

DADOS DE EMISSÕES E JUSTIFICATIVA PARA OS LIMITES

APRESENTADOS NA PROPOSTA CONAMA

FONTES EXISTENTES PARA CELULOSE

SUMÁRIO

1. HISTÓRICO TECNOLÓGICO DO SETOR

De acordo com dados do BNDES (http://www.bndes.gov.br/conhecimento/livro_setorial/setorial04.pdf) a história dos investimentos realizados no setor produtivo de celulose e papel no Brasil pode ser dividida em três momentos específicos, que, conseqüentemente, remetem a outros três momentos tecnológicos deste setor.

Os primeiros empreendimentos datam ainda do século XIX com a instalação de uma fábrica no estado do Rio de Janeiro. Entretanto, os primeiros investimentos significativos foram realizados entre a década de 1950 e 1960. Por sua vez, estes empreendimentos já utilizavam tecnologias trazidas de países com tradição neste setor. Obviamente, os aspectos e impactos ambientais ainda não habitam a centralidade do desenvolvimento tecnológico daquela época.

Em um segundo momento econômico, já na década de 1970, foram realizados investimentos para a implantação de novos empreendimentos que já consideravam, em sua concepção, sistemas de controle ambiental e a importância do aumento de escala produtiva. Já durante o terceiro e atual momento, iniciado na década de 1990, foram cristalizadas as características observadas anteriormente, infundindo nos *layouts* e projetos as marcas adquiridas durante o advento da conscientização e das legislações ambientais.

É plausível admitir que os empreendimentos separados por consideráveis espaços de tempo utilizaram tecnologias também bastante distintas.

As características tecnológicas mais marcantes são claramente observadas nos sistemas de recuperação de produtos químicos utilizados principalmente nos processos de cozimento. Podem ser citados as plantas de evaporação, as caldeiras de recuperação, bem como as

plantas de caustificação e fornos de cal, que constituem, portanto, o ciclo de recuperação química, via de regra, responsável pela viabilidade econômica e ambiental dos empreendimentos desta natureza.

Contudo, apesar das atualizações tecnológicas naturais proporcionadas por extensos investimentos e profundos trabalhos de pesquisa e desenvolvimento, ainda estão em operação empreendimentos implantados durante os dois momentos históricos previamente discutidos.

Grande peso temático sobre os projetos e estudos realizados pelo setor de celulose e papel tiveram as legislações ambientais, tanto no âmbito nacional quanto no estadual. Como óbvia fonte de informações ou iniciais limites, as leis federais regulando os impactos ambientais das mais diversas origens, foram adotadas pelos estados a elas submetidas. Na falta da norma maior para as emissões atmosféricas, ficou sob sua responsabilidade a regulação destas fontes.

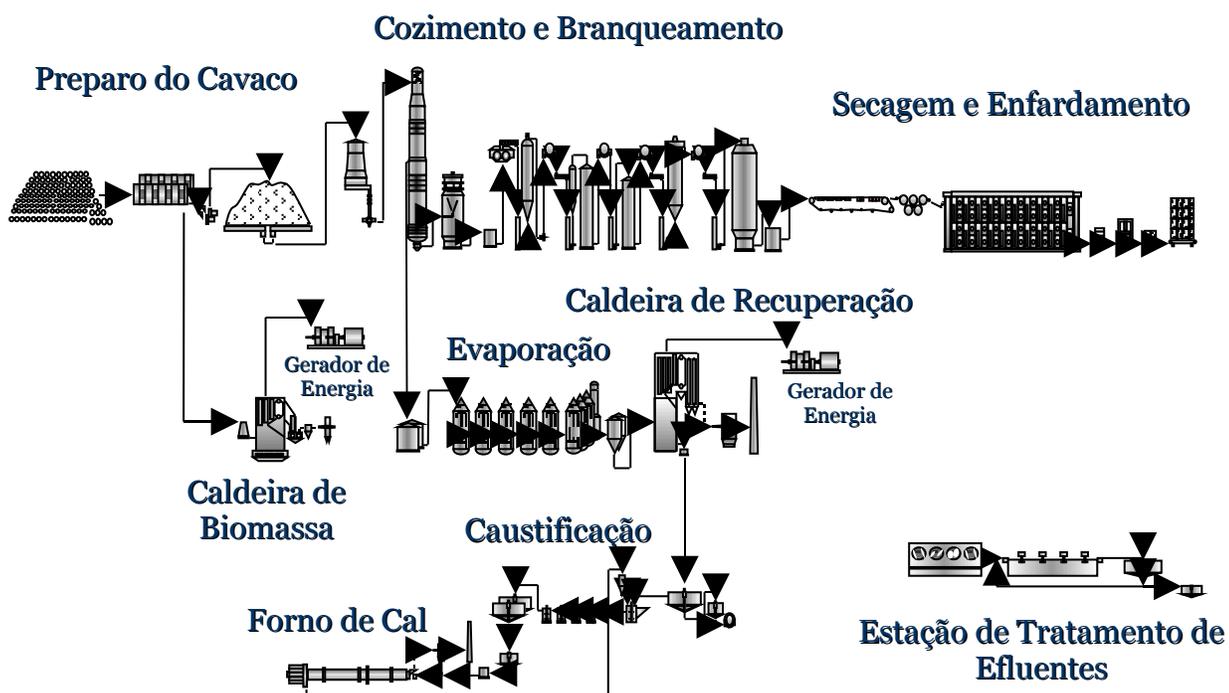
Vale ressaltar que os empreendimentos lotados nos dois primeiros momentos históricos, em virtude de sua permanente viabilidade técnica e distribuição territorial, contribuem com significativo número de postos de trabalho e conseqüente contribuição sócio-econômica.

Isto posto, para a construção desta proposta de limites para os poluentes atmosféricos, foram considerados os momentos históricos e tecnológicos do setor de celulose e papel, já discutidos, bem como as normas estaduais em vigor para suas fontes atmosféricas fixas. É claro e evidente, que todos os empreendimentos hora em operação já adotaram arrojados planos de investimentos para sua adequação às normas estaduais às quais estão submetidos.

Além disso, para a construção de limites factíveis, solidamente baseados, foram observados conceitos já utilizados pela legislação federal vigente – Resolução CONAMA 382.

No Brasil a única legislação estadual existente por tipologia é a do Paraná, em vigor desde 2007. Sendo assim, esta serviu de base para os parâmetros sugeridos para fontes existentes, quando parâmetros da CONAMA 382 não puderem ser empregados ou por impossibilidade técnica e/ou econômica .

2. DESCRIÇÃO PROCESSO PRODUTIVO



O setor produtivo de celulose e papel no Brasil utiliza, basicamente, o processo Kraft para o cozimento da madeira – baseado em solução aquosa de hidróxido de sódio e sulfeto de sódio – o que torna o processo viável econômica e ambientalmente é a possibilidade de recuperação destes reagentes através da concentração do licor preto gerado no cozimento e sua posterior queima nas caldeiras de recuperação química.

Este breve texto tem como objetivo principal, tecer comentários sobre possibilidades técnicas de melhoria do sistema de combustão deste tipo de caldeira e pós-tratamento dos gases emitidos pelas mesmas. Além disso, fazer uma previsão do tempo necessário para a implantação destas melhorias.

O sistema de combustão das caldeiras de recuperação química consiste, basicamente, na injeção de combustível – licor preto – na altura intermediária da fornalha e de três camadas de ar: a primária, na mesma seção da injeção de licor, a secundária, imediatamente acima da primária e, finalmente, a terciária na seção mais elevada da fornalha.

A primeira camada tem a função de fornecer comburente – oxigênio – para as reações de redução e recuperação do sulfato de sódio na forma de sulfeto de sódio. A segunda tem a função de fornecer o mesmo comburente para as reações de oxidação da matéria orgânica e a conseqüente geração de calor. Já a terceira camada possui a função especial de promover a selagem da fornalha reduzindo as emissões de material particulado. (Presente nas caldeiras Modernas).

Desde sua criação, o ciclo de recuperação passou por uma série de evoluções tanto no sistema de injeção de combustível como no de comburente, como a queima estacionária do licor para o primeiro e alterações na disposição das entradas de ar na fornalha para o segundo. Obviamente, com o advento das legislações ambientais, sistemas de pós-tratamento foram desativados por obsolescência técnica e outros foram incorporados às caldeiras de recuperação. Em virtude da natureza inorgânica – susceptível a alterações e interações eletrostáticas – o equipamento mais indicado para este uso é o precipitador eletrostático.

3. LICENCIAMENTOS ESTADUAIS

Nos quadros abaixo são demonstrados os limites de emissão já definidos em alguns estados da federação comparativamente a Resolução CONAMA 382 e a proposta estabelecida, sendo que se destacam em amarelo as em atendimento a proposta de resolução e, em laranja os valores já adequados a Resolução CONAMA 382.

Em função do desenvolvimento tecnológico das caldeiras de recuperação, houve a necessidade de definir o porte destas caldeiras, para diferenciá-las tecnologicamente, em capacidade de queima superior a 2000 toneladas de sólidos secos por dia como de grande porte e menores de 2000 toneladas como de médio porte. Esta capacidade é considerada como mínima para caldeiras novas devido à viabilidade econômica de instalação de caldeiras menores e foi utilizada como referência no CONAMA 382 para fontes novas. A divisão por capacidade de queima de sólidos na caldeira de recuperação já é praticada por legislação estadual existente.

3.1 Caldeira Recuperação:

Estados	ERT mg/Nm ³	SO _x mg/Nm ³	M.Particulado mg/Nm ³	Capacidade tss/d	Comentário
Paraná	30	250	240	<400	limites ref. 8% O ₂ Resolução SEMA 054/06
Paraná	15	250	150	>400	
São Paulo	15	230	80	-	limites ref. 8% O ₂
Minas Gerais	-	1000	200	-	Deliberação Normativa Copam 11 de 16/12/1986
CONAMA	15	100	100	-	limites ref. 8% O ₂

					Resolução 382/06
PROPOSTA	15	100	240	≤2000	limites ref. 8% O ₂
PROPOSTA	15	100	150	> 2000	limites ref. 8% O ₂

Obs: Minas Gerais não tem limite para ERT

3.2 Forno Cal

Estados	ERT mg/Nm ³	M.Particulado mg/Nm ³	Comentário
Paraná	30	177	limites ref. 8% O ₂ Resolução SEMA 054/06
São Paulo	57	179	limites ref. 8% O ₂
Minas gerais	-	150	Deliberação Normativa Copam 11 de 16/12/1986
CONAMA	30	100	limites ref. 8% O ₂ Resolução 382/06
PROPOSTA	30	180	limites ref. 8% O ₂

Obs: Minas Gerais não tem limite para ERT

3.3 Tanque de Dissolução

Estados	ERT tss/d	M.Particulado tss/d	Comentário
Paraná	80	500	Resolução SEMA 054/06
São Paulo	0,05	0,08	-
Minas gerais	-	0,20	Deliberação Normativa Copam 11 de 16/12/1986
CONAMA	0,008	0,1	Resolução 382/06
PROPOSTA	0,08	0,5	-

Obs: Minas Gerais não tem limite para ERT. Os valores na Resolução Sema 054/06 são expressos em mg/Nm³.

Verifica-se que os limites de licenciamentos estaduais, definidos em sua maioria por empreendimentos, estão acima dos parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA 382 e em alguns casos da própria proposta apresentada. Os valores estabelecidos na proposta utilizaram como referência os parâmetros estipulados por esses órgãos estaduais e os dados levantados de emissões de empresas, os quais poderão ser avaliados nos itens subseqüentes deste documento.

4. DADOS DE EMISSÕES

Nos quadros abaixo são demonstrados os resultados dos parâmetros emitidos, por uma amostragem representativa de nove empresas, identificadas por número seqüencial, comparativamente a Resolução CONAMA 382 e a proposta estabelecida, sendo que se destacam em amarelo as em atendimento a proposta de resolução e, em laranja os valores já adequados a Resolução CONAMA 382.

4.1 CALDEIRA RECUPERAÇÃO

Comparativo de resultados de 9 empresas com a Resolução Conama 382/2006 para Novas Fontes Fixas

Empresas	ERT mg/Nm ³	SO _x mg/Nm ³	M.Particulado mg/Nm ³	NO _x mg/Nm ³	Capacidade tss/d
1	1	1	110	150	> 2000
2	14	14	220	-	< 2000
3	3,1	2,3	129	-	>2000
4	10	3	40	310	<2000
5	7,1	1	69	-	<2000
6	14,9	7	101	187	<2000
7	5	11	230	125	<2000
8	3	5	1100	94	<2000
9	4,5	8,1	43	-	>2000
CONAMA	15	100	100	470	

As empresas 2, 3, 5 e 9 não informaram medições de NO_x.

As caldeiras 4, 5 e 9 foram adquiridas nos últimos anos já com tecnologia atualizada incorporadas, atendendo assim o Conama 382.

Comparativo de resultados de 9 empresas com a proposta de Resolução Conama para Fontes Fixas Existentes (antes de 2006)

Empresas	ERT mg/Nm³	SO_x mg/Nm³	Mat.Particulado mg/Nm³	NO_x mg/Nm³	Capacidade tss/d
1	1	1	110	150	> 2000
2	14	14	220	-	< 2000
3	3,1	2,3	129	-	>2000
4	10	3	40	310	<2000
5	7,1	1	69	-	<2000
6	14,9	7	101	187	<2000
7	5	11	233	125	<2000
8	3	5	1100	94	<2000
9	4,5	8,1	43	-	>2000
PROPOSTA	15	100	240	470	<2000
PROPOSTA	15	100	150	470	>2000

A caldeira 8 terá que reduzir suas emissões para atender a proposta. Outras caldeiras, como as 2, 6 e 7 também terão que otimizar seu desempenho referente os poluentes ERT e MP porque estão emitindo muito próximo aos limites propostos. Além das caldeiras listadas existem pelo menos mais 10 caldeiras de recuperação em operação no Brasil das quais não temos dados e muitas delas podem ter um desempenho comparável com as caldeiras 8, na melhor hipótese.

A proposta mantém os parâmetros de ERT, SO_x e NO_x da Resolução CONAMA 382, devido ao atendimento destes limites pelas empresas avaliadas. Entretanto, o Material Particulado julgamos recomendável propor um novo limite, pois, somente três caldeiras atenderam os limites da Resolução 382, representando 33,3% da amostragem, além disso estas três caldeiras foram adquiridas recentemente. Como proposta adotou-se como limite o valor referencial de alguns estados, pois estes valores já buscam uma melhoria e muitas empresas já investiram para alcançá-los, como pode ser constatado mais adiante no item 6, com redução significativa de emissão de poluentes como mostrado no item 5 deste relatório. Com estes limites da proposta ainda 11,1 % das empresas amostradas necessitarão investir em melhorias para atingir os níveis estipulados na proposta.

4.2 FORNO DE CAL

Comparativo com a Resolução Conama 382/2006 para Novas Fontes Fixas

Empresas	ERT mg/Nm³	M. Particulado mg/Nm³	NO_x mg/Nm³
1	1	49	-
2	9	100	-
3	2,5	94	-
4	320	700	145
5	11,5	136	-
6	não tem forno de cal		
7	9	233	376
8	10	95	58
9	3	59	-
CONAMA	30	100	470

As empresas 1, 2, 3, 5 e 9 não informaram medições de NO_x.

Constata-se que 44,4% das empresas não atendem à resolução. Estes projetos, em sua maioria são das décadas de 60 e 70 e portanto são equipados com lavadores de gases. Os novos projetos são todos equipados com precipitadores eletrostáticos sendo que algumas empresas adquiriram precipitadores ou reformaram seus antigos para se adequarem às legislações estaduais. A empresa 6 não possui forno de cal.

Comparativo com a proposta de Resolução Conama para fontes fixas existentes antes de 2006

Empresas	ERT mg/Nm³	M. Particulado mg/Nm³	NO_x mg/Nm³
1	1	49	-
2	9	100	-
3	2,5	94	-
4	320	700	145
5	11,5	136	-
6	não tem forno de cal		
7	9	233	376
8	10	95	58
9	3	59	-
PROPOSTA	30	180	470

Os fornos 4 e 7 terão que reduzir suas emissões para atender a proposta.

A proposta mantém os parâmetros de ERT e NO_x da Resolução CONAMA 382. Para Material Particulado adotou-se como limite o valor referencial de alguns estados, devido a dificuldade de

remoção de particulados por lavador de gases e nas empresas que possuem precipitador eletrostático em substituir ou reformar estes equipamentos por dificuldades técnicas de layout. Pode-se observar um aumento de 62,5% para 75,0% em atendimento ao padrão, considerando a amostragem de 9 empresas, ou seja a inclusão de uma empresa apenas.

4.3 TANQUE DISSOLUÇÃO

Comparativo com a Resolução Conama 382/2006 para novas fontes fixas

Empresas	ERT kg/t ss	M.Particulado kg/t ss
1	0,040	0,200
2	0,007	0,150
3	0,090	0,060
4	0,036	0,018
5	0,050	0,084
6	0,007	0,120
7	0,008	1,710
8	0,003	0,620
9	0,070	0,060
CONAMA	0,008	0,100

Os valores dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 382, são incompatíveis com a performance destes equipamentos. Cabe salientar que quando da elaboração da Resolução CONAMA 382, encontrava-se em teste a eliminação desta fonte, através da condensação destes gases e a queima no ar terciário da Caldeira de Recuperação. Os testes que foram concluídos após a emissão da Resolução 382, mostraram-se exitosos e, desta forma, os novos projetos estão sendo implantados sem esta fonte, enquanto que, fábricas em operação estão avaliando a capacidade volumétrica da fornalha e dos ventiladores da Caldeira para absorver este acréscimo de volume de gás e viabilizar a implantação desta alteração. Em Caldeiras de Recuperação mais antigas é totalmente inviável este procedimento.

Os valores estipulados pela Resolução CONAMA 382 mostram-se extremamente rígidos, tanto para o parâmetro ERT como para Material Particulado, pois, este limite foi estipulado considerando uma Caldeira de Recuperação Nova com parâmetros de projeto de queima de licor, e condições de gás exauridos do Tanque de Dissolução também em condições ideais. Entretanto os números reais mostram condições diferentes com resultados também, em função

disto estamos propondo novos limites de parâmetros de forma que se aproxime mais da realidade e com resultados ambientais compatíveis com de outras fontes.

Comparativo com a proposta de Resolução Conama para fontes fixas existentes antes de 2006

Empresas	ERT kg/t ss	M.Particulado kg/t ss
1	0,040	0,200
2	0,007	0,150
3	0,090	0,060
4	0,036	0,018
5	0,050	0,084
6	0,007	0,120
7	0,008	1,710
8	0,003	0,620
9	0,070	0,060
PROPOSTA	0,08	0,500

Os valores definidos na proposta foram baseados em licenciamento estadual e exigirá uma melhoria de performance operacional, sendo que 33,3 % das empresas terão que se adequar.

5. DADOS DE EMISSÕES ANTERIORES AOS INVESTIMENTOS PARA ATENDIMENTO DE LIMITES ESTADUAIS

Dados comparativos de emissões anteriores e atuais após investimentos com a redução dos poluentes após as melhorias introduzidas nos processos e equipamentos

5.1 CALDEIRA RECUPERAÇÃO

Empresas	ANTERIOR			ATUAL		
	ERT mg/Nm ³	SO _x mg/Nm ³	Material Particulado mg/Nm ³	ERT mg/Nm ³	SO _x mg/Nm ³	Material Particulado mg/Nm ³
1	36	50	2394	1	1	110
2	35	42	591	15	15	220
3	4,5	8,1	236	3,1	2,3	129
4	10	3	40	10	3	40
5	7,1	1	69	7,1	1	69
6	14,9	7	101	14,9	7	101
7	5	11	233	5	11	233
8	3	5	1100	3	5	1100
9	4,5	8,1	43	4,5	8,1	43

Empresas	REDUÇÃO ATUAL			REDUÇÃO FUTURA ACUMULADA		
	EM RELAÇÃO À SITUAÇÃO ANTERIOR					
ERT(%)	SO _x (%)	Material Particulado (%)	ERT(%)	SO _x (%)	Material Particulado (%)	
1	97,2	98,0	95,4	97,2	98,0	95,4
2	57,1	64,3	62,8	57,1	64,3	62,8
3	31,1	71,6	45,3	31,1	71,6	45,3
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	78,2
9	0	0	0	0	0	0

As empresas 4, 5 e 9 adquiriram caldeiras novas nos últimos anos por este motivo atendem além da proposta o Conama 382 fontes novas. A caldeira 6 também foi adquirida nos últimos anos porém precisará de otimização de processo para atender o Conama 382 fontes novas. A caldeira 7 já foi adquirida com precipitador eletrostático e embora não tenha tido investimentos posteriores atende a proposta.

As empresas 1, 2 e 3 investiram em reformas de equipamentos existentes, e por limitação de equipamento, estão atendendo apenas a proposta para material particulado. A empresas 8 terá uma redução de 78,2% em relação ao material particulado.

5.2 FORNO DE CAL

	ANTERIOR		ATUAL		REDUÇÃO ATUAL		REDUÇÃO FUTURA ACUMULADA	
	EM RELAÇÃO À SITUAÇÃO ANTERIOR							
Empresas	ERT mg/Nm ³	MP mg/Nm ³	ERT mg/Nm ³	MP mg/Nm ³	ERT (%)	MP (%)	ERT (%)	MP (%)
1	267	116	1	49	99,6	57,8	99,6	57,8
2	117	262	9	100	92,3	61,8	92,3	61,8
3	2,5	94	2,5	94	0	0	0	0
4	320	700	320	700	0	0	90,6	74,2
5	11,5	136	11,5	136	0	0	0	0
7	9	657	9	233	0	64,5	0	72,6
8	10	703,2	10	95	0	86,5	0	86,5
9	3	59	3	59	0	0	0	0

Empresas 1, 2 investiram e estão atendendo o limite. A empresa 6 não possui forno de cal. As empresas 3, 5, 8 e 9 adquiriram fornos nos últimos anos e já com precipitador eletrostático por este motivo atendem o limite e não tem dados anteriores. A empresa 4 não investiu no forno de cal e terá que reduzir suas emissões de ERT em 90,6% e as emissões de MP em 74,2% e a empresa 7 terá de reduzir seu material particulado em mais 22,7%.

5.3 TANQUE DISSOLUÇÃO

Empresas	ANTERIOR		ATUAL		REDUÇÃO ATUAL		REDUÇÃO FUTURA ACUMULADA	
	ERT kg/t ss	MP kg/t ss	ERT kg/t ss	MP kg/t ss	EM RELAÇÃO À SITUAÇÃO ANTERIOR			
					ERT (%)	MP (%)	ERT (%)	MP (%)
1	0,200	0,900	0,040	0,200	80,0	77,8	80,0	77,8
2	0,040	0,300	0,007	0,150	82,5	50,0	82,5	50,0
3	0,090	0,060	0,090	0,060	0	0	11,1	0
4	0,036	0,018	0,036	0,018	0	0	0	0
5	0,050	0,084	0,050	0,084	0	0	0	0
6	0,007	0,120	0,007	0,120	0	0	0	0
7	0,008	1,710	0,008	1,710	0	0	0	70,8
8	0,003	0,620	0,003	0,620	0	0	0	19,4
9	0,070	0,060	0,070	0,060	0	0	0	0

As caldeiras 4, 5, 6 e 9 são novas em consequência disso seus tanques de dissolução atendem a proposta. As empresas 1 e 2 já melhoraram suas emissões em mais de 50% e estão atendendo a proposta. A empresa 3 terá de reduzir em 11,1% seu ERT e as 7 e 8 terão de reduzir 70,8 e 19,4 % seus materiais particulados.

6. INVESTIMENTOS

O quadro 6.1 demonstra os investimentos realizados pelas empresas abaixo relacionadas para sua adequação aos parâmetros estipulados nos licenciamentos estaduais com os ganhos demonstrados no item 5. O quadro 6.2 demonstra os investimentos projetados para atendimento da proposta para as empresas identificadas. As demais empresas ainda não definiram valores para adequação.

6.1 Realizados

Empresas	Investimento	% Lucro Anual
1	35.000.000	11
2	2.100.000	150
3	15.000.000	9
8	5.000.000	23

6.2 A serem realizados para adequação a Proposta

Empresas	Investimento	% Lucro Anual
4	10.000.000	20
7	28.000.000	130
8	22.000.000	53

Os investimentos variam de 9 a 150% dependendo do porte da empresa, e para as empresas de menor porte um novo investimento de valores semelhantes ao já investidos (mais de 100% do lucro anual), para atingir os limites do CONAMA 382, estaria fora das possibilidades financeiras da empresa.

7. JUSTIFICATIVA PARA PRAZO DE IMPLEMENTAÇÃO CONAMA

7.1 Estimativa de tempo para a instalação das melhorias.

Abaixo é mostrado um cronograma simplificado para a realização das medições, estudos e projetos de engenharia para a instalação das melhorias discutidas, para os empreendimentos ainda não as possuam.

O prazo de 5 anos da proposta da Resolução CONAMA 382 fontes existentes está baseado no estudo de implantação de melhorias do cronograma abaixo.

ETAPAS	Ano 1				Ano 2				Ano 3				Ano 4				Ano 5			
	Trim. 1	Trim. 2	Trim. 3	Trim. 4	Trim. 1	Trim. 2	Trim. 3	Trim. 4	Trim. 1	Trim. 2	Trim. 3	Trim. 4	Trim. 1	Trim. 2	Trim. 3	Trim. 4	Trim. 1	Trim. 2	Trim. 3	Trim. 4
Contrat. medições Atm.	■																			
Medições atm.		■																		
Estudo Tecno. Dispon.			■	■																
Contratação Eng.				■																
Processo Contratação					■	■														
Eng. Detalhamento							■	■												
Licenc. Ambiental									■	■	■	■								
Implantação													■	■	■	■				
Testes Operacionais																	■	■	■	■
Operação																				■

8. CONCLUSÃO

Este trabalho avaliou dados de emissões de uma porcentagem significativa de aproximadamente 50% das empresas de celulose, os licenciamentos e legislações estaduais e os investimentos e suas reduções de emissões em consequência desses parâmetros vigentes. As que não entraram neste trabalho podem ser empresas mais poluentes, por isso este levantamento está mostrando uma imagem mais otimista do que a realidade. Assim a porcentagem das unidades precisando melhorar seu desempenho ambiental pode ser eventualmente bem maior.

As empresas de celulose têm investido em melhorias de seus processos produtivos e emissões de poluentes nos últimos anos devido às pressões ambientais sofridas pelo setor com relação aos órgãos licenciadores. Sendo assim muitas das empresas avaliadas neste relatório já cumprem a proposta apresentada devido aos altos investimentos realizados nos últimos anos. Os investimentos realizados e previstos representam cerca de 11% a 150% do lucro das empresas dependendo do porte das mesmas, baseados em financiamentos à longo prazo, e apresentam reduções significativas de emissões de até 90% dos poluentes emitidos ou ainda mais em alguns casos. Uma redução de limites além dos valores propostos requer valores altos de investimentos (até 100% dos valores já investidos) com relativamente pouca melhoria da qualidade do ar em relação as já implementadas.

A proposta mantém os parâmetros de ERT, SO_x e NO_x da Resolução CONAMA 382 para caldeira de recuperação .O Material Particulado julgamos recomendável propor um novo limite, pois, somente três caldeiras atenderam os limites da Resolução 382, representando 33,3% da amostragem, além disso estas três caldeiras foram adquiridas recentemente. Como proposta adotou-se como limite o valor referencial de alguns estados, pois estes valores já buscam uma melhoria e muitas empresas já investiram para alcançá-los, como pode ser constatado no item 6 deste documento, com redução significativa de emissão de poluentes como mostrado no item 5.

Com estes limites da proposta ainda 11 % das empresas amostradas necessitarão investir em melhorias para atingir os níveis estipulados na proposta. Além das caldeiras listadas existem pelo menos mais 10 caldeiras de recuperação em operação no Brasil das quais não temos dados e muitas delas podem ter um desempenho pior dos que das apresentadas e o índice aumentaria de 11%. Relativo o nível de emissão dos equipamentos da década de 70, a proposta deste trabalho prevê uma redução de 31 – 97% para o poluente ERT, de 72 – 98% para SO_x e de 45 – 95% para material particulado.

Os estados tem limites mais acessíveis que a proposta em ERT e SO_x.

Para o forno de cal também são mantidos os parâmetros de ERT e NO_x da Resolução CONAMA 382. Para Material Particulado adotou-se como limite o valor referencial de alguns estados, devido a dificuldade de remoção de particulados por lavador de gases e nas empresas que possuem precipitador eletrostático em substituir ou reformar estes equipamentos de alto custo financeiro. Com a proposta 25,0% das empresas amostradas terão que investir em melhorias. Relativo o nível de emissão dos equipamentos da década de 70, a proposta deste trabalho prevê uma redução de 91 – 99,6% para o poluente ERT e de 58 – 86% para material particulado.

Para tanque de dissolução os valores dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 382, são incompatíveis com a performance destes equipamentos. Cabe salientar que os novos projetos estão sendo implantados sem esta fonte, enquanto que, fábricas em operação estão avaliando a capacidade volumétrica da fomalha e dos ventiladores da Caldeira para absorver este acréscimo de volume de gás e viabilizar a implantação desta alteração. Em Caldeiras de Recuperação mais antigas é totalmente inviável este procedimento.

Os valores estipulados pela Resolução CONAMA 382 mostram-se extremamente rígidos, tanto para o parâmetro ERT como para Material Particulado, pois, este limite foi estipulado considerando uma Caldeira de Recuperação Nova com parâmetros de projeto de queima de licor, e condições de gás exauridos do Tanque de Dissolução também em condições ideais. Entretanto os números reais mostram condições diferentes com resultados também, em função disto estamos propondo novos limites de parâmetros de forma que se aproxime mais da realidade e com resultados ambientais compatíveis com de outras fontes. Relativo o nível de

emissão dos equipamentos da década de 70, a proposta deste trabalho prevê uma redução de 11 –83% para o poluente ERT e de 19 – 78% para material particulado.

Além das reduções hoje já realizadas, a proposta apresentada prevê uma redução adicional de até 78% de material particulado para a Caldeira de Recuperação, de 74% para Forno de Cal, 71% para o Tanque de Dissolução e reduções de 91% de ERT no forno de cal e 11,1% no tanque de dissolução em relação aos dados de emissões apresentados.

Para implementação da nova Resolução proposta são necessários 5 (cinco) anos de prazo.

9. FORNO BROBY (SMELTER)

9.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE RECUPERAÇÃO QUÍMICA EM FORNO BROBY

O setor produtivo de celulose e papel no Brasil utiliza, basicamente, o processo Kraft para o cozimento da madeira, baseado em solução aquosa de hidróxido de sódio e sulfeto de sódio. O forno de recuperação de álcalis denominado Broby (ver figura 1 abaixo) foi projetado para queimar licor negro oriundo do processo “Kraft”, a uma concentração aproximada de 60 % de sólidos secos.

Os objetivos dessa operação são:

Converter o sulfato de sódio (Na_2SO_4) presente no licor negro a sulfeto de sódio (Na_2S), que é um dos agentes ativos na produção de celulose pelo processo Kraft;

- Gerar vapor por meio da queima dos compostos orgânicos presentes no licor negro;
- Recuperar parte de um subproduto (licor negro) da produção de celulose que é gerado no digestor, a fim de reduzir o problema de descarte deste material no meio ambiente.

A alimentação do licor negro na fornalha é realizada na forma de spray, através de bicos queimadores devidamente projetados para que o licor aquecido a uma temperatura próxima de 120°C adentre no interior da fornalha com a dimensão correta da gotícula para maior eficiência na ocorrência da combustão. Ao serem alimentadas à fornalha, as partículas de licor sofrem diferentes modificações que são classificadas como: secagem (eliminação da umidade restante no licor), pirólise, queima do carbono fixo, oxidação e redução do leito de fundidos (smelt). Cada transformação sofrida pelo licor acontece, predominantemente, em uma região da fornalha de recuperação. Estes estágios envolvem reações químicas e transformações físicas distintas, que podem ou não ocorrer de forma seqüencial.

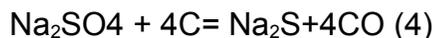
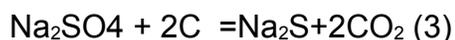
Durante a pirólise, a partícula de licor aumenta em cerca de vinte vezes seu volume devido à grande liberação de gases.

São eles: ERT (gases não oxidados de enxofre: CH_3SH , CH_3SCH_3 , $\text{CH}_3\text{S}_2\text{CH}_3$.), SO_2 , CO_2 , CO , CH_4 , H_2O . Neste estágio, a partícula de licor se encontra em chamas.

Encerrada a pirólise, a partícula passa a ser composta por sais inorgânicos (principalmente Na_2CO_3 , Na_2S e Na_2SO_4) e o carbono fixo. Com o fim da pirólise, a chama desaparece e se inicia o processo de queima do carbono fixo. Ao final do processo, resta ainda algum carbono e sais inorgânicos na partícula.

Após perder a umidade, sofrer a pirólise e queimar parte do carbono fixo, a partícula atinge a superfície do leito de sais fundidos na parte inferior da fornalha. Iniciam-se então as reações de oxidação e redução dos sais inorgânicos.

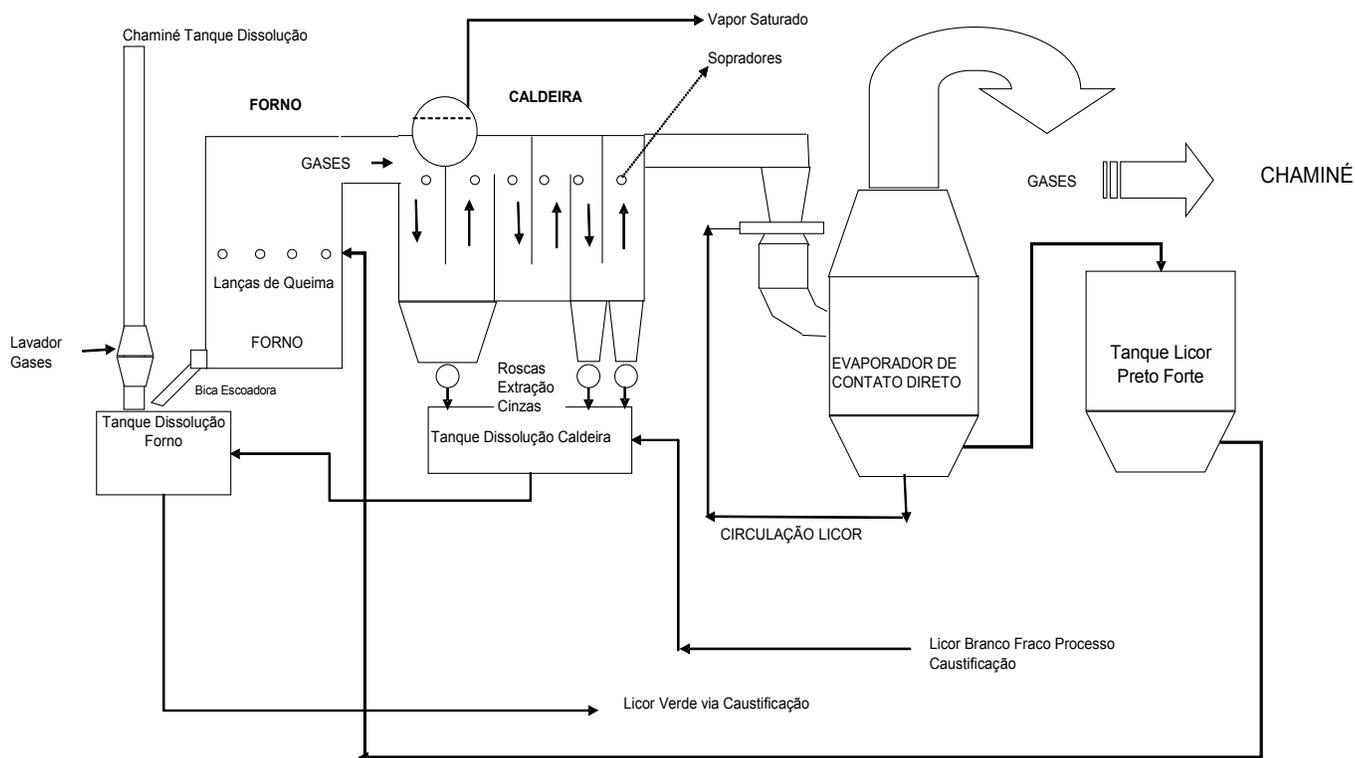
A oxidação do smelt, onde o sulfeto reage com o oxigênio do ar, é uma reação exotérmica. Como o Na_2S é a substância que se deseja recuperar no final do processo de queima do licor negro, a reação descrita abaixo é indesejável quimicamente, pois causa a diminuição da eficiência de redução do processo. Normalmente são desejados valores superiores a 90 % de Na_2S . O leito de fundidos é relativamente impenetrável pelo ar de combustão. Em seu interior, ocorrem as reações de redução descritas pelas equações 3 e 4 que, sendo endotérmicas, absorvem a energia liberada pelas reações de oxidação. A combinação de reações exotérmicas e endotérmicas gera um gradiente de temperatura no smelt. A temperatura na superfície do leito de fundidos é da ordem de 1000 a 1200 °C podendo chegar próximo dos 760 °C em sua parte mais baixa. Como o que se deseja é aumentar o rendimento das reações de redução é importante que a temperatura no interior do leito de fundidos seja elevada, já que as reações desejadas (equações 3 e 4) precisam absorver energia para ocorrer.



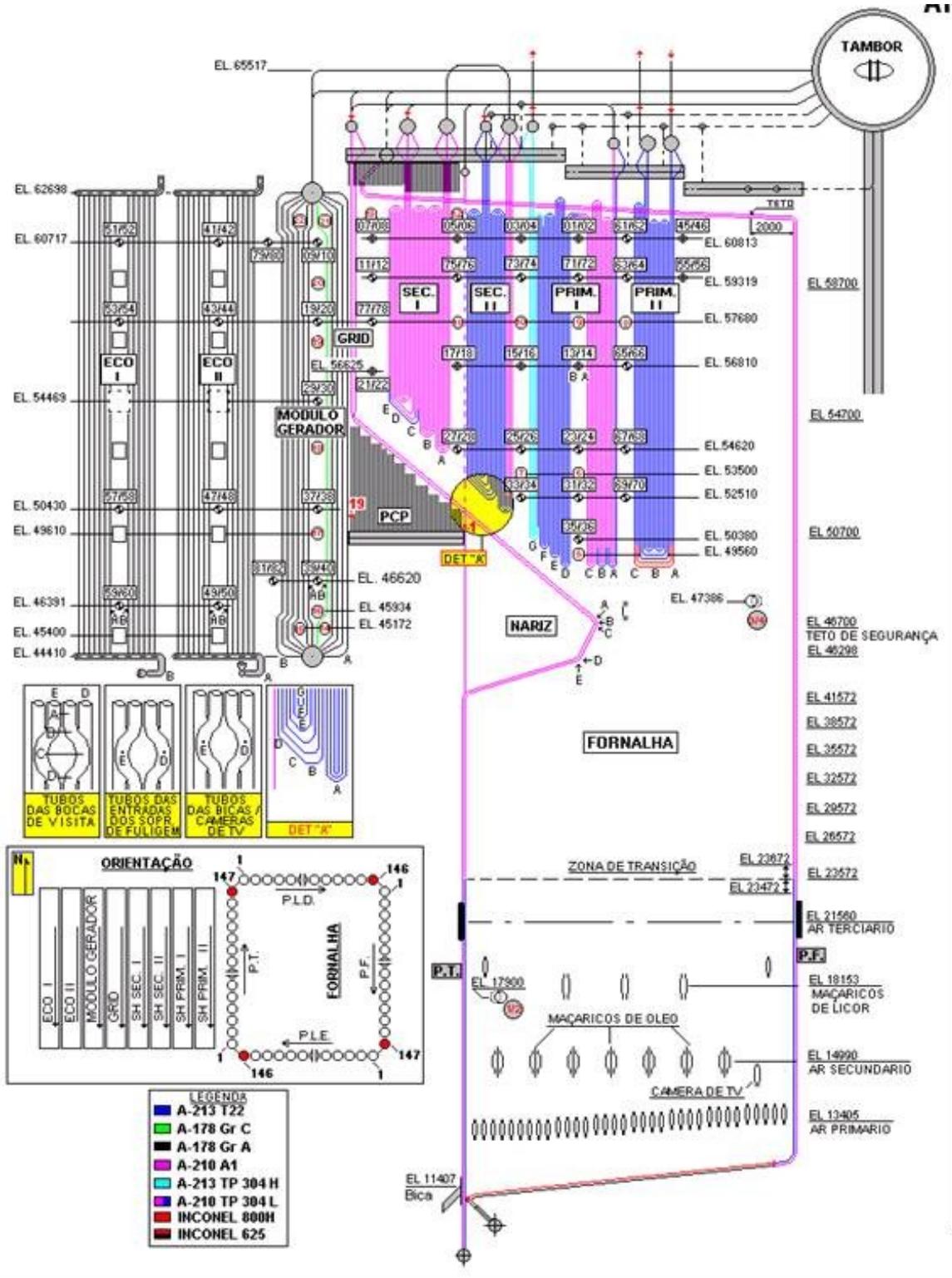
A diferença entre o Forno Broby e a Caldeira de recuperação química (ver figura 2 abaixo) localiza-se nas paredes dos equipamentos, pois, as paredes da Caldeira são constituídos por tubos de água que vão gerar vapor de alta pressão diferentemente do Forno, cujas paredes são constituídas por composto isolantes e os gases do mesmo são direcionados para uma fornalha separada do corpo para gerar vapor de média pressão pela perda de temperatura.

Os níveis de emissão de particulado e de ERT num Forno Broby são bem superiores a uma caldeira de recuperação. Isso se justifica pelo fato que o Forno Broby trabalha com um ciclone evaporador de contato direto, aproveitando o calor dos gases para chegar na concentração final de queima(em torno de 60%). Neste processo de evaporação de contato direto temos a formação e liberação de sulfeto de hidrogênio (H_2S) e metil mercaptana (CH_3SH), que faz aumentar a concentração de ERT na chaminé.

A temperatura na chaminé, num Forno Broby, está abaixo de $100^{\circ}C$. Nesta temperatura tão baixa, não é possível instalar um precipitador eletrostático; teríamos que ter uma temperatura mínima de $160^{\circ}C$. Com isso a emissão de particulado fica mais elevada.



CONAMA - Grupo de Trabalho Fontes Fixas Existentes
 Subgrupo Celulose junho-2009



9.2 DADOS EMISSÃO FORNO BROBY

Empresas	ERT mg/Nm ³	SO _x mg/Nm ³	Material Particulado mg/Nm ³
1	252	34	2500
2	250	35	3800
3	2400	57	4000
Conama	15	100	100

Existem melhorias para reduzir as emissões como oxidação do licor, baixa sulfidez de cozimento e lavadores de gases, porém não conseguem reduzir as essas emissões a valores próximos aos padrões de lançamento propostos para caldeiras de recuperação.

9.3 CONCLUSÃO

O forno de recuperação Broby foi uma alternativa econômica e viável para fábricas de pequeno porte. Para baixas produções, não se justifica o custo/benefício da instalação de uma caldeira de recuperação. Para justificar esse custo/benefício, o equipamento necessita ter uma capacidade superior a 400tss/dia, sendo necessário um incremento de produção proporcional das empresas que necessitam esta atualização tecnológica. Para tanto se faz necessário o aumento da base florestal destes empreendimentos.

O ciclo de corte de pinus é em torno de 12 anos, tempo este necessário para adequação da base florestal de qualquer empreendimento. O tempo de montagem deste tipo de equipamento é de 24 meses. O custo de uma caldeira de recuperação para uma empresa que produz menos de 400 tss/d é equivalente ao lucro de 2 anos de produção.

A proposta é monitorar as emissões da chaminé do equipamento existente através de um estudo de dispersão de ERT e MP na região avaliando sistematicamente a qualidade do ar destas regiões atingidas pelas emissões atmosféricas. Após 15 anos concluir o projeto de ampliação da produção e instalação de nova Caldeira de Recuperação.

Estas empresas embora, na sua origem estivessem localizadas em áreas isoladas, totalmente afastadas de atividades antropogênicas, com sua atividade econômica geraram o

desenvolvimento de cidades que cresceram ao redor das fabricas e delas dependem economicamente.