

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

LETÍCIA FERRAZ MAZZUCHELLO

**ESTUDO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS ORIUNDAS DE UMA ATIVIDADE
INDUSTRIAL DE PRODUÇÃO DE CARDIFF**

CRICIÚMA

2020

LETÍCIA FERRAZ MAZZUCHELLO

**ESTUDO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS ORIUNDAS DE UMA ATIVIDADE
INDUSTRIAL DE PRODUÇÃO DE CARDIFF**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para obtenção do grau de Engenheira Ambiental e Sanitarista no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador(a): Prof. (a) M.Sc. Paula Tramontim Pavei

CRICIÚMA

2020

LETICIA FERRAZ MAZZUCHELLO

**ESTUDO DAS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS ORIUNDAS DE UMA ATIVIDADE
INDUSTRIAL DE PRODUÇÃO DE CARDIFF.**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Engenheira Ambiental e Sanitarista, no Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Sistema de Gestão Ambiental.

Criciúma, 07 de dezembro de 2020.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Paula Tramontim Pavei - Mestre – (UNESC) - Orientadora

Prof. Marta Valéria Guimarães de Souza Hoffmann -Mestre - (UNESC)

Prof. Rosimeri Venâncio Redivo – Mestre - (UNESC)

Dedico principalmente aos meus pais que acreditaram em meus sonhos e não me deixaram desistir nas horas difíceis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais Edir e Rosinéia, que acreditaram em meu potencial e na dificuldade conseguiram pagar minha graduação.

Agradeço ao meu namorado Hérík pelo apoio, amor e motivação ao longo desses cinco anos, e principalmente por não deixar eu desistir dos meus sonhos.

Ao supervisor de campo João Manoel por todo ensinamento e oportunidade de realizar o estágio na empresa.

Aos funcionários da empresa que me receberam de braços abertos.

Agradeço a todas as oportunidades de estágios e empregos envolvendo a área ambiental, onde especialmente aprendi muito sobre licenciamento ambiental na Fundação do Meio Ambiente de Criciúma- FAMCRI e que me abriu portas para novos caminhos.

Agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para meus aprendizados, destacando todos os professores da graduação e minha orientadora Paula.

“Pense sempre além do esperado e mergulhe de cabeça nas oportunidades que aparecem no seu caminho.”

Lakshmi Mittal

RESUMO

O carvão mineral é a principal fonte de energia para diversas atividades como termoelétricas, cimenteiras e cerâmicas. Da fração metalúrgica do carvão também é gerado um produto final denominado Cardiff, obtido por meio da secagem, moagem e resfriamento do mesmo. Este produto é utilizado na preparação de areia de moldagem a verde para proporcionar melhor acabamento superficial nas peças fundidas. Assim como outras atividades antropogênicas, o processo de produção de Cardiff tem potencial de causar poluição ao compartimento ar, a citar a emissão de material particulado durante o manuseio, transporte da matéria prima e ensacamento do produto para transporte final, bem como no processo de secagem onde realiza-se a queima de derivados de madeira em fornalha, liberando dióxido de carbono, monóxido de carbono, metano, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, entre outros. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar um estudo das emissões atmosféricas oriundas da unidade industrial de produção de Cardiff e verificar se a qualidade do ar do entorno está sendo afetada pelo empreendimento. Para tal, foi analisado os relatórios de emissões atmosféricas de 2017, 2019 e 2020, além da realização do monitoramento da qualidade do ar de dezembro de 2019 a novembro de 2020 por meio do Amostrador de Grande Volume, a fim de medir a concentração das partículas totais em suspensão. Em análise dos resultados pode-se observar que as concentrações tiveram variações obtidas em diferentes direções dos ventos e precipitações diárias. Percebe-se que a atividade não é a única contribuinte para a alteração da qualidade do ar da região, visto que como destacado nos resultados e discussões há o intenso tráfego de veículos leves e pesados na Rodovia SC 445 que liga Criciúma e Siderópolis. Mesmo com diversos fatores que podem contribuir para a dispersão de materiais particulados, a empresa mantém constante os controles ambientais empregados, principalmente com a umidificação do pátio e a lavagem dos veículos antes de saírem da empresa. Destaca-se ainda que a mesma não ultrapassou os limites máximos permissíveis pela legislação Conama nº 491/2018, que dispõe sobre os padrões da qualidade do ar.

Palavras-chave: Emissões Atmosféricas. Qualidade do Ar. Monitoramento. Cardiff.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Esquema do funcionamento do filtro manga	26
Figura 02 – Esquema de funcionamento do lavador de gases do tipo Venturi.....	27
Figura 03 – Amostrador de Grande Volume - PTS	28
Figura 4 – Esquema do equipamento básico de amostragem isocinética.....	30
Figura 5 – Localização da área do empreendimento.....	32
Figura 6 – Esquema do processo produtivo.....	34
Figura 7 – Equipamentos do sistema de captação de pó e silos da produção de Cardiff.....	38
Figura 8 – Equipamentos do sistema de captação de pó e silos da produção de Cardiff.....	38
Figura 9 – Produtos ensacados.....	38
Figura 10 – Localização do ponto de monitoramento da qualidade do ar.....	43
Figura 11 – Equipamento de monitoramento da empresa.....	44
Figura 12 A – Pesagem do filtro	44
Figura 12 B – Instalação do filtro para monitoramento.....	44
Figura 13 A – Filtro retirado após o monitoramento.....	45
Figura 13 B – Disco de leitura das deflexões.....	45
Figura 14 – Pesagem do filtro após o monitoramento.....	45
Figura 15 – Transporte da matéria prima.....	48
Figura 16 – Visita na central de mistura.....	48
Figura 17 – Vista da chaminé durante a queima de derivados de madeira.....	48
Figura 18 – Processo produtivo.....	49
Figura 19 A – Rampa construída de concreto.....	51
Figura 19 B – Local da lavação dos veículos.....	51
Figura 20 – Lavagem dos veículos para transporte do produto devidamente enlonados.....	51
Figura 21 – Caminhão pipa da empresa realizando a umidificação.....	52
Figura 22 – Cortina florestal da empresa.....	53

Figura 23 – Filtro manga acoplado aos equipamentos do processo produtivo (moinho).....	54
Figura 24 – Lavador de gases do tipo Venturi.....	54
Figura 25 – Projeto do lavador de gases do tipo Venturi.....	55
Figura 26 – Planta baixa: lavador de gases.....	55
Figura 27 – Escala de Ringelmann.....	60
Figura 28 – Resultado do monitoramento da fumaça preta na empresa.....	61
Figura 29 - Comportamento das concentrações de PTS.....	65
Figura 30 – Mapa de localização do equipamento de monitoramento.....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Parâmetros para material particulado e dióxido de nitrogênio.....	56
Quadro 2 –Parâmetros para monóxido de carbono	57
Quadro 3 – Laudo de amostragem de emissões atmosféricas realizado anualmente.	58
Quadro 4 – Padrões da qualidade do ar.....	61
Quadro 5 – Resultados finais para PTS	63

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGV - Amostrador de Grande Volume
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNTp – Condições Normais de Temperatura e Pressão
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
COV's – Compostos Orgânicos Voláteis
DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral
DPA – Divisão de Poluentes Atmosféricos
EPA – Environmental Protection Agency
EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
EPI – Equipamento de Proteção Individual
FMC - Fumaça
IAC– Instituto Ambiental Catarinense
IMA – Instituto do Meio Ambiente
LAI – Licença Ambiental de Instalação
LAO – Licença Ambiental de Operação
LAT – Latitude
LONG - Longitude
MMA – Ministério do Meio Ambiente
MP – Material Particulado
MP₁₀ – Partículas Inaláveis
MP_{2,5}– Partículas Inaláveis Finas
MW - Megawatt
NE – Nordeste
NO₂ – Dióxido de Nitrogênio
O₂ – Oxigênio
PI – Padrão Primário
PPM – Partes por Milhão
PF – Padrão Final
PTS – Partículas Totais em Suspensão
SE - Sudeste

SO_2 – Dióxido de Enxofre

$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$ – Óxidos Sulfúricos

SO_x – Compostos de Enxofre

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1 ATMOSFERA	16
2.1.1 Poluição atmosférica	17
2.1.2 Principais poluentes atmosféricos e seus efeitos	18
2.1.2.1 Material particulado	19
2.1.2.2 Dióxido de enxofre.....	20
2.1.2.3 Monóxido de carbono	20
2.1.2.4 Dióxido de nitrogênio.....	21
2.1.2.5 Compostos Orgânicos Voláteis (COV´s)	21
2.1.2.6 Ozônio	22
2.1.2.7 Chumbo.....	22
2.2 LEGISLAÇÕES RELACIONADAS À POLUIÇÃO DO AR	23
2.3 FORMAS DE CONTROLE DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS.....	24
2.3.1 Sistemas de tratamento de emissões atmosféricas aplicados na indústria de produção de Cardiff.....	25
2.4 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR.....	27
2.4.1 Equipamentos para monitoramento de partículas totais em suspensão.....	28
2.5 MONITORAMENTO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS.....	29
2.5.1 Amostragem isocinética de emissões atmosféricas.....	29
2.5.2 Escala de Ringelmann para fontes fixas.....	30
3 METODOLOGIA	31
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	32
3.1.1 Processo produtivo.....	32
3.1.1.1 Alimentação da indústria.....	34
3.1.1.2 Secagem.....	34
3.1.1.3 Resfriamento.....	35
3.1.1.4 Moagem.....	36
3.1.1.5 Ensacamento.....	37
3.1.1.6 Transporte do produto final.....	37

3.2 COLETA DE DADOS.....	38
3.2.1 Diagnóstico das possíveis emissões atmosféricas oriundas da atividade.....	39
3.2.2 Análise da eficiência do sistema de tratamento de emissões atmosféricas.....	39
3.2.3 Monitoramento da qualidade do ar.....	42
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	47
4.1 DIAGNÓSTICO DAS POSSÍVEIS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS ORIUNDAS DA ATIVIDADE	47
4.1.1 Controles ambientais	49
4.1.1.1 Rampa e bomba para limpeza dos veículos.....	50
4.1.1.2 Umidificação do pátio operacional.....	51
4.1.1.3 Cortina florestal.....	52
4.1.1.4 Abatimento do material particulado por meio do filtro manga e lavador de gases do tipo Venturi.....	53
4.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS.....	56
4.2.1 Grau de enegrecimento da fumaça preta.....	59
4.3 RESULTADOS DAS AMOSTRAGENS DE QUALIDADE DO AR.....	61
4.4 PROPOSIÇÕES DE MEDIDAS DE MELHORIAS.....	67
5 CONCLUSÃO	69
REFERÊNCIAS.....	71
ANEXO(S).....	76
ANEXO A - PLANILHA DE CÁLCULO DA CONCENTRAÇÃO DE PTS.....	77

1 INTRODUÇÃO

Diversas são as atividades antropogênicas que tem potencial de causar a degradação e poluição ao compartimento ar, a citar, queima de combustíveis em caldeiras, lareiras, aquecedores, fornalhas; centrais elétricas que utilizam turbinas com combustíveis; queima de combustíveis fósseis em tratores, aviões, barcos, motos, carros, caminhões; incêndios, entre outros.

Tais emissões também são observadas no processo de produção de Cardiff, a exemplo do material particulado emitido durante o manuseio e transporte da matéria prima e ensacamento do produto para transporte final.

Destaca-se ainda que durante o processo de secagem, realiza-se a queima de derivados de madeira em fornalha no qual podem liberar concentrações de dióxido de carbono, monóxido de carbono, metano, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio, entre outros.

A empresa estudada possui equipamentos para controle destas emissões oriundas das fornalhas, como o filtro manga acoplados ao moinho e ao secador do processo produtivo, cuja eficiência é analisada por meio de amostragem de emissões atmosféricas realizada na chaminé do empreendimento.

Além disto, a mesma realiza o monitoramento da qualidade do ar com o uso de equipamento de Amostrador de Grande Volume (AGV - PTS).

Apesar da análise destes dados serem realizados individualmente pela atividade, os monitoramentos nunca foram comparados e interpretados coletivamente, o que justifica a pesquisa realizada neste Trabalho de Conclusão de Curso que tem como objetivo geral realizar um estudo das emissões atmosféricas oriundas de unidade industrial da produção de Cardiff e verificar se a qualidade do ar do entorno está sendo afetada pelo empreendimento.

Para atendimento deste, os objetivos específicos compreendem: a) analisar processo produtivo de Cardiff, identificando as possíveis fontes de emissões atmosféricas; b) verificar a eficiência dos equipamentos de controle de emissões atmosféricas; c) avaliar os resultados de monitoramento da qualidade do ar realizados pela empresa por meio do Amostrador de Grande Volume (AGV – PTS); d) propor melhorias para ampliar o controle ambiental das fontes de emissões oriundas do processo produtivo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ATMOSFERA

A atmosfera terrestre é a camada de ar que envolve o planeta Terra fornecendo proteção e os gases necessários para a manutenção da vida. Graças à ação da gravidade, as partículas de ar que compõe a atmosfera terrestre não se dissipam pelo espaço, permanecendo unidas a superfície (LEITÃO, 2020).

A atmosfera terrestre é formada por inúmeros gases, os principais são o nitrogênio com 78%, oxigênio 21%, argônio 0,9% e 1% são os gases nobres (BRAGA et al, 2002).

A mesma costuma ser dividida verticalmente em camadas concêntricas, definidas por suas características de temperatura e pressão, sendo:

- Troposfera: é a camada inferior onde vivem e respiram os seres vivos. Estende-se desde a superfície terrestre até uma altitude variável entre 8 km (nos polos) a 20 km (na linha do Equador), nesta camada a temperatura diminui com a altitude (GOUVEIA, 2017).

- Estratosfera: é nesta faixa que se encontra a camada de ozônio. Na estratosfera, a temperatura é constante na porção inicial (se estende até mais ou menos 50 km acima do solo) e vai aumentando gradualmente até o topo da camada. Isso se deve à absorção da radiação ultravioleta pelo ozônio (GOUVEIA, 2017).

- Mesosfera: a temperatura decresce com a altitude novamente nessa faixa, chegando a atingir - 90 °C. A mesosfera atinge até cerca de 80 km (GOUVEIA, 2017).

- Ionosfera: é uma camada que vai de 85 km a 640 km e é caracterizada pela presença de partículas denominadas íons. Nessa camada, as ondas são refletidas, sendo possível a comunicação a grandes distâncias. Os gases que compõem a ionosfera são o oxigênio, o hidrogênio e o nitrogênio. É nesta camada em que ocorre a aurora boreal, a qual acontece quando partículas dos raios solares, em contato com os gases atmosféricos, produzem, à noite, belas formas coloridas. (TORRES, 2020).

A camada que mais sofre com a influência humana é a troposfera, ela possui cerca de 75% a 80% de todo o ar do planeta (MILLER; SPOOLMAN, 2016).

Nesta camada é onde se encontra os seres vivos. Segundo Souza (2020), é a mais afetada pelo homem em virtude da proximidade com a Terra, onde os principais poluentes são derivados de automóveis e indústrias. Neste caso, as consequências para o homem vêm na forma de chuvas ácidas e nevoeiros fotoquímicos.

Já na estratosfera, segundo Souza (2020), os gases leves, provindos da Terra, alcançam esta altitude causando sérios danos, sobretudo a destruição da camada de ozônio.

2.1.1 Poluição Atmosférica

A poluição atmosférica é definida como a presença de substâncias na atmosfera, em concentrações altas o bastante para prejudicar organismos, ecossistemas e alterar o meio ambiente. Os poluentes podem ser de fontes naturais ou humanas (MILLER; SPOOLMAN, 2016; BRAGA et al, 2002).

Dá-se o nome de poluição a qualquer degradação (deterioração, estrago) das condições ambientais, do habitat de uma coletividade humana. É uma perda, mesmo que relativa, da qualidade de vida em decorrência de mudanças ambientais. São chamados de poluentes os agentes que provocam a poluição, como um ruído excessivo ou um gás nocivo na atmosfera (BRASIL ESCOLA, 2020).

Segundo a Política Nacional de Meio Ambiente (1981), é considerado degradação ambiental atividades que diretamente ou indiretamente afetem um destes parâmetros: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem materiais ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos. (BRASIL, 1981, p. 2).

Diversas atividades estão relacionadas com a poluição e degradação ambiental, podendo ser de origem antrópica ou natural.

Por ações antrópicas: “o número crescente da circulação de veículos no mundo e as atividades industriais são fatores que contribuem fortemente para a poluição da atmosfera”. (CESAR; NASCIMENTO; CARVALHO, 2013, p.12).

Com o aumento das indústrias surgem também novas fontes de poluentes, como a queima de combustíveis fósseis pelos motores, a combustão e a expansão das indústrias siderúrgicas o aumento das indústrias químicas, e esse

crescimento ocorreu sem um monitoramento e controle dos possíveis danos que esses poluentes podem causar à saúde humana (MÁRIO, 2012).

Já “os poluentes de fontes naturais incluem, poeira levada pelo vento, poluentes de incêndios, erupções vulcânicas e produtos químicos orgânicos voláteis liberados de plantas.” (MILLER; SPOOLMAN, 2016, p.351).

2.1.2 Principais poluentes atmosféricos e seus efeitos

Considera-se poluente:

Qualquer substância presente no ar e que, pela sua concentração, possa torná-lo impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, causando inconveniente ao bem estar público, danos aos materiais, à fauna e à flora ou prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade”. (CETESB, 2020, s.p).

Os poluentes atmosféricos são gases e partículas sólidas como poeiras e fumos, que são gerados das diversas atividades antrópicas, além de fenômenos naturais dispersos na atmosfera, como erupções vulcânicas, queimadas não intencionais, entre outros. Milhões de pessoas morrem devido aos poluentes atmosféricos, que estão concentrados principalmente em cidades industrializadas (PORTAL EBC, 2015).

Segundo Finkler (2018), a poluição do ar pode afetar de forma aguda ou crônica, em que depende do índice de poluição no ar. Destaca-se principalmente os sintomas como a irritação na garganta, nariz e olhos como efeitos agudos. Já para a exposição crônica à poluição pode resultar no aparecimento de doenças como a rinite, bronquite, asma e até câncer de pulmão.

O principal alvo dos poluentes do ar nos seres humanos (e outros seres vivos) é o sistema respiratório, assim de acordo com Vesilind e Morgan (2011) os poluentes transportados pelo ar entram no corpo através da boca e das cavidades nasais, sendo levados ao pulmão, ou ainda absorvidos pela corrente sanguínea.

Dentre os principais poluentes atmosféricos destacam-se: material particulado, dióxido de enxofre, monóxido de carbono, dióxido de nitrogênio, compostos orgânicos voláteis (COV's), ozônio e chumbo.

2.1.2.1 Material Particulado

O material particulado “se encontra um conjunto de poluentes constituídos de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido e líquido que se mantém suspenso na atmosfera por causa de seu pequeno tamanho.” (CETESB, 2020, s.p).

Pode ser dividida em quatro grupos, partículas totais em suspensão (PTS), partículas inaláveis (MP₁₀), partículas inaláveis finas (MP_{2,5}) e a fumaça (FMC).

As Partículas Totais em Suspensão (PTS):

Podem ser definidas de maneira simplificada como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor ou igual a 50 µm. Uma parte dessas partículas é inalável e pode causar problemas à saúde, outra parte pode afetar desfavoravelmente a qualidade de vida da população, interferindo nas condições estéticas do ambiente e prejudicando as atividades normais da comunidade. (CETESB, 2020, s.p).

As Partículas Inaláveis (MP₁₀):

Podem ser definidas de maneira simplificada como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor ou igual a 10 µm. Dependendo da distribuição de tamanho na faixa de 0 a 10 µm, podem ficar retidas na parte superior do sistema respiratório ou penetrar mais profundamente, alcançando os alvéolos pulmonares. (CETESB, 2020, s.p).

Já as Partículas Inaláveis Finas (MP_{2,5}):

Podem ser definidas de maneira simplificada como aquelas cujo diâmetro aerodinâmico é menor ou igual a 2,5 µm por causa do seu tamanho diminuto, penetram profundamente no sistema respiratório, podendo atingir os alvéolos pulmonares. (CETESB, 2020, s.p).

Ainda, a fumaça (FMC):

Está associada ao material particulado suspenso na atmosfera proveniente dos processos de combustão. O método de determinação da fumaça é baseado na medida de refletância da luz que incide na poeira (coletada em um filtro), o que confere a este parâmetro a característica de estar diretamente relacionado ao teor de fuligem na atmosfera. (CETESB, 2020, s.p).

Segundo Miller e Spoolmam (2016), o material particulado afeta principalmente o sistema respiratório, podendo irritar o nariz e a garganta, danificar

os pulmões, agravar a asma e a bronquite e a diminuir a vida útil. Pode ainda causar mutações genéticas, problemas reprodutivos e câncer.

2.1.2.2 Dióxido de enxofre

“É um gás incolor com odor irritante” (MILLER; SPOOLMAM, 2016, p. 352). É encontrado em muitas matérias-primas, como o petróleo, alumínio, cobre e o ferro, quando estes materiais são queimados ou os metais presentes nestes são extraídos, pode ocasionar na oxidação do enxofre o que leva a liberação de vários gases de óxidos de enxofre (MILLER; SPOOLMAM, 2016, MIHELCIC; ZIMMERMAN, 2012).

A principal geração destes gases ocorre por meio da queima de combustível, como o fuelóleo e o carvão, principalmente em centrais térmicas (GOMES, 2010).

Para a saúde, é um “gás irritante para as mucosas dos olhos e vias respiratórias em concentrações elevadas, pode provocar efeitos agudos e crônicos na saúde humana, especialmente ao nível do aparelho respiratório pode agravar problemas cardiovasculares” (CIÊNCIA VIVA, 2020, s.p).

2.1.2.3 Monóxido de Carbono

É um “gás incolor, inodoro e altamente tóxico que se forma durante a combustão incompleta dos materiais que contêm carbono” (MILLER; SPOOLMAM, 2016, p. 352).

Essa combustão incompleta geralmente ocorre devido à quantidade insuficiente de ar para a quantidade de combustível queimado. Exemplos de emissões desse gás são os veículos automotores, usinas termoeletricas e fogões a lenha (MIHELCIC; ZIMMERMAN, 2012).

Em baixas concentrações, em torno de 50 ppm, o monóxido pode causar dores de cabeça leves, náuseas e sintomas de envenenamentos moderados. Ao elevar essa concentração para 400 ppm, a inalação pode causar fraqueza, tontura, fortes dores de cabeça e vômito. Acima dessa quantidade, a intoxicação pode levar a sintomas mais graves, como convulsões, alteração do ritmo

cardíaco, dificuldades na respiração, intoxicação do sistema nervoso central e, em casos mais severos, pode ocasionar a morte (FERREIRA, 2020).

2.1.2.4 Dióxido de nitrogênio

Possui baixa solubilidade e é altamente oxidante. É gerado por meio de reações entre o óxido nítrico (NO) e o oxigênio, possui coloração castanho-avermelhado (MILLER; SPOOLMAM, 2016).

Esse gás é produzido quando o ar é utilizado para a queima de combustíveis, geralmente em processos de combustão em fontes fixas e móveis, também pode ser gerado por fontes naturais como por meio da erupção de um vulcão. (BRAGA et al, 2002; MILLER; SPOOLMAM, 2016).

Destaca-se como os principais efeitos deste poluente à saúde:

[...] ardências nos olhos, nariz e mucosas no geral, pois ele reage com a pele exposta ao ar, provocando lesões celulares. Os mais atingidos são os revestimentos celulares das vias respiratórias, indo desde o nariz até os alvéolos pulmonares. Em casos de intoxicação grave, pode ainda causar hemorragias, insuficiência respiratória e até a morte. (ECYCLE, 2020-A, s.p).

2.1.2.5 Compostos Orgânicos Voláteis (COV's)

São gases e vapores resultantes da queima incompleta e evaporação de combustíveis e de outros produtos orgânicos, sendo emitidos pelos veículos, pelas indústrias, pelos processos de estocagem e transferência de combustível. Muitos desses compostos, participam ativamente das reações de formação do ozônio. (CETESB, 2020).

Segundo CETESB, (2020), os compostos orgânicos voláteis presentes na atmosfera em particular são: benzeno, tolueno, etil benzeno e xilenos. Os aromáticos monocíclicos são precursores do ozônio e alguns desses compostos podem causar efeitos adversos à saúde.

Os Compostos Orgânicos Voláteis:

Contribuem para a formação do chamado smog fotoquímico. Ele ocorre quando a poluição se combina com as gotas de vapor de água, o que faz com que a atmosfera fique densa, com o aspecto de neblina. O problema

desse efeito é o agravamento da incidência dos raios UV, levando a problemas de pele e até mesmo câncer (GERALDES, 2018, s.p).

Os efeitos a exposição deste incluem “dores de cabeça, alergia cutânea, irritação no nariz, olhos e garganta, fadiga, falta de ar e de memória e tontura”. Afetam ainda o fígado e o sistema nervoso central, prejudicando permanentemente o organismo, além de câncer (GERALDES, 2018, s.p).

2.1.2.6 Ozônio

É um gás incolor e altamente reativo, é o principal ingrediente da poluição fotoquímica (MILLER; SPOOLMAM, 2016).

Segundo Mihelcic e Zimmerman (2012), o ozônio não possui fontes diretas, ele é criado por uma sequência de reações químicas induzidas pela luz solar.

Eles são gerados a partir de outros poluentes, em geral hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio (BRAGA et al, 2002).

Os componentes que geram o ozônio são emitidos principalmente pela queima de combustíveis fósseis, volatilização de combustíveis, na criação de animais e na agricultura (BRAGA et al, 2002, MIHELICIC; ZIMMERMAN, 2012).

Segundo Ecycle (2020 - B), o ozônio em grandes concentrações se transforma em um poluente, ou seja, afeta o crescimento das plantas diminuindo a produtividade agrícola, principalmente de culturas de feijão, soja, trigo e algodão. Já na saúde pode provocar irritação nos olhos e vias respiratórias, diminuir a capacidade pulmonar, intensificar problemas cardiovasculares, além de aumentar a mortalidade infantil por causas respiratórias.

2.1.2.7 Chumbo

No passado, os veículos eram os principais contribuintes de emissões de chumbo para o ar. Atualmente, o chumbo é encontrado em maior quantidade em locais específicos como próximo a fundições de chumbo e indústrias de fabricação de baterias chumbo-ácido (CETESB, 2020).

Os efeitos à saúde devido à intoxicação incluem:

Alterações de personalidade, dores de cabeça, perda de sensibilidade, fraqueza, sabor metálico na boca, instabilidade na locomoção, falta de apetite, vômitos, prisão de ventre, cólicas abdominais, dores em ossos ou articulações, hipertensão arterial e anemia. (O'MALLEY, 2019, s.p).

2.2 LEGISLAÇÕES RELACIONADAS À POLUIÇÃO DO AR

Como ocorre na maioria dos países que contam com legislações avançadas de meio ambiente, no Brasil, o controle da poluição do ar é regulamentado em três vias: qualidade ambiental e controle da poluição em sentido amplo, incluindo as definições de infrações e sanções, controle de emissões por fontes fixas, e controle de emissões por fontes móveis (PEREIRA, 2007, p.3).

A resolução do CONAMA nº 005/1989 dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar (PRONAR), essa estabelece padrões de qualidade de acordo com os usos em áreas estabelecidas. Ele estabelece metas e instrumentos de ação, incluindo elaboração de inventário nacional de poluição do ar e de áreas críticas de poluição (BRASIL, 1989).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente sobre as fontes fixas (MMA, 2020), sobre as legislações vigentes para emissões atmosféricas de fontes fixas, destacam-se as Resoluções CONAMA nº 382/06 e 436/11, que mencionam sobre os limites de emissões de poluentes, qualidade do ar, proteção ao meio ambiente e da saúde da população.

Para fontes estacionárias como chaminés, incineradores e lavadores de gás é realizado através da análise meticulosa dos parâmetros associados às emissões de determinada atividade. Em fontes fixas é um requisito legal com a finalidade o controle e recuperação da qualidade do ar, observados os limites de emissões de poluentes atmosféricos garantindo a proteção da saúde e o bem estar da população. As Resoluções CONAMA 382 e CONAMA 436 estabelecem limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas, (CMA ENGENHARIA AMBIENTAL, s.p).

Em 2006, por meio da Resolução nº 382/2006 (MMA,2006), o CONAMA atualizou e ampliou os parâmetros das resoluções anteriores e estabeleceu limites máximos de emissão, incluindo então os principais combustíveis utilizados pelas indústrias, bem como instalações, como usinas termelétricas, turbinas a gás, unidades de produção de vapor entre outros.

Essa última resolução mudou a abordagem do tema, onde anteriormente admitia-se maiores concentrações de emissões onde as condições atmosféricas

fossem favoráveis, com isso mudou-se o método de entendimento e adotou-se valores fixos para cada tipo de fonte ou combustível (PEREIRA, 2007).

A resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006 (MMA, 2006), “Complementada pela Resolução nº 436, de 2011. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas”.

RESOLUÇÃO nº 436, DE 22 DE DEZEMBRO DE 2011 (MMA, 2011), “Complementa as Resoluções nº 05/1989 e nº 382/2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007”.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 491 de 19 de novembro de 2018 (MMA, 2018), dispõe sobre os padrões de qualidade do ar, “considerando que os Padrões Nacionais de Qualidade do Ar são parte estratégica do Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar - PRONAR, como instrumentos complementares e referenciais ao PRONAR”.

2.3 FORMAS DE CONTROLE DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

Existem hoje algumas formas de controle de poluição do ar, como as citadas abaixo:

- I. Melhorar a eficiência dos sistemas de combustão;
- II. Substituir o combustível fóssil por outras fontes de energia como energia eólica e solar;
- III. Substituição do carvão sólido por carvão liquefeito ou gaseificado;
- IV. Utilização de transportes públicos;
- IV. Remover o material particulado das chaminés industriais.
- V. Reduzir a emissão de dióxido de enxofre proveniente da queima do carvão;
- VI. Utilização de carvão com baixo teor de enxofre;
- VII. Remover o enxofre antes da queima (BRAGA et al. 2002).

Há dois tipos de medidas que podem ser adotadas para controlar a poluição atmosférica: direta e indireta.

De acordo com Lapa (2020) o método indireto consiste em impedir a geração do poluente, substituindo as matérias-primas e reagentes ou, então, mudar os processos e operações. As medidas diretas consistem em tratar os poluentes ainda na fonte, ou seja, antes de lançá-los para a atmosfera.

Os equipamentos de controle de poluição do ar têm a finalidade “de controlar a emissão de poluentes na atmosfera. Eles são classificados em de acordo com o estado físico do poluente a princípio. Depois, essa classificação envolve alguns parâmetros, como o mecanismo de controle, o uso ou não da água” (LAPA, 2020, s.p).

Alguns dispositivos utilizados para a prevenção da poluição atmosférica, são: ciclones, filtros de mangas, precipitadores eletrostáticos, lavadores de gases, coletores gravitacionais, incineradores, ou ainda por meio de processos de adsorção, absorção, tratamento biológico e condensadores.

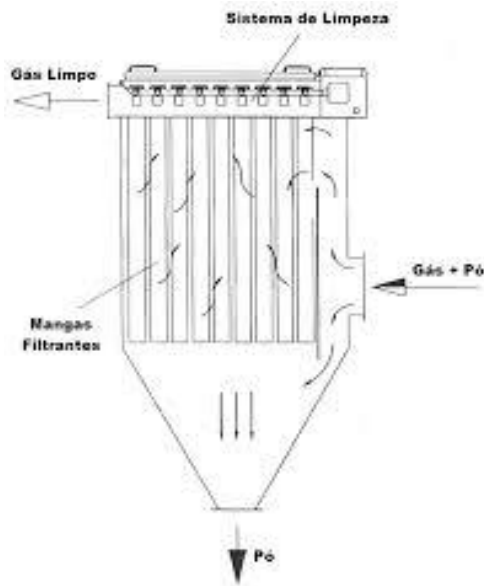
2.3.1 Sistemas de tratamento de emissões atmosféricas aplicados na indústria de produção de Cardiff

O filtro de mangas ou filtro de sacos é um equipamento utilizado para a remoção de materiais particulados. O mesmo remove até 99,9 por cento das partículas, incluindo partículas finas. A fumaça passa por filtros ou sacos de tecidos localizados na chaminé, porém são sensíveis a altas temperaturas e a umidade (VESILLIND; MORGAN, 2011, BRAGA et al. 2002).

Os filtros de mangas são equipamentos largamente utilizados no controle a seco das emissões de material particulado em diversos processos produtivos, equipamentos e operações específicas. O funcionamento deste tipo de filtro consiste na passagem forçada do ar com material particulado pelas mangas filtrantes, no sentido de fora para dentro. Os sólidos em suspensão ficam retidos no tecido das mangas filtrantes, na parte externa, enquanto o ar filtrado segue para uma câmara superior, de onde é lançado na atmosfera. (CPEA, 2020, p.04).

A figura 01 ilustra o equipamento de filtro manga.

Figura 01: Esquema do funcionamento do filtro manga.



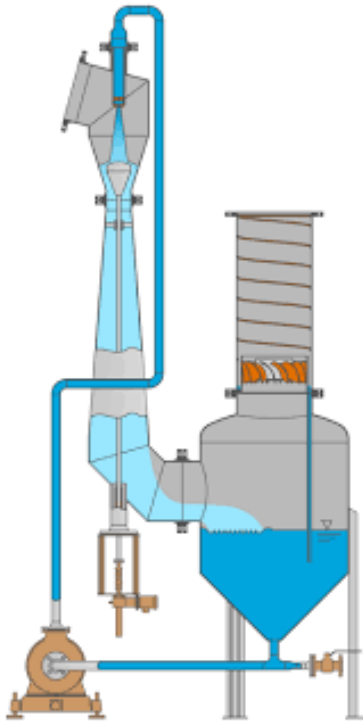
Fonte: Intensiv-Filter do Brasil Ltda, 2020.

Os lavadores de gases são os equipamentos mais utilizados para efetuar a depuração dos poluentes líquidos ou gasosos, funciona através de uma torre onde se passa um fluxo descendente de gotas de líquidos utilizados para a remoção (água ou outro) que são lançados sobre um fluxo de gás ascendente a depurar (GOMES, 2010).

Os lavadores são equipamentos que utilizam, como princípio básico de funcionamento, a absorção das partículas presentes em fluxo gasoso, por um meio líquido mediante contato forçado, ou impactação inercial, a qual pode se dar de diferentes maneiras, variando de um tipo de lavador para outro. O líquido, após o contato com o gás, carrega as partículas para um sistema de tratamento de efluentes líquidos, onde a parte sólida é separada da líquida, que retorna ao equipamento, para reiniciar o processo de lavagem do fluxo gasoso, enquanto a fase sólida é retida e enviada para uma destinação adequada. Os lavadores podem ser usados tanto para o controle de particulados como gases e vapores. (FERNANDES, p. 212, 2003).

Segundo Fernandes (p. 214, 2003), o lavador Venturi é um dos sistemas de tratamentos mais utilizados devido sua alta eficiência na remoção de particulados, sendo que ele requer um espaço reduzido e é de fácil operação. O esquema de funcionamento de um lavador de gases do tipo Venturi é apresentado na figura 02.

Figura 02: Esquema de funcionamento do lavador de gases do tipo Venturi.



Fonte: Korting, 2020.

2.4 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

O monitoramento da qualidade do ar é realizado para determinar o nível de concentração de poluentes presentes na atmosfera. A qualidade do ar de uma área ou região é determinada através de avaliações de poluentes atmosféricos, que são comparados com os padrões de concentrações de poluentes estabelecidos na legislação ambiental (COMPANHIA DOCAS DO PARÁ, 2020).

Os padrões de qualidade do ar referem-se às concentrações de poluentes atmosféricos que, quando ultrapassados, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem estar da população, bem como ocasionar danos à flora e fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral (COMPANHIA DOCAS DO PARÁ, 2020).

Há diversos equipamentos utilizados para monitoramento da qualidade do ar, destacando para as partículas totais em suspensão, no qual a indústria de produção de Cardiff utiliza o Amostrador de Grande Volume para Partículas Totais em Suspensão.

2.4.1 Equipamentos para monitoramento de partículas totais em suspensão

Segundo a empresa fabricante Energética (2020 A, s.p) o equipamento denominado Amostrador de Grande Volume para Partículas Totais em Suspensão (PTS) permite a determinação das concentrações (g/m³) de partículas totais em suspensão (PTS) no ar ambiente.

“Com formato tradicional, de teto em duas águas, permite, para a faixa de vazão de projeto (1,1 m³/min a 1,7 m³/min), a coleta de partículas totais em suspensão (PTS) na atmosfera” (ENERGÉTICA, 2020 A, s.p).

O AGV PTS, devidamente instalado num local de medição, puxa uma certa quantidade de ar através de um filtro, instalado tendo de uma casinhola de abrigo, durante um período de amostragem de 24 horas. O filtro é pesado antes e depois da amostragem e o volume de ar amostrado é determinado a partir da vazão medida e do tempo de amostragem. Tem-se então a concentração das partículas totais em suspensão (PTS), em g/m³, obtida dividindo-se a massa de partículas coletada pelo volume de ar amostrado (ENERGÉTICA, 2020 B, s.p).

A figura 03 ilustra o Amostrador de Grande Volume - PTS.

Figura 03: Amostrador de Grande Volume - PTS.



Fonte: Energética, 2020 A.

2.5 MONITORAMENTO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS

O monitoramento de uma fonte fixa de emissão atmosférica pode ser feito de forma contínua ou descontínua. Os monitoramentos contínuos normalmente são realizados em processos de grande porte, como petroquímicas, petróleo e siderurgia. Já o descontínuo é utilizado para aferição do equipamento utilizado no monitoramento contínuo, em frequência estabelecida pelos fabricantes desses equipamentos ou pelo órgão ambiental, bem como no monitoramento das demais atividades que não realizam o monitoramento contínuo (BIOARSA, 2020).

O mais utilizado é o descontínuo, em que é realizado a amostragem em chaminé, ou seja, para atividades industriais onde ocorra a emissão de gases e poeiras, as regulamentações estaduais e federais estabelecem limites máximos de poluentes lançados na atmosfera, além de exigirem o monitoramento periódico dessas emissões (BIOARSA, 2020).

2.5.1 Amostragem isocinética de emissões atmosféricas

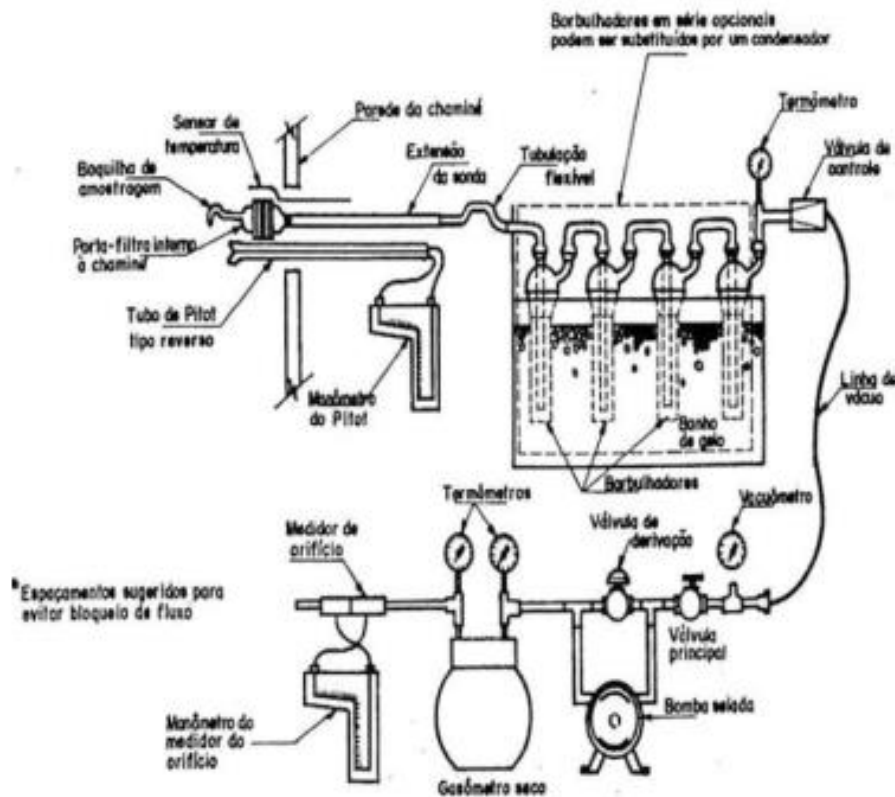
A amostragem isocinética de emissões atmosféricas é realizada em condições em que o fluxo de gás na entrada do equipamento de amostragem tem a mesma velocidade que o fluxo do gás que se pretende analisar. Este tipo de coleta é aplicado à análise de compostos inorgânicos como ácido clorídrico, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre (SO_2 e SO_3), ácido fluorídrico e material particulado (EXCELÊNCIA AMBIENTAL, 2020).

O método isocinético, conforme Gomes (2010, p. 149),

É utilizado o equipamento chamado *standard*, em que a velocidade dos gases na exaustão é medida através da pressão diferencial que por sua vez é medida com o tubo de pitot do tipo S, ligado a um micro manômetro. A temperatura é medida com um termopar, e a massa molecular média do gás estimada utilizando o tradicional analisador de Orsat para teores de CO , CO_2 e O_2 .

A figura 04 apresenta um esquema do equipamento de amostragem isocinética.

Figura 04: Esquema do equipamento básico de amostragem isocinética.



Fonte: IAC, 2020.

2.5.2 Escala de Ringelmann para fontes fixas

Além dos equipamentos de controle de emissões atmosféricas supracitados, também existe a Escala de Ringelmann.

Segundo o site Sindirepa Toledo (s.p), “a escala de Ringelmann é uma escala gráfica para avaliação calorimétrica de densidade de fumaça, constituída de cinco padrões com variações uniformes de tonalidade entre o branco e o preto”.

A descrição da escala para fontes móveis ou fixas consiste em “uma lâmina de papel com uma perfuração central, de cinco lados, ao redor dos quais existem tonalidades cinza progressivamente mais escuras, desde o branco até o preto, e numeradas de 1 a 5”. (SINDIREPA TOLEDO, s.p).

3 METODOLOGIA

O presente Trabalho de Conclusão do Curso teve como objetivo principal realizar um estudo das emissões atmosféricas oriundas de unidade industrial da produção de Cardiff e verificar se a qualidade do ar do entorno está sendo afetada pelo empreendimento. O processo produtivo apresenta potenciais de gerar poluentes atmosféricos, sobretudo material particulado oriundo do transporte da matéria prima e ensacamento de produto, além de monóxido de carbono, dióxido de carbono, dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio decorrente da queima de madeira em fornalhas.

Desta forma, este estudo consistiu em uma pesquisa aplicada, considerando que a mesma buscou alternativas para as necessidades da realidade, ou seja, solucionar problemas específicos.

A forma de abordagem foi por meio de dados quantitativos, considerando-se que os resultados foram expressos em concentrações médias com unidade de mg/Nm^3 e taxas de emissões em Kg/h . Também envolveu pesquisa qualitativa, visto que foi avaliado seu processo produtivo.

A pesquisa qualitativa:

Tem como objetivo quantificar um problema e entender a dimensão dele. Em suma, esse tipo de pesquisa fornece informações numéricas sobre o comportamento do consumidor. Os dados coletados por meio deste método impactam diretamente na tomada de decisão, bem como aqueles fornecidos pela pesquisa qualitativa. Entretanto, na prática, podem expressar melhor as informações a serem apresentadas, principalmente quando o objetivo é se convencer sobre algum direcionamento. (MATHIAS,2016).

A pesquisa quantitativa:

Esse método de pesquisa não apresenta resultados em números exatos, e a coleta de dados pode ser feita de maneiras variadas, como por exemplo por meio de grupos de discussão (focus groups), entrevistas qualitativas individuais em profundidade e observação de comportamentos. Pesquisa qualitativa vai sempre seguir um guia semi estruturado para garantir que todos os tópicos considerados serão abordados. (MATHIAS,2016).

Com relação aos objetivos do trabalho, foi uma pesquisa descritiva, visto que esta faz uma análise dos dados coletados por meio dos laudos de monitoramentos de emissões atmosféricas e de monitoramento da qualidade do ar.

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi aplicada na empresa Coquesul Brasileiro Indústria e Comércio Ltda, a mesma está localizada a margem da Rodovia Estadual SC-445 no Km 05, na localidade de Vila São Jorge, município de Criciúma/SC.

A atividade de Produção do Cardiff está situada nas coordenadas UTM 656145.23 m E / 6830497.54 m S, (Lat. 28° 38' 35,60" S; Long. 49° 24' 8,76" W), conforme (Figura 05).

Figura 05: Localização da área do empreendimento.



Fonte: Autora, 2020.

3.1.1 Processo produtivo

O Pó de Cardiff se encontra em expansão comercial principalmente na região norte/nordeste como fonte de substituição ao carvão vegetal, que gera o

crescimento acelerado do desmatamento, sendo utilizado em indústrias de fundição, no mercado termelétrico, cerâmico, siderúrgico, ainda utilizado para cimento e fertilizantes.

A matéria-prima utilizada no processo produtivo é a fração mertalúrgica do carvão mineral, onde o mesmo “é uma rocha sedimentar, combustível, formada a partir da decomposição de vegetais que sofreram soterramento e se compactaram em bacias pouco profundas” (CANO, 2017, s.p).

De acordo com Cano (2017, s.p), do Departamento de Nacional de Produção Mineral (DNPM):

O carbono é o principal elemento presente no carvão mineral, embora sejam encontradas em sua composição outras substâncias, como o enxofre, nitrogênio, oxigênio e hidrogênio. O teor de carbono é importante porque ele determina a maturidade geológica deste mineral.

Para fundição a principal propriedade do Cardiff é o percentual de carbono vítreo “Carbono” que é obtido a partir dos hidrocarbonetos pesados desprendidos durante o contato com o metal líquido, (hidrocarbonetos) tais como: benzeno, tolueno, naftaleno e xileno. (Norma CEMP E03).

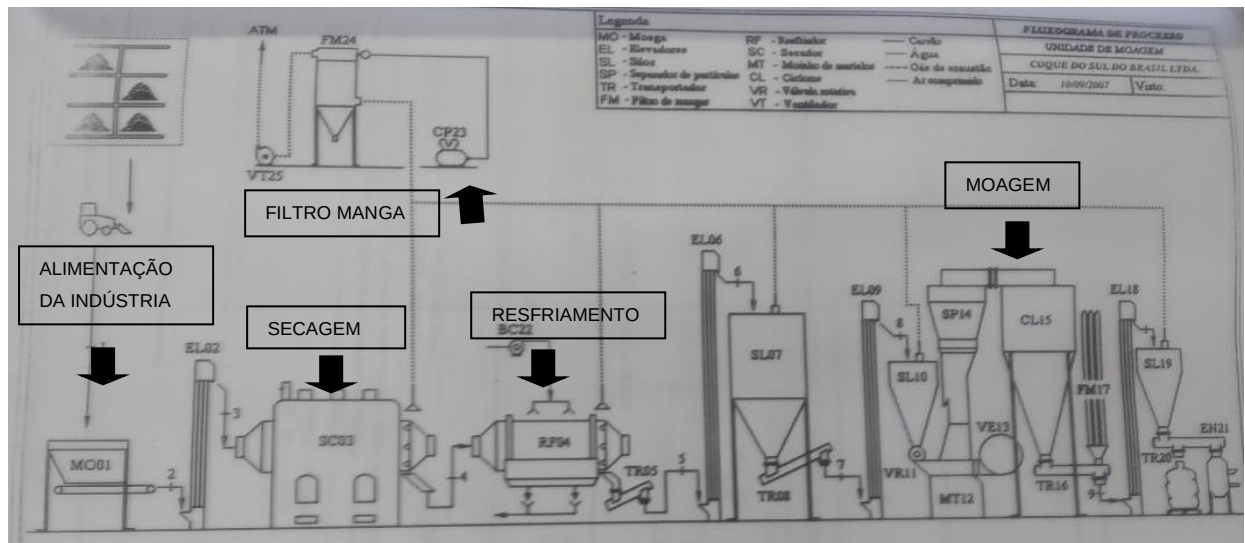
Do carvão mineral é originado o produto final, chamado de Cardiff, onde este passa por diversas etapas até estar pronto para comercialização.

A atividade de fabricação de Cardiff citada envolve as seguintes etapas:

1. Alimentação;
2. Secagem do carvão;
3. Resfriamento;
4. Moagem;
5. Ensacamento;
6. Transporte do produto final.

A figura 6 ilustra o sistema utilizado na produção de Cardiff.

Figura 06: Esquema do processo produtivo



Fonte: Empresa, 2017.

3.1.1.1 Alimentação da indústria

A alimentação consiste no recebimento do carvão mineral betuminoso por meio de caminhões que descarregam no pátio da empresa ou ainda rejeitos que já se encontram no pátio devido a atividades anteriores, como a produção do coque. Em seguida utiliza-se uma pá carregadeira hidráulica, que alimenta o silo com carvão mineral com capacidade de até 12 toneladas de mistura. O silo alimenta o secador rotativo por meio de uma correia transportadora.

Nesta fase do processo, o material encontra-se com umidade em torno de 10% a 15%, o que diminui a geração de poeiras no manuseio. As misturas de carvão e derivados são armazenadas no interior do galpão de britagem, localizado no terreno da empresa.

3.1.1.2 Secagem

A secagem é realizada através de um cilindro rotativo de 1,5 metros de diâmetro por 15 metros de comprimento, construído em chapa de ferro instalado em série a uma fornalha de tijolos refratários de chama indireta, no qual a fonte de calor utilizada é a lenha de eucalipto.

A capacidade do equipamento é de 4 t/h e aproveitamento de 85%. A matéria prima apresenta-se com 10% a 15% de umidade na entrada do secador e sai com no máximo 2%, onde é conduzida ao resfriador.

Ressalta-se que os gases e materiais particulados gerados nesta etapa são conduzidos ao sistema de filtro de mangas, que os encaminha até uma chaminé. Os gases emanados desta fonte estacionária são avaliados e monitorados para confirmação da eficácia do tratamento. Em novembro de 2020, a empresa instalou o Lavador de Gases do tipo Venturi, cuja finalidade é não sobrecarregar o filtro manga neste processo, além disso o mesmo tem a finalidade de reter materiais particulados e principalmente absorver o enxofre (SO_2).

3.1.1.3 Resfriamento

Após a secagem, o material é direcionado para a etapa de resfriamento, necessário para eliminar a possibilidade de combustão espontânea, pois quando ensacado e transportado, a matéria prima apresenta alto percentual de voláteis.

O processo é realizado em um tambor rotativo de diâmetro de 1,5 metros instalado em sequência ao secador, tendo a capacidade de secagem de 4 t/h. O mesmo é feito de chapa de aço, que é resfriado externamente por esguichos de água sobre sua parte externa.

A água do resfriamento é captada da mesma bacia de acumulação da coqueria que no momento encontra-se desativada e trabalha em circuito fechado, ressaltando que a bacia de acumulação de água está em funcionamento apenas para a produção de Cardiff. A mesma escoar sobre a superfície externa do tambor até uma calha metálica, localizada na parte inferior. A calha coleta a água e a encaminha através de tubulação ao sistema de canaletas impermeáveis que forma a drenagem periférica das águas do pátio.

Ela escoar ainda por gravidade por um percurso de 150 metros, sendo necessário para diminuir sua temperatura. A drenagem alimenta a caixa de inspeção/ decantação para retirada de possíveis sólidos, que alimenta a bacia de acumulação, retornando ao processo.

Esta água não entra em contato com qualquer material que possa comprometer a sua qualidade química. As possíveis contaminações físicas serão

retiradas no sistema de drenagem de pátio composto de caixas de sedimentação. A vazão de água circulante necessária ao desempenho adequado do processo é de 1,0 m³/h neste circuito.

3.1.1.4 Moagem

Depois do processo supracitado, o produto é conduzido ao moinho, sendo realizado por um alimentador do tipo rotativo. Este tem a capacidade adequada à produção do moinho e gira continuamente, tendo a sua rotação alterada para mais ou menos através de um inversor de frequência que é controlado pelo diferencial de pressão do moinho.

O processo de moagem é feito por um moinho tipo pulverizador de minérios, do tipo moinho de martelos. Através de um circuito de ar com controle de vazão, é obtida a granulometria desejada. O carvão moído é ensacado em embalagens de 25 kg ou em “Big Bags” de 1,5 t. Este moinho constitui um sistema automático e integrado para moagem e classificação do material.

O acionamento é feito por motor elétrico e sistema de transmissão por polias e correias. O classificador está localizado diretamente sobre a câmara de moagem, comandado por um inversor de frequência, que controla a rotação em função da granulometria requerida.

Ao mesmo tempo em que processa a moagem, uma corrente de ar, gerada por um ventilador exaustor, penetra na câmara de moagem através de aberturas dispostas tangencialmente ao redor de sua base. O material moído é arrastado pela corrente de ar em seu movimento ascendente em direção ao classificador. O classificador seleciona o material pulverizado, permitindo a passagem apenas das partículas cuja granulometria atenda às especificações requeridas.

O material que passa pelo classificador é transportado pela corrente de ar até o ciclone coletor. Em função da injeção de ar quente, a cabeça do ciclone é provida de porta de explosão em alumínio para evitar a corrosão, além da proteção devido ao ar quente.

O ar de transporte e o material pulverizado entram tangencialmente no topo do ciclone, criando um fluxo espiral descendente entre a parede e o duto de

saída. O produto é retido no fundo do ciclone sendo descarregado por meio de uma valvular rotativa. O ar retorna em movimento espiral ascendente até o duto de saída, dando descarga ao exaustor principal, fechando o circuito. Os ultrafinos em suspensão são capturados e retirados na caixa de filtros mangas no qual também é acoplado ao mesmo. Ressaltando que não há lançamento de gases para a atmosfera deste equipamento.

3.1.1.5 Ensacamento

O ensacamento é realizado por uma ensacadeira eletrônica automática, dotada de balança. A operação consiste na colocação e fixação do saco vazio na bica de ensaque. Aciona-se o prendedor de sacaria, fixando-o na bica. Em seguida abre-se o registro, o qual arma simultaneamente a balança. Atingindo o peso desejado, a balança, por meio de um sistema mecânico, fecha automaticamente o registro de corte, cessando o fluxo do material.

Os produtos são ensacados pelo princípio da gravidade, ou seja, escoam livremente para o saco quando a máquina é colocada em operação. A ensacadeira é constituída basicamente de uma estrutura de ferro, uma caixa de alimentação, um braço de balança, uma bica de ensaque e uma cadeira do saco reajustável de acordo com a sacaria utilizada.

3.1.1.6 Transporte do produto final

O transporte para retirar o produto é realizado pelos clientes ou terceirizados.

As figuras 07 e 08 ilustram o sistema produtivo da produção de Cardiff, e a figura 09 os produtos ensacados em bag's.

Figura 07: Equipamentos do sistema de captação de pó e silos da produção de Cardiff.



Fonte: Empresa, 2017.

Figura 09: Produtos ensacados.



Fonte: Autora, 2020.

3.2 COLETA DE DADOS

Inicialmente foram realizadas consultas a referenciais bibliográficos por meio de pesquisa em livros, revistas e artigos científicos sobre o que é poluição, os principais poluentes, legislações relacionadas, danos causados e formas de controle.

Posteriormente, a coleta de dados compreendeu as etapas de diagnóstico das possíveis emissões atmosféricas oriundas da atividade, análise da eficiência do

sistema de tratamento de emissões atmosféricas e o monitoramento da qualidade do ar no entorno da atividade.

3.2.1 Diagnóstico das possíveis emissões atmosféricas oriundas da atividade

O diagnóstico ajuda a identificar causas específicas sobre uma determinada atividade, sendo de extrema importância principalmente para a atividade realizada pela empresa que consiste na produção de Cardiff.

O objetivo dessa etapa foi verificar por meio visual e de vistorias *in loco* durante o período de estágio, os possíveis pontos de emissões atmosféricas decorrente do processo produtivo, desde a chegada da matéria prima (carvão mineral betuminoso) até a expedição, bem como identificar as técnicas de controles ambientais empregadas na atividade.

3.2.2 Análise da eficiência do sistema de tratamento de emissões atmosféricas

Após o diagnóstico da atividade, foi realizada a avaliação da eficiência dos equipamentos de controle de emissões atmosféricas presente no processo produtivo, sendo a principal fonte de emissão na fornalha, onde ocorre a queima de derivados da madeira, cujas emissões são tratadas em um filtro de mangas e na sequência lançados na atmosfera por meio de uma chaminé de 7,2 m de altura.

Para análise, além das vistorias *in loco*, foram utilizados laudos de amostragem de emissões atmosféricas realizadas a partir de 2017, referente a vigência da Licença Ambiental de Operação.

De acordo com a LAO da empresa, os programas ambientais consistem em:

Cumprir e implementar os Programas Ambientais de Manutenção Preventiva dos Controles Ambientais com objetivo de atender os padrões de emissão de poluentes e manutenção da qualidade ambiental;

1. Programa de Monitoramento das Emissões Atmosféricas (frequência semestral);
2. Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos;
3. Programa de Manutenção e Organização do Pátio Operacional;

4. Programa de Acompanhamento das Condições de Validade da Licença Ambiental;

5. Acompanhamento do desenvolvimento da vegetação introduzida na APP do rio Sangão;

Das condicionantes ambientais:

1. Encaminhar relatório anual do Acompanhamento das Condições da Licença, integrando os Programas Ambientais;

2. Monitorar anualmente as emissões atmosféricas da unidade de Cardiff – Material Particulado e Fenol;

3. Encaminhar os Laudos de Análise das Águas Subterrâneas e Superficiais do empreendimento;

Os monitoramentos foram realizados em outubro de 2017, setembro de 2019 e setembro de 2020, executados pelo Instituto Ambiental Catarinense (IAC) utilizando-se a técnica de Amostragem Isocinética de Poluentes Atmosféricos. Ressalta-se que no ano de 2020 foi possível acompanhar todo o monitoramento, visto que compreendeu o período de execução do estágio.

Segundo dados do Instituto Ambiental Catarinense (2020), as coletas foram executadas conforme normas da EPA (Environmental Protection Agency – USA), da CETESB (Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo) e da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), a citar:

1. Planejamento de Amostragem em DCFE. ABNT/NBR 10700 (julho 1989).

2. Determinação de pontos de Amostragem em DCFE. CETESB L9.221 - EPA Method 1- ABNT/NBR 10701 (julho 1989).

3. Determinação da Velocidade e Vazão de Gases em DCFE. CETESB L9.222- EPA Method 2- ABNT/NBR 11966 (julho 1989).

4. Determinação da Massa Molecular seca do fluxo de gases em DCFE. CETESB L9.223 - EPA Method 3 - ABNT/NBR 10702 (julho 1989).

5. Determinação da Umidade dos efluentes em DCFE. CETESB L9.224 - EPA Method 4 - ABNT/NBR 11967 (julho 1989).

6. Determinação de Material Particulado (MP) em DCFE. CETESB L9.225 - EPA Method 5 - ABNT/NBR 12019 (dezembro 1990).

7. Determinação: Dióxido de Enxofre, Trióxido de Enxofre e Névoas de Ácido Sulfúrico em DCFE. CETESB L9.228 - ABNT/NBR 12021 (setembro de 2017).

8. Determinação de Óxido de Nitrogênio (como NO₂) - Análise de Gases de Combustão - Norma EN 50379 TÜV.

9. Determinação do grau de enegrecimento da fumaça emitida por fontes estacionárias utilizando a escala de Ringelmann reduzida: método de ensaio. CETESB L9.061 (janeiro 1979).

Para avaliar a emissão a jusante do filtro de mangas foram realizadas 03 (três) amostragens nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP). Os parâmetros analisados foram o material particulado (MP), dióxido de enxofre (SO₂), compostos de enxofre (SO_x), dióxido de nitrogênio (NO₂), óxidos sulfúricos (SO₃ + H₂SO₄). Utilizou-se como notação das emissões mg/Nm³ para concentração e kg/h para taxa de emissão.

Para a avaliação do atendimento legal de lançamento das emissões atmosféricas oriundas desta etapa do processo produtivo, comparou-se os resultados aos padrões legais estabelecidos na Resolução n° 382/2006 que estabelece os limites máximos de emissões de poluentes atmosféricos para fontes fixas e utilizando o anexo IV da mesma, considerando que a licença ambiental da instalação (LAI) da atividade foi obtida em outubro de 2007. Tal resolução estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas com LAI obtidas a partir de 02 de janeiro de 2007.

Para a avaliação do atendimento legal de lançamento das emissões atmosféricas oriundas desta etapa do processo produtivo, comparou-se os resultados aos padrões legais estabelecidos na Resolução n° 382/2006 que estabelece os limites máximos de emissões de poluentes atmosféricos para fontes fixas, considerando que a licença ambiental da instalação (LAI) da atividade foi obtida em outubro de 2007. Tal resolução estabelece os limites máximos de emissão

de poluentes atmosféricos para fontes fixas com LAI obtidas a partir de 02 de janeiro de 2007.

Foi monitorado também o Grau de Enegrecimento da Fumaça Preta no qual é utilizado a Escala de Ringelmann, e que consistem em numerações de 01 a 05 para fontes fixas, com a finalidade de comprovar no momento do monitoramento das emissões atmosféricas na chaminé, se a empresa está ou não seguindo os padrões da escala supracitada, destacando que não deve ultrapassar ao nível 1 com a densidade de 20%.

3.2.3 Monitoramento da qualidade do ar

O objetivo do monitoramento da qualidade do ar no entorno da empresa foi detectar as concentrações de materiais particulados totais em suspensão decorrentes da atividade de produção de Cardiff e do transporte da matéria prima no pátio da empresa.

Para esta análise, foram utilizados relatórios de amostragem de qualidade do ar elaborados pelo Setor de Engenharia e Meio Ambiente da empresa. Os registros foram feitos no período de dezembro de 2019, janeiro, fevereiro, março, agosto, setembro, outubro e novembro de 2020, ressaltando que no período de abril a julho, devido à pandemia do COVID-2019 e o isolamento, não houve o monitoramento.

Realizou-se o monitoramento de material particulado, por meio do Amostrador de Grande Volume de PTS, em frequência semanal com duração de 24 horas e subsequente comparação com a legislação vigente, especificamente a Resolução CONAMA nº. 491/2018, a fim de verificar a alteração da qualidade do ar do entorno.

A empresa possui apenas um ponto de monitoramento, localizado nas coordenadas UTM 655717.94 m E / 6830228.16 m S, (Lat. 28° 64' 56,58" S; Long. 49° 40' 68,17" W). O motivo da escolha do local de monitoramento deve-se às direções predominantes dos ventos e sendo o vizinho mais próximo do empreendimento. Os dados meteorológicos foram coletados na estação meteorológica da EPAGRI/CIRAM localizada em Urussanga e da Universidade do

Extremo Sul Catarinense - UNESC, localizado em Criciúma. O equipamento foi instalado a uma distância de aproximadamente 600 metros da empresa (Figura 10).

Figura 10: Localização do ponto de monitoramento da qualidade do ar.



Fonte: Autora, 2020.

O método de coleta foi realizado por meio do Amostrador de Grande Volume – PTS (Figura 11). De acordo com a empresa fabricante Energética (2020), o equipamento consiste em basicamente de uma unidade moto-aspiradora, que faz passar ar através de um filtro de fibra de vidro de 203 mm X 254 mm (8" X 10") a uma vazão entre 1,13 e 1,70 m³ por período contínuo de 24 h. As partículas com diâmetro aerodinâmico entre 0,1 e 100 microns são retidas no filtro.

Ainda segundo a empresa fabricante, a concentração de material particulado total em suspensão em µg/m³ é calculada determinando-se a massa do material coletado e o volume do ar amostrado. Por exigência da norma os filtros empregados são específicos para uma eficiência mínima de 99% (por cento) para a coleta de partículas de 0,3 µm (ENERGÉTICA, 2020 B).

Figura 11: Equipamento de monitoramento da empresa.



Fonte: Autora, 2020.

O procedimento da amostragem consiste, primeiramente, na pesagem de um filtro para avaliar o ganho líquido em peso (massa), em uma balança de alta precisão (Figura 12 A), na sequência o mesmo é instalado no equipamento (Figura 12 B).

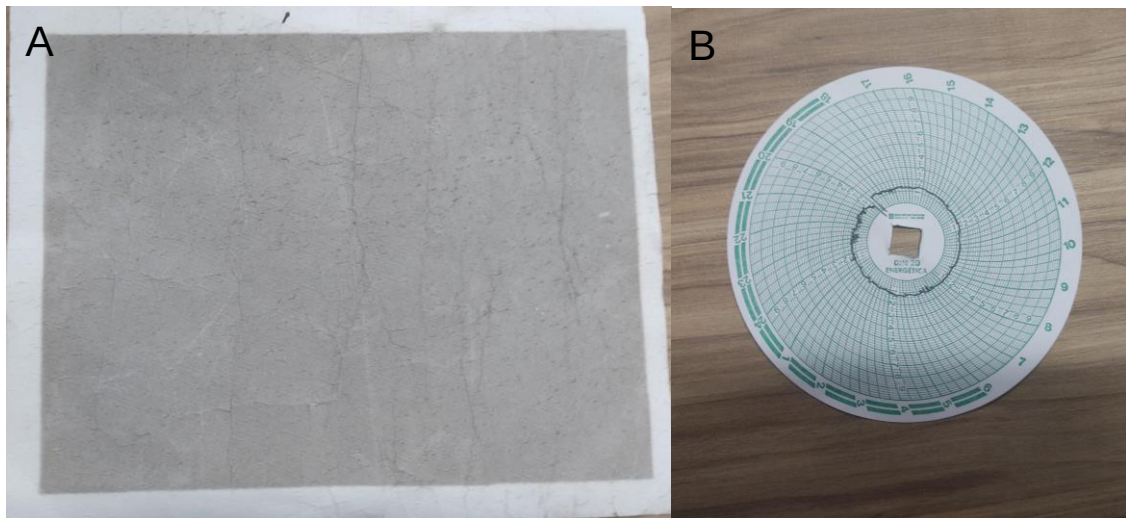
Figura 12: A - Pesagem do filtro. B - Instalação do filtro para monitoramento.



Fonte: Autora, 2020.

Após o monitoramento de 24h o mesmo é retirado (Figura 13 A), juntamente com o disco de deflexão (Figura 13 B). O disco de deflexão ou carta gráfica consiste em um disco de papel que é riscado por uma pena no qual a finalidade é medir a vazão contínua do fluxo de ar em m^3/min .

Figura 13: A - Filtro retirado após o monitoramento. B- Disco de leitura das deflexões.



Fonte: Autora,2020.

Em seguida o filtro é pesado novamente, conforme a figura 14.

Figura 14: Pesagem do filtro após o monitoramento.



Fonte: Autora,2020.

Com a pesagem do filtro após o monitoramento e a leitura do disco, os dados são transferidos para uma planilha (Anexo A) que realiza o cálculo da concentração de PTS por período contínuo de 24 h em $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Para interpretação dos resultados da contribuição da fonte na presença de material particulado coletado no equipamento, analisaram-se dados meteorológicos de velocidade, direção do vento e precipitação, registrados diariamente na estação meteorológica da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC localizada em Criciúma, no período de dezembro de 2019 a novembro de 2020, e dados da EPAGRI/CIRAM, com a estação meteorológica em Urussanga, assim registrados em uma planilha da empresa.

Ao final, os resultados das concentrações de partículas totais em suspensão – PTS foram comparados com o padrão legal estabelecido na resolução CONAMA nº 491/2018, que determina os padrões da qualidade do ar.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na sequência são apresentados os resultados deste estudo, visando atender o objetivo de avaliar as emissões atmosféricas oriundas de unidade industrial da produção de Cardiff e verificar se a qualidade do ar do entorno está sendo afetada pelo empreendimento.

4.1 DIAGNÓSTICO DAS POSSÍVEIS EMISSÕES ATMOSFÉRICAS ORIUNDAS DA ATIVIDADE

Foram identificadas possíveis fontes de emissões de poluentes atmosféricos na chaminé da empresa e no pátio da empresa.

O principal poluente atmosférico gerado no processo produtivo é o material particulado, cuja emissão fugitiva está presente tanto no recebimento da matéria prima do carvão mineral, depositado no pátio por meio do uso de caminhões, no transporte do mesmo até o pavilhão do centro de mistura, e também quando introduzido ao processo produtivo.

Ainda durante o processo produtivo, ocorre a secagem do carvão mineral, que utiliza como fonte de combustível a madeira do tipo eucalipto, sendo abastecidas duas fornalhas que funcionam continuamente, 24 horas por dia. Nesta parte do processo produtivo ocorre a geração de partículas e gases devido a queima do material, destacando o material particulado (MP), dióxido de enxofre (SO_2), compostos de enxofre (SO_x), dióxido de nitrogênio (NO_2), óxidos sulfúricos ($\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$).

Vale ressaltar que diversos fatores devem ser levados em consideração antes da análise dos poluentes, incluindo os fatores meteorológicos, como direção e velocidade dos ventos, e a radiação solar, que fazem com que o material particulado se disperse com mais facilidade ao entorno.

Desta forma foi possível verificar que os locais com geração de poluentes atmosféricos foram no transporte da matéria prima, na central de mistura, e na chaminé do pavilhão durante a queima de madeira do tipo eucalipto para a secagem do carvão mineral.

As figuras 15, 16, 17 e 18 mostram as visitas a campo.

Figura 15: Transporte da matéria prima.



Fonte: Autora,2020.

Figura 16: Vista da central de mistura.



Fonte: Autora,2020.

Figura 17: Vista da chaminé durante a queima de derivados de madeira.



Fonte: Autora,2020.

Figura 18: Processo produtivo.



Fonte: Autora, 2020.

4.1.1 Controles Ambientais

A empresa segue os diversos controles ambientais a fim de minimizar os poluentes atmosféricos gerados, destacando:

- Tratamento físico-biológico composto por fossas sépticas, filtro anaeróbio e sumidouro dimensionados em conformidade com a NBR 7229/93;
- Preparo da matéria prima (mistura de finos de carvão) na central de mistura, localizada na porção central do pátio operacional, constituída de um galpão coberto, piso em concreto e baias de estocagem;
- Abatimento do material particulado nas etapas de secagem e moagem do produto através de filtros de mangas;
- Escoamento superficial do pátio operacional e água de resfriamento do produto, direcionados ao sistema de drenagem constituído por uma rede de canais periféricos com caixas de retenção de areia, calhas de alvenaria e tubulações de concreto com condução até as bacias de decantação (2 bacias) de finos da Usina de beneficiamento. As bacias são impermeabilizadas com argila e

circuito fechado de águas.

- O material removido das bacias de decantação, valas de drenagem e caixas de retenção de sólidos são dispostos nos leitos de secagem para deságue e posteriormente encaminhados ao depósito de rejeito.
- Piso em concreto armado na entrada da empresa, com declividade direcionando o escoamento superficial ao circuito fechado de águas;
- Rampa e bomba de alta pressão para limpeza dos pneus dos veículos que transitam no pátio operacional, com direcionamento do efluente para sistema de retenção de sólidos e posteriormente ao circuito fechado de água, além da análise semestral do efluente gerado;
- Umidificação do pátio operacional e manutenção de cortina florestal para minimizar o arraste eólico de material particulado;
- Transporte rodoviário da matéria prima (finos de carvão) em caminhões devidamente enlonados e adaptados para a atividade;
- Materiais contaminados com óleo, EPI's e outros resíduos considerados perigosos com armazenamento temporário em recipientes fechados, sobre piso impermeável e encaminhados posteriormente para o aterro industrial de resíduos perigosos da empresa Catarinense Engenharia Ambiental SA;
- Resíduos de origem administrativa, sucatas não contaminadas e outros, segregados e encaminhados à reciclagem;

4.1.1.1 Rampa e bomba para limpeza dos veículos

Os veículos que transitam na área operacional podem reter material proveniente do pátio devido à umidificação, sendo nos pneus e/ou presos a outros locais, como no assoalho. Assim a empresa possui uma rampa de lavagem de veículos com uma bomba de alta pressão, piso impermeável e rede de drenagem para efetuar a lavagem dos mesmos antes de saírem da empresa.

O concreto armado em frente a empresa tem a resistência de 35 MPa e

espessura média de 15 cm, executado em placas com juntas de dilatação na área de tráfego de veículos para acessar o pátio. A mesma evita dispersão dos materiais particulados as vias de acesso, além de direcionar as águas pluviais e a água utilizada na lavação de veículos para as bacias de decantação, no qual todo o processo funciona por meio de circuito fechado.

As figuras 19 e 20 ilustram como é a rampa na entrada da empresa e o sistema de lavação de veículos.

Figura 19: A - Rampa construída de concreto. B - Local da lavação dos veículos.



Fonte: Autora, 2020.

Figura 20: Lavagem dos veículos para transporte do produto devidamente enlonados.



Fonte: Autora, 2020.

4.1.1.2 Umidificação do pátio operacional

A umidificação do pátio é realizada por meio de um caminhão pipa,

abastecido através de bombas que captam água de poços artesianos e de bomba própria de sucção que capta água das bacias.

Este equipamento percorre todo o pátio da empresa umidificando-o através de um sistema “bico de pato”, que cria leques de água otimizando o processo de umidificação, evitando a dispersão de material particulado decorrente do tráfego de veículos das vias internas de pátio. A figura 21 ilustra como ocorre a umidificação do pátio.

Figura 21: Caminhão pipa da empresa realizando a umidificação.



Fonte: Autora, 2020.

4.1.1.3 Cortina Florestal

O pátio da empresa foi dividido em módulos e em todos esses módulos foram construídas bermas que funciona como uma barreira física e estética entre o céu aberto e as áreas residenciais vizinhas da cidade, com calhas periféricas, criando uma interface entre as vias e os pátios de operações.

Estas bermas têm a função de evitar a passagem de material particulado, minimizando assim a dispersão desses poluentes proveniente das operações no pátio. A figura 22 ilustra a cortina florestal.

Figura 22: Cortina florestal da empresa.



Fonte: Autora, 2020.

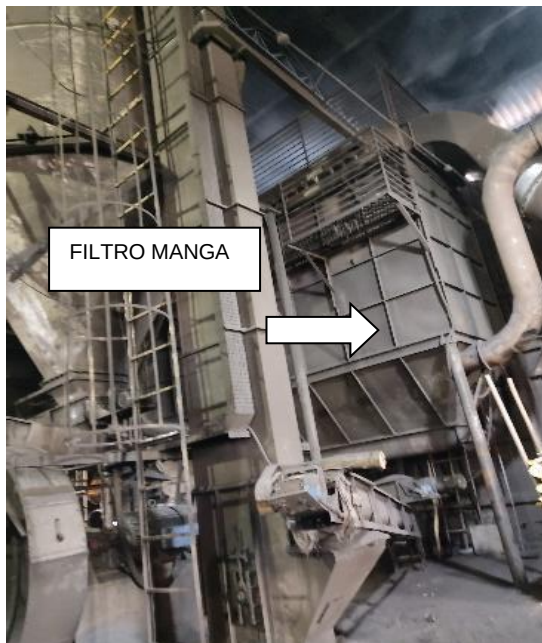
4.1.1.4 Abatimento do material particulado por meio do filtro manga e lavador de gases do tipo Venturi.

O filtro manga é acoplado ao moinho e ao secador para reter partículas no processo produtivo sendo do tipo pulverizador de minérios e que através de um circuito de ar com controle de vazão, é obtida a granulometria desejada.

Como forma de melhorar a eficiência do processo produtivo, a empresa instalou em novembro de 2020 o lavador de gases do tipo Venturi no qual possui altíssima eficiência para material particulado, apresentando emissão abaixo de 50 mg/Nm³ e eficiência de 99,0% para partículas de 1 micrômetro.

As figuras 23, 24, 25 e 26 ilustram o filtro manga no moinho e secador, o lavador de gases do tipo Venturi, além do projeto do lavador de gases instalado recentemente no secador.

Figura 23: Filtro manga acoplado aos equipamentos do processo produtivo (moinho e secador).



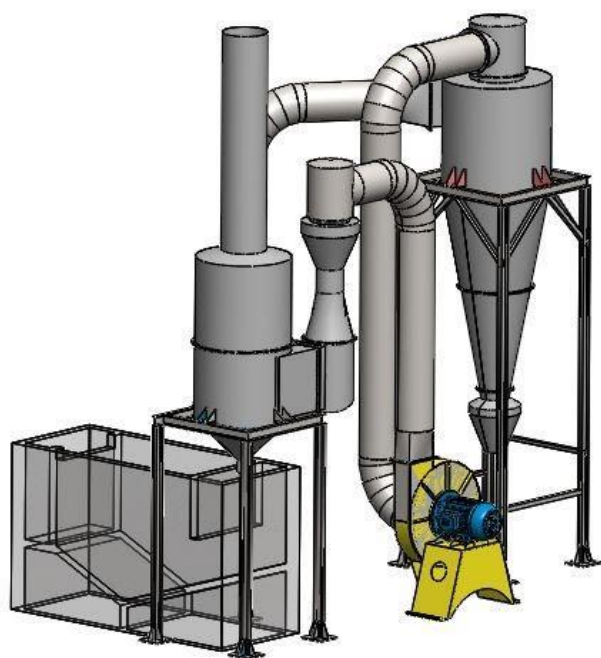
Fonte: Autora, 2020.

Figura 24: Lavador de gases do tipo Venturi.



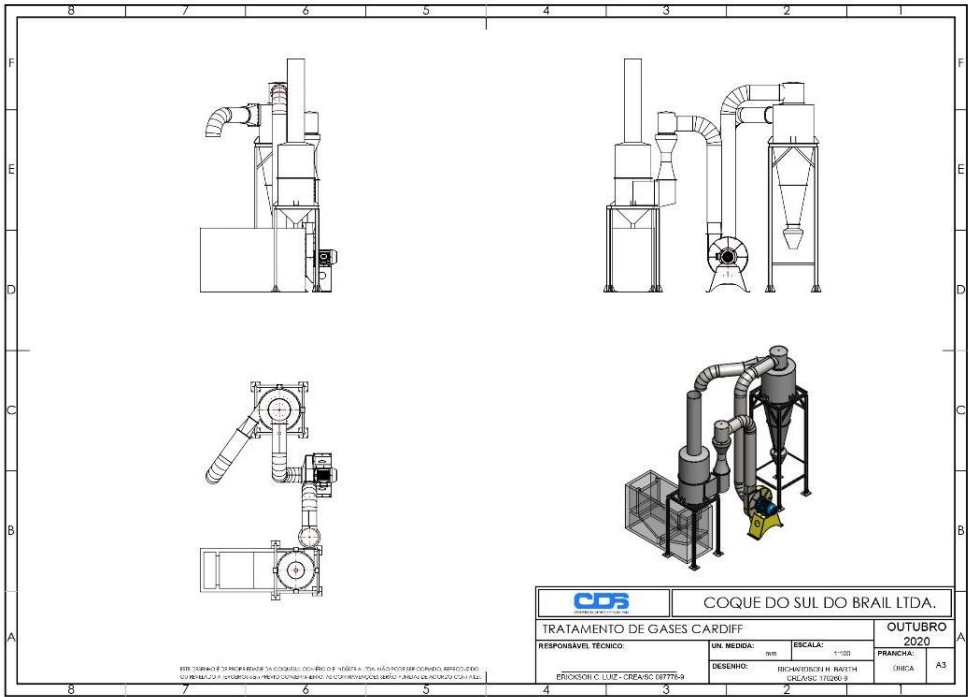
Fonte: Autora, 2020.

Figura 25: Projeto do lavador de gases do tipo Venturi.



Fonte: Empresa, 2020.

Figura 26: Planta baixa – lavador de gases.



Fonte: Empresa, 2020.

4.2 ANÁLISES DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS.

Após diagnóstico da atividade e vistorias *in loco*, foram coletados todos os dados e resultados dos monitoramentos das emissões atmosféricas como materiais particulados e gases obtidos nos relatórios e planilhas elaboradas pelo Instituto Ambiental Catarinense (IAC) para posterior análise.

Os resultados das emissões atmosféricas da chaminé, provindas da queima de derivados de madeira do tipo eucalipto do processo produtivo do Cardiff, foram transferidos para uma planilha, verificando-se todos os parâmetros analisados e os resultados das concentrações médias de lançamento.

Para análise dos parâmetros foi utilizado a Resolução CONAMA N° 382/2006, devido a Licença Ambiental de Instalação (LAI) da empresa ser emitida após o ano de 2007.

Como a empresa utiliza derivados de madeira para geração de calor, foi utilizado o Anexo IV da resolução supracitada para os limites de emissões de poluentes atmosféricos. Os quadros 01 e 02 ilustram os parâmetros e as concentrações máximas permitidas em mg/Nm³.

Quadro 01: Parâmetros para material particulado e dióxido de nitrogênio.

Potência térmica nominal (MW)	MP (mg/Nm ³)	NO _x (como NO ₂) - mg/Nm ³
Menor que 10	730	N.A. - Não aplicável.
Entre 10 e 30	520	650
Entre 30 e 70	260	650
Maior que 70	130	650

Fonte: Resolução CONAMA N° 382/2006 adaptado pela autora (2020).

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

Quadro 02: Parâmetros para monóxido de carbono.

Potência térmica nominal (MW)	CO (mg/Nm ³)
Até 0,05	6500
Entre >0,5 e ≤ 0,15	3250
Entre > 0,15 e ≤ 1	1700
Entre >1 e ≤ 10	1300

Fonte: Resolução CONAMA N° 382/2006 adaptado pela autora (2020).

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

Para cálculo da potência nominal:

- Segundo dados o UFPEL (2014), o poder calorífico da madeira tipo eucalipto é 1898,5 KWh/m³;
- Com a produção de 0,25 m³; 3 toneladas/h; 0,08333 m³/h de produção de Cardiff;

Assim a potência nominal da produção é de 22 MW, utilizando como parâmetros para:

- Material Particulado: 520 mg/Nm³;
- NO_x: 650 mg/Nm³;
- CO: Não monitorado;

Os valores foram corrigidos a 8% de Oxigênio (O₂), sendo a concentração de Oxigênio (O₂) do ar de 21%.

O quadro 03 apresenta os valores das concentrações e taxas de emissões de poluentes atmosféricos provenientes das amostragens realizadas por empresa terceirizada na chaminé do processo produtivo, elaboradas pelo Instituto Ambiental Catarinense (IAC) de forma anual em 2017, 2019 e 2020, ressaltando que não foi encontrado o laudo de emissões atmosféricas de 2018.

Quadro 03: Laudo de amostragem de emissões atmosféricas realizado anualmente.

Poluente	Concentração Média (mg/Nm ³)			Concentração Máxima Permitida (mg/Nm ³)
	2017	2019	2020	
MP	42,09	8,05	8,44	520
SO ₂	61,56	74,99	10,72	-
SO ₃ + H ₂ SO ₄	6,61	9,82	0,94	-
SO _x	68,17	84,81	11,66	-
NO ₂	Não Detectável	7,46	Não Detectável	650
FENOL	-	Não Detectável	-	-
VOC's	-	Não Detectável	-	-

Fonte: Adaptado do Instituto Ambiental Catarinense – IAC, 2017, 2019 e 2020.

Com os resultados dos monitoramentos foi possível realizar uma análise dos gases quanto do elemento filtrante e do sistema de tratamento de partículas, chegando a uma série de conclusões e ponderações sobre a performance alcançada pelo filtro de mangas. Por ter a função de ser o coletor principal do sistema, os cuidados e observações a serem efetuadas no dimensionamento do filtro de mangas abrangem variados aspectos.

Dos resultados, verificou-se que para o parâmetro material particulado de 2017 a 2020, a empresa conseguiu reduzir significativamente a concentração média de 42,09 mg/m³ para 8,44 mg/Nm³. Este resultado foi obtido em função de frequências de manutenções nos equipamentos e seguindo os controles e programas ambientais, ressaltando que os mesmos estão de acordo com a legislação, sendo o máximo permitido para emissão de 520 mg/Nm³. No ano de 2020 ainda, a redução da emissão de poluentes gerados na chaminé pode ter sido decorrente da pandemia, visto que o processo produtivo teve uma redução no período devido à falta de matéria prima.

Para NO₂, em 2017 e 2020 não foram detectados durante o monitoramento, sendo que para o ano de 2019 o resultado foi de 7,46 mg/Nm³, não ultrapassando o máximo permissível de 650 mg/Nm³.

A empresa está sempre buscando formas de reduzir as concentrações de poluentes lançados na atmosfera, buscando realizar sempre a manutenção dos sistemas de tratamento das emissões atmosféricas, além da preocupação com a

população no entorno.

A empresa monitora mais parâmetros de acordo com exigências do Instituto do Meio Ambiente – IMA, como SO_x , fenol, VOC's e $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4$, sendo os parâmetros inseridos na (Tabela 01) acima. Ressalta-se que a legislação CONAMA nº 382/2006 não apresenta os máximos permissíveis dos parâmetros supracitados, assim a empresa consegue apenas ter o controle das emissões que estão sendo lançadas e se houve a redução ou não dos mesmos.

Além da utilização do filtro manga acoplado no processo de secagem e no moinho, como forma de melhoria da qualidade do ar, a empresa instalou um lavador de gases do tipo Venturi cuja finalidade do mesmo é não sobrecarregar o filtro manga, sendo assim mais um método para aumentar a eficiência no sistema de tratamento de emissões atmosféricas do processo produtivo de Cardiff.

Todos os parâmetros foram analisados na chaminé acoplada ao filtro manga, ressaltando que como o lavador de gases foi instalado recentemente, ainda não foram realizados monitoramento de emissões no mesmo. Ressaltando que na Licença Ambiental de Operação (LAO) da empresa não estabelece limites máximos, apenas na resolução Conama nº 382/2006.

4.2.1 Grau de enegrecimento da fumaça preta

Segundo dados do IAC, além do monitoramento dos parâmetros citados no capítulo anterior, é necessário também a determinação do grau de enegrecimento de fumaça preta emitida por fontes estacionárias, sendo de extrema importância visto que é um dos métodos para comprovação da eficiência do sistema de tratamento de emissões atmosféricas do processo produtivo durante o monitoramento em determinado dia.

Para tal utiliza-se a escala de Ringelmann, que consiste em observar a fumaça emitida por uma determinada fonte estacionária através de uma escala e comparar a mesma com padrões pré-determinados.

Segundo a Resolução CONAMA N° 008/1990 (MMA,1990), o grau de enegrecimento não pode ultrapassar o padrão nº 1, previstas na legislação:

- I - Um único período de 15 (quinze) minutos por dia, para operação de aquecimento de fornalha;

- II - Um período de 3 (três) minutos, consecutivos ou não, em qualquer fase de 1 (uma) hora;
- Parágrafo único - Em qualquer fase de 1 (uma) hora, quando da realização da operação de aquecimento de fornalha, o período referido no inciso II deste artigo já está incluído no período de 15 (quinze) minutos referido no inciso I.

A figura 27 ilustra a tabela de parâmetros.

Figura 27: Escala de Ringelmann.



Fonte: IAC,2020.

O Grau de Enegrecimento da Fumaça Preta emitida pela chaminé a jusante do filtro de mangas nos três anos analisados foi Grau de Enegrecimento igual a 1 (um), com densidade igual a 20% (vinte), estando de acordo com o máximo permitido pela legislação vigente, destacando ainda que em 2017, e 2019 também foram constatados o Grau de Enegrecimento igual a 1 (um). A Figura 28 apresenta o

Grau de Enegrecimento durante o monitoramento das emissões atmosféricas na chaminé.

Figura 28: Resultado do monitoramento de fumaça preta na empresa.



Fonte: IAC,2020.

4.3 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

Foram monitorados pelo Setor de Engenharia e Meio Ambiente da empresa por meio do Amostrador de Grande Volume de PTS, as partículas totais em suspensão, no período de dezembro de 2019, janeiro, fevereiro, março, agosto, setembro, outubro e novembro de 2020, ressaltando que no período de abril a julho devido a pandemia e o isolamento social não foi possível realizar o monitoramento.

Para análise dos resultados, os mesmos foram comparados com os padrões estabelecidos na Resolução CONAMA N° 491/2018, conforme o quadro 04.

Quadro 04: Padrões da qualidade do ar.

Poluente Atmosférico	Período de Frequência	PI-1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PI-2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PI-3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PF - $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PF - ppm
MP ₁₀	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual	40	35	30	20	-
MP _{2,5}	24 horas	60	50	37	25	-
	Anual	20	17	15	10	-

SO ₂	24 horas	125	50	30	20	-
	Anual	40	30	20	-	-
NO ₂	1 hora	260	240	220	200	-
	Anual	60	50	45	40	-
O ₃	8 horas	140	130	120	100	-
Fumaça	24 horas	120	100	75	50	-
	Anual	40	35	30	20	-
CO	8 horas	-	-	-	-	9
PTS	24 horas	-	-	-	240	-
	Anual	-	-	-	80	-
Pb	Anual	-	-	-	0,5	-

Fonte: Adaptado da Resolução CONAMA nº 491,2018.

PI 1: Padrão primário;

PI 2: Padrão secundário;

PI 3: Padrão terciário;

PF: Padrão Final;

PPM: Parte por milhão;

Outro dado importante para análise dos resultados do monitoramento da qualidade do ar foi o monitoramento diário da direção, velocidade dos ventos e precipitação extraídos da base de dados da estação meteorológica da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, localizada em Criciúma, sendo os dados disponibilizados a partir de dezembro de 2019 a novembro de 2020, e dados da estação meteorológica em Urussanga da EPAGRI/CIRAM.

O ponto de amostragem onde está instalado o equipamento AGV-PTS foi determinado em um estudo de localização de posição receptor para instalação de estação de monitoramento da qualidade do ar, elaborado pelo IAC – DPA, que analisou a direção predominante dos ventos através de dados meteorológicos da região, possibilitando assim a determinação do ponto ideal de monitoramento das concentrações de poluentes.

A empresa monitora as Partículas Totais em Suspensão – PTS, com frequência semanal e período de 24 horas por dia. Os resultados do período de dezembro de 2019 a novembro de 2020 encontram-se no quadro 05.

Quadro 05: Resultados finais de PTS.

DATA	CONCENTRAÇÃO (µg/m³)					
	PTS	PERÍODO	PADRÃO	DIREÇÃO	VELOCIDADE (m/s)	PRECIPITAÇÃO (mm)
01/12/2019	41,52	24 h	240	-	1,65	0
06/12/2019	49,35	24 h	240	-	1,34	0,2
14/12/2019	51,87	24 h	240	-	1,78	0
20/12/2019	38,69	24 h	240	-	0,85	0
27/12/2019	42,34	24 h	240	-	1,21	0
01/01/2020	40,25	24 h	240	-	1,21	1,8
07/01/2020	38,69	24 h	240	-	-	-
14/01/2020	30,01	24 h	240	-	-	-
21/01/2020	40,99	24 h	240	-	1,33	0
28/01/2020	36,95	24 h	240	-	0,90	0
11/02/2020	45,36	24 h	240	-	-	-
18/02/2020	29,54	24 h	240	-	1,21	0
25/02/2020	40,10	24 h	240	-	1,27	9,4
03/03/2020	40,65	24 h	240	-	0,79	0
10/03/2020	40,65	24 h	240	-	1,07	0
17/03/2020	44,69	24 h	240	-	0,64	15,4
21/08/2020	12,91	24 h	240	E	1,17	0,2
26/08/2020	47,04	24 h	240	E	2,0	0
03/09/2020	62,82	24 h	240	W/SW	2,41	0

10/09/2020	55,47	24 h	240	N/W	0,42	0
15/09/2020	28,99	24 h	240	SE	0,28	0
22/09/2020	50,08	24 h	240	N/NW	0,19	0
29/09/2020	61,68	24 h	240	E/NE	0,32	0
05/10/2020	70,82	24 h	240	W/SW	0,82	0
13/10/2020	68,32	24 h	240	S/SW	4,16	-
20/10/2020	69,04	24 h	240	NE/NE	4,16	-
27/10/2020	72,25	24 h	240	SW/S	4,16	-
03/11/2020	52,84	24 h	240	SE/E	2,77	-
10/11/2020	45,96	24 h	240	E/NE	5,55	-
17/11/2020	23,71	24 h	240	S/SE	4,16	-
Média Anual	49,83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$					

Fonte: Autora, 2020.

Durante as amostragens foi observado que a direção dos ventos, a velocidade e a precipitação (chuva) podem transportar concentrações de materiais particulados tanto da atividade de produção de Cardiff (material particulado) como também de outras atividades no entorno.

Em frente a empresa está localizada uma Rodovia de intenso tráfego de veículos leves e principalmente pesados, pois a mesma liga os municípios de Criciúma a Siderópolis. Os caminhões utilizam como combustível a queima do óleo diesel que é altamente tóxico podendo liberar materiais particulados como a fuligem.

Outro fator importante a ser considerado é que os caminhões que transportam areia, britas, calcário, entre outras matérias primas, com a caçamba aberta ou com problema na mesma, podem sujar as vias no entorno, assim dependendo a direção do vento, esses materiais dispersam-se no entorno afetando a qualidade do ar.

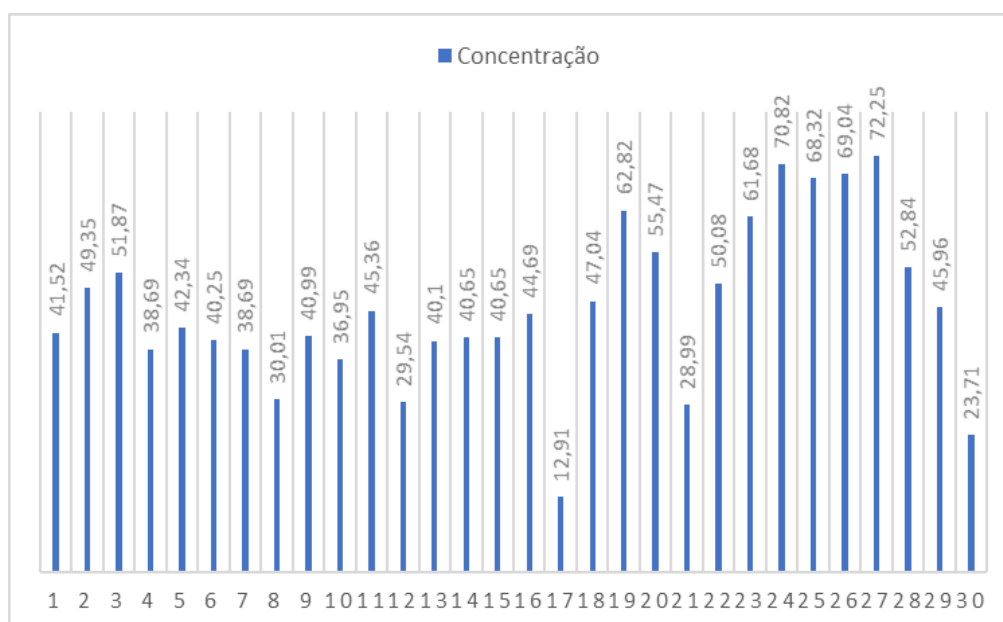
Para a direção dos ventos foram coletados dados da estação meteorológica da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC, localizada no bairro Pinheirinho em Criciúma, sendo a mais próxima da atividade de produção de Cardiff. Porém ressalta-se que a estação da Unesc não estava em funcionamento no período de dezembro/2019 a março/2020 devido o equipamento estar quebrado, acontecendo uma grande falha de informações, assim recorre-se a outra estação.

Segundo Back (1999), a segunda estação meteorológica mais próxima é a de Urussanga/SC, com latitude 28° 31' S e longitude 49° 19' W. A velocidade dos ventos é mais forte nos meses de setembro a dezembro, e as direções predominantes em todos os meses é SE seguido de NE.

Assim foi possível juntar os dois dados coletados tanto na estação da Unesc em Criciúma, como na estação da Epagri/Ciram em Urussanga para a análise final dos resultados.

Outro fator importante para a análise é que as amostragens são realizadas em dias ensolarados, evitando os dias em que possa ocorrer chuvas, pois esse fator pode interferir no resultado final da amostra de acordo com a direção dos ventos. Porém ressalta-se que se for uma semana chuvosa é necessário monitorar mesmo assim. A figura 29 ilustra o comportamento das concentrações por meio de um gráfico.

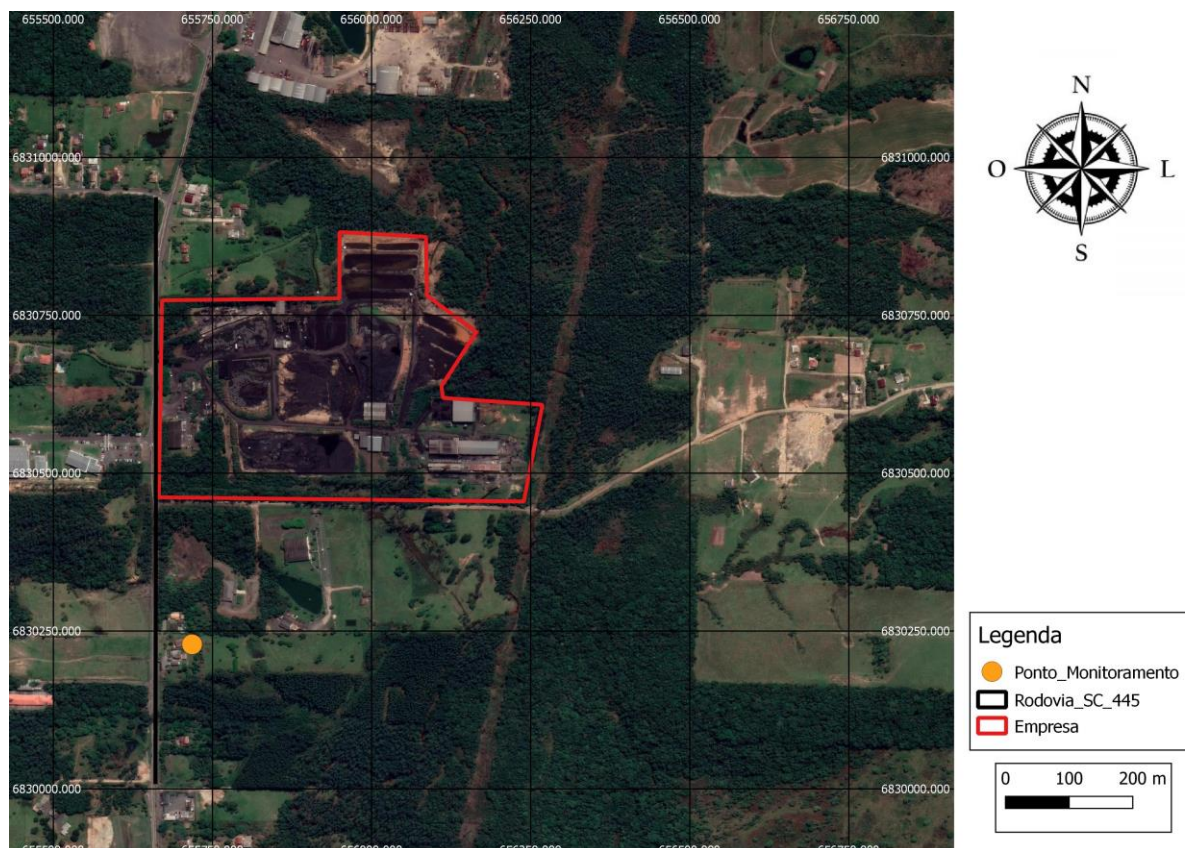
Figura 29: Comportamento das concentrações de PTS.



Fonte: Autora, 2020.

A figura 30 ilustra o a localização do ponto de monitoramento, localizado a 600 metros da empresa.

Figura 30: Mapa de localização do equipamento de monitoramento.



Fonte: Autora, 2020.

Dos resultados, verificou-se que os dias com maior concentração de partículas totais em suspensão foram em 29/09/2020 ($61,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 05/10/2020 ($70,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 13/10/2020 ($68,32 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 20/10/2020 ($69,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e 27/10/2020 ($72,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Assim foi verificado que a predominância dos ventos que favorecem a dispersão dos materiais particulados da atividade de produção de Cardiff é NE (nordeste), então dos dias em que houve a maior concentração de partículas totais em suspensão, apenas nos dias 29/09/2020 e dia 20/10/2020 podem ter sido decorrentes da atividade da empresa em si.

Nos dias 05/10,13/10 e 27/10/2020 como já citados acima, diversas atividades no entorno podem ter contribuído para as elevadas concentrações de

partículas, principalmente pelo intenso tráfego de veículos na Rodovia SC 445, destacando que o processo produtivo de Cardiff não sofreu alterações.

Em relação a precipitação conforme o (quadro 04), ocorreu dias em que o monitoramento teve que ser realizado em períodos chuvosos, sendo os dias: 06/12/2019, 01/01/2020, 25/02/2020, 17/03/2020 e 21/08/2020, porém ressalta-se que os respectivos dias, a concentração se manteve estável, não ultrapassando 49,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Em janeiro de 2020 as concentrações forem menores, sendo que uma das justificativas se deve ao fato de o tráfego de veículos ser menor nessa época do ano, assim pode-se dizer que nessa época não houve intervenção de outras atividades durante o monitoramento da qualidade do ar.

De acordo com a Resolução CONAMA nº 491/2018 a média anual de partículas totais em suspensão deve ser no máximo de 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, porém a média da empresa foi de 49,83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, estão de acordo com a mesma.

Assim pode-se considerar que mesmo com diversas outras atividades que possam influenciar nas concentrações finais de materiais particulados, a empresa está conseguindo realizar os controles ambientais de forma satisfatória e eficiente.

Com base na Resolução CONAMA Nº 491/2018, a empresa está atendendo os padrões máximos permitidos pela legislação vigente, sendo que para partículas totais em suspensão o limite máximo é de 240 mg/Nm^3 , e o limite máximo da empresa foi de 72,25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.4 PROPOSIÇÕES DE MEDIDAS DE MELHORIAS

Como a empresa já possui um sistema de tratamento com condições satisfatórias de controle de poluentes, a citar o filtro manga e atualmente a instalação de mais um equipamento para controle das emissões atmosféricas, lavador de gases do tipo Venturi, entendendo não haver necessidade da instalação de outro tipo de equipamento. Entretanto ressalta-se a importância da empresa de manter a operação dos sistemas de tratamento de emissões atmosféricas adequadamente.

As orientações e/ou recomendações consistem em a empresa manter o pátio sempre umidificado, o transporte da matéria prima em caminhões enlondados,

lavagem dos caminhões antes de saírem da empresa, manutenção periódica dos sistemas de tratamento, destacando principalmente o filtro manga e lavadores de gases do tipo Venturi, e manter a cortina florestal sempre em perfeito estado evitando assim o arraste eólico de materiais particulados.

5 CONCLUSÃO

O desenvolvimento deste trabalho teve como objetivo analisar a qualidade do ar no entorno de uma empresa que utiliza como matéria prima o carvão mineral, avaliando se a atividade de produção de Cardiff estava afetando a qualidade do ar da população vizinha ou não, por meio da dispersão de materiais particulados emitidos pela mesma.

Com base no diagnóstico ambiental e visitas *in loco* durante o período de estágio, foi possível observar todas as ações realizadas pela empresa para manter os controles ambientais no pátio eficientes e assim diminuir as concentrações de materiais particulados no transporte da matéria prima, bem como no processo produtivo. Foi possível observar ainda que a empresa além do filtro manga, instalou recentemente em novembro de 2020 o lavador de gases tipo Venturi, cujo objetivo é melhorar a eficiência do sistema de tratamento das emissões atmosféricas.

Dos resultados finais, foi possível constatar por meio dos laudos de monitoramento de emissões atmosféricas realizadas na chaminé do processo produtivo e acoplado ao filtro manga que em 2017, 2019 e 2020 que as concentrações de gases lançados na atmosfera não ultrapassaram os limites máximos de acordo com a resolução Conama nº 382/2006, destacando assim que o filtro manga já atendia os padrões legais antes da instalação do lavador de gases.

Para a qualidade do ar no entorno foi utilizado o Amostrador de Grande Volume de Partículas Totais em Suspensão para os registros de concentrações de materiais particulados em frequência semanal, cujo as concentrações tiveram variações, observadas em diferentes direções dos ventos e precipitações diárias. Desta forma, foi possível verificar que a atividade não é a única contribuinte para a alteração da qualidade do ar da região, visto que como destacado nos resultados e discussões há o intenso tráfego de veículos leves e pesados na Rodovia SC 445 que liga Criciúma e Siderópolis, onde os mesmos podem liberar a fuligem por meio da queima de óleo diesel como combustível, e a dispersão de partículas no transporte de matérias primas, como areia, calcário, brita entre outros em caçambas abertas ou danificadas.

Mesmo com diversos fatores que podem contribuir para as concentrações de materiais particulados, a empresa mantém constante os controles ambientais

empregados, principalmente com a umidificação do pátio e a lavagem dos veículos antes de saírem da empresa. Destaca-se ainda que a mesma não ultrapassou os limites máximos permissíveis pela legislação Conama nº 491/2018, que dispõe sobre os padrões da qualidade do ar.

REFERÊNCIAS

BACK, Álvaro J. **Análise dos dados de vento**. Disponível em: <<http://andorinha.epagri.sc.gov.br/consultaweb/site/busca?b=ad&id=78380&biblioteca=vazio&busca=autoria:%22BACK,%20A.%20J.%22&qFacets=autoria:%22BACK,%20A.%20J.%22&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>>. Acesso em: 14 de novembro de 2020.

BRAGA, Benedito, et al. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2002. 305 p.

BRASIL. Lei nº 6.938 de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938compilada.htm>. Acesso em: 18 de outubro de 2020.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 05 de 1989. **Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR**. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=81>>. Acesso em: 18 de outubro de 2020.

BRASIL ESCOLA. **A Degradação do Meio Ambiente**. Disponível em: <<https://monografias.brasilecola.uol.com.br/biologia/a-degradacao-meio-ambiente.htm#:~:text=D%C3%A1%2Dse%20o%20nome%20de,habitat%20de%20uma%20coletividade%20humana.&text=Ocorre%20que%20o%20ac%C3%BAmulo%20desses,humana%2C%20%C3%A0s%20vezes%20at%C3%A9%20cancer%C3%ADgenas>>. Acesso em: 10 de outubro de 2020.

BIOARSA. **Monitoramento de Emissões Atmosféricas**. Disponível em: <<https://bioarsa.com.br/monitoramento-de-emissoes-atmosfericas/>>. Acesso em: 18 de outubro de 2020.

CANO, Telma Monreal. **Carvão Mineral – DNPM**. Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/2-2-carvao>>. Acesso em: 07 de novembro de 2020.

CESAR, Ana Cristina Gobbo; NASCIMENTO, Luiz Fernando C; CARVALHO, João Andrade de. Associação entre exposição ao material particulado e internações por doenças respiratórias em crianças. **Revista Saúde Pública**. São Paulo, v. 47, n. 6, p. 1-4, 2013.

CETESB. **Poluentes**. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>>. Acesso em: 17 de setembro de 2020.

CIÊNCIA VIVA. **Dióxido de Enxofre**. Disponível em: <<https://www.cienciaviva.pt/divulgacao/eventos/diasemcarros/enxofre.asp#:~:text=g%C3%A1s%20irritante%20para%20as%20mucosas,e%20de%20part%C3%ADculas%20na%20atmosfera>>. Acesso em: 10 de outubro de 2020.

CMA ENGENHARIA AMBIENTAL. Amostragem, análise e emissão de relatório de monitoramento das emissões atmosféricas de fontes estacionárias.

Disponível em: <<https://cmaambiental.com.br/amostragem-analise-e-emissao-de-relatorio-de-monitoramento-das-emissoes-atmosfericas-de-fontes-estacionarias/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2020.

COMPANHIA DOCAS DO PARÁ. Monitoramento da Qualidade do Ar. Disponível em: <<https://www.cdp.com.br/documents/10180/26801/Monitoramento+Qualidade+do+Ar..pdf/e4824edf-4477-4f0e-99ae-f7d1a19efc21#:~:text=Monitoramento%20da%20qualidade%20do%20ar%3A%20monitoramento%20realizado%20para%20determinar%20o,de%20poluentes%20presentes%20na%20atmosfera.&text=Poluentes%20secund%C3%A1rios%3A%20aqueles%20formados%20na,e%20componentes%20naturais%20da%20atmosfera>>. Acesso em: 10 de outubro de 2020.

CPEA (Santos). Prefeitura de Santos. Programa de Controle e Monitoramento da Poluição Atmosférica. Disponível em:

https://www.santos.sp.gov.br/static/files_www/conteudo/ProcessosSeletivos/3112_Programa_Emiss%C3%B5es%20Atmosf%C3%A9ricas.pdf. Acesso em: 27 de agosto de 2020.

CURSOS IPED. A importância do monitoramento da poluição. Disponível em: <<https://www.iped.com.br/materias/ambiental/importancia-monitoramento-poluicao.html>>. Acesso em: 28 de outubro de 2020.

ECYCLE. Dióxido de Nitrogênio: Conheça o NO₂. Disponível

em: <<https://www.ecycle.com.br/2393-no2-dioxido-de-nitrogenio>>. Acesso em: 10 de outubro de 2020 A.

ECYCLE. Ozônio: o que é. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/2026-ozonio.html>>. Acesso em: 10 de outubro de 2020 B.

ECYCLE. Óxidos de nitrogênio: o que são os NO_x e quais seus impactos.

Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/3052-oxidos-de-nitrogenio>>. Acesso em: 10 de outubro de 2020 C.

ENERGÉTICA Qualidade do Ar. AGV com Registrador de Vazão. Disponível em: <https://www.energetica.ind.br/wp-content/uploads/2015/12/agv_pts.pdf>. Acesso em: 18 de outubro de 2020 A.

ENERGÉTICA Qualidade do Ar. Manual de Operação AGV-PTS. Disponível em: <https://www.energetica.ind.br/wp-content/uploads/2016/01/env1_manual-pts_rev_08.pdf>. Acesso em: 13 de novembro de 2020 B.

EXCELÊNCIA AMBIENTAL. Amostragem isocinética de efluentes gasosos em chaminés.

Disponível em: <<https://excelenciaambiental.com.br/emissoes-atmosferica/amostragem-isocinetica-de-efluentes-gasosos-em-chamines/#:~:text=A%20coleta%20ou%20amostragem%20isocin%C3%A9tica,g%C>>

3%A1s%20que%20se%20pretende%20analisar>. Acesso em: 10 de outubro de 2020.

FERNANDES, Paulo Sérgio. **Gestão de Fontes Estacionárias de Poluição Atmosférica**. Disponível em: http://www.ambiental.ufpr.br/portal/wp-content/uploads/2014/08/Livro_TGA-EA-_cap_3_Fontes_Fixas.pdf. 2003, p 106. Acesso em: 27 de agosto de 2020.

FERREIRA, Victor Ricardo. **Monóxido de Carbono**. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/monoxido-carbono.htm#:~:text=Em%20baixas%20concentra%C3%A7%C3%B5es%2C%20em%20torno,dores%20de%20cabe%C3%A7a%20e%20v%C3%B4mito>>. Acesso em: 10 de outubro de 2020.

FINKLER, Raquel et al. **Fundamentos da Engenharia Ambiental**. Porto Alegre: Sagah Educação S.A, 2018. 170 p.

GERALDES, Daniel. **Compostos Orgânicos Voláteis**. Disponível em: <https://www.editorastilo.com.br/compostos-organicos-volateis/#:~:text=Quais%20danos%20%C3%A0%20sa%C3%BAde%20os,e%20de%20mem%C3%B3ria%20e%20tontura>>. Acesso em: 10 de outubro de 2020.

GOMES, João Fernando Pereira. **Poluição atmosférica: um manual universitário**. 2 ed. Porto: Publindústria, 2010. 266 p.

GOUVEIA, Rosimar. **Camadas da Atmosfera**. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/camadas-da-atmosfera/>. Acesso em: 25 de setembro de 2020.

Intensiv-Filter do Brasil Ltda. **Filtros de Manga**. Disponível em: <http://www.intensiv-filter.com.br/arquivos/Manuais/30/00/90/0036%20R0.pdf>>. Acesso em: 16 de outubro de 2020.

KORTING. **Lavador Venturi**. Disponível em: <https://www.koerting.de/pt/lavador-venturi.html>>. Acesso em: 17 de outubro de 2020.

LAPA, Reginaldo Pedreira. **Medidas Para o Controle a Poluição Atmosférica**. Disponível em: <https://segurancatemfuturo.com.br/index.php/2016/09/01/medidas-para-controlar-a-poluicao-atmosferica/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2020.

LEITÃO, Joyce Oliveira. **Atmosfera**. Disponível em: <https://www.infoescola.com/geografia/atmosfera/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2020.

MÁRIO, Josiane Paula Martinello. **Poluição atmosférica como condicionante no processo de ocupação do espaço urbano: análise na cidade de Porto Alegre, RS**. 86 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

MATHIAS, Lucas. **MINDMINER: Pesquisa qualitativa e quantitativa: qual é a melhor opção.** Disponível em: [Shttps://mindminers.com/blog/pesquisa-qualitativa-quantitativa/](https://mindminers.com/blog/pesquisa-qualitativa-quantitativa/). Acesso em: 25 de setembro de 2020.

MIHELIC, James R.; ZIMMERMAN, Julie Beth. **Engenharia ambiental: fundamentos, sustentabilidade e projeto.** Rio de Janeiro: LTC, 2012. 617 p.

MILLER, G. Tyler; SPOOLMAN, Scoot. E. **Ciência ambiental.** Tradução Noveritis do Brasil. São Paulo. Cengage Learning, 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE- MMA. **Fontes Fixas.** Disponível em: <https://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/fontes-fixas#:~:text=Desde%20o%20final%20da%20d%C3%A9cada,poluentes%2C%20qualidade%20do%20ar%20e>. Acesso em: 27 de agosto de 2020.

NORMA CEMP E-03. **Pó de carvão mineral para fundição.** Disponível em: <http://www.tecnofund.com.br/cemp/normas/E03.pdf>. Acesso em: 08 de dezembro de 2020.

O' MALLEY, Gerald F. **Intoxicação por Chumbo.** Disponível em: <https://www.msmanuals.com/pt/casa/les%C3%B5es-e-envenenamentos/envenenamento/intoxica%C3%A7%C3%A3o-por-chumbo>. Acesso em: 10 de outubro de 2020.

PEREIRA, José de Sena. Legislação Brasileira Sobre Poluição do Ar. **Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados.** Brasília, junho 2007.

PORTAL EBC. **O que são poluentes atmosféricos.** Disponível em: <https://memoria.ebc.com.br/infantil/voce-sabia/2015/08/poluicao-do-ar-o-que-sao-os-poluentes-atmosfericos>. Acesso em: 16 de outubro de 2020.

SINDIREPA TOLEDO. **Escala de Ringelmann.** Disponível em: <http://www.fiepr.org.br/sindicatos/sindirepatoledo/escala-de-ringelmann-1-11560-301452.shtml>. Acesso em: 08 de dezembro de 2020.

SOUZA, LÍRIA ALVES DE. **Troposfera e estratosfera em camadas poluídas.** Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/quimica/troposfera-estratosfera-camadas-poluídas.htm#:~:text=a%20troposfera%20e%20estratosfera%20fazem,pr%C3%B3ximas%20%C3%A0%20superf%C3%ADcie%20da%20terra.&text=esta%20camada%20%C3%A9%20a%20mais,derivados%20de%20auto%C3%B3veis%20e%20ind%C3%BÁstrias>. Acesso em: 10 de outubro de 2020.

RESOLUÇÃO CONAMA N.º 003, de 1990. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res90/res0390.html>. Acesso em: 17 de setembro de 2020.

RESOLUÇÃO CONAMA N.º 008, de 1990. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=105>. Acesso em: 20 de outubro de 2020.

RESOLUÇÃO CONAMA N.º 382, de 2006. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=520>>. Acesso em: 17 de setembro de 2020.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 436, de 2011. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=660>. Acesso: 27 de agosto de 2020.

RESOLUÇÃO CONAMA nº 491, de 2018. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740>. Acesso: 17 de setembro de 2020.

TORRES, Paulo Magno da Costa. **Camadas da Atmosfera**. Disponível em: <<https://www.coladaweb.com/geografia/camadas-da-atmosfera#:~:text=Ionosfera%20ou%20Termosfera,a%20comunica%C3%A7%C3%A3o%20a%20grandes%20dist%C3%A2ncias>>. Acesso em: 16 de outubro de 2020.

UFPEL. **Estimativa do poder calorífico de madeiras de acácia-negra e eucalipto do Município de Pelotas – RS**. Disponível em: <<https://wp.ufpel.edu.br/esa/files/2014/10/TCC-CAROLINA-COUTO.pdf>>. Acesso em: 08 de dezembro de 2020.

VESILIND, P. Warner; MORGAN, Susan M. **Introdução à engenharia ambiental**. Tradução 2 ed. São Paulo: Cengage learning, 2011. 438 p.

ANEXO(S)

ANEXO A – PLANILHA DE CÁLCULO DA CONCENTRAÇÃO DE PTS.

AGV PTS – AMOSTRAGEM Formulário de Registro de Dados				Número Formulário	
				Data de emissão:	
				Executante:	
				Conferente:	
DADOS DA AMOSTRAGEM					
Nº da Amostragem:		Período:		a	
Local:		Hora:		a	
Nº do Filtro:		Tipo de filtro:			
DADOS DO AMOSTRADOR					
Nº do Amostrador:		Nº Horímetro:			
Nº do Registrador:		Nº Timer:			
DADOS DO ENSAIO DO AGV PTS					
Ensaio c/ PTV nº:		Data último ensaio do AGV PTS:			
Inclinação (α):		Intercepto (b):		Correlação (r):	
ANOTAÇÕES DE CAMPO					
Temperatura ambiente média (T _a):		°C	T _a = 298 K P _a = 760 mm Hg		
ou Temperatura média sazonal (T _s):		°C			
Pressão barométrica média (P _b):		mm Hg			
ou Pressão média sazonal (P _s):		mm Hg			
Leitura inicial horímetro:		horas	Leitura final horímetro:		horas
DADOS DA DEFLEXÃO D				CONDIÇÕES DURANTE A AMOSTRAGEM	
Número		Temp. amb.	Pres. atm.	Responda sim ou não	
Intervalo	Deflexão	°C	mm Hg		
1				Amostrador devidamente ensaiado?	
2				Timer e horímetro funcionando bem?	
3				Juntas do filtro e do motor boas e apertadas?	
4				Motor e escovas em boas condições?	
5				Pena do registrador traçando bem na carta?	
6				A vazão se manteve entre 1,1 e 1,7 m³/min.?	
7				Nota: Caso use uma estação meteorológica ou um datalogger para colher os dados de temperatura e pressão hora a hora, anotar os valores para cada intervalo nas duas últimas colunas à esquerda. Quando não há dados colhidos hora a hora, os valores para cada intervalo são os valores das médias de 24 horas, ou sejam, T _s e P _s .	
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17				Enumere anomalias durante a amostragem:	
18					
19					
20					
21					
22				DADOS DAS PESAGENS	
23				Peso inicial do filtro:	g
24				Peso final do filtro:	g
Ass. Operador				Ass. Conferente	