

## Minuta de Proposta – Setembro/2010

### Limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de bagaço de cana-de-açúcar.

1. Ficam aqui definidos os limites de emissão de poluentes atmosféricos gerados em processos de geração de calor a partir da combustão de bagaço de cana-de-açúcar.

2. Para aplicação deste anexo devem ser consideradas as seguintes definições dos termos:

a) bagaço de cana de açúcar: subproduto da moagem da cana;

b) capacidade nominal: condição máxima de operação da unidade de geração de calor para a qual o equipamento foi projetado, determinada em termos de potência térmica, com base no poder calorífico inferior (PCI), calculada a partir da multiplicação do PCI do combustível pela quantidade de combustível queimado por unidade de tempo, por exemplo:

- Para uma caldeira cujo consumo de bagaço é 50 t/h; com PCI do bagaço de cana a 50% de umidade = 1.700 kcal/kg

Para a conversão de kcal/h para MW deve-se multiplicar por  $1,16 \times 10^{-6}$ .

$$\text{Capacidade} = 50.000 \times 1.700 \times 1,16 \times 10^{-6} = 98,6 \text{ MW}$$

c) condições típicas de operação: condição de operação da unidade de geração de calor que prevalece na maioria das horas operadas;

d) plena carga: condição de operação em que é utilizada pelo menos 90% da capacidade nominal;

e) processo de geração de calor por combustão externa: processo de queima de bagaço de cana-de-açúcar, realizado em qualquer forno ou caldeira cujos produtos de combustão não entram em contato direto com o material ou produto processado.

3. Ficam estabelecidos, na tabela a seguir, os seguintes limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor, a partir da combustão externa de bagaço de cana-de-açúcar:

Potência térmica nominal (MW)	MP <sup>(1)</sup>	NO <sub>x</sub> <sup>(1)</sup> (como NO <sub>2</sub> )
Menor que 50	520	N.A.
Entre 50 e 100	450	500
Maior que 100	390	400

(1) os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm<sup>3</sup>, em base seca e 8% de excesso de oxigênio.

N.A. - Não aplicável.

3.1 Os valores acima deverão ser atendidos em um prazo de até 60 meses da data de publicação desta resolução;

## Minuta de Proposta – Setembro/2010

3.2 Deverá ser realizada a verificação do atendimento aos limites estabelecidos, através de amostragem em chaminé, pelo menos uma vez por safra, nas condições de plena carga.

3.3. Para sistemas com potência de até 10 MW, poderá o órgão ambiental licenciador aceitar o monitoramento periódico apenas de monóxido de carbono, sendo que, neste caso, o limite máximo de emissão para este poluente será o estabelecido na seguinte tabela.

Potência térmica nominal (MW)	CO <sup>(1)</sup>
Até 0,05	6500
Entre > 0,05 e ≤ 0,15	3250
Entre > 0,15 e ≤ 1,0	1700
Entre > 1,0 e ≤ 10	1300

(1) os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm<sup>3</sup>, em base seca e 8% de excesso de oxigênio

4. Na ocorrência de duas ou mais fontes cujo lançamento final seja efetuado em duto ou chaminé comum, as medições devem ser feitas individualmente.

4.1. Quando houver impossibilidade de realização de medições individuais, de acordo com a metodologia normatizada ou equivalente aceita pelo órgão ambiental licenciador, estas poderão ser efetuadas no duto ou chaminé comum e os limites de emissão devem ser ponderados individualmente com as respectivas potências térmicas nominais das fontes em questão para o cálculo do novo limite de emissão resultante conforme o exemplo a seguir:

$$LE_{res} = \frac{\sum_1^n PN_n \times LE_n}{\sum_1^n PN_n}, \text{ sendo:}$$

LE<sub>res</sub> = limite de emissão resultante;

PN = potência térmica nominal;

LE = limite de emissão individual.

Exemplo:

Caldeira 1 - potência térmica nominal = 100 MW e LE = 450 mg/Nm<sup>3</sup> para MP

Caldeira 2 - potência térmica nominal = 180 MW e LE = 390 mg/Nm<sup>3</sup> para MP

$$LE_{res} = \frac{(100 \times 450 + 180 \times 390)}{(100 + 180)} = 411,4 \text{ mg/Nm}^3 \text{ para MP}$$

## **Minuta de Proposta – Setembro/2010**

5. O lançamento de efluentes gasosos na atmosfera deverá ser realizado através de dutos ou chaminés, cujo projeto deve levar em consideração as edificações do entorno à fonte poluidora e os padrões de qualidade do ar estabelecidos.

6. Em função das características locais da área de influência da fonte poluidora sobre a qualidade do ar, o órgão ambiental licenciador poderá estabelecer limites de emissão mais restritivos.

7. Fontes que possuam estabelecidos em suas licenças limites de emissão mais restritivos dos propostos neste anexo deverão atender ao valor da licença.

### Justificativa Técnica

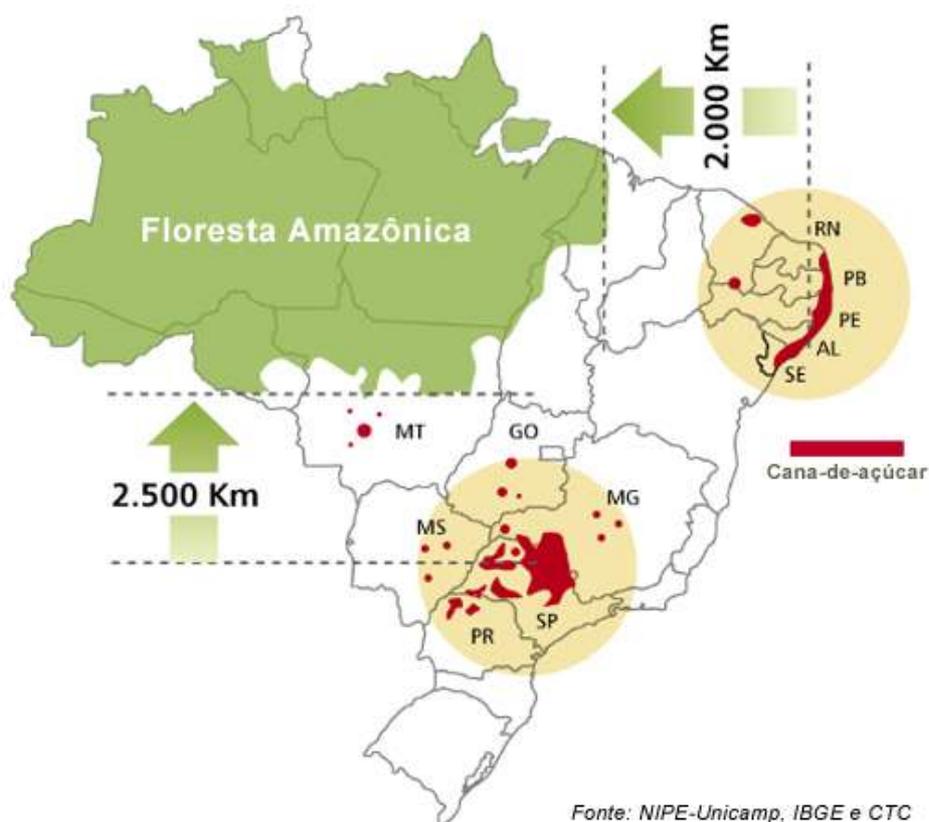
O Setor Sucroalcooleiro é um setor industrial antigo no país, que se distribui com unidades na região nordeste, sudeste e centro sul. Embora a tecnologia produtiva seja similar, atualmente existe uma grande diferença dos equipamentos geradores de vapor com fontes da década de 60 ainda em operação e, por consequência, a maioria das usinas não se encontra no patamar tecnológico passível para o atendimento aos limites de emissão de material particulado e óxidos de nitrogênio estabelecidos pela Resolução CONAMA 382.

A distribuição do setor no Brasil distribui-se da seguinte maneira (base 2010):

NÚMERO DE UNIDADES PRODUTORAS POR ESTADO

UF	Nº DE USINAS	UF	Nº DE USINAS
AM	1	ES	6
PA	1	GO	33
RO	1	MG	41
TO	1	MS	21
<b>NORTE</b>		MT	10
	4	PR	32
AL	24	RJ	8
BA	4	RS	2
CE	3	SP	202
MA	4	<b>CENTRO/SUL</b>	
PB	9		355
PE	24	<b>MISTA</b>	
PI	1		253
RN	4	AÇÚCAR	16
SE	6	ETANOL	169
<b>NORDESTE</b>		<b>BRASIL</b>	
	79		438

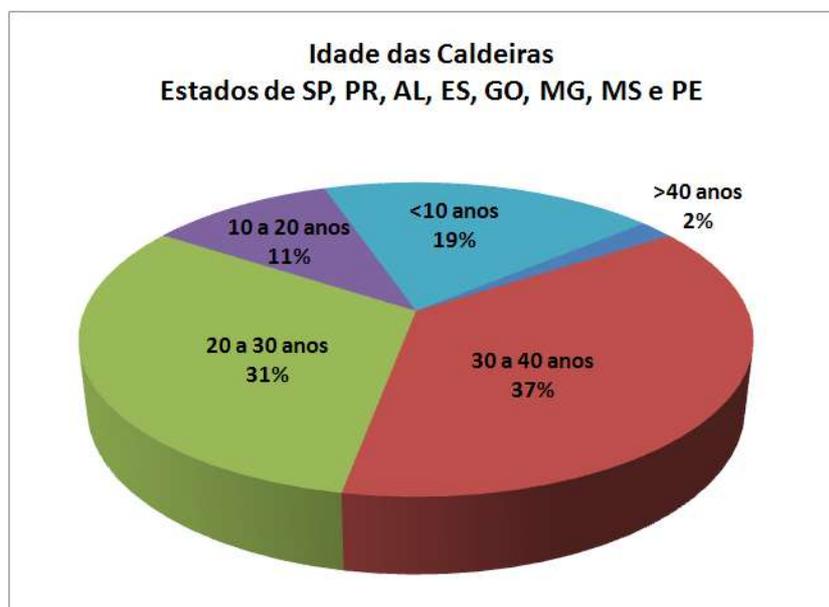
FONTE: MAPA



## Minuta de Proposta – Setembro/2010

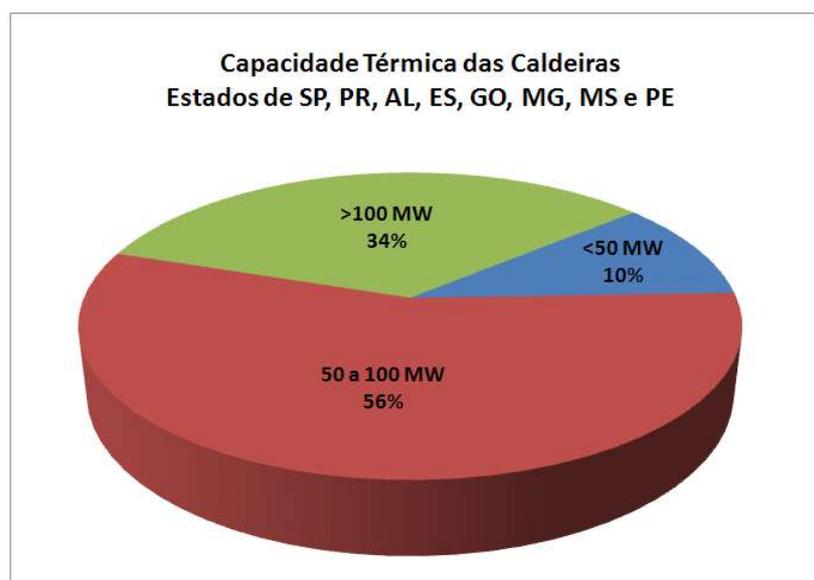
O Gráfico 1, a seguir, mostra o ano de fabricação das caldeiras avaliadas na amostragem de dados realizadas, incluindo usinas dos estados de São Paulo, Paraná, Alagoas, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Pernambuco. No Gráfico 2 consta a distribuição destas fontes por capacidade energética.

**Gráfico 1 – Idade das caldeiras no Brasil**



Obs: amostragem de 128 indústrias (285 caldeiras)

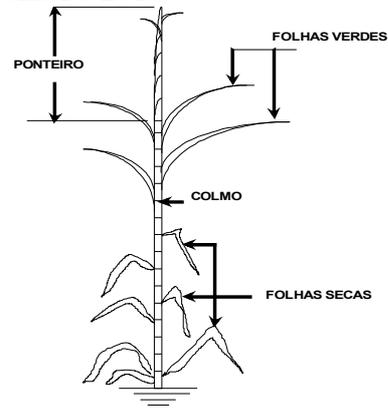
**Gráfico 2 – Distribuição Nacional por Capacidade Térmica das Caldeiras**



## Minuta de Proposta – Setembro/2010

A cana de açúcar é composta por colmo, folhas e ponta, sendo que o colmo possui, em média, um teor de sacarose de 15%, um teor de fibra de 13% e 72% de água. Após a extração da sacarose, a fibra se transforma em bagaço.

Historicamente, a colheita da cana de açúcar é feita de forma manual, com a queima da palha no campo, gerando emissões atmosféricas

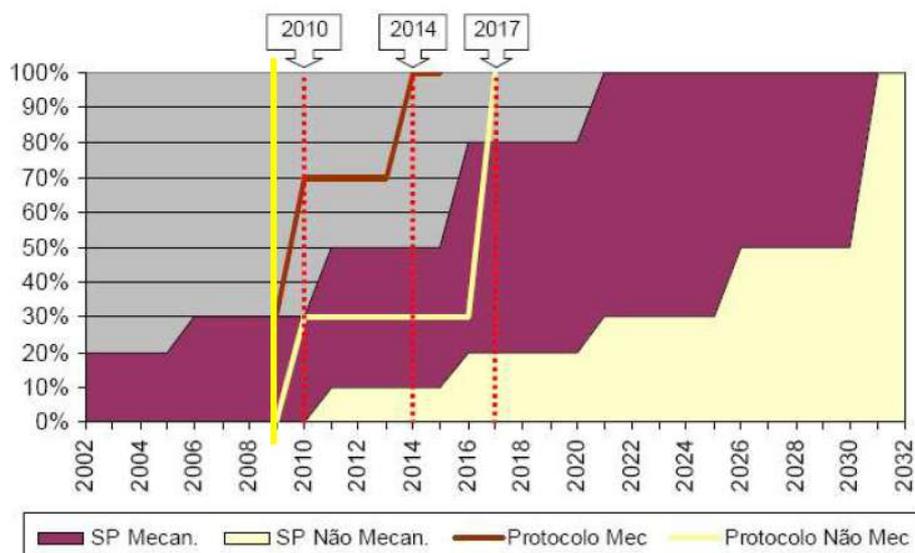


O Setor nos últimos anos vem passando por um processo de melhoria ambiental e tecnológica com ênfase na redução das queimadas no campo, através da colheita mecanizada de cana crua, isto é, sem queima, buscando assim uma redução significativa nas emissões atmosféricas.



Segue abaixo gráfico com o cronograma de redução das queimadas, de acordo com a Lei Estadual 11.241 do Estado de São Paulo e da adesão voluntária ao Protocolo Etanol Verde.

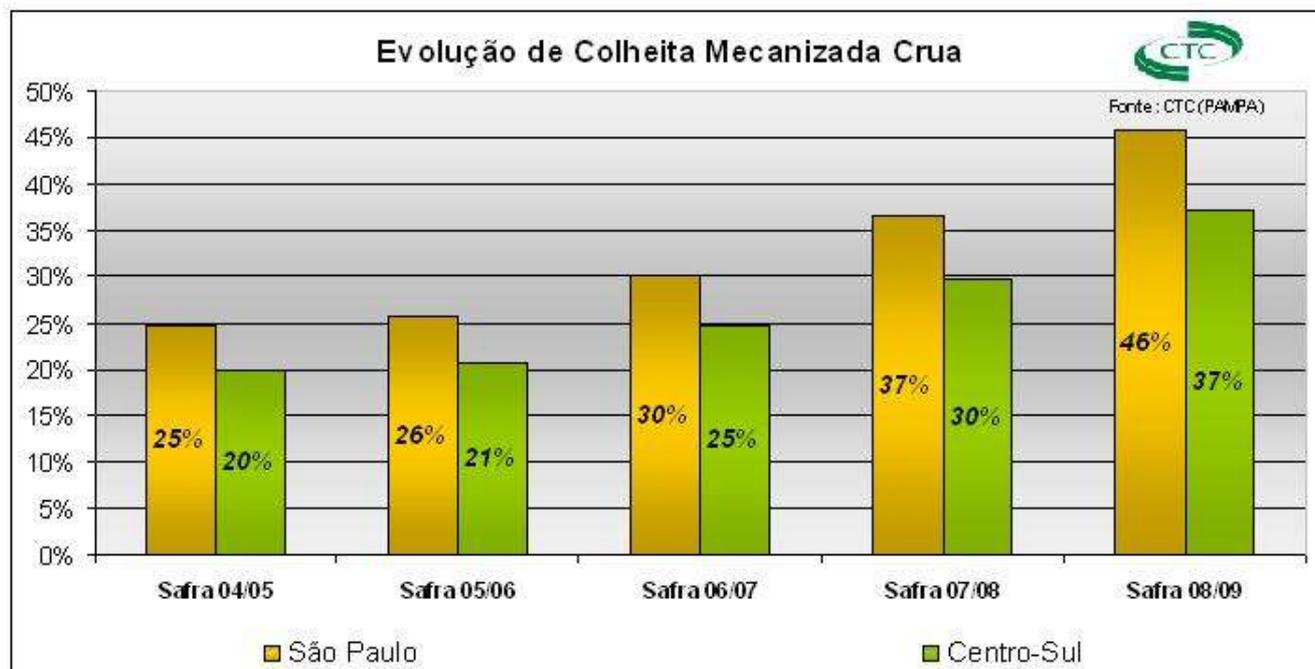
**Gráfico 3 – Cronograma de Redução da Colheita Manual no Estado de São Paulo**



## Minuta de Proposta – Setembro/2010

Dados coletados nos últimos anos mostram uma evolução contínua na colheita de cana sem queimar, não só no estado de São Paulo, mas também na região Centro Sul do Brasil. Porém, cabe ressaltar que a colheita mecânica deverá impactar o controle das emissões das caldeiras uma vez que é esperado um acréscimo de impurezas minerais na cana, acarretando no aumento das impurezas no bagaço e, conseqüentemente, ocasionando um acréscimo de partículas a serem controladas quando da queima nas caldeiras.

**Gráfico 5 – Evolução da colheita da cana mecanizada crua na Região Centro-Sul (CS) e em São Paulo (SP).**



As tecnologias de combustão empregadas no início da operação das usinas de açúcar e álcool foram adaptadas de outras caldeiras que queimavam combustível sólido, como lenha em toras em câmaras fixas e que com a adaptação para a queima do bagaço passaram a operar com grelhas, gerando assim um aumento na velocidade dos gases de combustão e, conseqüentemente, aumento das emissões atmosféricas.

O bagaço de cana possui características de densidade, forma e umidade pouco similar a outros combustíveis sólidos, o que forçou o desenvolvimento de tecnologias específicas para o melhor aproveitamento do combustível. Em função da colheita mecanizada da cana de açúcar poderá haver um aumento das impurezas minerais carregadas no efluente gasoso, tornando mais difícil o atendimento a valores de emissão atmosféricas.

A discussão do sub-GT pautou-se no estado da arte das caldeiras existentes, as diferenças regionais e as limitações tecnológicas destas atenderem aos limites da Res. CONAMA 382. Os gráficos 4 a 6, deste documento, mostram de forma resumida as diferenças regionais/tecnológicas entre as regiões.

O Gráfico 4, a seguir, mostra o ano de fabricação das 73 caldeiras avaliadas nas 24 usinas em funcionamento no Estado de Alagoas em 2010. Nos gráficos 5 e 6, constam a distribuição e o percentual das datas de fabricação das instaladas em São Paulo e Paraná .

Gráfico 4 – Idade das caldeiras no Estado de Alagoas

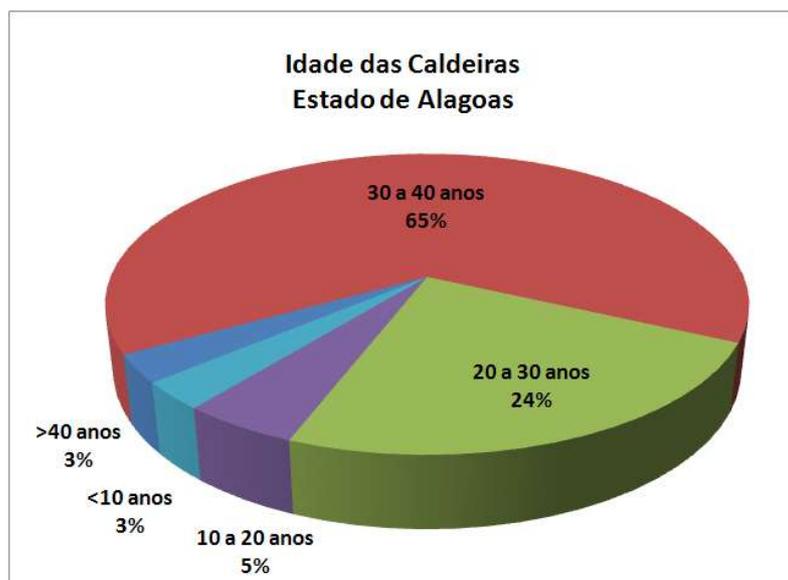
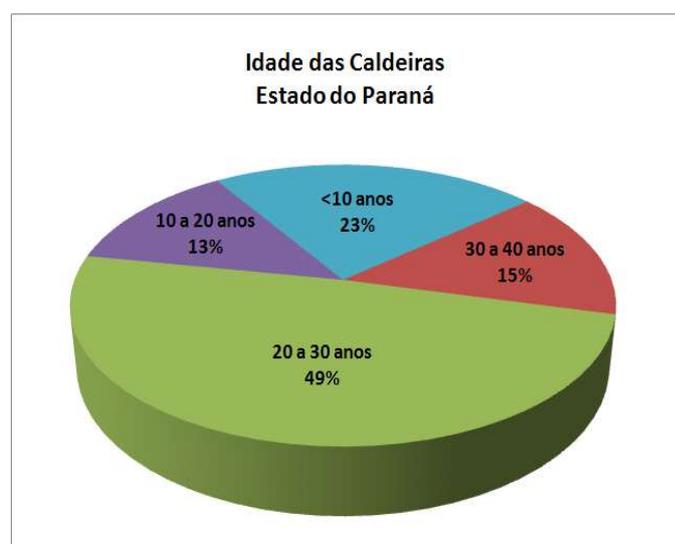
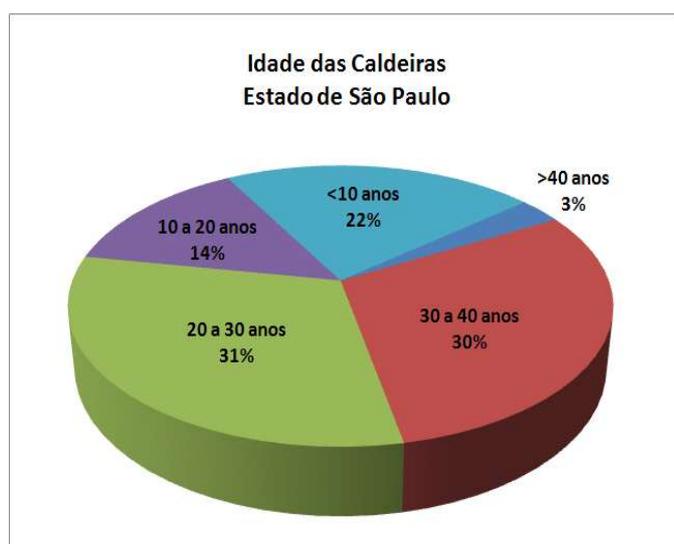


Gráfico 5 e 6 – Distribuição e percentual das caldeiras instaladas no Estado de São Paulo e Paraná por idade de fabricação



Além disso, o Grupo para a elaboração da proposta considerou a localização das caldeiras a bagaço, que ocorrem principalmente na zona rural, longe dos centros urbanos e nas legislações já existentes, como Resolução SEMA 54/2006 do Estado do Paraná, na Deliberação Normativa nº 01, de 24 de fevereiro de 1992 (Publicação - Diário do Executivo - "Minas Gerais" - 26/02/1992, Republicação - Diário do Executivo - "Minas Gerais" - 12/03/1992) e na dinâmica de licenciamento das caldeiras no Estado de São Paulo (critério de melhor tecnologia prática disponível)

Foram também analisados e considerados os dados de amostragem das fontes por capacidade, tecnologia, localização e os custos de implantação de equipamentos de controle de poluição para as caldeiras existentes e até na troca destas.

### Minuta de Proposta – Setembro/2010

Dados levantados por uma empresa de consultoria a pedido da ALCOPAR (Associação de Produtores de Bioenergia do Estado do Paraná) mostram as faixas de valores de investimentos para substituição e implantação dos lavadores para atendimento aos Padrões estabelecidos no CONAMA 382, Tabela 1. Porém, a experiência do Setor aliada a dados amostrados mostram que somente uma substituição de equipamento de controle de poluição (ECP) pode ser insuficiente para o atendimento a estes limites, portanto, a otimização das caldeiras ou sua substituição passaria a ser necessária o que implica em investimentos mostrados nas tabelas 2 e 3, a seguir.

Muitas caldeiras antigas sofreram reformas visando o aumento de sua capacidade de geração de vapor e isso na maioria das vezes acarreta em manter o volume da fornalha ou não aumentá-lo proporcionalmente à nova vazão de gases. Este fato faz aumentar as velocidades internas, e conseqüentemente o arraste de materiais particulados e não queimados. Assim, nestas caldeiras “repotenciadas”, mesmo otimizadas e equipadas com os ECP utilizados atualmente pelo setor dificilmente conseguirão atender aos padrões de emissão dos novos equipamentos.

Vale ressaltar que os custos mostrados nas tabelas são referenciais, podendo ser maiores que os indicados em função da tecnologia do equipamento de controle a ser utilizada, das características da caldeira e da disponibilidade de área para implantação destes equipamentos nas indústrias.

**Tabela 1 – Substituição dos sistemas de retenção de particulados**

Produção Nominal de Vapor	30-50 tv/h	60-80 tv/h	90-120 tv/h	130-160 tv/h
Lavador de gás/Estação de bombeamento de água	R\$ 150.000,00 a R\$ 220.000,00	R\$ 250.000,00 a R\$ 300.000,00	R\$ 350.000,00 a R\$ 420.000,00	R\$ 450.000,00 a R\$ 550.000,00
Sistema de decantação de água	R\$ 300.000,00	R\$ 400.000,00	R\$ 500.000,00	R\$ 700.000,00

Fonte IPLAN, base 2009

**Tabela 2 – Reformas em caldeira para ganhos de eficiência de combustão de emissão de particulados**

Produção Nominal de Vapor	30-50 tv/h	60-80 tv/h	90-120 tv/h	130-160 tv/h
Custo Investimento com a reforma	R\$ 600.000,00 A R\$ 1000.000,00	R\$ 1.000.000,00 A R\$ 1.800.000,00	R\$ 1.500.000,00 A R\$ 2.500.000,00	R\$ 1.800.000,00 A R\$ 3.500.000,00

Fonte IPLAN, base 2009

A tecnologia de queima utilizada nas caldeiras novas é muito superior no aspecto de aproveitamento energético e de controle de emissões atmosféricas do que aquelas que a antecederam, e que são o alvo da referida proposta.

A modernização do parque das caldeiras poderá ser acelerada com o auxílio de linhas de crédito que incentivem a substituição de equipamentos mais antigos, inclusive para geração de excedentes de energia elétrica a partir da biomassa da cana.

**Tabela 3 - Substituição da caldeira existente por caldeira nova (milhões de R\$)**

Produção Nominal de vapor	30-50 tv/h	60-80 tv/h	90-120 tv/h	130-160 tv/h
Caldeira em 21 kgf/cm <sup>2</sup>	4 a 6	7 a 9	10 a 12	12 a 16
Caldeira em 67 kgf/cm <sup>2</sup> e 500° C	6 a 9	10 a 14	15 a 18	19 a 28

Fonte IPLAN, base 2009

Visando uma melhor utilização desta proposta e se baseando na legislação existente no Estado do Paraná, a separação pelas categorias resultou em:

- caldeira pequena: abaixo de 50 MW
- caldeira média: entre 50 e 100 MW
- caldeira grande: acima de 100 MW

As caldeiras pequenas estão instaladas, principalmente, em pequenas e médias destilarias. As caldeiras até 100 MW são as particularmente mais antigas, e são utilizadas para suprir a demanda energética da usina em termos mecânicos, térmicos e elétricos.

Dos dados levantados, 25% da região Centro Sul, mostram que 47 % das caldeiras instaladas possuem capacidade térmica inferior a 100 MW e, portanto, 53 % consideradas como caldeiras grandes. A utilização de caldeiras de maior eficiência energética vem ganhando terreno nas usinas e destilarias de maior capacidade industriais, geralmente mais novas, pois possibilitam em muitos casos gerar excedentes de energia elétrica que vem sendo distribuída para a rede pública. Os gráficos a seguir, mostram a distribuição das capacidades das caldeiras nos estados de São Paulo, Paraná e Alagoas.

**Gráfico 8 – Capacidade Térmica das Caldeiras no Estado de Alagoas**

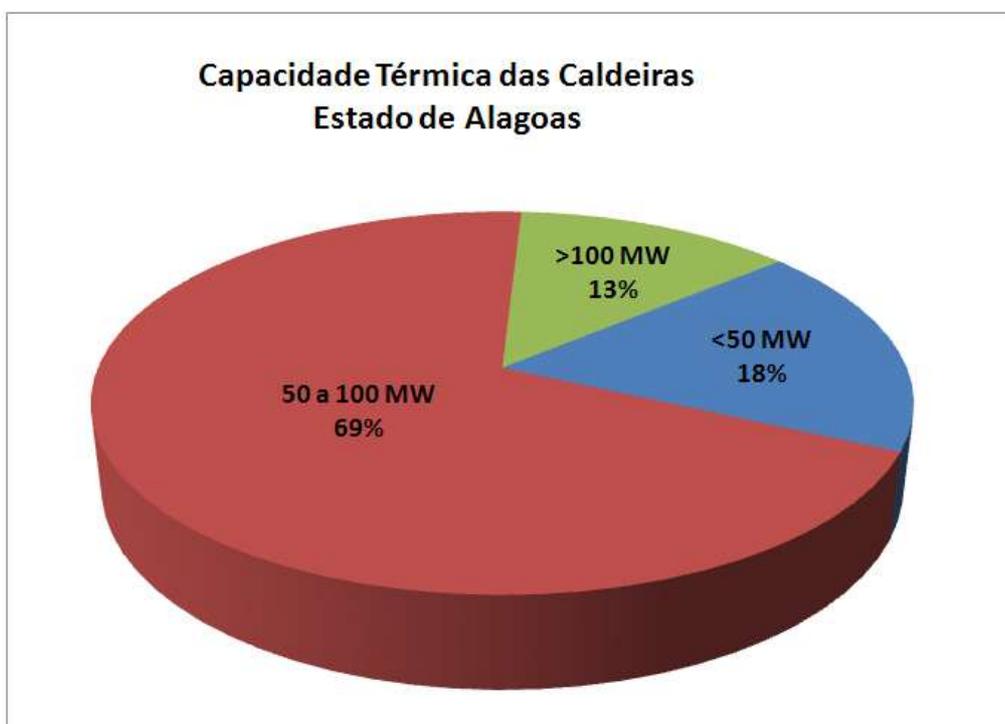


Gráfico 9 – Capacidade Térmica das Caldeiras no Estado do Paraná

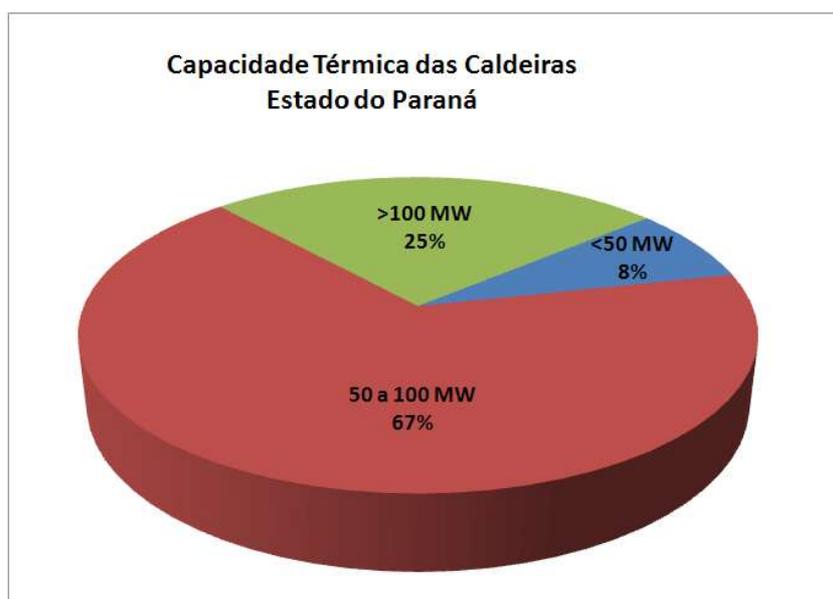
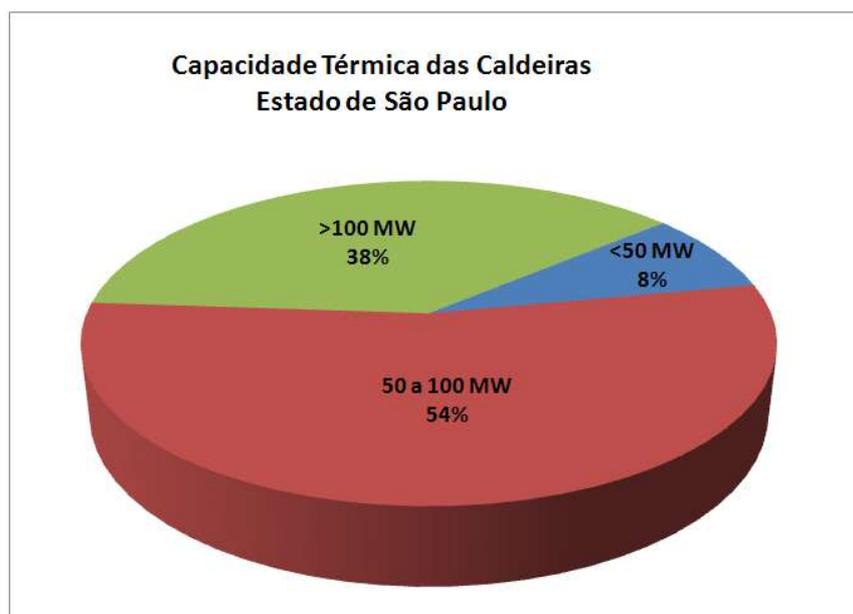


Gráfico 10 – Capacidade Térmica das Caldeiras no Estado de São Paulo



Para a proposta dos limites, o grupo de trabalho coletou dados de amostragem em chaminé de usinas instaladas em São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Alagoas, Espírito Santo, Pernambuco, Mato Grosso do Sul e Goiás, para diversas capacidades de geração de vapor. Segue abaixo os gráficos com os dados de monitoramento levantados do Estado de São Paulo, Paraná e Alagoas.

Em função da mecanização e colheita da cana crua e, conseqüentemente, a utilização da palha seca em complementação ao uso do bagaço, poderá haver aumento da temperatura na fornalha gerando um acréscimo da formação de NOx de origem térmica, justificando os limites de emissão nesta proposta.

Gráfico 11 a 13 – Emissões de Material Particulado (MP) nos estados de Alagoas, Paraná e São Paulo, respectivamente.

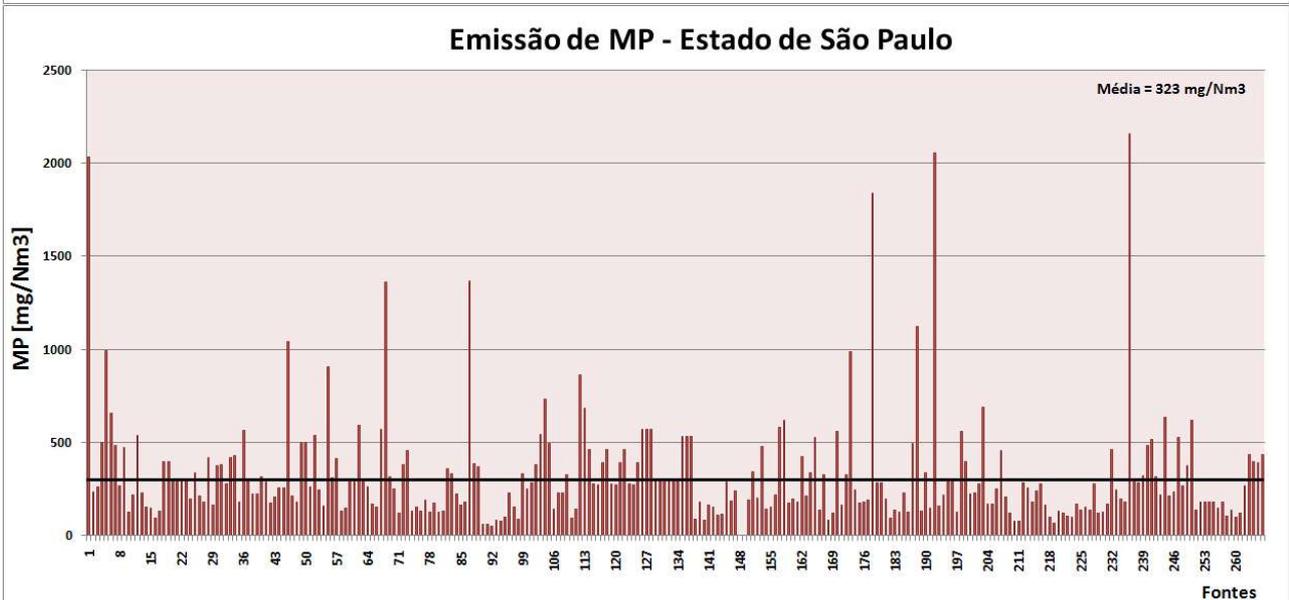
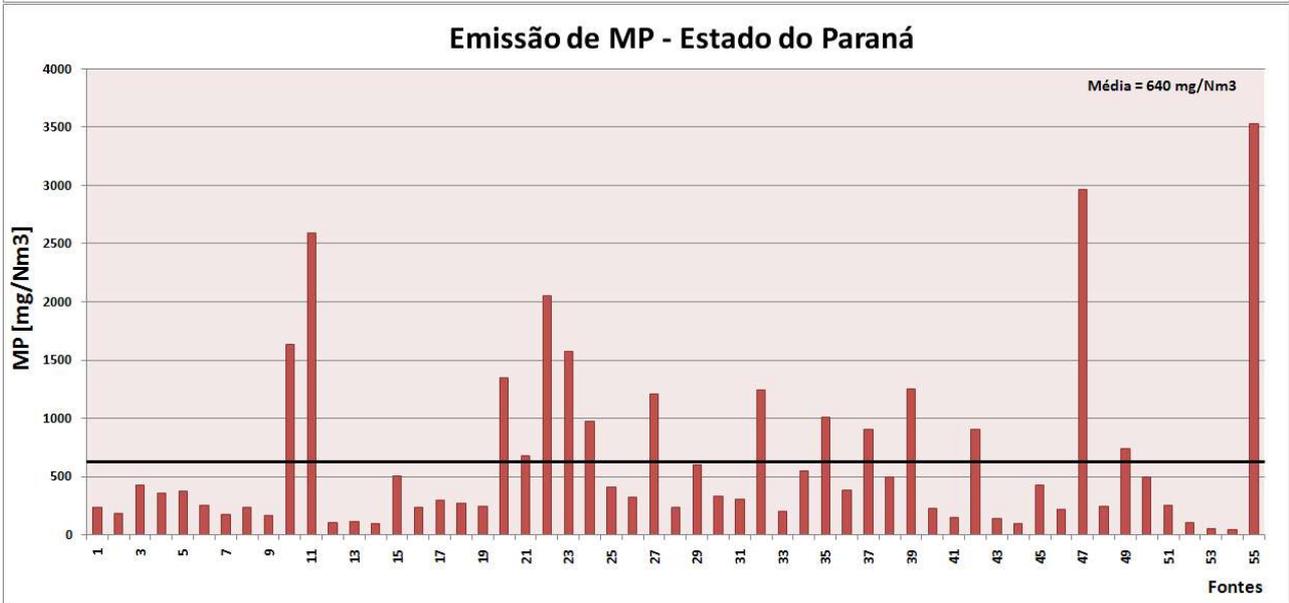
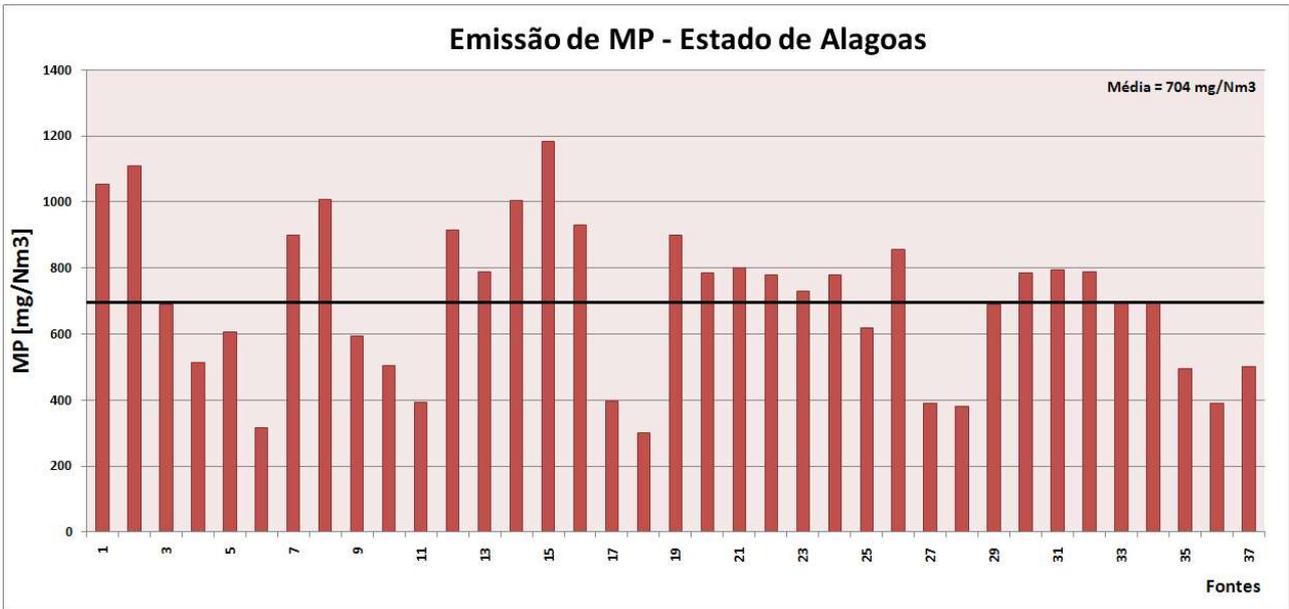
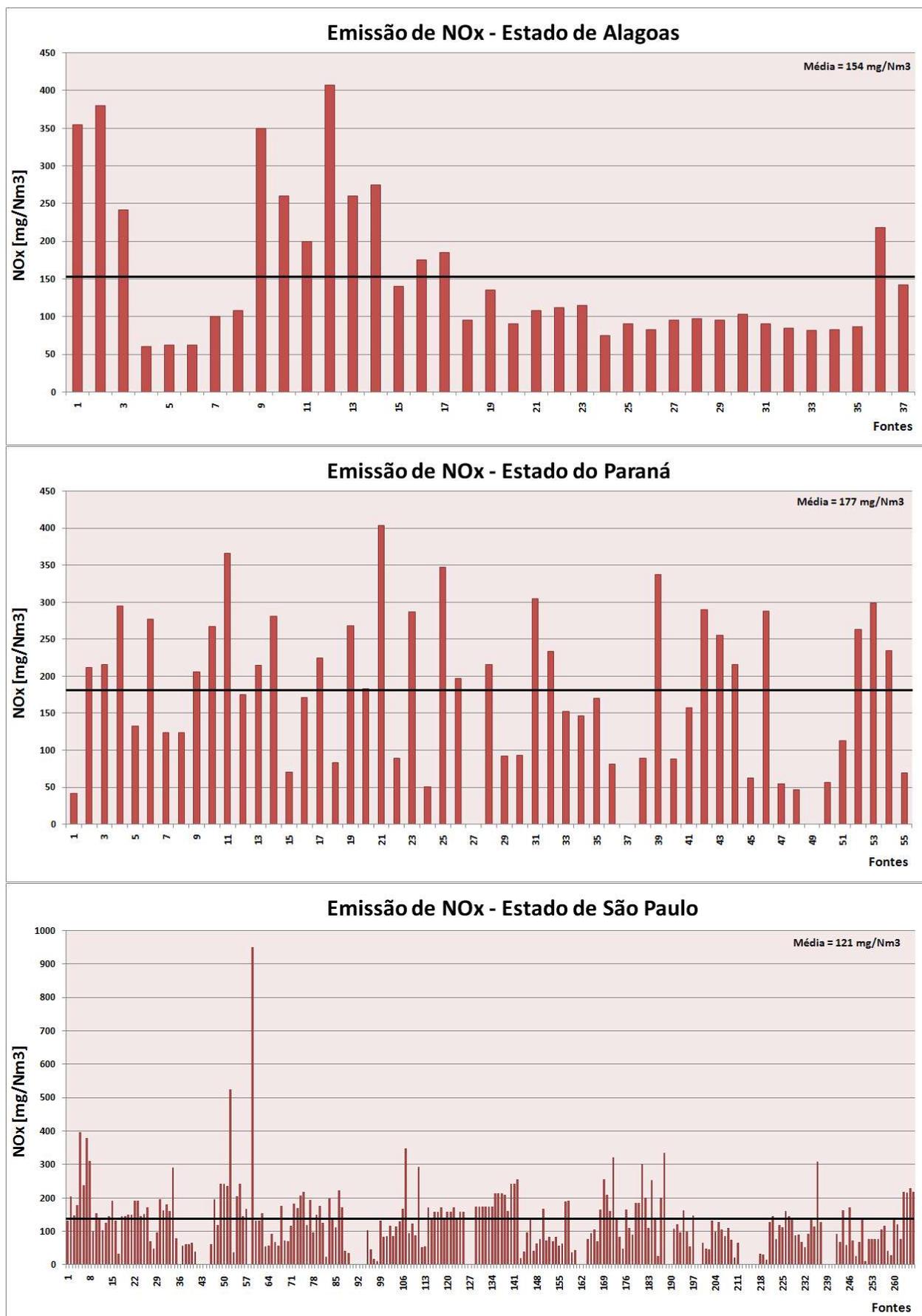


Gráfico 14 a 16 – Emissões de Óxidos de Nitrogênio (NOx) nos estados de Alagoas, Paraná e São Paulo, respectivamente.



## Minuta de Proposta – Setembro/2010

O prazo considerado razoável para adequação das unidades existentes a esses limites propostos no subgrupo de trabalho foi de 60 meses a partir da data da publicação desta Resolução. Esse prazo considera que existe um grande número de caldeiras a bagaço no país, diversidades regionais e uma capacidade limitada das empresas especializadas na produção de equipamentos de controle de poluição para atender a demanda.

Na Tabela 4, a seguir mostra a moagem da safra de 2008/2009 por região. Se considerarmos a quantidade de cana moída nos Estados de São Paulo, Alagoas e Paraná (Tabela 5) considerarmos que 26% da cana vira bagaço e trabalharmos com uma vazão de gases de 4 Nm<sup>3</sup>/kg bagaço e a diferença entre o valor médio amostrado nestes estados e o valor de referência da proposta (vide exemplo abaixo) temos uma redução esperada de 117.000 t/ano de MP e 26 t/ano para NO<sub>x</sub>, mostrando assim que mesmo não se praticando os valores da Resolução CONAMA 382 os valores propostos para fontes fixas existentes irão gerar uma redução significativa nas emissões, conseqüentemente ganhos ambientais.

**Tabela 4 – Área Plantada e Moagem da Cana na safra 08/09 por região**

Região	Área Plantada (mil ha)	Milhões t	%
Centro-Sul	6.309,9	505	88,8
Norte- Nordeste	1.099,8	64	11,2
Brasil	7.409,6	569	100,0

**Tabela 5 – Área Plantada e Moagem da Cana na safra 08/09 por estado**

Estado	Área Plantada (mil ha)	Milhões t
São Paulo	4.129,9	346,3
Paraná	536,0	44,8
Minas Gerais	588,8	42,5
Goiás	471,9	29,5
Alagoas	448,0	27,3
Pernambuco	321,4	19,2

**Tabela 6 – Redução esperada de por poluente em virtude dos limites de emissão propostos**

		São Paulo	Alagoas	Paraná	Brasil
<b>MP</b>	t MP /ano	22.800	9.000	16.300	117.000
<b>NO<sub>x</sub></b>	t NO <sub>x</sub> /ano	0	8	0	26

Ex.: caldeira (P=110MW) emitindo 500 mg/Nm<sup>3</sup> de MP. Diferença: 500-390 = 110mg/Nm<sup>3</sup>. Este seria o valor evitado. A média por estado, multiplicado pelo bagaço produzido (função da moagem), fornece os valores indicados nas tabelas.