

**RESULTADO DO LEVANTAMENTO DE DADOS DE
MONITORAMENTO DA EMISSÃO ATMOSFÉRICA
EM PROCESSOS DE QUEIMA DE
DERIVADOS DE MADEIRA**

25 de maio de 2009

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	4
2 OBJETIVOS.....	4
3 BASE DE DADOS	5
3.1 BANCO DE DADOS DO IAP.....	5
4 TRATAMENTO DOS DADOS.....	6
4.1 CLASSIFICAÇÃO	6
4.2 CENÁRIOS.....	8
5 RESULTADOS.....	9
5.1 RESULTADO PARA CO.....	9
5.2 RESULTADO PARA MP.....	11
5.3 RESULTADO PARA NOx.....	12
6 PROPOSTA.....	14
6.1 CRITÉRIOS GERAIS PARA O POLUENTE CO.....	14
6.2 PROPOSTA PARA CO.....	14
6.3 CRITÉRIOS GERAIS PARA O POLUENTE MP.....	16
6.4 PROPOSTA PARA MP.....	16
6.5 PROPOSTA PARA NOx.....	18
6.6 PROPOSTA PARA PRAZO.....	18
7 RESUMO.....	19

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Base de dados disponibilizados pelo IAP.....	5
Tabela 2: Faixas de potência térmica nominal estabelecidas.....	6
Tabela 3: Limites de CO para as faixas de potência térmica nominal	6
Tabela 4: Limites de MP para as faixas de potência térmica nominal.....	7
Tabela 5: Limites de NOx para as faixas de potência térmica nominal.....	8
Tabela 6: Atendimento de CO na faixa até 0,5 MW.....	9
Tabela 7: Atendimento de CO na faixa de 0,5 a 2 MW.....	9
Tabela 8: Atendimento de CO na faixa de 2 a 10 MW.....	10
Tabela 9: Atendimento de CO na faixa de 10 a 50 MW.....	10
Tabela 10: Atendimento de CO na faixa acima de 50 MW.....	11

Tabela 11: Atendimento de MP na faixa até 10 MW.....	11
Tabela 12: Atendimento de MP na faixa 10 a 50 MW.....	12
Tabela 13: Atendimento de MP na faixa acima de 50 MW.....	12
Tabela 14: Atendimento de NOx na faixa 10 a 50 MW.....	12
Tabela 15: Atendimento de NOx na faixa acima de 50 MW.....	13
Tabela 16: Proposta para padrões de emissão para CO.....	14
Tabela 17: Proposta para padrões de emissão para MP.....	16

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Melhoramento do atendimento ao padrão de CO no Paraná.....	15
Figura 2: Redução de emissão de MP em Minas Gerais (Biomassa A).....	17
Figura 3: Redução de emissão de MP em Minas Gerais (Biomassa B).....	18

1 INTRODUÇÃO

A emissão atmosférica por processos de queima de derivados de madeira representa uma parcela importante do total das emissões causadas pelas atividades industriais. O processo de queima de derivados de madeira é de difícil controle, principalmente devido às suas características variáveis em tamanho, umidade, dependendo do mercado fornecedor. É comum que as instalações utilizadas para a geração de calor e energia operem muito tempo, às vezes décadas, antes da sua troca por modelos mais modernos e menos poluentes. Por causa desta substituição lenta não é suficiente dispor somente de padrões de emissão atmosférica para novos equipamentos. São necessários também critérios e padrões para o parque das instalações existentes.

2 OBJETIVOS

O estudo realizado tem os seguintes objetivos:

- i) Levantar resultados de monitoramento de emissão atmosférica disponíveis no Banco de Dados de Emissão Atmosférica do Instituto Ambiental do Paraná;
- ii) Comparar as emissões de CO, Material Particulado e NO_x levantadas com os padrões de emissão estabelecidos pela Resolução SEMA-PR 054/06 e com a Resolução CONAMA 382/06;
- iii) Baseado numa análise estatística, apresentar uma proposta justificada sobre padrões de emissão para processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados da madeira para fontes existentes antes de dezembro de 2006.

3 BASE DE DADOS

3.1 Banco de Dados do IAP

A informação utilizada veio do Banco de Dados de Emissões Atmosféricas utilizado pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP). Este banco de dados é alimentado com os resultados do monitoramento de chaminés enviados ao IAP nos relatórios ambientais das empresas. Vemos na Tabela 1 os números de amostras para os poluentes monóxido de carbono (CO), Material Particulado (MP) e óxidos de nitrogênio (NO_x) para as faixas de potência térmica nominal conforme o Anexo IV das Resoluções CONAMA 382/06 e 054/06-SEMA. Os dados representam medições a partir de 2007, tendo em vista o esgotamento do prazo para atendimento aos padrões estabelecidos pela Resolução 054/06-SEMA, imposto pela lei paranaense.

Tabela 1: Base de dados disponibilizados pelo IAP

Potência térmica nominal [MW]	nº de amostras CO	nº de amostras MP	nº de amostras NO_x
até 0,05	2	0	0
0,05 a 0,15	2	0	0
0,15 a 0,5	37	0	3
0,5 a 1	27	0	2
1 a 2	43	0	3
2 a 10	131	13	29
10 a 30	26	21	19
30 a 50	3	3	3
50 a 70	4	3	4
70 a 100	0	0	0
acima de 100	0	0	0

Os dados apresentados mostram pouca ou nenhuma informação nas faixas extremas de potência. O maior número de dados envolve instalações entre 1 e 30 MW. Para instalações menores de 1 MW existem informações em número significativo apenas para o poluente CO.

4 TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados foram classificados em função da potência térmica nominal e referenciados a 8% de O₂. Observando o conjunto de informação, foi constatada a existência de alguns dados duvidosos que eventualmente pudessem comprometer a qualidade do resultado deste estudo. Por este motivo foi necessário elaborar resultados para três cenários distintos, explicados detalhadamente no capítulo 4.2. Em função de cenário adotado, houve a eliminação de alguns valores.

4.1 Classificação

O Anexo IV da Resolução CONAMA 382/06 usa escalonamento da potência térmica nominal diferente da Resolução SEMA 054/06 do Paraná, como mostrado na Tabela 2, onde são apresentadas faixas estabelecidas.

Tabela 2: Faixas de potência térmica nominal estabelecidas

Resolução CONAMA 382/06 [MW]	Resolução SEMA – PR 054/06 [MW]
até 0,05	até 0,5
0,05 a 0,15	
0,15 a 1	
1 a 10	0,5 a 2
10 a 30	2 a 10
30 a 70	10 a 50
acima de 70	50 a 100
	acima de 100

Para estas faixas de potência cabem limites de emissão de CO, MP e NO_x conforme as seguintes três **Tabelas 3** até **5**.

Tabela 3: Limites de CO para as faixas de potência térmica nominal

Resolução CONAMA 382/06 [MW]		Resolução SEMA – PR 054/06 [MW]	
até 0,05	CO: 6500 mg/Nm ³	até 0,5	CO: 7800 mg/Nm ³
0,05 a 0,15	CO: 3250 mg/Nm ³		
0,15 a 0,5	CO: 1700 mg/Nm ³	0,5 a 2	CO: 3900 mg/Nm ³
0,5 a 1			
1 a 2	CO: 1300 mg/Nm ³	2 a 10	CO: 3250 mg/Nm ³
2 a 10			
10 a 30	CO: não estabelecido	10 a 50	CO: 2600 mg/Nm ³
30 a 50	CO: não estabelecido		
50 a 70		CO: não estabelecido	50 a 100
acima de 70			
acima de 100	CO: não estabelecido	acima de 100	CO: 650 mg/Nm ³

Tabela 4: Limites de MP para as faixas de potência térmica nominal

Resolução CONAMA 382/06 [MW]		Resolução SEMA – PR 054/06 [MW]	
até 10	MP: 728 mg/Nm ³	até 10	MP: 730 mg/Nm ³
10 a 30	MP: 520 mg/Nm ³	10 a 50	MP: 520 mg/Nm ³
30 a 50	MP: 260 mg/Nm ³		
50 a 70		MP: 130 mg/Nm ³	50 a 100
acima de 70			
acima de 100	MP: 130 mg/Nm ³	acima de 100	MP: 130 mg/Nm ³

Tabela 5: Limites de NO_x para as faixas de potência térmica nominal

Resolução CONAMA 382/06 [MW]		Resolução SEMA – PR 054/06 [MW]	
até 10	NO _x : não estabelecido	até 10	NO _x : não estabelecido
10 a 30	NO _x : 650 mg/Nm ³	10 a 50	NO _x : 650 mg/Nm ³
30 a 50	NO _x : 650 mg/Nm ³		
50 a 70		NO _x : 650 mg/Nm ³	50 a 100
acima de 70			
acima de 100	acima de 100		NO _x : 650 mg/Nm ³

4.2 Cenários

Os dados do IAP foram processados em três cenários diferentes:

- A. dados originais;
- B. cenário A menos os registros considerados discrepantes;
- C. cenário B considerando apenas o melhor resultado obtido nos casos de várias medições na mesma instalação.

Os dados originais utilizados no cenário A já têm passaram por um processo de eliminação de dados obviamente inconsistentes, por exemplo, onde constava um teor de O₂ medido na chaminé igual zero. Na próxima etapa para o cenário B foram eliminados 12 registros com a concentração de O₂ medida acima de 20%, o que caracteriza uma condição de fogo praticamente apagado e por isso atípica, assim como 6 registros com a concentração de CO acima de 20000 mg/Nm³ @ 8%.

Para o cenário C foram observados os casos com mais de uma medição na mesma instalação e mantida apenas aquela medição com o menor valor de CO registrado sendo descartados os demais resultados. Quando só havia um registro, este foi mantido. Desta forma houve a exclusão de mais 20 registros.

5 RESULTADOS

São apresentados neste capítulo resultados de médias e porcentagens de atendimento para as faixas com números representativos de registros.

5.1 Resultado para CO

As **Tabelas 6 - 10** mostram os resultados obtidos para as cinco faixas: até 0,5 MW, de 0,5 a 2 MW, de 2 a 10 MW, de 10 a 50 MW e acima de 50 MW. Geralmente, as médias da concentração de CO registradas encontram-se próximo do padrão de CO estabelecido pela Resolução SEMA-PR 054/06, com exceção da primeira faixa de potência, onde as médias são inferiores do que o padrão da SEMA. Por este motivo, a porcentagem de atendimento nesta primeira faixa é de 90% maior do que nas outras faixas onde temos valores tipicamente entre 70 e 80%. Isso significa que entre 20 e 30% das instalações terão que reduzir suas emissões de CO para atender ao padrão da SEMA. Adotando os critérios da Resolução Conama 382/06, observa-se que a maioria das instalações não está atendendo, sendo necessárias melhorias em 46 até 74% das instalações para a sua adequação.

Na última linha de cada tabela consta a possível redução das emissões na hipótese de que aquelas instalações com emissões acima dos padrões emitissem exatamente a concentração limite. Por exemplo, se as 12% das medições na Tabela 6 acima do padrão da SEMA 054/06 atendessem ao valor de 7800 mg/Nm³, a emissão total da faixa até 0,5 MW seria 23% menor. A possível redução de 23% é maior do que a parcela das medições que não atendem (12%), porque as instalações em questão apresentam emissões excessivas.

Tabela 6: Atendimento de CO na faixa até 0,5 MW

Dados até 0,5 MW (41 registros)	média CO [mg/Nm³] @ 8%	atende Conama 382/06	atende SEMA-PR 054/06
IAP cenário A	4363	32%	88%
IAP cenário B	3749	26%	91%
IAP cenário C	3639	26%	91%
Padrão CO	-	6500/ 3250/ 1700 mg/Nm ³	7800 mg/Nm ³
Redução da emissão em caso de pleno atendimento	-	68%	23%

Tabela 7: Atendimento de CO na faixa de 0,5 a 2 MW

Dados de 0,5 a 2 MW (70 registros)	média CO [mg/Nm³] @ 8%	atende Conama 382/06	atende SEMA-PR 054/06
IAP cenário A	3376	34%	76%
IAP cenário B	3166	32%	75%
IAP cenário C	3156	34%	77%
padrão CO	-	1700/ 1300 mg/Nm ³	3900 mg/Nm ³
Redução da emissão em caso de pleno atendimento	-	62%	33%

Tabela 8: Atendimento de CO na faixa de 2 a 10 MW

Dados de 2 a 10 MW (131 registros)	média CO [mg/Nm³] @ 8%	atende Conama 382/06	atende SEMA-PR 054/06
IAP cenário A	2926	49%	79%
IAP cenário B	2046	49%	81%
IAP cenário C	1893	54%	84%
padrão CO	-	1300 mg/Nm ³	3250 mg/Nm ³
Redução da emissão em caso de pleno atendimento	-	67%	46%

Tabela 9: Atendimento de CO na faixa de 10 a 50 MW

Dados de 10 a 50 MW (29 registros)	média CO [mg/Nm³] @ 8%	atende Conama 382/06	atende SEMA-PR 054/06
IAP cenário A	2326	NA	79%
IAP cenário B	2495	NA	78%
IAP cenário C	2487	NA	80%
padrão CO	-	-	2600 mg/Nm ³
Redução da emissão em caso de pleno atendimento	-	-	50%

Tabela 10: Atendimento de CO na faixa acima de 50 MW

Dados acima de 50 MW (4 registros)	média CO [mg/Nm³] @ 8%	atende Conama 382/06	atende SEMA-PR 054/06
IAP cenário A	1028	NA	75%
IAP cenário B	1028	NA	75%
IAP cenário C	646	NA	100%
padrão CO	-	-	1300 mg/Nm ³
Redução da emissão em caso de pleno atendimento	-	-	21%

5.2 Resultado para MP

As **Tabelas 11 - 13** mostram os resultados obtidos para as três faixas de até 10 MW, de 10 a 50 MW e acima de 50 MW. Geralmente, as médias da concentração de MP registradas encontram-se próximo do padrão de MP estabelecido pelas Resoluções, com exceção da primeira faixa de potência, onde as médias são bem inferiores do que o padrão. A porcentagem de atendimento nas primeiras duas faixas varia entre 67% e 100%. O valor de 33% na faixa acima de 50 MW é considerado não representativo porque ele se baseia em apenas 3 registros. A possível redução da emissão supondo o pleno atendimento na faixa mais representativa de 10 a 50 MW fica entre 23% e 26%, como mostrado na Tabela 12.

Tabela 11: Atendimento de MP na faixa até 10 MW

Dados até 10 MW (13 registros)	média MP [mg/Nm³] @ 8%	atende Conama e SEMA-PR
IAP cenário A	342	100%
IAP cenário B	342	100%
IAP cenário C	342	100%
padrão MP	-	730 mg/Nm ³
Redução da emissão em caso de pleno atendimento	-	0%

Tabela 12: Atendimento de MP na faixa 10 a 50 MW

Dados 10 a 50 MW (24 registros)	média MP [mg/Nm³] @ 8%	atende Conama 382/06	atende SEMA-PR 054/06
IAP cenário A	414	67%	75%
IAP cenário B	414	67%	75%
IAP cenário C	364	68%	77%
padrão MP	-	520 /260 mg/Nm ³	520 mg/Nm ³
Redução da emissão em caso de pleno atendimento	-	26%	23%

Tabela 13: Atendimento de MP na faixa acima de 50 MW

Dados acima de 50 MW (3 registros)	média MP [mg/Nm³] @ 8%	atende Conama e SEMA-PR
IAP cenário A	333	33%
IAP cenário B	333	33%
IAP cenário C	313	50%
padrão MP	-	260 mg/Nm ³
Redução da emissão em caso de atendimento	-	41%

5.3 Resultado para NO_x

As Tabelas 14 - 15 mostram os resultados obtidos para as duas faixas de 10 a 50 MW e de acima de 50 MW. Todos os registros atendem ao padrão.

Tabela 14: Atendimento de NO_x na faixa 10 a 50 MW

Dados 10 a 50 MW (22 registros)	média NO_x [mg/Nm³] @ 8%	atende Conama e SEMA-PR
IAP cenário A	180	100%
IAP cenário B	188	100%
IAP cenário C	176	100%
padrão NO _x	-	650 mg/Nm ³

Tabela 15: Atendimento de NO_x na faixa acima de 50 MW

Dados acima de 50 MW (4 registros)	média NO_x [mg/Nm³] @ 8%	atende Conama e SEMA-PR
IAP cenário A	230	100%
IAP cenário B	230	100%
IAP cenário C	199	100%
padrão NO _x	-	650 mg/Nm ³

6 PROPOSTA

6.1 Critérios gerais para o poluente CO

O poluente CO é o indicador para a combustão incompleta. Esta condição de queima é caracterizada pela emissão excessiva de substâncias odoríferas que causam incômodos na população. O padrão de CO é por isso mais nada do que a exigência mínima para a qualidade da queima. Por ser um poluente de fácil e barata medição, é a forma mais indicada para controlar emissões de pequenas instalações onde o custo do monitoramento das emissões atmosféricas pesa mais do que para instalações maiores. A importância do poluente CO para instalações pequenas (até 10 MW) ficou evidente neste trabalho porque esta faixa apresentou médias de CO elevadas enquanto a emissão do poluente MP estava relativamente baixa.

Os critérios adotados para sustentar esta proposta consideram

1. a legislação em vigor para instalações novas: a Resolução CONAMA 382/06;
2. a legislação em vigor para instalações novas e existentes: a Resolução SEMA-PR 054/06;
3. a viabilidade técnica e
4. a redução das emissões atingíveis.

6.2 Proposta para CO

A Tabela 16 mostra a proposta para o poluente CO para 5 faixas de potência térmica.

Tabela 16: Proposta para padrões de emissão para CO

Potência térmica nominal [MW]	Padrão de CO @ 8% O ₂ [mg/Nm ³]	Redução da Emissão [%]
até 0,5	7800	23
0,5 a 2	3900	33
2 a 10	3250	46

Tendo em vista que a Resolução 382 não estabelece limites para a emissão de CO para caldeiras maiores que 10 MW, este poluente não foi incluído na proposta para fontes existentes acima dessa potência.

Justificativa:

Os padrões propostos trazem reduções significativas para todas as faixas abordadas e são considerados viáveis porque estão sempre maiores do que as respectivas médias atuais das faixas, quer dizer, se hoje a maioria dos resultados já atende, o restante também terá condição de se adequar. Isso não seria o caso se fossem adotados os padrões da Resolução CONAMA 382/06, que são no caso de CO valores exigentes demais para instalações existentes, evidenciado pelo atendimento em torno de um terço apenas. Uma redução entre 60% e 70%, como indicado nas **Tabelas 6 - 8** no caso de uma proposta conforme a Resolução CONAMA 382/06 é considerada otimista demais porque a base estatística estudada (anos 2007/2008) já representa instalações paranaenses melhoradas, como vemos no Figura 1. As melhorias acima mencionadas são melhorias referentes os anos 2007/2008, portanto, aplicáveis para instalações que já passaram por uma redução significativa das suas emissões.

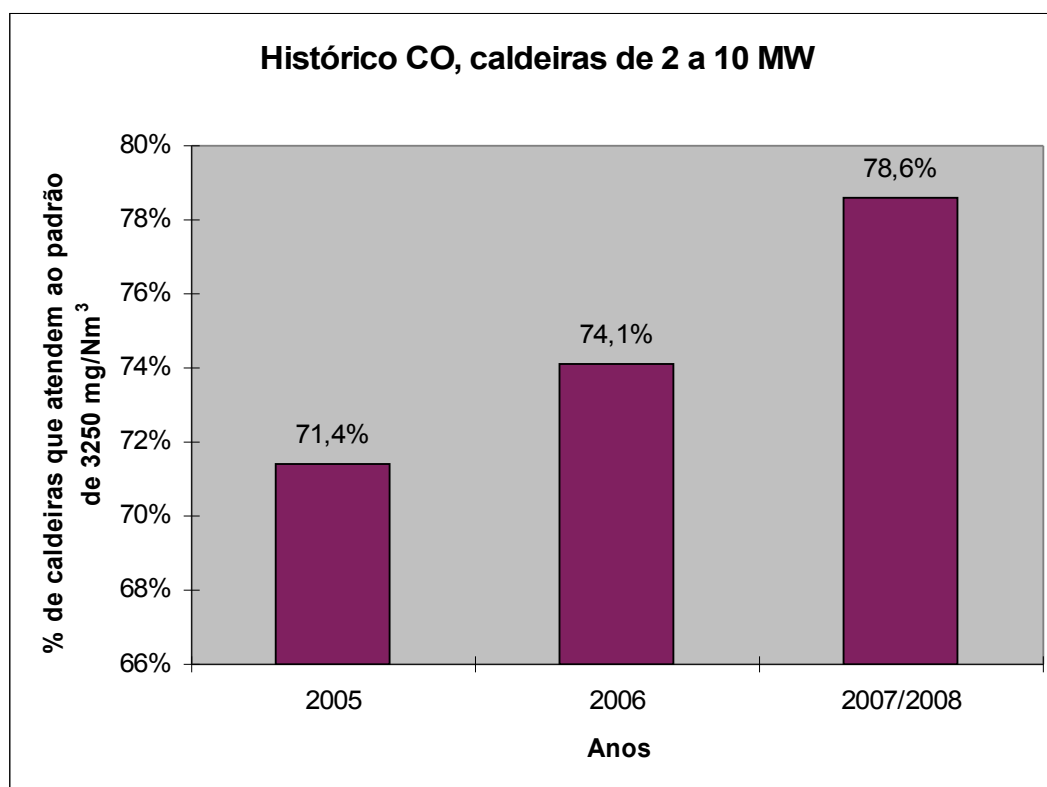


Figura 1: Melhoramento do atendimento ao padrão de CO no Paraná

6.3 Critérios gerais para o poluente MP

O poluente MP é a principal preocupação ambiental, uma vez que muitas áreas apresentam um grau de saturação para Partículas Totais em Suspensão e Partículas Inaláveis no ar ambiente.

Os critérios adotados para sustentar esta proposta consideram

1. a legislação em vigor para instalações novas: a Resolução CONAMA 382/06;
2. a legislação em vigor para instalações novas e existentes: a Resolução SEMA-PR 054/06;
3. a Deliberação normativa Copam nº 11 de Minas Gerais;
4. a viabilidade técnica e
5. a redução das emissões atingíveis.

6.4 Proposta para MP

A Tabela 17 mostra a proposta para o poluente MP para 3 faixas de potência térmica.

Tabela 17: Proposta para padrões de emissão para MP

Potência térmica nominal [MW]	Padrão de MP @ 8% O ₂ [mg/Nm ³]	Redução da Emissão [%]
até 10	730	0
10 a 50	520	23
acima de 50	300	33

Justificativa:

Os padrões propostos trazem reduções significativas para a segunda e terceira faixa, mas nenhuma para a primeira. A pouca informação disponível (apenas 13 registros para o poluente MP) na faixa até 10 MW mostrava que todas as instalações estão atendendo ao padrão de 730 mg/Nm³. Este padrão está em vigor para novas instalações pela Resolução CONAMA 382/06 e o Subgrupo responsável por deste trabalho entende que a proposta para instalações existentes não poderia ser inferior do que a legislação estabelece para novas instalações.

Na faixa de 10 a 50 MW, o valor proposto coincide com o estabelecido pela Resolução CONAMA 382/06 para potências de 10 a 30 MW e com o padrão estabelecido pela Resolução SEMA-PR para potências de 30 a 50 MW. O fato de as instalações do Paraná se terem programado desde o ano de 2003 para atender 520 mg/Nm³ explica porque esta

proposta não poderia resultar num valor mais restritivo. Com esta proposta, 23% das instalações terão que reduzir suas emissões. Isso resultará numa melhoria significativa de 23% das emissões.

Para instalações acima de 50 MW nossa base de informação contava com apenas 3 dados, que indicam a viabilidade para um valor próximo de 260 mg/Nm³, valor estabelecido pela Resolução CONAMA 382/06 na faixa de 30 a 70 MW. Um estudo de Minas Gerais, onde a Deliberação Normativa nº 11 estabelece um padrão de emissão de 600 mg/Nm³ para queima de biomassa, mostrou como melhorias introduzidas a partir de 2007 conseguiram baixar as concentrações para valores inferiores de 300 mg/Nm³ como vemos nas **Figuras 2 e 3**, ou seja, uma redução de 50% em comparação com o valor citado na norma. A aplicação do valor de 300 mg/Nm³, para a base de dados deste estudo, resulta numa redução da emissão de 33%, valor considerado significativo.

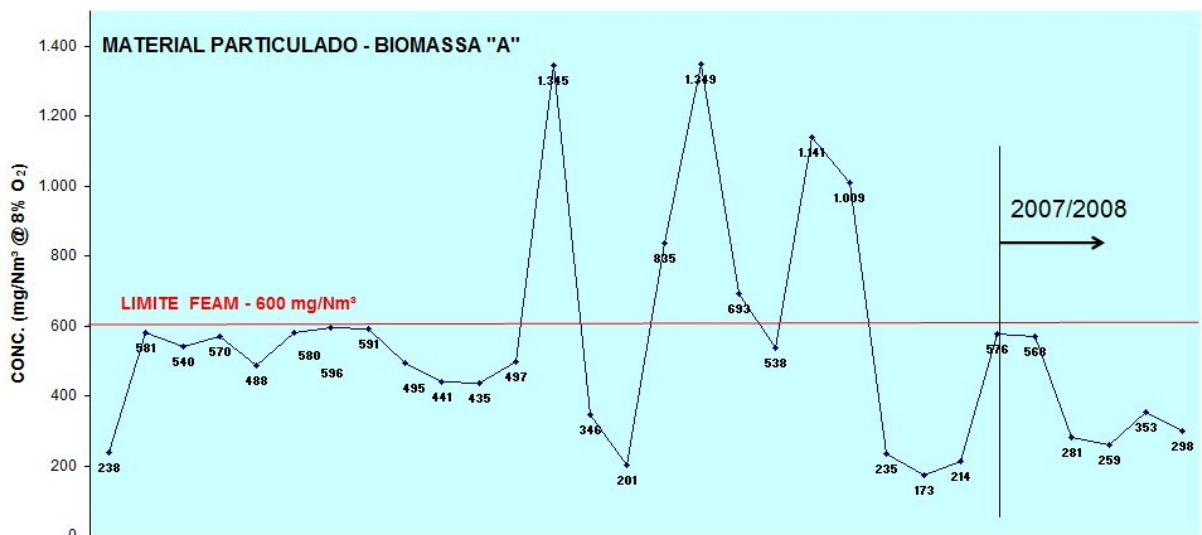


Figura 2: Redução de emissão de MP em Minas Gerais (Biomassa A)

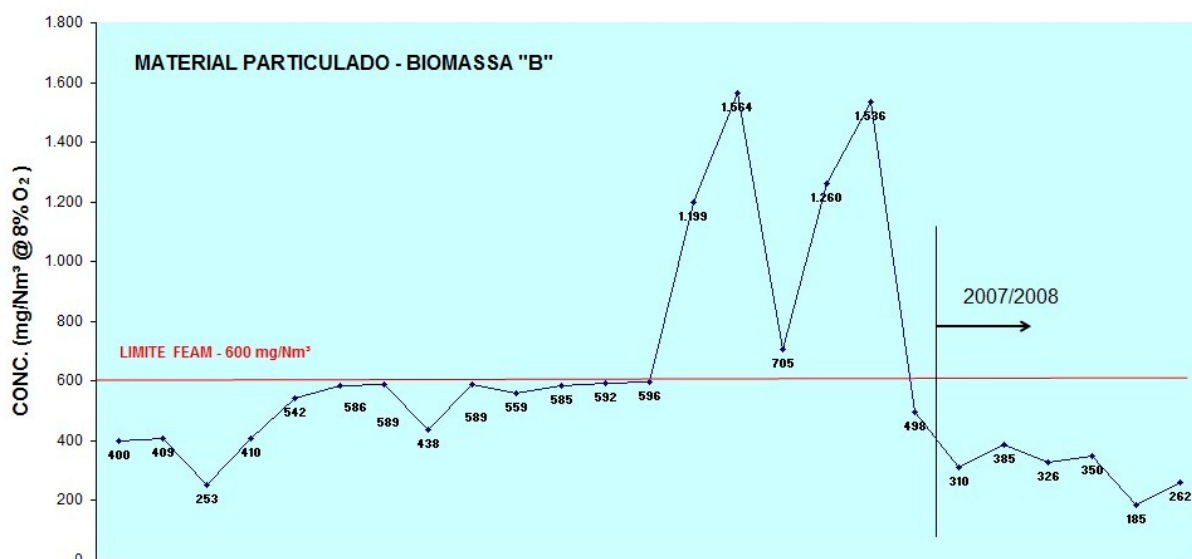


Figura 3: Redução de emissão de MP em Minas Gerais (Biomassa B)

6.5 Proposta para NO_x

Não houve registros de concentrações de NO_x acima de 650 mg/Nm³. Esta concentração só pode ser ultrapassada se são queimados placas com elevado teor de nitrogênio, por exemplo, por conter resina uréica. O padrão de emissão de NO_x limita desta forma a quantidade de placas que possam ser queimadas e este critério deve ser o mesmo, tanto para instalações novas como para existentes.

Devem ser adotados para as instalações existentes os mesmos critérios como para novas da Resolução CONAMA 382/06.

6.6 Proposta para prazo

Tendo em vista que o prazo requerido para viabilizar a instalação de um precipitador eletrostático, por exemplo, é de, no mínimo quatro anos e que este apenas deve ser projetado após todas as medidas de processo, a proposta de prazo para atendimento é de 05 (cinco) anos.

Caldeiras menores, cuja solução não é deste porte, por outro lado, dependem de treinamento de operadores, muitos não devidamente qualificados, eventual investimento em armazenamento e alimentação do equipamento, qualificação de fornecedores e eventual projeto e instalação de equipamento de abatimento. Essas atividades, para unidades menores, também requerem um grande esforço. Assim, é proposto que o prazo seja o mesmo.

7 RESUMO

Este trabalho avaliou dados de emissão atmosférica dos anos de 2005 até 2008 de caldeiras operadas com derivados de madeira. Estes dados de emissões reais de instalações em operação no Estado do Paraná foram classificados em função da potência térmica nominal e comparado com os padrões da Resolução CONAMA 382/06, da Resolução SEMA-PR 054/06 e da Deliberação Normativa nº 11 de Minas Gerais. Baseado nesta comparação foram elaborados propostas para padrões de emissão para instalações existentes para os três poluentes CO, MP e NO_x.

A proposta para o poluente CO prevê uma redução das emissões entre 23 e 46%.

A proposta para o poluente MP mostra uma redução entre 0% e 33%. O valor zero se deve a faixa até 10 MW onde o padrão proposto é atendido por todas instalações da base dos dados. Não foi optado por um valor menor porque o valor proposto é o mesmo para instalações novas e seria inconsistente ter na legislação um padrão mais rigoroso para fontes existentes do que para fontes novas.

Para o poluente NO_x foram mantidos os mesmos valores como para fontes novas.