

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

EMANNUEL BORGHEZAN DE ANDRADE

**ANÁLISE DE EMISSÃO DE POLUENTES DE PROCESSOS E EQUIPAMENTOS
DE GERAÇÃO DE VAPOR (REGIÃO SUDESTE)**

PATO BRANCO

2023

EMANNUEL BORGHEZAN DE ANDRADE

**ANÁLISE DE EMISSÃO DE POLUENTES DE PROCESSOS E EQUIPAMENTOS
DE GERAÇÃO DE VAPOR (REGIÃO SUDESTE)**

**Analysis of emission of pollutants from processes and steam generation
equipment (southeast region)**

Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Mecânica apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Luiz Carlos Martinelli Jr.

PATO BRANCO

2023



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

EMANNUEL BORGHEZAN DE ANDRADE

**ANÁLISE DE EMISSÃO DE POLUENTES DE PROCESSOS E EQUIPAMENTOS
DE GERAÇÃO DE VAPOR (REGIÃO SUDESTE)**

Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Mecânica apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 19 / Junho / 2023

Paulo Cezar Adamczuk
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Joviano Janjar Casarin
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Luiz Carlos Martinelli Júnior
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

PATO BRANCO

2023

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo o estudo a respeito dos processos e equipamentos de geração de vapor, assim como, as normas legais referentes ao licenciamento ambiental dos mesmos. Inicialmente, é exibida a definição e classificação das caldeiras, como também seus principais componentes. Logo após, são apresentados os combustíveis utilizados em um equipamento de geração de vapor e é explicado como ocorre a combustão e os meios para obter uma maior eficiência de queima. Em seguida, é abordado algumas técnicas e equipamentos utilizados para a redução de cada poluente atmosférico emitido. Também é apresentado a estrutura dos órgãos ambientais a nível federal, estadual e municipal, além das licenças e documentos necessários para a obtenção do licenciamento ambiental e o direito de uso dos recursos hídricos. Por fim, são descritos os órgãos ambientais de cada estado da região sudeste do Brasil e ilustrado os limites de emissão de cada poluente emitido pelos equipamentos de geração de vapor em forma de tabelas, de acordo com a tipologia do combustível e o estado em que se encontra. Por meio dessas informações, este estudo beneficiará os empreendedores ou profissionais da área que desejam obter o licenciamento ambiental para equipamentos de geração de vapor nos estados do Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo, agilizando e simplificando a coleta de dados necessários para o mesmo.

Palavras-chave: Caldeira. Vapor. Licenciamento ambiental. Poluentes atmosféricos.

ABSTRACT

The aim of this work is to study the steam generation processes and equipment, as well as the legal norms related to their environmental licensing. Initially, the definition and classification of the boilers are displayed, as well as their main components. Soon after, the fuels used in steam generation equipment are presented and it is explained how combustion occurs and the means to obtain greater burning efficiency. Next, some techniques and equipment used to reduce each air pollutant emitted are discussed. The structure of environmental agencies at federal, state, and municipal levels is also presented, in addition to the licenses and documents necessary to obtain environmental licensing and the right to use water resources. Finally, the environmental agencies of each state in the southeastern region of Brazil are described and the emission limits of each pollutant emitted by steam generation equipment are illustrated in the form of tables, according to the type of fuel and the state in which it is used. Through this information, this study will benefit entrepreneurs or professionals in the area who wish to obtain environmental licensing for steam generation equipment in the states of Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro and, São Paulo, streamlining and simplifying the collection of necessary data for the same.

Keywords: Boiler. Steam. Environmental License. Atmospheric pollutants.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Esquematização caldeira aquatubular.....	15
Figura 2 - Esquematização caldeira flamotubular	15
Figura 3 - Componentes básicos de uma caldeira	16
Figura 4 - Representação do padrão de qualidade da fumaça	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores recomendados para o coeficiente de excesso de ar (α).....	19
Tabela 2 - Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de óleo combustível	33
Tabela 3 - Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de gás natural.....	34
Tabela 4 - Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de biomassa de cana-de-açúcar	35
Tabela 5 - Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados de madeira	36
Tabela 6 - LME para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de óleo combustível.....	45
Tabela 7 - LME para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de gás natural	47
Tabela 8 - LME para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de bagaço de cana-de-açúcar	48
Tabela 9 - LME para monóxido de carbono proveniente de processos de geração de calor a partir da combustão externa de bagaço de cana-de-açúcar	49
Tabela 10 - LME para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados da madeira	50
Tabela 11 - LME para monóxido de carbono proveniente de processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados da madeira	51
Tabela 12 - Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de óleo combustível.....	55
Tabela 13 - Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de gás natural	56

Tabela 14 - Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de biomassa de cana-de-açúcar ou de beneficiamento de cereais	57
Tabela 15 - Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados de madeira	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Melhor tecnologia prática disponível por tipo de combustível e poluente	21
Quadro 2 - Prazo de validade das licenças ambientais	25
Quadro 3 - Valores para emissão das licenças ambientais para empresas de pequeno porte	25
Quadro 4 - Valores para emissão das licenças ambientais para empresas de médio porte	26
Quadro 5 - Valores para emissão das licenças ambientais para empresas de grande porte	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente
IEMA	Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
SEAMA	Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SEAS	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Sustentabilidade
SEMAD	Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SISEMA	Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Contextualização.....	12
1.2 Objetivo geral	13
1.3 Justificativa	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Equipamentos de geração de vapor	14
2.1.1 Classificação e componentes.....	14
2.1.2 Combustíveis	17
2.1.3 Combustão.....	18
2.2 Métodos para redução de poluentes atmosféricos	20
2.3 Órgãos ambientais.....	22
2.4 Licenciamento ambiental	23
2.4.1 Documentação técnica.....	27
2.5 Outorga para uso dos recursos hídricos	28
2.6 Órgãos ambientais da região sudeste	28
3 MATERIAIS E MÉTODOS	31
4 RESULTADOS	32
5 CONCLUSÃO	39
REFERÊNCIAS	40
ANEXO A - RESOLUÇÃO CONAMA Nº 382/2006 (ADAPTADA)	43
ANEXO B - DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM Nº 187/2013 (ADAPTADA) ...	53

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Um dos assuntos em destaque nos últimos anos tem sido a crise climática e ambiental. Temperaturas recordes no hemisfério norte, chuvas ácidas no continente asiático, guerras civis por conta da mudança do clima, saneamento básico precário em países latinos e africanos, entre outros. Porém, um dos grandes vilões por trás disso tudo é a emissão de poluentes na atmosfera, majoritariamente, através dos automóveis movidos a combustíveis fósseis e das indústrias ao redor do mundo. Um exemplo são as termoelétricas de carvão, que estão sendo reativadas na Alemanha devido à guerra na Ucrânia. (MALAR, 2022)

Desta forma, é imprescindível a existência de leis ambientais e incentivos fiscais para o controle das emissões de poluentes, como os créditos de carbono e o fomento para produção de hidrogênio verde, para buscar um equilíbrio entre a natureza e a sociedade atual para uma vida em harmonia. Igualmente as outras nações, o Brasil também procura preservar seus biomas, pois esse país é o foco quando o assunto é meio ambiente, devido a sua vasta fauna e flora. Portanto, para usufruir desses recursos naturais e minimizar a agressão ao ecossistema, criaram-se órgãos ambientais que monitoram e estabelecem leis para controlar a exploração desses recursos.

A partir disso, qualquer investimento, seja ele privado ou público, ao qual se pretende explorar o meio ambiente e de alguma forma o prejudique, deve atender aos requisitos impostos pelos órgãos de seus respectivos países, passível de multas e detenção dos responsáveis, caso não seja cumprido suas normas de forma correta. Um exemplo de processo que envolve várias licenças para sua operação, devido ao grande impacto que gera em seu entorno, são os equipamentos de geração de vapor, como as caldeiras ou boilers, usados normalmente em indústrias madeireiras, alimentícia e têxtil.

Devido à alta industrialização no sudeste do Brasil, a presença de sistemas de geração de vapor nessa região é notável. Sendo assim, cada estado desse território requisita, em conjunto com o governo federal, licenças ambientais para autorizar a operação desses equipamentos. Porém, os requisitos para obter o licenciamento ambiental podem mudar dependendo do local em que se encontra, e o processo para obtê-lo pode vir a ser muito burocrático e minucioso.

1.2 Objetivo geral

Esse trabalho pretende servir como um guia simplificado para profissionais da área e demais interessados no assunto. O objetivo geral é criar um manual para agrupar as normas e diretrizes dos órgãos ambientais dos estados da região sudeste do Brasil, em relação à emissão de poluentes atmosféricos dos equipamentos e processos de geração de vapor, com a finalidade de facilitar a obtenção do licenciamento ambiental.

1.3 Justificativa

É de suma importância desenvolver trabalhos e projetos para facilitar a vida de profissionais e empreendedores, principalmente em território brasileiro, pois a burocracia, fortemente presente, e a falta de clareza das nossas instituições, por muitas vezes atrasam projetos inovadores e de crescimento econômico. Então, elaborar esse material pode facilitar e agilizar o processo da obtenção de licenças ambientais para a instalação de equipamentos de geração de vapor. Assim como, fornecer um conhecimento maior a respeito do assunto aos leitores.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Equipamentos de geração de vapor

Os equipamentos de geração de vapor se assemelham a grandes trocadores de calor, porém, mais complexos. Através da energia fornecida pela combustão, de um combustível e de um comburente, produzem vapor de água sob pressão acima da atmosférica. Normalmente conhecidos como caldeiras de vapor, esses equipamentos operam a partir de um conjunto de dispositivos de controle e segurança. (ANDRADE, 2022)

O funcionamento básico de uma caldeira começa a partir da queima de algum combustível, podendo esse ser sólido, líquido ou gasoso, ao qual transfere energia em forma de calor para a água, que é armazenada em tubos ou no entorno deles. Por meio da transferência de calor a água muda de estado líquido para gasoso, transformando-se em vapor, e assim é conduzida por diversas ramificações de tubos para toda a fábrica. Esse vapor pode ser classificado de acordo com as suas condições, sendo elas, a baixa pressão, alta pressão, saturado, superaquecido, etc.

O vapor possui várias finalidades e é utilizado por indústrias de diversos segmentos. Comumente, utiliza-se o vapor para a esterilização de utensílios, pasteurização do leite, secagem de materiais, entre outros. A água utilizada no sistema de geração de vapor deve passar por um tratamento, deixando-a livre de resíduos, para assim ser aproveitada. A queima dos combustíveis gera emissão de poluentes, mau cheiro, poeira e fumaça, que são direcionados, principalmente, por uma chaminé para a atmosfera.

2.1.1 Classificação e componentes

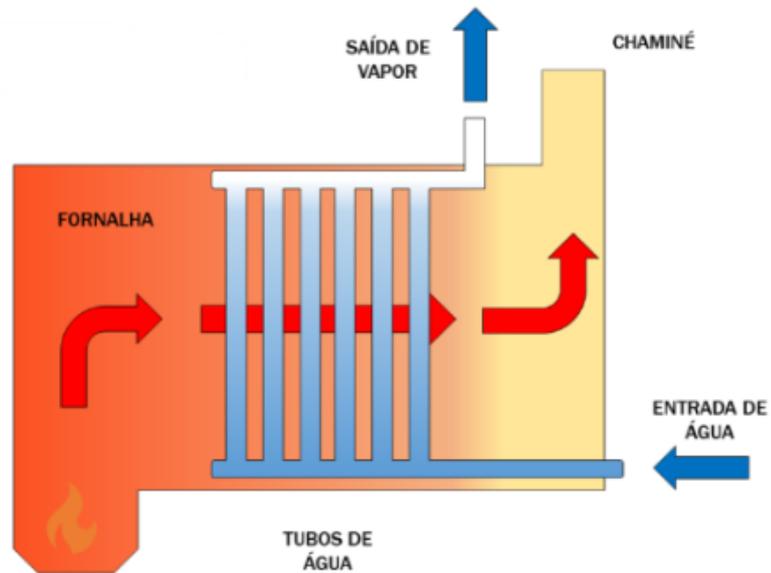
Atualmente, existem diversos tipos de caldeiras em operação nas indústrias, que se diferenciam de acordo com a sua construção e categoria. Dividem-se, majoritariamente, em 3 tipos, sendo elas, aquatubular, flamotubular e mista.

Na Figura 1 está representada uma caldeira aquatubular, na qual é composta por tubos que armazenam água para geração de vapor a partir da troca de calor com os gases da combustão nos arredores. Já as caldeiras flamotubulares, representada na Figura 2, atuam com a presença de água no entorno dos tubos,

onde fluem os gases da combustão. As caldeiras mistas ou híbridas utilizam os processos de ambas as caldeiras aquatubulares e flamotubulares.

- Aquatubular:

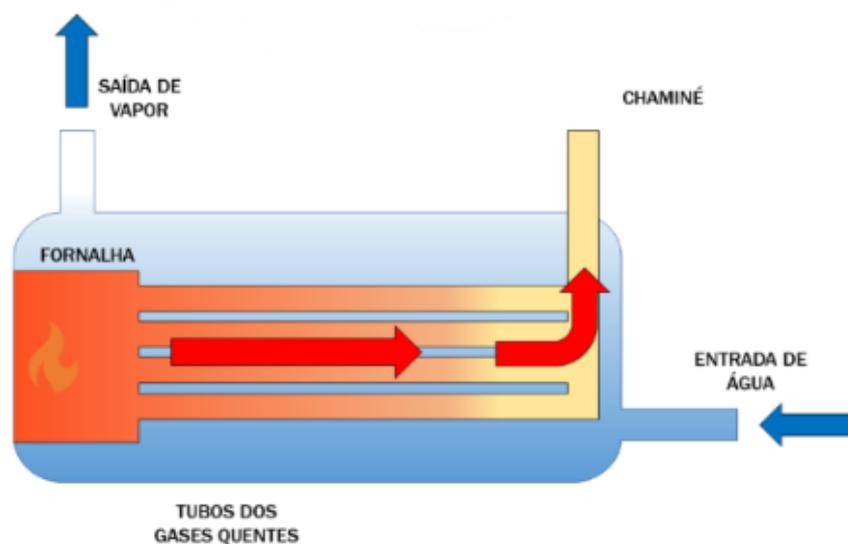
Figura 1 - Esquematização caldeira aquatubular



Fonte: TOGAWA (2020)

- Flamotubular:

Figura 2 - Esquematização caldeira flamotubular



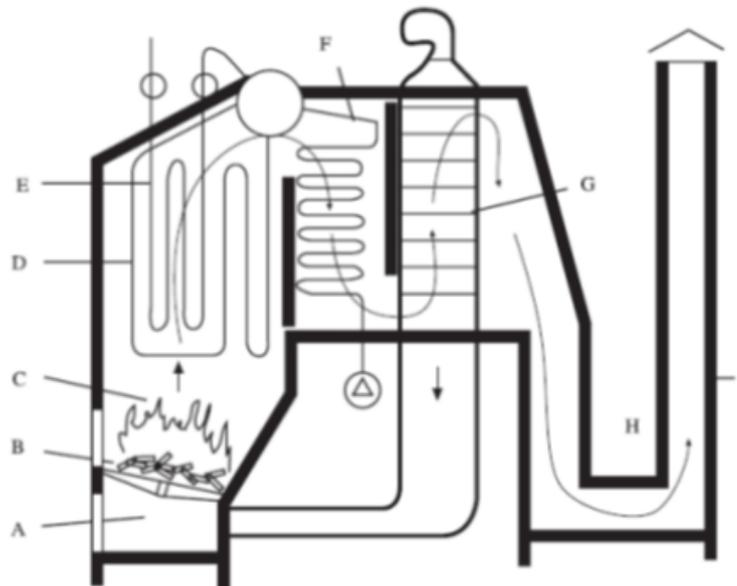
Fonte: TOGAWA (2020)

Segundo a NR-13, as caldeiras são classificadas da seguinte forma:

- Categoria A: possuem pressão de operação igual ou superior a 1960 kPa (19,98 kgf/cm²), com volume superior a 100 L (cem litros).
- Categoria B: possuem pressão de operação superior a 60 kPa (0,61 kgf/cm²) e inferior a 1960 kPa (19,98 kgf/cm²), volume interno superior a 100 L (cem litros) e o produto entre a pressão de operação em kPa e o volume interno em m³ seja superior a 6 (seis).

Atualmente, o maquinário que compõe uma caldeira é complexo, devido à modernização de seus equipamentos e aos requisitos que devem ser atendidos para operação da mesma. Porém, o seu funcionamento parte de alguns componentes básicos presentes na maioria das caldeiras, aos quais estão representados na Figura 3 e listados posteriormente.

Figura 3 - Componentes básicos de uma caldeira



Fonte: Adaptado de Pera (1990)

- A - Cinzeiro: Região coletora das cinzas e demais resquícios que não terminaram de carbonizar.
- B - Fornalha: Região onde é realizada a combustão.
- C - Câmara de combustão: Região onde se finaliza a queima do combustível.
- D - Tubos de evaporação: Região na qual está armazenada a água (aquatubular) ou os gases (flamotubular).

E - Superaquecedor: Região de elevada temperatura em que ocorre a mudança do vapor saturado para superaquecido.

F - Economizador: Dispositivo de recuperação de calor que aumenta a eficiência da caldeira.

G - Pré-aquecedor de ar: Aquece o ar que é direcionado a fornalha.

H - Canais de gases: Tubulação que direciona os gases para a chaminé.

I - Chaminé: Realiza a tiragem, natural ou forçada, dos gases da combustão para a atmosfera.

Além dos equipamentos citados acima, as caldeiras possuem diversos sistemas de segurança e monitoramento, como as válvulas de segurança, indicador de nível, injetor, pressostatos, manômetros, válvulas de purga, válvulas de bloqueio, entre outros.

2.1.2 Combustíveis

Os combustíveis podem ser classificados de acordo com os seus estados físicos:

- Sólido: biomassa, como os derivados da madeira (lenha, cavaco, etc), agroflorestais (bagaço da cana-de-açúcar, etc) ou resíduos agrícolas (casca de arroz, casca de coco, etc), e carvão e seus subprodutos.
- Líquido: minerais, derivados do petróleo, como a gasolina, óleo diesel e óleo combustível, e os não minerais, como o álcool e óleos vegetais.
- Gasoso: gás natural e gás liquefeito de petróleo (GLP).

A escolha do combustível varia de acordo com o seu poder calorífico, a categoria e modelo das caldeiras, a disponibilidade desse combustível na região onde está instalada a indústria, o seu preço de compra, o impacto à natureza e demais fatores que influenciam a sua viabilidade.

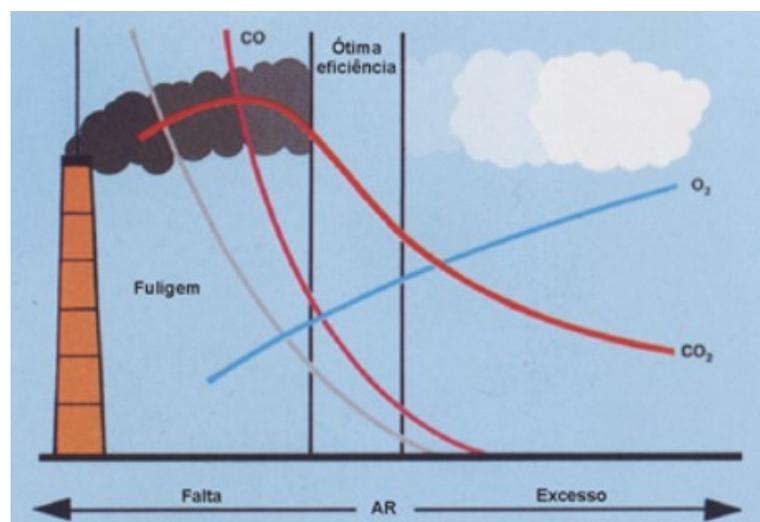
2.1.3 Combustão

A combustão é uma reação química exotérmica entre um material oxidável (combustível) e um material gasoso, normalmente o oxigênio (O_2), liberando energia na forma de calor. Nesse processo ocorre também a liberação de outros produtos, como o monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), óxidos de enxofre (SO_x) e de nitrogênio (NO_x), fumaça, material particulado e hidrocarbonetos.

Em função de a atmosfera ser composta por cerca de 79% de nitrogênio e apenas 21% de oxigênio em volume, quando ocorre a combustão o oxigênio é consumido para geração de calor e o nitrogênio, por apresentar altos teores de concentração, causa problemas de poluição. Para que ocorra uma boa queima dos combustíveis e conseqüentemente uma melhora na eficiência de operação da caldeira, deve-se levar em conta a relação estequiométrica de um combustível, para que haja total oxidação do mesmo. (FRANCISCO, 2012)

A partir da Figura 4, nota-se que a falta de ar para combustão resulta no aparecimento de fumaça preta e grande concentração de monóxido de carbono (CO). De outro modo, quando há excesso de ar, a quantidade de calor na chaminé aumenta, fazendo com que a chama esfrie e aumente o consumo de combustível. Por conta disso, é necessário que o volume de ar fornecido seja ajustado para que ocorra a combustão completa. (CONFOR, 2014)

Figura 4 - Representação do padrão de qualidade da fumaça



Fonte: Confor (2014)

Segundo FRANCISCO (2012), o coeficiente de excesso de ar (α) é calculado da seguinte forma:

$$\alpha = \frac{m_{realO_2}}{m_{esteqO_2}} \quad (1)$$

Onde, m_{realO_2} é a relação da massa real de ar de combustão (kg ar/kg combustível) e m_{esteqO_2} é a massa estequiométrica de ar de combustão (kg ar/kg combustível). Sendo assim, os padrões a serem seguidos para obter um coeficiente de excesso de ar aceitável podem variar de acordo com o combustível utilizado e a fornalha ou queimador presente na caldeira, como é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores recomendados para o coeficiente de excesso de ar (α)

Combustível	Tipo de fornalha ou queimador	α
Carvão pulverizado	Aquatubular completa	1,15 - 1,20
	Aquatubular parcial fundo seco	1,15 - 1,40
Carvão britado	Fornalha ciclone	1,10 - 1,15
	Grelha fixa e vibratória	1,30 - 1,60
Carvão	Grelha rotativa	1,15 - 1,50
	Grelha fixa alimentação por baixo	1,20 - 1,50
Óleo combustível	Queimadores de óleo tipo registro	1,05 - 1,15
	Queimadores multicom combustível	1,05 - 1,20
Resíduo ácido	Queimadores chama pleno vapor	1,10 - 1,15
Gás natural	Queimadores tipo registro	1,05 - 1,10
Gás coqueira	Queimadores multicom combustível	1,07 - 1,12
Gás alto-forno	Queimadores de bocal intertubos	1,15 - 1,18
Madeira	Grelha	1,20 - 1,25
Bagaço	Todas as fornalhas	1,25 - 1,35
Licor negro	Fornalhas recuperação Kraft e Soda	1,05 - 1,07

Fonte: Adaptado de Ceron (2010)

2.2 Métodos para redução de poluentes atmosféricos

Segundo a CETESB (2015), as técnicas ou equipamentos de controle de poluição (ECPs) indicados para o controle das emissões de poluentes para a atmosfera, em instalações geradoras de vapor, são as seguintes:

- Filtro de tecido: São tecidos porosos, ou feltros, que removem as partículas presentes nos gases. O material para filtrar essas partículas depende das características dos gases e da temperatura máxima de operação.
- Lavador de gases: Equipamento no qual dissolve os gases em um líquido, podendo ser água ou solução alcalina. Essa mistura resultante deve ser tratada e as partículas insolúveis são recolhidas por meio da filtragem ou sedimentação.
- Lavador de gases tipo venturi: Equipamento que consiste em três seções (convergente, garganta e divergente). Uma solução de lavagem é aplicada ao gás que está em alta velocidade e que, posteriormente, passa por um processo de abrandamento.
- Pré-aquecimento do ar de combustão: Processo no qual utiliza-se um trocador de calor para pré-aquecer o ar direcionado a câmara de combustão.
- Precipitador Eletrostático (ESP): Dispositivo que gera um campo elétrico, carregando e separando as partículas.
- Queimadores tipo LowNOx: Equipamento no qual reduz a temperatura máxima da chama, prolongando a combustão e aumentando a transferência de calor.
- Recirculação dos gases de combustão: Consiste no uso de queimadores especiais para redirecionar os gases de combustão na chama, reduzindo assim o nível de oxigênio e a temperatura da chama.
- Redução catalítica seletiva (SCR): Tem a função de reduzir as emissões de óxidos de nitrogênio (NOx) por meio de um catalisador.
- Redução não catalítica seletiva (SNCR): Tem a função de reduzir as emissões de óxidos de nitrogênio (NOx) por meio de uma reação de amônia ou ureia à alta temperatura.

De acordo com a CETESB (2015), os componentes emitidos na combustão dependem majoritariamente do tipo de combustível utilizado. Sendo assim, as técnicas ou ECPs utilizados no controle de emissões de poluentes para a atmosfera são indicadas de acordo com o combustível, como pode-se analisar no Quadro 1.

Quadro 1 - Melhor tecnologia disponível por tipo de combustível e poluente

Técnica ou ECP	Gás Natural	GLP	Óleo Diesel	Óleo Combustível	Biomassa	
					Cana-de-açúcar	Derivados de madeira
Pré-aquecimento do ar de combustão	NOx	NOx	NOx	NOx	NOx	NOx
Lavador de gases	*	*	MP, SOx	MP, SOx	MP	MP
Lavador de gases tipo venturi	*	*	MP, SOx	MP, SOx	MP	MP
Precipitador Eletrostático (ESP)	*	*	*	MP	MP	MP
Filtro de tecido	*	*	MP	MP	MP	MP
Queimador lowNOx	NOx	NOx	NOx	NOx	*	*
Recirculação dos gases	NOx	NOx	NOx	NOx	NOx	NOx
Redução catalítica seletiva (SCR)	NOx	NOx	NOx	NOx	NOx	NOx
Redução não catalítica seletiva (SNCR)	NOx	NOx	NOx	NOx	NOx	NOx

Fonte: CETESB (2015)

Nota: (*) não aplicável.

2.3 Órgãos ambientais

Em 1972, a partir da Conferência de Estocolmo, debateu-se a necessidade da criação de medidas com o intuito de controlar o impacto ambiental ao redor do mundo. Sendo assim, vários países começaram a criar legislações voltadas à proteção de seus ecossistemas. Posteriormente, em 1981, o Brasil estabeleceu a lei 6.938/81, com o objetivo de preservar e recuperar a biodiversidade para assim manter um equilíbrio ecológico entre a sociedade e o meio ambiente.

Fomentou-se no Brasil a criação do SISNAMA (Sistema Nacional do Meio Ambiente), no qual se delega a responsabilidade de administrar, criar e fiscalizar as normas ambientais em todas as regiões do país. De acordo com BRIDJE (2021), o SISNAMA é composto por vários órgãos públicos, sejam eles federais, estaduais ou municipais, que trabalham em conjunto para manter um equilíbrio entre a natureza e a nossa sociedade. Esses órgãos são divididos da seguinte forma:

- Órgão Superior:
O Conselho de Governo exerce sua função como assessor do Presidente da República, a fim de formular as diretrizes da Política Nacional do Meio Ambiente.
- Órgão Consultivo e Deliberativo:
O CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) realiza estudos e trabalha na criação de normas ambientais, auxiliando o Conselho de Governo.
- Órgão Central:
Cabe a Secretaria de Meio Ambiente da Presidência da República a função de coordenação, planejamento, controle e supervisão da legislação ambiental.
- Órgão Executor:
O IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis) atua como fiscalizador das diretrizes governamentais para a preservação do ecossistema.
- Órgãos Seccionais:
Entidades estaduais que trabalham em conjunto com os órgãos federais para a fiscalização e controle de atividades com potencial poluidor.

- Órgãos Locais:

Entidades municipais que cooperam com os demais órgãos na inspeção de qualquer atividade causadora da degradação ambiental.

2.4 Licenciamento ambiental

De acordo com a Resolução CONAMA nº 237/97, o licenciamento ambiental é definido da seguinte forma: “Procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso”.

A partir da Resolução CONAMA nº 237/97, o IBAMA regulamentou medidas para a descentralização do licenciamento ambiental, fornecendo maior flexibilidade e autonomia aos estados brasileiros. Porém, compete ao IBAMA atuar como órgão responsável em casos específicos, sendo esses citados na Lei Complementar nº140/11, artigo 7º, inciso XIV:

- I. Localizados ou desenvolvidos:
 - conjuntamente no Brasil e em país limítrofe;
 - no mar territorial, na plataforma continental, ou na zona econômica exclusiva;
 - em terras indígenas;
 - em unidades de conservação instituídas pela União, exceto em Áreas de Proteção Ambiental (APAs);
 - em dois ou mais Estados.
- II. De caráter militar, conforme disposto na Lei Complementar nº 97, de 9 de junho de 1999.
- III. Destinados a pesquisar, lavrar, produzir, beneficiar, transportar, armazenar e dispor material radioativo, em qualquer estágio, ou que utilizem energia nuclear em qualquer de suas formas e aplicações, mediante parecer da Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

Dependendo a localização da atividade ou empreendimento, outros órgãos, em conjunto com o IBAMA, podem realizar o estudo, como a Funai, protetora dos direitos indígenas, o Incra, defensor dos direitos quilombolas, ICMBIO, protetora das

espécies ameaçadas de extinção, e demais instituições que, de alguma forma, estejam dentro de suas jurisdições.

A aquisição do licenciamento ambiental ocorre, normalmente, por meio de 3 licenças sucessivas, sendo essas, a Licença Prévia (LP), Licença de Instalação (LI) e Licença de Operação (LO). Porém, de acordo com o empreendimento ou atividade, o CONAMA definirá licenças ambientais específicas. (CELAF,2002)

Licença Prévia (LP):

Adquirida na fase inicial de planejamento e concepção de uma nova atividade ou empreendimento, com o objetivo de atender a alguns requisitos de localização, instalação e operação. Será realizada uma análise sobre a característica e finalidade desse projeto, assim como os impactos ambientais relacionados ao mesmo e quais medidas devem ser tomadas para limitar os danos ao meio ambiente.

Licença de Instalação (LI):

Fornece ao responsável o direito de instalar o empreendimento ou atividade, precedendo a LP, desde que cumprido o detalhamento dos projetos e planos aprovados. Incluindo, também, meios e medidas a serem tomadas para auxiliar no combate a degradação ambiental.

Licença de Operação (LO):

Fornece ao responsável o direito de operar o empreendimento ou atividade, caso as exigências anteriores forem atendidas, precedendo as demais licenças. Finalizada essa etapa, o responsável deverá realizar a manutenção das medidas impostas pelo órgão público ao longo do funcionamento do seu negócio.

Licença Ambiental Simplificada (LAS):

Procedimento, no qual, substitui as licenças prévia, de instalação e de operação. Porém, seu requerimento e emissão devem ser realizados, somente, quando se trata de empreendimentos ou atividades com baixo risco ambiental.

Todos os procedimentos possuem prazos de validação individuais, que são indicados em seus documentos. Alguns parâmetros, ilustrados no Quadro 2, devem ser atendidos.

Quadro 2 - Prazo de validade das licenças ambientais

Prazo de validade	Mínimo	Máximo
Licença Prévia	Estabelecido no cronograma de elaboração dos planos, programas e projetos do empreendimento ou atividade	5 anos
Licença de Instalação	Estabelecido no cronograma de instalação do empreendimento ou atividade	6 anos
Licença de Operação	4 anos, de acordo com os planos de controle ambiental	10 anos

Fonte: Adaptado de CONAMA (1997)

Cada licença possui um valor específico para sua emissão, dependendo do porte da empresa e da dimensão do impacto ambiental, no qual é definido de acordo com o item III da Portaria Ministerial MF/MMA. Os respectivos valores, em reais (R\$), encontram-se nos Quadros 3, 4 e 5.

Quadro 3 - Valores para emissão das licenças ambientais para empresas de pequeno porte

Empresa de Pequeno Porte			
Impacto Ambiental	Pequeno	Médio	Alto
Licença Prévia	R\$ 5.426,84	R\$ 10.853,69	R\$ 21.707,37
Licença de Instalação	R\$ 15.195,16	R\$ 30.390,32	R\$ 60.780,64
Licença de Operação	R\$ 7.597,58	R\$ 15.195,16	R\$ 30.390,32

Fonte: Adaptado de IBAMA (2020)

Quadro 4 - Valores para emissão das licenças ambientais para empresas de médio porte

Empresa de Médio Porte			
Impacto Ambiental	Pequeno	Médio	Alto
Licença Prévia	R\$ 7.597,58	R\$ 15.195,16	R\$ 30.390,32
Licença de Instalação	R\$ 21.164,69	R\$ 42.329,38	R\$ 84.658,75
Licença de Operação	R\$ 9.768,32	R\$ 21.164,69	R\$ 42.329,38

Fonte: Adaptado de IBAMA (2020)

Quadro 5 - Valores para emissão das licenças ambientais para empresas de grande porte

Empresa de Grande Porte			
Impacto Ambiental	Pequeno	Médio	Grande
Licença Prévia	R\$ 10.853,69	R\$ 21.707,37	R\$ 43.414,75
Licença de Instalação	R\$ 30.390,32	R\$ 60.780,64	R\$ 121.561,29
Licença de Operação	R\$ 15.195,16	R\$ 30.390,32	R\$ 60.780,64

Fonte: Adaptado de IBAMA (2020)

Ao longo do tempo, os prazos de validade e valores de emissão do licenciamento ambiental podem sofrer alterações, caso as normas sejam revisadas e atualizadas pelos órgãos públicos.

Em projetos com expressiva degradação ambiental será solicitada a execução de Estudo de Impacto Ambiental (EIA), assim como o Relatório de Impacto ao Meio Ambiente (RIMA). Além de indicar os danos ambientais, o EIA deve apresentar mecanismos de compensação e mitigação dos mesmos. Deve conter no RIMA, pesquisas detalhadas contidas no EIA, como mapas, gráficos e demais mecanismos que auxiliem no melhor entendimento de ambas as partes. Audiências públicas podem ser realizadas por pedido do IBAMA, da entidade civil, do Ministério Público ou de no mínimo 50 cidadãos, para debate e análise de informações presentes no RIMA. (CELAF, 2002)

Também, nos casos onde há grande impacto ambiental, como perda da biodiversidade e recursos naturais, deve ser implementada a Compensação Ambiental baseada no EIA. O valor mínimo da compensação é de 0,5 % dos custos

totais esperado no empreendimento, porém esse percentual pode ser maior, com base na análise do projeto feita pelo IBAMA. Este valor pode ser direcionado a estação e reserva ecológica, parque nacional, monumento natural e refúgio da vida silvestre. (CELAF, 2002)

2.4.1 Documentação técnica

A apresentação dos documentos técnicos no início do processo de licenciamento ambiental aos órgãos competentes é necessária para a coleta de informações, referentes ao empreendedor e ao empreendimento em questão, firmando um compromisso entre ambas as partes com base nas medidas preventivas. Segundo o CELAF(2002), os procedimentos a serem seguidos para obtenção do licenciamento ambiental são os seguintes:

1. Ficha de Caracterização do Empreendimento.
2. Termos de Referência.
3. Estudo de Impacto Ambiental - EIA e Relatório de Impacto Ambiental - RIMA.
4. Relatório Ambiental Simplificado - RAS.
5. Relatório de Controle Ambiental.
6. Projeto Básico Ambiental - PBA.
7. Plano de Controle Ambiental - PCA.
8. Relatório de Detalhamento dos Programas Ambientais - RDP.
9. Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD.
10. Estudo de Viabilidade Ambiental - EVA.
11. Relatório de Desempenho Ambiental do Empreendimento.

Em casos específicos, poderão ser solicitados, pelo IBAMA, estudos adicionais em conjunto ao EIA, no qual devem ser descritos nos Termos de Referência. Dentre esses, podemos citar a Análise de Risco, que é requisitada quando a atividade ou empreendimento utiliza produtos perigosos, como explosivos, inflamáveis ou químicos tóxicos, e o Plano de Ação de Emergência (PAE), que se associa ao estudo de Análise de Riscos e analisa os possíveis cenários acidentais, assim como os recursos e ações necessários nessas circunstâncias. (CELAF, 2022)

2.5 Outorga para uso dos recursos hídricos

O empreendedor que deseja utilizar os recursos hídricos, para o funcionamento dos equipamentos ou atividades, deve consultar o órgão público detentor da bacia hidrográfica, seja federal ou estadual, para análise de viabilidade. A Agência Nacional das Águas (ANA), responsável pelas normas e diretrizes dos recursos hídricos, estabelece de acordo com a lei 9.433/97, art.12, as ações sujeitas à outorga:

I - derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;

II - extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;

III - lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;

IV - aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;

V - outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.”

Os valores a serem cobrados para o uso da água é determinado pelo órgão responsável e varia de acordo com a quantidade de água utilizada no processo, assim como, o impacto que gera na bacia hidrográfica. A cobrança pelo uso desse recurso é destinada a projetos restauradores da bacia hidrográfica, estimulando o investimento em despoluição e incentivando os usuários sobre o uso de tecnologias limpas. (CELAF,2002)

2.5 Órgãos ambientais da região sudeste

Espírito Santo (ES):

Criado em 2002 e com sede em Porto Velho, o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) é o órgão ambiental vinculado à Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEAMA) e responsável pelo licenciamento ambiental no estado do Espírito Santo. Possui, também, a finalidade de planejamento, coordenação, execução, fiscalização e controle das atividades voltadas ao meio ambiente, aos recursos hídricos estaduais e aos recursos naturais federais. (IEMA, 2022)

A partir do Sistema Integrado de Monitoramento e Licenciamento Ambiental (SIMLAM), criado em 2012, é possível realizar os procedimentos para a emissão do licenciamento ambiental via internet de forma rápida e simples. (IEMA, 2022)

Minas Gerais (MG):

Criada em 1995 e com sede em Belo Horizonte, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) é o órgão ambiental vinculado ao Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SISEMA) e responsável pelo licenciamento ambiental no estado de Minas Gerais. Porém, o Conselho de Política Ambiental (COPAM) é o órgão colegiado, normativo, consultivo e deliberativo, ao qual é subordinado administrativamente pelo SEMAD. (SEMAD, 2022)

O Sistema de Licenciamento Ambiental (SLA), criado em 2019, auxilia no requerimento, processamento e emissão das licenças ambientais de modo remoto. (SEMAD, 2022)

Rio de Janeiro (RJ):

Criado em 2007 e com sede no Rio de Janeiro, o Instituto Estadual do Meio Ambiente (INEA) é o órgão ambiental vinculado à Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEAS) e responsável pelo licenciamento ambiental no estado do Rio de Janeiro. Tem como missão proteger, conservar e recuperar o patrimônio ambiental do estado do Rio de Janeiro, promovendo a agenda de desenvolvimento sustentável, atuando como um órgão gestor ambiental de referência e exercendo um papel estratégico no desenvolvimento do Estado. (INEA, 2022)

O Sistema Estadual de Licenciamento Ambiental (SELCA), criado em 2019, é um site governamental do estado do Rio de Janeiro que tem como objetivo facilitar e agilizar as etapas do licenciamento ambiental. (INEA, 2022)

São Paulo (SP):

O Centro Tecnológico de Saneamento Básico (CETESB) foi criado em 1968 como órgão estadual responsável pelo setor sanitário. Porém, em 2009, passou a se chamar Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), com o objetivo

de licenciar, fiscalizar, controlar e monitorar as atividades com potencial de poluição. Sua sede fica na cidade de São Paulo. (CETESB, 2022)

A partir do Portal de Licenciamento Ambiental (PLA) é possível realizar os procedimentos para emissão das licenças ambientais requeridas pelo CETESB de forma online. (CETESB, 2022)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A partir das resoluções e diretrizes dos estados da região sudeste do Brasil, referente à emissão atmosférica de poluentes de fontes estacionárias, será realizado um estudo e agrupamento das principais informações contidas nesses documentos, com enfoque em equipamentos geradores de vapor. Essas normas estão disponibilizadas no site dos órgãos ambientais de cada estado.

Os valores limite de emissão de cada poluente, como CO, NO_x, SO_x, MP, entre outros, são apresentados em tabelas de acordo com o tipo de combustível e a potência térmica nominal. A proposta será agrupar esses dados em tabelas divididas dessa mesma forma, porém com os padrões de emissão atmosférica para fontes estacionárias de cada estado lado a lado, para assim realizar um comparativo seguido de uma análise desses valores.

4 RESULTADOS

No dia 26 de dezembro de 2006, o CONAMA estabeleceu a Resolução N° 382, presente no ANEXO A, que limita a emissão máxima de poluentes atmosféricos para fontes fixas no Brasil. Porém, cada estado brasileiro define se essa Resolução será aplicada em seu território ou criará uma nova, com limites ainda mais rígidos, baseando-se em outros estados ou internacionalmente. (CONAMA, 2003)

De acordo com IEMA (2019), INEA (2018) e CETESB (2015), os estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo fazem o uso da legislação federal, a Resolução CONAMA N° 382. Porém, segundo o COPAM (2013), o estado de Minas Gerais estabeleceu a Deliberação Normativa COPAM N° 187, presente no ANEXO B, na qual substitui a legislação federal no estado mineiro e é definida da seguinte forma, “Estabelece condições e limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas e dá outras providências”.

Segundo CONAMA (2006) e COPAM (2013), os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas estão dispostos em tabelas de acordo com a tipologia do combustível utilizado na combustão desses equipamentos. As Tabelas 2, 3, 4 e 5, identificadas nos itens I, II, III e IV, são divididas em potência térmica nominal, com valores representados na unidade de medida de Megawatts (MW), material particulado e gases, com valores representados na unidade de medida de miligramas por normal metro cúbico (mg/Nm^3), e pelos estados da região sudeste do Brasil.

A Resolução N° 382 do CONAMA também estabelece alguns critérios e medidas que devem ser respeitados, independente do combustível utilizado, sendo esses relacionados à avaliação periódica do equipamento, amostragem dos gases, ao cálculo de um novo limite de emissão para duas ou mais fontes e aos equipamentos de emissão dos gases. Essas informações encontram-se listadas após a Tabela 5.

I. Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de óleo combustível:

Tabela 2 - Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de óleo combustível¹

Potência Térmica Nominal (MW)	MP ²	NOx ³	SOx ⁴	CO ⁵	
P < 10	300	100	1600	2700	- 80
10 ≤ P ≤ 70	250	100	1000	2700	- NA ⁶
P > 70	100	100	1000	1800	- NA ⁶
	ES ⁷ , RJ ⁸ e SP ⁹	MG ¹⁰	ES ⁷ , RJ ⁸ , SP ⁹ e MG ¹⁰	ES ⁷ , RJ ⁸ , SP ⁹ e MG ¹⁰	ES ⁷ , RJ ⁸ e SP ⁹ MG ¹⁰

Fonte: Adaptado de CONAMA(2006) e COPAM(2013)

Segundo CONAMA (2006), para sistemas com potência de até 10 MW, o órgão ambiental licenciador poderá aceitar a avaliação periódica apenas de monóxido de carbono, sendo que neste caso, o limite máximo de emissão deste poluente será de 80 mg/Nm³.

A partir da Tabela 2 nota-se que os limites máximos de emissão de NOx e SOx são os mesmos, independente do estado. Porém, o estado de Minas Gerais possui limites máximos de emissão mais rígidos para o MP em comparação com os demais estados, quando esse se encontra igual ou abaixo de 70 MW de potência térmica nominal.

¹ Os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca a 3% de oxigênio, com exceção para o MP em MG que deve ser em base seca a 8% de oxigênio.

² Material particulado: materiais no estado sólido ou líquido, em mistura gasosa, que assim se mantêm na temperatura do meio filtrante, estabelecida pelo método adotado.

³ Óxidos de nitrogênio: refere-se à soma das concentrações de monóxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO₂), expressa como NO₂.

⁴ Óxidos de enxofre: refere-se à soma das concentrações de dióxido de enxofre (SO₂) e trióxido de enxofre (SO₃), expressa como SO₂.

⁵ Monóxido de carbono.

⁶ Não aplicável.

⁷ Estado do Espírito Santo.

⁸ Estado do Rio de Janeiro.

⁹ Estado de São Paulo.

¹⁰ Estado de Minas Gerais.

II. Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de gás natural:

Tabela 3 - Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de gás natural¹

Potência Térmica Nominal (MW)	NOx ²	CO ³
P < 70	320	NA ⁴
P ≥ 70	200	NA ⁴
	ES⁵, RJ⁶, SP⁷ e MG⁸	ES⁵, RJ⁶, SP⁷ e MG⁸

Fonte: Adaptado de CONAMA(2006) e COPAM(2013)

Na Tabela 3 nota-se que a Deliberação Normativa COPAM N° 187 utiliza os mesmos limites máximos de emissão atmosféricos para processos de geração de calor a partir da combustão externa de gás natural que a Resolução N° 382 do CONAMA.

¹ Os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca a 3% de oxigênio, com exceção para o MP em MG que deve ser em base seca a 8% de oxigênio.

² Óxidos de nitrogênio: refere-se à soma das concentrações de monóxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO₂), expressa como NO₂.

³ Monóxido de carbono.

⁴ Não aplicável.

⁵ Estado do Espírito Santo.

⁶ Estado do Rio de Janeiro.

⁷ Estado de São Paulo.

⁸ Estado de Minas Gerais.

III. Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de biomassa de cana-de-açúcar, ou de beneficiamento de cereais (MG):

Tabela 4 - Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de biomassa de cana-de-açúcar¹

Potência Térmica Nominal (MW)	MP ²	NOx ³	CO ⁴
P ≤ 0,05	280	NA ⁵	6500
0,05 < P ≤ 0,15	280	NA ⁵	3250
0,15 < P ≤ 1,0	280	NA ⁵	1700
1,0 < P < 10	280	NA ⁵	1300
10 ≤ P ≤ 75	230	350	-
P > 75	200	350	-
	ES ⁶ , RJ ⁷ , SP ⁸ e MG ⁹	ES ⁶ , RJ ⁷ , SP ⁸ e MG ⁹	ES ⁶ , RJ ⁷ , SP ⁸ e MG ⁹

Fonte: Adaptado de CONAMA(2006) e COPAM(2013)

Segundo CONAMA (2006), 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 Tabela 4.

Na Tabela 4 nota-se que a Deliberação Normativa COPAM N° 187 utiliza os mesmos limites máximos de emissão atmosféricos para processos de geração de calor a partir da combustão externa de biomassa de cana-de-açúcar que a Resolução N° 382 do CONAMA.

¹ Os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca a 8% de oxigênio.

² Material particulado: materiais no estado sólido ou líquido, em mistura gasosa, que assim se mantêm na temperatura do meio filtrante, estabelecida pelo método adotado.

³ Óxidos de nitrogênio: refere-se à soma das concentrações de monóxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO₂), expressa como NO₂.

⁴ Monóxido de carbono.

⁵ Não aplicável.

⁶ Estado do Espírito Santo.

⁷ Estado do Rio de Janeiro.

⁸ Estado de São Paulo.

⁹ Estado de Minas Gerais.

IV. Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados de madeira:

Tabela 5 - Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados de madeira¹

Potência Térmica Nominal (MW)	MP ²	NOx ³	CO ⁴
P ≤ 0,05	730	200	NA ⁵
0,05 < P ≤ 0,15	730	200	NA ⁵
0,15 < P ≤ 1,0	730	200	NA ⁵
1,0 < P < 10	730	200	NA ⁵
10 ≤ P < 30	520	200	650
30 ≤ P ≤ 70	260	200	650
P > 70	130	130	650
	ES ⁶ , RJ ⁷ e SP ⁸	MG ⁹	ES ⁶ , RJ ⁷ , SP ⁸ e MG ⁹

Fonte: Adaptado de CONAMA(2006) e COPAM(2013)

Segundo CONAMA (2006), para sistemas com potência de até 10 MW, poderá ser aceito:

1. o monitoramento periódico apenas de monóxido de carbono;
2. avaliação periódica da concentração de material particulado através da opacidade, sendo que neste caso, o valor máximo permissível para a emissão deste poluente não deverá exceder o padrão 1 da Escala de Ringelmann.

¹ Os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca a 8% de oxigênio.

² Material particulado: materiais no estado sólido ou líquido, em mistura gasosa, que assim se mantêm na temperatura do meio filtrante, estabelecida pelo método adotado.

³ Óxidos de nitrogênio: refere-se à soma das concentrações de monóxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO₂), expressa como NO₂.

⁴ Monóxido de carbono.

⁵ Não aplicável.

⁶ Estado do Espírito Santo.

⁷ Estado do Rio de Janeiro.

⁸ Estado de São Paulo.

⁹ Estado de Minas Gerais.

A partir da Tabela 5 nota-se que os limites máximos de emissão de NOx e CO são os mesmos, independente do estado. Porém, o estado de Minas Gerais possui limites máximos de emissão mais rígidos para o MP em comparação com os demais estados, quando esse se encontra igual ou abaixo de 70 MW de potência térmica nominal.

Segundo CONAMA (2006), independente da tipologia do combustível utilizado na combustão externa de caldeiras, as seguintes medidas também devem ser respeitadas:

1. em teste de desempenho de novos equipamentos, o atendimento aos limites estabelecidos deverá ser verificado nas condições de plena carga;
2. na avaliação periódica, o atendimento aos limites estabelecidos poderá ser verificado em condições típicas de operação, a critério do órgão ambiental licenciador;
3. as atividades ou fontes emissoras de poluentes deverão, quando da realização da amostragem, contar com a estrutura necessária e/ou determinação direta de poluentes em dutos e chaminés, de acordo com metodologia normatizada ou equivalente aceita pelo órgão ambiental licenciador.
4. na ocorrência de duas ou mais fontes cujo lançamento final seja efetuado em duto ou chaminé comum, as medições devem ser feitas individualmente;
5. 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:

$$LE_{res} = \frac{\sum_1^n PN_n \cdot LEN}{\sum_1^n PN_n} \quad (2)$$

onde LE_{res} é o limite de emissão resultante, em mg/Nm^3 , PN é a potência térmica nominal, em MegaWatts (MW), e LE é o limite de emissão individual, em mg/Nm^3 . Segue assim, um exemplo para ilustrar melhor o cálculo da equação, no qual utiliza-se uma caldeira com potência térmica nominal (PN) de 5 MW e um limite de emissão individual (LE) de 280 mg/Nm^3 para material particulado (MP), e uma segunda caldeira com potência térmica nominal (PN) de 35 MW e um limite de emissão individual (LE) de 230 mg/Nm^3 para material particulado (MP):

$$LE_{res} = \frac{(5 \cdot 280 + 35 \cdot 230)}{(5 + 35)} = 236 \text{ mg/Nm}^3$$

6. 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;
7. 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, inclusive considerando a alternativa de utilização de combustíveis com menor potencial poluidor.

5 CONCLUSÃO

Os órgãos ambientais desempenham uma importante tarefa de proteção do ecossistema para a coexistência dos seres humanos e a natureza em um mundo cada vez mais tecnológico e industrializado. Por meio da criação de legislações e diretrizes, sejam elas federais ou estaduais, é realizado o controle e a regulamentação de fontes emissoras de poluentes atmosféricos.

Desse modo, os interessados em instalar e operar equipamentos de geração de vapor devem atender aos requisitos impostos pelos órgãos ambientais por meio de licenças, as quais compõem o licenciamento ambiental. Assim como, tomar medidas para mitigar o impacto ambiental no entorno da fábrica, seja por meio de técnicas ou equipamentos de controle de poluição ou qualquer outro processo que venha a reduzir os danos causados.

Sendo assim, cada estado brasileiro identificou a necessidade de empregar a legislação federal ou criar a própria legislação para impor um limite de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas, de acordo com a prioridade de cada região. Na região sudeste do país não foi diferente, onde apenas o estado de Minas Gerais implementou uma nova normativa, a Deliberação Normativa COPAM Nº 187, baseada na Resolução Nº 382 do CONAMA.

Após o levantamento e agrupamentos dos dados por meio de tabelas classificadas a partir da tipologia do combustível utilizado para combustão em equipamentos de geração de vapor e divididas de acordo com a potência térmica nominal do equipamento e o limite de emissão de poluentes de cada estado da região sudeste do Brasil, nota-se que Minas Gerais possui restrições mais rigorosas referente à emissão de material particulado.

Portanto, o empreendedor que deseja investir em uma fábrica no território mineiro, na qual possua algum processo de geração de vapor, deve se atentar ao lançamento de materiais particulados, principalmente se o combustível utilizado no processo de combustão externa seja do tipo óleo combustível ou derivados de madeira, e se a potência térmica do equipamento seja menor ou igual a 70 MW, pois o limite de emissão desse poluente nessas condições é menor que os demais estados da região sudeste do Brasil.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. L. **Máquinas térmicas**. Universidade Federal do Paraná, 2022. Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasalan/AT101-AULA-03.pdf>. Acesso em: 01/09/2022.

BRASIL. **Lei N° 6.938/81, de 31 de agosto de 1981**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm. Acesso em: 03/09/2022.

BRASIL. **Lei N° 9.433/97, de 08 de janeiro de 1997**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 11/09/2022.

BRASIL. **Portaria N° 1846, de 1° de julho de 2022**. Aprova a nova redação da Norma Regulamentadora n° 13 - Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/sst-portarias/2022/portaria-ndeg-1-846-nova-nr-13.pdf>. Acesso em: 03/09/2022.

BRIDJE. Politize, 2021. **SISNAMA**: conheça o sistema de órgãos públicos para a defesa do meio ambiente. Disponível em: <https://www.politize.com.br/sisnama-o-que-e/>. Acesso em: 05/09/2022.

CELAF. **Guia de Procedimentos do Licenciamento Ambiental Federal**, Brasília, 2002. Disponível em: http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/15177/Manual_Guia-de-procedimentos-do-licenciamento-ambiental-federal_IBAMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 13/09/2022.

CONAMA. **Resolução CONAMA N° 237, de 19 de dezembro de 1997**. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/CONAMA%20237_191297.pdf. Acesso em: 18/09/2022.

CONAMA. **Resolução CONAMA N° 382, de 26 de dezembro de 2006**. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0382-261206.PDF>

COPAM. **Deliberação Normativa COPAM Nº 187, de 19 de setembro de 2013.**

Minas Gerais, 2013. Disponível em:

<http://sistemas.meioambiente.mg.gov.br/reunioes/uploads/EgBvHJfUB-NDUYjolu3AAIs4VrjnsGMQ.pdf>. Acesso em: 11/12/2022.

CERON, L.P. **Controle do excesso de ar em processos de combustão.** Revista Meio Filtrante. Edição Nº 44, maio/junho de 2010.

CETESB. **Plano de redução de emissões de fontes estacionárias guia de melhor tecnologia prática disponível fontes de combustão.** São Paulo, 2015.

Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wpcontent/uploads/sites/28/2015/12/Guia-MTPD-Fontes-de-Combust%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 07/09/2022.

CETESB. **Institucional:** Histórico. São Paulo, 2022. Disponível em:

<https://cetesb.sp.gov.br/historico/>. Acesso em: 17/05/2022.

CONFOR. **Reduzindo o consumo de combustíveis em fornos e caldeiras.**

Confor, 2014. Disponível em: <https://confor.com.br/reduzindo-o-consumo-de-combustiveis-em-fornos-e-caldeiras/>. Acesso em: 03/09/2022.

FRANCISCO, R. P. **Estudo termoquímico da queima de combustíveis em caldeiras usando balanço de energia.** Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) - Universidade Federal de São João Del-Rei. São João Del-Rei, 2012.

IBAMA. **Sobre o Licenciamento Ambiental Federal,** 2020. Disponível em:

<http://www.ibama.gov.br/laf/sobre-o-licenciamento-ambiental-federal>. Acesso em: 25/09/2022.

IEMA. **Competências.** Espírito Santo, 2022. Disponível em:

<https://iema.es.gov.br/historia>. Acesso em: 15/10/2022.

IEMA. **Instrução Normativa IEMA Nº xx/2019.** Espírito Santo, 2019. Disponível em:

https://iema.es.gov.br/Media/iema/CQAI/IN_Monitoramento_Isocinetico.pdf. Acesso em: 09/01/2023.

INEA. **Institucional:** O que é o Inea. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em:

<http://www.inea.rj.gov.br/o-que-e-o-inea/>. Acesso em: 17/05/2022.

INEA. **PROGRAMA DE MONITORAMENTO DE EMISSÕES DE FONTES FIXAS PARA A ATMOSFERA - PROMON AR**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/NOP-INEA-01.R-1.pdf>. Acesso em: 13/01/2023.

MALAR, J. P. **Chanceler alemão diz que reativação de usinas termelétricas é temporária**. CNN Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/chanceler-alemao-diz-que-reativacao-de-usinas-termeletricas-e-temporaria/>. Acesso em: 01/09/2022.

PEDROTTI, Vinícius. **Análise de processos e equipamentos de geração e de distribuição de vapor visando licenciamento ambiental**. Orientador: Prof. Dr. Luiz Carlos Martinelli Júnior. 2019. 114 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/24946/1/PB_DAMEC_2019_2_27.pdf. Acesso em: 25/08/2022.

PERA, H. **Geradores de vapor: um compêndio sobre a conversão de energia com vistas à preservação da ecologia**. São Paulo. Fama, 1990. Acesso em: 21/08/2022

MMA. **Procedimentos de Licenciamento Ambiental do Brasil, Ministério do Meio Ambiente**. Brasília, 2016. Disponível em: <https://pnla.mma.gov.br/images/2018/08/VERS%C3%83O-FINAL-E-BOOK-Procedimentos-do-Lincenciamento-Ambiental-WEB.pdf>. Acesso em: 18/09/2022.

SEMAD. **Institucional**. Minas Gerais, 2022. Disponível em: <http://www.meioambiente.mg.gov.br/instituicao>. Acesso em: 15/10/2022.

TOGAWA, V. **Os principais tipos de caldeiras**. Togawa Engenharia, 2020. Disponível em: <https://togawaengenharia.com.br/blog/os-principais-tipos-de-caldeiras/>. Acesso em: 01/09/2022.

ANEXO A - RESOLUÇÃO CONAMA Nº 382/2006 (ADAPTADA)

RESOLUÇÃO CONAMA Nº 382/2006 (ADAPTADA)

Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas.

ANEXO I

Limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de óleo combustível.

1. Ficam aqui definidos os limites máximos de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de óleo combustível.

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

a) capacidade nominal: condição máxima de operação da unidade de geração de calor para o qual o equipamento foi projetado, determinado em termos de potência térmica, com base no Poder Calorífico Inferior-PCI, calculado a partir da multiplicação do PCI do combustível pela quantidade máxima de combustível queimada por unidade de tempo;

b) Condições Típicas de Operação: condição de operação da unidade de geração de calor que prevalece na maioria das horas operadas;

c) Óleo Combustível: derivado líquido obtido de material fóssil;

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 óleo combustível realizado em qualquer forno ou caldeira cujos produtos de combustão não entram em contato direto com o material ou produto processado.

3. Ficam estabelecidos os seguintes limites máximos de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de óleo combustível:

Tabela 6 - LME para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de óleo combustível.

Potência térmica nominal (MW)	MP ⁽¹⁾	NO _x ⁽¹⁾ (como NO ₂)	SO _x ⁽¹⁾ (como SO ₂)
Menor que 10	300	1600	2700
Entre 10 e 70	250	1000	2700
Maior que 70	100	1000	1800

Fonte: CONAMA (2006)

(¹) os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca e 3% de excesso de oxigênio.

3.1. Em teste de desempenho de novos equipamentos, o atendimento aos limites estabelecidos deverá ser verificado nas condições de plena carga.

3.2. Na avaliação periódica, o atendimento aos limites estabelecidos poderá ser verificado em condições típicas de operação, a critério do órgão ambiental licenciador.

3.3. Para sistemas com potência de até 10 MW, poderá o órgão ambiental licenciador aceitar a avaliação periódica apenas de monóxido de carbono, sendo que neste caso, o limite máximo de emissão deste poluente será de 80 mg/Nm³.

3.4. Para as fontes de emissão de poluentes gerados em processos de geração de calor, situadas além do mar territorial brasileiro, cujas emissões não atingem significativamente as comunidades, deverá ser realizado somente o controle de eficiência de queima de combustível, obedecido o limite de emissão de 80 mg/Nm³ de monóxido de carbono - CO, independente da potência ou do combustível utilizado.

4. As atividades ou fontes emissoras de poluentes deverão, quando da realização da amostragem, contar com a estrutura necessária e/ou determinação direta de poluentes em dutos e chaminés, de acordo com metodologia normatizada ou equivalente aceita pelo órgão ambiental licenciador.

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

6. 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.

7. 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, inclusive considerando a alternativa de utilização de combustíveis com menor potencial poluidor.

ANEXO II

Limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de gás natural.

1. Ficam aqui definidos os limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de gás natural.

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

a) capacidade nominal: condição máxima de operação da unidade de geração de calor para a qual o equipamento foi projetado, determinado em termos de potência térmica, com base no Poder Calorífico Inferior-PCI - calculado a partir da multiplicação do PCI do combustível pela quantidade máxima de combustível queimada por unidade de tempo;

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

c) gás natural: combustível fóssil gasoso conforme especificação da Agência Nacional do Petróleo-ANP;

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

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

3. Ficam estabelecidos os seguintes limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de gás natural:

Tabela 7 - LME para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de gás natural.

Potência térmica nominal (MW)	NO _x ⁽¹⁾ (como NO ₂)
Menor que 70	320
Maior ou igual a 70	200

Fonte: CONAMA (2006)

(1) os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca e 3% de excesso de oxigênio.

3.1. Em teste de desempenho de novos equipamentos, o atendimento aos limites estabelecidos deverá ser verificado nas condições de plena carga.

3.2. Na avaliação periódica, o atendimento aos limites estabelecidos poderá ser verificado em condições típicas de operação, a critério do órgão ambiental licenciador.

4. As atividades ou fontes emissoras de poluentes deverão, quando da realização da amostragem, contar com a estrutura necessária e/ou determinação direta de poluentes em dutos e chaminés, de acordo com metodologia normatizada ou equivalente aceita pelo órgão ambiental licenciador.

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

6. 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.

7. 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.

ANEXO III

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;
- 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:

Tabela 8 - LME 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 ⁽¹⁾	NO _x ⁽¹⁾ (como NO ₂)
Menor que 10	280	N.A.
Entre 10 e 75	230	350
Maior que 75	200	350

Fonte: CONAMA (2006)

⁽¹⁾ os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca e 8% de excesso de oxigênio. N.A. - Não aplicável.

3.1. Em teste de desempenho de novos equipamentos, o atendimento aos limites estabelecidos deverá ser verificado nas condições de plena carga.

3.2. Na avaliação periódica, o atendimento aos limites estabelecidos poderá ser verificado em condições típicas de operação, a critério do órgão ambiental licenciador.

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.

Tabela 9 - LME para monóxido de carbono proveniente de processos de geração de calor a partir da combustão externa de bagaço de cana-de-açúcar

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

Fonte: CONAMA (2006)

(1) os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca e corrigidos a 8% de oxigênio.

4. As atividades ou fontes emissoras de poluentes deverão, quando da realização da amostragem, contar com a estrutura necessária e/ou determinação direta de poluentes em dutos e chaminés, de acordo com metodologia normatizada ou equivalente aceita pelo órgão ambiental licenciador.

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

6. 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.

7. 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, inclusive considerando a alternativa de utilização de combustíveis com menor potencial poluidor.

ANEXO IV

Limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados da madeira.

1. Ficam aqui definidos os limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão de derivados da madeira para fontes fixas industriais e de geração de energia elétrica.

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

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

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

c) derivados de madeira: madeira em forma de lenha, cavacos, serragem, pó de lixamento, casca, aglomerado, compensado ou MDF e assemelhados, que não tenham sido tratados com produtos halogenados, revestidos com produtos polimerizados, tintas ou outros revestimentos;

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 derivados da madeira, realizado em qualquer forno ou caldeira, cujos produtos de combustão não entram em contato direto com o material ou produto processado;

3. Ficam estabelecidos os seguintes limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão de derivados da madeira:

Tabela 10 - LME para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados da madeira.

Potência térmica nominal (MW)	MP ⁽¹⁾	NO _x ⁽¹⁾ (como NO ₂)
Menor que 10	730	N.A.
Entre 10 e 30	520	650
Entre 30 e 70	260	650
Maior que 70	130	650

Fonte: CONAMA (2006)

(1) os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca e corrigidos a 8% de oxigênio. N.A. - Não aplicável.

3.1. Em teste de desempenho de novos equipamentos, o atendimento aos limites estabelecidos deverá ser verificado nas condições de plena carga.

3.2. Na avaliação periódica, o atendimento aos limites estabelecidos poderá ser verificado em condições típicas de operação, a critério do órgão ambiental licenciador.

3.3. A critério do órgão ambiental licenciador, para sistemas com potência de até 10 MW, alternativamente aos limites da tabela acima, poderá ser aceito:

3.3.1. O monitoramento periódico de monóxido de carbono. Neste caso, o limite máximo de emissão para este poluente será o estabelecido na seguinte tabela:

Tabela 11 - LME para monóxido de carbono proveniente de processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados da madeira.

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

Fonte: CONAMA (2006)

(1) os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm³, em base seca e corrigidos a 8% de oxigênio.

3.3.2. Avaliação periódica da concentração de material particulado através da opacidade, sendo que neste caso, o valor máximo permissível para a emissão deste poluente não deverá exceder o padrão 1 da Escala de Ringelmann.

4. As atividades ou fontes emissoras de poluentes deverão, quando da realização da amostragem, contar com a estrutura necessária e/ou determinação direta de poluentes em dutos e chaminés, de acordo com metodologia normatizada ou equivalente aceita pelo órgão ambiental licenciador.

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

6. 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.

7. 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, inclusive considerando a alternativa de utilização de combustíveis com menor potencial poluidor.

ANEXO B - DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM Nº 187/2013 (ADAPTADA)

DELIBERAÇÃO NORMATIVA COPAM Nº 187/2013 (ADAPTADA)

Estabelece condições e limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas e dá outras providências.

ANEXO I

Condições e limites máximos de emissão para processos de geração de calor a partir da combustão externa de:

I-A – óleo combustível

I-B – gás natural

I-C – biomassa de cana-de-açúcar ou de beneficiamento de cereais

I-D – derivados de madeira

Para aplicação dos Anexos I-A, I-B, I-C e I-D devem ser consideradas as definições e diretrizes a seguir.

DEFINIÇÕES

- a) Processo de geração de calor por combustão externa: processo em que a queima do combustível é realizada em forno ou caldeira e os produtos da combustão não entram em contato direto com o material ou produto que está sendo processado.
- b) Capacidade nominal do gerador de calor: também referida como potência térmica nominal, expressa em MW, é a quantidade máxima de calor que o gerador pode disponibilizar por unidade de tempo quando operado na capacidade máxima para a qual foi projetado. É calculada multiplicando-se o poder calorífico inferior do combustível utilizado pela quantidade máxima de combustível que o gerador de calor pode queimar por unidade de tempo.

DIRETRIZES

- 1) As diretrizes para coleta e análise estão especificadas no Anexo XVIII – Diretrizes gerais para verificação do atendimento às condições e limites máximos de emissão e para elaboração dos respectivos relatórios.

- 2) A frequência das amostragens será especificada no programa de automonitoramento.
- 3) Ficam estabelecidas as condições e limites máximos de emissão para poluentes atmosféricos provenientes de equipamentos geradores de calor, conforme Tabelas I-A, I-B, I-C e I-D a seguir.
- 4) Nas Tabelas I-A até I-D, para geradores de calor com potência térmica nominal até 10 MW, o monitoramento de rotina abrange apenas o poluente CO, podendo o órgão ambiental licenciador determinar a qualquer tempo, mediante fundamentação, que sejam monitorados os poluentes MP, NOx ou SOx, caso haja indícios de que as emissões estejam afetando o bem estar da comunidade ou a qualidade do ar no entorno do empreendimento.
- 5) Para os empreendimentos que na data de publicação desta Deliberação Normativa possuam geradores de calor que queimam derivados de madeira e que tenham sido comprovadamente enquadrados no processo de licenciamento como geradores de calor a biomassa, até então sujeitos ao LME de 600 mg/Nm³ para material particulado, o órgão ambiental licenciador deverá, quando da revalidação do Certificado de Regularização Ambiental, estabelecer novo LME, mais restritivo, de forma a alinhar-se o máximo possível com o valor de 200 mg/Nm³.

Tabela 12 - Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de óleo combustível

PRAZO PARA ATENDIMENTO	POTÊNCIA TÉRMICA NOMINAL (P)	CONDIÇÕES E LME (mg/Nm ³ , base seca; teor de O ₂ conforme indicado)			
		MP (8% de O ₂)	NOx	SOx	CO
Geradores de calor existentes (1): NOx, SOx e CO - até 26/12/2016;	P < 10 MW	100	1.600	2.700	80
MP - LME de 100 mg/Nm ³ está em vigor desde 10/01/1987, conforme DN COPAM nº.11, de 16/12/1986	10 MW ≤ P ≤ 70 MW	100	1.000	2.700	NA
Geradores de calor novos (2): a partir da entrada em operação.	P > 70 MW	100	1.000	1.800	NA

Fonte: COPAM (2013)

(1) geradores de calor cujo início de instalação tenha ocorrido antes de 2 de janeiro de 2007, quando entrou em vigor a Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006, bem como aqueles cuja LI deferida tenha sido requerida anteriormente àquela data.

(2) geradores de calor cujo início de instalação tenha ocorrido a partir de 2 de janeiro de 2007, quando entrou em vigor a Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006, excluídos aqueles cuja LI deferida tenha sido requerida anteriormente àquela data.

MP = material particulado = materiais no estado sólido ou líquido, em mistura gasosa, que assim se mantêm na temperatura do meio filtrante, estabelecida pelo método adotado.

NOX = óxidos de nitrogênio = refere-se à soma das concentrações de monóxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO₂), expressa como NO₂.

SOX = óxidos de enxofre = refere-se à soma das concentrações de dióxido de enxofre (SO₂) e trióxido de enxofre (SO₃), expressa como SO₂.

NA = não aplicável.

Tabela 13 - Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de gás natural

PRAZO PARA ATENDIMENTO	POTÊNCIA TÉRMICA NOMINAL (P)	CONDIÇÕES E LME (mg/Nm ³ , base seca, a 3% de O ₂)	
		NOx	CO
Geradores de calor existentes (1): NOx e CO - até 26/12/2018.	P < 10 MW	NA	80
	10 MW ≤ P ≤ 70 MW	400	NA
	P > 70 MW	320	NA
Geradores de calor novos (2): a partir da entrada em operação.	P < 70 MW	320	NA
	P ≥ 70 MW	200	NA

Fonte: COPAM (2013)

(1) geradores de calor cujo início de instalação tenha ocorrido antes de 2 de janeiro de 2007, quando entrou em vigor a Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006, bem como aqueles cuja LI deferida tenha sido requerida anteriormente àquela data.

(2) geradores de calor cujo início de instalação tenha ocorrido a partir de 2 de janeiro de 2007, quando entrou em vigor a Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006, excluídos aqueles cuja LI deferida tenha sido requerida anteriormente àquela data.

NOX = óxidos de nitrogênio = refere-se à soma das concentrações de monóxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO₂), expressa como NO₂.

Tabela 14 - Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de biomassa de cana-de-açúcar ou de beneficiamento de cereais.

PRAZO PARA ATENDIMENTO	POTÊNCIA TÉRMICA NOMINAL (P)	CONDIÇÕES E LME (mg/Nm ³ , base seca, a 8% de O ₂)		
		MP (3)	NOx	CO
Geradores de calor existentes (1): MP, NOx e CO - até 26/12/2016.	$P \leq 0,05$ MW	520	NA	6.500
	$0,05$ MW < $P \leq 0,15$ MW	520	NA	3.250
	$0,15$ MW < $P \leq 1,0$ MW	520	NA	1.700
	$1,0$ MW < $P \leq 10,0$ MW	520	NA	1.300
	10 MW < $P < 50$ MW	520	NA	NA
	50 MW $\leq P \leq 100$ MW	450	350	NA
	$P > 100$ MW	390	350	NA
Geradores de calor novos (2): a partir da entrada em operação.	$P \leq 0,05$ MW	280	NA	6.500
	$0,05$ MW < $P \leq 0,15$ MW	280	NA	3.250
	$0,15$ MW < $P \leq 1,0$ MW	280	NA	1.700
	$1,0$ MW < $P < 10,0$ MW	280	NA	1.300
	10 MW $\leq P \leq 75$ MW	230	350	NA
	$P > 75$ MW	200	350	NA

Fonte: COPAM (2013)

(1) geradores de calor cujo início de instalação tenha ocorrido antes de 2 de janeiro de 2007, quando entrou em vigor a Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006, bem como aqueles cuja LI deferida tenha sido requerida anteriormente àquela data.

(2) geradores de calor cujo início de instalação tenha ocorrido a partir de 2 de janeiro de 2007, quando entrou em vigor a Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006, excluídos aqueles cuja LI deferida tenha sido requerida anteriormente àquela data.

(3) para gerador de calor que queima misturas de biomassa e derivados de madeira o LME para MP será estabelecido quando da regularização ambiental, inclusive a revalidação. MP = material particulado = materiais no estado sólido ou líquido, em mistura gasosa, que assim se mantêm na temperatura do meio filtrante, estabelecida pelo método adotado.

NOX = óxidos de nitrogênio = refere-se à soma das concentrações de monóxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO₂), expressa como NO₂.

NA = não aplicável.

Tabela 15 - Condições e LME para processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados de madeira.

PRAZO PARA ATENDIMENTO	POTÊNCIA TÉRMICA NOMINAL (P)	CONDIÇÕES E LME (mg/Nm ³ , base seca, a 8% de O ₂)		
		MP (3)	NO _x	CO
Geradores de calor existentes (1): NO _x e CO - até 26/12/2016; MP- P ≤ 70MW, LME de 200 mg/Nm ³ em vigor desde 10/01/1987, conforme DN COPAM nº.11, de 16/12/1986.	P ≤ 0,5 MW	200	NA	7.800
	0,5 MW < P ≤ 2 MW	200	NA	3.900
	2 MW < P ≤ 10 MW	200	NA	3.250
	10 MW < P ≤ 50,0 MW	200	650	NA
	P > 50 MW	200	650	NA
Geradores de calor novos: (2) a partir da entrada em operação.	P ≤ 0,05 MW	200	NA	6.500
	0,05 MW < P ≤ 0,15 MW	200	NA	3.250
	0,15 MW < P ≤ 1,0 MW	200	NA	1.700
	1,0 MW < P < 10,0 MW	200	NA	1.300
	10 MW ≤ P < 30 MW	200	650	NA
	30 MW ≤ P ≤ 70 MW	200	650	NA
	P > 70 MW	130	650	NA

Fonte: COPAM (2013)

(1) geradores de calor cujo início de instalação tenha ocorrido antes de 2 de janeiro de 2007, quando entrou em vigor a Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006, bem como aqueles cuja LI deferida tenha sido requerida anteriormente àquela data.

(2) geradores de calor cujo início de instalação tenha ocorrido a partir de 2 de janeiro de 2007, quando entrou em vigor a Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006, excluídos aqueles cuja LI deferida tenha sido requerida anteriormente àquela data.

(3) para o empreendimento que na data de publicação desta Deliberação Normativa possua gerador de calor enquadrado como existente, que queima derivados de madeira, o qual tenha sido

comprovadamente considerado em processo de regularização ambiental ocorrido antes de 26 de dezembro de 2011, como gerador de calor a biomassa, até então sujeito ao LME de 600 mg/Nm³ para MP, o órgão ambiental licenciador deverá, quando da revalidação do Certificado de Regularização Ambiental, estabelecer novo limite, mais restritivo, de forma a alinhar as emissões de MP o máximo possível com o valor de 200 mg/Nm³ ou de 130 mg/Nm³, conforme a potencia térmica nominal da fonte.

MP = material particulado = materiais no estado sólido ou líquido, em mistura gasosa, que assim se mantêm na temperatura do meio filtrante, estabelecida pelo método adotado.

NOX = óxidos de nitrogênio = refere-se à soma das concentrações de monóxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO₂), expressa como NO₂.

NA = não aplicável.