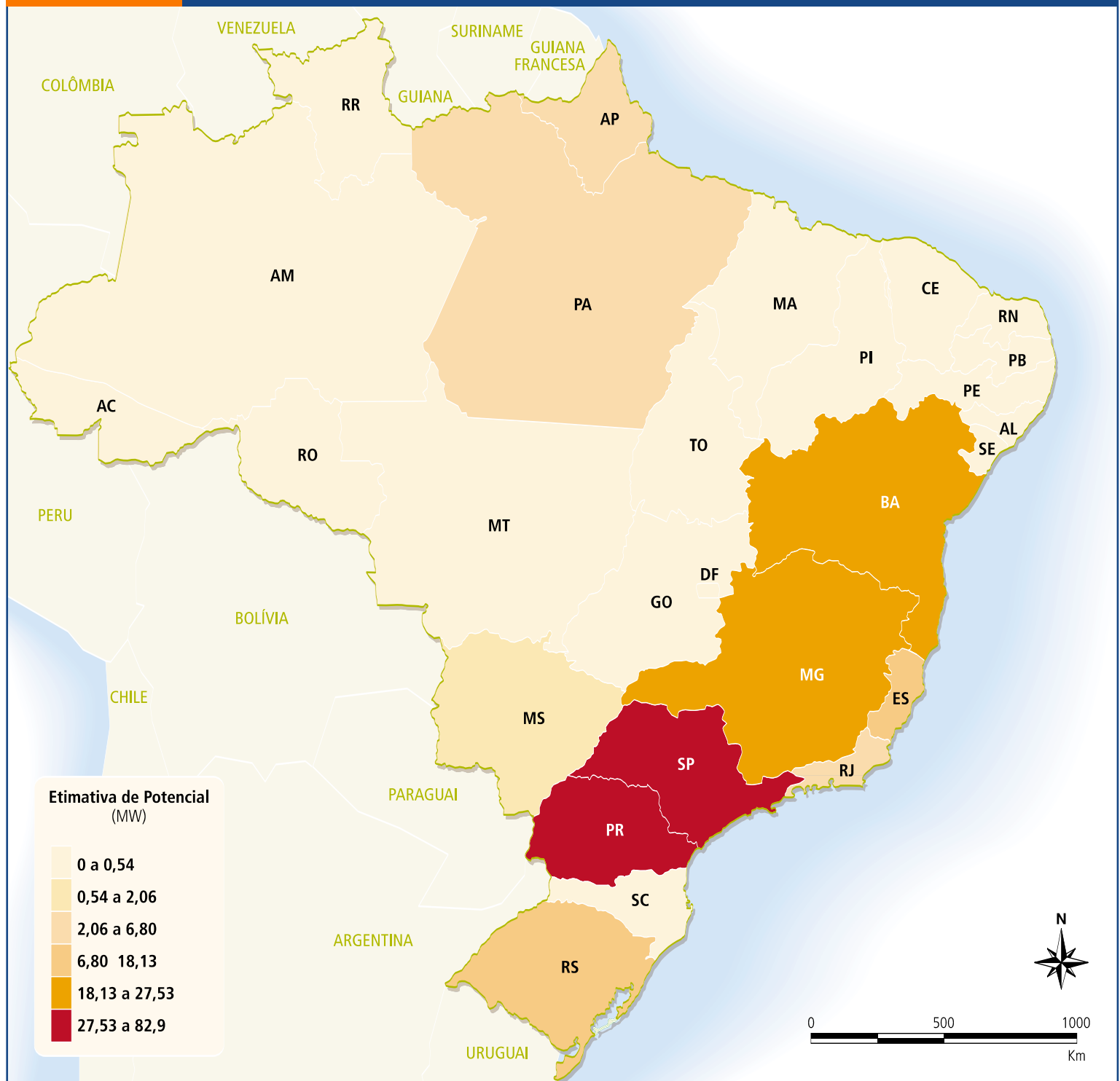
(14) A quantidade de energia aproveitável a partir de resíduos de extração vegetal é função do poder calorífico desses resíduos.

(15) Também pesa sobre a decisão econômica de implantação de usinas de aproveitamento o transporte desses resíduos até as usinas.

(16) Considerando-se o uso de tecnologias eficientes, comercialmente disponíveis no Brasil.

(17) Ressalte-se que esses dados se referem a apenas 51% das usinas sucroalcooleiras dos países, uma vez que as demais não responderam ao questionário utilizado no levantamento dos dados.

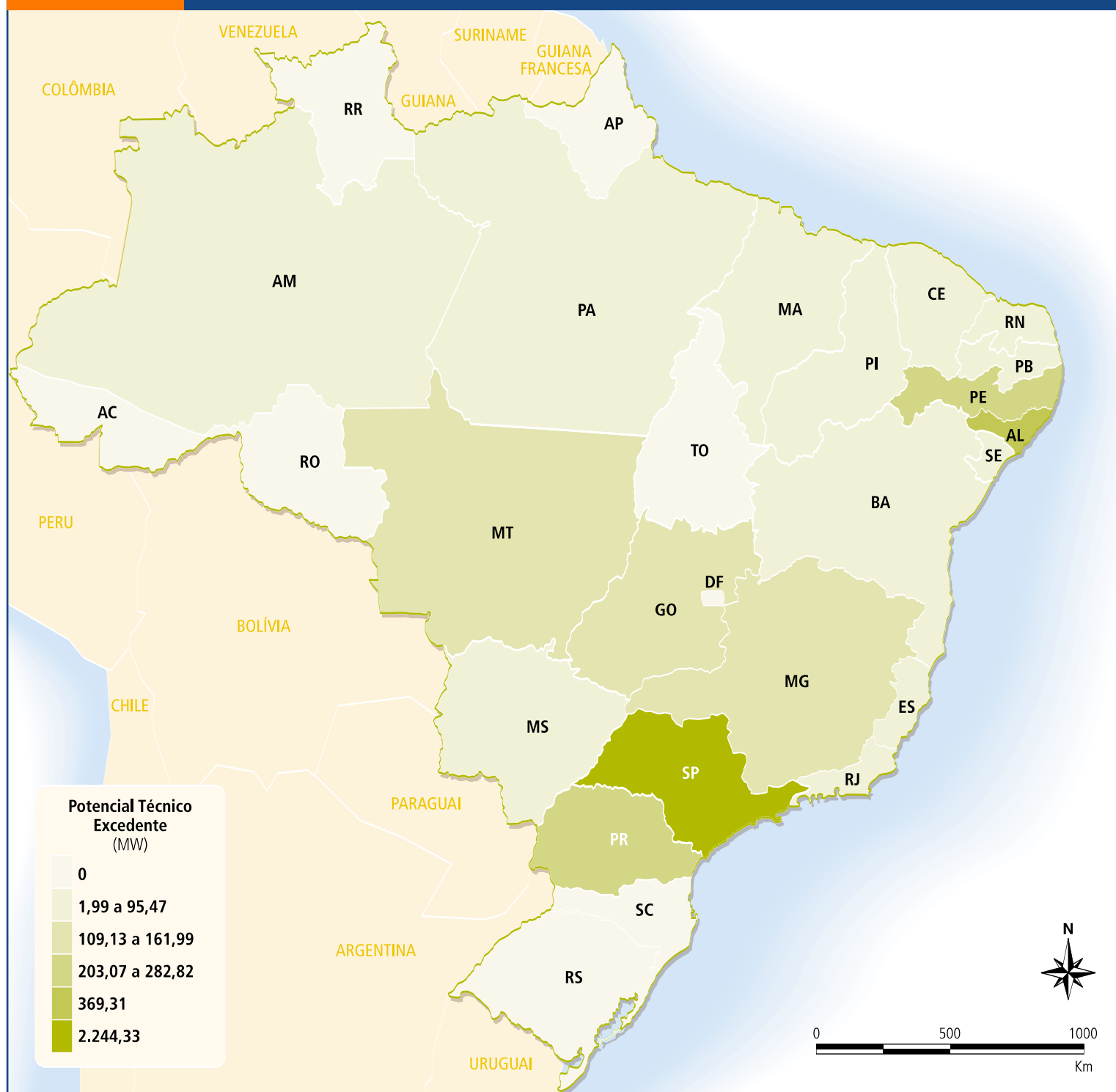
**FIGURA 5.1** Potencial de geração de energia elétrica a partir de resíduos florestais (silvicultura)



Fonte: CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA – CENBIO. Panorama do potencial de biomassa no Brasil. Brasília; Dupligráfica, 2003. 80 p. (adaptado)

FIGURA 5.2

## Potencial de geração de excedente de energia elétrica no setor sucroalcooleiro



Fonte: CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA – CENBIO. Panorama do potencial de biomassa no Brasil. Brasília: Dupligráfica, 2003. 80 p. (adaptado)

**TABELA 5.2** Potencial e perspectivas de co-geração no setor sucroalcooleiro\*

| Unidade da Federação | Potência instalada | Excedente comercializado | Potencial técnico de co-geração | Perspectivas de Geração de Excedente |                  |
|----------------------|--------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|------------------|
|                      |                    |                          |                                 | 2003-2004                            | A partir de 2005 |
| São Paulo            | 851                | 110                      | 2.244                           | 368                                  | 140              |
| Alagoas              | 173                | 0                        | 369                             | 38                                   | 35               |
| Pernambuco           | 102                | 0                        | 203                             | 10                                   | 44               |
| Paraná               | 95                 | 6                        | 283                             | 133                                  | 102              |
| Mato Grosso          | 61                 | 5                        | 125                             | 11                                   | 28               |
| Goiás                | 50                 | 5                        | 109                             | 107                                  | 21               |
| Minas Gerais         | 50                 | 0                        | 162                             | 41                                   | 2                |
| Mato Grosso do Sul   | 37                 | 0                        | 95                              | 18                                   | 33               |
| Rio de Janeiro       | 30                 | 0                        | 60                              | 19                                   | 15               |
| Paraná               | 26                 | 0                        | 52                              | 10                                   | 0                |
| Rio Grande do Norte  | 16                 | 0                        | 29                              | 3                                    | 0                |
| Espírito Santo       | 13                 | 0                        | 39                              | 10                                   | 0                |
| Bahia                | 13                 | 0                        | 33                              | 2                                    | 9                |
| Sergipe              | 7                  | 0                        | 21                              | 3                                    | 17               |
| Piauí                | 6                  | 7                        | 3                               | 0                                    | 0                |
| Maranhão             | 5                  | 0                        | 12                              | 0                                    | 15               |
| Pará                 | 3                  | 0                        | 7                               | 0                                    | 0                |
| Amazonas             | 1                  | 0                        | 3                               | 0                                    | 0                |
| Ceará                | 1                  | 0                        | 2                               | 0                                    | 0                |
| <b>Total</b>         | <b>1.540</b>       | <b>133</b>               | <b>3.851</b>                    | <b>773</b>                           | <b>461</b>       |

Fonte: CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA - CENBIO. Levantamento do Potencial Real de excedentes de cogeração no setor sucroalcooleiro - Relatório técnico. ANEEL: 2002.

(\*) Considerando-se o uso de tecnologias eficientes, comercialmente disponíveis no Brasil. Ressalte-se que esses dados se referem a apenas 51% das usinas sucroalcooleiras do país que operavam em 2001, uma vez que as demais não responderam ao questionário utilizado no levantamento dos dados.

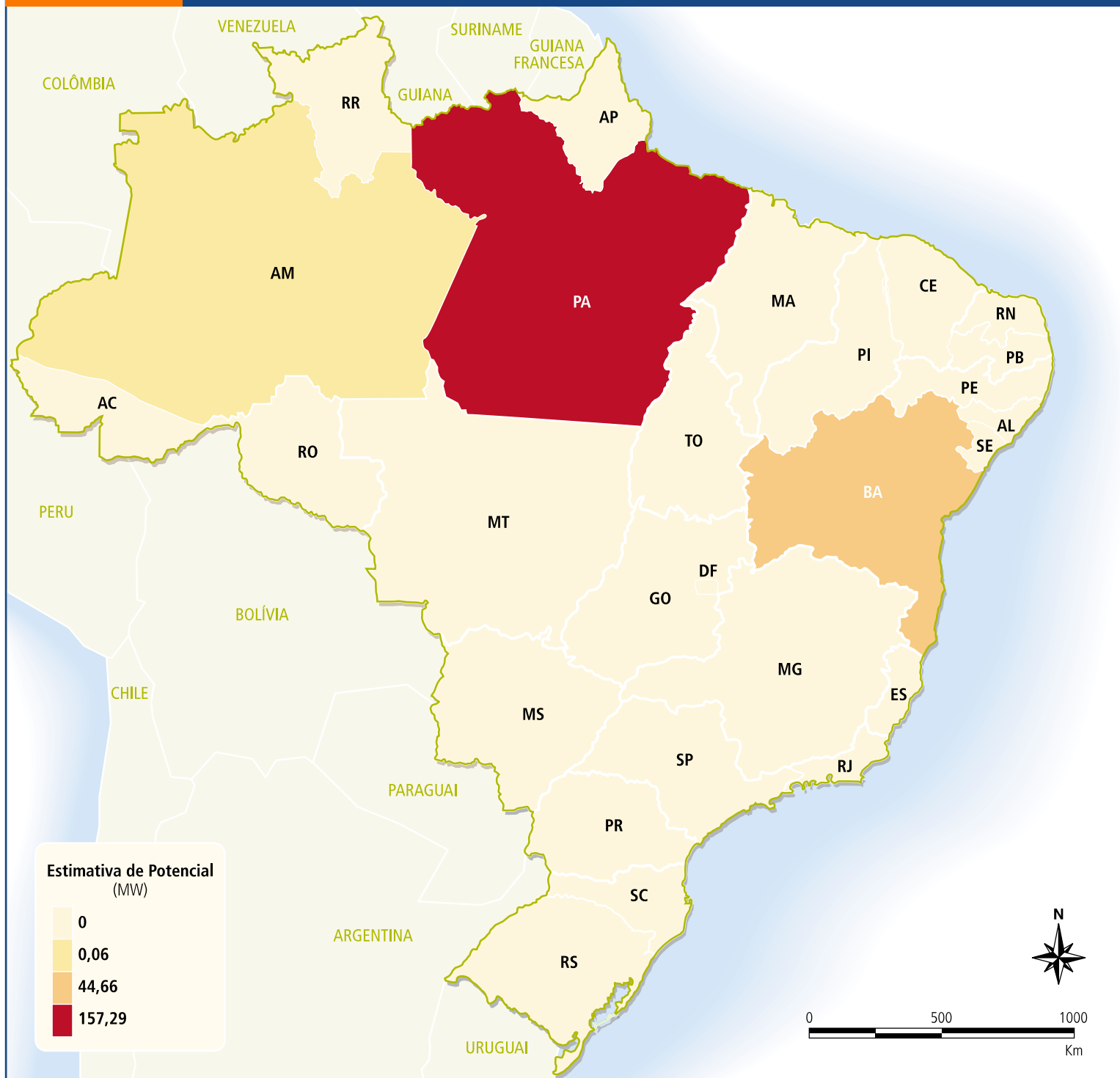
Em alguns Estados brasileiros, principalmente na Região Amazônica, verifica-se também a importância de várias plantas para a produção de óleo vegetal, que pode ser queimado em caldeiras e motores de combustão interna, para a geração de energia elétrica e o atendimento de comunidades isoladas do sistema elétrico. Entre essas plantas destaca-se o dendê, com produtividade média anual de 4 toneladas de óleo por hectare (dez vezes maior que a da soja, por exemplo!) e a maior disponibilidade tecnológica para o uso do óleo. Outras culturas de grande potencial são o buriti, o babaçu e a andiroba, fartamen-

te encontrados naquela região (FREITAS; DI LASCIO; ROSA, 1996). A Figura 5.3 apresenta uma estimativa do potencial para geração de energia elétrica a partir de óleo de palma (dendê), cujos cálculos basearam-se em projetos experimentais na Amazônia.

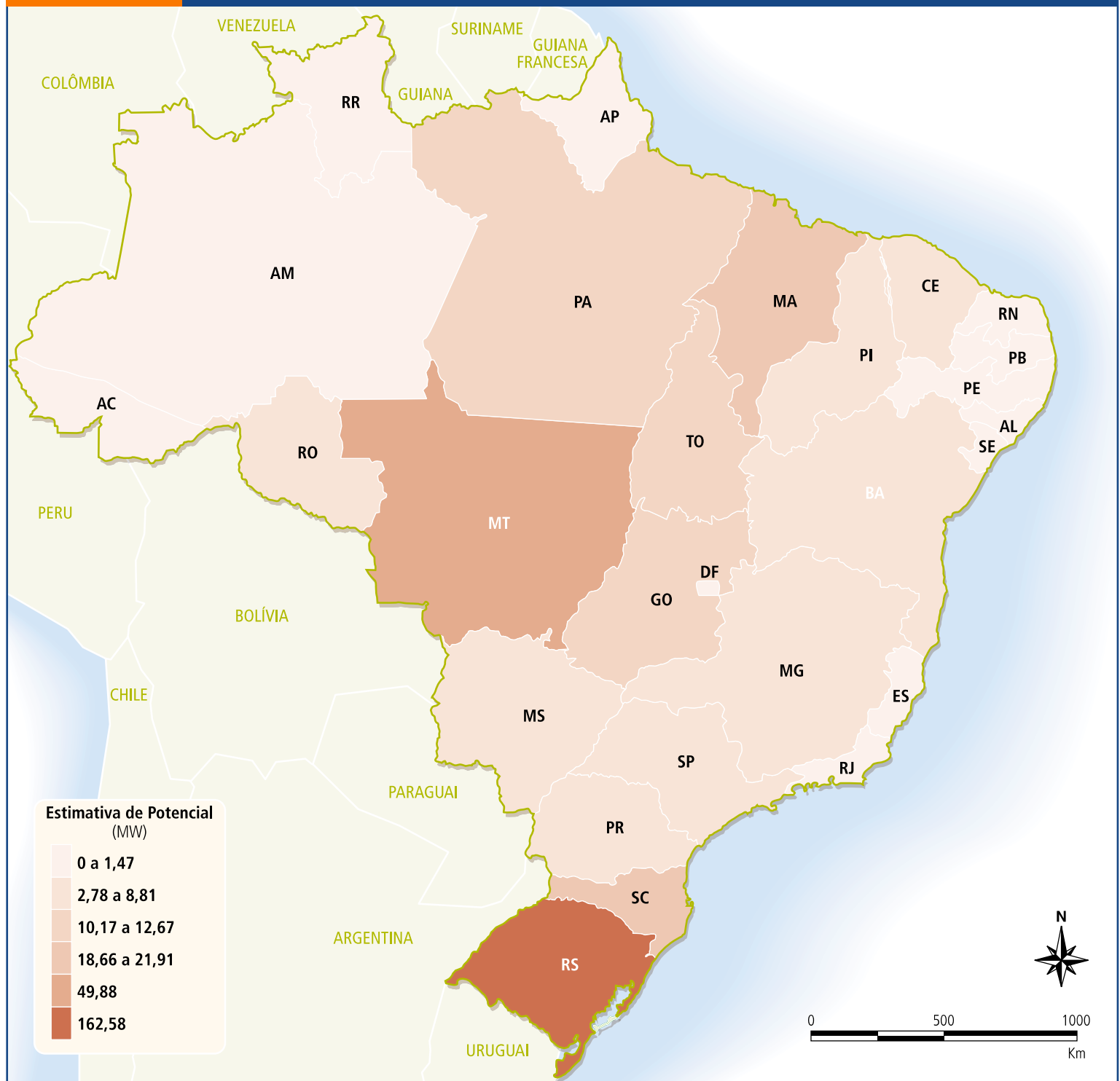
Outros resíduos agrícolas também apresentam grande potencial no setor de geração de energia elétrica. Os mapas das Figuras 5.4, 5.5 e 5.6 ilustram os potenciais de aproveitamento da casca de arroz, da casca de castanha de caju e da casca de coco-da-baía, respectivamente.

FIGURA 5.3

Estimativa de potencial para geração de energia elétrica a partir do óleo de palma (dendê)



Fonte: CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA – CENBIO. Panorama do potencial de biomassa no Brasil. Brasília: Dupligráfica, 2003. 80 p. (adaptado)

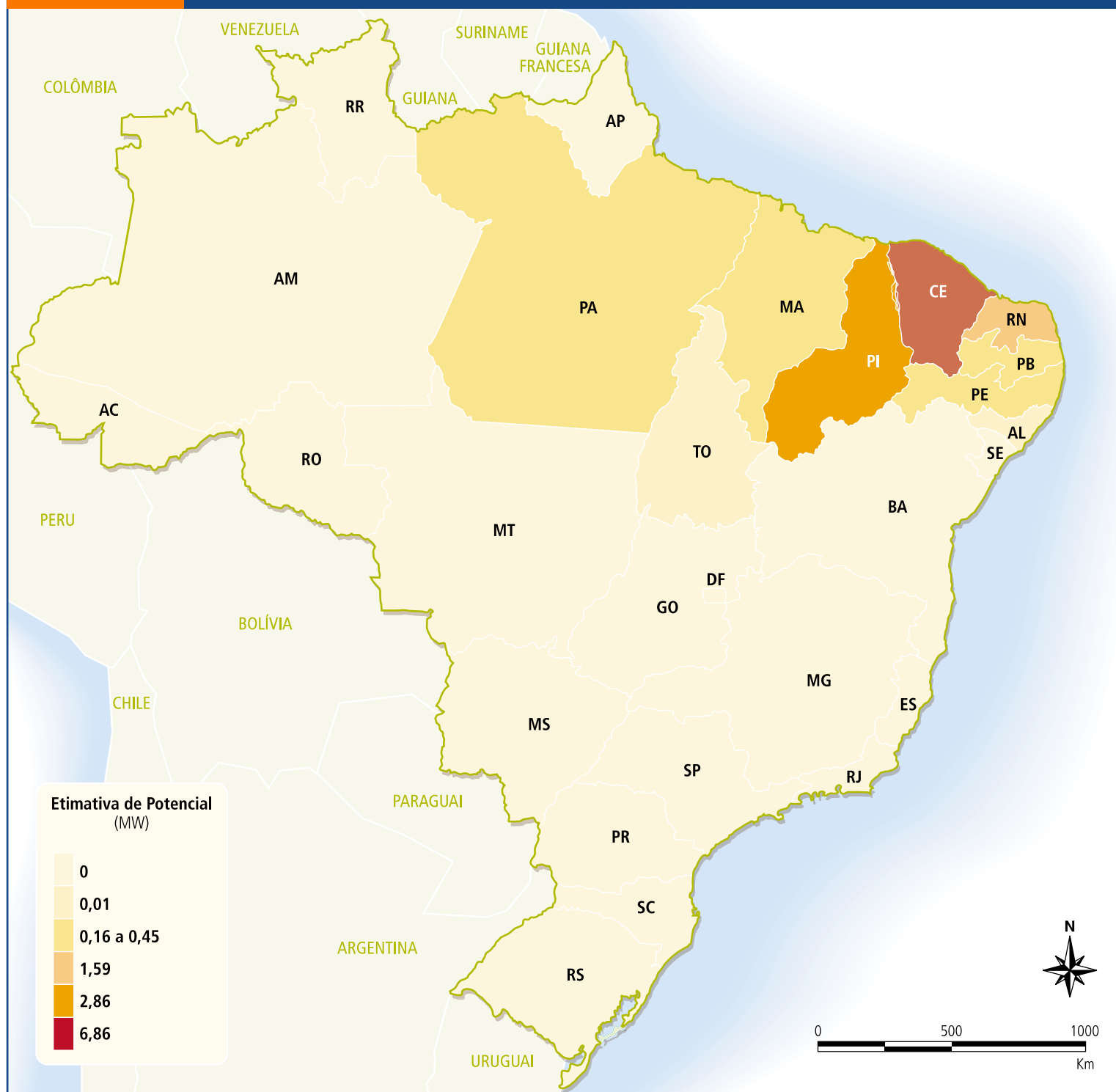
**FIGURA 5.4** Potencial de geração de energia elétrica a partir de casca de arroz


Fonte: CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA – CENBIO. Panorama do potencial de biomassa no Brasil. Brasília; Dupligráfica, 2003. 80 p. (adaptado)



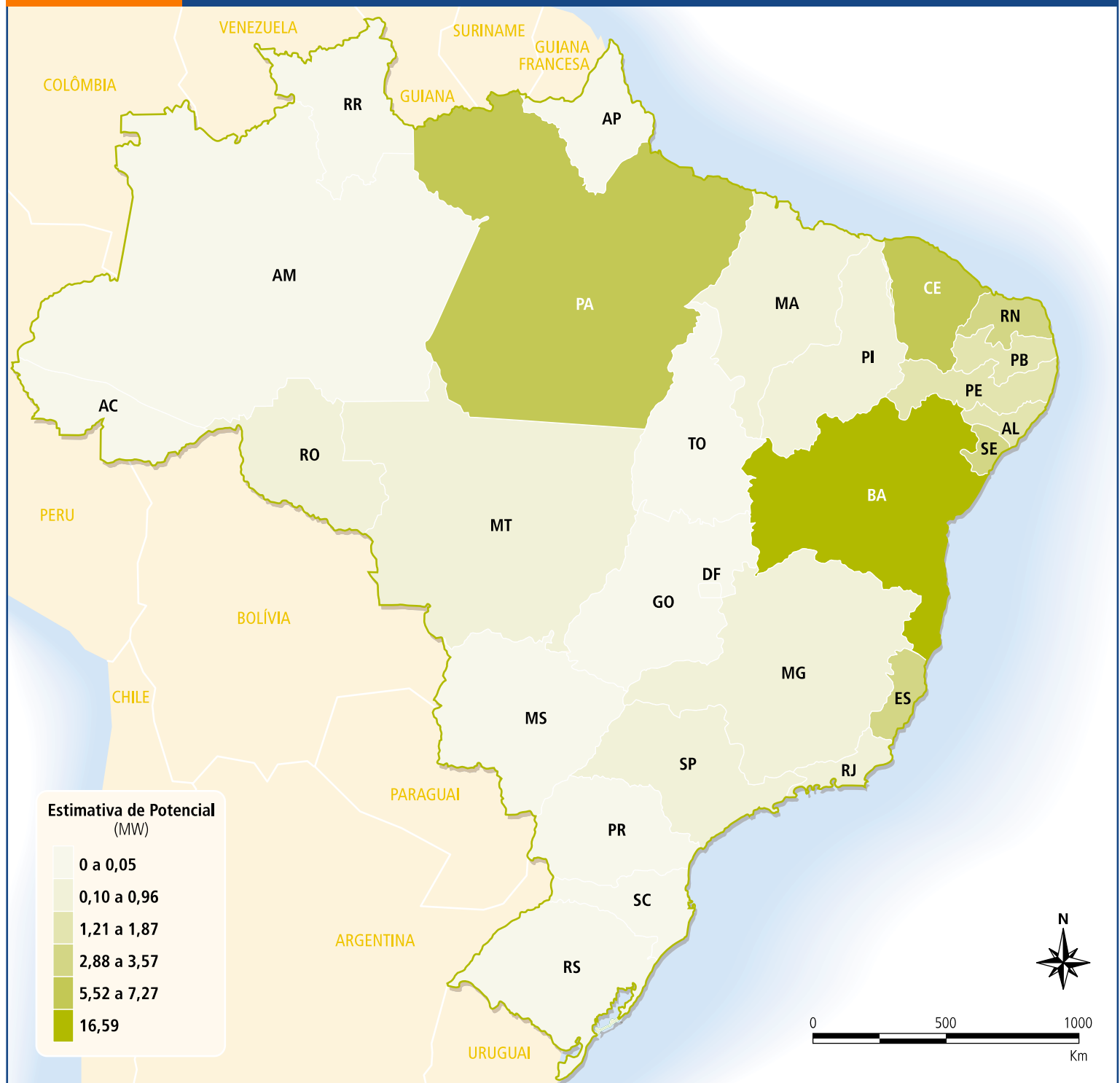
FIGURA 5.5

## Potencial de geração de energia elétrica a partir de casca de castanha de caju



Fonte: CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA – CENBIO. Panorama do potencial de biomassa no Brasil. Brasília: Dupligráfica, 2003. 80 p. (adaptado)

**FIGURA 5.6** Potencial de geração de energia elétrica a partir de casca de coco-da-baía



Fonte: CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOMASSA – CENBIO. Panorama do potencial de biomassa no Brasil. Brasília; Dupligráfica, 2003. 80 p. (adaptado)

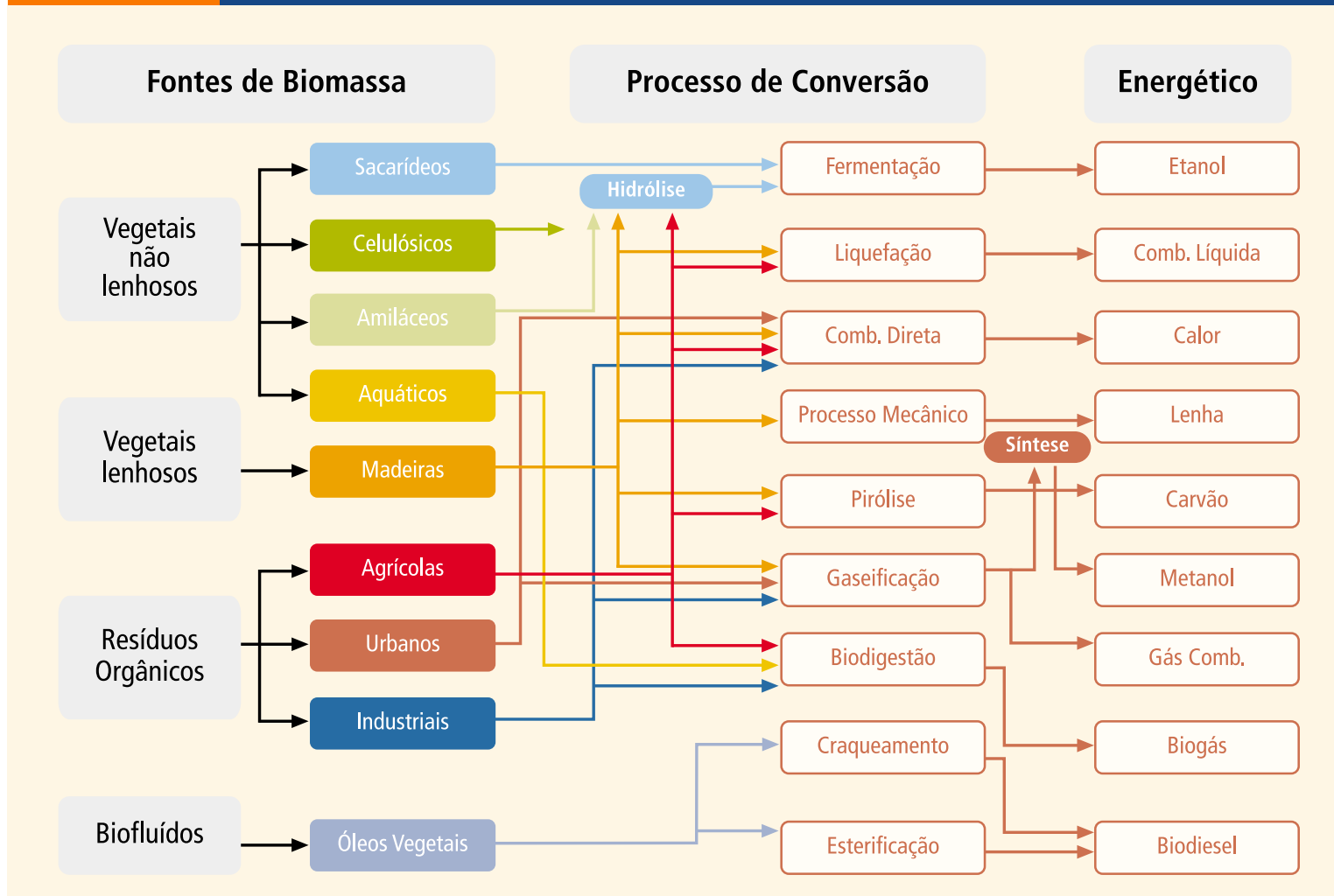
## 5.3. TECNOLOGIAS DE APROVEITAMENTO

O aproveitamento da biomassa pode ser feito por meio da combustão direta (com ou sem processos físicos de secagem, classificação, compressão, corte/quebra etc.), de processos termoquímicos (gaseificação, pirólise,

liquefação e transesterificação) ou de processos biológicos (digestão anaeróbia e fermentação). A Figura 5.7 apresenta os principais processos de conversão da biomassa em energéticos.

As principais tecnologias de aproveitamento energético da biomassa são descritas a seguir.

**FIGURA 5.7** Diagrama esquemático dos processos de conversão energética da biomassa



Fonte: BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL - BEN. Brasília: MME, 1982. (adaptado)

**Combustão direta:** combustão é a transformação da energia química dos combustíveis em calor, por meio das reações dos elementos constituintes com o oxigênio fornecido. Para fins energéticos, a combustão direta ocorre essencialmente em fogões (cozimento de alimentos), fornos (metalurgia, por exemplo) e caldeiras (geração de vapor, por exemplo). Embora muito prático e, às vezes, conveniente, o processo de combustão direta é normalmente muito ineficiente. Outro problema da combustão direta é a alta umidade (20% ou mais no caso da lenha) e a baixa densidade energética do combustível (lenha, palha, resíduos etc.), o que dificulta o seu armazenamento e transporte.

**Gaseificação:** como o próprio termo indica, gaseificação é um processo de conversão de combustíveis sólidos em gasosos, por meio de reações termoquímicas, envolvendo vapor quente e ar, ou oxigênio, em quantidades inferiores à estequiométrica (mínimo teórico para a combustão). Há vários tipos de gaseificadores, com grandes diferenças de temperatura e/ou pressão. Os mais comuns são os reatores de leito fixo e de leito fluidizado. O gás resultante é uma mistura de monóxido de carbono, hidrogênio, metano, dióxido de carbono e nitrogênio, cujas proporções variam de acordo com as condições do processo, particularmente se é ar ou oxigênio que está sendo usado na oxidação.

A gaseificação de biomassa, no entanto, não é um processo recente. Atualmente, esse renovado interesse deve-se principalmente à limpeza e versatilidade do combustível gerado, quando comparado aos combustíveis sólidos. A limpeza se refere à remoção de componentes químicos nefastos ao meio ambiente e à saúde humana, entre os quais o enxofre. A versatilidade se refere à possibilidade de usos alternativos, como em motores de combustão interna e turbinas a gás. Um exemplo é a geração de eletricidade em comunidades isoladas das redes de energia elétrica, por intermédio da queima direta do gás em motores de combustão interna (SANCHEZ; LORA; GÓMEZ, 1997). Outra vantagem da gaseificação é que, sob condições adequadas, produz gás sintético, que pode ser usado na síntese de qualquer hidrocarboneto.

**Pirólise:** a pirólise ou carbonização é o mais simples e mais antigo processo de conversão de um combustível (normalmente lenha) em outro de melhor qualidade e conteúdo energético (carvão, essencialmente). O processo consiste em aquecer o material original (normalmente entre 300°C e 500°C), na “quase-ausência” de ar, até que o material volátil seja retirado. O principal produto final (carvão) tem uma densidade energética duas vezes maior que aquela do material de origem e queima em temperaturas muito mais elevadas. Além de gás combustível, a pirólise produz alcatrão e ácido piro-lenhoso.

A relação entre a quantidade de lenha (material de origem) e a de carvão (principal combustível gerado) varia muito, de acordo com as características do processo e o teor de umidade do material de origem. Em geral, são necessárias de quatro a dez toneladas de lenha para a produção de uma tonelada de carvão. Se o material volátil não for coletado, o custo relativo do carvão produzido fica em torno de dois terços daquele do material de origem (considerando o conteúdo energético).

Nos processos mais sofisticados, costuma-se controlar a temperatura e coletar o material volátil, visando melhorar a qualidade do combustível gerado e o aproveitamento dos resíduos. Nesse caso, a proporção de carvão pode chegar a 30% do material de origem. Embora necessite de tratamento prévio (redução da acidez), o líquido produzido pode ser usado como óleo combustível.

Nos processos de pirólise rápida, sob temperaturas entre 800°C e 900°C, cerca de 60% do material se transforma num gás rico em hidrogênio e monóxido de carbono (apenas 10% de carvão sólido), o que a torna uma tecnologia competitiva com a gaseificação. Todavia, a pirólise convencional (300°C a 500°C) ainda é a tecnologia mais atrativa, devido ao problema do tratamento dos resíduos, que são maiores nos processos com temperatura mais elevada (RAMAGE; SCURLOCK, 1996).

A pirólise pode ser empregada também no aproveitamento de resíduos vegetais, como subprodutos de processos agroindustriais. Nesse caso, é necessário que se faça a compactação dos resíduos, cuja matéria-prima é transformada em briquetes. Com a pirólise, os briquetes adquirem maiores teores de carbono e poder calorífico, podendo ser usados com maior eficiência na geração de calor e potência. Ensaios de laboratório têm sido realizados no Laboratório de Combustíveis Alternativos da Universidade Estadual de Campinas (LUENGO; BEZZON, 1997).

**Digestão anaeróbia:** a digestão anaeróbia, assim como a pirólise, ocorre na ausência de ar, mas, nesse caso, o processo consiste na decomposição do material pela ação de bactérias (microrganismos acidogênicos e metanogênicos). Trata-se de um processo simples, que ocorre naturalmente com quase todos os compostos orgânicos.

O tratamento e o aproveitamento energético de dejetos orgânicos (esterco animal, resíduos industriais etc.) podem ser feitos pela digestão anaeróbia em biodigestores, onde o processo é favorecido pela umidade e aquecimento. O aquecimento é provocado pela própria ação das bactérias, mas, em regiões ou épocas de frio, pode ser necessário calor adicional, visto que a temperatura deve ser de pelo menos 35°C.

Em termos energéticos, o produto final é o biogás, composto essencialmente por metano (50% a 75%) e dióxido de carbono. Seu conteúdo energético gira em torno de 5.500 kcal por metro cúbico. O efluente gerado pelo processo pode ser usado como fertilizante.

**Fermentação:** fermentação é um processo biológico anaeróbio em que os açúcares de plantas como a batata, o milho, a beterraba e, principalmente, a cana de açúcar são convertidos em álcool, por meio da ação de microrganismos (usualmente leveduras). Em termos energéticos, o produto final, o álcool, é composto por etanol e, em menor proporção, metanol, e pode ser usado como combustível (puro ou adicionado à gasolina – cerca de 20%) em motores de combustão interna.

**Transesterificação:** transesterificação é um processo químico que consiste na reação de óleos vegetais com um produto intermediário ativo (metóxido ou etóxido), oriundo da reação entre álcoois (metanol ou etanol) e uma base (hidróxido de sódio ou de potássio) (RIBEIRO *et al.*, 2001). Os produtos dessa reação química são a glicerina e uma mistura de ésteres etílicos ou metílicos (biodiesel). O biodiesel tem características físico-químicas muito semelhantes às do óleo diesel e, portanto, pode ser usado em motores de combustão interna, de uso veicular ou estacionário.

## 5.4. CENTRAIS TERMELÉTRICAS A BIOMASSA EM OPERAÇÃO NO BRASIL

Em setembro de 2003, havia registro de 217 termelétricas a biomassa em operação no Brasil, perfazendo uma capacidade instalada de 2.696 MW. Como ilustra a Figura 5.8, a grande maioria dessas usinas está localizada no Estado de São Paulo, onde se concentra grande parte do setor sucroalcooleiro do país. O Anexo 5 apresenta uma lista completa das centrais termelétricas a biomassa em operação no Brasil, destacando-se o nome do empreendimento, o proprietário, o município e a unidade da Federação, assim como a potência instalada e o tipo de combustível utilizado.

## 5.5. FUTURAS CENTRAIS TERMELÉTRICAS A BIOMASSA NO BRASIL

Em setembro de 2003, existiam 27 empreendimentos apenas outorgados e dois em construção, conforme Tabela 5.3. Em conjunto, poderão adicionar ao sistema elétrico nacional cerca de 180 MW de capacidade de geração. Entre as centrais apenas outorgadas, destaca-se uma maior diversidade dos combustíveis a serem utilizados: doze usarão resíduos de madeira, nove irão queimar bagaço de cana e cinco usinas terão o biogás como combustível.

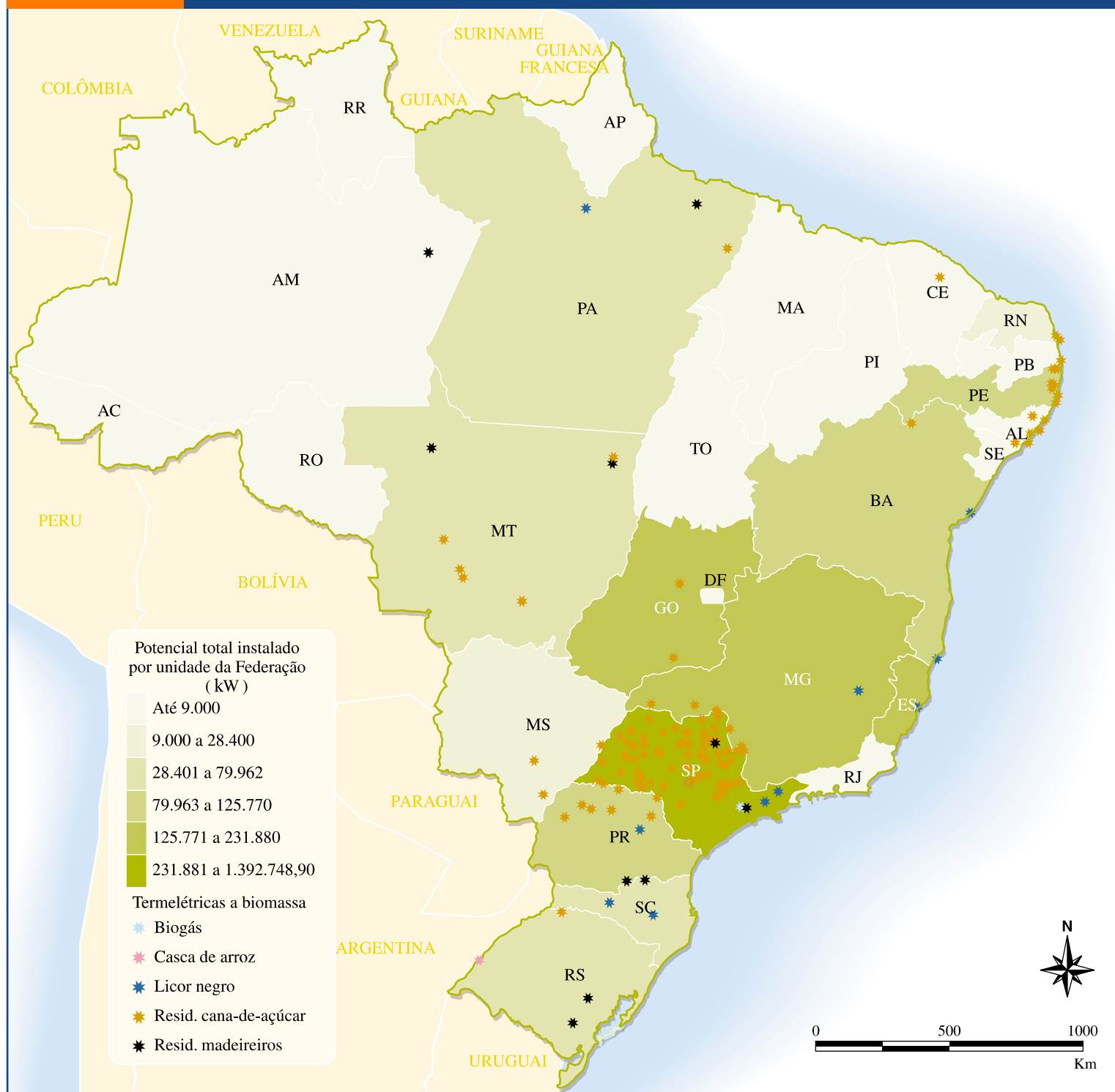
TABELA 5.3 Futuras UTEs – Situação em setembro de 2003

| Nome da Usina       | Potência (kW) | Município         | Combustível                | Destino da Energia | Proprietário  | Situação         |
|---------------------|---------------|-------------------|----------------------------|--------------------|---|------------------|
| Coinbra - Frutesp   | 5.000,00      | Bebedouro - SP    | Resíduos da cana-de-açúcar | PIE                | Frutesp Industrial Ltda                               | Construção       |
| Lages               | 28.000,00     | Lages - SC        | Resíduos madeireiros       | PIE                | Lages Bioenergética Ltda                              | Construção       |
| Araguaia I          | 9.000,00      | -                 | Resíduos da cana-de-açúcar | -                  | -   | Apenas Outorgado |
| Bandeirante         | 20.000,00     | -                 | Biogás                     | -                  | -   | Apenas Outorgado |
| CAAL                | 3.825,00      | Alegrete - RS     | Casca de arroz             | APE-COM            | Cooperativa Agroindustrial Alegrete Ltda              | Apenas Outorgado |
| Capricho            | 2.400,00      | -                 | Resíduos da cana-de-açúcar | -                  | -   | Apenas Outorgado |
| Cargill Bebedouro   | 5.000,00      | -                 | Resíduos da cana-de-açúcar | -                  | -   | Apenas Outorgado |
| Chapecó             | 4.000,00      | -                 | Resíduos madeireiros       | -                  | -   | Apenas Outorgado |
| Dois Vizinhos       | 3.000,00      | -                 | Resíduos madeireiros       | -                  | -   | Apenas Outorgado |
| Ecoluz              | 10.000,00     | -                 | Resíduos madeireiros       | -                  | -   | Apenas Outorgado |
| Fazenda Cancela     | 7.200,00      | -                 | Resíduos madeireiros       | -                  | -   | Apenas Outorgado |
| Fazenda Santa Marta | 3.600,00      | -                 | Resíduos madeireiros       | -                  | -   | Apenas Outorgado |
| Florevale           | 2.520,00      | Grão Mogol - MG   | Resíduos madeireiros       | APE-COM            | Florestal do Vale do Jequitinhonha Ltda               | Apenas Outorgado |
| Galvani             | 4.000,00      | Paulínia - SP     | Resíduos da cana-de-açúcar | APE                | Galvani S/A.  | Apenas Outorgado |
| Gaseifamaz II       | 27,00         | -                 | Resíduos madeireiros       | -                  | -   | Apenas Outorgado |
| Itacoatiara         | 5.000,00      | Itacoatiara - AM  | Resíduos madeireiros       | -                  | -   | Apenas Outorgado |
| Jatiboca            | 3.800,00      | Urucânia - MG     | Resíduos da cana-de-açúcar | APE                | Cia Agrícola Pontenovense                             | Apenas Outorgado |
| Marca               | 1.000,00      | -                 | Biogás                     | -                  | -   | Apenas Outorgado |
| Novagerar           | 4.000,00      | -                 | Biogás                     | -                  | -   | Apenas Outorgado |
| Paísa               | 2.400,00      | -                 | Resíduos da cana-de-açúcar | -                  | -   | Apenas Outorgado |
| PCT Barueri Biogás  | 2.601,00      | Carapicuíba - SP  | Biogás                     | APE                | Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo | Apenas Outorgado |
| Rickli              | 5.000,00      | -                 | Resíduos madeireiros       | -                  | -   | Apenas Outorgado |
| São João Biogás     | 20.000,00     | -                 | Biogás                     | -                  | -   | Apenas Outorgado |
| Sguário Itapeva     | 1.485,00      | Nova Campina - SP | Resíduos madeireiros       | APE                | Sguário Indústria de Madeiras Ltda                    | Apenas Outorgado |
| Solonorte           | 800,00        | -                 | Resíduos madeireiros       | -                  | -   | Apenas Outorgado |
| Sumaúma             | 4.000,00      | -                 | Resíduos da cana-de-açúcar | -                  | -   | Apenas Outorgado |
| Termocana           | 8.200,00      | -                 | Resíduos da cana-de-açúcar | -                  | -   | Apenas Outorgado |
| Toledo              | 3.000,00      | -                 | Resíduos madeireiros       | -                  | -   | Apenas Outorgado |
| Triálcool           | 11.500,00     | Canápolis - MG    | Resíduos da cana-de-açúcar | APE-COM            | Laginha Agro Industrial S/A                           | Apenas Outorgado |

Fonte: AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Banco de Informações de Geração – BIG. 2003. Disponível em: [www.aneel.gov.br/15.htm](http://www.aneel.gov.br/15.htm).

FIGURA 5.8

Usinas termelétricas a biomassa em operação e potência instalada por estado – situação em setembro de 2003



Fonte: Elaborado com base em dados da AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Banco de Informações de Geração – BIG. 2003. Disponível em: [www.aneel.gov.br/15.htm](http://www.aneel.gov.br/15.htm).

## 5.6. ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS

Embora ainda muito restrito, o uso de biomassa para a geração de eletricidade tem sido objeto de vários estudos e aplicações, tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento. Entre outras razões, estão a busca de fontes mais competitivas de geração e a necessidade de redução das emissões de dióxido de carbono.

Do ponto de vista técnico-econômico, os principais entraves ao maior uso da biomassa na geração de energia elétrica são a baixa eficiência termodinâmica das plantas e os custos relativamente altos de produção e transporte. De um modo mais genérico, incluindo aspectos socioambientais, verifica-se a necessidade de maior gerenciamento do uso e ocupação do solo, devido à falta de regularidade no suprimento (sazonalidades da produção), criação de monoculturas, perda de biodiversidade, uso intensivo de defensivos agrícolas etc. Esses entraves tendem a ser contornados, a médio e longo prazos, pelo desenvolvimento, aplicação e aprimoramento de novas e eficientes tecnologias de conversão energética da biomassa (CORTEZ; BAJAY; BRAUNBECK, 1999) e por meio dos incentivos instituídos pelas políticas do setor elétrico, alguns dos quais foram citados no Capítulo 2.

Além de ambientalmente favorável, o aproveitamento energético e racional da biomassa tende a promover o desenvolvimento de regiões menos favorecidas economicamente, por meio da criação de empregos e da geração de receita, reduzindo o problema do êxodo rural e a dependência externa de energia, em função da sua disponibilidade local, conforme exemplo ilustrado no Quadro 5.1.

### QUADRO 5.1 Exemplo de uso de óleos vegetais na geração de energia elétrica

#### **Óleo de andiroba pode substituir diesel**

*Carauari, 16/05/2000 - A comunidade de São Roque, localizada no município de Carauari, a cerca de 800 km a sudoeste de Manaus, no Amazonas, realiza este ano uma experiência piloto, substituindo o diesel por óleo de andiroba, em um gerador de energia de 144 kVA, especialmente adaptado. A andiroba é uma árvore relativamente abundante nas várzeas do rio Juruá, de cujas sementes tradicionalmente se extrai óleo para produção de sabão e sabonete caseiro. O uso em motores, no lugar do diesel, tornou-se possível graças a uma nova tecnologia de extração do óleo, 50% mais produtiva, e de processos de depuração, ainda em fase de testes. A adaptação do motor é simples, apenas no sistema de pré-aquecimento, e foi feita na Alemanha. O motor foi doado pela organização não-governamental Biomass Users Network. Na ponta do lápis, o óleo de andiroba é mais caro do que o diesel, mas a alternativa pode ser uma solução para comunidades muito isoladas, que hoje dependem de longas viagens de barco para obter o diesel dos geradores de energia e motores de popa das canoas e voadeiras (como são chamados os barcos de alumínio). "O custo de produção do óleo de andiroba está entre 1 e 1,5 real o litro, enquanto o diesel aqui é comprado a R\$0,85", diz o engenheiro eletricista José de Castro Côrrea, da Universidade do Amazonas, coordenador do projeto. "A diferença fica menor se tirarmos o subsídio do diesel e considerarmos que a queima do óleo de andiroba não produz óxidos de enxofre (causadores da chuva ácida) e não há emissão de carbono (porque o crescimento da árvore sequestra o carbono emitido na queima do óleo)". O projeto de pesquisa já tem 3 anos e vem atraindo a atenção dos órgãos financiadores de pesquisas, como o Conselho Nacional de Pesquisas Científicas e Tecnológicas, CNPq, e mesmo da Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL. Este ano, a comunidade de São Roque aumentou a capacidade de produção de 60 para 450 kg de andiroba por hora, o que rende aproximadamente 150 litros de óleo por hora e equivale ao processamento de 60 toneladas de sementes por safra. Para os ribeirinhos de toda a várzea do Juruá, a venda das sementes de andiroba para uma futura usina de processamento de óleo é tida como uma das poucas saídas para a atual estagnação econômica da região. Castro ainda trabalha com o aproveitamento da torta de andiroba (casca e polpa após a retirada do óleo) para a fabricação de velas e sprays repelentes de mosquitos. Além de utilizar um resíduo, esses repelentes não são tóxicos para o homem, como os de origem sintética. A pesquisa sobre as propriedades repelentes da andiroba é da Fundação Oswaldo Cruz e já existem indústrias colocando estas velas no mercado.*

Fonte: JOHN, Liana. Óleo de andiroba pode substituir diesel. Agência Estado, 2000. Disponível em: [www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2000/mai/16/40.htm](http://www.estadao.com.br/ciencia/noticias/2000/mai/16/40.htm).