

# Atlas de Bioenergia do Brasil



**Centro Nacional de Referência em Biomassa – CENBIO**

**Atlas de  
Bioenergia  
do Brasil**

**Projeto Fortalecimento Institucional do CENBIO  
Convênio 007/2005 - MME**

Profª Drª Suani Teixeira Coelho  
Maria Beatriz Monteiro  
Adrián Ghilardi  
Mainara da Rocha Karniol

Capa  
*Cristiane Martins Carratu*

Projeto Gráfico e Editorial  
*Edições Amorim Leite*

Editoração Eletrônica  
*Carolina Pacheco*

Impressão  
*Copypress*

Coelho, Suani Teixeira; Monteiro, Maria Beatriz; Karniol, Mainara Rocha; Ghilardi, Adrian.

Atlas de Bioenergia do Brasil – São Paulo

Projeto Fortalecimento Institucional do CENBIO, Convênio 007/2005 – MME

1. Biomassa. 2. Bioenergia. 3. Energia elétrica. 4. Brasil. 5. Resíduos



**Centro Nacional de Referência em Biomassa**



**Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo**



**Ministério de Minas e Energia**



**Universidade de São Paulo**

# APRESENTAÇÃO

---

O presente trabalho, desenvolvido mediante convênio entre o Ministério de Minas e Energia (MME) e o Centro Nacional de Referência em Biomassa (Cenbio), tem por finalidade atualizar e expandir o trabalho *Panorama do Potencial de Biomassa no Brasil*, publicado em 2002, resultado do convênio entre o Cenbio, Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) e o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD).

A publicação do trabalho anterior, também sob a coordenação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Suani Teixeira Coelho e co-coordenação do M.Sc. Orlando Cristiano da Silva, teve uma repercussão muito positiva e ainda é amplamente consultada por usuários especializados e leigos, mostrando a necessidade de informação a respeito da disponibilidade de biomassa no País e sua viabilidade no uso para geração de energia.

Na publicação anterior, apresentou-se o panorama de biomassa no Brasil para a geração de energia elétrica com representação dos resultados na forma de mapas temáticos. Os resultados foram focados nos óleos vegetais e resíduos da cana-de-açúcar, florestais e agrícolas. Os dados foram apresentados de acordo com as mesorregiões brasileiras no contexto das cinco grandes regiões do País.

Neste novo trabalho, a forma de apresentação dos dados, bem como metodologia de coleta de dados e cálculo de conversão energética foram os mesmos, dando continuidade à publicação. No entanto, com intuito de melhorar alguns pontos da publicação anterior, foram feitas algumas alterações no trabalho atual.

Além das estimativas de potencial das biomassas publicadas em 2002, adicionaram-se os panoramas dos potenciais de geração de energia a partir do biogás proveniente da disposição de resíduos sólidos urbanos, do tratamento de efluentes líquidos urbanos nos municípios brasileiros e do tratamento de efluentes provenientes da criação de suínos.

Os cenários potenciais para a cana-de-açúcar, feitos anteriormente considerando-se 10 e 126 kWh/t de cana moída, foram atualizados e, no cenário atual, são consideradas eficiências de 30, 60 e 120 kWh/t de cana moída.

No potencial de geração de energia a partir de resíduos florestais foram consideradas duas tecnologias com eficiências de 15% e 30%, em vez de apenas 15% considerados no trabalho anterior.

Os resíduos agrícolas, que anteriormente foram apresentados separadamente, estão aqui em conjunto e representam o potencial total de uso das cascas de arroz, amendoim e coco-da-baía, configurando assim cenários mais atraentes técnica e economicamente.

O Cenbio e demais instituições envolvidas esperam que este trabalho possa contribuir com dados e informações que sirvam de base e estímulo para novas pesquisas sobre o tema, de forma a ampliar com racionalidade e eficiência o uso energético da biomassa no Brasil.

<b>1 – METODOLOGIA</b> .....	9
<b>2 – MAPAS</b>	
<b>2.1 – REGIÃO NORTE</b>	
2.1.1 – Cana-de-açúcar, cenário 1: 30kWh/tc .....	17
2.1.2 – Cana-de-açúcar, cenário 2: 60kWh/tc .....	18
2.1.3 – Cana-de-açúcar, cenário 3: 120kWh/tc .....	19
2.1.4 – Biogás de criação de suínos .....	20
2.1.5 – Resíduos florestais: cenário 1: eficiência 15% .....	21
2.1.6 – Resíduos florestais: cenário 2: eficiência 30% .....	22
2.1.7 – Resíduos agrícolas .....	23
2.1.8 – Óleo de palma .....	24
<b>2.2 – REGIÃO NORDESTE</b>	
2.2.1 – Cana-de-açúcar, cenário 1: 30kWh/tc .....	25
2.2.2 – Cana-de-açúcar, cenário 2: 60kWh/tc .....	26
2.2.3 – Cana-de-açúcar, cenário 3: 120kWh/tc .....	27
2.2.4 – Biogás de criação de suínos .....	28
2.2.5 – Resíduos florestais: cenário 1: eficiência 15% .....	29
2.2.6 – Resíduos florestais: cenário 2: eficiência 30% .....	30
2.2.7 – Resíduos agrícolas .....	31
2.2.8 – Óleo de palma .....	32
<b>2.3 – REGIÃO CENTRO-OESTE</b>	
2.3.1 – Cana-de-açúcar, cenário 1: 30kWh/tc .....	33
2.3.2 – Cana-de-açúcar, cenário 2: 60kWh/tc .....	34
2.3.3 – Cana-de-açúcar, cenário 3: 120kWh/tc .....	35
2.3.4 – Biogás de criação de suínos .....	36
2.3.5 – Resíduos florestais: cenário 1: eficiência 15% .....	37
2.3.6 – Resíduos agrícolas .....	38
<b>2.4 – REGIÃO SUDESTE</b>	
2.4.1 – Cana-de-açúcar, cenário 1: 30kWh/tc .....	39
2.4.2 – Cana-de-açúcar, cenário 2: 60kWh/tc .....	40
2.4.3 – Cana-de-açúcar, cenário 3: 120kWh/tc .....	41
2.4.4 – Biogás de criação de suínos .....	42
2.4.5 – Resíduos florestais: cenário 1: eficiência 15% .....	43
2.4.6 – Resíduos florestais: cenário 2: eficiência 30% .....	44
2.4.7 – Resíduos agrícolas .....	45
<b>2.5 – REGIÃO SUL</b>	
2.5.1 – Cana-de-açúcar, cenário 1: 30kWh/tc .....	46
2.5.2 – Cana-de-açúcar, cenário 2: 60kWh/tc .....	47
2.5.3 – Cana-de-açúcar, cenário 3: 120kWh/tc .....	48

2.5.4 – Biogás de criação de suínos .....	49
2.5.5 – Resíduos florestais: cenário 1: eficiência 15% .....	50
2.5.6 – Resíduos florestais: cenário 2: eficiência 30% .....	51
2.5.7 – Resíduos agrícolas .....	52
<b>2.6 – BRASIL</b>	
2.6.1 – Biogás de resíduos sólidos .....	55
2.6.2 – Biogás de efluentes líquidos .....	56
<b>3 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>57</b>

# 1 - METODOLOGIA

---

## Metodologias de cálculo

Para efetuar o cálculo de conversão energética dos diversos tipos de biomassa, foram estabelecidas diferentes tecnologias de conversão e considerados os respectivos poderes caloríficos de cada biomassa. Os resultados obtidos são apresentados nos itens abaixo, separados por tipo de biomassa.

### 1.1 Resíduos agrícolas

Para a estimação do potencial de geração de energia a partir de resíduos agrícolas, foram levados em conta os valores das produções agrícolas em cada município do País, para as cinco grandes regiões, e calculou-se cada tipo de resíduo a partir de índices citados na literatura. A eficiência de conversão (n) adotada para os resíduos foi de 15%, de baixo rendimento termodinâmico – sistemas compostos de caldeira de 20 bar, turbina de condensador atmosférico. As formas de cálculo, para cada resíduo, são apresentadas a seguir.

1.1.1 ARROZ: o dado apresentado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2005a) é em toneladas de arroz em casca produzido. Portanto, é necessário considerar apenas a casca como resíduo agrícola aproveitável que, nesse caso, representa 30% do peso total do arroz com casca. O Poder Calorífico Inferior (PCI) da casca é de 3.384,09 kcal/kg (COELHO, PALETTA e FREITAS, 2000) e a conversão de kcal/kg para kWh/kg é dada pela divisão por 860. O cálculo do potencial a partir desse resíduo foi efetuado pela equação 1:

$$\text{Potencial (MW/ano)} = \frac{[(t \text{ arroz} \times 0,3) \times \text{PCI kcal/kg} \times 0,15]}{(860 \times 8.322)} \quad (1)$$

Considera-se que o sistema opere o ano todo com os resíduos gerados e que a operação ocorra em 95% das horas anuais, o que resulta em 8.322 horas de operação/ano.

1.1.2 COCO: o dado apresentado pelo IBGE (2005a) é em mil frutos. Portanto, é necessário estabelecer um peso médio para cada fruto (aproximadamente 500 g) e dividir os valores dados pelo IBGE por mil. Posteriormente, é necessário considerar apenas a casca do fruto como resíduo agrícola aproveitável que, nesse caso, representa 60% no peso total do coco. O PCI da casca é de 4.556,82 kcal/kg (COELHO, PALETTA e FREITAS, 2000) e a conversão de kcal/kg para kWh/kg é dada pela divisão por 860. O cálculo do potencial a partir desse resíduo foi efetuado pela equação 2:

$$\text{Potencial (MW/ano)} = \frac{\{[(\text{mil frutos} \times 500\text{g})/1000] \times 0,6\} \times \text{PCI kcal/kg} \times 0,15}{(860 \times 8.322)} \quad (2)$$

Considera-se que o sistema opere o ano todo com os resíduos gerados, e que a operação ocorra em 95% das horas anuais, o que resulta em 8.322 horas de operação/ano.

1.1.3 AMENDOIM: o dado apresentado pelo IBGE (2005a) é em toneladas de amendoim em casca produzido. Portanto, é necessário considerar apenas a casca como resíduo agrícola aproveitável, que, nesse caso, representa 30% no peso total do amendoim com casca. O PCI Inferior da casca é de 4.281,82 kcal/kg (COELHO,

PALETTA e FREITAS, 2000) e a conversão de kcal/kg para kWh/kg é dada pela divisão por 860. O cálculo do potencial a partir desse resíduo foi efetuado pela equação 3:

$$\text{Potencial (MW/ano)} = \frac{[(t \text{ amendoim} \times 0,3) \times \text{PCI kcal/kg} \times 0,15]}{(860 \times 8.322)} \quad (3)$$

Considera-se que o sistema opere o ano todo com os resíduos gerados, e que a operação ocorra em 95% das horas anuais, o que resulta em 8.322 horas de operação/ano.

## 1.2 Óleos vegetais

1.2.1 ÓLEO DE DENDÊ: o dado apresentado pelo IBGE (2005a) é de hectares colhidos de dendê em coco. O rendimento da cultura é de, aproximadamente, 5 toneladas de óleo para cada hectare colhido (EMBRAPA, 2002). O fator de conversão energética para o dendê, segundo Coelho, Paletta e Freitas (2000) é de 0,78 MWh por tonelada de óleo de dendê. O cálculo do potencial a partir desse resíduo foi efetuado pela equação 4:

$$\text{Potencial (MW/ano)} = \frac{(\text{ha colhidos} \times 5 \text{ t/ha} \times 0,78 \text{ MWh/t})}{8.322} \quad (4)$$

Considera-se que o sistema opere o ano todo com o óleo gerado, e que a operação ocorra em 95% das horas anuais, o que resulta em 8.322 horas de operação por ano. É necessário mencionar que a utilização do óleo de dendê para fins energéticos é indicada apenas para locais isolados onde não há acesso à rede elétrica e onde há disponibilidade de óleo.

## 1.3 Cana-de-açúcar

O uso da cana-de-açúcar para co-geração de energia já foi largamente estudado. Neste trabalho, são propostos três cenários para geração de energia a partir dos resíduos dessa cultura: 30 kW/t de cana, 60 kW/t de cana e 120 kW/t de cana. O potencial para geração de energia é calculado multiplicando-se a eficiência do processo (kW/tc) pela quantidade de cana colhida em cada município da federação, dado este fornecido pelo IBGE (2005a); conforme as equações 5, 6 e 7.

1.3.1 Cenário 1 – 30kW/t cana:

$$\text{Potencial (MW/ano)} = \frac{(t \text{ cana} \times 30 \text{ kWh/t})}{(1.000 \times 5.563)} \quad (5)$$

Considera-se que o sistema opere somente durante a safra com os resíduos gerados (abril a novembro), resultando em 5.563 horas de operação por ano.

1.3.2 Cenário 2 – 60kW/t cana:

$$\text{Potencial (MW/ano)} = \frac{(t \text{ cana} \times 60 \text{ kWh/t})}{(1.000 \times 5.563)} \quad (6)$$

Considera-se que o sistema opere somente durante a safra com os resíduos gerados (abril a novembro), resultando em 5.563 horas de operação por ano.

### 1.3.3 Cenário 3 – 120 kW/t cana:

$$\text{Potencial (MW/ano)} = \frac{[(t \text{ cana} \times 120 \text{ kWh/t})]}{(1.000 \times 8.322)} \quad (7)$$

Considera-se que o sistema opere o ano todo com os resíduos gerados e que a operação ocorra em 95% das horas anuais, o que resulta em 8.322 horas de operação/ano. Nesse caso, são consideradas, além do bagaço, a palha e as pontas, resultantes da colheita da cana crua.

## 1.4 Silvicultura

A geração de resíduos da silvicultura pode ser dividida em três fases: a deixada no campo após o corte (15%), a do preparo da madeira (50%) e a gerada na indústria moveleira (20%). Neste estudo, os dados fornecidos pelo IBGE (2005b) correspondem à madeira em tora já processada. Por isso, o resíduo computado é apenas o resultante de seu processamento (50%), pois é aquele que pode ser aproveitado. A fase anterior de campo e moveleira não são consideradas por se tratarem de locais distantes e indefinidos. O cálculo do potencial teórico para geração de energia leva em conta um sistema convencional de turbina a vapor (ciclo Rankine) com dois rendimentos: 15% (pequeno porte) e 30% (médio porte).

O dado apresentado pelo IBGE (2005b) é fornecido em m<sup>3</sup> de madeira em tora, sendo necessário converter esses valores para tonelada, numa relação que é de 1 m<sup>3</sup> para 0,68 t (FLORESTAR ESTATÍSTICO, 2004)

RESÍDUOS DE MADEIRA EM TORA – Levaram-se em conta apenas os resíduos gerados na fase de processamento, que, nesse caso representam 50% no peso total da madeira em tora. O PCI do resíduo é de 2.000 kcal/kg (COELHO, PALETTA e FREITAS, 2000) e a conversão de kcal/kg para kWh/kg é dada pela divisão por 860. O cálculo do potencial a partir desse resíduo foi efetuado pelas equações 8 e 9:

Cenário 1 – Para os potenciais maiores que 200 kW/ano e menores que 10 MW/ano, foi considerada a utilização de equipamentos com eficiência (n) = 15%.

$$\text{Potencial (MW/ano)} = \frac{[(t \text{ madeira} \times 0,5) \times \text{PCI kcal/kg} \times 0,15]}{(860 \times 8.322)} \quad (8)$$

Cenário 2 – Para os potenciais maiores que 10 MW/ano, foi considerada a utilização de equipamentos com eficiência (n) = 30%

$$\text{Potencial (MW/ano)} = \frac{[(t \text{ madeira} \times 0,5) \times \text{PCI kcal/kg} \times 0,30]}{(860 \times 8.322)} \quad (9)$$

Considera-se, em ambos os cenários, que o sistema opere o ano todo com os resíduos gerados e que a operação ocorra em 95% das horas anuais, o que resulta em 8.322 horas de operação/ano.

## 1.5 Efluentes líquidos

1.5.1 EFLUENTES LÍQUIDOS SUÍNOS: o dado apresentado pelo IBGE (2005a) para suinocultura é de número de cabeças. A fórmula utilizada para o cálculo da estimativa da geração de biogás na suinocultura foi retirada do *Manual do Usuário do Programa de Computador – Biogás – Geração e Uso Energético versão 1.0*, publicado pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb). Segundo a publicação, a geração de metano (em m<sup>3</sup>) corresponde à quantidade de metano gerada contida no biogás resultante da decomposição do esterco gerado diariamente nas propriedades criadoras de suíno. O cálculo para esse potencial é apresentado na equação 10:

$$\text{Metano (t CH}_4\text{/ano)} = 30 \text{ dias} \times \text{n}^\circ \text{ de cabeças} \times \text{Et} \times \text{Pb} \times \text{Conc. CH}_4 \times \text{VE}^{-1} \quad (10)$$

Onde:

Et: Esterco total [ $\text{kg}_{\text{esterco}}/(\text{dia.unidade geradora})$ ].

Pb: Produção de biogás [ $\text{kg}_{\text{biogás}}/\text{kg}_{\text{esterco}}$ ];

Conc. CH<sub>4</sub>: Concentração de metano no biogás [%];

VE: Volume específico do metano [ $\text{kgCH}_4/\text{m}^3\text{CH}_4$ ], sendo este igual a  $0,670 \text{ kgCH}_4/\text{m}^3\text{CH}_4$ .

Na Tabela 1 são apresentados valores para conversão energética de esterco de outras criações.

**Tabela 1 – Valores de conversão energética para diferentes tipos de efluentes**

Origem do Material	[kg esterco/(dia.unidade geradora)]	(kg biogás/ kg esterco)	Concentração de Metano
Suínos	2,25	0,062	66%
Bovinos	10	0,037	60%
Eqüinos	12	0,048	60%
Aves	0,18	0,055	60%
Abatedouro	1,0	0,100	55%

Fonte: MOTTA, 1986

1.5.2 EFLUENTES LÍQUIDOS DOMÉSTICOS E COMERCIAIS: para o cálculo sobre geração de biogás a partir de esgoto doméstico e comercial, foram pesquisados os dados da *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do IBGE* (2000) referentes ao volume de esgoto coletado e tratado nos municípios brasileiros nos quais há tratamento anaeróbio do lodo. A partir desses dados, foi aplicada a equação 11:

$$\text{Metano (t CH}_4\text{/ano)} = (\text{Ef.Trat} \times \text{DBO}_5/\text{m}^3 \text{ efluente} \times \text{n biodigestor} \times \text{MFEM}) - \text{R} \quad (11)$$

Onde:

Ef. Trat = Quantidade de efluente tratado por ano (em m<sup>3</sup>)

DBO<sub>5</sub> = Taxa de geração de demanda bioquímica de oxigênio (t DBO<sub>5</sub>/m<sup>3</sup>.ano)

n = Eficiência do biodigestor (fração adimensional)

MFEM = Máximo fator de emissão de metano (fração adimensional)

R = Quantidade de metano recuperado (kgCH<sub>4</sub>/ano)

a) Cálculo da Taxa de Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO<sub>5</sub>

A geração de carga orgânica para a população do Brasil, segundo Feachem (1983, in CETESB, 1998), equivale a  $0,05 \text{ kgDBO}_5$  por habitante por dia. Segundo a norma *ABNT NBR 7229/93*, são utilizados, aproximadamente, 160 litros de água por dia por habitante nas regiões urbanas, o que equivale a  $0,312 \text{ kgDBO}_5/\text{m}^3$  de esgoto gerado. Para os cálculos, foi considerado o valor em toneladas de 0,000312.

b) Cálculo da Eficiência do Biodigestor

Adotou-se uma eficiência de 50% para os biodigestores anaeróbios com base na eficiência média desses equipamentos.

c) Cálculo do Máximo Fator de Emissão de Metano – MFEM

O valor assumido para o máximo fator de emissão de metano é igual ao valor sugerido pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* de 0,25 tCH<sub>4</sub> por tonelada de DBO<sub>5</sub>.

d) Cálculo da Quantidade de Metano Recuperado – R

A quantidade de metano recuperado é considerada insignificante.

## 1.6 Resíduos sólidos

1.6.1 RESÍDUOS SÓLIDOS MUNICIPAIS DOMÉSTICOS E COMERCIAIS: o trabalho sobre o potencial de produção de biogás a partir de resíduos sólidos foi feita com base na *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do IBGE (2000)*, identificando os municípios que possuem aterros sanitários. Os dados do IBGE referem-se ao volume total do lixo enviado a aterros sanitários em toneladas por dia em cada município.

O cálculo do potencial de emissão de metano a partir do biogás oriundo da disposição de resíduos sólidos municipais foi baseado na metodologia recomendada pelo Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC, *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual and Workbook*, mediante a equação 12:

$$\text{Metano (t CH}_4\text{/ano)} = V \text{ lixo} \times \text{FCM} \times \text{COD} \times \text{CODf} \times F \times \frac{16}{12} - R \times (1 - \text{OX}) \quad (12)$$

Onde:

V lixo = Volume de resíduos sólidos depositados no aterro (tonelada por dia)

FCM = Fator de correção de metano (adimensional)

COD = Carbono orgânico degradável no RSD (resíduo sólido domiciliar) (adimensional)

CODf = Fração de COD que realmente degrada (adimensional)

F = Fração de CH<sub>4</sub> no gás de aterro (adimensional)

16/12 = Taxa de conversão de carbono em metano (adimensional)

R = Quantidade de metano recuperado (kgCH<sub>4</sub>/ano)

OX = Fator de oxidação (adimensional)

a) Cálculo do Fator de Correção de Metano – FCM

O IPCC recomenda valores de FCM de acordo com a profundidade do local de disposição de resíduos sólidos. Um desses valores é 60% para os locais sem classificação. No Brasil, não há dados disponíveis sobre a profundidade dos locais de disposição de resíduos, por isso foi utilizado o valor de 60% para todos os municípios.

b) Cálculo do Carbono Orgânico Degradável – COD

O valor do carbono orgânico degradável utilizado nesse panorama foi o sugerido pelo IPCC, igual a 12%, valor que não leva em consideração a composição de resíduos no Brasil, pois os dados de composição destes, nas diferentes cidades brasileiras, são escassos.

c) Cálculo da fração de COD que Realmente Degrada – CODf

Foi utilizado nesse panorama, conforme recomendado pelo IPCC (1996), o valor de 77%, correspondente à fração de COD que realmente degrada.

d) Cálculo da Fração de Metano no Biogás – F

O IPCC recomenda que se considere a fração de gás metano no biogás de aterro da ordem de 50%. Uma amostra de dados da composição de gás na Região Metropolitana de São Paulo confirma os dados do IPCC. Porém, com a variação de um aterro para outro, pode-se considerar um erro da ordem de 10%.

e) Cálculo da Quantidade de Metano Recuperado – R

A quantidade de metano recuperado é considerada insignificante

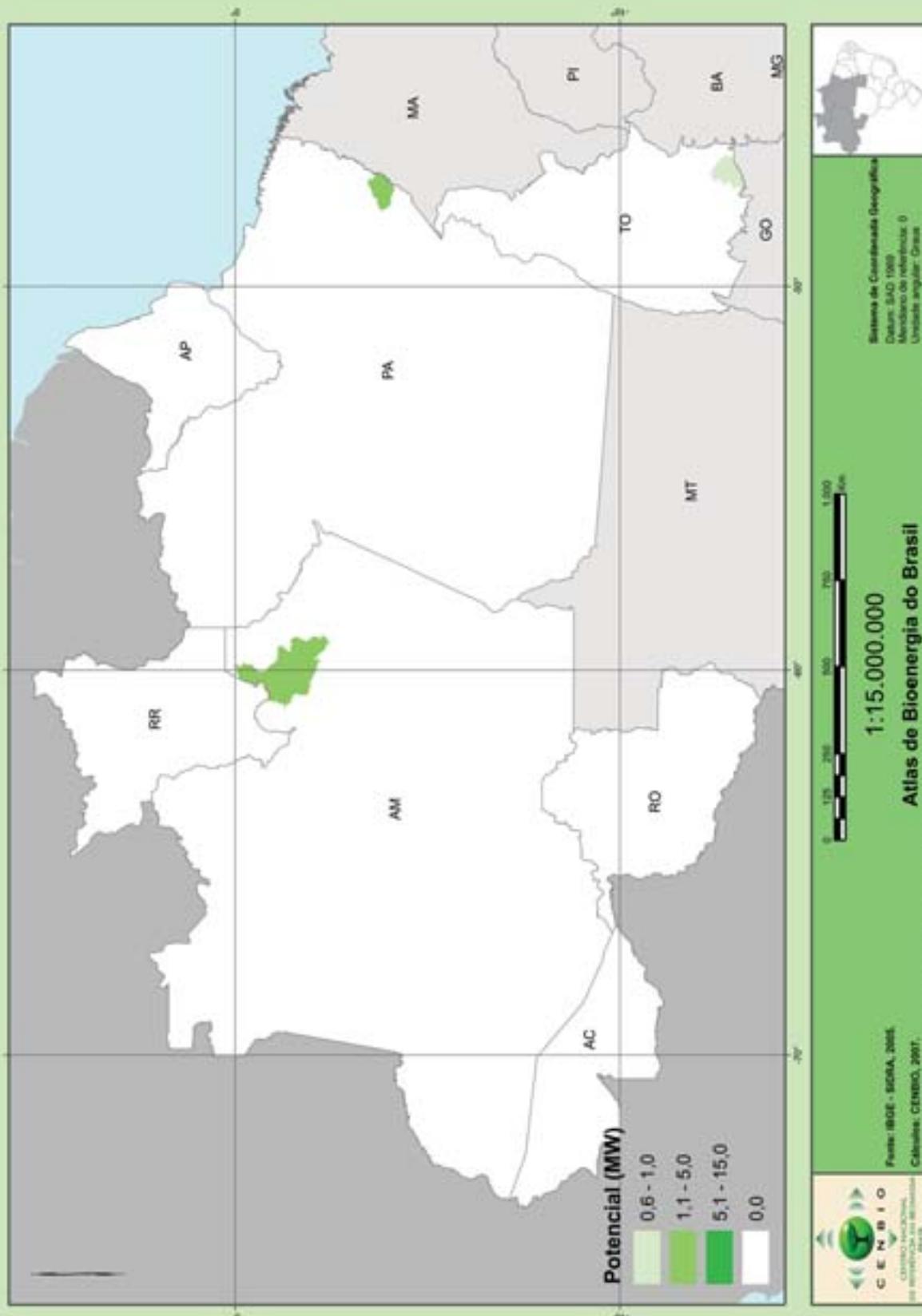
f) Cálculo do Fator de Oxidação – OX

O fator de oxidação é considerado zero.

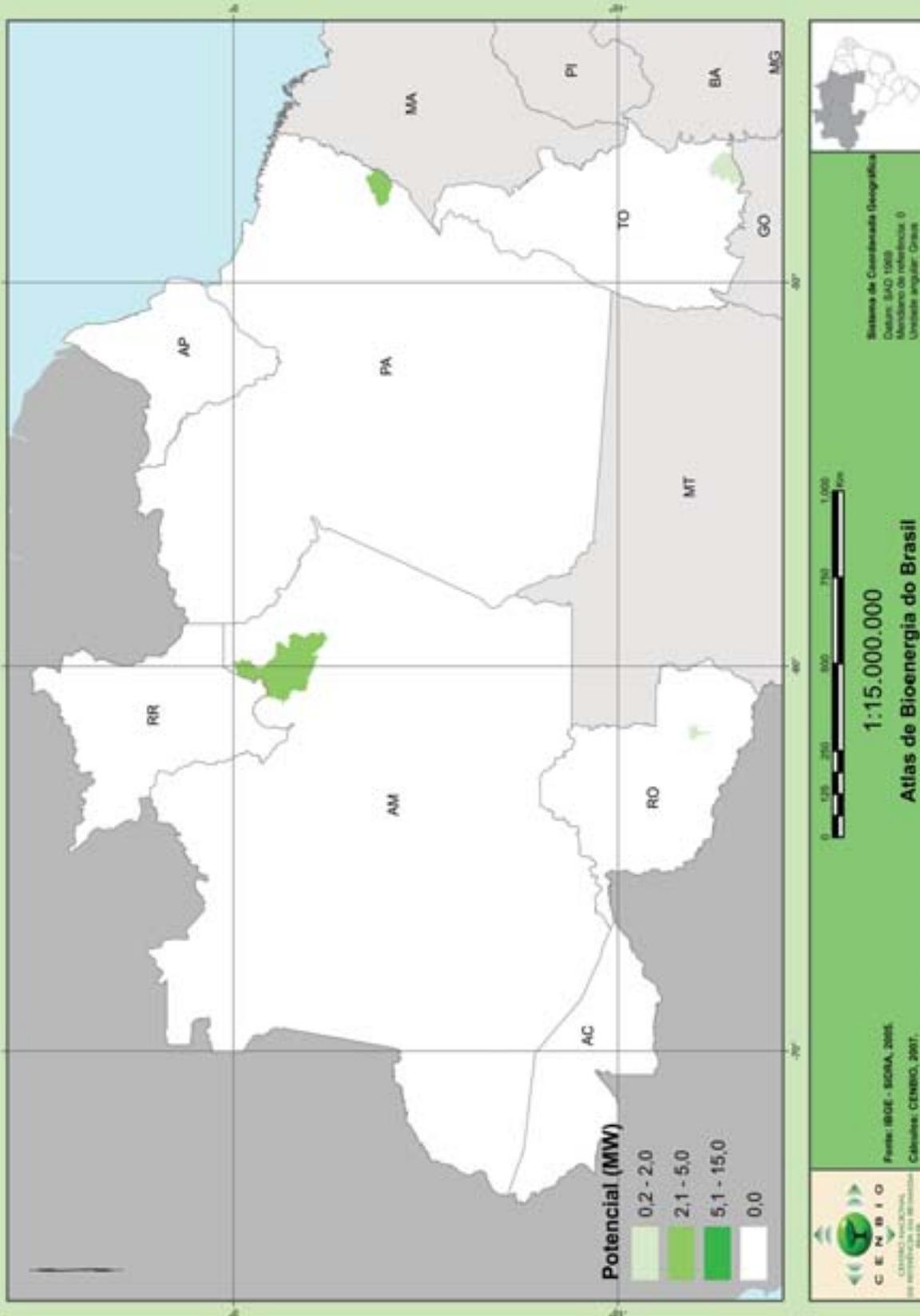
É necessário salientar que, na geração de metano, a partir da disposição de resíduos sólidos, há variação ao longo do tempo conforme se aumenta ou diminui a disposição de matéria orgânica. Sendo assim, a equação 12 irá referir-se ao potencial de metano gerado ao longo de um ano de disposição, não considerando o metano que possa já estar sendo emitido a partir do lixo depositado anteriormente. A quantidade de metano emitida poderá aumentar conforme o aumento de lixo contido no aterro com o passar do tempo e vice-versa, pois a curva de geração de metano tem comportamento crescente durante o período em que o aterro recebe lixo – a cada nova tonelada de lixo depositada, soma-se um novo potencial de geração de biogás. O ponto máximo da curva ocorre no último ano de disposição do lixo no aterro e, a partir daí, a curva é regida pela constante de decaimento referente à degradação da matéria orgânica no tempo.

# ***Grandes Regiões***

**2.1.1. Estimativa do potencial de geração de energia no setor sucroalcooleiro nos municípios da Região Norte.**  
 Cenário 1: 30kWh/t cana\*.



**2.1.2. Estimativa do potencial de geração de energia no setor sucroalcooleiro nos municípios da Região Norte.**  
 Cenário 2: 60kWh/t cana\*.



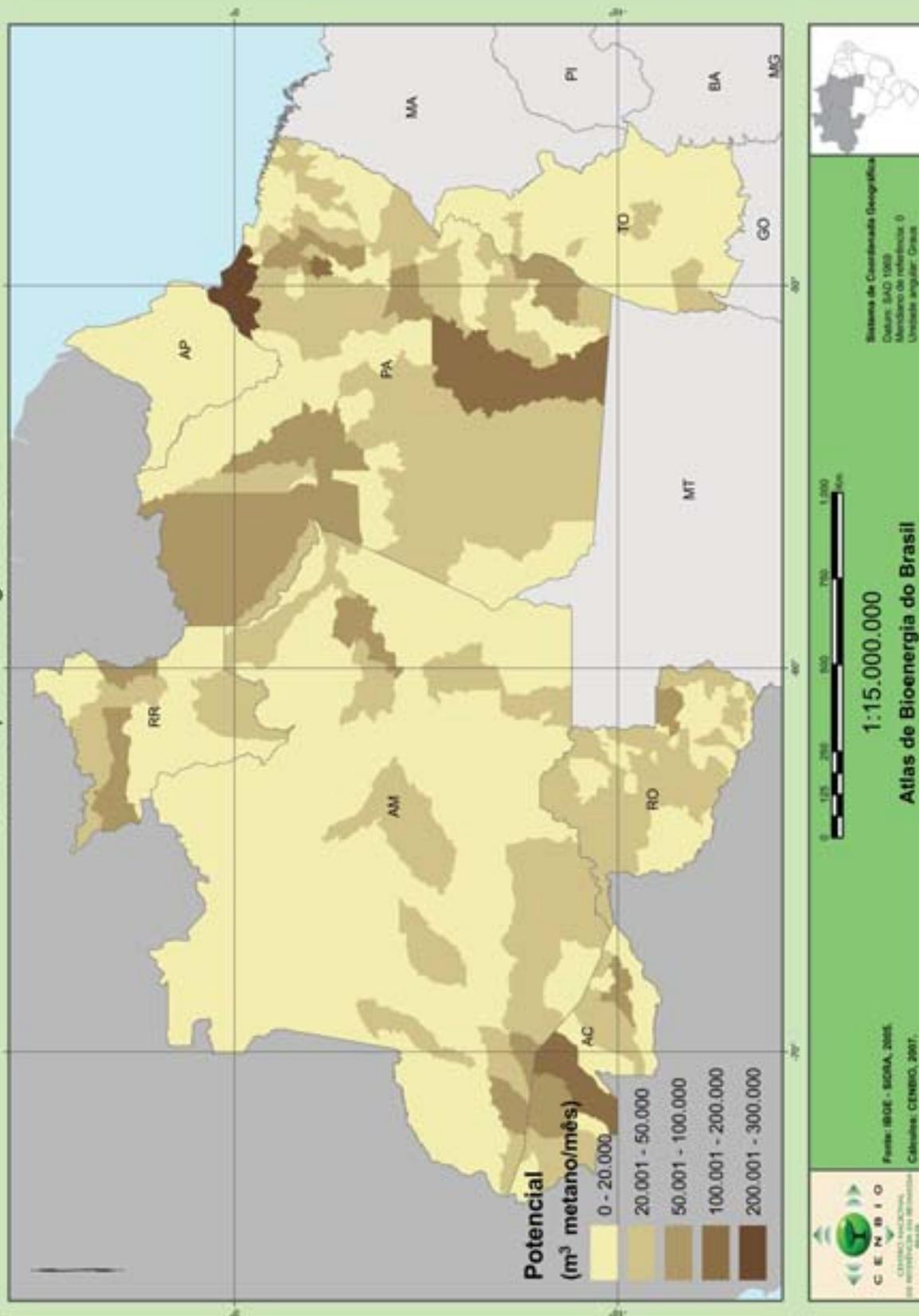
\*Cenário calculado com base na geração somente durante a safra (5,563%). Os potenciais menores que 200 kW não são considerados devido a ausência de tecnologia de ciclo a vapor.

### 2.1.3. Estimativa do potencial de geração de energia no setor sucroalcooleiro nos municípios da Região Norte.

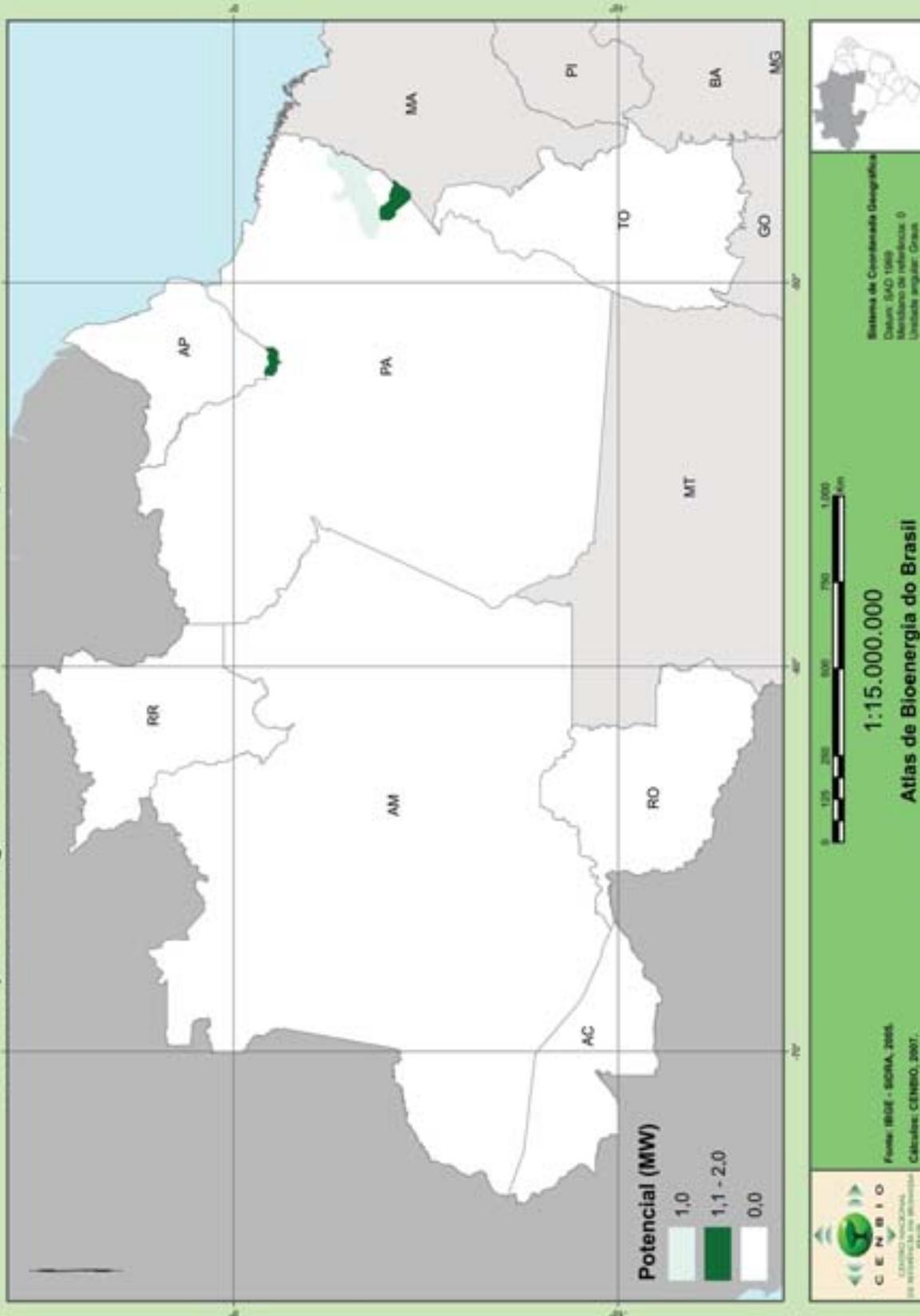
Cenário 3: 120kWh/t cana\*.



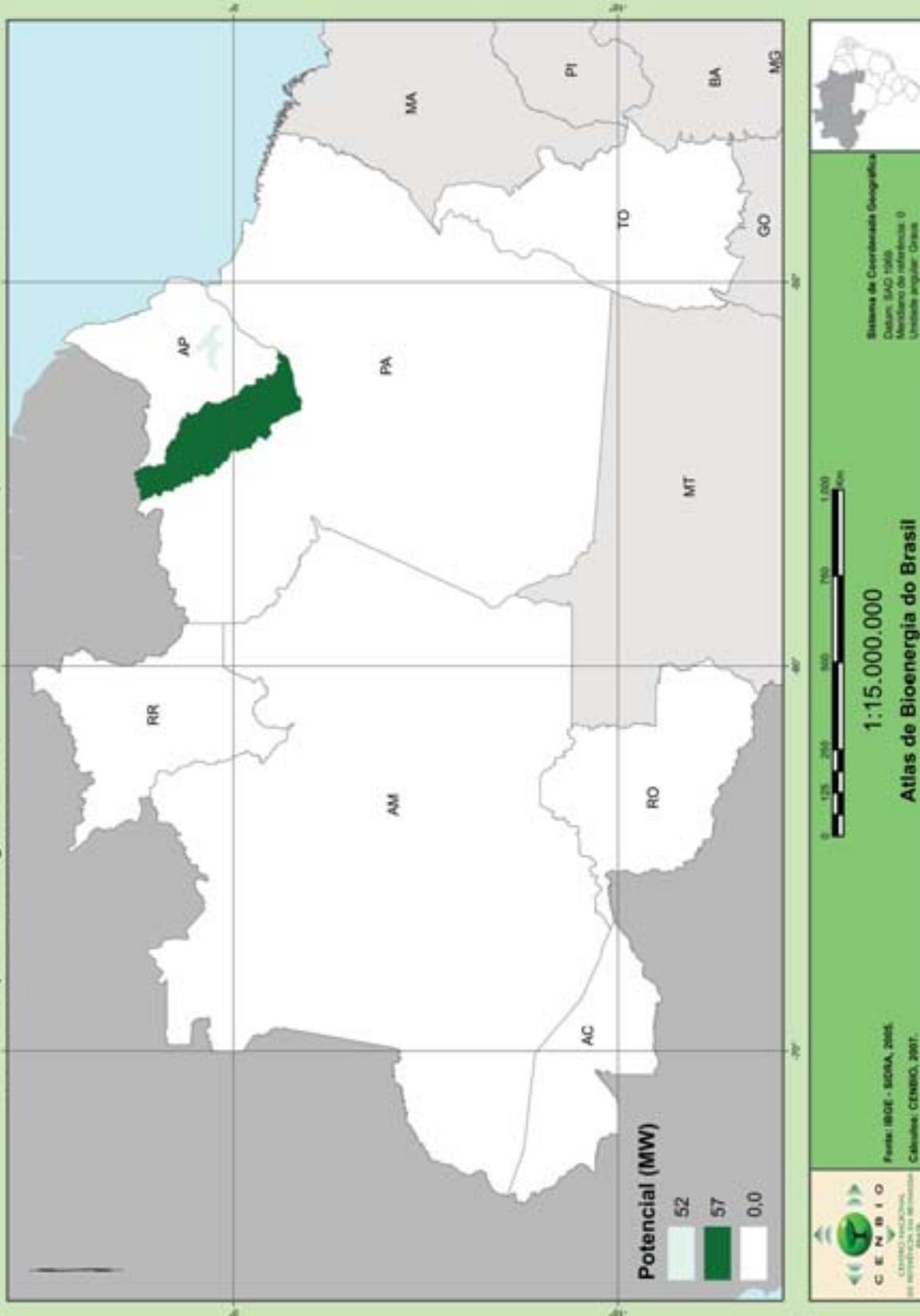
**2.1.4. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do biogás proveniente da criação de suínos nos municípios da Região Norte.**



**2.1.5. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do uso de resíduos da silvicultura nos municípios da Região Norte. Cenário 1: Tecnologia com eficiência = 15%\*.**



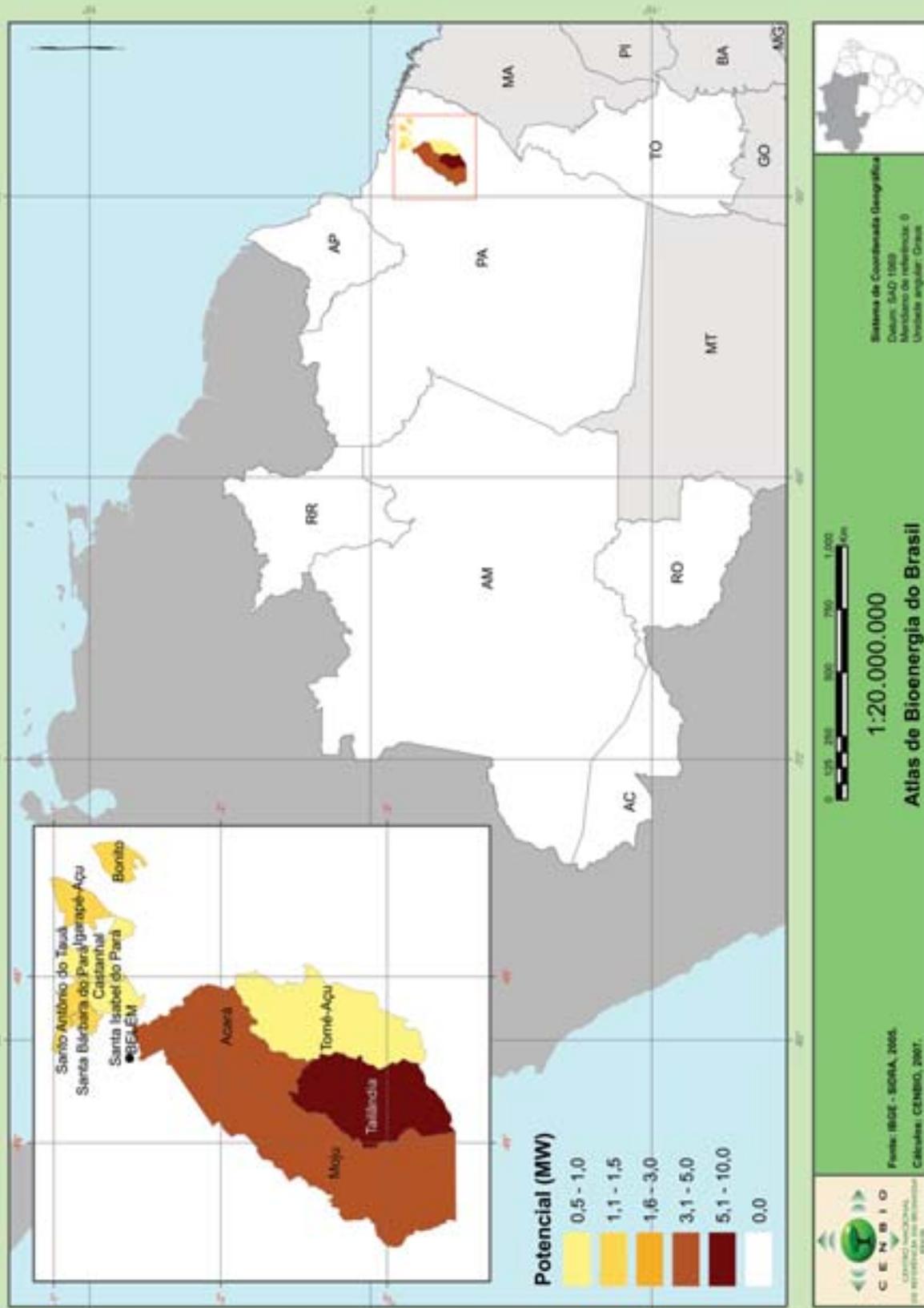
**2.1.6. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do uso de resíduos da silvicultura nos municípios da Região Norte. Cenário 2: Tecnologia com eficiência = 30%\*.**



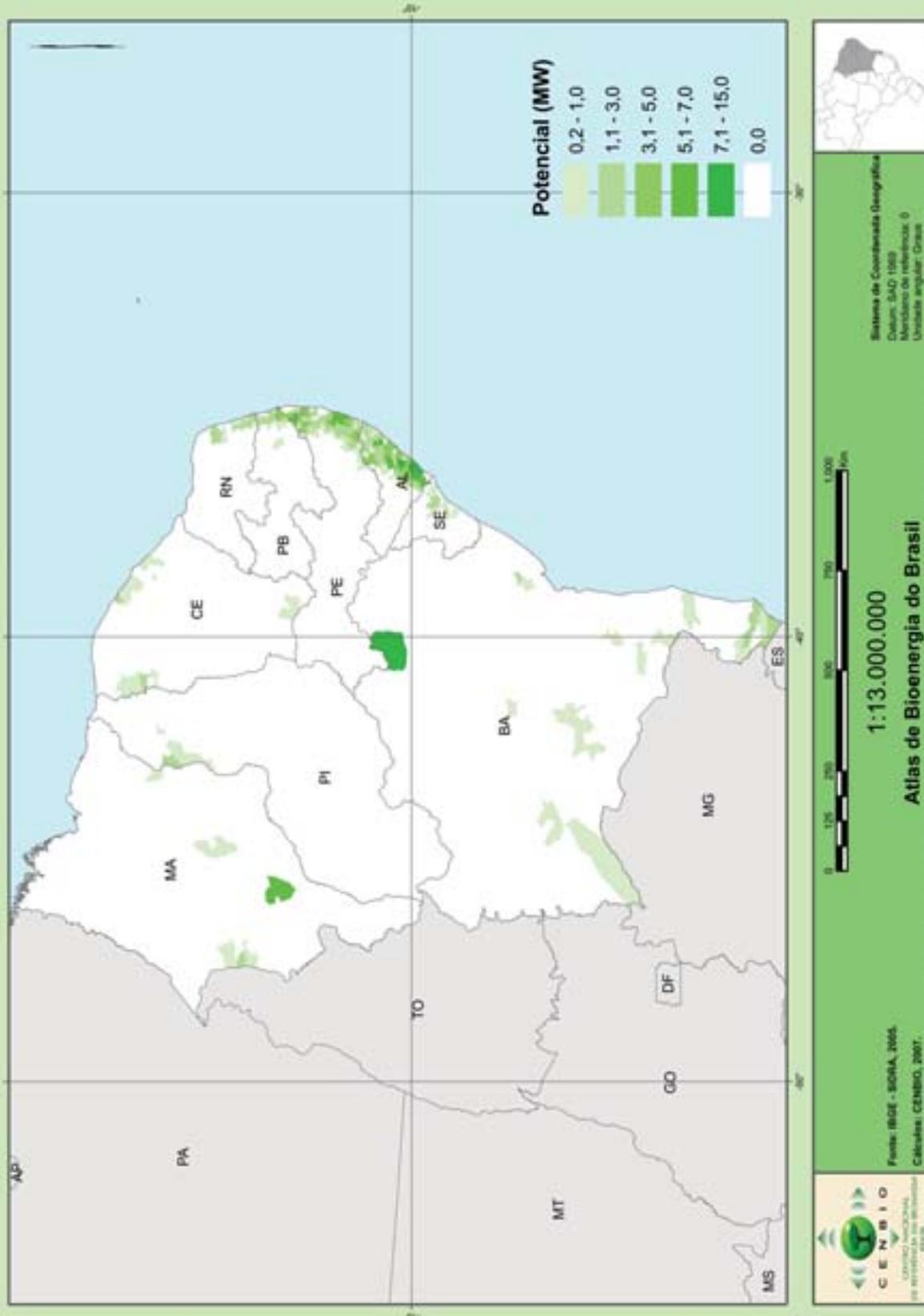
**2.1.7. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do uso de resíduos agrícolas nos municípios da Região Norte\*.**



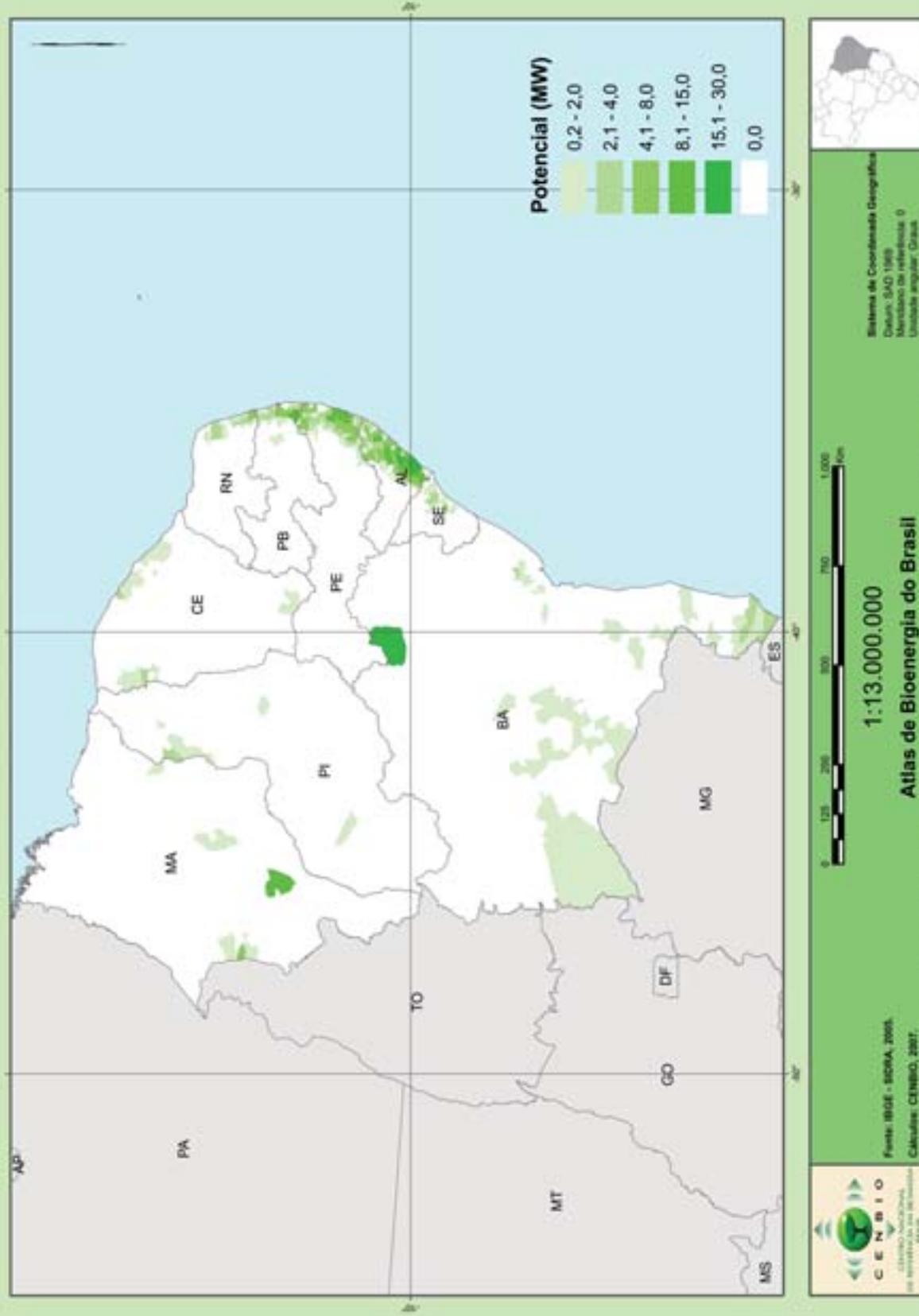
2.1.8. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do uso do óleo de palma nos municípios da Região Norte.



**2.2.1. Estimativa do potencial de geração de energia no setor sucroalcooleiro nos municípios da Região Nordeste.**  
 Cenário 1: 30kWh/t cana\*.

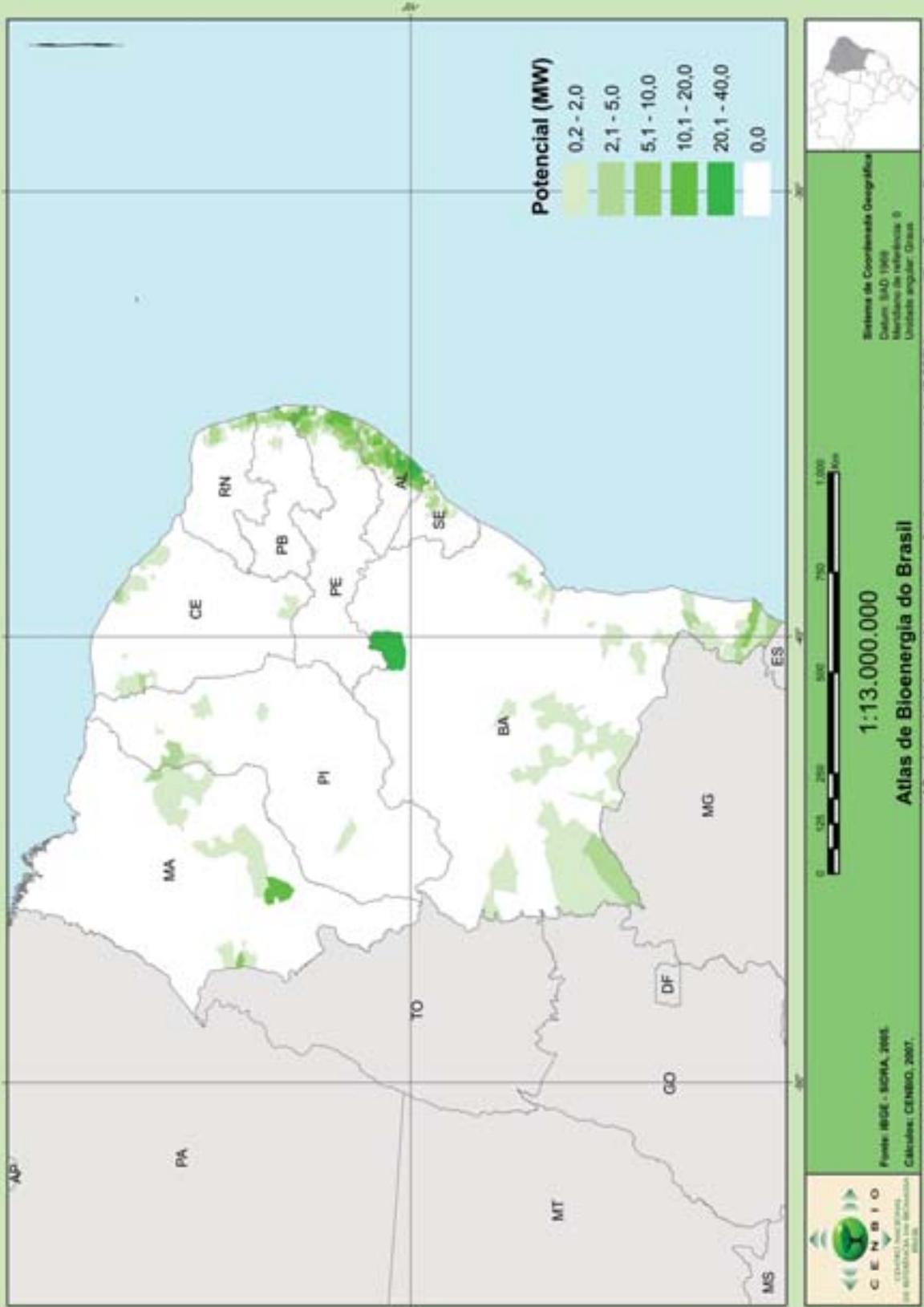


**2.2.2. Estimativa do potencial de geração de energia no setor sucroalcooleiro nos municípios da Região Nordeste.**  
**Cenário 2: 60kWh/t cana\*.**

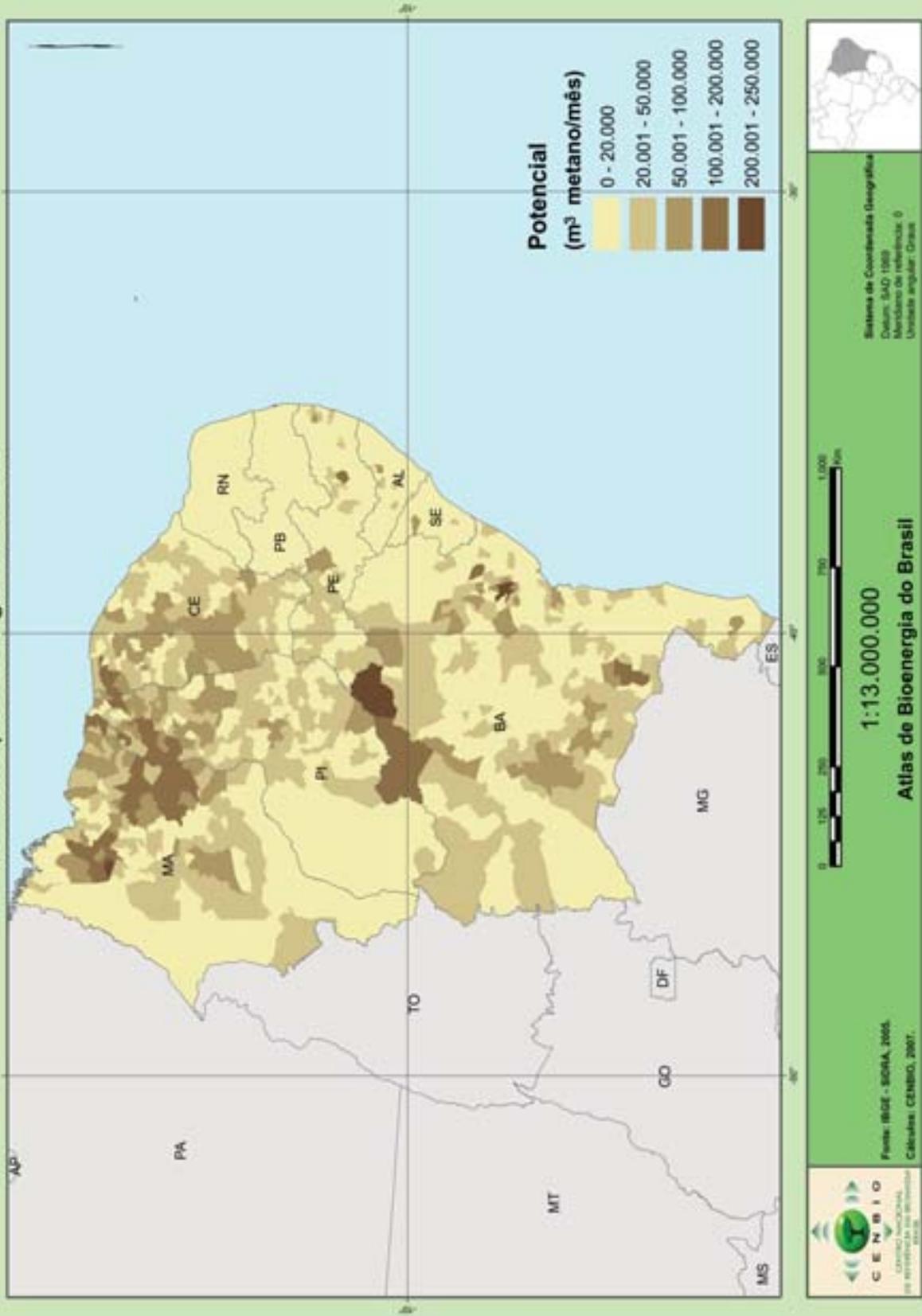


### 2.2.3. Estimativa do potencial de geração de energia no setor sucroalcooleiro nos municípios da Região Nordeste.

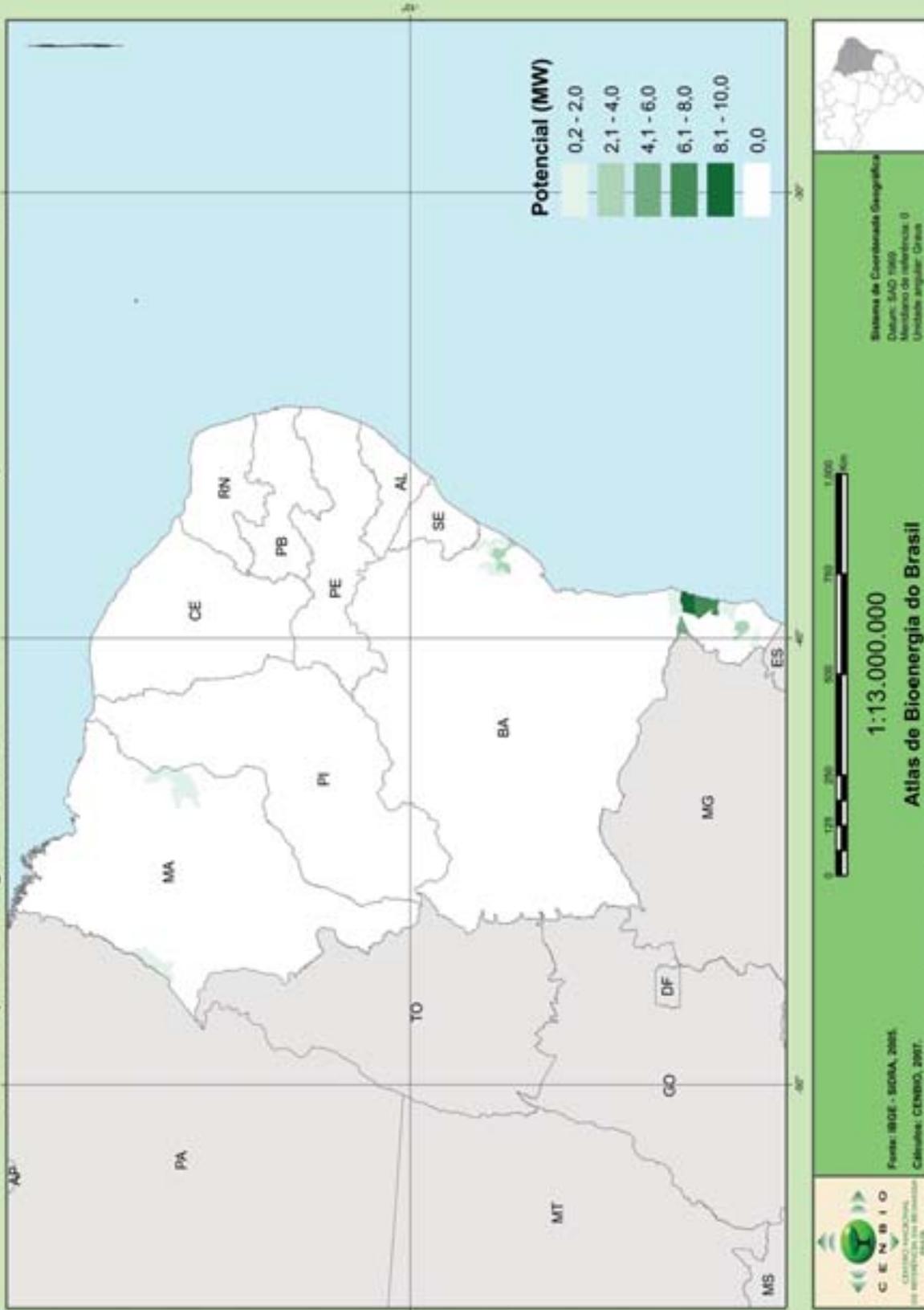
Cenário 3: 120kWh/t cana\*.



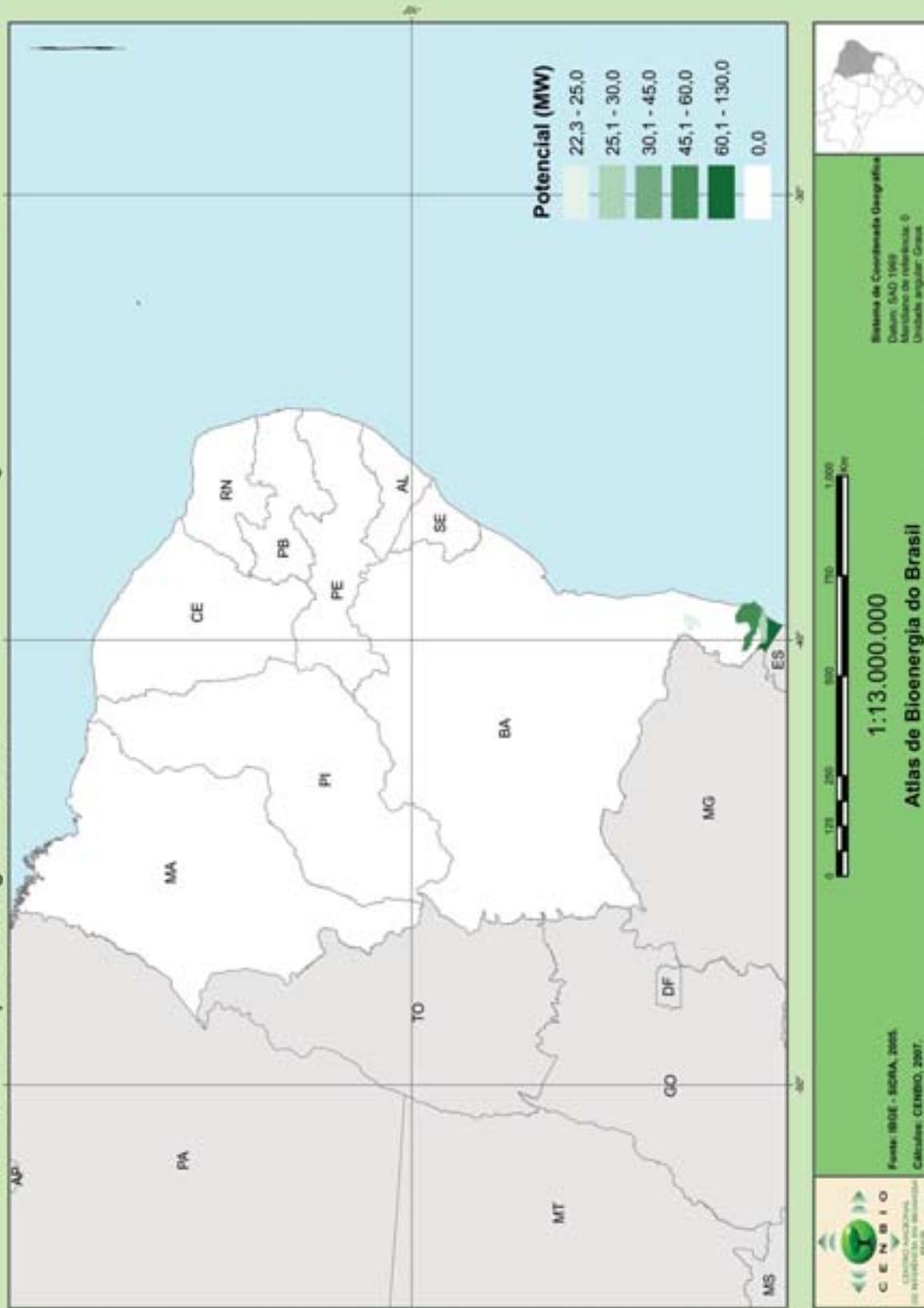
**2.2.4. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do biogás proveniente da criação de suínos nos municípios da Região Nordeste.**



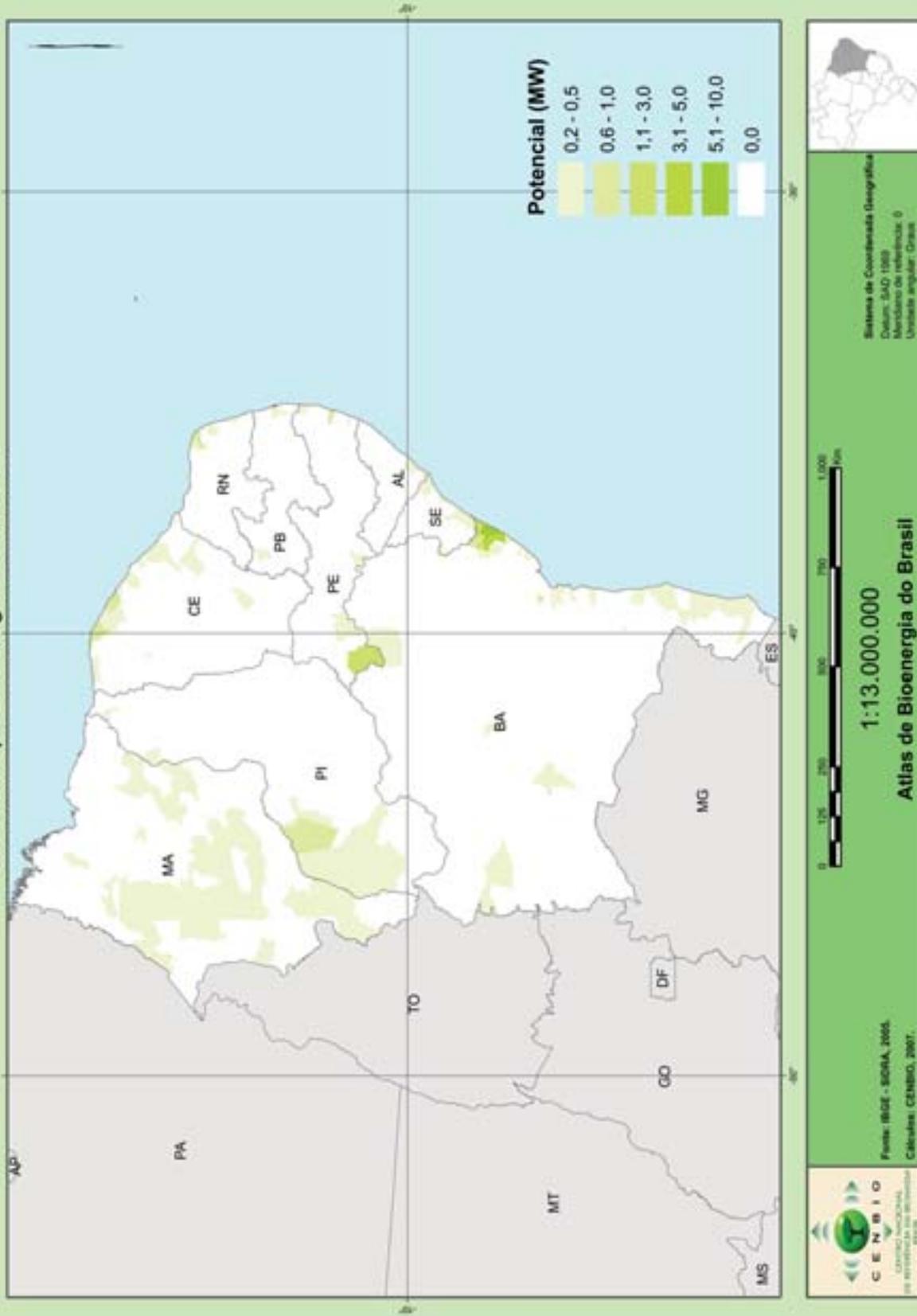
**2.2.5. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do uso de resíduos da silvicultura nos municípios da Região Nordeste. Cenário 1: Tecnologia com eficiência = 15%\*.**



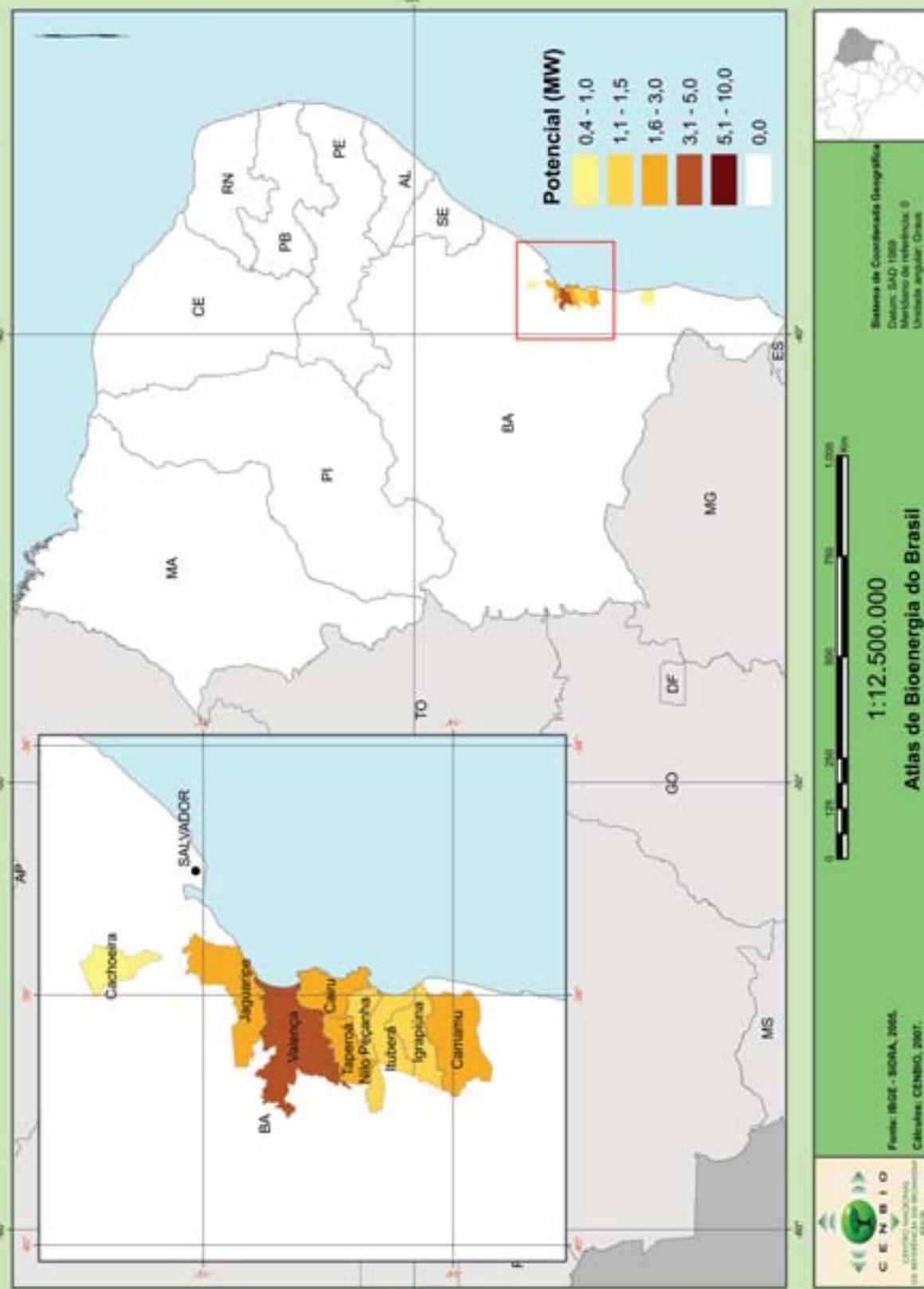
**2.2.6. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do uso de resíduos da silvicultura nos municípios da Região Nordeste. Cenário 2: Tecnologia com eficiência = 30%\*.**



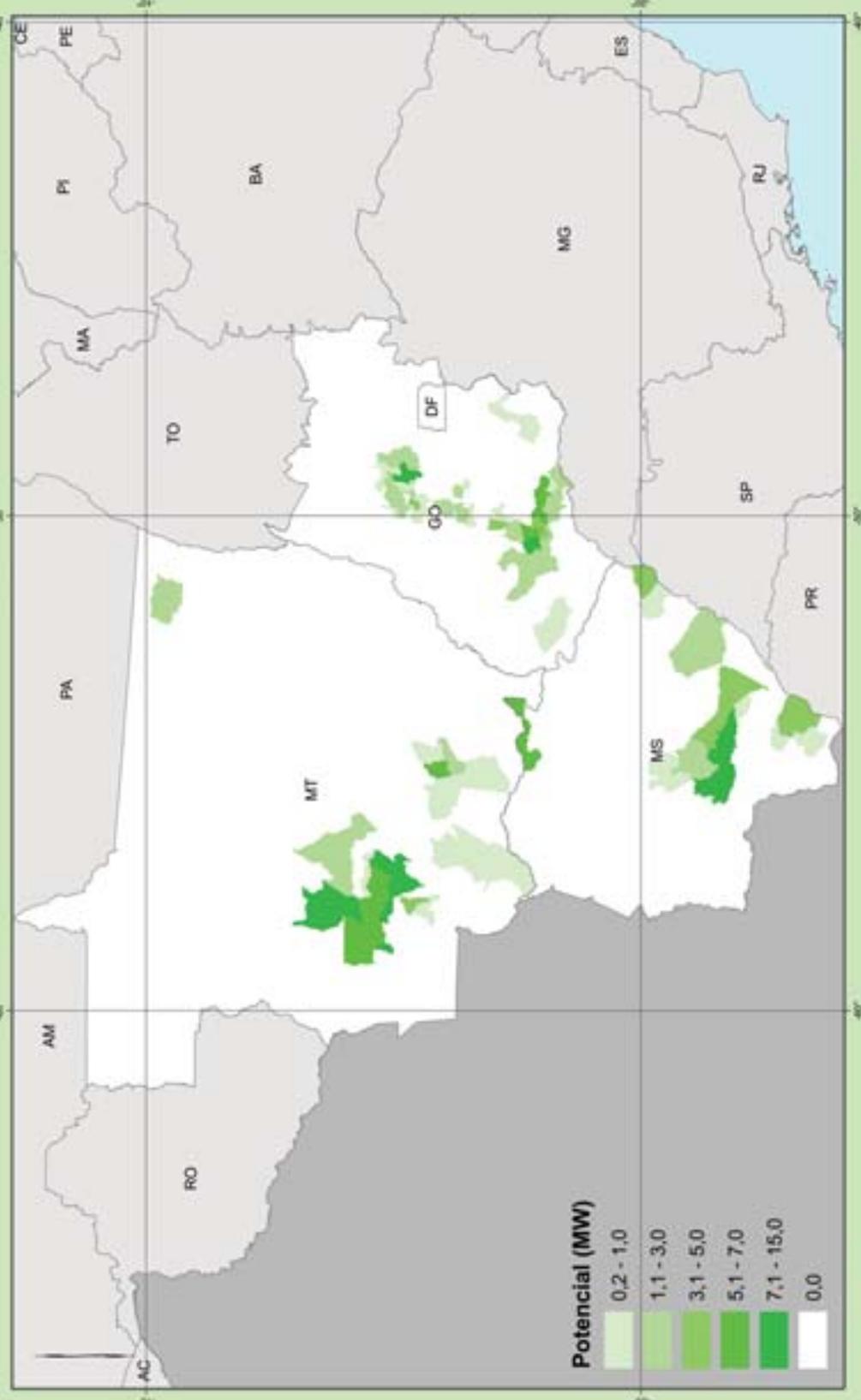
**2.2.7. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do uso de resíduos agrícolas nos municípios da Região Nordeste\*.**



2.2.8. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do uso do óleo de palma nos municípios da Região Nordeste.



**2.3.1. Estimativa do potencial de geração de energia no setor sucroalcooleiro nos municípios da Região Centro-Oeste.**  
 Cenário 1: 30kWh/t cana<sup>\*. sp</sup>



**Potencial (MW)**

0,2 - 1,0
1,1 - 3,0
3,1 - 5,0
5,1 - 7,0
7,1 - 15,0
0,0

**1:12.500.000**  
**Atlas de Bioenergia do Brasil**

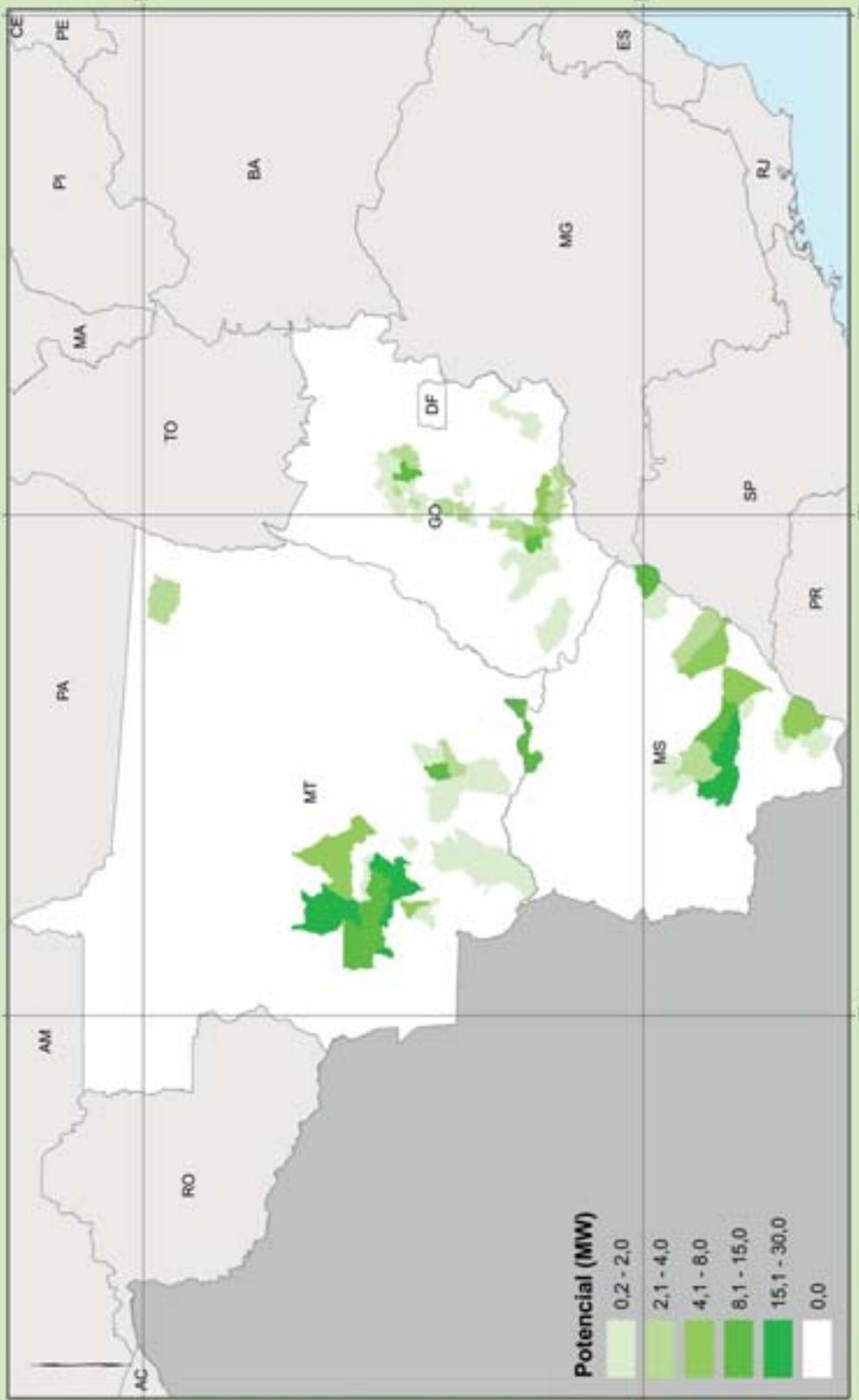
Fonte: IBGE - SOBR, 2005.  
 Cálculos: CENBIO, 2007.



Sistema de Coordenadas Geográficas  
 Datum: SAO 1958  
 Método de referência: UTM  
 Unidade angular: Graus

\*Cenário calculado com base na geração somente durante a safra (5,563%). Os potenciais menores que 200 kW não são considerados devido a ausência de tecnologia de ciclo a vapor.

**2.3.2. Estimativa do potencial de geração de energia no setor sucroalcooleiro nos municípios da Região Centro-Oeste.**  
 Cenário 2: 60kWh/t cana\* - 30°



**Potencial (MW)**

- 0,2 - 2,0
- 2,1 - 4,0
- 4,1 - 8,0
- 8,1 - 15,0
- 15,1 - 30,0
- 0,0



Fonte: IBGE - SOBR, 2005.  
 Cálculos: CENBIO, 2007.

0 125 250 500 750 1.000 Km

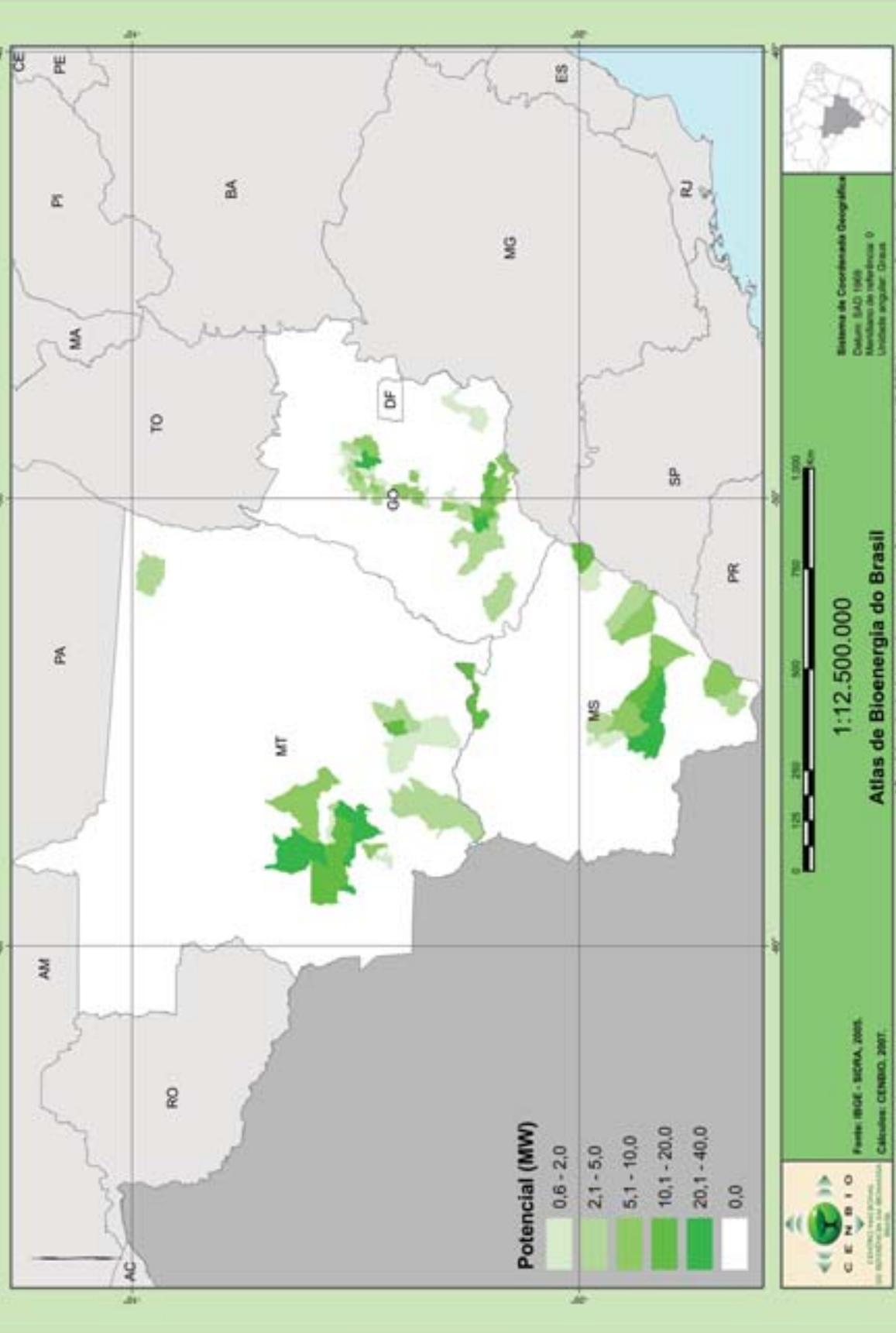
**1:12.500.000**  
**Atlas de Bioenergia do Brasil**



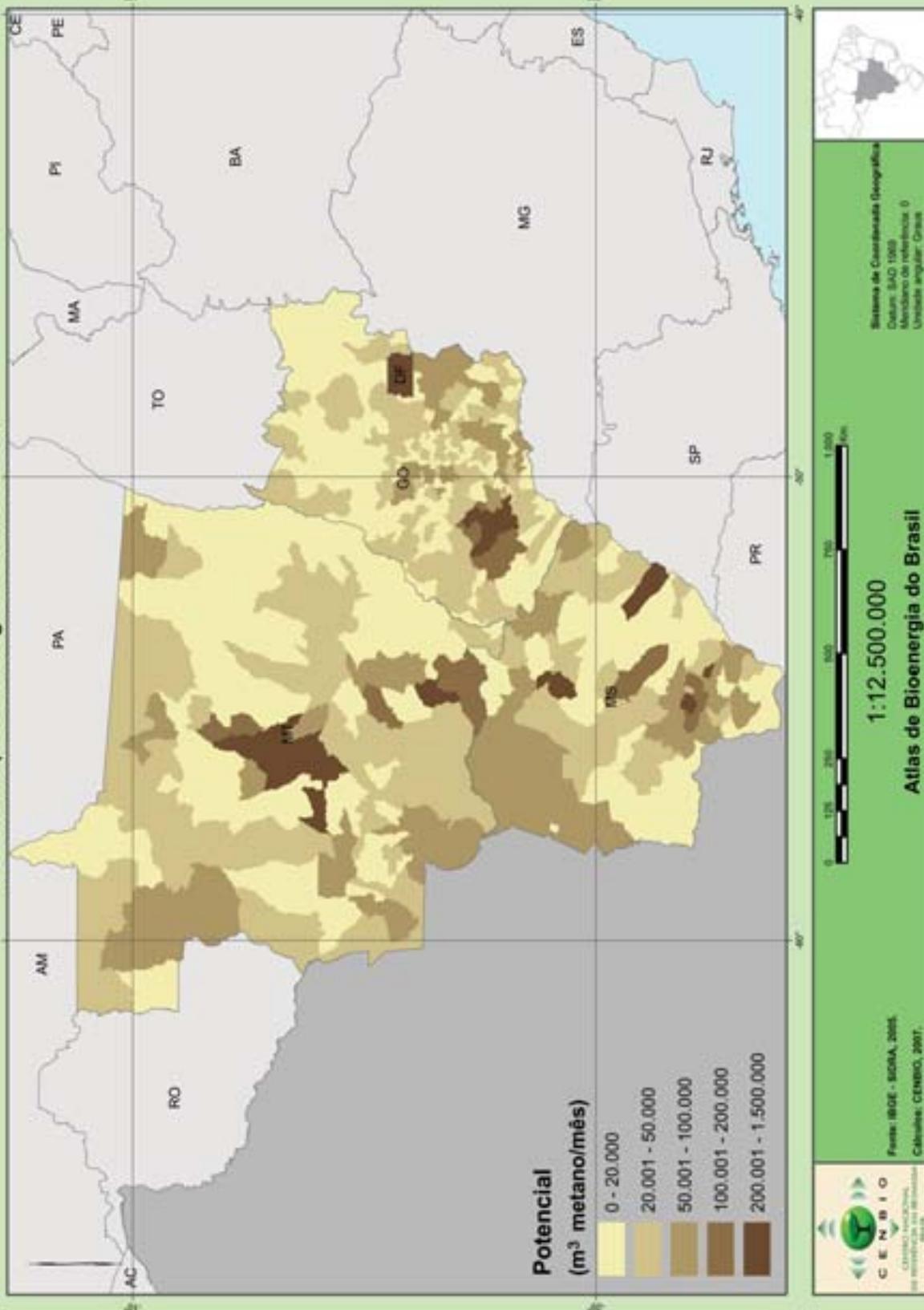
Sistema de Coordenadas Geográficas  
 Datum: SAO 1959  
 Método de projeção: UTM  
 Unidade angular: Graus

\*Cenário calculado com base na geração somente durante a safra (5,563%). Os potenciais menores que 200 kW não são considerados devido a ausência de tecnologia de ciclo a vapor.

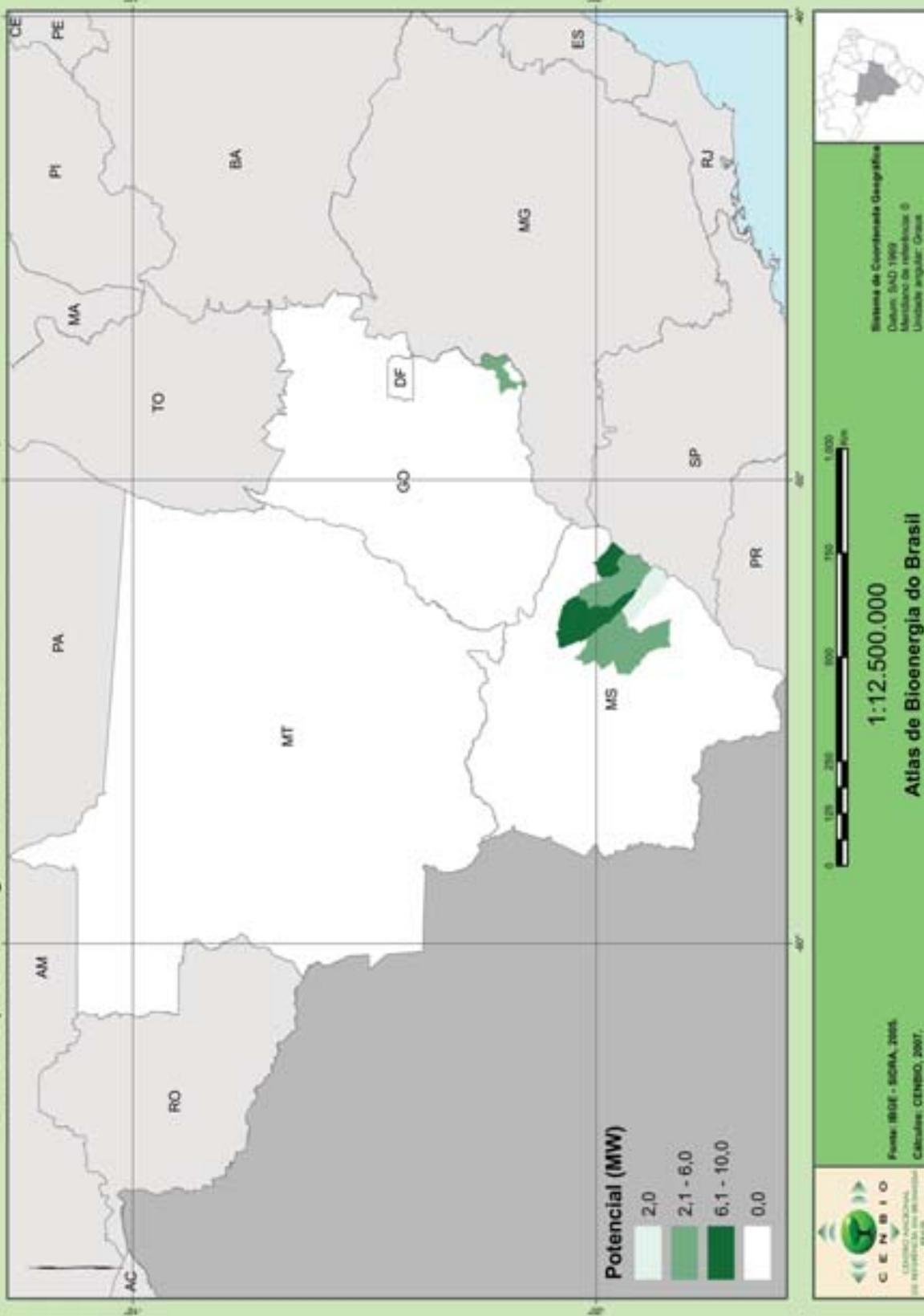
**2.3.3. Estimativa do potencial de geração de energia no setor sucroalcooleiro nos municípios da Região Centro-Oeste.**  
 Cenário 3: 120kWh/t cana\*



**2.3.4. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do biogás proveniente da criação de suínos nos municípios da Região Centro-Oeste.**

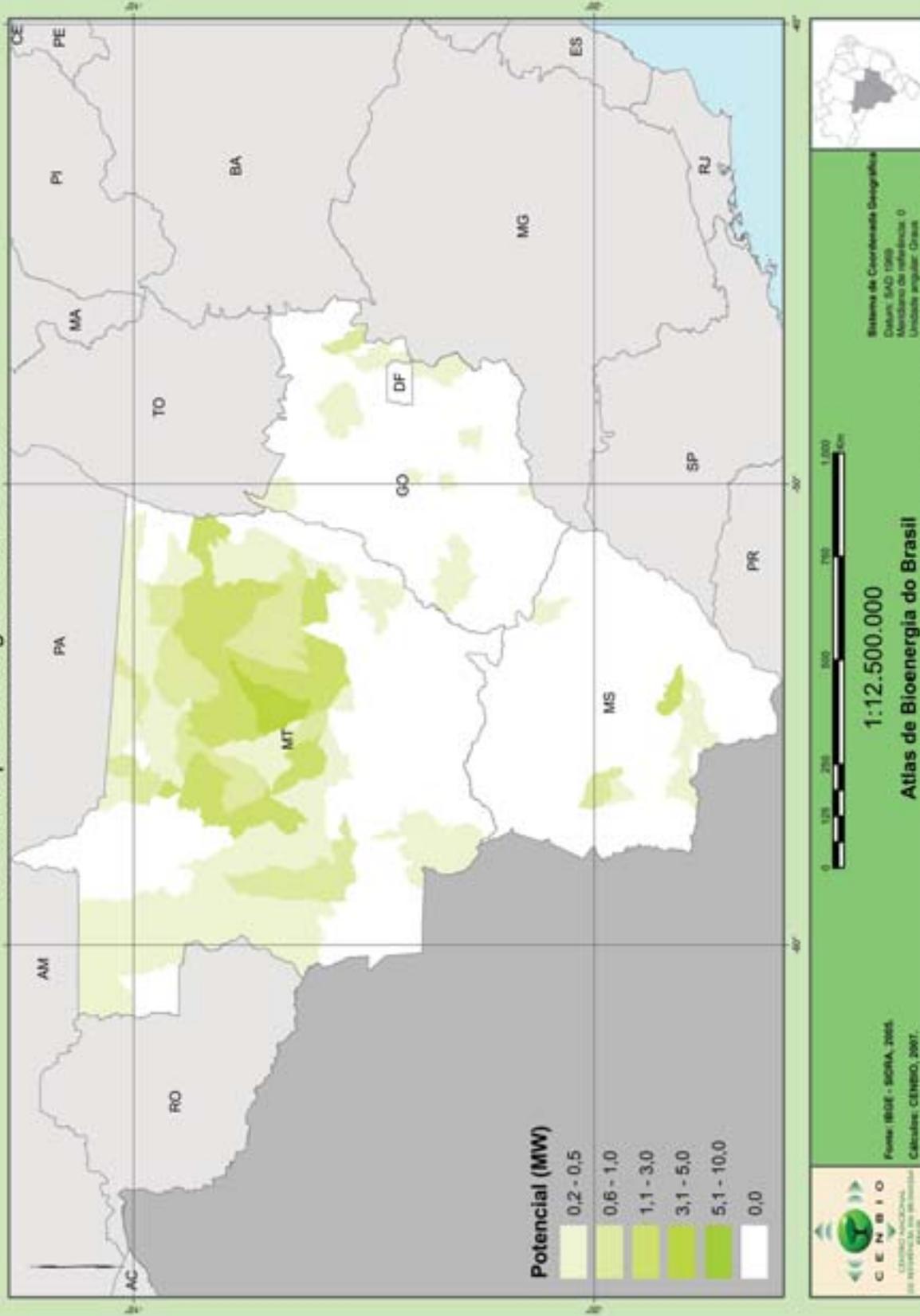


**2.3.5. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do uso de resíduos da silvicultura nos municípios da Região Centro-Oeste. Cenário 1: Tecnologia com eficiência = 15%\*.**



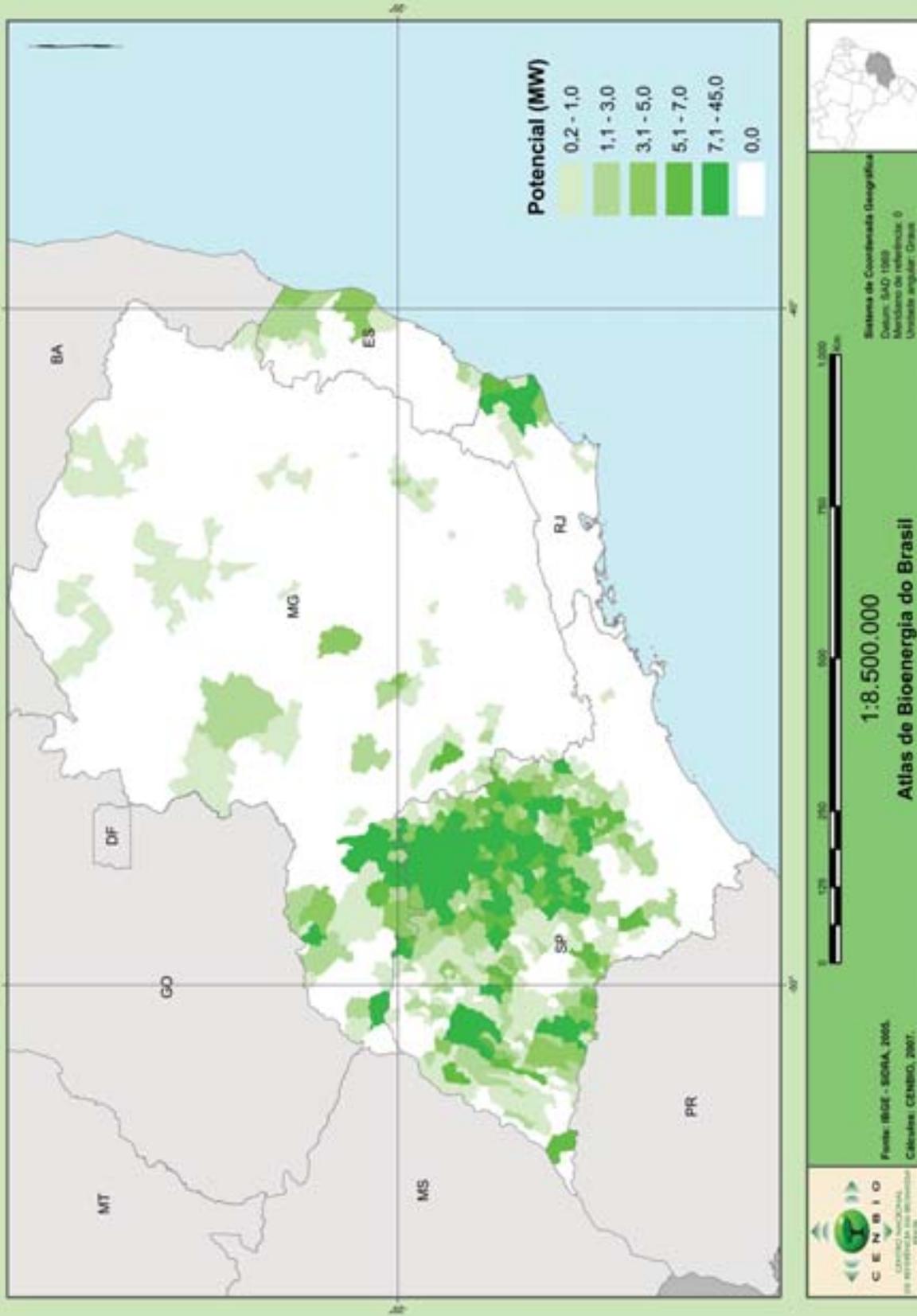
\*Cenário aplicado para os municípios com potencial entre 200 kW e 10 MW. Os potenciais menores que 200 kW não são considerados devido a ausência de tecnologia de ciclo a vapor.

**2.3.6. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do uso de resíduos agrícolas nos municípios da Região Centro-Oeste\*.**



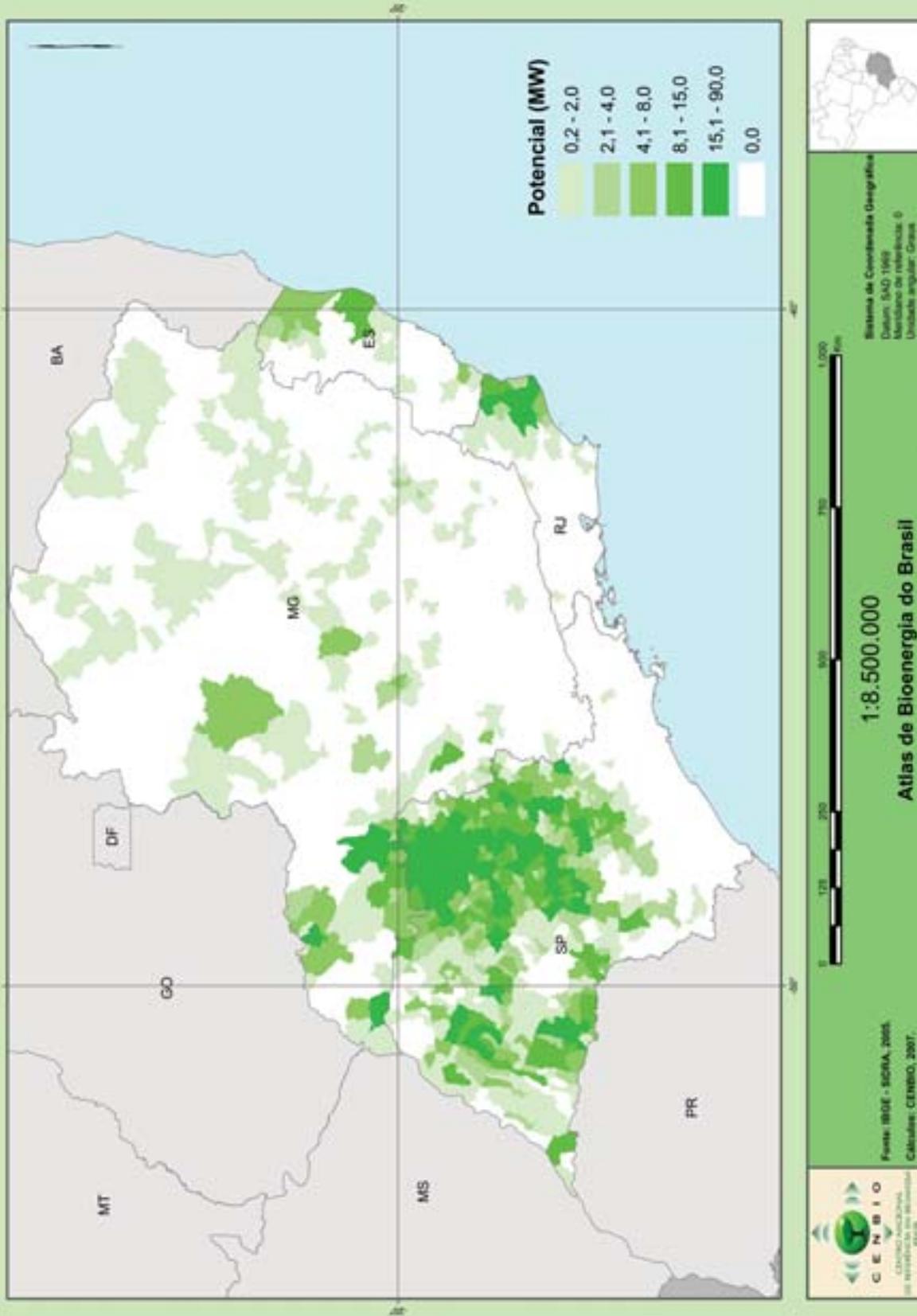
### 2.4.1. Estimativa do potencial de geração de energia no setor sucroalcooleiro nos municípios da Região Sudeste.

Cenário 1: 30kWh/t cana\*.

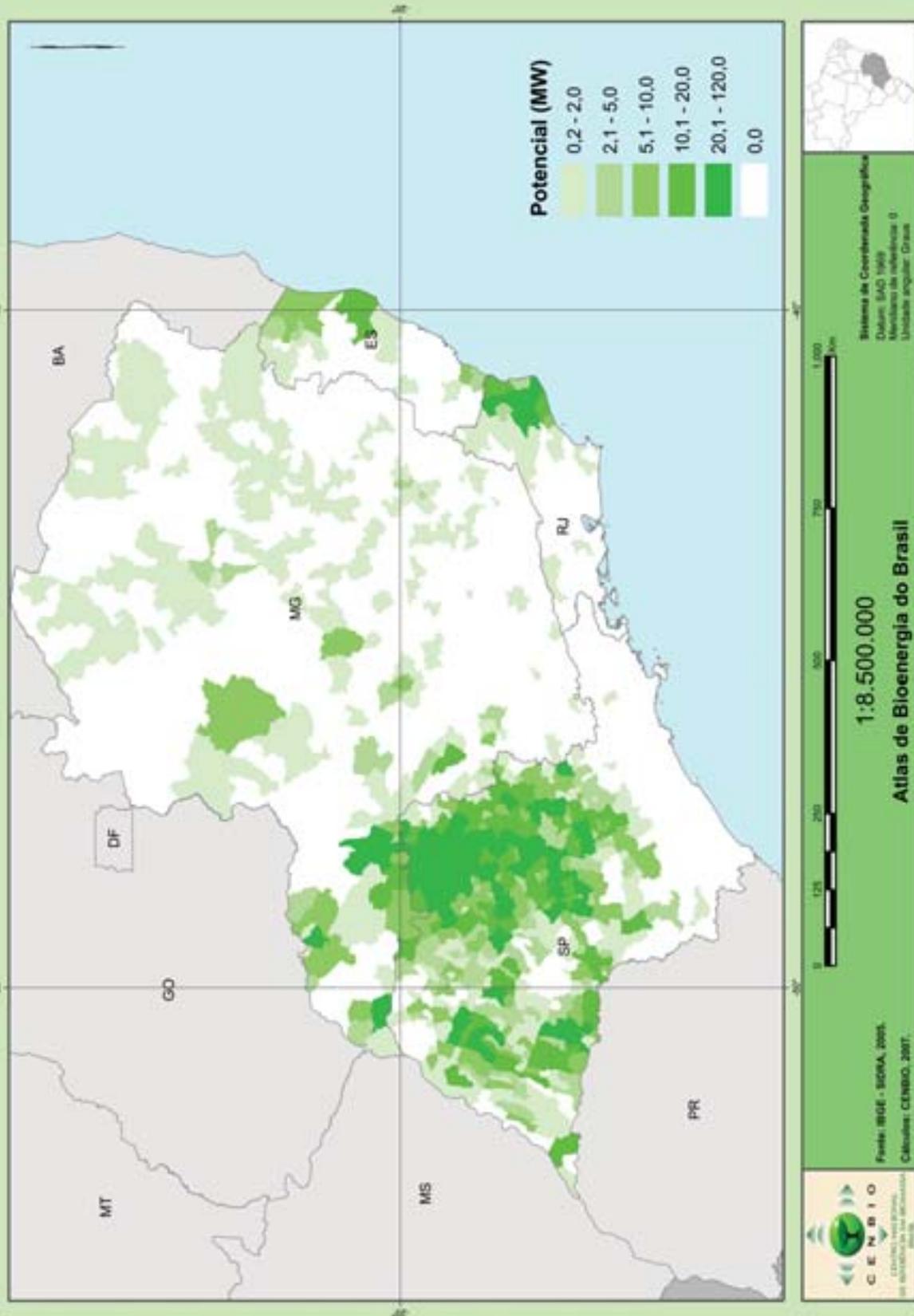


## 2.4.2. Estimativa do potencial de geração de energia no setor sucroalcooleiro nos municípios da Região Sudeste.

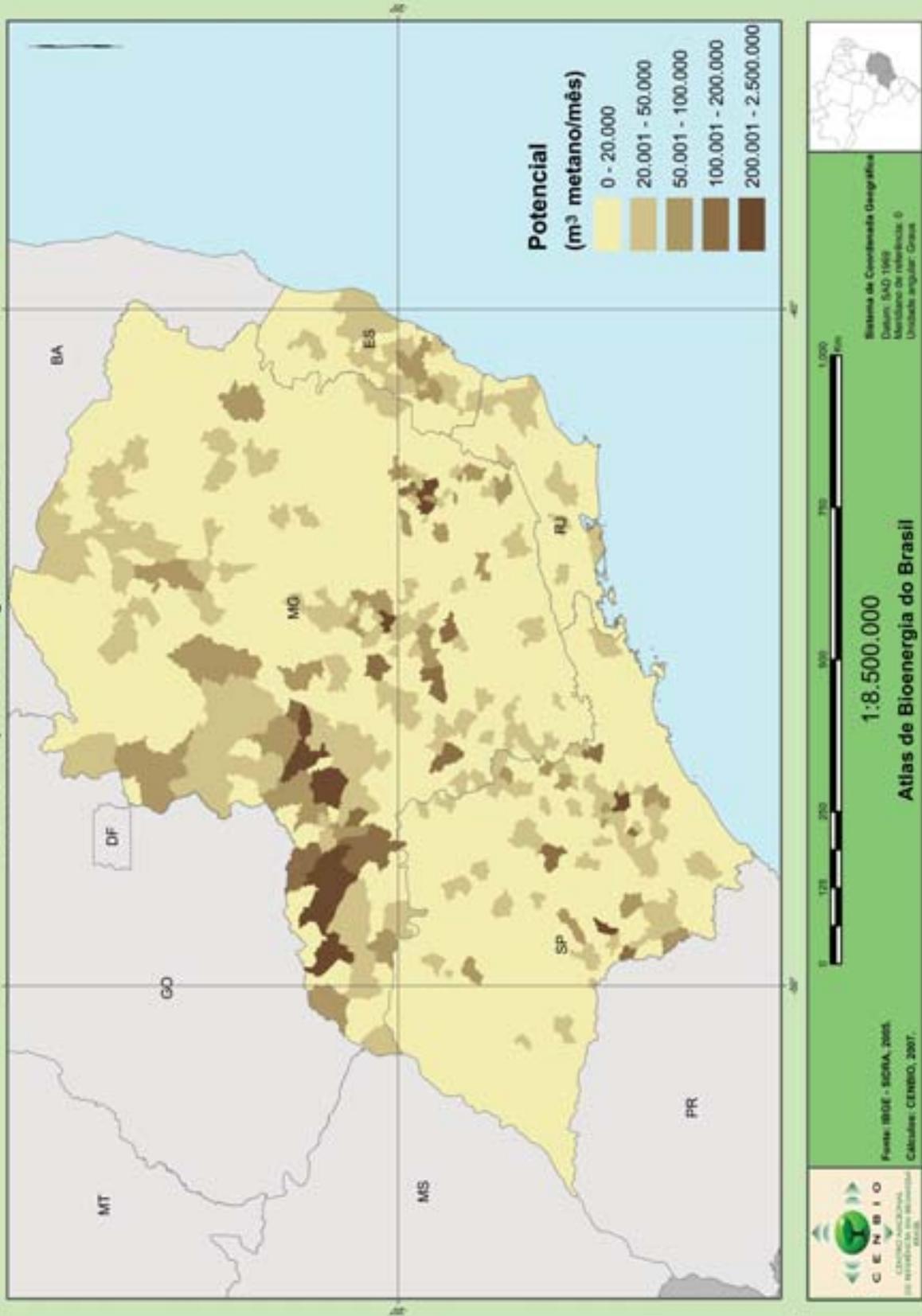
Cenário 2: 60kWh/t cana\*.



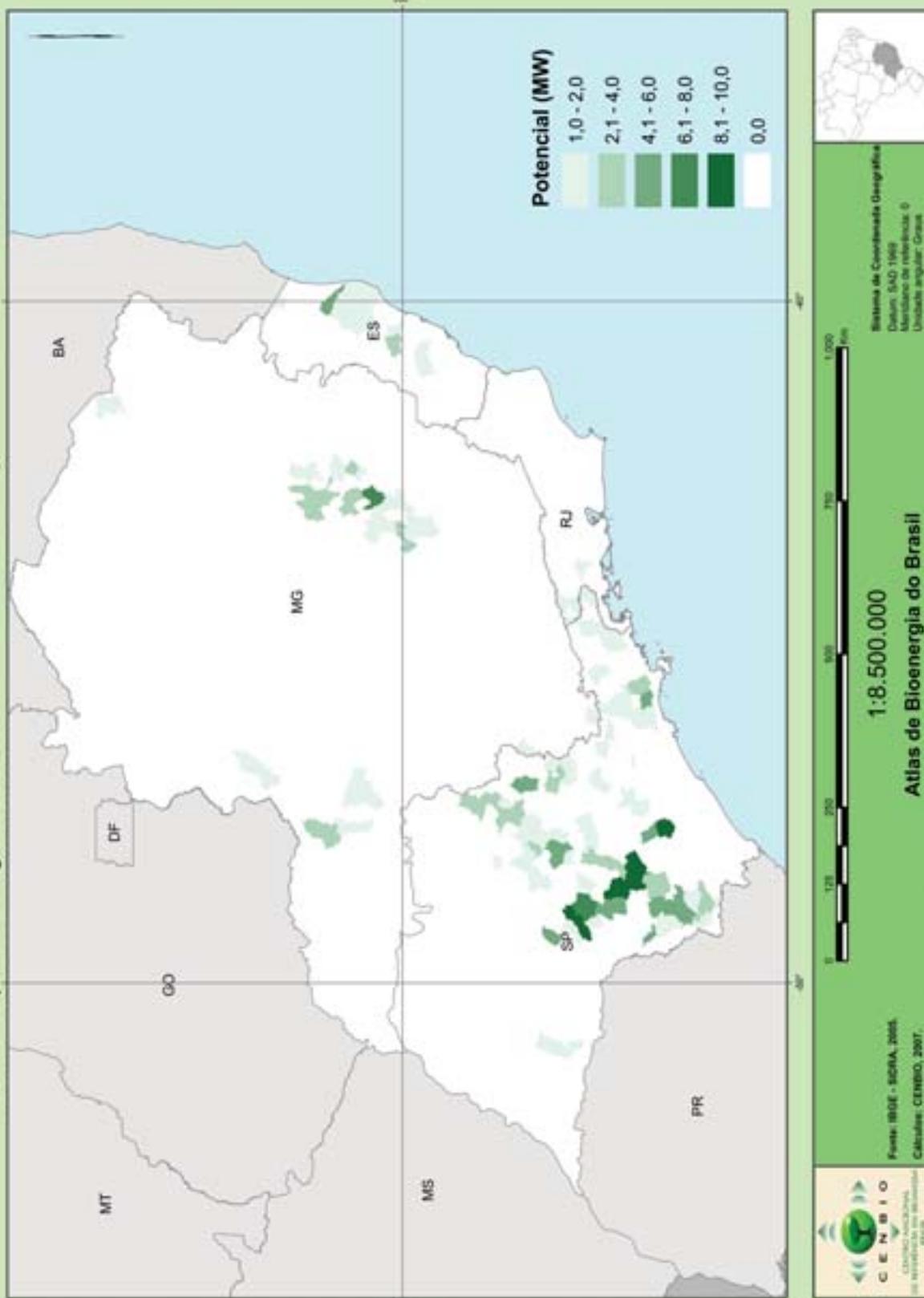
**2.4.3. Estimativa do potencial de geração de energia no setor sucroalcooleiro nos municípios da Região Sudeste.**  
 Cenário 3: 120kWh/t cana\*.



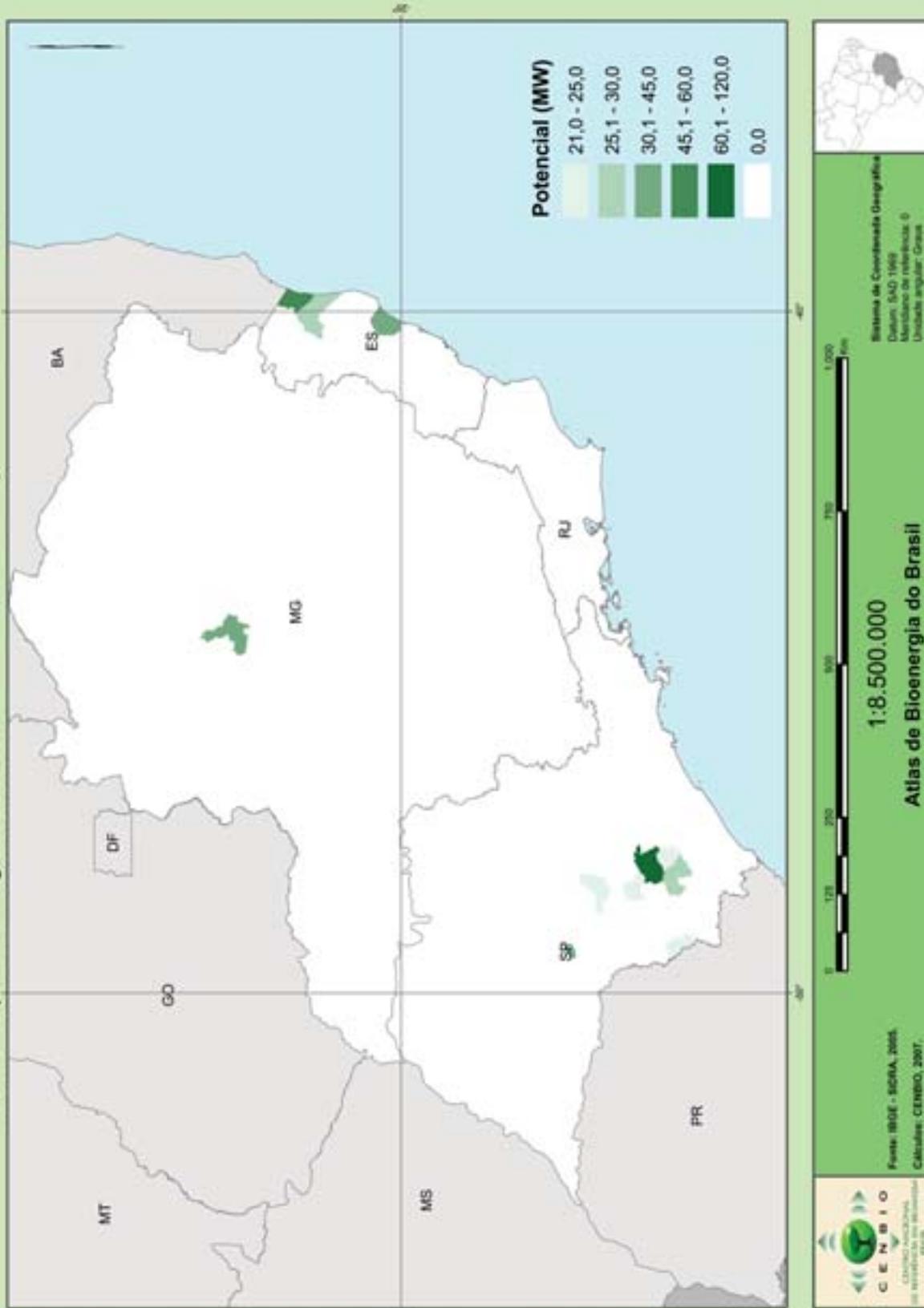
**2.4.4. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do biogás proveniente da criação de suínos nos municípios da Região Sudeste.**



**2.4.5. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do uso de resíduos da silvicultura nos municípios da Região Sudeste. Cenário 1: Tecnologia com eficiência = 15%\*.**



**2.4.6. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do uso de resíduos da silvicultura nos municípios da Região Sudeste. Cenário 2: Tecnologia com eficiência = 30%\*.**

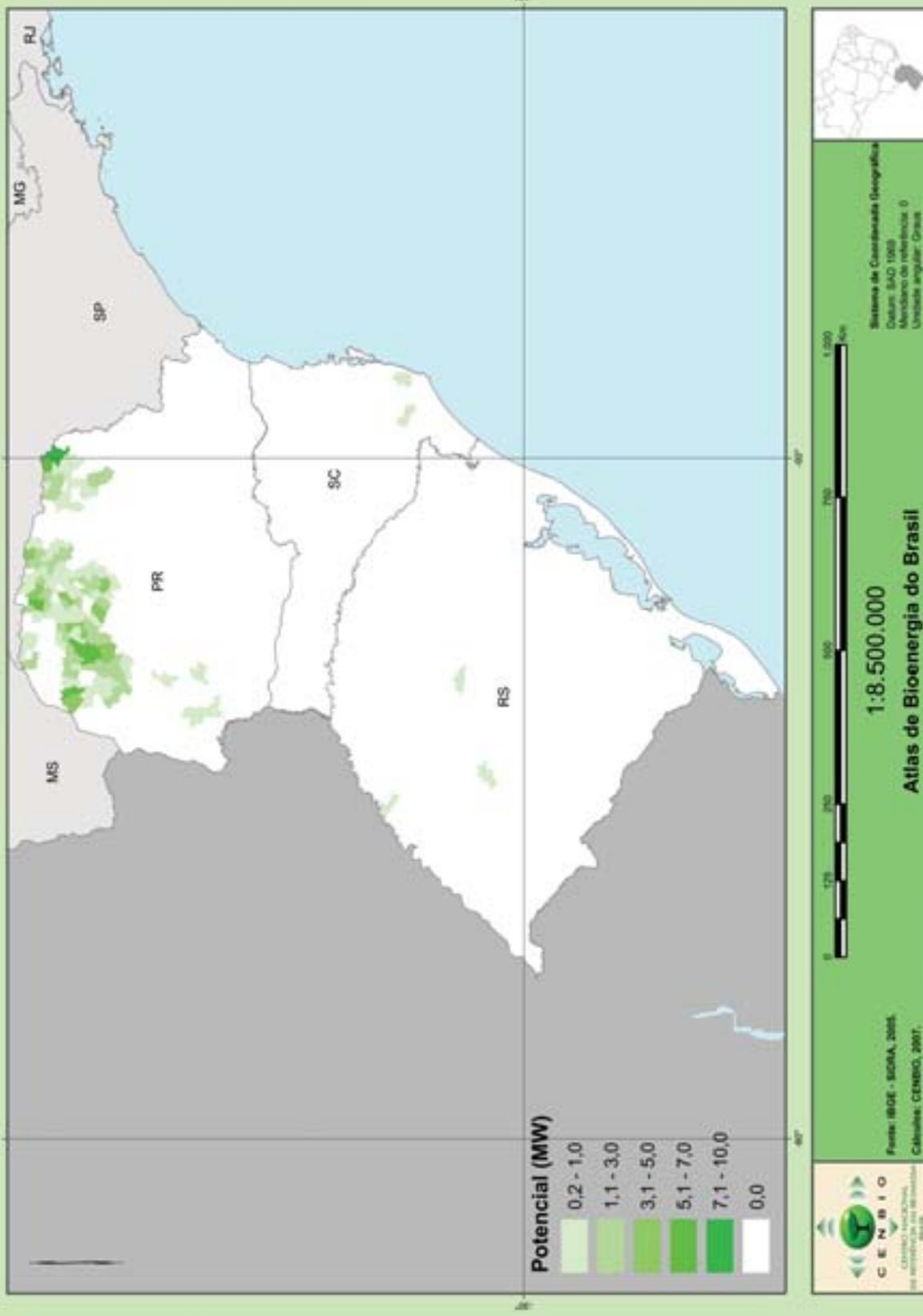


**2.4.7. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do uso de resíduos agrícolas nos municípios da Região Sudeste\*.**



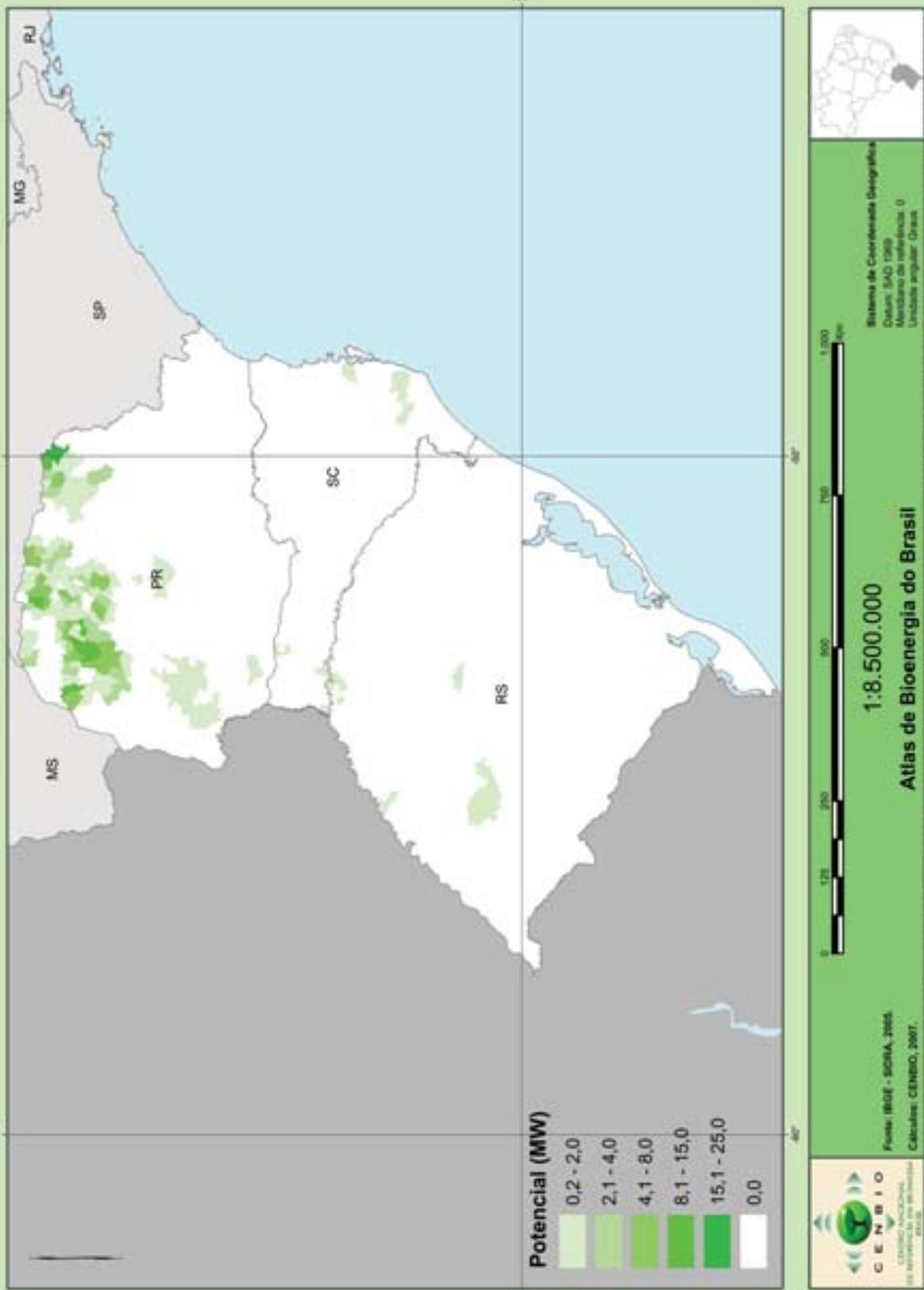
### 2.5.1. Estimativa do potencial de geração de energia no setor sucroalcooleiro nos municípios da Região Sul.

Cenário 1: 30kWh/t cana\*.



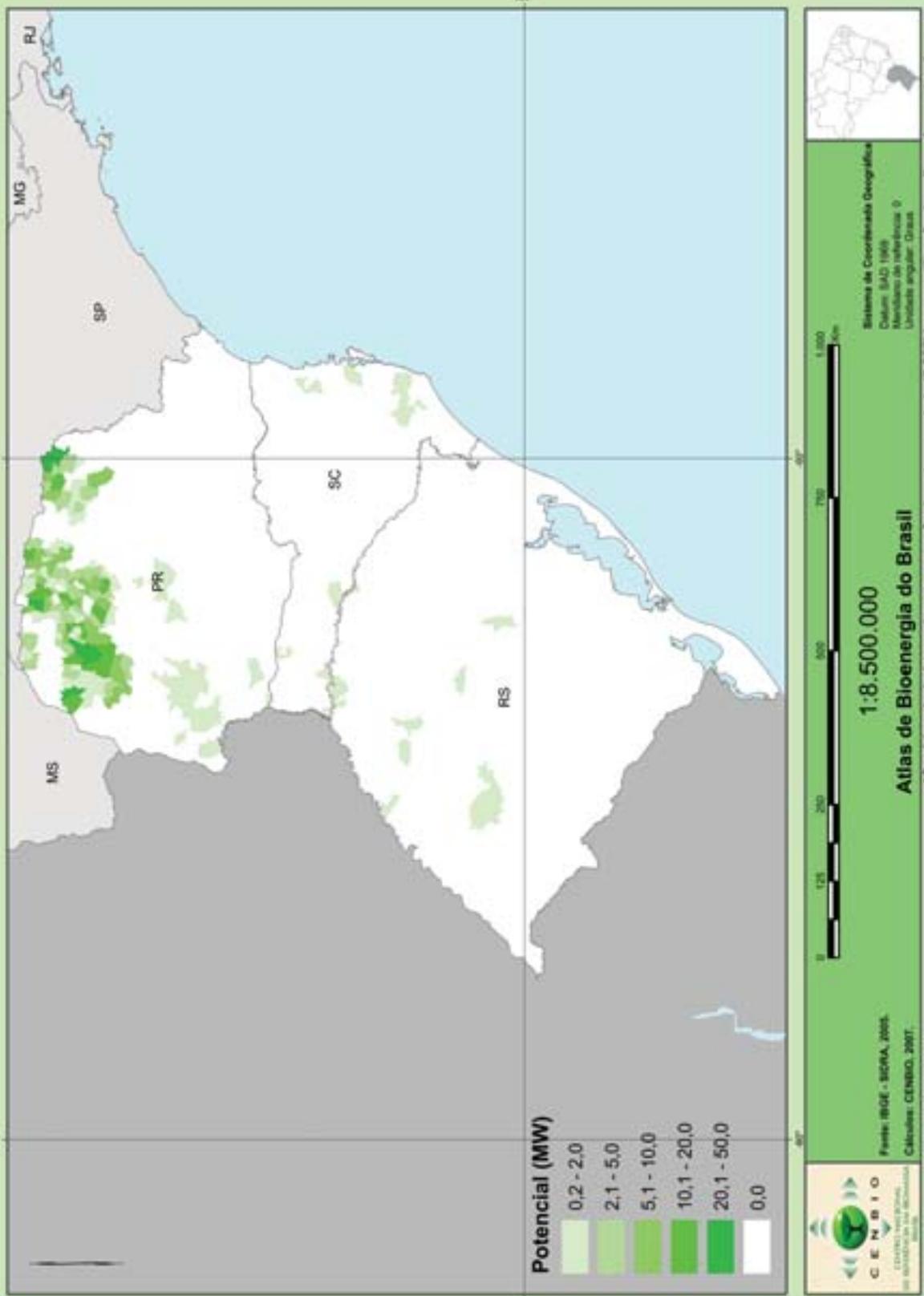
## 2.5.2. Estimativa do potencial de geração de energia no setor sucroalcooleiro nos municípios da Região Sul.

Cenário 2: 60kWh/t cana\*.

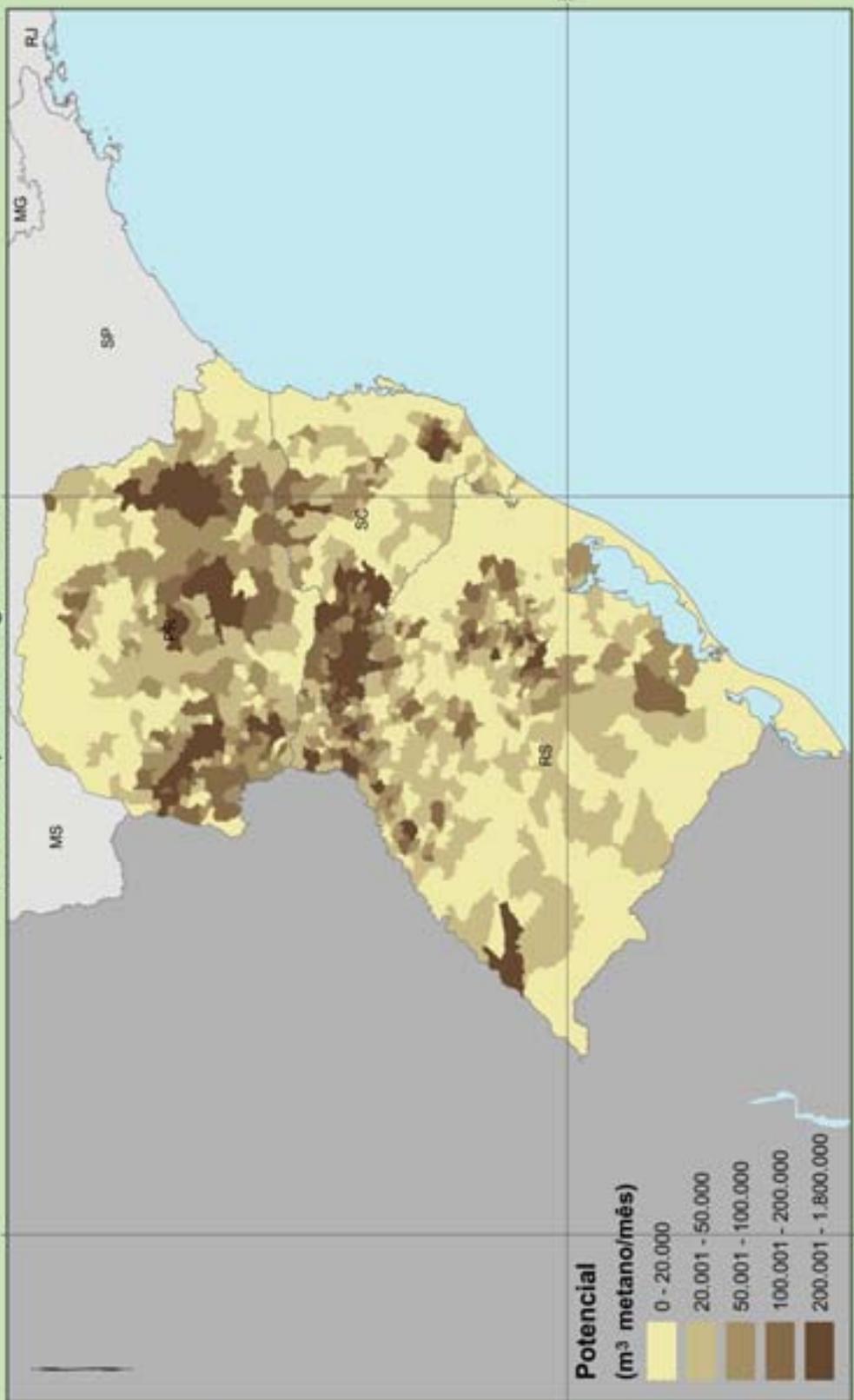


### 2.5.3. Estimativa do potencial de geração de energia no setor sucroalcooleiro nos municípios da Região Sul.

Cenário 3: 120kWh/t cana\*.



**2.5.4. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do biogás proveniente da criação de suínos nos municípios da Região Sul.**



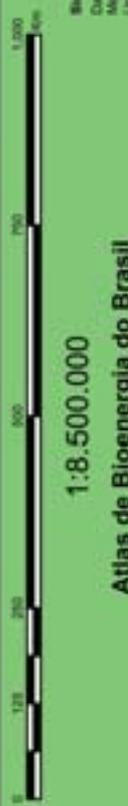


**CENBIO**  
CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA  
EM BIOENERGIA

Fonte: IBGE - SIOBIA, 2005.  
Cálculos: CENBIO, 2007.



Sistema de Coordenadas Geográficas  
Datum: SAO 1958  
Meridiano de referência: 0  
Unidade angular: Graus

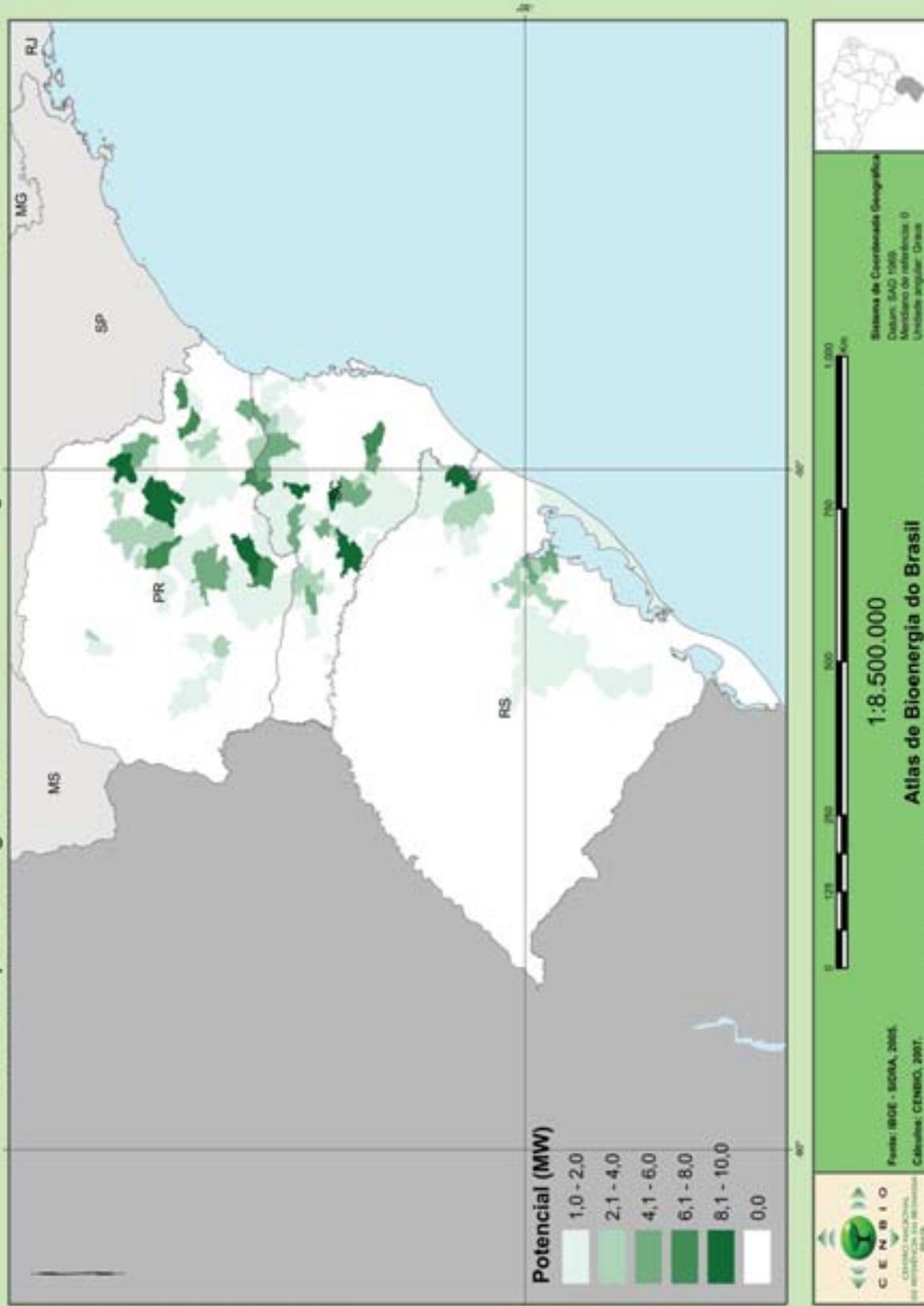


0 125 250 500 750 1.000 Km

**1:8.500.000**

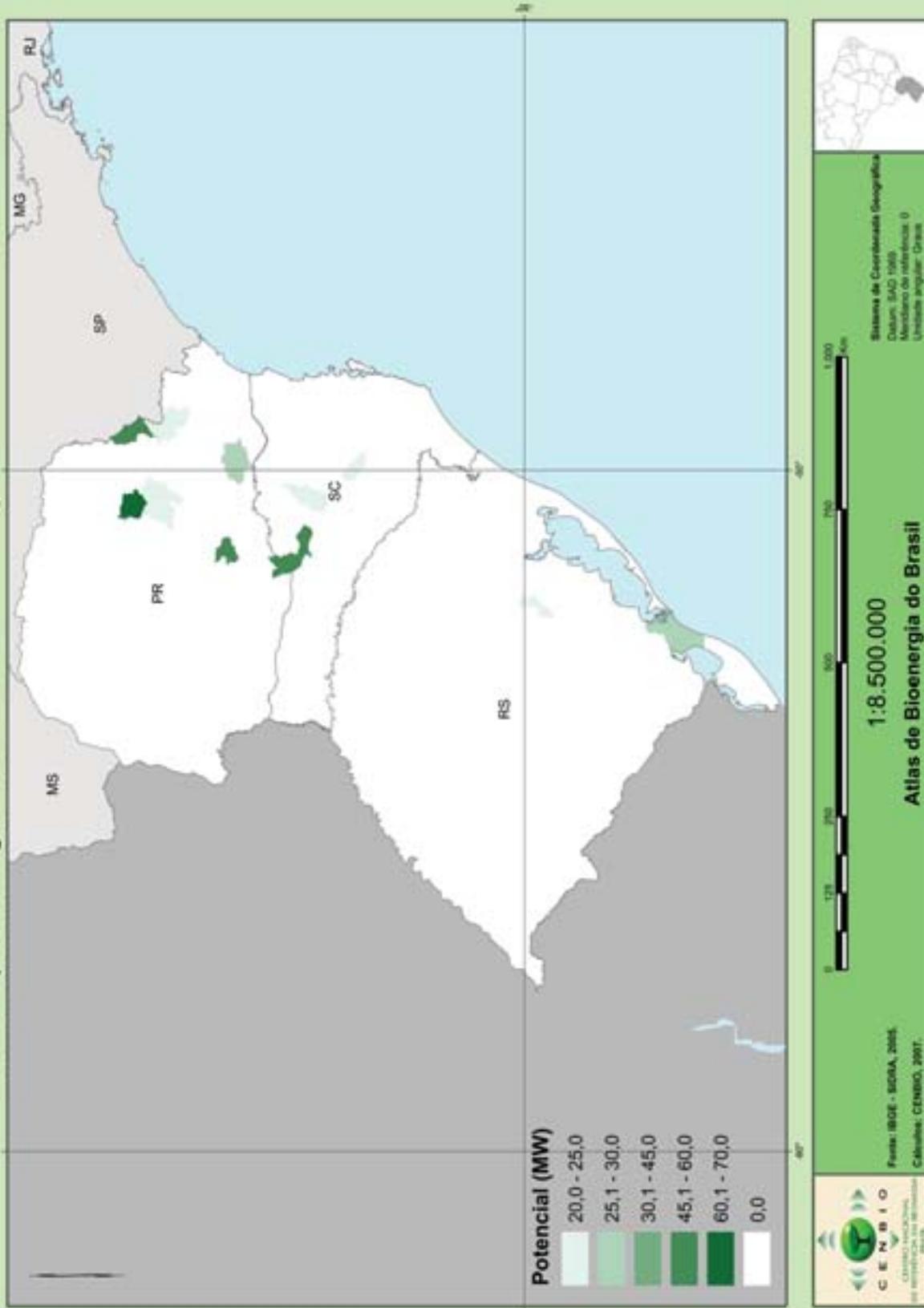
**Atlas de Bioenergia do Brasil**

**2.5.5. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do uso de resíduos da silvicultura nos municípios da Região Sul. Cenário 1: Tecnologia com eficiência = 15%\*.**

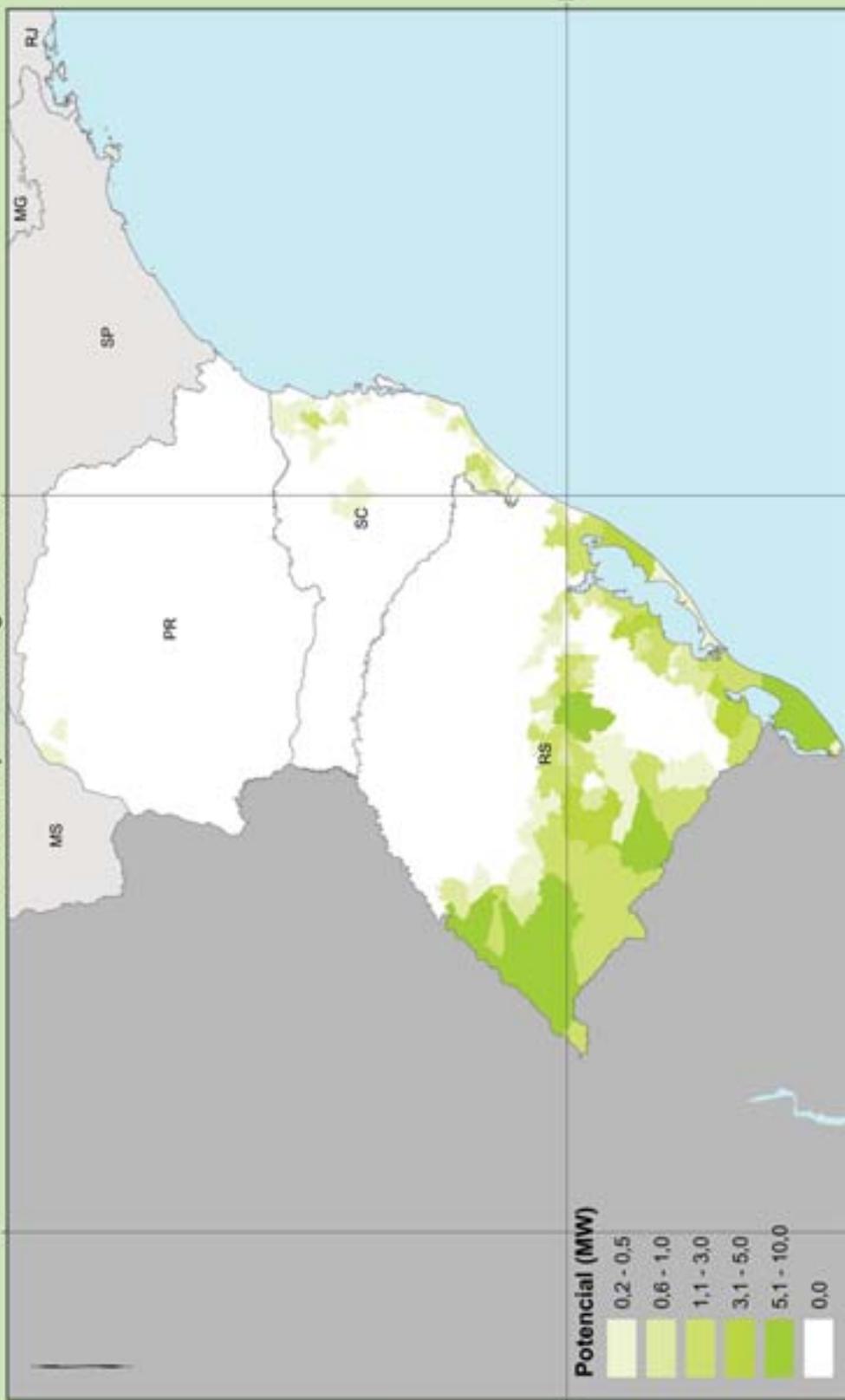


\*Cenário aplicado para os municípios com potencial entre 200 kW e 10 MW. Os potenciais menores que 200 kW não são considerados devido a ausência de tecnologia de ciclo a vapor.

**2.5.6. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do uso de resíduos da silvicultura nos municípios da Região Sul. Cenário 2: Tecnologia com eficiência = 30%\*.**



**2.5.7. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do uso de resíduos agrícolas nos municípios da Região Sul\* . . . . .**



**Potencial (MW)**

0,2 - 0,5
0,6 - 1,0
1,1 - 3,0
3,1 - 5,0
5,1 - 10,0
0,0



**CENBIO**  
CENTRO NACIONAL DE REFERÊNCIA EM BIOENERGIA

Fonte: IBGE - SEDRA, 2001.  
Cálculos: CENBIO, 2007.



**1:8.500.000**

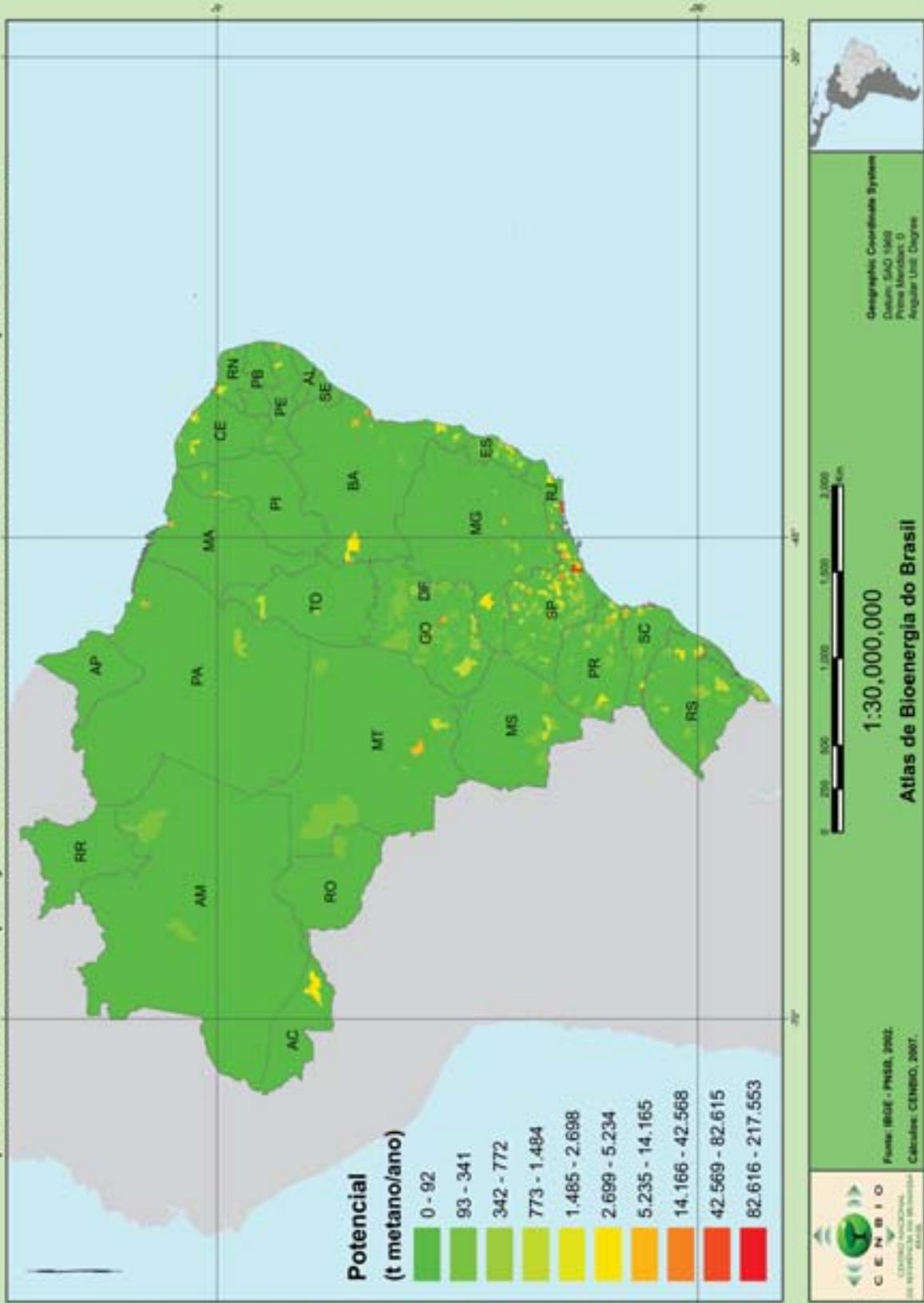
**Atlas de Bioenergia do Brasil**

Sistema de Coordenadas Geográficas  
Datum: SAD 1988  
Meridiano de referência: 0  
Unidade angular: Grau

\*Os potenciais menores que 200 kW não são considerados devido a ausência de tecnologia de ciclo a vapor.

***Brasil***

2.6.1. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do biogás proveniente da disposição de resíduos sólidos urbanos nos municípios do Brasil.



2.6.2. Estimativa do potencial de geração de energia a partir do biogás proveniente do tratamento de efluentes líquidos domésticos e comerciais nos municípios do Brasil.



# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos: NBR 7.229*. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

CETESB, *Inventário Nacional de Emissões de Metano pelo Manejo de Resíduos*, 1998.

COELHO, S. T, PALETTA, C. E. M. e FREITAS, M. A. V. *Medidas Mitigadoras para a Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Geração Termelétrica*. Brasília: Dupligráfica, 2000.

EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL, *Projeto de dendê/Óleo de palma. Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Agroindústria do Dendê no Amazonas*, 2002. Disponível em: <<http://www.cpaa.embrapa.br/portfolio/sistemadeproducao/dende/projetodedendepalmaamazonas.pdf>>.

FLORESTAR ESTATÍSTICO, 2004 *in Fatos e Números do Brasil Florestal, Sociedade Brasileira de Silvicultura*, São Paulo, 2006.

IBGE, *Pesquisa Agropecuária Municipal*, 2005a. Disponível em: <[www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=PA&z=t&o=11](http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=PA&z=t&o=11)>.

IBGE, *Pesquisa da Silvicultura*, 2005b. Disponível em: <[www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=SV&z=t&o=25](http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo2.asp?e=v&p=SV&z=t&o=25)>.

IBGE, *Pesquisa Nacional de Saneamento Básico*, 2000. Disponível em: <[www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pnsb/default.asp?o=19&i=P](http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pnsb/default.asp?o=19&i=P)>.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Reference Manual (v. 3) e Workbook (v. 2)*, 1996. Disponível em: <<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gl/invs1.html>>.

MOTTA, F. S. *Produza sua energia - biodigestores anaeróbios*: Recife: Editora Recife Gráfica, 1986.