

**UNIVERSIDADE ALTO VALE DO RIO DO PEIXE  
UNIARP – CAMPUS CAÇADOR**

**EVERTON METZGER**

**DIAGNOSTICO DE EMISSOES ATMOSFERICAS, E FUNCIONAMENTO DE  
CALDEIRA DO TIPO FLEX.**

**CAÇADOR – SC  
2015**

**EVERTON METZGER**

**DIAGNOSTICO DE EMISSOES ATMOSFERICAS, E FUNCIONAMENTO DE  
CALDEIRA DO TIPO FLEX.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como exigência para obtenção do título de Engenharia Ambiental, pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe, campus Caçador, sob orientação Joelcio Guesses de Oliveira.

**CAÇADOR – SC  
2015**

**DIAGNOSTICO DE EMISSOES ATMOSFERICAS, E FUNCIONAMENTO DE  
CALDEIRA DO TIPO FLEX.**

**EVERTON METZGER**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi submetido ao processo de avaliação pela Banca Examinadora para a obtenção do Título de:

**ENGENHEIRO AMBIENTAL**

E aprovado na sua versão final em \_\_\_\_\_, atendendo às normas da legislação vigente da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe e Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental.

---

**Tiago Borga**

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Nome do Presidente

---

Membro

---

Membro

A Deus por tudo o que tem me proporciona na vida.

Aos meus pais, por todo apoio, força e principalmente pelo incentivo que por muitas vezes sacrificaram seus sonhos, para que os meus fossem realizados; também pelo exemplo de vida onde me fizeram tornar uma pessoa capaz de lutar pelos meus objetivos, sem jamais desanimar.

Dedico.

## **AGRADECIMENTOS**

À DEUS por toda a proteção e benção para alcançar este meu objetivo.

À todos os professores que fizeram parte da minha jornada acadêmica, onde passaram seus conhecimentos, e sim me tornando uma pessoa melhor.

Ao meu pai Nilson Nazareno Metzger, por toda ajuda e apoio para que eu chegar até aqui.

À minha mãe Cintia Silveira Metzger pela dedicação, companheirismo, ajuda e muito incentivo.

Aos meus Amigos que sempre me apoiaram e que de uma forma ou outra me ajudaram a chegar até aqui.

Ao meu Orientador Prof. Engenheiro Ambiental Joelcio Guesser de Oliveira pela dedicação, ensinamentos, companheirismo, enfim por toda a ajuda, tempo tirado para conclusão deste trabalho.

A Empresa Bonet onde fiz meu estagio, o qual fui muito bem recebido por todos os funcionários.

Ao meu Orientador de estagio Senhor Gilberto Massaneiro por toda sua dedicação, ensinamentos, enfim por me ajudar em tudo o que precisei.

Professor Coordenador do Curso, Engenheiro Ambiental Tiago Borga, por aturar toda minha incomodação, stress dos últimos dias, pela ajuda, companheirismo, pelo aprendizado que afinal além de coordenador foi professor de varias matérias.

A todos meus colegas de trabalho da Prefeitura Municipal de Timbó Grande, que me ajudaram, me liberaram para fazer meu estagio.

Se você quer um pedacinho do Paraíso, acredite em Deus. Mas se você quer conquistar o mundo, acredite em você porque Deus já te deu tudo o que você precisa para você vencer.

(Augusto Branco)

## RESUMO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso discorre sobre: Diagnostico e Funcionamento de Destruição de resíduos em caldeiras gerando energia. Este trabalho evidencia o funcionamento da substituição de parte da matéria prima que é o cavaco, (oriundo da madeira) por derivado de resíduos de Classe IA e IIB, ou seja, para a empresa esse método se torna muito viável, pois reduz custo com a compra da matéria prima "Cavaco", e utiliza o CDR "Combustível Derivado de Resíduo", tendo em vista que a combustão é praticamente a mesma do cavaco, e os gases emitidos ficam de acordo com a legislação ambiental vigente.

Conforme análise realizada, os padrões de Monóxido de Carbono "CO", Material Particulado "MP", Óxido de Nitrogênio "NO<sub>x</sub>", Óxido de Enxofre "SO<sub>x</sub>" atendem a Resolução da CONAMA 316/02, ficando dentro dos padrões exigidos pela legislação ambiental.

Com isso a empresa terá uma economia financeira e ambiental, sem perder potencia na geração de energia, tendo ainda diminuição da extração da madeira e a utilização de resíduos o qual teriam que ser destinados a aterros industriais.

**Palavras-chaves:** Destruição de Resíduos, Avaliação de Impacto Ambiental.

## RESUMO EM LÍNGUA ESTRANGEIRA

The End of Course Work discusses this: Diagnosis and waste Destruction of operation in boilers generating energy. This work demonstrated the operation of replacement of the raw material that is the chip (derived from the wood) a waste-derived Class IA and IIB, or company for this method becomes very feasible because it reduces the cost purchase of raw materials "Cavaco," and uses the CDR "Derived Fuel Waste", considering that the combustion is almost the same chip, and the emitted gases is in accordance with environmental regulations.

As performed analysis, Carbon Monoxide standards "CO" Particulate Matter "MP" nitrogen oxide "NOx" Sulfur Oxide "SOx" meet the CONAMA Resolution 316/02, which was within the standards required by environmental legislation .

Thus the company will have a financial and environmental savings without losing power in power generation, still having decreased extraction of wood and the use of waste which would have to be for industrial landfills.

**Keywords: Waste Destruction, Environmental Impact Assessment.**



## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>13</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>14</b>
<b>LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS</b>	<b>15</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>16</b>
2. 1 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2. 1. 1 O que é Caldeira e a sua geração de emissões atmosféricas	18
2.1.2 Classificação de resíduos e suas classes conforme NBR 10004/2004. (CDR)	19
2. 1. 3 Quantidade de matéria prima utilizada em caldeiras	19
2. 1. 5 Limites e padrões de gases nas emissões atmosféricas	21
2. 1. 5. 1 Óxidos de Enxofre “SO <sub>x</sub> “	23
2. 1. 5. 2 Óxido de Nitrogênio “NO <sub>x</sub> “	25
2. 1. 6 Geração de emissões atmosféricas	26
2.1. 7 Legislação: Padrões de Emissões e de Qualidade do Ar	27
2. 1. 8 Padrões de Emissões	28
2. 2 MATERIAIS E MÉTODOS	29
2. 2. 1 Local de estudo	29
2. 2. 2 Dados do Empreendimento	29
2.2.3 Condições de operação da caldeira	30
2.2.4 Determinação do quantitativo de matéria prima da caldeira	30
2.2.5 Determinação das características físicas da matéria prima.	31
2.2.6 Geração de resíduos sólidos.	31
2.2.7 Determinação do sistema de tratamento de emissões atmosféricas	32
2.2.8 Avaliação Econômica	33
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>33</b>
3.1 Quantitativo de poluentes através de médias de análises de emissões	33
Fazendo o comparativo, através da formula do CONAMA 436/2011	34
• Comparar o nível de Óxido de Enxofre “SO <sub>x</sub> ” com a Conama 316/02	34
<b>4 CONCLUSÕES</b>	<b>36</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>38</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>39</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Componentes da caldeira flamotubular Biochamm BGV: (1) Espargidor; (02) Caldeira BGV; (03) Pré-aquecedor de ar; (04) Filtro multiclone1; (05) Filtro multiclone 2; (06) Exaustor; (07) Chaminé; (08) Ventilado de ar primário. .....	11
<b>Figura 2:</b> Lao.....	18

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Padrões de emissão para queima de derivados de madeira (Resolução CONAMA 382/06).....	14
<b>Tabela 2:</b> Detalhamento do sistema de abatimento das emissões atmosféricas .....	10
<b>Tabela 3:</b> Dados de emissão da caldeira, fornecidos pela Bioenergy, com base em dados de monitoramento de caldeira. ....	12
<b>Tabela 4:</b> Comparativo de Emissões com a Resolução CONAMA 382/06.....	14

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

Bar - Unidade de Pressão  
BPF - Boas Práticas de Fabricação (Óleo Combustível)  
CDR - Combustível Derivado de Resíduo  
CM - Concentração Média  
CO - Monóxido de Carbono  
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente  
FATMA - Fundação do Meio Ambiente  
GLP - Gás Liquefeito de Petróleo  
H<sub>2</sub>S - Gás Sulfídrico  
LAO - Licença Ambiental de Operação  
Mg/Nm<sup>3</sup> - Miligramas por Normal Metro cúbico  
MJ - Mega Joule  
MP - Material Particulado  
MW - Megawatts  
NBR - Associação Brasileira de Normas Técnicas  
NO<sub>x</sub> - Óxido de Nitrogênio  
PPM - Partes Por Milhão  
PVC - PolyvinylChloride (Policloreto de Vinil)  
SO<sub>3</sub> - Anidrido Sulfídrico  
SO<sub>x</sub> - Óxido de Enxofre  
T - Tonelada  
t/h - Toneladas por Hora

## 1 INTRODUÇÃO

A Legislação Ambiental Brasileira institui diversos mecanismos de proteção, recuperação, melhoria e qualidade ambiental.

Tem por objetivo alcançar o desenvolvimento sustentável e assegurar o desenvolvimento socioeconômico, a qualidade de vida do homem, a saúde pública e a preservação da biodiversidade.

A importância e a existência de Legislações Ambientais para todas as fábricas de produção de papel e demais setores produtivos no Brasil, necessitam de práticas cada vez mais renováveis, principalmente na área de energia.

Assim, a implantação, o funcionamento e a geração de sistema de produção de energia (vapor) numa indústria necessita de utilização de matéria prima, e, através do consumo de biomassa e também de CDR (combustível derivado de resíduos), sempre visam a melhoria da qualidade do meio ambiente e uma produção correta.

Devido a carência de novas praticas neste setor, todos os atos desde o inicio ate sua operação, vai ao encontro de todas as normas ambientais, tanto para operação quanto para o controle ambiental no seu dia a dia.

Com base em amparos na legislação em que foi submetida a analise com a Lei estadual 14.675/09, resolução CONAMA 316/02 e de mais legislações ambientais aplicadas ao setor, tanto dentro do estado de santa Catarina como também na região sul do Brasil, se tem como base a normatizar cada vez mais de forma correta este seguimento.

É necessário interpretar a Legislação aplicada, observando a atuação do órgão ambiental FATMA – Fundação do Meio Ambiente e a necessidade dos controles ambientais para operação adequada deste setor.

Torna-se indispensável incluir além da gestão pública do meio ambiente, programas de ações de desenvolvimentos por empresas e instituições não governamentais, para administrar suas atividades dentro dos princípios de proteção do meio ambiente.

Assim, tal estudo propõe demonstrar o funcionamento de uma caldeira de geração de vapor projetada para queimar biomassa (cavaco, e casca de madeira,

serragem), misturados com combustível derivado de resíduo – CDR (Classe II), sem causar danos ambientais.

Devido ao alto consumo de matéria prima nestes casos de geração de vapor em caldeira, que este estudo viabiliza a parte ambiental com a parte econômica da indústria, gerando um ganho ambiental através da conversão de resíduos em energia e eliminando um passivo ambiental que o plástico causa em aterro industrial ou ate diretamente no solo, sendo assim, fica demonstrado através da eficiência do sistema, de que a viabilidade operacional deste setor, tem seu retorno lucrativo e acima de tudo, um ganho ambiental expressivo no setor industrial.

Esse estudo apresenta o processo de operação industrial, busca interpretar a legislação aplicada ao licenciamento e monitoramento ambiental da caldeira, quantifica e qualifica a matéria prima e analisa a melhor combustão e emissões atmosféricas geradas em varias fases do processo.

O sistema industrial analisado possui licença ambiental de operação (LAO) em vigor desde Dezembro de 2012, e com isso opera suas atividades de acordo com as normativas ambientais do Estado de Santa Catarina. A LAO é um dos documentos que passa por uma série de análises técnicas para posterior ser emitida, e também prevê vários controles ambientais necessários durante sua Validade, condicionando a empresa a desenvolver suas atividades de acordo com o projeto executado e sendo operado de forma correta para ter sua validade, caso contrario a mesma pode ser cancelada mediante decisão motivada e operação em desacordo com a LAO obtida.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 2.1.1 O que é Caldeira e a sua geração de emissões atmosféricas

Caldeira é o nome popular dado aos equipamentos geradores de vapor, cuja aplicação tem sido ampla no meio industrial e também na geração de energia elétrica nas chamadas centrais termelétricas. Portanto, as atividades que necessitam de vapor para o seu funcionamento, em particular, vapor de água pela sua abundância, têm como componente essencial para sua geração, a caldeira. Esse equipamento, por operar com pressões acima da pressão atmosférica, sendo na grande parte das aplicações industriais até quase 20 vezes maior e nas aplicações para a produção de energia elétrica de 60 a 100 vezes maior, podendo alcançar valores de até 250 vezes mais, constitui um risco eminente na sua operação. (ALTAFINI, 2002, p.3)

As caldeiras fazem parte de um complexo industrial, sendo necessário para a geração de energia e produção de vapor para utilização da indústria. Na região sul do Brasil, a caldeira é utilizada na geração de vapor para a secagem de madeira, papel e demais produtos.

As gerações de emissões são ocasionadas devido à queima de resíduos de diversas qualidades em caldeiras, sendo que para a geração de energia e de vapor estes resíduos em sua queima liberam substâncias que precisam ser tratadas para posterior emissões na atmosfera.

Estas substâncias se dividem em várias qualidades de poluentes, como: Óxido de Enxofre "SO<sub>x</sub>", Óxido de Nitrogênio "NO<sub>x</sub>", Monóxido de Carbono "CO", Material Particulado "MP", e demais.

Nos casos de caldeiras onde é utilizado nas empresas de papel ou na indústria da madeira, tem uma legislação como forma de seguimento e de comparativo para que suas atividades sejam regradas e monitoradas de forma contínua.

As emissões atmosféricas são inevitáveis neste tipo de processo, pois conforme a queima de qualquer combustível, isto acaba gerando algum tipo de emissão atmosférica. As emissões atmosféricas devem ser tratadas e sim lançadas no ar de forma que não agrida o meio ambiente e assim regradas pela resolução Conama 316/2002 no caso estudado, e também de que a qualidade do ar não seja alterada de forma brusca devido a algum processo de emissão de qualquer seguimento.

#### 2.1.2 Classificação de resíduos e suas classes conforme NBR 10004/2004. (CDR)

Resíduo perigoso classe I, Tem características de: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.

Resíduo não-Inerte classe II A, são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B - Inertes, nos termos desta Norma NBR 10004/2004. Os resíduos classel I A – Não inertes podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Resíduos sólidos: Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (NBR 10004/2004, 2004, p.5)

#### 2. 1. 3 Quantidade de matéria prima utilizada em caldeiras

Para produção de uma tonelada de vapor por hora é necessário à queima de duas toneladas de matéria prima (biomassa), sendo que a queima da matéria prima resulta em um por cento de resíduos sólidos (cinza).



Biomassa é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica (de origem animal ou vegetal) que pode ser utilizada na produção de energia. Assim como a energia hidráulica e outras fontes renováveis, a biomassa é uma forma indireta de energia solar. A energia solar é convertida em energia química, através da fotossíntese, base dos processos biológicos de todos os seres vivos.

Essa energia química pode ser liberada diretamente por combustão, ou convertida através de algum processo em outras fontes energéticas como álcool e carvão vegetal. Aproveitando aproximadamente 1% do total da radiação solar incidente sobre a Terra, estima-se que anualmente sejam produzidas, pelo processo de fotossíntese, cerca de 220 x 10<sup>9</sup> toneladas de biomassa, o que equivale a uma energia de 2 x 10<sup>15</sup> MegaJoule “MJ”, ou seja mais que 10 vezes a energia global consumida por ano no nosso planeta (SMIL,1985). O total da energia existente na cobertura vegetal da Terra é estimado como sendo 100 vezes o consumo atual de energia ao longo de um ano na Terra. Embora grande parte do planeta esteja desprovida de florestas, a quantidade de biomassa existente na terra é da ordem de dois trilhões de toneladas; o que significa cerca de 400 toneladas per capita. Em termos energéticos, isso corresponde a mais ou menos 3.000 EJ por ano, ou seja, oito vezes o consumo mundial de energia primária. (ENERGIA INTELIGENTE, 2015)

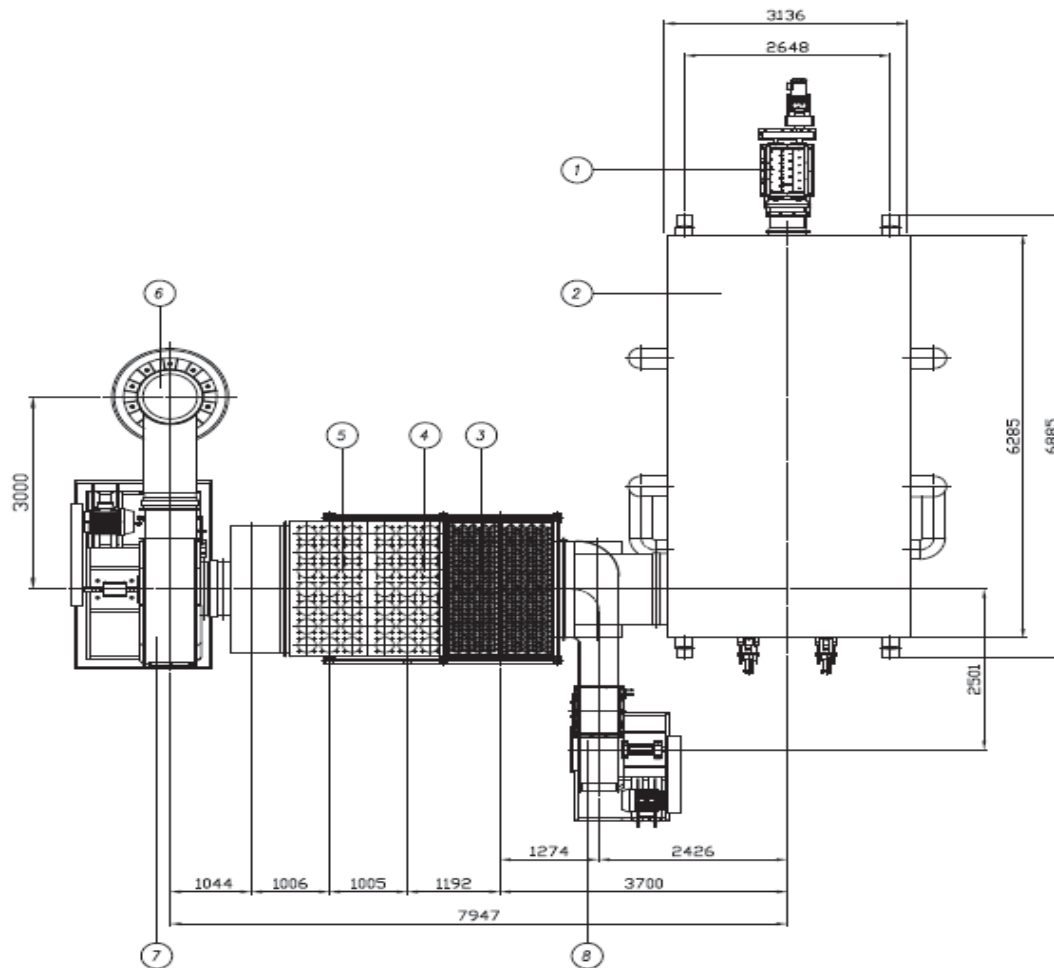
Uma das principais vantagens da biomassa é que, embora de eficiência reduzida, seu aproveitamento pode ser feito diretamente, por intermédio da combustão em fornos, caldeiras, etc. Para aumentar a eficiência do processo e reduzir impactos socioambientais, tem-se desenvolvido e aperfeiçoado tecnologias de conversão mais eficientes.

Com base em consumo de matéria prima, que foi desenvolvido para a queima de CDR (plásticos), devido ao poder calorífico também deste tipo de material em que foi projetado o sistema de caldeira analisado para também suprir a necessidade da empresa e aproveitar o material que não teria valor para reciclagem, pois o processo analisado pode queimar todos os tipos de plásticos, exceto PVC.

#### 2. 1. 4 Característica da estrutura física mais comuns em caldeiras.

Geralmente as caldeiras funcionam com estrutura física acopladas nas indústrias de diversos segmentos, e sua composição segue a base da figura abaixo.

Os componentes da caldeira flamotubular Biochamm BGV exemplifica o sistema a ser utilizado, conforme Figura1.



**Figura 1: Componentes da caldeira flamotubular Biochamm BGV: (1) Espargidor; (02) Caldeira BGV; (03) Pré-aquecedor de ar; (04) Filtro multiclone 1; (05) Filtro multiclone 2; (06) Exaustor; (07) Chaminé; (08) Ventilado de ar primário.**

## 2. 1. 5 Limites e padrões de gases nas emissões atmosféricas

Com relação fontes de geração de energia de calor e energia a partir da combustão de derivados de madeira, a Resolução CONAMA 382/2006 estabelece limites de emissões para poluentes Material Particulado MP, e Óxido de Nitrogênio

NO<sub>x</sub>. Entretanto, para fontes com potencia inferior a 10 Megawatts “MW” o padrão é apenas aplicado para Material Particulado “MP”. Alternativamente, o órgão ambiental pode solicitar apenas o atendimento ao limite de emissões de Monóxido de Carbono “CO”, para caldeiras de até 10 Megawatts “MW”.

A Resolução da CONAMA 382 apresenta os 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; CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR - PRONAR RESOLUÇÃO CONAMA nº 382 de 2006 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: Potência térmica nominal (MW) MP(1) Nox(1) (como NO<sub>2</sub>) Menor que 10 730 N.A. Entre 10 e 30 520 650 Entre 30 e 70 260 650 Maior que 70 130 650 (1)os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm<sup>3</sup>, 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: 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 (1)os resultados devem ser expressos na unidade de concentração mg/Nm<sup>3</sup>, 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. 5.1. Quando houver impossibilidade de realização de medições individuais, de acordo com a metodologia normatizada ou equivalente aceita pelo órgão ambiental licenciador, CONTROLE DA POLUIÇÃO DO AR - PRONAR RESOLUÇÃO CONAMA nº 382 de 2006 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:  $\sum PN_n \cdot LE_n$  1 LEres = , sendo:  $n \sum PN_n$  1 LEres = limite de emissão resultante; PN = potência térmica nominal; LE = limite de emissão individual. Exemplo: Caldeira 1 - potência térmica nominal = 5 MW e LE = 300 mg/Nm<sup>3</sup> para MP Caldeira 2 - potência térmica nominal = 35 MW e LE = 250 mg/Nm<sup>3</sup> para MP  $5 \cdot 730 + 35 \cdot 260$  LEres = =318ms/Nm<sup>3</sup> 5+35 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.

A resolução da CONAMA 316/02 diz:

Art. 36. São condições prévias à realização do Teste de Queima: I - ter um Plano de Teste de Queima aprovado pelo órgão ambiental competente; II - não apresentar risco de qualquer natureza à saúde pública e ao meio ambiente; III - ter instalados, calibrados e em condição de funcionamento, pelo menos, os seguintes monitores contínuos e seus registradores: monóxido de carbono (CO), oxigênio (O<sub>2</sub>), temperatura e pressão do sistema forno, taxa de alimentação do resíduo e parâmetros operacionais dos ECPs; IV - ter instalado e em condição de funcionamento um sistema de intertravamento, para interromper automaticamente a alimentação de resíduos, no mínimo, em casos de: a) baixa temperatura de combustão; b) falta de indicação de chama; c) falta de energia elétrica ou queda brusca de tensão; d) queda do teor de oxigênio (O<sub>2</sub>), quer na câmara pós-combustão ou na chaminé; e) excesso de monóxido de carbono (CO) na chaminé em relação ao limite de emissão estabelecido; f) mau funcionamento dos monitores e registradores de oxigênio ou de monóxido de carbono; g) interrupção do funcionamento do Equipamento de Controle de Poluição (ECP); e h) queda de suprimento do ar de instrumentação.

#### 2. 1. 5. 1 Óxidos de Enxofre "SO<sub>x</sub>"

Óxidos de enxofre são gerados a partir de uma combustão de resíduos.

O ciclo do enxofre é o conjunto de processos pelos quais o enxofre se desloca para os minerais (incluindo os cursos de água) e os sistemas vivos. Tais ciclos biogeoquímicos são importantes na geologia porque afetam muitos minerais. Os ciclos biogeoquímicos também são importantes para a vida, porque o enxofre é

um elemento essencial para a vida, sendo um componente de muitas proteínas e de cofatores.

Em muitos aspectos o ciclo do enxofre assemelha-se ao ciclo do nitrogênio, exceptuando a significativa inserção desse elemento proveniente da litosfera através da atividade vulcânica e a ausência do processo biológico de fixação do enxofre da atmosfera à terra ou água.

O ciclo do enxofre compreende 6 etapas básicas:

- a) As plantas absorvem compostos contendo enxofre além dos sulfatos
- b) Na produção de aminoácidos das plantas o hidrogênio substitui o oxigênio na composição dos sulfatos;
- c) Os seres vivos se alimentam das plantas;
- d) microorganismos decompõem os aminoácidos que contêm enxofre nos restos de animais e plantas, criando sulfeto de hidrogênio;
- e) o enxofre é extraído do sulfeto por bactérias e microorganismos;
- f) sulfatos são produzidos pela ação de microorganismos na combinação do enxofre com o oxigênio.

Na atmosfera, o enxofre existe combinado com o oxigênio formando, cerca de 75% dele, o  $\text{SO}_2$  (dióxido de enxofre). Outra parcela está na forma de anidrido sulfídrico ( $\text{SO}_3$ ). O gás sulfídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) - característico pelo seu cheiro de "ovo podre"- tem vida curta na atmosfera, apenas de algumas horas, sendo logo transformado em  $\text{SO}_2$ .

Esses óxidos de enxofre ( $\text{SO}_2$  e  $\text{SO}_3$ ) incorporam-se ao solo com as chuvas, sendo então transformado em íons de sulfato ( $\text{SO}_4^{--}$ ). Podem, também, ser capturados diretamente pelas folhas das plantas, num processo chamado de adsorção, para serem usados na fabricação de aminoácidos.

O único retorno natural do enxofre para a atmosfera é através da ação de decompositores que produzem o gás sulfídrico. As sulfobactérias realizam o processo inverso, com uma forma de obtenção de energia para a quimiossíntese.

A principal perturbação humana no ciclo global do enxofre é a libertação de  $\text{SO}_x$  ( $\text{SO}_2$  mais uma pequena quantidade de  $\text{SO}_3$ ) para a atmosfera como resultado da queima de carvão e óleo contendo enxofre. O gás  $\text{SO}_x$  prejudica a respiração nos humanos em elevadas concentrações e é moderadamente poluidor para as plantas.

O dióxido de enxofre, também conhecido como anidrido sulfuroso, é um composto químico constituído por dois átomos de oxigénio e um de enxofre; a sua fórmula química é  $\text{SO}_2$ . É um gás denso, incolor, não-inflamável e altamente tóxico e a sua inalação pode ser fortemente irritante.

É produzido naturalmente pelos vulcões e em certos processos industriais. Na indústria, o dióxido de enxofre serve sobretudo para a produção de ácido sulfúrico, que possui numerosas aplicações como produto químico. É obtido a partir da combustão de enxofre ou de pirites. É ainda um gás emitido na queima de combustíveis em veículos e indústrias juntamente com óxidos de carbono ( $\text{CO}$  e  $\text{CO}_2$ ), e de nitrogênio. E juntamente com o dióxido de azoto ( $\text{NO}_2$ ), um dos principais causadores da chuva ácida, pois, associado à água presente na atmosfera, forma ácido sulfuroso. Por ser prejudicial à saúde e ao meio ambiente limita-se o teor de enxofre presente nos combustíveis de modo a diminuir a emissão desse gás.

O dióxido de enxofre é prejudicial à nossa saúde enquanto gás livre no ambiente. (WIKIPÉDIA, 2015)

#### 2. 1. 5. 2 Óxido de Nitrogênio " $\text{NO}_x$ "

O termo óxidos de nitrogênio geralmente refere-se a vários compostos químicos gasosos, formados pela combinação do oxigênio com o nitrogênio. O processo mais habitual destes compostos inorgânicos é a combustão em altas temperaturas, processo no qual o ar é habitualmente o comburente. Os óxidos de nitrogênio, conhecidos como importantes poluentes da atmosfera, são emitidos na atmosfera pelos motores de combustão interna, fornos, caldeiras, estufas, incineradores, pelas indústrias químicas (na fabricação de ácido nítrico, de ácido sulfúrico, de corantes, vernizes, nitrocelulose, etc.), na indústria de explosivos e, também, pelos silos de cereais (os cereais contêm nitratos e nitritos que se decompõe liberando-o).

Alguns cientistas afirmam que, apesar de produzir efeitos mais indiretos e de longo prazo, as emissões de  $\text{NO}_x$  são mais nocivas à saúde humana do que as de  $\text{SO}_x$ . No que diz respeito aos danos ao meio ambiente, um exemplo é a redução da permeabilidade das membranas celulares causada pelos óxidos de nitrogênio, que impede as trocas gasosas das folhas e prejudica a realização da fotossíntese.

O ozônio e os  $\text{NO}_x$  são solúveis em gordura e, por isso, provocam no ser humano edemas pulmonares, penetrando nos alvéolos e podendo causar morte por asfixia. (WIKIPÉDIA, 2014)

## 2. 1. 6 Geração de emissões atmosféricas

As caldeiras, hoje, são utilizadas em larga escala em várias etapas de processos industriais que necessitam de calor ou energia de pressão, tais como indústrias de alimentos, frigoríficos e hospitais, sendo também utilizadas em sistemas de cogeração, nos quais se produz vapor para uso em processos produtivos, aproveitando-se o excedente para geração de eletricidade.

As caldeiras podem ser classificadas de acordo com as classes de pressão, o grau de automatização, os tipos de energia empregada e o tipo de troca térmica.

Dentre os combustíveis mais utilizados, destacam-se a lenha, o carvão, o bagaço de cana, o óleo BPF, o óleo diesel, o gás natural e o GLP (gás liquefeito de petróleo). Quanto à troca térmica, classificam-se em: flamotubulares, aquotubulares, mistas e elétricas.

As caldeiras flamotubulares são aquelas em que os gases provenientes da combustão (gases quentes) circulam no interior dos tubos, ficando por fora a água.

O vapor é gerado pelo calor transferido dos gases quentes da combustão, através das paredes metálicas dos tubos, para a água que os circunda; à medida que os gases fluem através dos tubos, eles são resfriados pela transferência de calor para a água.

Convém frisar que a qualidade da água de uma caldeira é condição fundamental de segurança e durabilidade, pois incrustações nas paredes internas dos tubos de vaporização atuam como uma camada isolante, o que aumenta o consumo de combustível e provoca o enfraquecimento desses tubos.

O gás natural, portanto, é um combustível fóssil, resultante da decomposição de matéria orgânica (vegetal e animal) em meio carente de oxigênio e sob condições elevadas de pressão e temperatura. Mais leve que o ar, ele está entre os energéticos com menor potencialidade de impactar o meio ambiente. Seu estado natural gasoso e sua baixa densidade proporcionam rápida dissipação na atmosfera e, para que se inflame, é preciso que seja submetido à temperatura superior a

620°C. Como sua combustão se processa de forma mais completa, é baixíssima a emissão de CO. Além disso, é incolor e inodoro, sendo, por questões de segurança, odorizado com enxofre. Sua inalação acidental não provoca danos à saúde, vez que suas substâncias componentes são inertes no corpo humano.

As principais utilizações do gás natural têm sido como combustível industrial, comercial, domiciliar e residencial, sendo também utilizado como matéria-prima nas indústrias petroquímica e de fertilizantes.

As gerações são resultantes do processo de combustão de matéria prima em caldeira, sendo que para uma boa combustão vários fatores devem estar funcionando em perfeitas condições; como a quantidade de oxigênio e gás carbônico que há na câmara de combustão da caldeira, a qualidade e a umidade do material que está sendo usado como combustível, gerando assim, uma série de condições para se obter a qualidade e quantidade de emissões atmosféricas lançadas pela chaminé da caldeira.

Cada sistema de caldeira possui o tratamento de suas emissões, de acordo com sua potencia e capacidade de geração, os sistemas de tratamentos dos gases são projetados para tratar e reter os gases na saída da chaminé, e assim adequar com a legislação ambiental em vigor. (SCIELO, 2011)

#### 2.1. 7 Legislação: Padrões de Emissões e de Qualidade do Ar

As fontes de poluentes atmosféricos devem respeitar os limites de emissão estabelecidos principalmente pelas Resoluções do CONAMA 382/06 e 316/02, e também parte da CONAMA 436/2011, em função do seu porte e características.

Além disso, a legislação estabelece através de Resolução CONAMA 003/90 que nenhuma fonte ou conjunto de fontes pode emitir matéria ou energia em quantidades e condições que resultem em concentrações superiores aos padrões de qualidade do ar.

Ou seja, a qualidade do ar no entorno de indústria deve ser mantida pelo conjunto de fontes (industriais, veiculares e outras). No entanto, individualmente, cada fonte de lançamento de qualquer tipo de matéria ou energia só pode operar observando-se os limites de emissões, as condições e parâmetros de localização,



de implantação e de operação das fontes potenciais de poluição do ar, além dos padrões de qualidade do ar no seu entorno.

## 2. 1. 8 Padrões de Emissões

Com relação fontes de geração de energia de calor e energia a partir da combustão de derivados de madeira, a Resolução CONAMA 382/2006 estabelece limites de emissões para poluentes Material Particulado “MP”, e Óxido de Nitrogênio “NO<sub>x</sub>”. Entretanto, para fontes com potencia inferior a 10 Megawatts “MW” o padrão é apenas aplicado para Material Particulado “MP”. Alternativamente, o órgão ambiental pode solicitar apenas o atendimento ao limite de emissões de Monóxido de Carbono “CO”, para caldeiras até 10 Megawatts “MW”.

A tabela 1 apresenta os limites de emissões para poluentes atmosféricos provenientes de processos de geração de calor a partir da combustão externa de derivados de madeira.

Tabela 1: Padrões de emissão para queima de derivados de madeira (Resolução CONAMA 316/2002)

<b>Potência Térmica Nominal (MW)</b>	<b>MP (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>	<b>NO<sub>x</sub> (mg/Nm<sup>3</sup>)</b>
Menor do que 10	730	Não aplicável
Entre 10 e 30	520	650
Entre 30 e 70	260	650
Maior do que 70	130	650

Nota: Concentrações em base seca e corrigidos para 8% de oxigênio.

Entretanto, a caldeira não queima exclusivamente derivado de madeira. Neste caso os padrões não são diretamente aplicáveis e não há previsão na resolução do

CONAMA. Para fins de comparação, observa-se que as concentrações das emissões previstas estão bem abaixo dos padrões acima.

Em função da queima de resíduos e do conjunto de diferentes sistemas de controle de emissão, todos os gases emitidos possuem relativamente baixa emissão.

## 2. 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2. 2. 1 Local de estudo

A empresa Bioenergy é uma empresa de produção de energia. O presente trabalho refere-se a uma caldeira flamotubular instalada em Timbó Grande, em anexo e dentro do complexo industrial da empresa Bonet Madeiras e Papeis Ltda.

As coordenadas UTM (zona 22 sul, *datum* WGS84) da usina (chaminé) são X = 539.625m, Y = 7.062.487 m, com altitude de aproximadamente 890 m acima do nível do mar.

O empreendimento encontra-se na margem esquerda do Rio Tamanduá, cerca de 10 km a nordeste da sede urbana do município, que tem população total em torno de 7 mil habitantes.

### 2. 2. 2 Dados do Empreendimento

O empreendimento consiste em uma caldeira que pode ser utilizada para geração de vapor de processos industriais ou funcionar como uma pequena central termelétrica. A caldeira flamotubular a ser utilizada no processo é um equipamento compacto, que emprega alta tecnologia em uma estrutura de baixo custo de construção.

A caldeira esta projetada para queimar biomassa (cavaco e casca de madeira, serragem), misturado com combustível derivado de resíduo – CDR (Classe II).

A previsão é a combustão de 2,5 a 5,0 t/h de combustível (biomassa e CDR), gerando 10 a 20 t de vapor por hora, a uma pressão de 25 bar a 370°C e gerando 2 a 4 Megawatts “MW” de energia elétrica.

### 2.2.3 Condições de operação da caldeira

A operação da caldeira é feita de modo que a geração de energia ocorra com baixas emissões. Para tanto, é necessário manter sempre a temperatura elevada, aproximadamente 830°C, com homogeneidade na dispersão do combustível por um determinado período de tempo.

A caldeira a ser utilizada pode ser considerada do tipo “flex”, pela sua versatilidade na queima de diversos combustíveis.

O processo inicia-se com a chegada do CDR nas proximidades da caldeira, sendo que logo após é feita uma breve classificação e destinado o resíduo a trituração, diminuindo o tamanho para que quando entre na caldeira já seja autodestruído. A manutenção das condições adequadas de queima se dá através de uma camada de biomassa uniformemente espalhada no grelhado que mantém a temperatura nas condições ideais para que o resíduo alimentado entre rapidamente em combustão inibindo a formação de gases poluentes a atmosfera, tendo em vista que é queimado 50% Biomassa e 50% CDR.

### 2.2.4 Determinação do quantitativo de matéria prima da caldeira

De acordo com os dados obtidos a caldeira consome 3 toneladas por hora de cavaco (biomassa) e 3 toneladas de CDR (combustível derivado de resíduos CDR, plásticos), sendo que o material plástico passa por processo de trituração e é encaminhado por esteiras, sendo levado por carregadeiras até a linha da queima, sendo que por dia é utilizado como combustível cerca de 50 t de CDR e 50 t de cavaco, em um regime de funcionamento da empresa de 24 horas.

Sendo que este volume pode variar devido à qualidade do material que entra na linha de queima, pois se a umidade do material e qualidade estiver dentro da aceitabilidade do mesmo para uma boa combustão, o processo possui sistema de intertravamento quando não se tem uma boa combustão, o sistema condiciona a quantidade de cada tipo de matéria prima que entra na linha de queima, e com isso, pode variar o balanço do consumo de combustível.

#### 2.2.5 Determinação das características físicas da matéria prima.

O cavaco é oriundo da madeira, onde é composta por parte do tronco da madeira e também casca da madeira, composta majoritariamente por celulose, hemicelulose e lignina, em proporções variáveis conforme a espécie vegetal, e substâncias menores, como resinas, nutrientes da planta e outras. É natural, pois, encontrar ampla variação entre os dados de diferentes fontes de informação sobre suas características físico-químicas, em particular os teores de carbono e de hidrogênio, sendo que este material chega picado, com granulometria compatível para a queima.

O plástico é um derivado de petróleo, sendo que passa por classificação e retirado PVC e material indesejável para posterior entrar no processo, onde é controlado o teor de umidade a qualidade do material para posterior entrar na linha de queima.

#### 2.2.6 Geração de resíduos sólidos.

A geração de resíduos oriundos do processo da caldeira, se resulta em cinza da limpeza e também dos sistemas de controle de emissões, sendo que que a cinza oriunda do processo e encaminhado para aterro industrial de classe II da empresa licenciado, cerca de 1,5 toneladas por dia de cinza. A retirada da fuligem se da desta forma:

- Do Multiciclone é gerado 1 bag a cada 24 horas, sendo que o bag pesa aproximadamente 150 Kg

- Do Filtro Manga é gerado 1 bag a cada 48 horas, de aproximadamente 150 Kg.
- Do Grelhado é gerado aproximadamente 150 Kg a cada 8 horas, porém esse dado modifica conforme a qualidade do combustível.
- Do Porão da Caldeira é gerado em média 500 Kg a cada 12 horas.

### 2.2.7 Determinação do sistema de tratamento de emissões atmosféricas

O sistema possui tratamento de emissões por sistema de multiclone, composto por 400 tubos.

A caldeira esta equipada com dois sistemas de multiclone, filtro de mangas e sistema de adsorção. Os equipamentos utilizados são projetados para atingirem níveis eficiência a fim de controlar as emissões de material particulado, dioxina e furanos, material particulado inorgânico e ácido clorídrico, conforme dados da tabela 2.

Tabela 2: Detalhamento do sistema de abatimento das emissões atmosféricas

<b>Sistema de abatimento</b>	<b>2 multiclones ligados em série</b>
Número de garrafas em cada ciclone	50
Eficiência de remoção de Material Particulado	85% (partículas > 1 µm)
<b>Sistema de abatimento</b>	<b>1 Filtro de mangas</b>
Numero de mangas	280
Eficiência de remoção	95% (partículas < 1µm)
<b>Sistema de abatimento</b>	<b>Sistema de adsorção seca</b>
Vazão nominal de gases a serem tratados	40.000 Nm <sup>3</sup> /h
Eficiência de remoção de Dioxina e Furanos, Material Particulado Inorgânico e Ácido Clorídrico	90%

## 2.2.8 Avaliação Econômica

Este sistema de combustão de cavaco e também plásticos, tem se um ganho ambiental muito grande, além de reutilizar resíduos que seriam encaminhados para aterro, ainda e gerado energia novamente com estes materiais, e assim também evita o consumo de cavaco, o que reduz a necessidade de retirada de madeira de reflorestamento, de forma em geral, o ganho ambiental e economicamente de dobra através deste processo, e sua combustão não agride o meio ambiente pois possui todos os sistemas de tratamento necessário.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Quantitativo de poluentes através de médias de análises de emissões

Figura 2: Dados obtidos na licença ambiental da empresa LAO, a média de análises tiveram como base item já condicionado conforme a figura abaixo.

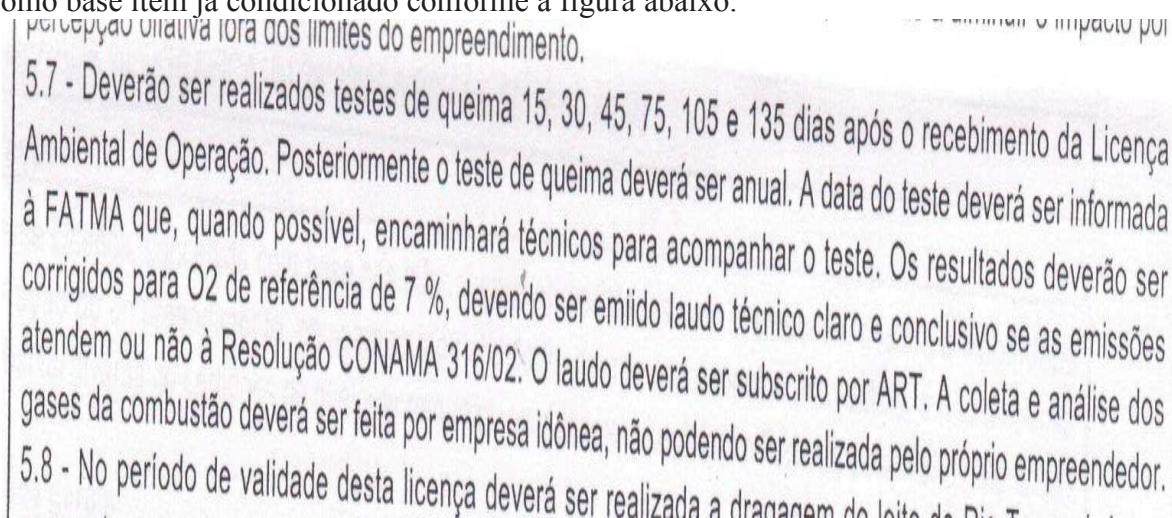


Tabela 3: Dados de emissões da caldeira, fornecimento pela Bioenergy, com base em dados de monitoramento.

<b>Variáveis de processo</b>		
<b>Parâmetro</b>	<b>Média</b>	<b>Unidade</b>
Umidade dos gases	11,3429	%
Temperatura ambiente	24	C
Oxigênio medido	9,25714	%
Dióxido de carbono	10,6	%
Densidade dos gases	1,28143	Kg/m <sup>3</sup>
Pressão na chaminé	1,57905	hPa
Velocidade do efluente na chaminé	14,221	m/s
Vazão dos gases na chaminé	14791,1	Nm <sup>3</sup> /h
Temperatura dos gases chaminé	206,368	C
Concentração de material particulado	56,381	mg/Nm <sup>3</sup>
Taxa de emissão de MP	1,15714	Kg/h
Concentração de CO	35,8571	mg/Nm <sup>3</sup>
Concentração NOx	273,286	mg/Nm <sup>3</sup>
Concentração SOx	4,57143	mg/Nm <sup>3</sup>
<b>Constantes de processo</b>		
Seção da chaminé	0,567	m <sup>2</sup>
Diâmetro da chaminé	0,85	m
Pressão Atmosférica	915	Mbar
Altura da chaminé	15	m
Coordenadas do ponto de emissão	22 J 539625.44,7062487.15 S	UTM

Fazendo o comparativo, através da formula do CONAMA 436/2011

Conversão às condições referenciais de oxigênio: a conversão da concentração medida para a condição referencial de oxigênio é apresentada abaixo, não sendo aplicável quando ocorrer injeção de oxigênio puro no processo:

$$C_R = \frac{21 - O_R}{21 - O_M} * C_M, \text{ sendo:}$$

1. CR - Concentração do poluente corrigida para a condição estabelecida nesta Resolução; 2. OR - Percentagem de oxigênio de Referência, conforme esta Resolução; estabelecida para cada fonte fixa de emissão; 3. OM - Percentagem de oxigênio medido durante a amostragem; 4. CM - Concentração do poluente determinada na amostra;

- Comparar o nível de Óxido de Enxofre "SO<sub>x</sub>" com a Conama 316/02

Conforme media de analise realizada, foi detectado que a emissão de Óxido de Enxofre “SO<sub>x</sub>” para uma quantidade de oxigênio foi de 4,57 mg/Nm<sup>3</sup>, sendo que a Conama define para uma quantidade de 7 %, então :

$$Cr = \frac{21-7}{21-9,25} * 4,57 = 5,44 \text{ mg/Nm}^3$$

- Comparar o nível de Óxido de Nitrogênio “NO<sub>x</sub>” com a Conama 316/02

Conforme media de analise realizada, foi detectado que a emissão de Óxido de Nitrogênio “NO<sub>x</sub>” para uma quantidade de oxigênio foi de 273,286 mg/Nm<sup>3</sup>, sendo que a Conama define para uma quantidade de 7 %, então :

$$Cr = \frac{21-7}{21-9,25} * 273,286 = 325,617 \text{ mg/Nm}^3$$

- Comparar o nível de Material Particulado “MP” com a Conama 316/02

Conforme media de analise realizada, foi detectado que a emissão de Material Particulado “MP” para uma quantidade de oxigênio foi de 56,38 mg/Nm<sup>3</sup>, sendo que a Conama define para uma quantidade de 7 %, então :

$$Cr = \frac{21-7}{21-9,25} * 56,38 = 67,09 \text{ mg/Nm}^3$$

- Comparar a concentração de Monóxido de Carbono “CO” com a Conama 316/02.

Conforme media de analise realizada, foi detectado que a emissão de Monóxido de Carbono CO para uma quantidade de oxigênio foi de 35,85 mg/Nm<sup>3</sup>, sendo que a Conama define para uma quantidade de 7 %, então :

$$Cr = \frac{21-7}{21-9,25} * 35,85 = 42,7 \text{ mg/Nm}^3$$



Como a CONAMA, estabelece os limites em PPM, convertendo o resultado obtido de 42,7 mg/Nm<sup>3</sup> para PPM, fica o Valor de 34,6 PPM

#### 4 CONCLUSÕES

Conforme a tabela a baixo relacionada faremos a comparação das emissões de gases, segundo a CONAMA 316/02

Tabela 4

<b>Tipo do gás</b>	<b>Concentração emitida</b>	<b>Concentração Vigente CONAMA</b>
SO <sub>x</sub>	5,44mg/Nm <sup>3</sup>	280 ml/Nm <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub>	325,617mg/Nm <sup>3</sup>	560 ml/Nm <sup>3</sup>
MP	67,09mg/Nm <sup>3</sup>	70 ml/Nm <sup>3</sup>
CO	34,6 PPM/Nm <sup>3</sup>	100 PPM/Nm <sup>3</sup>

Observando a tabela, vemos que o Óxido de Enxofre “SO<sub>x</sub>” obteve um resultado 5,44 mg/Nm<sup>3</sup>, sendo que o máximo permitido estabelecido na CONAMA é de 280 mg/Nm<sup>3</sup>, ficando dentro dos padrões.

O Óxido de Nitrogênio “NO<sub>x</sub>” obteve um resultado de 325,617 mg/Nm<sup>3</sup>, tendo que a CONAMA estabelece o limite de 560 mg/Nm<sup>3</sup>, fica dentro dos padrões estabelecidos.

O Material Particulado “MP” não obteve um resultado muito significativo como os demais poluentes, porem ainda permanece dentro dos padrões estabelecido na CONAMA, onde o limite máximo é de 70mg/Nm<sup>3</sup>, e o nosso resultado foi de 67,09 mg/Nm<sup>3</sup>.

Por fim o Monóxido de Carbono está dentro dos padrões estabelecido, obteve um resultado de 42,7 mg/Nm<sup>3</sup>, como a CONAMA estabelece o padrão em Partes Por Milhão “PPM”, então convertemos esses valores ficando um resultado de 34,6 Partes Por Milhão “PPM”.

Esse estudo foi feito através de dados de monitoramento de poluentes atmosféricos para avaliar o impacto das emissões da caldeira de geração de energia da Bioenergy, anexo a Empresa Bonet Madeiras e Papeis LTDA, em Timbó Grande/

SC, que tem como combustível derivados de madeira e derivados de resíduos, especialmente polímeros.

Também conforme a geração de resíduos sólidos gerados no processo da combustão, os mesmos são destinados para Aterro licenciado da empresa.

Por fim, de acordo com os dados levantados e resultados obtidos no decorrer deste trabalho, fica evidenciado de que os poluentes emitidos do processo de queima de biomassa e CDR (combustível derivado de resíduo), esta de acordo com as normas legais e de que a empresa opera suas atividades de forma adequada.

Ficando assim, um trabalho com base em dados concretos e que pode servir como base para outros projetos de energia renovável, tornando uma forma ambientalmente correta e com retorno financeiro para a empresa.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALTAFINI – Apostila sobre caldeiras. Disponível em: [www.segurançatrabalho.com.br/download/Caldeiras-apostilas.pdf](http://www.segurançatrabalho.com.br/download/Caldeiras-apostilas.pdf). Acesso em: 10/04/2015

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA 003/90, **estabelece padrões de qualidade do ar previstos no PRONAR**. Brasília, 1990. Acesso em: 10/04/2015

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA 382/06, **estabelece padrões de emissões atmosféricas**. Brasília, 2006. Acesso em: 15/05/2015

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA 316/02, **Regras de Calculos**. Brasília, 2006. Acesso em: 15/05/2015

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA 436/2011, **Complementa a 382**. Brasília, 2006. Acesso em: 15/05/2015

EPA – U.S. *Enviromental Protection Agency*. **Compilation of Air Pollutant Emission Factors**. North Carolina, 1995. Acesso em: 10/04/2015

ENERGIA INTELIGENTE – Disponível em: [energiainteligenteufff.com/2015/04/10/especial-energia-gerada-a-partir-de-biomassa](http://energiainteligenteufff.com/2015/04/10/especial-energia-gerada-a-partir-de-biomassa). Acesso em /01/05/2015

MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE – Disponível em: [www.mma.gov](http://www.mma.gov) Acesso em: 15/05/2015

NBR-ABNT-10004 – Disponível em: [pt.slideshare.net/marcelabarquet/nbr-abnt-10004-residuos-slidos-classificação](http://pt.slideshare.net/marcelabarquet/nbr-abnt-10004-residuos-slidos-classificação). Acesso em: 15/05/2015.

SCIELO – Disponível em: [www.scielo.br/scielo.php?pid=5151870122012000100005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=5151870122012000100005&script=sci_arttext). Acesso em: 15/05/2015.

WIKIPEDIA – Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Óxidos\\_de\\_nitrogênio](https://pt.wikipedia.org/wiki/Óxidos_de_nitrogênio). Acesso em: 31/05/2015

WIKIPEDIA – Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_do\\_enxofre](https://pt.wikipedia.org/wiki/Ciclo_do_enxofre). Acesso em: 31/05/2015

## **ANEXOS**