



ESCOLA SUPERIOR
DA CETESB



CETESB

ESCOLA SUPERIOR DA CETESB

PÓS-GRADUAÇÃO DE “CONFORMIDADE AMBIENTAL COM REQUISITOS TECNICOS E LEGAIS”

Ariana Eliza Affonso

POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA ESFERA INDUSTRIAL:

Estudo de caso em indústria de embalagens fabricadas a partir do papel
reciclado

**São Paulo
2018**



Ariana Eliza Affonso

POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA ESFERA INDUSTRIAL:
Estudo de caso em indústria de embalagens fabricadas a partir do papel
reciclado

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós-Graduação “Conformidade Ambiental com Requisitos Técnicos e Legais” Escola Superior da CETESB, como requisito parcial para obtenção de título de especialista em “Conformidade Ambiental”.

Orientador: Eng.º PhD Ligia Cristina Gonçalves de Siqueira.

**São Paulo
2018**

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO

(CETESB, Biblioteca, SP, Brasil)

A196p Affonso, Ariana Eliza
Poluição atmosférica na esfera industrial: estudo de caso em indústria de embalagens fabricadas a partir do papel reciclado / Ariana Eliza Affonso. – São Paulo, 2018.
89 p.: il. color. : 30 cm.

Orientadora: Eng.º PhD Ligia Cristina Gonçalves de Siqueira.
Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Conformidade Ambiental) – Pós-Graduação Lato Sensu Conformidade Ambiental com Requisitos Técnicos e Legais, Escola Superior da CETESB, São Paulo, 2018.
Disponível também em: <<http://cetesb.sp.gov.br/escolasuperior/producao-tecnico-cientifica/>>.

1. Indústria – embalagens 2. Papel reciclado 3. Poluição atmosférica I.
Siqueira, Ligia Cristina Gonçalves, Orient. II. Escola Superior da CETESB (ESC).
III. Título.

CDD (21.ed. esp.) 363.739 816.1
CDU (2.ed. port.) 502.175:614.71/.72(815.6)

Catálogo na fonte: Hilda Andriani de Lima – CRB 8-1861

Direitos reservados de distribuição e comercialização.
Permitida a reprodução parcial desde que citada a fonte.

© CETESB.

Av. Profº Frederico Hermann Jr., 345
Pinheiros - SP - Brasil - CEP 05459900

Site: <<http://escolasuperior.cetesb.sp.gov.br/producao-tecnico-cientifica/>>

FOLHA DE APROVAÇÃO

Ariana Eliza Affonso

POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA NA ESFERA INDUSTRIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Pós-Graduação “Conformidade Ambiental com Requisitos Técnicos e Legais” Escola Superior da CETESB, como requisito parcial para obtenção de título de especialista em “Conformidade Ambiental”.

Banca examinadora:

Orientadora – Ligia Cristina Gonçalves de Siqueira
Engenheira PhD. – CETESB

Avaliador 1 - João Vicente de Assunção
Engenheiro PhD. - Professor Colaborador Sênior da USP

Avaliador 2 - Larissa Ciccotti Freire
Química Ambiental PhD. - Pesquisadora

Aprovada em: São Paulo, 16 de Junho de 2018.

“A aprovação do Trabalho de Conclusão de Curso não significa aprovação, endosso ou recomendação, por parte da CETESB, de produtos, serviços, processos, metodologias, técnicas, tecnologias, empresas, profissionais, ideias ou conceitos mencionados no trabalho”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela saúde, disposição para concluir mais uma etapa em minha vida acadêmica, sempre me dando forças para superar as dificuldades.

Agradeço a minha família por toda a dedicação, paciência e apoio, principalmente meus pais, por todo o carinho e amor, sempre me incentivaram e acreditaram em mim.

Agradeço aos professores que estiveram dispostos a ajudar e contribuir para um melhor aprendizado. Em especial a minha professora e orientadora Dra. Ligia Cristina Gonçalves de Siqueira, por todo o tempo que dedicou, sempre muito prestativa e atenciosa, dando todo o suporte necessário durante o processo de realização deste trabalho.

Agradeço a Empresa por ter contribuído com o desenvolvimento do meu trabalho. Aos colaboradores que se empenharam em me auxiliar, sempre me recebendo em seus setores com muita atenção, fornecendo todas as informações e dados específicos necessários que precisei.

Agradeço também a minha Escola Superior da CETESB por ter me dado à chance e todas as ferramentas que permitiram chegar hoje ao final desse ciclo de maneira satisfatória. A todo o corpo docente, além da direção e administração que me proporcionaram as condições necessárias para que eu alcançasse meus objetivos.

E enfim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, seja de forma direta ou indireta, fica registrado aqui, o meu muito obrigado!

RESUMO

Com o crescimento populacional e conforme as necessidades de consumo, as indústrias cresceram consideravelmente, porém consigo trouxeram as consequências, o que podemos chamar de poluição atmosférica. Sendo esta uma problemática nos dias atuais, que gera preocupação acerca dos efeitos nocivos da poluição do ar na saúde da população. Desta forma faz-se necessário as indústrias compreenderem a importância em investirem em equipamentos de controle de poluição e realizarem constantemente o monitoramento. No presente trabalho foi possível realizar o levantamento das fontes de emissões atmosféricas em uma planta industrial, estimar as emissões conforme os métodos selecionados para o estudo em questão: amostragem em chaminé (Caldeira) e os fatores de emissão (Dispositivos e acessórios) e discutir melhorias nas medidas de controle implantadas. Por meio do estudo de caso, identificaram-se as fontes de poluição do ar do empreendimento e selecionaram-se os métodos ideais para estimar as emissões dos poluentes de cada fonte identificada. E conforme a análise dos resultados, a mesma possibilitou avaliar as emissões dos poluentes atmosféricos gerados, constatando que a indústria atende os padrões estabelecidos pelas legislações vigentes. Embora todos os critérios legais sejam atendidos, seria interessante a empresa sempre buscar uma melhoria contínua de processos e que também opte por equipamentos de controle de poluição eficientes e específicos para cada tipo fonte, como por exemplo, a troca do mult ciclone por outro equipamento de controle de maior eficiência, como lavadores de gases. E em relação ao combustível utilizado (lenha), pode ser realizada a substituição de combustível por gás natural, desde que disponível na localização do empreendimento. Outras medidas a serem implementadas seria um plano de manutenção sistemática e periódica para os dispositivos e acessórios de tubulações e por fim a concretização do programa de reuso de água de efluentes, o qual a empresa já tem intenções de realizar.

Palavras-Chaves: Poluição Atmosférica, indústria, tecnologias controle.

ABSTRACT

The industries have been growing substantially because of the population growth and the consumption needs, but with this some impacts, like the air pollution. Nowadays the air pollution is one of problems that raises concern because of the adverse effects on the population health. In this way, it is necessary for the industries to understand the importance of investing in pollution control equipment and to monitor constantly their emissions. In this essay it was possible to establish the source of atmospheric emissions in an industrial plant and to estimate the emissions through the following methods: sampling in a chimney (boiler) and the emission factors (device and accessories) and suggest better control measures. The sources of air pollution of the industrial plant were identified and the appropriated methods to estimate the level of pollution emission for each one of the identified sources were selected. It was possible to evaluate the emission of atmospheric pollutants analyzing the results, what determined that industrial plant is in compliance with the current regulations. Although all legal criteria is attended, it would be important for the company to keep seeking continuous process improvement and also choose efficient and specific pollution control equipment for each pollution source, for example, the exchange of the multicyclon for another control equipment such as gas scrubbers. And in relation to the fuel used (firewood), it can be replaced by natural gas if it is available at the location of the enterprise. Other measures to be implemented would be a systematic and periodic maintenance plan for piping devices and its accessories and the implementation of the effluent water reuse program, which the company already intends to carry out.

Key-words: Atmospheric pollution, industry, control technologies

LISTA DE FIGURAS

Figura -	1	Localização das estações e pontos de amostragem da Rede Manual	19
Figura -	2	Composição da Macrometrópole Paulista	20
Figura -	3	Balanço de massa (materiais que entram e saem no processo)	32
Figura -	4	Modelos de emissão (Dados de entrada, modelo de emissão e dados de saída)	33
Figura -	5	Fluxograma da fabricação da chapa de papelão ondulado	43
Figura -	6	Fluxograma das etapas de produção das caixas de papelão ondulado	44
Figura -	7	Modelo de caldeira a lenha	45
Figura -	8	Sistema para reabastecimento de empilhadeiras	46
Figura -	9	Abastecimento de empilhadeiras	46
Figura -	10	Abastecimento de GLP na empilhadeira	47
Figura -	11	Dispositivos e acessórios do tanque de GLP	47
Figura -	12	Dispositivos e acessórios	48
Figura -	13	Válvulas e acessórios	48
Figura -	14	Modelo de Multiciclone	49
Figura -	15	Modelo de Magnetron	50
Figura -	16	Etapas para realização do trabalho – Metodologia	51
Figura -	17	Etapas adotadas para o estudo de caso	54
Figura -	18	Gráfico de Produção da empresa no ano de 2017	56
Figura -	19	Gráfico de Consumo de matéria prima da empresa, no ano de 2017	56
Figura -	20	Implantação Geral da empresa – Layout	57
Figura -	21	Visão geral do setor de recebimento e o armazenada das bobinas de papelão	58
Figura -	22	Bobinas de papelão aprovadas pelo setor de qualidade, prontas para serem inseridas na produção	58
Figura -	23	Vista geral do setor da Onduladeira	59
Figura -	24	Bobinas sendo posicionadas para serem colocadas na Onduladeira	59
Figura -	25	Setor da Máquina Onduladeira em operação	59
Figura -	26	Máquina Onduladeira em funcionamento	59
Figura -	27	Separação das lâminas de papelão conforme programação e pedidos dos clientes	60
Figura -	28	Lâminas de papelão empilhadas, de acordo com os pedidos programados para rodar na produção em determinado dia	60
Figura -	29	Impressoras em funcionamento	61
Figura -	30	Setor de Conversão (impressoras, corte, vinco) em operação	61
Figura -	31	Lâminas de papelão empilhadas separadamente, aguardando impressão	61
Figura -	32	Máquina plotter de recorte de papelão	62
Figura -	33	Sobras dos processos produtivos (Aparas de papelão)	63
Figura -	34	Tambores de tintas (sobras) utilizados nas impressoras	64
Figura -	35	Tambores com as bases de cores para preparo de tintas	64
Figura -	36	Tambores onde são realizados os preparos das tintas	64

(continuação)

Figura -	37	Tintas preparadas para serem utilizadas durante o processo semanal	64
Figura -	38	Setor de acessórios, máquina riscadora em operação	65
Figura -	39	Pilhas de papelão riscadas e empilhadas	65
Figura -	40	Produto final (setor de expedição)	66
Figura -	41	Produto sendo retirado, para envio ao cliente – transporte	66
Figura -	42	Tanque de GLP	66
Figura -	43	Setor de abastecimento das empilhadeiras (Pit Stop)	67
Figura -	44	Bomba de abastecimento de GLP	67
Figura -	45	Caixas de tratamento de lodo – processo de secagem	69
Figura -	46	Resíduo aquoso gerado pós-desidratação do lodo	69
Figura -	47	Fornalha Caldeira ATA – porta aberta (em modo stand- by)	70
Figura -	48	Fornalha e Caldeira ATA – porta fechada (em modo stand- by)	70
Figura -	49	Fornalha Caldeira VATI	71
Figura -	50	Caldeira VATI em operação	71
Figura -	51	Filtro Muticiclone vista lateral (Acoplado Caldeira VATI)	73
Figura -	52	Filtro Muticiclone vista frontal (Acoplado Caldeira VATI)	73
Figura -	53	Filtro Multiciclone (Caldeira ATA)	73

LISTA DE QUADROS

Quadro -	1	Exemplos de Resoluções CONAMA aplicáveis a Fontes Fixas	37
Quadro -	2	Exemplos de Legislações Estaduais Aplicáveis	38
Quadro -	3	Exemplo de métodos de estimativa de emissões específicos para fontes de uma planta	53
Quadro -	4	Características do tanque de GLP	68
Quadro -	5	Características Caldeira – ATA	71
Quadro -	6	Características Caldeira – VATI	72
Quadro -	7	Fontes de poluição do ar do empreendimento	74
Quadro -	8	Métodos de estimativa de emissão selecionados	74
Quadro -	9	Normas e Metodologia Analítica: Gases (Parâmetros realizados pelo laboratório)	76
Quadro -	10	Resultados de amostragem em chaminé (Caldeira ATA)	77
Quadro -	11	Resultados de estimativa de COVs (Caldeira ATA)	77
Quadro -	12	Parâmetros dos poluentes de acordo com a Resolução CONAMA lenha	79
Quadro -	13	Parâmetros dos poluentes de acordo com a Resolução CONAMA lenha	80

LISTA DE TABELAS

Tabela -	1	Estimativa de Emissão de COVs em Dispositivos e Acessórios	78
Tabela -	2	Totalização de poluentes	79

ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
ALOHA	<i>AREAL LOCATIONS OF HAZARDOUS ATMOSPHERES</i> = LOCAIS DE ÁREA DE ATMOSFERAS PERIGOSAS
AP- 42	<i>COMPILATION OF AIR POLLUTANT EMISSION FACTORS</i> = COMPILAÇÃO DE FATORES DE EMISSÃO DE POLUENTES DO AR
BAO	BACIAS DE ÁGUAS OLEOSAS (BACIAS DE CONTENÇÃO)
CETESB	COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO
CONAMA	CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE
CEMS	SISTEMA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS
ERT	ENXOFRE REDUZIDO TOTAL
ETEL	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES
GLP	GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO
IBAMA	INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS
MMA	MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
MC	MONITOR CONTINUO
OMS	ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE
OPAS	ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE
PEM	MONITORAMENTO PREDITIVO DAS EMISSÕES
PMA	PROGRAMA DE MELHORIA AMBIENTAL
PCPV	PLANO DE CONTROLE DE POLUIÇÃO VEICULAR
PCP	PLANEJAMENTO DE CONTROLE DE PRODUÇÃO
PHAST 6.1	<i>PROCESS HAZARD ANALYSIS SOFTWARE</i> = SOFTWARE PARA ANÁLISE DE RISCOS DE PROCESSO

(continuação)

pH	POTENCIAL HIDROGENIÔNICO
PREFE	PLANO DE REDUÇÃO DE EMISSÃO DE FONTES ESTACIONÁRIAS
PRONAR	PROGRAMA NACIONAL DE CONTROLE DE QUALIDADE DO AR
PTS	PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO
SAO	SEPARADOR ÁGUA-ÓLEO SAO
SMA	SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO
SOCMI	<i>SYNTHETIC ORGANIC CHEMICALS MANUFACTURING INDUSTRY</i> = SETOR DE FABRICAÇÃO DE PRODUTOS QUÍMICOS ORGÂNICOS SINTÉTICOS
TAC	TERMO DE AJUSTAMENTO DE CONDUTA
TANKS	<i>TANKS EMISSIONS ESTIMATION SOFTWARE</i> = SOFTWARE DE ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE TANQUES
US EPA	<i>UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY</i> = AGÊNCIA DE PROTECÇÃO AMBIENTAL DOS ESTADOS UNIDOS
WATER9	<i>AIR EMISSIONS MODELS FOR WASTE AND WASTEWATER SOFTWARE</i> = SOFTWARE DE MODELAGEM PARA RESÍDUOS E ÁGUAS RESIDUÁRIAS

LISTA DE SIMBOLOS

CH₄	METANO
CO	MONÓXIDO DE CARBONO
COVs	COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS
FMC	FUMAÇA
HC	HIDROCARBONETOS
HCl	ÁCIDO CLORÍDRICO
HCT	HIDROCARBONETOS TOTAIS
HF	ÁCIDO FLUORÍDRICO
MP	MATERIAL PARTICULADO
MP₁₀	PARTÍCULAS INALÁVEIS (FRAÇÃO 10 MICRA)
MP_{2,5}	PARTÍCULAS INALÁVEIS FINAS (FRAÇÃO 2,5 MICRA)
NO	MONÓXIDO DE NITROGÊNIO
NO₂	DIÓXIDO DE NITROGÊNIO
NO_x	ÓXIDOS DE NITROGÊNIO
O₃	OZÔNIO
SO₂	DIÓXIDO DE ENXOFRE
SO_x	ÓXIDOS DE ENXOFRE

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
3 JUSTIFICATIVA	18
4 REFERENCIAL TEÓRICO	22
4.1 FONTES DE POLUIÇÃO DO AR.....	22
4.2 CLASSIFICAÇÕES DAS FONTES PARA INVENTÁRIO DE EMISSÕES	22
4.2.1 Fontes Fixas.....	22
4.2.2 Fontes Evaporativas	23
4.2.3 Fontes Fugitivas.....	23
4.2.4 Fontes Abertas.....	23
4.3 POLUENTES	24
4.3.1 CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS POLUENTES.....	25
4.3.1.1. Material Particulado	25
4.3.1.2. Monóxido de Carbono (CO)	25
4.3.1.3 Óxidos de Nitrogênio (NO _x).....	26
4.3.1.4 Óxidos de Enxofre (SO _x).....	26
4.3.1.5 Ozônio (O ₃)	27
4.3.1.6 Compostos Orgânicos Voláteis (COVs).....	27
4.4 MÉTODOS PARA ESTIMAR AS EMISSÕES	28
4.4.1 Sistema de Monitoramento Contínuo de Emissões (CEMS).....	29
4.4.2 Amostragem em Chaminé	31
4.4.3 Balanço de massa.....	31
4.4.4 Análise de Combustível	32
4.4.5 Monitoramento Preditivo das Emissões (PEM).....	33
4.4.6 Modelos de Emissão.....	33
4.4.7 Licenças/TAC (Termo de ajustamento de conduta).....	34
4.4.8 Dados do fabricante	35
4.4.9 Critérios de engenharia.....	35

4.4.10 Fatores de emissão.....	36
4.5 REGULAMENTAÇÕES APLICÁVEIS.....	36
4.5.1 Federal.....	36
4.5.2 Estadual (SP).....	38
4.6. CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES	39
4.6.1. Descrição do processo produtivo.....	39
4.6.1.1. Processo do papel ondulado.....	41
4.6.2. Caldeiras à lenha	45
4.6.3. Sistema de Abastecimento de Empilhadeira (Pitstop)	46
4.6.4. Dispositivos e acessórios.....	47
4.7. Tecnologias de controle utilizadas no empreendimento	49
4.7.1. Multiciclones.....	49
4.7.2. Magnetron.....	50
5 METODOLOGIA	51
6 ESTUDO DE CASO	54
6.1 Descrição da fonte	55
7 RESULTADOS.....	79
7.1 Estimativa das emissões do empreendimento.....	79
7.2 Outros resultados.....	80
8 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	80
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
10 REFERÊNCIAS	83

1 INTRODUÇÃO

Antigamente os processos industriais eram mais simples e a demanda decorrente do comércio industrial conseqüentemente era menor. Conforme o aumento populacional, o crescimento global, novas tecnologias foram surgindo. Um marco importante na história foi a Revolução Industrial, que se iniciou em meados do século XVIII, que trouxe grandes mudanças nesta esfera. A principal particularidade dessa revolução foi a substituição do trabalho artesanal pelo assalariado e o uso das máquinas. Com o crescimento das populações e das necessidades de consumo, as indústrias cresceram consideravelmente em número, áreas de atuação e variedade de produtos. Desta forma, a indústria e a população não tinham conhecimento das conseqüências que surgiriam e nem estavam preparadas para se precaverem dos danos à população e os impactos ambientais que seriam ocasionados (LEAL; FARIAS; ARAUJO, 2008).

Novas técnicas foram adotadas, baseadas na queima de grandes quantidades de carvão, lenha e, posteriormente, óleo combustível, entre outros. Conforme as emissões de gases poluentes no processo industrial tiveram um aumento significativo, também se tornou preocupante a saúde pública (RUSSO, 2001).

Dos gases emitidos nestes processos que causam grandes impactos, temos os compostos orgânicos voláteis (COVs). Estes são gases e vapores emitidos principalmente em atividades de combustão, resultantes da queima incompleta e evaporação de combustíveis e de outros produtos orgânicos, transformando-se em partículas como resultado de reações químicas no ar. São emitidos por veículos, pelas indústrias, pelos processos de estocagem e transferência de combustível, etc. Muitos destes compostos participam ativamente das reações de formação do ozônio (QUINTANILHA, 2009).

O ozônio é considerado o principal produto das reações químicas que ocorrem na Troposfera e a sua formação está relacionada com as concentrações de compostos orgânicos voláteis (COVs) e de óxidos de nitrogênio (NO_x). Também é considerado o mais importante oxidante fotoquímico, e em altas concentrações pode causar diversos danos à flora e à fauna, às construções e monumentos (DALLAROSA, 2005).

Devido à emissão destes gases que são lançados diariamente na atmosfera, provenientes das atividades do processo industrial, tem-se a percepção da perda gradativa da qualidade do ar nos grandes centros urbano-industriais, havendo assim uma mudança em sua composição ou em suas propriedades, decorrentes das emissões de poluentes, tornando-o impróprio, nocivo ou inconveniente à saúde, ao bem-estar público, à vida animal e vegetal (RUSSO, 2001).

Se não houver um equilíbrio ambiental, conseqüentemente a saúde pública será afetada. Desta forma a preocupação com a mesma, vem se tornando um assunto tratado em vários estudos científicos, visto que a taxa de mortalidade relacionada à poluição do ar aumenta anualmente. A poluição atmosférica causa efeitos à saúde como problemas oftálmicos, doenças dermatológicas, problemas gastrointestinais, problemas cardiovasculares, doenças pulmonares, alguns tipos de câncer, efeitos sobre o sistema nervoso e algumas doenças infecciosas (PRADO FILHO, 2010).

Com isso os impactos ambientais e sociais se tornam cada vez mais alarmantes e preocupantes, embora existam legislações específicas para controlar esta problemática, muitas indústrias ainda passam por problemas de gestão ambiental, a qual tem um papel muito importante, sendo este um sistema de administração empresarial que enfatiza a sustentabilidade, visando sempre o uso de práticas e métodos administrativos que possam reduzir ao máximo o impacto ambiental das atividades econômicas nos recursos da natureza (PORTAL EDUCAÇÃO, 2012).

Os impactos no meio ambiente decorrentes da emissão de poluentes no ar podem ter uma escala local, regional ou global. Incluem a acidificação da atmosfera e precipitação de chuvas ácidas, a destilação global, o efeito estufa, a redução da camada de ozônio e o escurecimento global, dentre outras conseqüências nefastas para todos os seres vivos que habitam o planeta (SILVA, 2016). As chuvas ácidas que incidem sobre qualquer região do planeta são responsáveis pela corrosão de metais, dos monumentos públicos, mortes das plantas e também afetam a saúde humana (JESUS, 1996).

Além disso, outro efeito importante que deve ser levado em consideração é a saturação das bacias aéreas, de acordo com o Decreto Estadual nº 8468/1976 e alterações (SÃO PAULO, 1976) considera-se saturada, em termos de poluição do ar, uma região ou sub-região, quando qualquer valor máximo dos padrões de qualidade do ar nelas estiver ultrapassado. Em regiões ou sub-regiões consideradas saturadas, a CETESB poderá estabelecer exigências especiais para atividades que

lancem poluentes e nas regiões ou sub-regiões ainda, não consideradas saturadas, será vedado ultrapassar qualquer valor máximo dos padrões de qualidade do ar.

Conforme o último banco de dados de qualidade do ar em áreas urbanas, 98% das cidades em países de baixa e média renda com mais de 100 mil habitantes não atendem as diretrizes de qualidade do ar da OMS. Em países de alta renda, esse percentual se reduz para 56%. Entre 2014 e 2015, o banco de dados que agora abrange 3 mil cidades em 103 países quase dobrou, com mais cidades medindo os níveis de poluição do ar e reconhecendo os impactos associados à saúde. Em decorrência deste aumento considerável de poluentes emitidos em maiores quantidades nas áreas urbanas, a qualidade do ar se torna ainda mais precária, onde o risco de acidentes vasculares cerebrais, doenças cardíacas, câncer de pulmão e doenças respiratórias crônicas e agudas (incluindo asma) aumenta para as pessoas que vivem nesses locais (OPAS; OMS, 2016).

A poluição do ar é uma das principais causas de doenças e mortes. Os impactos por particulados finos sobre a saúde têm maior relevância, visto que suas concentrações ambientais são também influenciadas por aerossóis secundários que se formam quimicamente na atmosfera a partir de outras emissões, além das emissões primárias (BOUBEL et al., 1994).

As autoridades começaram a se preocupar com esse assunto, o qual se tornou de importância mundial. No Brasil para tentar conter a situação e minimizar esta problemática, foram criadas legislações específicas elaboradas no decorrer dos anos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar o levantamento das fontes de emissões atmosféricas na esfera industrial, especificamente numa indústria de embalagens fabricadas a partir do papel reciclado, estimar as emissões e propor melhorias nas medidas de controle.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atender o objetivo geral, o mesmo foi dividido em objetivos específicos:

- Identificar as fontes de poluição do ar do empreendimento;
- Selecionar os métodos para estimar as emissões (poluentes) de cada fonte identificada;
- Realizar as estimativas específicas;
- Analisar os resultados comparando com a legislação vigente;
- Propor medidas de melhoria e de controle.

3 JUSTIFICATIVA

A poluição atmosférica na esfera industrial é um tema de grande relevância, inclusive em nível mundial, onde grandes organizações, órgãos ambientais e/ou outros nos vem alertando sobre os sérios riscos à saúde da população. As atividades industriais dificilmente deixarão de existir, até porque todos nós dependemos de certa forma destes processos para mantermos nossas condições de vida.

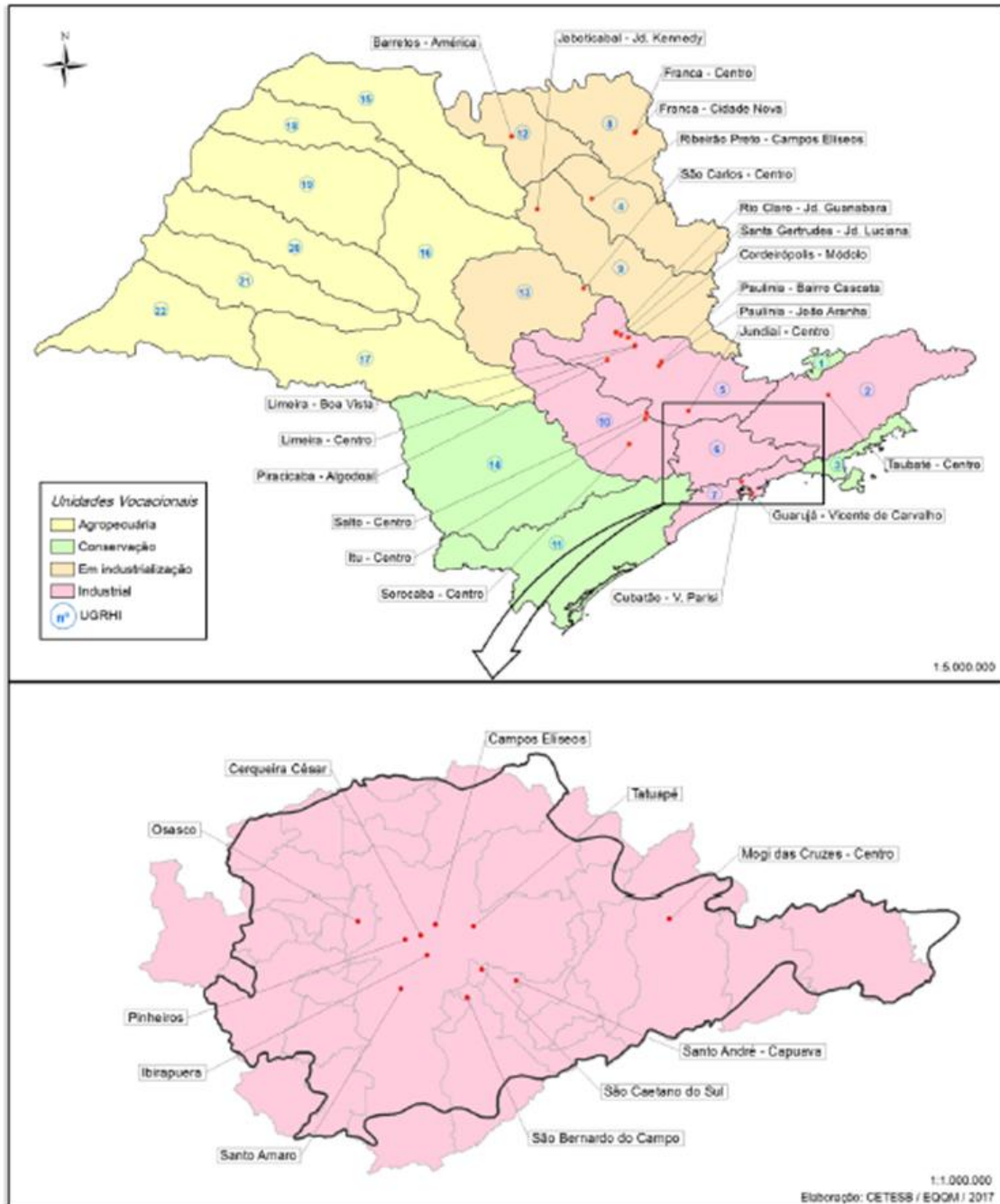
Uma indústria proposta a se adequar e reduzir os impactos ao meio ambiente deveria estabelecer um plano e/ou sistema de gestão ambiental, os quais envolvem um bom planejamento e organização, tendo o papel de auxiliar a empresa a alcançar metas ambientais intrínsecas, em uma analogia, por exemplo, com o que ocorre com a gestão de qualidade. Sendo possível promover revisões do processo produtivo e sua relação com os meios ambiental, social e econômico, dessa forma, identificando as atividades poluidoras, desperdício de energia e matérias-primas e organizando uma sistemática de monitoramento do sistema de gerenciamento ambiental. Alcançando, assim, seu principal objetivo que é promover o equilíbrio entre a proteção ambiental e as necessidades socioeconômicas. A gestão ambiental pode se tornar também um importante instrumento para as organizações em suas relações com consumidores, o público em geral, transparecendo uma imagem segura e comprometida com a sustentabilidade ambiental (NILSSON, 1998).

A adoção de uma boa gestão ambiental poderá contribuir consideravelmente com o meio ambiente, principalmente na redução, por exemplo, da chuva ácida, poupando a camada de ozônio, barrando um pouco o efeito estufa e o escurecimento global.

Outro fator importante é a redução de saturação de bacias aéreas (poluentes lançados na atmosfera), para que regiões ou sub-regiões tendam a não ultrapassarem os valores máximos dos padrões de qualidade do ar.

Conforme Relatório da Qualidade do ar no Estado de São Paulo elaborado pela CETESB em 2016 (CETESB, 2016), foram feitos mapas, onde é possível visualizar a localização das estações e seus respectivos pontos de amostragem (ex. rede manual de monitoramento) e também a composição da Macrometrópole Paulista e respectivas estações de monitoramento da qualidade do ar (**Figuras 1 e 2**).

Figura 1 - Localização das estações e pontos de amostragem da Rede Manual de monitoramento de qualidade do ar da CETESB



Fonte: CETESB (2016)

Figura 2 - Composição da Macrometrópole Paulista e estações de monitoramento da qualidade do ar



Fonte: CETESB (2016)

Embora políticas governamentais de regulamentações venham sendo estabelecidas em muitos países para redução das emissões dos precursores do ozônio, a adoção e implementação de medidas sustentáveis nas indústrias são de grande relevância. Como pode ser visto no próprio Decreto Estadual nº 59.113/2013 (SÃO PAULO, 2013), nas sub-regiões classificadas em M3, M2, M1 e Maior que M1 (média aritmética das médias anuais), a CETESB estabelecerá, conforme a vigência de cada padrão de qualidade do ar, por sub-região, um Plano de Controle de Emissões Atmosféricas, composto de um Plano de Redução de Emissão de Fontes Estacionárias – PREFE, em conjunto com o Plano de Controle de Poluição Veicular – PCPV, para as fontes de poluição que se encontrem em operação (CETESB, 2016).

E apesar de existirem regulamentações relacionadas à poluição atmosférica, seria necessário o desenvolvimento de legislações mais específicas, para que esta problemática fosse tratada de forma mais cautelosa e rigorosa. Havendo também uma maior fiscalização, de modo averiguar se está sendo cumprido o que foi estabelecido pela lei.

A indústria controlando e monitorando seus poluentes, buscando novas tecnologias, poderá usufruir de certos benefícios, tais como: incentivos fiscais (benefícios relacionados à carga tributária que são concedidos pela administração pública para algumas empresas), melhoria da eficiência energética de fontes móveis, a adoção de políticas de gestão ambiental em empresas de transporte, priorização para a renovação da Licença de Operação dos empreendimentos integrantes do PREFE, entre outros.

Atualmente, existe uma deficiência de estudos nesta área e certa carência de informações, por isso a necessidade de trabalhos como este, que embasem essas ações de controle em prol do meio ambiente e da sociedade, implementando medidas de gestão, através da quantificação das emissões, para que assim seja realizado um bom gerenciamento.

Dessa forma, o presente trabalho abordará o levantamento das emissões atmosféricas oriundas de uma unidade industrial, mais especificamente de uma indústria de embalagens fabricadas a partir do papel reciclado, em relação aos principais poluentes e sua quantificação, além de incluir a identificação de medidas de melhoria e equipamentos de controle adequados ao processamento industrial.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 FONTES DE POLUIÇÃO DO AR

A definição de poluição do meio-ambiente se encontra na Lei Estadual nº 997/1976 (SÃO PAULO, 1976), artigo 2º:

Considera-se a presença, o lançamento ou a liberação, nas águas, no ar ou no solo, de toda e qualquer forma de matéria ou energia, com intensidade, em quantidade, de concentração ou com características em desacordo com as que forem estabelecidas em decorrência desta Lei, ou que tornem ou possam tornar as águas, o ar ou solo:

I - impróprios, nocivos ou ofensivos à saúde;

II - inconvenientes ao bem estar público;

III - danosos aos materiais, à fauna e à flora;

IV - prejudiciais à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Dessa forma, as fontes de poluição do ar são todas e quaisquer atividades, processos, operações e dispositivos móveis ou não que, independente de seu campo de aplicação induzam, produzam ou possam produzir a poluição do ar, tais como: indústrias, veículos automotores, equipamentos, maquinarias, queima ao ar livre e outros (CETESB, 2017) e que podem ultrapassar os limites estabelecidos na legislação vigente.

4.2 CLASSIFICAÇÕES DAS FONTES PARA INVENTÁRIO DE EMISSÕES

Para realização de inventários de emissões de fontes, são utilizadas as seguintes classificações (CETESB, 2017):

4.2.1 Fontes Fixas

Segundo definição do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2017) fontes fixas são aquelas que ocupam uma área relativamente limitada, permitindo uma avaliação direta na fonte. As fontes classificadas como fixas referem-se às atividades da indústria de transformação, mineração e produção de energia através de usinas

termelétricas. Exemplos: caldeiras, fornos, flares, incineradores, secadores, entre outros.

4.2.2 Fontes Evaporativas

As fontes evaporativas são aquelas provenientes, por exemplo, de emissões de volatilização de combustíveis, que ocorrem no momento do armazenamento em tanques, como dos postos de gasolina, de fontes industriais (em seus processos) que emitem compostos orgânicos voláteis (CETESB, 2017).

4.2.3 Fontes Fugitivas

Segundo a Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 2006) define-se emissões fugitivas como, lançamentos difusos na atmosfera de qualquer forma de matéria sólida, líquida ou gasosa, efetuada por uma fonte que não possui dispositivo projetado para dirigir ou controlar seu fluxo. Dessa forma, as emissões fugitivas provêm de fontes emissoras difusas. A maioria emissões fugitivas de COVs podem ocorrer através de vazamentos em bombas, compressores e válvulas de plantas industriais e as de material particulado por meio de incidência de vento em pilhas a céu aberto, lavras, movimentação de materiais pulverulentos, entre outras.

4.2.4 Fontes Abertas

As emissões de fontes abertas são aquelas originadas de áreas abertas para a atmosfera, onde o processo de tratamento envolve contato com a água residuária e o ar. Estes tipos de emissão compõem-se, bacias de decantação, lagoas de estabilização, reatores abertos como as bacias de tratamento biológico de efluentes líquidos, separadores de água e óleo, redes de drenagem, tanques, ilhas de carregamento e torres de refrigeração (CETESB, 2017).

4.3 POLUENTES

A definição de poluente utilizada no presente trabalho encontra-se Decreto Estadual nº 8468/1976 e alterações (SÃO PAULO, 1976), em seu Artigo 3º:

Considera-se poluente toda e qualquer forma de matéria ou energia lançada ou liberada nas águas, no ar ou no solo:

I — com intensidade, em quantidade e de concentração, em desacordo com os padrões de emissão estabelecidos neste regulamento e normas dele decorrentes;

II — com características e condições de lançamento ou liberação, em desacordo com os padrões de condicionamento e projeto estabelecidos nas mesmas prescrições.

III — por fontes de poluição com características de localização e utilização em desacordo com os referidos padrões de condicionamento e projeto;

IV — com intensidade, em quantidade e de concentração ou com características que direta ou indiretamente, tornem ou possam tornar ultrapassáveis os padrões de qualidade do meio ambiente estabelecidos neste regulamento e normas dele decorrentes;

V — que, independentemente de estarem enquadrados nos incisos anteriores, tornem ou possam tornar as águas, o ar ou o solo impróprios nocivos ou ofensivos à saúde; inconvenientes ao bem estar público danosos aos materiais a fauna e à flora; prejudiciais à segurança, ao uso e gozo da propriedade, bem como às atividades normais da comunidade.

A classificação dos poluentes e os poluentes específicos estão citados no Decreto Estadual nº 59113/2013 (SÃO PAULO, 2013) em seu artigo 1º:

Em relação à classificação como primários e secundários, distinguem-se:

- **poluentes primários**: aqueles diretamente emitidos pelas fontes de poluição, tais como, partículas em suspensão, monóxido de carbono e dióxido de enxofre;

- **poluentes secundários**: aqueles formados a partir de reações entre outros poluentes, tal como o ozônio;

Em relação a poluentes específicos, define:

- óxidos de enxofre: óxidos de enxofre, expressos em dióxido de enxofre (SO₂);

- óxidos de nitrogênio: óxido de nitrogênio e dióxido de nitrogênio, expresso em dióxido de nitrogênio (NO₂);

- composto orgânico volátil (COV) não metano: todo composto orgânico, exceto o metano (CH₄), medido por um método de referência ou determinado por procedimentos estabelecidos pela CETESB.

Além desses, o material particulado também fará parte desse trabalho.

4.3.1 CARACTERÍSTICAS DOS PRINCIPAIS POLUENTES

4.3.1.1. *Material Particulado*

O Material Particulado pode ser denominado como 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. As principais fontes de emissão para a atmosfera são: veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa, ressuspensão de poeira do solo, entre outros e pode ser apresentado de diferentes maneiras: Material Particulado (MP), Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (MP₁₀), Partículas Inaláveis Finas (MP_{2,5}) e Fumaça (FMC). Ele pode também se formar na atmosfera a partir de gases como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COVs), que são emitidos principalmente em atividades de combustão, transformando-se em partículas como resultado de reações químicas no ar. O tamanho das partículas está diretamente associado ao seu potencial para causar problemas à saúde, sendo que quanto menores maiores os efeitos provocados. O particulado pode também reduzir a visibilidade na atmosfera. O material particulado pode ser classificado como: Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (MP₁₀), Partículas Inaláveis Finas (MP_{2,5}) e Fumaça (FMC) (CETESB, 2017).

4.3.1.2. *Monóxido de Carbono (CO)*

O Monóxido de Carbono (CO) é um gás inodoro e incolor, formado no processo de queima de combustíveis. Geralmente é emitido nos processos de combustão que ocorrem em condições não ideais, em que não há oxigênio suficiente para realizar a queima completa do combustível. Em áreas urbanas, a maior parte das emissões são decorrentes dos veículos automotores. Assim como outros gases, seu efeito pode ser prejudicial à saúde, pois tem alta afinidade com a hemoglobina no sangue (BRASIL, 2018). O CO, quando absorvido pelo sangue, forma a carboxihemoglobina, que por sua vez produz uma diminuição da oxihemoglobina e uma redução do transporte de oxigênio até os tecidos. O CO possui uma afinidade

de até 300 vezes maior com a hemoglobina do que o oxigênio, o que favorece a hipoxemia em pessoas expostas. O CO foi associado a aumento na mortalidade por infarto cardíaco agudo entre as pessoas idosas. A intoxicação aguda pode ser fatal (CASTRO; GOUVEIA; CEJUDO, 2002).

4.3.1.3 Óxidos de Nitrogênio (NO_x)

Os Óxidos de Nitrogênio (NO_x) são oriundos dos processos de combustão. Na maioria das metrópoles, os maiores produtores/responsáveis por toda essa emissão de óxidos de nitrogênio são os veículos automotores. O NO, após a ação da luz solar se transforma em NO_2 que tem grande responsabilidade na formação de oxidantes fotoquímicos, como o ozônio (CETESB, 2018). Reagem também com os COVs para formar O_3 . As principais fontes de emissão são as plantas de geração elétrica, motores de veículos, outras unidades estacionárias de combustão, tais como fornos industriais (CETESB, 2018). Normalmente compõe o fluxo gasoso e o NO_2 é o último produto emitido ou formado rapidamente no fluxo da chaminé. Os compostos de NO_x são também precursores de chuva ácida (CETESB, 2017). Dependendo das concentrações, o NO_2 causa prejuízos à saúde, sendo bastante irritante para o trato respiratório.

4.3.1.4 Óxidos de Enxofre (SO_x)

Os Óxidos de Enxofre (SO_x) são gases, de odor pungente que são irritantes para o trato respiratório e precursores da chuva ácida. As principais fontes são a combustão e incineração, particularmente do carvão mineral e óleo combustível (CETESB, 2017). Dentre os óxidos existentes, um dos mais importantes é o dióxido de enxofre.

O Dióxido de Enxofre (SO_2) um gás tóxico e incolor, que pode ser emitido por fontes naturais ou por fontes antropogênicas e pode reagir com outros compostos na atmosfera, formando assim um material particulado de diâmetro reduzido.

As fontes de emissão podem ser naturais, como vulcões, que contribuem para o aumento das concentrações de SO_2 no ambiente, porém na maior parte das áreas urbanas as atividades humanas são as principais fontes emissoras. A emissão

antropogênica é ocasionada pela queima de combustíveis fósseis que contenham enxofre em sua composição, entre outras. As formas de geração de energia, uso veicular e aquecimento doméstico são as fontes que apresentam emissões mais significativas. Entre os efeitos à saúde, pode ser considerado o agravamento dos sintomas da asma e aumento de internações hospitalares, decorrentes de problemas respiratórios. São precursores da formação de material particulado secundário. No ambiente, podem reagir com a água na atmosfera formando chuva ácida (BRASIL, 2018).

4.3.1.5 Ozônio (O₃)

O ozônio (O₃) é um poluente secundário, ou seja, não é emitido diretamente, mas formado a partir da junção de outros poluentes atmosféricos, e altamente oxidante na troposfera (camada inferior da atmosfera). O ozônio é encontrado naturalmente na estratosfera (camada situada entre 15 e 50 km de altitude), onde tem a função positiva de absorver radiação solar, impedindo que grande parte dos raios ultravioletas chegue à superfície terrestre. A formação do ozônio troposférico ocorre através de reações químicas complexas que acontecem entre o dióxido de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis, na presença de radiação solar. Estes poluentes são na maior parte das vezes emitidos durante a queima de combustíveis fósseis, volatilização de combustíveis, criação de animais e na agricultura. E entre os efeitos à saúde estão: o agravamento dos sintomas de asma, envelhecimento precoce, aumento na vulnerabilidade com infecções, deficiência respiratória, bem como de outras doenças pulmonares (enfisemas, bronquites, etc.) e cardiovasculares (arteriosclerose). Exposição por um longo período de tempo pode acarretar a redução na capacidade pulmonar, desenvolvimento de asma e diminuição na expectativa de vida. (BRASIL, 2018).

4.3.1.6 Compostos Orgânicos Voláteis (COVs)

Os COVs são gases e vapores provenientes da queima incompleta e evaporação de combustíveis e de outros produtos orgânicos, emitidos por veículos, indústrias, processos de estocagem e transferência de combustível, entre outros. Muitos destes

compostos participam ativamente das reações de formação do ozônio. Dentre os COVs presentes na atmosfera urbana estão os compostos aromáticos monocíclicos, em particular: benzeno, tolueno, etil-benzeno e xilenos. Os aromáticos monocíclicos são precursores do ozônio e alguns destes compostos podem causar efeitos adversos à saúde (CETESB, 2018). As principais fontes de COVs são: distribuição de combustível, indústria química, motores veiculares, uso de solventes (industrial, comercial e consumidores) (CETESB, 2017).

Estas substâncias químicas atuam predominantemente sobre o sistema nervoso central como depressoras, que dependendo da concentração e do tempo de exposição, podem causar desde sonolência, tontura, fadiga até narcose e morte (COSTA M. F. B., COSTA M. A. F., 2002).

4.4 MÉTODOS PARA ESTIMAR AS EMISSÕES

Para a realização das estimativas de emissões existem alguns métodos específicos, os quais são utilizados de acordo com o tipo de fonte considerada.

É importante ressaltar que a seleção de uma abordagem de medição ou monitoramento deve começar com a consideração dos resultados pretendidos. Por exemplo, as estimativas que decorrem de medições periódicas de curto prazo, conduzidas durante um breve período de tempo, como uma hora ou um dia, podem ser utilizadas para fornecer um *feedback* rápido para otimização do processo. Já para as medições de longo prazo, por vários meses ou um ano, aconselha-se a usar equipamentos permanentemente instalados em uma base semi-contínua, o que pode ser desejável para o relatório de inventário de emissão (UN ENVIRONMENT, 2016).

Em relação aos métodos de estimativa de emissão, os principais, em linhas gerais, serão descritos a seguir.

4.4.1 Sistema de Monitoramento Contínuo de Emissões (CEMS)

Um sistema de monitoramento contínuo de emissões envolve dois elementos importantes, um deles é a unidade de análise (analisador) e o outro o sistema de amostragem.

As unidades de análise são equipamentos automáticos que tem a função de selecionar a amostra do composto de interesse e quantificá-lo. O sistema de amostragem é um conjunto de dispositivos que tem a função de extrair a amostra do processo e enviá-la para a unidade de análise, após condicionar a amostra para as condições adequadas de pressão, temperatura, vazão e contaminantes para ser analisada.

Existem atualmente diversas técnicas para o monitoramento das emissões de poluentes atmosféricos, variando entre si, principalmente, em relação às técnicas de amostragem, princípios de medição dos equipamentos e dos requisitos mínimos de desempenho (incerteza, linearidade, repetitividade, reprodutibilidade) destes equipamentos.

O monitoramento contínuo de emissões atmosféricas, em função do tipo das unidades de análise e da forma como o gás é amostrado, é classificado em extrativo, ou in situ.

Os CEMS extrativos são projetados para extrair continuamente a amostra de gás da chaminé, adequá-la às condições operacionais da unidade de análise e analisá-la enquanto, que, os CEMS in situ são projetados para analisar o gás sem a extração de amostra da chaminé (HESSEL; SANTOS; SOGABE, 2014).

Inclusive esse assunto vem sendo abordado em diversas legislações do Estado de São Paulo, como:

- Resolução SMA nº 79, de 04 de Novembro de 2009 (SÃO PAULO, 2009): na qual define Sistemas de Monitoramento Contínuo como sendo um conjunto completo de equipamentos para o monitoramento, usado para amostrar, acondicionar (se aplicável), analisar e fornecer um registro permanente das emissões ou dos parâmetros de processo;

Todos os sistemas de monitoramento contínuo deverão dispor de Plano de Inspeção e Manutenção do Sistema, com registros completos das intervenções de inspeção, manutenção, calibração e deverão ser disponibilizados integralmente ao Órgão Ambiental, sempre que solicitado.

- Decisão de Diretoria nº 326/2014/I, de 05 de Novembro (CETESB, 2014): para auxiliar na identificação de Monitor Contínuo (MC), sendo este parte do sistema de monitoramento que detecta o gás poluente e gera um sinal de saída proporcional à concentração.

O sistema de monitoramento deve mensurar os seguintes parâmetros:

Físicos: temperatura, pressão, vazão do ar na chaminé, energia gerada, além da presença da chama.

Químicos: MP, NO_x, CO, Ácido Clorídrico HCl, Ácido Fluorídrico HF, SO_x, Hidrocarbonetos totais HCT, O₂ e Teor da água.

- Resolução nº 382, de 26 de Dezembro de 2006 (BRASIL, 2006) é citado no Art. 5º.

§ 2º O monitoramento contínuo pode ser utilizado para verificação de atendimento aos limites de emissão, observadas as seguintes condições:

I - o monitoramento será considerado contínuo quando a fonte estiver sendo monitorada em, no mínimo, 67% do tempo de sua operação por um monitor contínuo, considerando o período de um ano;

II - a média diária será considerada válida quando há monitoramento válido durante pelo menos 75% do tempo operado neste dia;

III - para efeito de verificação de conformidade da norma, serão desconsiderados os dados gerados em situações transitórias de operação tais como paradas ou partidas de unidades, quedas de energia, ramonagem, testes de novos combustíveis e matérias primas, desde que não passem 2% do tempo monitorado durante um dia (das 0 às 24 horas). Poderão ser aceitos percentuais maiores que os acima estabelecidos no caso de processos especiais, onde as paradas e partidas sejam necessariamente mais longas, desde que acordados com o órgão ambiental licenciador;

IV - o limite de emissão, verificado através de monitoramento contínuo, é atendido quando, no mínimo, 90% das médias diárias válidas atendem a 100% do limite e o restante das médias diárias válidas atende a 130% do limite.

§ 3º Critérios adicionais para validação de dados poderão ser estabelecidos pelo órgão ambiental licenciador.

Art. 6º Esta Resolução se aplica às fontes fixas de poluentes atmosféricos cuja Licença de Instalação venha a ser solicitada aos órgãos licenciadores após a publicação desta Resolução.

Como exemplos de fontes em que o CEM pode ser utilizado na estimativa de emissões (CETESB, 2017), podemos citar:

- Caldeira com lavador para abatimento de SO₂: para elaboração de correlação entre emissões SO₂, o pH da solução do lavador e a vazão do fluxo gasoso

- Caldeira operada em várias cargas: para elaboração de correlação entre consumo de combustível, geração de vapor, temperatura na fornalha e emissões.

- Dados usados para desenvolver as curvas de emissão: deverá ser realizada amostragem de chaminé periódica para verificar as curvas de emissão acuradas (“calibrar”) ou desenvolver novas curvas baseadas nos resultados dos testes.

4.4.2 Amostragem em Chaminé

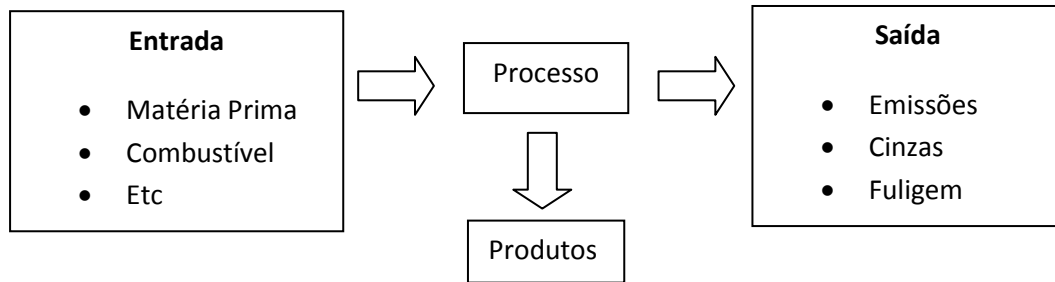
A realização de amostragem de chaminé deverá seguir os padrões das Normas da CETESB, ABNT ou USEPA de forma a obter uma amostragem representativa e utilizando equipamentos apropriados e calibrados. Para a execução das amostragens, é necessário estudar preliminarmente as características construtivas e operacionais dos equipamentos de coleta, as dimensões da chaminé, a localização dos pontos de amostragem e as características do fluxo dos gases no duto (MORAIS et al., 2009). Estes são testes de curta duração, utilizados para coletar dados de emissão, que podem ser extrapolados para estimar emissões da mesma fonte ou similar. Comparado com outros métodos, fornecem melhores estimativas e também reduzem o número de incertezas, porém devem ser utilizados apenas em condições representativas e normais de operação da fonte, pois sua acuracidade pode ser problemática para baixas concentrações de poluentes.

Neste tipo de amostragem existem equipamentos para coletar o poluente e para medir a vazão do fluxo gasoso, já as amostras são retiradas com sondas inseridas na chaminé e os poluentes são coletados em um ou vários meios (filtros, solução, entre outros) e após estes procedimentos são enviados para análise em laboratório. (CETESB, 2017).

4.4.3 Balanço de massa

O Balanço de Massa pode ser utilizado para estimar emissões para o meio ambiente, tanto de uma atividade, quanto de um processo ou de parte de um equipamento. O procedimento normalmente quantifica o poluente nas entradas, acúmulos, saídas e geração ou destruição da substância de interesse, e a diferença do balanço é considerada como a quantidade emitida ao meio ambiente. **(Figura 3)**

Figura 3 – Balanço de massa (materiais que entram e saem no processo)



Fonte: CETESB (2017)

Esse monitoramento é particularmente útil quando os fluxos de entrada e saída podem ser claramente caracterizados, o que ocorre frequentemente para processos e operações mais simples (CETESB, 2010).

Evidentemente, essa abordagem somente pode ser aplicada quando as emissões são da mesma ordem de grandeza das entradas e saídas, de tal forma que as quantidades incertas tornam-se desprezíveis.

Geralmente este método é utilizado quando outros não são possíveis. É apropriado onde existem medições de todos os parâmetros do processo, exceto dos componentes das emissões gasosas e inapropriado para estimativas de perdas relativamente pequenas ou quando há reações químicas (CETESB, 2017).

4.4.4 Análise de Combustível

De acordo com a USEPA (1999) a análise de combustível pode ser utilizada para estimativa de emissões com base nas leis da conservação de massa e estequiometria. Assim, a presença de um elemento ou composto no combustível indicará também a presença no efluente gasoso, como, por exemplo, o enxofre presente no combustível, que pode ser convertido a SO_2 durante o processo de combustão. Então com o conhecimento da concentração de enxofre no combustível e a razão mássica de utilização é possível realizar a estimativa da emissão.

É um método específico para estimativa de emissão de caldeiras, onde será necessária a obtenção e o uso de dados, para realizar a análise de combustível. Desta forma, a concentração de um componente deve ser conhecida, para que as emissões daquele componente possam ser calculadas, de modo a assumir que todo

o poluente é emitido (conservação de massa). Alguns dos poluentes podem acabar em estados físicos e químicos que não são emitidos para a atmosfera (como cinzas, HC não queimados, entre outros.) (CETESB, 2017).

4.4.5 Monitoramento Preditivo das Emissões (PEM)

As emissões são correlacionadas com parâmetros de processo. A emissão de um período posterior pode ser estimada com parâmetros do processo e taxas de emissão de testes anteriores da fonte.

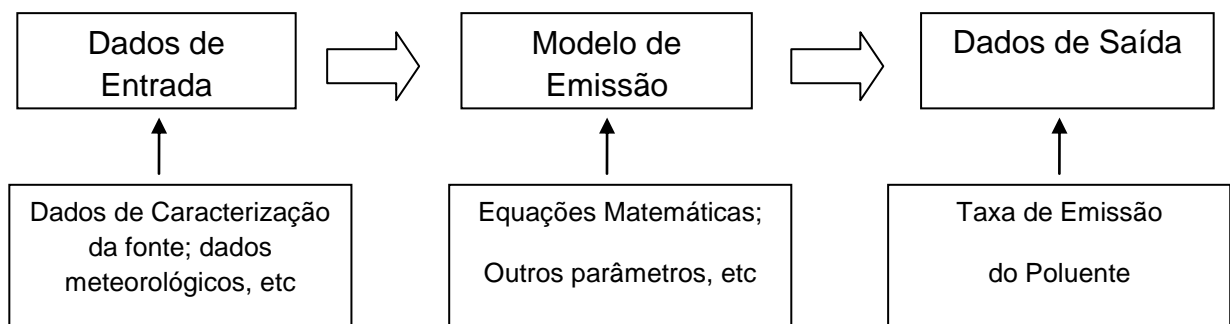
A correlação entre as taxas de emissão dos poluentes e parâmetros de processo é desenvolvida para determinar a relação entre eles e estimar as emissões para determinadas condições de processo (CETESB, 2017).

4.4.6 Modelos de Emissão

Técnica que usa um modelo matemático para estimar emissões através de softwares em computador, onde estes realizam a estimativa das emissões, com cálculos aproximados. Para realização dos mesmos é necessário a obtenção dos dados de entrada, inseri-los no modelo de emissão para obter os dados de saída.

(Figura 4)

Figura 4 - Modelos de emissões (Dados de entrada, modelo de emissão e dados de saída)



Fonte: CETESB (2017)

Exemplo (CETESB, 2017):

- **Programa TANKS:** Incorpora variáveis, como cor, dimensão, conteúdo, temperatura e velocidade do vento para obter a estimativa das emissões.
- **Water9:** utilizado para estimar as emissões de sistemas de tratamento de efluentes líquidos
- **PHAST.** Aplicado para estimativa de emissão de gases, como o GLP.

4.4.7 Licenças/TAC (Termo de ajustamento de conduta)

As emissões estão regulamentadas nas licenças e no termo de ajustamento de conduta (TAC), pois através deles a empresa deverá seguir os critérios estabelecidos, onde são informadas as máximas emissões permitidas para cada fonte de poluição e para cada poluente, sendo esses valores que deverão ser considerados nas estimativas de emissão do empreendimento.

O órgão ambiental ao identificar alguma irregularidade ou até mesmo um passivo ambiental, poderá vincular isto às licenças, onde as mesmas só poderão ser emitidas mediante a assinatura de um Termo de Compromisso de Ajustamento de Conduta – TAC.

O termo TAC é descrito pelo Ministério Público em seu ATO NORMATIVO nº. 484-CPJ, de 5 de outubro de 2006 (PT. nº. 123.515/06) no Art. 4º (SÃO PAULO, 2006), como sendo o compromisso de ajustamento de conduta um instrumento formal, podendo ser celebrado nos autos do inquérito civil ou do procedimento preparatório de inquérito civil, com os interessados para adequação de suas condutas às exigências legais, mediante cominações, com eficácia de título executivo extrajudicial, nos termos da legislação específica. (Redação dada pelo Ato (N) nº 531-CPJ, de 11/04/2008).

E também na Lei nº 13.105/2015 (BRASIL, 2015), onde no Art. 174, fica definido que a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios criarão câmaras de mediação e conciliação, com atribuições relacionadas à solução consensual de conflitos no âmbito administrativo, tais como:

- III - promover, quando couber, a celebração de termo de ajustamento de conduta

4.4.8 Dados do fabricante

Cada equipamento possui uma característica específica, desta forma é necessário o fabricante fornecê-la, como por exemplo: o princípio de funcionamento, a porcentagem de eficiência, a sua resistência, a temperatura e corrosão, dimensões do equipamento, o consumo de água necessário, geração de resíduos, e entre outras, as suas emissões para a atmosfera.

Geralmente usados para determinação da emissão de equipamentos diferentes, daqueles para as quais foram obtidos fatores de emissão. As emissões garantidas pelo fabricante de equipamentos são obtidas por meio de testes de performance (plantas piloto, bancada, amostragem, etc) e, às vezes, com especificações de uso do cliente. Exemplo: Turbinas a gás, Caldeiras (Low NO_x), Pós Queimadores, entre outros (CETESB, 2017).

4.4.9 Critérios de engenharia

Para utilização dos princípios/critérios de engenharia é necessário o conhecimento dos processos químicos e físicos relevantes, aplicação de leis físicas e químicas relacionadas e familiaridade com as características específicas do local.

As estimativas de engenharia devem ser consideradas apenas como aproximações gerais com um alto nível de incerteza. A fim de melhorar a precisão, os resultados devem ser comparados periodicamente com os dados obtidos a partir de métodos de medição direta, com os quais as informações específicas sobre as taxas reais de emissões do local se tornam disponíveis. As estimativas de engenharia são o último recurso onde há dados de emissão ou fatores de emissão não disponíveis (UN ENVIRONMENT, 2016).

O responsável técnico irá estabelecer critérios e avaliações das alternativas, para que assim possa fazer a seleção da opção mais adequada ao projeto, especificando e comunicando a melhor aproximação que pode ser feita quando técnicas de estimativas de emissão específicas, tais como, testes na chaminé, balanço material ou fatores de emissão não são possíveis. Usualmente feita por um engenheiro familiarizado com o processo e baseada em qualquer conhecimento disponível e

hipóteses. Opção final para estimativa de emissões, embora seja considerado ultimo método desejável (CETESB, 2017).

4.4.10 Fatores de emissão

Segundo o AP42 (utilizado para quantificação de emissões por meio da aplicação de fatores de emissão) – USEPA de 1995, os fatores de emissão e os inventários têm sido instrumentos essenciais para a gestão da qualidade do ar, para os quais a realização das estimativas das emissões também tem grande importância, visto que auxiliam no desenvolvimento de métodos de aplicabilidade nos programas de licenciamento, de modo a ter um melhor controle e averiguação dos efeitos da fonte. A realização de testes na fonte para monitoramentos fazem com que seja possível obter dados com boa representatividade.

E para a realização da estimativa de emissões com aplicação de fatores de emissão, tem-se a equação geral (1):

$$E = A \times EF \times (1 - ER / 100) \quad (1)$$

onde:

E = emissões;

A = taxa de atividade;

EF = fator de emissão;

ER = eficiência global de redução de emissão %.

4.5 REGULAMENTAÇÕES APLICÁVEIS

4.5.1 Federal

No Governo Federal, a instância regulamentadora das emissões atmosféricas é o Conselho Nacional de Meio Ambiente, que por meio de suas resoluções determina os limites máximos de emissões de poluentes. No CONAMA, o MMA e o IBAMA coordenam as discussões que geram os novos limites de emissão.

Referente aos limites das emissões industriais há a importante participação dos órgãos estaduais de meio ambiente na edição das resoluções, tendo em vista seu papel principal no licenciamento e na fiscalização destas atividades e a vasta experiência que detém da realidade de seus territórios.

Além disso, participam também ativamente das discussões os representantes da indústria brasileira, dos governos municipais, estaduais e da sociedade civil, propiciando resoluções baseadas na realidade do país e com a colaboração de todos os setores (BRASIL, 2017).

A seguir, serão citadas regulamentações relevantes para o controle da poluição atmosférica (**Quadro 1**).

Quadro 1 - Exemplos de Resoluções CONAMA aplicáveis a Fontes Fixas

<p>Resolução CONAMA nº 5, de 15 de junho de 1989. (BRASIL, 1989) Criou o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. A fixação de parâmetros para a emissão de poluentes gasosos e materiais particulados (materiais sólidos pulverizados) por fontes fixas começou a ser efetuada por meio dessa Resolução, que determinou a necessidade de se estabelecer limites máximos de emissão e a adoção de padrões nacionais de qualidade do ar.</p>
<p>Resolução CONAMA nº 3, de 28 de junho de 1990. (BRASIL, 1990) Dispôs sobre os padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Teve como base normas (ou recomendações) da Organização Mundial da Saúde, que levam em conta limites de concentração compatíveis com a saúde e o bem-estar humanos.</p>
<p>Resolução CONAMA nº 8, de 6 de dezembro de 1990. (BRASIL, 1990) Estabeleceu os limites máximos de emissão de poluentes no ar para processos de combustão externa de fontes de poluição. Esta resolução complementou o PRONAR estabelecendo limites para a concentração de determinados poluentes no ar.</p>
<p>Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006. (BRASIL, 2006) Estabeleceu os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas.</p>
<p>Resolução CONAMA nº 436, de 22 de dezembro de 2011. (BRASIL, 2011) Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 2 de janeiro de 2007, complementando assim a Resolução CONAMA nº 436, de 22 de dezembro de 2011, impondo às fontes antigas novos limites. Para a maioria dos segmentos da indústria, os limites foram iguais, ou seja, as fábricas antigas terão que se modernizar e diminuir substancialmente suas emissões, equiparando-se às fábricas novas.</p>

Fonte: Elaboração própria (2017)

4.5.2 Estadual (SP)

No Governo Estadual, com o intuito de proteger o meio ambiente e reduzir ao mínimo as consequências de ações devastadoras, foram e continuam sendo elaboradas legislações específicas. Essas leis ambientais definem normas e infrações, as quais estabelecem diretrizes a serem seguidas de modo a controlar, prevenir e estabelecer padrões. No presente trabalho, serão analisadas as legislações descritas no **Quadro 2** e seu cumprimento de acordo com os resultados do estudo de caso.

Quadro 2 – Exemplos de Legislações Estaduais Aplicáveis

Legislação	Assunto
Lei nº 997, de 31 de Maio de 1976.	Dispõe sobre o Controle da Poluição do Meio Ambiente.
Decreto nº 8.468, de 8 de Setembro de 1976.	Aprova o Regulamento da Lei n.º 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre a prevenção e o controle da poluição do meio ambiente.
Decreto nº 59.113 de 23 de Abril de 2013	Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas.

Fonte: Elaboração própria (2017)

4.6. CARACTERIZAÇÃO DAS FONTES

4.6.1. *Descrição do processo produtivo*

Nas indústrias do segmento de fabricação do papel reciclado, o processo industrial segue etapas, partindo da desagregação do papel velho e transformação da massa até a formação da folha de papel, com passagem pelos secadores da máquina de papel, segundo GALLON; SALAMONI e BEUREN (2008) e descrito a seguir.

O processo de fabricação do papel reciclado inicia-se com a colocação da matéria prima em uma esteira, que a transporta até o equipamento denominado Hidrapulper onde é acrescida água e para efetuar a desagregação da matéria-prima.

As matérias-primas utilizadas na fabricação do papel são basicamente aparas (papel reciclado), celulose e pasta químico - mecânica. Após a desagregação da matéria-prima, a mesma é recebida na forma de fardos que se transformam em pequenos pedaços de papel formando uma massa. Depois da desagregação, segue por meio de bombas por tubulações para um tanque de descarga e, em seguida, passa para o processo de depuração, que consiste em remover impurezas.

Na sequência, a massa segue para o processo de transformação e hidratação das fibras. Nesta fase, de depuração ela segue para os engrossadores onde é extraída a água, e a consistência da suspensão fibrosa fica em torno de 5% para posterior estocagem nas torres de massa. A massa é extraída das torres de massa e sofre adição de água para baixar a consistência, seguindo para os tanques, onde é extraída por meio de bombas para os equipamentos de refinação. Nos refinadores, a fibra sofre atrito de discos rotativos com lâminas de aço onde é hidratada.

Na última fase do processo de fabricação do papel ondulado reciclado, após a refinação, a suspensão fibrosa segue para os tanques de estocagem da máquina de papel. A máquina de papel é composta das seguintes partes:

- Caixa de entrada: equipamento que recebe a massa depurada e distribui uniformemente sobre a mesa plana;

- Mesa plana: equipamento composto de uma tela e caixas de vácuo que tem a finalidade de formar a folha de papel e remover parte da água utilizada na diluição da massa; depois de formada a folha de papel passa para a prensagem.

Também são utilizadas prensas, que são equipamentos compostos por dois rolos, entre os quais há um ou dois feltros, por onde passa a folha de papel sob pressão. A finalidade desses equipamentos é a compactação da folha e também a remoção de parte da água contida na folha de papel. Depois de prensada, a folha de papel passa para os secadores da máquina de papel.

A fase de secagem é composta por um conjunto de rolos que são aquecidos com a injeção de vapor, sobre os quais passa a folha de papel. A finalidade desses rolos é remover a quantidade de água, ainda presente na folha de papel, deixando-a conforme as especificações ideais de umidade. Após a secagem total da folha de papel esta é enrolada na enroladeira.

A enroladeira é um equipamento composto de um rolo e de braços pneumáticos, aos quais é preso um rolo de diâmetro pequeno chamado estanga. Na estanga é enrolada a folha de papel que está sendo produzida. Após enrolado, o papel está pronto em uma forma bruta.

O rebobinamento é um equipamento composto de rolos e facas e que tem a finalidade de receber o rolo de papel bruto e cortá-lo em larguras diversas, conforme a necessidade ou especificação do pedido. De cada lado do rolo bruto corta-se uma tira de papel, chamada refile, dando o acabamento final ao produto.

Por último, após rebobinado, o papel é pesado e identificado e fica disponível para ser expedido se estiver dentro das especificações necessárias de qualidade. As especificações abrangem os seguintes requisitos: gramatura, rigidez, umidade e cobb (quantidade de água que o papel após acabado pode absorver). Essa bobina de papel reciclado pode ser utilizada para fabricação de papel ondulado.

4.6.1.1. Processo do papel ondulado

Segundo CANAL DA CIÊNCIA (2012) e descrito a seguir, o papel ondulado é composto de três componentes estruturais, uma folha de papelão ondulado chamado de papel corrugado, que fica ao meio de duas folhas de papel liso, chamado de papel plano. Juntos formam o que chamamos de papel ondulado.

O processo de produção inicia-se com o rolo de papel maciço reciclado (bobina), onde sua largura irá variar de acordo com o tamanho da caixa. O rolo alimenta uma máquina chamada de corrugador, a qual imprensa o papel entre dois rolos sulcados e aplica vapor quente, isso forma as ondas do papel corrugado, outro rolo aplica a cola a um lado do papel corrugado.

Os principais ingredientes da cola são água e amido, que não contaminam os produtos que serão transportados nas caixas de papelão. A seguir a máquina adere uma folha de papel plano e depois a outra, as ondas criam uma camada de ar entre o papel corrugado e plano reforçando o papelão.

Para maior reforço, algumas caixas tem revestimento duplo (dois papeis corrugados e três planos). Os corrugados também podem variar de grossura para obter maior ou menor proteção. Algumas fábricas usam o papel parcialmente reciclado para o corrugado porque ele é mais maleável que o papel não reciclado.

Uma serra circular extremamente fina apara cada lado, a máquina corrugadora corta o papelão em até nove vezes dependendo do tamanho da caixa que se está produzindo. A função final da corrugadora é de separar o papelão em camadas usando tenazes de alumínio flexíveis chamados de dedos.

Os funcionários fazem uma verificação de controle de qualidade antes de enviarem o papelão para a impressão. A próxima máquina empilha as folhas de papelão em pilhas que vão de vinte e cinco a oitenta folhas dependendo da espessura. Esta máquina também alimenta uma folha de cada vez para o próximo equipamento, ela faz isso em uma velocidade alucinante a uma taxa de até oito mil folhas por hora.

Primeiro o aparador perfura as folhas para criar abas e alças, esponjas de borracha acolchoam as laminas para que elas só cortem as partes que devem cortar. Durante

a aparagem uma prensa comprime os painéis sobrepostos da caixa para nivelar sua espessura.

O aparador opera em uma velocidade de oito quilômetros por hora, processando até noventa caixas por minuto. Os retalhos de papelão são enviados para uma usina de papel, onde podem ser processadas por mais seis vezes no máximo.

Uma máquina de dobragem agora as dobra ao longo das marcas das dobras que o corrugador fez anteriormente, ela então aplica cola fria nas sessões que vão se juntar para formar a caixa, será cola quente se o papelão estiver revestido por cera.

A próxima máquina dobra as sessões coladas, outra máquina arruma as caixas em pilhas, o braço separador move os maços para as bandejas de transporte para embarque.

A impressão das caixas começa na área de pintura da fábrica, um dispensador guiado por um computador despeja os diferentes tons de tintas, seguindo uma receita precisa para criar uma cor específica, uma das cinco mil disponíveis na paleta. Algumas fábricas utilizam tintas à base de água, por secarem instantaneamente.

A máquina de impressão aplica a tinta no papelão, um grupo de cores de cada vez por quatro estações consecutivas. A fábrica pode usar um sistema de impressão flexográfica, processo este que pode imprimir desenhos e ilustrações e algumas empresas usam o processo litográfico que também pode imprimir fotografias.

E quando abas de aparagem são mais complexas, utiliza-se o aparador plano, ele mantém o papelão no lugar por sucção, enquanto faz perfurações intrincadas. Após remover os pedaços cortados é verificado e passado por testes de qualidade.

Todo este processo descrito pode ser compreendido por um exemplo de Fluxograma de fabricação da chapa de papelão ondulado (**Figura 5**) e o Fluxograma das etapas de produção das caixas de papelão ondulado (**Figura 6**).

Figura 5 - Fluxograma da fabricação da chapa de papelão ondulado

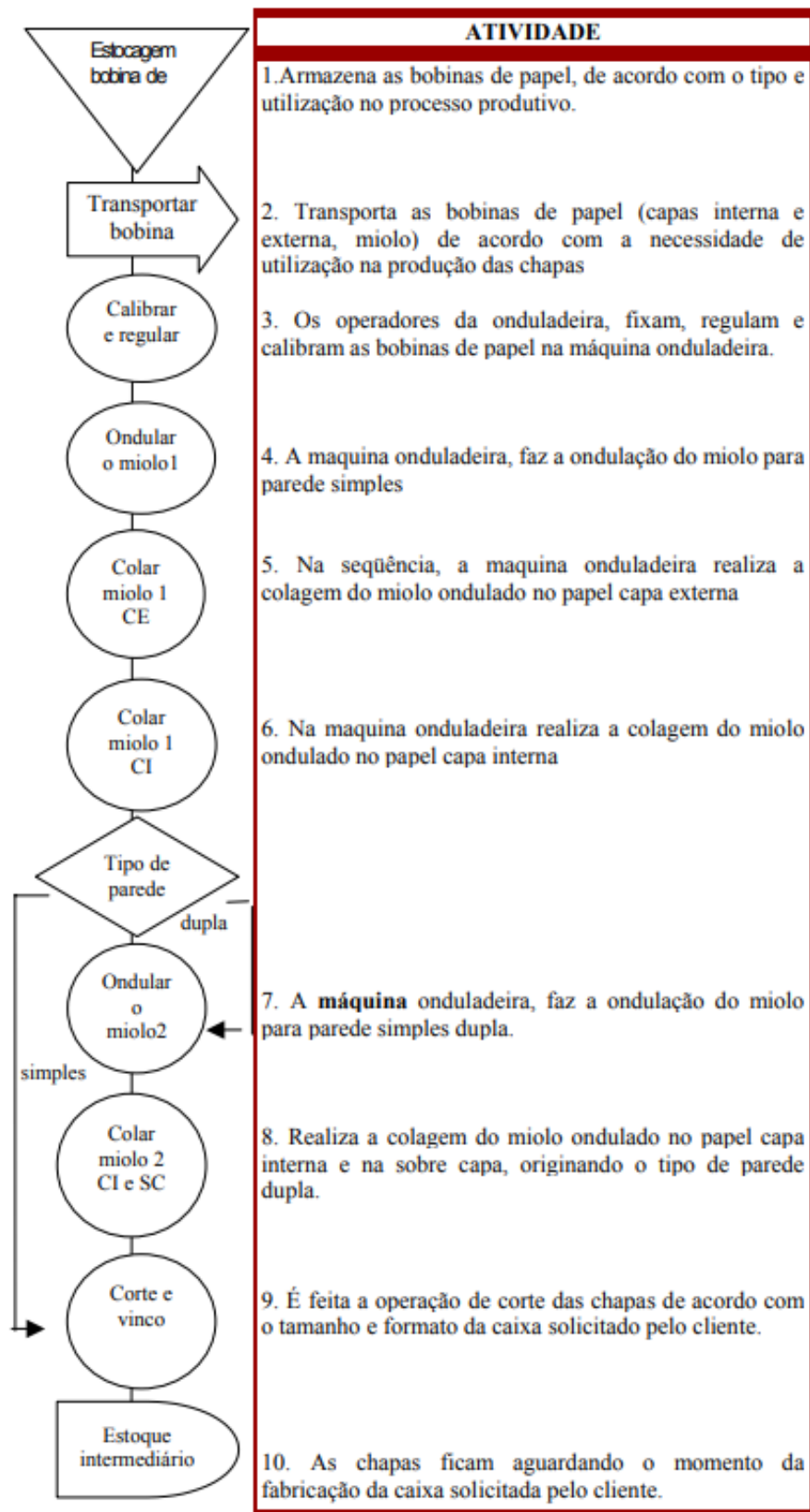
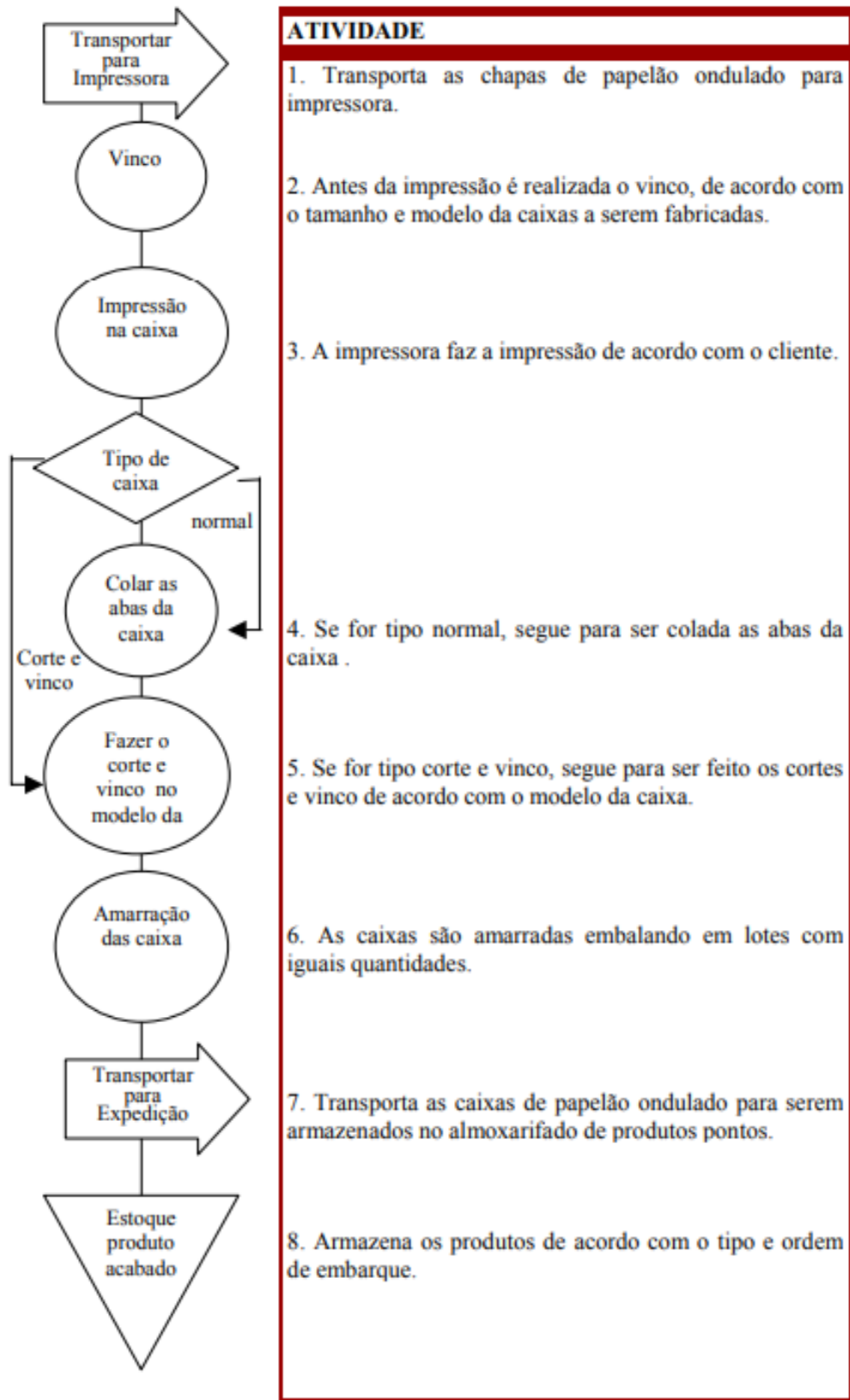


Figura 6 - Fluxograma das etapas de produção das caixas de papelão ondulado



Na unidade onde foi aplicado o estudo de caso, não existe o processo de fabricação das bobinas, elas chegam em rolos, prontas para a inicialização do processo de produção das caixas de papelão. As bobinas são advindas de outra unidade da empresa (em outro município), a qual recebe também as aparas do papelão para reciclagem e reuso na produção do papel e/ou papelão reciclado.

4.6.2. Caldeiras à lenha

A Caldeira a lenha ou gerador de vapor a lenha (**Figura 7**), são equipamentos cuja função é basicamente a produção de vapor por meio do aquecimento de água, a partir de uma fonte geradora de calor. Sua capacidade dependerá da necessidade e da finalidade da empresa que a empresa necessite, para que assim possa atendê-la de forma eficaz.

Figura 7 – Modelo de caldeira a lenha



Fonte: W. A.D, 2018

4.6.3. Sistema de Abastecimento de Empilhadeira (Pitstop)

Sistema utilizado para empilhadeiras a gás (**Figuras 8 e 9**), que elimina definitivamente a necessidade substituição do vasilhame vazio da empilhadeira por um cheio, isto porque o sistema permite o abastecimento do vasilhame no próprio local (**Figura 10**). O processo de abastecimento é rápido e seguro. Também, por eliminar a troca de cilindro da empilhadeira, se obtém um considerável ganho de produtividade, oferece maior segurança no manuseio e maior economia.

Figura 8 - Sistema para reabastecimento de empilhadeiras



Fonte: Liquigás, 2018

Figura 9 - Abastecimento de empilhadeiras



Fonte: Liquigás, 2018

Figura 10 - Abastecimento de GLP na empilhadeira



Fonte: Gasball, 2018

4.6.4. Dispositivos e acessórios

Os dispositivos e acessórios são considerados todos os equipamentos envolvidos nas redes do processo industrial (**Figuras 11 e 12**), tais como, válvulas, respiros, flanges, conexões, entre outros. Sendo estes então equipamentos de grande relevância, onde deverão ser realizados monitoramentos periódicos para que não haja nenhum tipo de vazamento, de modo a prevenir danos ambientais e também a saúde e segurança de todos os colaboradores.

Figura 11 - Dispositivos e acessórios do tanque de GLP



Fonte: Insthel, 2018

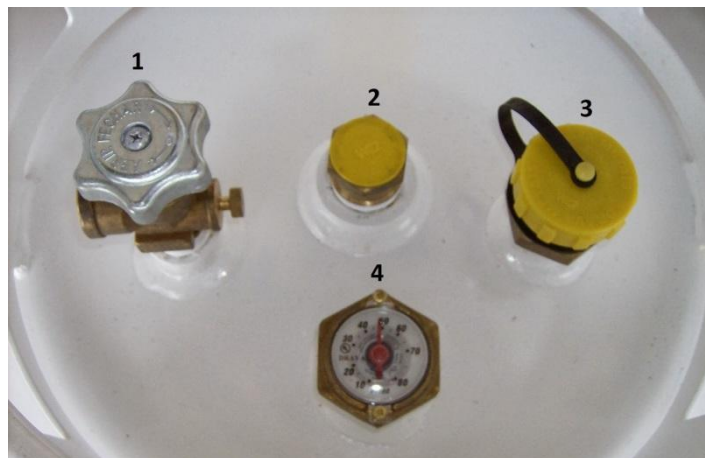
Figura 12 - Dispositivos e acessórios



Fonte: Insthel, 2018

Todo reservatório de GLP contém uma quantidade mínima de válvulas e acessórios. Na **Figura 13** abaixo podemos identificar as mais utilizadas:

Figura 13 - Válvulas e Acessórios



Fonte: Eduardo, 2013

Válvula de consumo: Registro com válvula de corte por onde sai o vapor de Gás LP para o consumo. Alguns têm um dreno que indica o nível máximo de 85% de líquido. Este dreno é utilizado pelo operador no momento do abastecimento do tanque para certificar-se de que o tanque está cheio;

Válvula de Segurança: Dispositivo de segurança que garante que a pressão interna do tanque não superará a pressão máxima de trabalho ao qual ele foi projetado. Em condições normais de uso esta válvula jamais se abrirá, porém em caso de algum incêndio junto a central de gás ela pode se abrir e purgar uma certa quantidade de

gás. Esta purga automática pode até fazer com que se amplifique o incêndio, porém ela garante que o tanque sofra uma ruptura e a ruptura do tanque levaria a um dano muito maior e sem controle;

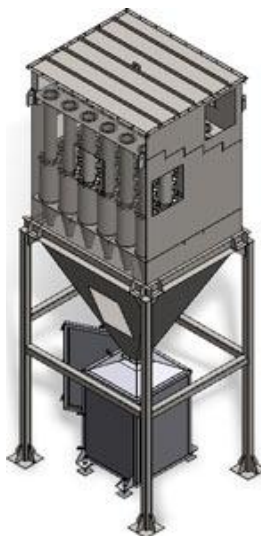
Válvula de enchimento: Conexão utilizada pelo operador para acoplar a pistola de enchimento.

4.7. Tecnologias de controle utilizadas no empreendimento

4.7.1. Multiciclones

Utilizado para redução das emissões de material particulado das caldeiras, tem este o mesmo conceito de um ciclone, sendo um equipamento fabricado com vários miniciclones acoplados em seu interior, e que têm o mesmo papel de um ciclone ao centrifugar o gás e direcionar o material particulado para o fundo do equipamento para uma posterior retirada ou transporte. Neste equipamento, há uma separação entre o gás que entra e o centrifugado, aumentando a eficiência no que diz respeito à captação de material particulado, já que este teria maior dificuldade para se misturar novamente e passar com o gás pelos tubos de saída. Todos os componentes são fabricados com materiais resistentes à corrosão, oxidação e desgaste de paredes internas, variando pelo tipo de composição do gás e do particulado, além da temperatura (MAZZER, 2004). Na **Figura 14** pode ser observado um tipo de multiciclone disponível no mercado.

Figura 14 - Modelo de Multiciclone



Fonte: Eisele, 2018

4.7.2. Magnetron

Pode ser utilizado para redução das emissões de GLP de sistemas de armazenamento e transporte desse gás. As empresas que utilizam GLP para sistemas de combustão, geralmente dispõem de alto consumo de gás. Assim se faz necessário uma capacidade de armazenamento adequada. Atualmente existem alguns instrumentos para monitorar o enchimento de tanques de grande porte, tal como medidores tipo magnético e varetas de nível (ALVES, 2017).

O Magnetron é um medidor de nível de líquido, o qual indica a porcentagem contida em um tanque em relação a sua capacidade de GLP, por exemplo: se um tanque com capacidade de 500 kg tem indicado 40% em seu Magnetron, ele deve conter aproximadamente 200 kg de GLP no estado líquido (**Figura 15**).

Ao utilizar este tipo de tecnologia, evita-se a abertura do tanque, de modo a reduzir ainda mais a emissão de gases para a atmosfera, ao contrário do que quando se utiliza a vareta, pois sendo um modo manual, ocorre a emissão fugitiva neste tipo de medição.

Figura 15 - Modelo de Magnetron

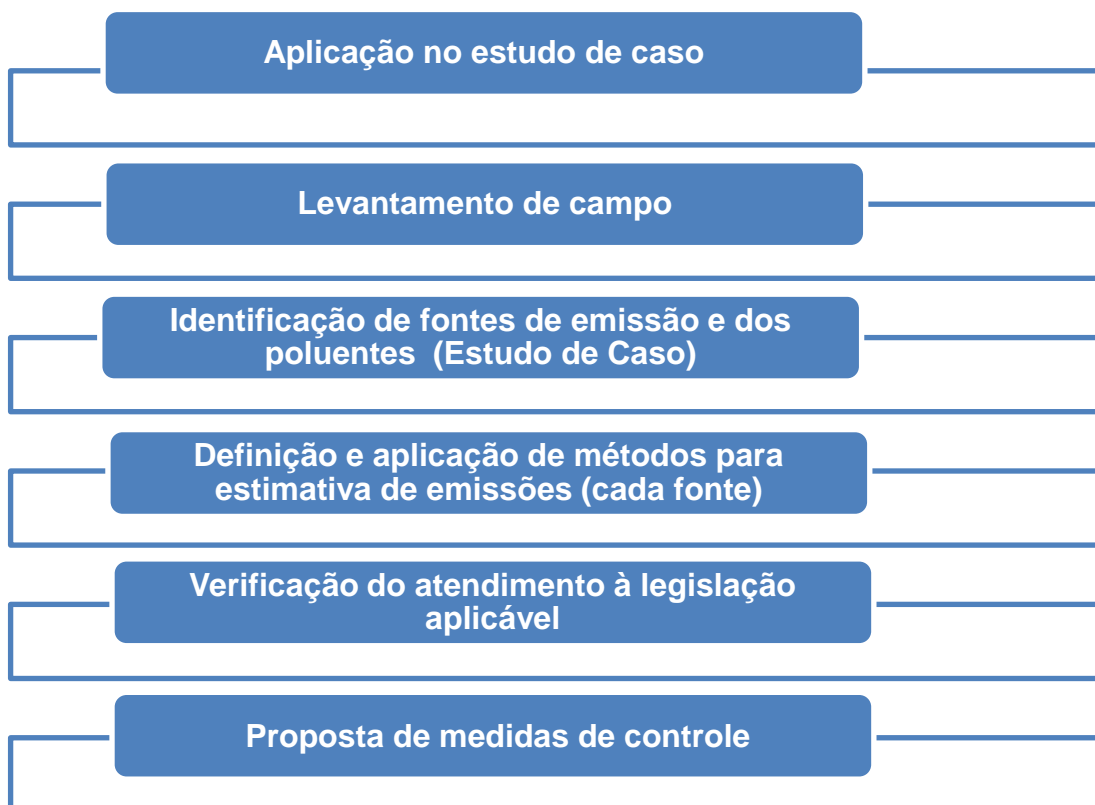


Fonte: Vanko, 2018

5 METODOLOGIA

O trabalho consiste na aplicação direta das metodologias de estimativa de emissão num estudo de caso e será composto das seguintes etapas (**Figura 16**), que serão descritas a seguir.

Figura 16 - Etapas para realização do trabalho – Metodologia



Fonte: Elaboração própria (2017)

- Aplicação em estudo de caso

O método acima será aplicado em uma indústria no seguimento de papelão e embalagens, onde serão identificados os tipos de fontes de poluição do ar e também estimadas as emissões dos poluentes nesta esfera industrial.

O método constará das seguintes etapas: visita à empresa, verificação de documentação pertinente (plantas, licenças, relatórios de amostragem em chaminé), além do acompanhamento de processo e entrevista com responsável técnico, não

sendo consideradas para efeito de estudo de estimativa de emissões as fontes móveis do empreendimento (como as empilhadeiras).

- Levantamento de campo

Nesta etapa serão pesquisadas as características da fonte estudada para descrição da mesma (etapas de processo, produção e produtos gerados, etc.).

- Identificação das fontes de emissão e dos poluentes

Nesta etapa verificaram-se os tipos de fontes de poluição existentes e sua classificação (Fontes fixas, Fontes evaporativas, Fontes fugitivas e Fontes abertas), e os poluentes emitidos por estas fontes, tais como MP, NO_x, COVs no processo produtivo de uma indústria de embalagens a partir de papel reciclado.

- Definição e Aplicação de métodos para estimativa de emissões para cada tipo de fonte.

Utilização de software para tanques (caso seja necessário), fatores de emissão para outras emissões e cálculo de estimativa. Será realizado levantamento das fontes e o método mais adequado de estimativa para cada poluente.

Como exemplo de métodos de estimativa de emissões em uma planta industrial, tem-se o **Quadro 3**, onde é possível relacionar o tipo de fonte, de acordo com o equipamento e as operações, o que possibilita definir um método para estimar e totalizar as emissões.

Ressalta-se que no estudo de caso para a caldeira, entre os métodos citados para estimativa de emissão de fontes fixas, serão utilizados dados de amostragem em chaminé fornecidos pela empresa.

Quadro 3 – Exemplo de métodos de estimativa de emissões específicos para fontes de uma planta

Fonte	Equipamentos/Operações	Método de estimativa
Fixa	Caldeira	Amostragem em chaminé Fatores de emissão Monitoramento Preditivo das Emissões (PEM)
Fugitivas	Dispositivos e Acessórios (Bombas; Válvulas).	Fatores de emissão
	Pilhas	Fator de Emissão.
	Carregamento de Caminhões e Vagões Ferroviários.	Fatores de emissão
	Operações com GLP	Fatores de emissão, Modelos de emissão (Ex. PHAST, ALOHA)
Abertas	Águas Residuárias	Modelos de Emissão Software Water 9
	Caixas coletoras	
	Estações elevatórias	
	Separador água/óleo	
Evaporativas	Todos os tipos de tanques	Modelos de Emissão. (Ex. Programa de TANKS).

Fonte: Elaboração própria (2017)

- Verificação do atendimento à legislação aplicável

Comparar os resultados obtidos na estimativa com os valores da legislação vigente.

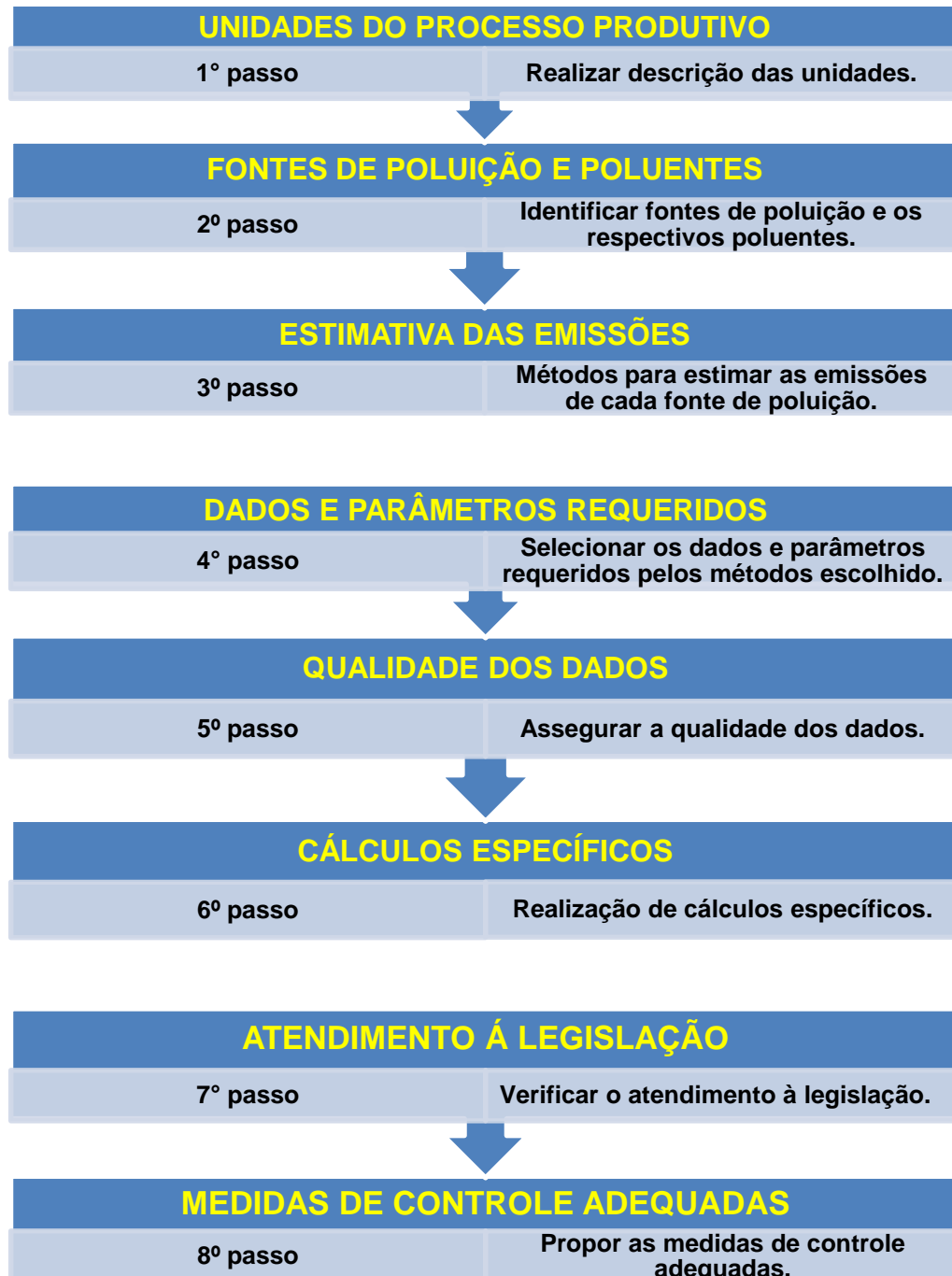
- Proposta de medidas de controle

Serão apresentadas medidas de controle adequadas para o atendimento à legislação vigente e melhoria ambiental.

6 ESTUDO DE CASO

No estudo de caso, serão realizadas as seguintes etapas (**Figura 17**):

Figura 17 - Etapas adotadas para o estudo de caso



Fonte: Elaboração própria (2017)

6.1 Descrição da fonte

O estudo de caso e o levantamento de dados (por meio de entrevistas e observação conforme visita e também análise de conteúdo da documentação apresentada) serão desenvolvidos em uma empresa situada no interior do Estado de São Paulo, na Região Metropolitana de Campinas, na qual é desenvolvida a produção de embalagens fabricadas a partir do papel reciclado, que é feito em outra unidade.

O grupo surgiu em 1967 produzindo papel para embalagens a partir do bagaço de cana-de-açúcar. Em 1974 é fundada a Empresa (case) para atender ao mercado de embalagens de papelão ondulado.

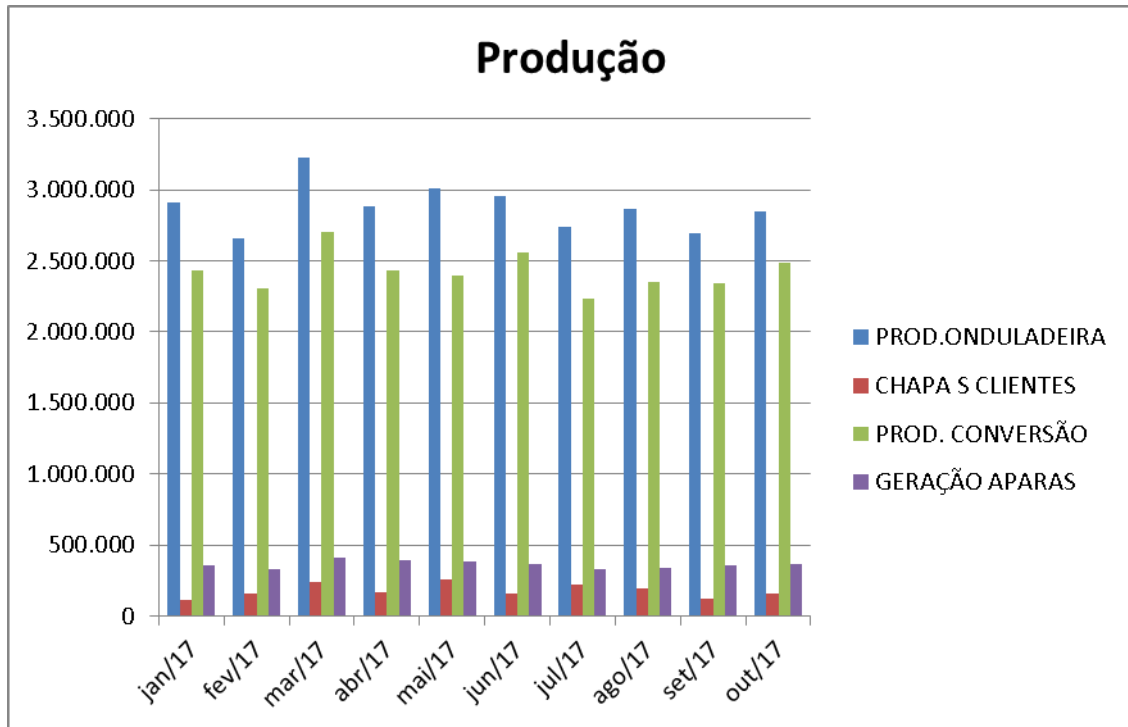
Atualmente atendem diversos segmentos consumidores de embalagens de papelão ondulado.

O parque industrial possui 105.000 m², com parque fabril superior a 20.000 m², especialmente construído e adequado à produção de embalagens de papelão ondulado. Os equipamentos são capazes de produzir uma grande variedade de formatos e imprimir em até quatro cores. Contam com capacidade produtiva mensal acima de 4.500 toneladas de chapas e embalagens de papelão ondulado, além de estoques estratégicos de papel.

Dados informados em Janeiro de 2018 pela empresa, a mesma esta operando com 66% de sua capacidade, produzindo 1500 toneladas por turno, sendo dois turnos atualmente.

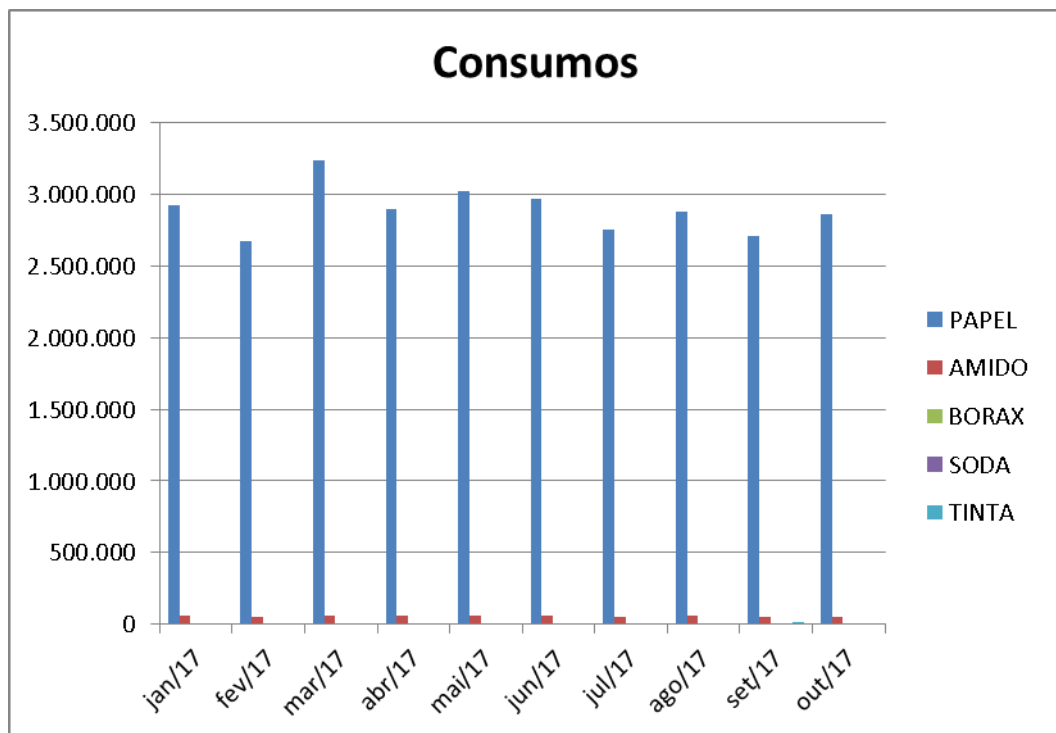
Nas Figuras **(18 e 19)** poderá ser verificado a produção e o consumo da empresa durante o ano de 2017.

Figura 18 – Gráfico de Produção da empresa no ano de 2017



Fonte: Empresa (2017) – Adaptado (2018)

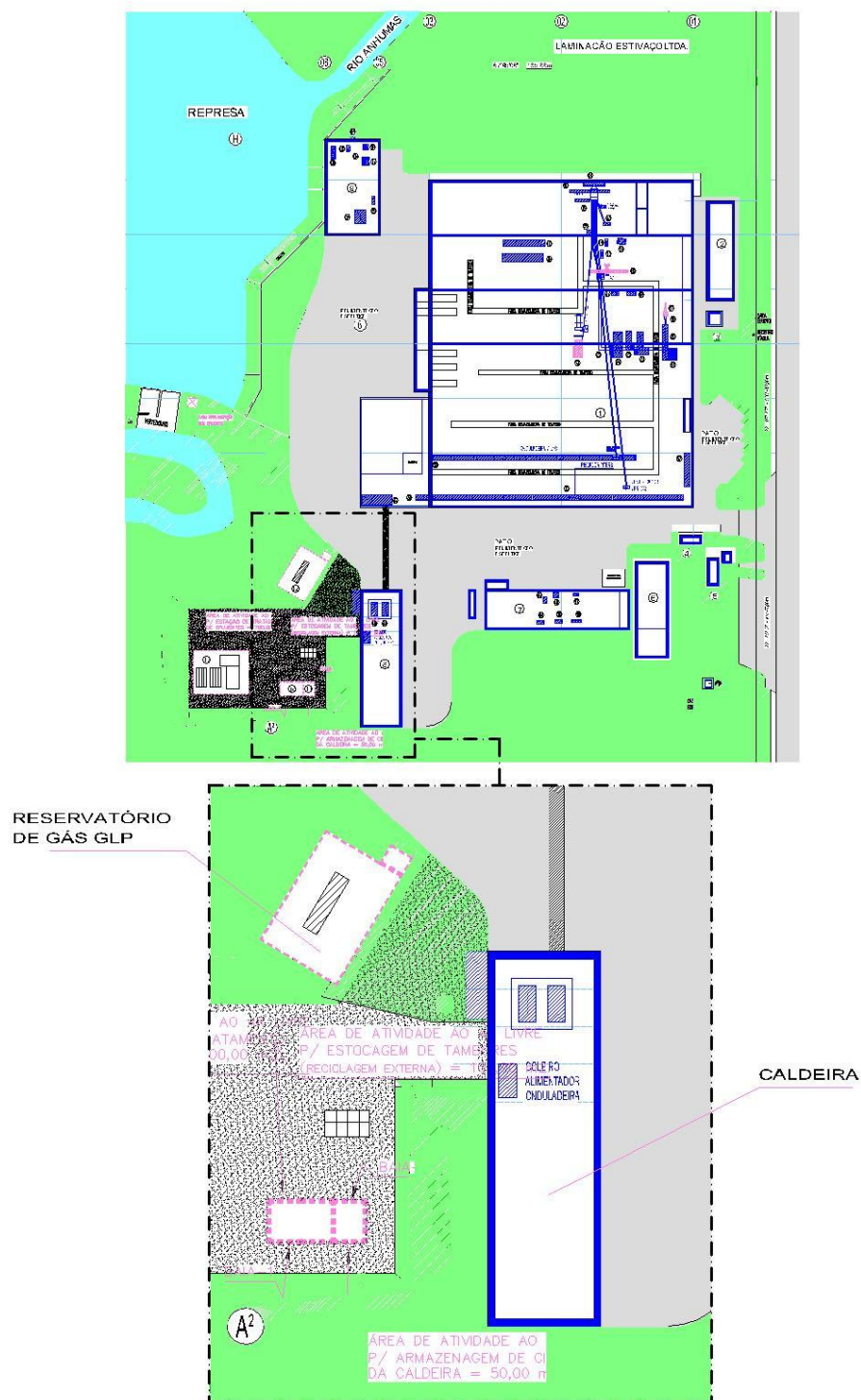
Figura 19 – Gráfico de Consumo de matéria prima da empresa, no ano de 2017



Fonte: Empresa (2017) – Adaptado (2018)

Na planta de Layout da empresa, como pode ser observado na **Figura 20** abaixo, é possível visualizar toda a área do Parque Industrial e também verificar a localização das fontes de poluição abordadas no estudo de caso.

Figura 20 - Implantação Geral da empresa - Layout



Fonte: Empresa (2017) – Adaptado (2018)

Para melhor entendimento do descritivo do empreendimento, a empresa foi separada em setores:

Setor I - Recebimento de bobinas

Local onde é feito do descarregamento e o armazenamento das bobinas de papelão. As bobinas que chegam passam por um teste de qualidade, antes de iniciar o processo produtivo **(Figuras 21 e 22)**.

Figura 21 – Visão geral do setor de recebimento e o armazenada das bobinas de papelão



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Figura 22 – Bobinas de papelão aprovadas pelo setor de qualidade, prontas para serem inseridas na produção



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Setor II – Máquina Onduladeira e acoplagem

O papelão ondulado é fabricado em uma máquina denominada onduladeira, onde as ondas são fabricadas de acordo com o perfil do cilindro ondulador. Nesta etapa então é colocada à bobina iniciando o processo de fabricação das embalagens **(Figuras 23, 24, 25, 26, 27 e 28)**.

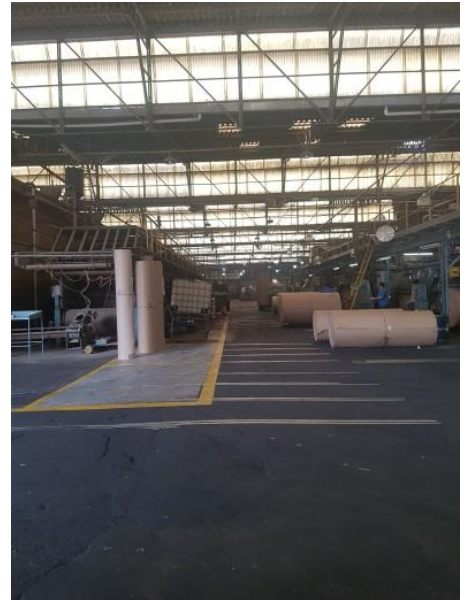
Equipamentos: 2 cabeçotes C e D onda; Forradeira; Riscador; Elevadores.

Figura 23 – Vista geral do setor da onduladeira



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Figura 24 – Bobinas sendo posicionadas para serem colocadas na onduladeira



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Figura 25 – Setor da Máquina Onduladeira em operação



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Figura 26 – Máquina onduladeira em funcionamento



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Figura 27 – Separação das lâminas de papelão conforme programação e pedidos dos clientes



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Figura 28 – Lâminas de papelão empilhadas, de acordo com os pedidos programados para rodar na produção em determinado dia



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Setor III - Conversão - Processo de impressão e vincagem

Para que as chapas de papelão sejam transformadas em caixas e/ou acessórios de papelão ondulado, são processadas em diversos equipamentos-imprensoras, máquinas de corte vinco planas e rotativas, coladeira e grampeadeiras, vincadeiras e divisórias **(Figuras 29, 30 e 31)**.

Equipamentos:

- Imprensoras: EMBA,, WARD I, WARD II, JIALONG e T-LONG;
- Corte – amarradeira;
- Vinco – stretchadeira;
- Cola – Envolvedor de filme plástico.
- Enfardadoras (Prensa de Refilis) - Todo o refugo que não é enviado pela tubulação através de sucção, é encaminhado para a enfardadora.

Figura 29 – Impressoras em funcionamento



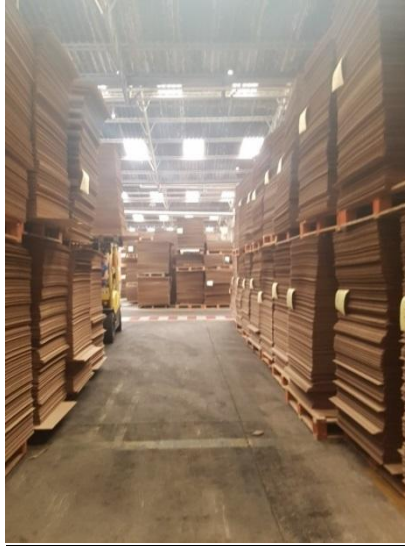
Fonte: Arquivo próprio, 2018

Figura 30 – Setor de Conversão (impressoras, corte, vinco) em operação



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Figura 31 – Lâminas de papelão empilhadas separadamente, aguardando impressão



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Setor IV – Desenvolvimento

Neste setor são realizados os projetos para futuros clientes, de acordo com a necessidade requerida, tendo todo o suporte gráfico (arte). São armazenados diferentes tipos de lâminas de papelão, conforme a solicitação, o projeto é

desenvolvido através do software ArtiosCAD e plotada uma amostra para envio ao cliente (**Figura 32**).

Figura 32 – Máquina plotter de recorte de papelão



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Setor V – Planejamento de controle de produção (PCP)

Onde se realiza a conjugação de pedidos, que consiste em um processo utilizado no gerenciamento das atividades de produção. Sistema de gerenciamento dos recursos operacionais de produção da uma empresa, com funções envolvendo planejamento (o que e quando será produzido), programação (recursos utilizados para a operação, com início e término de todo o fluxo de trabalho) e controle (monitoramento e correção de desvios da produção), bem como a determinação das quantidades que serão produzidas, qual o layout da planta para melhor aproveitamento do fluxo de insumos, quais as etapas de cada processo de manufatura e designação de mão de obra.

Setor VI – Qualidade

Neste setor é analisada a qualidade dos materiais, através de testes de processo físico (resistência dos materiais no controle de armazenamento, empilhamento, transporte, movimentação, corpos de prova, etc). De modo sempre a resolver

eventuais problemas com os produtos fornecidos aos clientes, desenvolvendo assim um plano de ação ideal, que não gere prejuízo para ambas as partes.

Os produtos que entram no processo (a exemplo das bobinas) são avaliados também.

Setor VII – Logística

Todos os processos da cadeia de suprimentos e fluxo de materiais são alinhados ao gerenciamento estratégico da empresa, garantem operações mais produtivas, flexíveis e ágeis. São realizados sempre planejamentos da movimentação interna e comunica-se com fornecedores e clientes e opera sistemas eletrônicos.

Setor VIII – Reciclado

Todo o papelão proveniente de rebarbas/sobras é reaproveitado. Na empresa existem tubulações aéreas (hidráulicas), que fazem um processo de sucção e enviam para este setor. É passado por outra prensa existente na empresa, onde o papelão é empacotado e enviado para outra unidade da empresa, sendo utilizado novamente na produção das bobinas (**Figura 33**).

Figura 33 – Sobras dos processos produtivos (Aparas de papelão)



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Setor IX - Preparo da Tinta para impressão

Para cada arte gráfica, é necessária uma coloração específica, de acordo com o desenho estabelecido pelo cliente, sendo assim é realizado neste setor o preparo das tintas. Geralmente é feito um cronograma com as tintas que serão utilizadas durante a semana (**Figuras 34, 35, 36, 37**).

Figura 34 – Tambores de tintas (sobras) utilizados nas impressoras.



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Figura 35 – Tambores com as bases de cores para preparo de tintas.



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Figura 36 – Tambores onde são realizados os preparos das tintas



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Figura 37 – Tintas preparadas para serem utilizadas durante o processo semanal



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Setor X – Acessórios

Papelões que não passam no teste de qualidade, ou retornam para a empresa apresentando algum defeito simples, são analisados pelo setor de qualidade e encaminhados para reaproveitamento na fabricação de acessórios, como por exemplo, separadores de copos. Estes produtos não exigem tanta resistência e complexidade, desta forma a empresa tenta sempre atender ao pedido do cliente **(Figuras 38 e 39)**.

Equipamentos: Riscador; Coladeira; Montadora; Serra de fita e Rebobinadeira.

Figura 38 – Setor de acessórios, máquina riscadora em operação



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Figura 39 – Pilhas de papelão riscadas e empilhadas



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Setor XI – Expedição

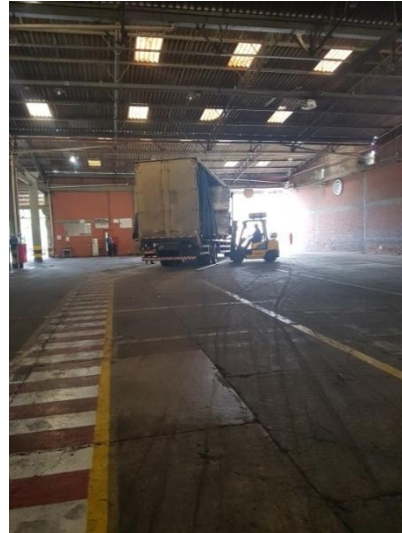
Na expedição é armazenado o produto final. O procedimento neste setor é a realização da separação, o produto já se encontra na embalagem, é feita a conferência e depois o carregamento dos caminhões, liberando assim as mercadorias para as transportadoras **(Figuras 40 e 41)**.

Figura 40 – Produto final (setor de expedição)



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Figura 41 – Produto sendo retirado, para envio ao cliente – transporte



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Setor XII - Tanque GLP (Pit Stop – Empilhadeiras)

A empresa possui um tanque de 10 m³, fornecido pela distribuidora Ultragaz, onde é realizado o abastecimento do combustível de GLP nas empilhadeiras (**Figuras 42, 43 e 44**).

Figura 42 – Tanque de GLP



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Figura 43 – Setor de abastecimento das empilhadeiras (Pit Stop)



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Figura 44 – Bomba de abastecimento de GLP



Fonte: Arquivo próprio, 2018

O consumo médio/mês de GLP no ano de 2017 foi de aproximadamente 5.125 kg/mês, dividindo por 10 empilhadeiras temos 512,5 kg/mês.

As medidas realizadas no tanque são o consumo pelo manômetro, semanalmente a distribuidora abastece o tanque, com aproximadamente de 1000 a 1500 kg de GLP. Os dispositivos acoplados no tanque são os seguintes: uma linha de distribuição, válvulas e um respiro.

O setor do Tanque onde é realizado o abastecimento das empilhadeiras, opera das 06h30min as 07h40min e das 16h00min as 17h00min de segunda a sexta feira e as características técnicas do tanque podem ser observadas no **Quadro 4**.

Quadro 4 – Características do tanque de GLP

PARÂMETROS	CARACTERÍSTICAS
Tk. p/ uso	G. L. P
Nro.	90362
Modelo	73 m ³
Tipo	A.V
Área de 68uperf..	26,69 m ²
Volume	7272 L
Mat. Corpo	AS 455
Espess	7,5 mm
Corrosão	0
Mt. Calota	AS 455
Espess	7,5 mm
Corrosão	0
Comprimento total	6660 mm
Data Teste Hidrostático	10/10/2014
Pres Projeto	17,6 kg/cm ² (250 psi)
Pres Teste Hidrostático	23 kg/cm ²
Tratamento Térmico	NO
Ralo X	100% comprimento – SPOT circ.
Código de projeto e ano de edição	ASME Secc. VIII Div. I Ed 2010 ad 11
Categoria do Vaso	NR 13 – classe II
Não deve conter produto que exceda a pressão vapor de 14,62 kg/cm ² a 37.8 °C.	

Fonte: Empresa (2018) – Adaptado (2018)

Setor XIII - Estação de Tratamento de Efluentes Líquidos – ETEL

Na ETEL é tratada a tinta utilizada no processo e também óleos das máquinas, existem caixas subterrâneas que recebem este resíduo e enviam para a estação para tratamento, sendo um sistema físico/químico. O tratamento é realizado por sistema de batelada, cerca de 300 m³/mês e de 12 a 13m³/dia (**Figuras 45 e 46**).

Figura 45 – Caixas de tratamento de lodo – processo de secagem



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Figura 46 – Resíduo aquoso gerado pós-desidratação do lodo



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Setor XIV – Caldeiras

As caldeiras são equipamentos destinados a produzir e acumular vapor sob pressão superior à pressão atmosférica. A empresa utiliza como combustível de partida o Diesel e como fonte de energia toras de lenha (consumo médio 542 m³/mês - 2017) operam em modo standy-by, quando realizado manutenções necessárias, quando é feito o revezamento.

A empresa trabalha em dois turnos, as caldeiras operam no mesmo horário, das 06h00min às 23h45min, de segunda a sexta-feira e aos sábados das 06h00min às 15h00min.

O vapor das caldeiras serve para auxiliar no processo de produção das chapas de papelão ondulado, deixando o papelão mais maleável e flexível na Onduladeira.

Esse setor de operação tem um galpão onde se localizam:

- 1 Caldeira marca ATA a Lenha (55,00 Hp) (6,00 t/h) (**Figuras 47 e 48**), cujas características estão no **Quadro 5**.

Figura 47 – Fornalha Caldeira ATA – porta aberta (em modo stand- by) **Figura 48 – Fornalha e Caldeira ATA – porta fechada (em modo stand- by)**



Fonte: Arquivo próprio, 2018



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Quadro 5 - Características Caldeira – ATA

DADOS	ORIGINAL	MODIFICAÇÕES
Fabricante	ATA	S/ Informação
Modelo	ATA - 26	S/ Informação
Tipo/Combustível	Flamotubular/Óleo	Mista/Lenha
Ano Fabricação	1977	2014
Capacidade	5500 kgv/h	5500 v/h
Número de série/Ordem	5492	S/ Informação
PMTA	10,55 kgf/cm ²	10,55 kgf/cm ²
Pressão de Teste Hidrostático	15,82 kgf/cm ²	15,82 kgf/cm ²
Norma de Projeto	ASME I - TRD	S/ Informação
Superfície de Aquecimento	170 m ²	220 m ²
Classificação NR13	B	B

Fonte: Empresa (2018) – Adaptado (2018)

- 1 Caldeira marca VATI a lenha (55,00 Hp) (4,00 t/h) (**Figuras 49 e 50**), cujas características estão na **Quadro 6**.

Figura 49 – Fornalha Caldeira VATI.



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Figura 50 - Caldeira VATI em operação.



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Quadro 6 - Características Caldeira – VATI

PARÂMETROS	CARACTERÍSTICAS
Marca	Marc
Tipo	VATI
Modelo	HHL
Superfície de Vaporização	170 m ²
Capacidade Térmica	5500 kcal/h
P.M.T.A	150 psi (10.55 kgf/cm ²)
Pressão de Prova	225 ps (18.52 kgf/cm ²)
Número de Ordem	581549
Ano de Fabricação	08/2014
Categoria	8
Combustível	Lenha
Inspecionado	Transformada
Próxima inspeção	Óleo/Lenha

Fonte: Empresa (2018) – Adaptado (2018)

Cada caldeira é provida de equipamento de controle de poluição do ar utilizado para separação de particulados após a queima de combustíveis sólidos e/ou líquidos **(Figuras 51, 52 e 53):**

- 2 Filtros Multi Ciclone (80,00 Cv) (22.500,00 m³/h)

**Figura 51 – Filtro
Muticiclone vista lateral
(Acoplado Caldeira
VATI)**



Fonte: Arquivo próprio, 2018

**Figura 52 - Filtro
Muticiclone vista frontal
(Acoplado Caldeira
VATI)**



Fonte: Arquivo próprio, 2018

**Figura 53 – Filtro
Multiciclone (Caldeira
ATA)**



Fonte: Arquivo próprio, 2018

Setor XV – Almoarifado

Local responsável pelo recebimento, cadastramento, armazenamento, saída e baixa dos bens de consumo da empresa.

Setor XVI – Manutenção

Local onde é feito o conserto de peças, maquinários, ou seja, a manutenção dos equipamentos da empresa.

Setor XVII – Escritório

Área Administrativa da empresa.

2º passo identificar as fontes de poluição e respectivos poluentes:

As fontes identificadas no empreendimento, estão relacionadas no **Quadro 7**.

Quadro 7 - Fontes de poluição do ar do empreendimento

FONTES	POLUENTES	CONTROLE
Duas Caldeiras à lenha	MP, NO _x , CO, COVs	Dois Filtros Multiciclone
Tanque GLP (Pit Stop – Empilhadeiras)	COVs	Magnetron
Dispositivos e acessórios – GLP	COVs	-

Fonte: Elaboração própria (2018)

3º passo selecionar os métodos para estimar as emissões de cada fonte

Os métodos de estimativa de emissão selecionados para as fontes identificadas no empreendimento estão relacionadas no **Quadro 8**.

Quadro 8 - Métodos de estimativa de emissão selecionados

Fonte	Equipamentos/ Operações	Método de estimativa
Fixa	Caldeira	Amostragem em chaminé Fatores de emissão
Fugitivas	Dispositivos e Acessórios GLP (Válvulas).	Fatores de emissão
Evaporativas	Tanque GLP	Modelos de Emissão. (Ex. Programa de TANKS).

Fonte: Elaboração própria (2018)

4º passo selecionar os dados e parâmetros requeridos pelos métodos escolhidos:

Para o desenvolvimento das atividades relacionadas ao estudo de caso, foram realizadas visitas a campo, com um profissional específico da área de Meio Ambiente/Segurança, onde foram feitas as coletas de dados e informações.

De acordo com a necessidade, a empresa forneceu também documentos particulares, tais como, relatório de amostragem de uma das caldeiras, dados de processo, layout da planta da empresa, entre outros.

5º passo assegurar a qualidade dos dados:

Todos os dados e informações foram obtidos diretamente com o empreendedor, conforme descrito acima no 4º passo.

6º passo realização de cálculos específicos:

A) Caldeira ATA

Em 2015 foi realizada amostragem em chaminé e apresentado um Relatório Analítico da Caldeira ATA. A mesma é considerada uma fonte fixa e o método de estimativa utilizado neste relatório para a estimativa de emissão de poluentes para atmosfera foi à amostragem de chaminé. Procedimento este experimental que se utiliza para avaliar as características dos fluxos gasosos e para determinar qualitativa e quantitativamente os poluentes gerados nos processos e atividades industriais.

A emissão de um poluente é principalmente função das condições de operação da fonte e do sistema de controle do referido poluente. Conseqüentemente, os resultados obtidos nas amostragens são válidos apenas para as condições em que a fonte e o sistema de controle estiverem operando durante o período em que as mesmas forem executadas. Os parâmetros monitorados foram material particulado, óxidos de nitrogênio (NO_x) e monóxido de carbono (CO).

As metodologias utilizadas para realização da amostragem em chaminé podem ser observadas no **Quadro 9**, obtidas do Relatório Analítico da Caldeira ATA.

Quadro 9 - Normas e Metodologia Analítica: Gases (Parâmetros realizados pelo laboratório)

PARÂMETROS	NOME DA METODOLOGIA DE ENSAIO	TÍTULO E Nº DA NORMA UTILIZADA	LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO
Gases de Combustão (O ₂ , CO e CO ₂)	Determinação de gases de combustão pelo método de ORSAT em Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias	Method 3 B – Gas Analysis For The Determination OF Emission Rate Correction Factor or Excess Air	Faixa: CO ₂ : 0,2% a 25% v/v O ₂ 0,2% a 25% v/v CO: 0,2% a 5% v/v
Gases de Combustão (O ₂ , CO e CO ₂)	Determinação de gases de combustão pelo Método Eletroquímico em Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias	US EPA - Method 3 A – Carbon Dioxide Concentration in Emissions From Stationary Sources (Instrumental Analyzer Procedure)	Faixa: CO ₂ : calculado em %v/v O ₂ 0,1% a 25% v/v CO: 10% a 10.000 ppm
Material Particulado	Determinação de material particulado pelo método gravimétrico	US EPA Method 5 – Determination OF Particulate Matter Emissions From Stationary Sources	1,4 mg/Nm ³
Óxidos de Nitrogênio (medidos como NO ₂)	Determinação de óxidos de nitrogênio pelo método Espectrofométrico	US EPA Method 7 - Determination OF Nitrogen Oxide – Emissions From Stationary Sources	21 mg/Nm ³
Óxidos de Enxofre (medidos como SO ₂)	Determinação de dióxido de enxofre, nevoas de ácido sulfúrico e trióxido de enxofre em fontes estacionárias - Método Titulométrico	US EPA Method 6 – Determination OF Sulfur Dioxide Emissions From Stationary Sources US EPA – Método 8 – Determination OF Sulfuric Acid And Sulfur Dioxide Emissions From Stationary Sources	0,13 mg SO ₂ /Nm ³
Compostos Reduzidos de Enxofre (TRS)	Determinação de compostos reduzidos de enxofre em dutos e chaminés de fontes estacionárias - Método Titulométrico	US EPA – Method 16A – Determination OF Total Reduced Sulfur Emissions From Stationary Sources (Impinger technique)	0,9 mg SO ₂ /Nm ³

Fonte: Dados fornecidos pela empresa

- Coleta de dados para amostragem, obtendo então o diâmetro da Chaminé duto 0,68 m; o número de pontos por eixo: 12 pontos; o número de eixos: 2 eixos; o tempo de coleta por pontos: 2 min. e 30s; tempo total de coleta: 60 min.

Foram analisadas três amostras da coleta, calculando-se a média para os poluentes (MP e NO_x) mencionados no relatório.

Os dados operacionais também foram fornecidos pelo empresário, tendo uma potência térmica nominal de $10 \leq MW \leq 50$. E as condições ambientais meteorológicas apresentadas durante a coleta foram sem precipitações.

Para a estimativa de emissão serão consideradas as taxas de emissão para esses poluentes obtidas nos ensaios realizados na chaminé (**Quadro 10**) e para o parâmetro COVs será realizada estimativa de emissão por fatores de emissão (**Quadro 11**).

Quadro 10 – Resultados de amostragem em chaminé (Caldeira ATA)

Poluentes	Emissão	
	(Kg/h) (*)	(t/ano) (**)
Material Particulado	2,105	0,00140
Óxidos de Nitrogênio	1,314	0,000877
CO	9,850	0,00657

(*) Dados do empreendedor

(**) Considerando o período de funcionamento da fonte: 1497 h/ano

Fonte: Elaboração própria (2018)

Quadro 11 – Resultados de estimativa de COVs (Caldeira ATA)

Poluentes	Fator de emissão		Consumo de lenha t lenha/ano	Emissão (****)	
	lb/MMBtu (*)	lb/ton (lb/MMBtu*HHV*2000)		lb/ano	t/ano
COVs	0,017	0,225	2861,76	643,89	0,29

(*) AP 42 (USEPA – online)

(**) Transformação de unidade do consumo de Lenha m³ para t:

Consumo de lenha: 542m³/mês

12 meses = 6.504 m³/ano

Densidade da lenha: 440 kg/m³

Consumo da lenha * Densidade da lenha

$$6.504 \text{ m}^3/\text{ano} * 440 \text{ kg/m}^3 = 2.861760 \text{ kg/ano} = 2861,76 \text{ ton/ano}$$

(***) Transformação de unidade do FE: lb/MMBtu para lb/t

Poder calorífico da lenha: 3.680 kcal/kg (AALBORG, 2008).

$$= 6.623,47 \text{ Btu/lb}$$

(lb/MMBtu*HHV*2000)

$$(0,017 * 6.623,47 * 2000) = 0,225 \text{ lb/ton}$$

(****) Multiclone como ECP

Fonte: Elaboração própria (2018)

B) Dispositivos e acessórios

Foram estimadas as emissões apresentadas na **Tabela 1**, considerando:

- Fonte: Pit Stop (GLP).
- Classificação: foi realizada conforme o combustível transportado pela tubulação.
- Fatores de emissão: foram utilizados os fatores de emissão para o Synthetic Organic Chemicals Manufacturing Industry – SOCMI, devido à tipologia da fonte.
- Quantidade de dispositivos: determinou-se pela contagem em campo.
- Número de horas de funcionamento: estabelecida de acordo com o funcionamento da fonte.

Tabela 1 – Estimativa de Emissão de COVs em Dispositivos e Acessórios

DISPOSITIVO	CLASSIFICAÇÃO	FATOR (kg/h/fonte)	QUANTIDADE DISPOSITIVOS	N. DE HORAS (h/ano)	EMISSÃO (kg/ano)	EMISSÃO (t/ano)
VÁLVULA	Gás	0,00597	9	8760	470,68	0,47
Conectores flanges união	Todos	0,00183	23	8760	368,70	0,36
Linhas abertas (respiro)	Todos	0,0017	1	8760	14,98	0,014
					Total:	0,84

Fonte: Elaboração própria (2018)

C) Tanque de GLP

Controle de nível do tanque: Magnetron.

Não foram consideradas as emissões com uso desse dispositivo.

Para verificação do atendimento da Resolução CONAMA n° 382, de 26 de dezembro de 2006 (BRASIL, 2006), foram considerados os resultados obtidos para a amostragem em chaminé realizada para a caldeira principal, conforme (**Quadro 12**).

Quadro 12 - Parâmetros dos poluentes de acordo com a Resolução CONAMA n° 382, de 26 de dezembro de 2006, lenha

Fontes	Concentração de Material Particulado (mg/Nm ³)	
	Caldeira	Resolução CONAMA n° 382
	@8%	@8%
Caldeira a Lenha	329,45	520

Fonte: Elaboração própria (2018)

7 RESULTADOS

7.1 Estimativa das emissões do empreendimento

A totalização das emissões do empreendimento (excluindo fontes móveis) pode ser verificada na **Tabela 2**.

Tabela 2 - Totalização de poluentes

Fontes	Poluentes (t/ano)			
	MP	NO _x	CO	COVs
Fixas	0,00140	0,000877	0,00657	0,29
Dispositivos				0,84
Tanque				
Total	0,00140	0,000877	0,00657	1,13

Fonte: Elaboração própria (2018)

O resultado obtido para amostragem em chaminé corrigido para 8% de O₂ foi comparado com os limites da Resolução CONAMA n° 382, de 26 de dezembro de 2006 (BRASIL, 2006), conforme **Quadro 13**.

Quadro 13 - Parâmetros dos poluentes de acordo com a Resolução CONAMA n° 382, de 26 de dezembro de 2006, lenha

Fontes	Concentração de Material Particulado (mg/Nm ³)	
	Caldeira	Resolução CONAMA 382
	@8%	@8%
Caldeira a Lenha	329,45	520

Fonte: Elaboração própria (2018)

7.2 Outros resultados

Realização de mapeamento das fontes de emissão, através de visitas na empresa e também e a identificação dos controles das emissões implantados no empreendimento, além dos poluentes emitidos.

8 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A empresa atualmente atende as legislações vigentes, tanto que a licença de operação foi concedida novamente no ano de 2017 (Renovação), porém há necessidade de realizar sempre o atendimento às condicionantes e as exigências técnicas estabelecidas pelo órgão regulamentador (CETESB).

Em relação ao atendimento das exigências técnicas:

- Fica proibida a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera, em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites de propriedade do empreendimento. Não foi verificado odor durante a operação em episódios críticos que gerassem reclamações;
- As fontes de poluição atmosférica do empreendimento deverão ser controladas de forma a atender aos padrões ambientais estabelecidos pelo Regulamento da Lei Estadual n° 997/1976 (SÃO PAULO, 1976), aprovado pelo Decreto Estadual

nº8.468/1976 (SÃO PAULO, 1976) e suas alterações, bem como não causar incômodos à população vizinha;

- Em relação aos resultados apresentados, a empresa apresenta emissões muito baixas, que são compatíveis com as atividades desenvolvidas. Mesmo assim, as caldeiras são providas de equipamento de controle de poluição do ar (multiciclone), que embora não seja de melhor tecnologia prática disponível, contribui para redução das emissões de material particulado grosseiro para a atmosfera e não causa incômodo na comunidade vizinha, não sendo informadas reclamações pelo empreendedor;
- Para emissões de gases, não há medidas de controle implantadas, mas as emissões são baixas e também não há histórico de reclamação;
- A empresa atende à Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006 (BRASIL, 2006), as concentrações de material particulado ($329,45 \text{ mg/Nm}^3$) e está abaixo do padrão estabelecido (520 mg/Nm^3);
- Não foram observadas evidências da existência de emissões fugitivas nas instalações industriais, as áreas de operação são mantidas limpas;
- A madeira utilizada como combustível deverá ser armazenada em local coberto, visando uma combustão adequada de modo a reduzir a emissão de poluentes para a atmosfera.

Foi verificada durante a vistoria, que a madeira estava armazenada em local coberto.

Em proposta de aperfeiçoamento, recomenda-se que a empresa sempre busque a melhoria contínua de processos por meio do PMA (Programa de Melhoria Ambiental). Até o presente momento não foi apresentado, mas esta em fase de planejamento, um Programa de Reuso de água de efluentes a ser implementado.

Em relação ao plano de melhoria ambiental, a empresa poderia substituir o multiciclone por outro equipamento de controle de maior eficiência, como lavadores de gases.

Em relação ao combustível utilizado (lenha), pode ser realizada a substituição de combustível por gás natural, desde que disponível na localização do empreendimento.

Outras medidas a serem implementadas seria um plano de manutenção sistemática e periódica para os dispositivos e acessórios de tubulações.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho foi possível realizar o levantamento das fontes de emissões atmosféricas na esfera industrial, estimar as emissões e propor medidas de melhoria e de controle, onde couber. Através do estudo de caso em uma empresa de embalagens de papelão fabricadas a partir do papel reciclado, identificaram-se as fontes de poluição do ar do empreendimento.

De acordo com os dados existentes e estimativas, realizou-se os cálculos para estimar a emissão de cada fonte de poluição, obtendo-se então como resultado a totalização das mesmas. A análise dos resultados possibilitou concluir que, a empresa atende os padrões estabelecidos pelas legislações vigentes.

Embora todos os critérios legais sejam atendidos, recomenda-se que a empresa sempre procure a melhoria contínua de processos por meio do PMA (Programa de Melhoria Ambiental) e que também opte por equipamentos de processo e de controle de poluição eficientes e específicos para cada tipo fonte.

De certa forma haverá um reconhecimento e um diferencial positivo no mercado, onde a empresa passará confiabilidade e comprometimento aos seus clientes.

Através deste estudo é possível perceber a importância do monitoramento e o gerenciamento das fontes de poluição em uma planta industrial, minimizando ou até mesmo evitando grandes impactos ambientais e sociais.

10 REFERÊNCIAS

AALBORG. **Livro Técnico**. Aalborg Industries S.A. Itu –SP/ 2008.

ALVES, Willian Digilio. **Transvaso Monitorado Prêmio GLP - Inovação Categoria – Projetos de Instalações**. Disponível em: <http://www.sindigas.org.br/novosite/wp-content/uploads/2018/01/Transvaso_Monitorado.pdf>. Acesso em: jun de 2018.

BOUBEL, Richard W. et al. **Fundamentals of air pollution**. 3th ed. North Carolina: Academic Press, 1994. 574 p.

BRASIL. CONAMA. Resolução nº 382, de 26 de dezembro de 2006. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. **Diário Oficial da União**: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, v. 144, n. 1, 2 jan. 2007. Seção 1, p.131-137. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=520>>. Acesso em: maio 2018.

BRASIL. **Lei nº 13.105, de 16 de março de 2015**. Código de processo civil. Brasília, DF, 2015. Com alterações posteriores. Originalmente publicado no Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 mar. 2015. Seção 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13105.htm>. Acesso em: maio 2018.

BRASIL. MMA. **Poluentes atmosféricos**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <<<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos>>>. Acesso em: maio 2018.

BRASIL. MMA. **Fontes fixas: poluição ambiental**. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/fontes-fixas>>. Acesso em: maio 2018.

CANAL DA CIÊNCIA. **O Segredo das Coisas - Caixa de Papelão**. Youtube, 06 de Dez. 2012. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Z-GLmajjzag>>. Acesso em: Jul 2018.

CASTRO, Hermano Albuquerque de; GOUVEIA, Nelson; ESCAMILLA-CEJUDO, José A. Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, v.6, n.2, p. 135-149, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.org/scielo.php?pid=S1415-790X2003000200007&script=sci_arttext&lng=>>. Acesso em: maio 2018.

CETESB. **Qualidade do ar no estado de São Paulo 2016**. São Paulo, 2017. 201 p. (Série relatórios). Disponível em:<<http://cetesb.sp.gov.br/ar/publicacoes-relatorios/>>. Acesso em: maio 2018.

CETESB. **Qualidade do ar: poluentes**. São Paulo, 2018. Disponível em:<<http://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/>>. Acesso em: maio 2018.

CETESB. **Estimativa de emissões de poluentes atmosféricos**. São Paulo, 2017. 1 CD (312 p.), il. color., PDF, 136 MB. (Cadernos da Gestão do Conhecimento. Atualização Profissional).

CETESB. **Decisão de Diretoria nº 10-P, de 12 de janeiro de 2010**. Dispõe sobre o Monitoramento de Emissões de Fontes Fixas de Poluição do Ar no Estado de São Paulo - Termo de Referência para a Elaboração do Plano de Monitoramento de Emissões Atmosféricas (PMEA). São Paulo, 2010. Disponível em: <usar site oficial >. Acesso em: maio 2018.

CETESB. **Decisão de Diretoria Nº 326/2014/I, de 05 de novembro de 2014**. Dispõe sobre os critérios para verificação do atendimento dos limites de emissão dos parâmetros estabelecidos na

Resolução SMA nº 79. De 04/011/2009, para o licenciamento da atividade de tratamento térmico de resíduos sólidos em Usinas de Recuperação de Energia – UREs. São Paulo, 2014. 32 p. Disponível em: < <http://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2014/12/DD-326-2014-I.pdf>>. Acesso em: maio 2018.

COSTA, Maria de Fátima Barrozo da; COSTA Marco Antonio da. Exposição ocupacional a compostos orgânicos voláteis na indústria naval. São Paulo, **Química Nova**, v.25, n.3, p.384-386, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v25n3/9330.pdf>>. Acesso em: maio 2018.

COSTA, Marco Antonio Cechinel. **Gestão de produção em uma indústria de embalagens de papelão ondulado: caso korruga embalagens – estudo de caso.** Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/121887/Economia295613.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 10 jul 2018.

DALLAROSA, Juliana B. **Estudo da formação e dispersão de ozônio troposférico em áreas de atividade de processamento de carvão aplicando modelos numéricos.** 2005. 79 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2005. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/srm/ppgsr/publicacoes/Dissert_JulianaDallarosa.pdf>. Acesso em: maio 2018.

EDUARDO, CARLOS. **Gás Liquefeito de Petróleo – GLP.** Disponível em: <<http://eduardotecseg.blogspot.com/2013/11/gas-liquefeito-de-petroleo-glp.html>>. Acesso em: 02 jul 2018.

EISELES. **Multiciclones.** Disponível em: < <http://eisele.com.br/equipamentos/>> Acesso em: 2 jun. 2018.

GALLON, Alessandra Vasconcelos; SALAMONI, Franciane Luiza; BEUREN, Ilse Maria. **Processo de fabricação de papel reciclado e as ações associadas aos custos ambientais em indústria de Santa Catarina.** ABCustos, São Leopoldo: Associação Brasileira de Custos, v. 3, n. 1, p. 53-80, jan./abr. 2008 ISSN 1980-4814. Disponível em: <<https://abcustos.emnuvens.com.br/abcustos/article/view/28>>. Acesso em: jun 2018.

GASBALL. **Sistema Pit Stop.** Disponível em: <<http://gasball.com.br/cilindro-p20-e-pit-stop-para-empilhadeira/>>. Acesso em: 09 jun 2018.

HESSEL K, SANTOS M. M., SOGABE M N. **Monitoramento Contínuo de Emissões Atmosféricas/** São Paulo A&WMA Seção Brasil – 2014.

INSTHEL. **Gas Instation.** Disponível em:< <http://www.insthel.com.br/glp.asp>>. Acesso em: 2 jul 2018.

JESUS, Emanuel Fernando Reis de. A importância do estudo das chuvas ácidas no contexto da abordagem climatológica. **Sitientibus**, Feira de Santana, n. 14, p.143-153, 1996. Disponível em: <http://www2.uefs.br/sitientibus/pdf/14/a_importancia_do_estudo_das_chuvas_acidas.pdf>. Acesso em: maio 2018.

LEAL, Georla Cristina Souza de Gois; FARIAS, Maria Sallydelandia Sobral de; ARAUJO, Aline de Farias. O processo de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano. **QUALIT@S Revista Eletrônica**, v. 7, n. 1, p. 1-11, 2008. Disponível em: <<http://www.ceap.br/material/MAT2004201302831.pdf>>. Acesso em: maio 2018.

MAZZER, Cassiana; CAVALCANTI, Osvaldo Albuquerque. Introdução à Gestão Ambiental de Resíduos. Infarma, 2004. Maringá, p. 8, 2004.

MORAIS, Saulo Pupo de et al. Amostragem e monitoramento da emissão de particulado em chaminé industrial. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 21., São José do Rio Preto,

São Paulo, Brazil. **[Anais...]**. São José do Rio Preto: UNESP, 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/259820244_Amostragem_Industrial_e_Monitoramento_da_Emissao_de_Particionado_em_Chamine_Industrial>. Acesso em: maio 2018.

NILSSON, Lars J. Services instead of products: experiences from energy markets - examples from Sweden. In: MEYER-KRAHMER, F. (Ed.). **Innovation and sustainable development: lessons for innovation policies**. Heidelberg: Physica-Verlag, 1998. Part 2: Guiding principles for sustainable industrial innovations, p.115-141. (Technology, Innovation and Policy ISI, book series, 3217, v. 6).

LIQUIGÁS. **Sistema para reabastecimento de empilhadeiras**. Disponível em: <[OPAS; OMS. Níveis de poluição do ar estão crescendo em muitas das cidades mais pobres do mundo. **OPAS/OMS Brasil**, Brasília, DF, 12 maio 2016. Disponível em: <\[http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5096:niveis-de-poluicao-do-ar-estao-crescendo-em-muitas-das-cidades-mais-pobres-do-mundo&Itemid=839\]\(http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5096:niveis-de-poluicao-do-ar-estao-crescendo-em-muitas-das-cidades-mais-pobres-do-mundo&Itemid=839\)>. Acesso em: maio 2018.](https://www.liquigas.com.br/wps/portal/!ut/p/z0/04_Sj9CPyKssy0xPLMnMz0vMAfljo8zivf0MjIw83I0MDMK8XA2M_PyNnAM8zYx9A030C7ldFQEWd6XD/p0/IZ7_KN022HG200VJE02NO2CPI63MQ3=CZ6_KN022HG200VJE02NO2CPI63MQ4=MECTX!QCPwebQCAcontentQCPliquigasQCPmenuQCPprodutosQCAeQCAservicosQCPglpQCAaQCAgranelQCPdicasQCAdeQCAsegurancaQCPpaginaQCAprincipalQCAdicasQCAdeQCAseguranca==/p0/IZ7_KN022HG200VJE02NO2CPI63MQ3=CZ6_KN022HG200VJE02NO2CPI63MQ4=MECTX!QCPWebQCAContentQCPLiquigasQCPMenuQCPProdutosQCAeQCAServicosQCPGLPQCAaQCAgranelQCPsolucoesQCALiquigasQCP==/>. Acesso em: 28 jun 2018.</p>
</div>
<div data-bbox=)

PORTAL EDUCAÇÃO TECNOLOGIA EDUCACIONAL LTDA. **Sistema de gestão ambiental e auditoria ambiental**. São Paulo, [2012?]. Disponível em: <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/biologia/sistema-de-gestaoambiental-e-auditoria-ambiental/16562>>. Acesso em: maio 2018.

PRADO FILHO, Hayrton Rodrigues de. Poluição atmosférica: um problema de saúde pública? **Qualidadeonline's blog**, 22 mar. 2010. Disponível em: <<https://qualidadeonline.wordpress.com/2010/03/22/poluicao-atmosferica-um-problema-de-saude-publica/>>. Acesso em: maio 2018.

QUINTANILHA, Lilian. O universo das emissões atmosféricas e a atuação do setor industrial. **Revista Meio Ambiente Industrial**, São Paulo, v. 14, n. 80, p.26-40, jul./ago. 2009.

RUSSO, Paulo Roberto. **Poluição atmosférica**: refletindo sobre a qualidade ambiental em áreas urbanas. Rio de Janeiro: CECIERJ, [2001?]. Disponível em: <<http://www.educacaopublica.rj.gov.br/biblioteca/geografia/0005.html>>. Acesso em: maio 2018.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 8.468, de 08 de setembro de 1976**. Aprova o Regulamento da Lei nº 997, de 31 de maio de 1976, que dispõe sobre o controle e a prevenção da poluição do meio ambiente. São Paulo, 1976. Com alterações posteriores. Originalmente publicado no Diário Oficial [do] Estado de São Paulo, Poder Executivo, v. 86, n. 171, 9 set. 1976. p.4-18. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/norma/?id=62153>>. Acesso em: maio 2018.

SÃO PAULO (Estado). Ministério Público do Estado de São Paulo. Ato normativo nº 484-CPJ, de 05 de outubro de 2006 (PT n. 123.515/06). Disciplina o inquérito civil e demais investigações do Ministério Público na área dos interesses difusos, coletivos e individuais homogêneos, as audiências públicas, os compromissos de ajustamento de conduta e as recomendações, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Poder Executivo, São Paulo, v. 116, n.19, 6 out. 2006. Seção 1, p. 36-38. Disponível em: <http://biblioteca.mpsp.mp.br/PHL_img/ATOS/484.pdf>. Acesso em: maio 2018.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 59.113, de 23 de abril de 2013. Estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**, Poder Executivo, v. 123, n. 76, 24 abril 2013. Seção 1, p.1-4. Disponível em:

<<http://dobuscadireta.imprensaoficial.com.br/default.aspx?DataPublicacao=20130424&Caderno=DOE-1&NumeroPagina=1>>. Acesso em: maio 2018.

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº 997, de 31 de maio de 1976**. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente. São Paulo, 1976. Com alterações posteriores. Originalmente publicado no Diário Oficial do Estado [de] São Paulo, AtosLegislativos, v. 86, n. 102, 1jun. 1976. p. 1-2. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/norma/?id=46075>>. Acesso em: maio 2018.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Resolução SMA Nº 79, de 04 de novembro de 2009. Estabelece diretrizes e condições para a operação e o licenciamento da atividade de tratamento térmico de resíduos sólidos em Usinas de Recuperação de Energia - URE. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Poder Executivo, São Paulo, 7 nov. 2009. Seção 1, p. 63-65. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/resolucao/2009/2009_res_est_sma_79_republicada.pdf>. Acesso em: maio 2018.

SILVA, Débora. Poluição do ar: a poluição do ar refere-se a emissão...**Todo Estudo**, [S.l.]: Conteúdo Media Group, [2016?]. 1 portal. Disponível em: <<https://www.todoestudo.com.br/geografia/poluicao-do-ar>>. Acesso em: maio 2018.

USEPA. **Air emission factors and qualification**: AP 42 compilation of air pollution emission factors. Research Triangle Park, NC: EPA, 2011. Disponível em: <<https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emissions-factors>>. Acesso em: maio 2018.

USEPA. **Handbook for criteria pollutant inventory development**: a beginner's guide for point and area sources. North Carolina: EPA, 1999. 285 p. (EPA-454/R-99-037). Disponível em: <<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P1000MVP.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1995+Thru+1999&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod...>>. Acesso em: maio 2018.

USEPA. **1995 protocol for equipment leak emission estimates**. North Carolina, EPA, 1995. 403 p. (EPA-453/R-95-017). Disponível em: <<https://www3.epa.gov/ttnchie1/efdocs/equiplks.pdf>>. Acesso em: maio 2018.

VANKO. **Magnetron**. Disponível em: < <http://www.vanko.net/products/level-switches/>> Acesso em: 13 jun. 2018.

W.A.D. **Caldeira a lenha**. Disponível em: <<http://wadcaldeiras.com.br/>>. Acesso em: 08 de jul 2018.