



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro de Tecnologia e Ciências

Faculdade de Engenharia

Bárbara Cristina Cardozo

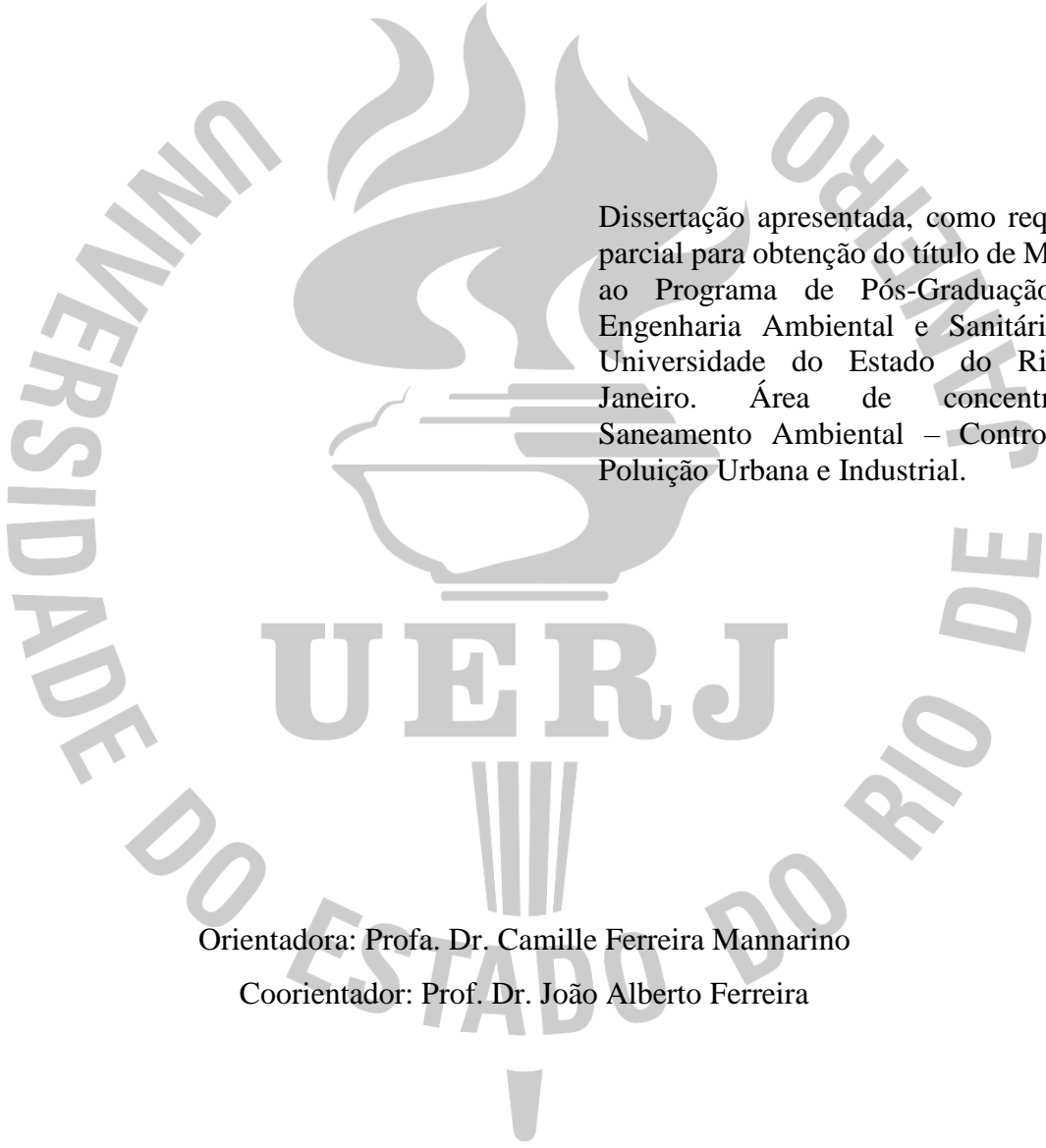
**Análise do Monitoramento Ambiental da Incineração de Resíduos Sólidos  
Urbanos na Europa**

Rio de Janeiro

2019

Bárbara Cristina Cardozo

**Análise do Monitoramento Ambiental da Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos na  
Europa**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Orientadora: Profa. Dr. Camille Ferreira Mannarino

Coorientador: Prof. Dr. João Alberto Ferreira

Rio de Janeiro

2019

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

C268 Cardozo, Barbara Cristina.  
Análise do monitoramento ambiental da incineração de resíduos sólidos urbanos na Europa / Barbara Cristina Cardozo. – 2019.  
84f.

Orientadora: Camille Ferreira Mannarino.  
Coorientador: João Alberto Ferreira.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia ambiental - Teses. 2. Gestão integrada de resíduos sólidos - Teses. 3. Lixo - Eliminação - Teses. 4. Europa - Teses. I. Mannarino, Camille Ferreira. II. Ferreira, João Alberto. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia. IV. Título.

CDU 628.4(4)

Bibliotecária: Júlia Vieira – CRB7/6022

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Bárbara Cristina Cardozo

**Análise do Monitoramento Ambiental da Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos na  
Europa**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Saneamento Ambiental – Controle da Poluição Urbana e Industrial.

Aprovada em 12 de fevereiro de 2019.

Banca Examinadora:

---

Profa. Dra. Camille Ferreira Mannarino (Orientadora)  
Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca – FIOCRUZ

---

Prof. Dr. João Alberto Ferreira (Coorientador)  
Faculdade de Engenharia – UERJ

---

Profa. Dra. Simone Lorena Quitério  
Faculdade de Engenharia – UERJ

---

Prof. Dr. Josino Costa Moreira  
Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca – FIOCRUZ

Rio de Janeiro

2019

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente eu agradeço a Deus por não ter deixado me faltar forças para conduzir todas as etapas dessa minha jornada acadêmica, por sempre me conduzir pelos caminhos de luz ou iluminá-los quando pareciam escuros.

À minha mãe e meu pai, que sempre me apoiaram durante toda a minha vida acadêmica, que me confortaram nos momentos de ansiedades e comemoraram nos momentos de felicidade. Sempre acreditaram em mim, até mais do que eu mesma. Sou grata por tudo, todo meu amor a vocês. Ao meu irmão e esposo, por me incentivarem e por viverem todos os momentos comigo.

À professora Camille por todo o conhecimento transmitido, pelas orientações, confiança, oportunidades e paciência. Ao professor João pelo auxílio e ensinamentos.

Aos professores do PEAMB, pela dedicação nas aulas. Em especial a professora Simone, que sempre foi solícita e me transmitiu conhecimentos importantes para execução desta dissertação.

Aos amigos do PEAMB, pelo apoio durante as disciplinas, especialmente a Chris e a Thamires por todo apoio e carinho, pelas angústias e felicidades divididas.

## RESUMO

Cardozo, Bárbara Cristina. *Análise do monitoramento ambiental da incineração de resíduos sólidos urbanos na Europa*. 2019. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

A incineração é uma tecnologia de tratamento térmico de resíduos sólidos amplamente disseminada e consolidada na Europa. Seu principal objetivo é a redução do volume e da massa (70% a 90%) dos resíduos que serão depositados em aterros. A possibilidade de recuperação de energia tanto na forma de vapor quanto de energia elétrica torna essa tecnologia ainda mais atrativa, principalmente em cenários de demanda energética crescente, como é o caso do Brasil. A regulação, na Europa, ocorre por meio da Diretiva 2010/75/UE que traz todas as formas de operação e controle do processo, bem como os limites de emissão atmosférico. O monitoramento ambiental e a publicidade de seus dados à população é obrigatório. O presente trabalho tem como objetivo analisar os dados de monitoramento ambiental de incineradores associados à *Confederation of European Waste-to-Energy Plants*– CEWEP, com vistas a proteção ambiental e também avaliar estudos de biomonitoramento realizados nas áreas de influência de incineradores europeus. Por meio de buscas nos *websites* dos respectivos incineradores, em artigos científicos e relatórios técnicos, foi possível evidenciar o efetivo monitoramento ambiental bem como o cumprimento aos limites exigidos. As emissões dos poluentes foram menores que as estipuladas como limite na legislação da União Europeia. A média dos valores foi inferior em 48% para óxidos de nitrogênio, 80% para monóxido de carbono, 92% para material particulado e 83% para as dioxinas e furanos. A transparência dessas informações traz maior segurança à população, no que tange exposição a poluição e possibilidade de fiscalização. Os resultados quantitativos, qualitativos, e de biomonitoramento confirmam a incineração como uma tecnologia segura, quando bem operada, controlada e fiscalizada. O estudo evidencia a necessidade de mudança de padrões na legislação brasileira para uma melhor condução dessa tecnologia, principalmente dentro de limites mais seguros, caso seja implementada no Brasil.

Palavras-chave: Tratamento de resíduos; Incineração de resíduos sólidos urbanos;

Monitoramento ambiental; Europa.

## ABSTRACT

Cardozo, Bárbara Cristina. *Analysis of the environmental monitoring of municipal solid waste incineration in Europe*. 2019. 84f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

Incineration is a widely disseminated and consolidated solid waste treatment technology in Europe. Its main objective is to reduce the volume and mass (70% to 90%) of the waste that will be deposited in landfills. The heat generated during the incineration process is recovered through the generation of heat, steam or power and it makes this technology even more attractive, especially in scenarios of increasing energy demand, as is the case in Brazil. Directive 2010/75/UE rules incineration in Europe, which provides all forms of process operation and control, as well as atmospheric emission limits. Environmental monitoring and advertising of your data to the population is mandatory. The present work aims to analyze the environmental monitoring data of incinerators associated with the Confederation of European Waste-to-Energy Plants (CEWEP) focusing to environmental protection and also to evaluate biomonitoring studies carried out in the areas of influence of european incinerators. Through searching the websites of the respective incinerators, scientific articles and technical reports, it was possible to demonstrate the effective environmental monitoring as well as compliance with the limits required. Emissions of pollutants were lower than those stipulated as limits in European Union directive. The mean value was 48% lower for nitrogen oxides, 80% for carbon monoxide, 92% for particulate matter and 83% for dioxins and furans. The transparency of this information brings greater security to the population, regarding exposure to pollution and the possibility of inspection. Quantitative, qualitative, and biomonitoring results confirm incineration as a safe technology, when well operated, controlled and monitored. This study shows the need to change standards in Brazilian legislation to better manage this technology, especially within the safest limits, if implemented in Brazil.

Keywords: Waste treatment; Municipal solid waste incineration; Environmental monitoring; Europe.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Resíduos gerados na União Europeia (UE-28) e a quantidade de resíduos por categoria de.....	16
Figura 2: Hierarquia de resíduos .....	16
Figura 3: Esquema genérico de um incinerador em grelha .....	18
Figura 4: Esquema simplificado de um sistema de limpeza de gases e seus respectivos produtos. ....	22



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação entre a quantidade de água residual produzida e o tipo de tratamento de gases utilizado. ....	25
Tabela 2: Classificação dos tipos de tratamento de Cinzas Volantes e Escórias .....	28
Tabela 3: Comparação entre as legislações do Brasil e da União Europeia.....	31
Tabela 4: Emissões Atmosféricas dos Poluentes de Monitoramento Contínuo e Periódico no período de 2015 a 2017, de 76 incineradores da União Europeia. ....	55
Tabela 5: Resumo das informações sobre estudos relativos à avaliação de impactos ambientais de incineradores.....	69
Tabela 6: Comparação entre limites de emissão de poluentes atmosféricos das legislações brasileiras com a legislação europeia. ....	74

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Porcentagem dos diferentes tipos de resíduos recebidos .....	40
Gráfico 2: Capacidade de recepção de resíduos sólidos em tonelada .....	41
Gráfico 3: Periodicidade da divulgação do monitoramento das emissões .....	42
Gráfico 4: Classificação das informações disponíveis sobre escórias.....	43
Gráfico 5: Classificação das informações das emissões de efluentes .....	43
Gráfico 6: Distribuição dos valores de emissão de óxidos de nitrogênio (NO <sub>x</sub> ).....	46
Gráfico 7: Distribuição dos valores de emissão do monóxido de carbono (CO) durante .....	47
Gráfico 8: Distribuição dos valores de emissão do carbono orgânico total (COT).....	47
Gráfico 9: Distribuição dos valores de emissão do material particulado (MP).....	49
Gráfico 10: Distribuição dos valores de emissão do ácido clorídrico (HCl).....	50
Gráfico 11: Distribuição dos valores de emissão do ácido fluorídrico (HF).....	51
Gráfico 12: Distribuição dos valores de emissão do dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> ).....	52
Gráfico 13: Distribuição dos valores de emissão de dioxinas e furanos (PCDD/F).....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APC	Air Pollution Control
CEWEP	Confederation of European Waste-to-Energy Plants
Cd	Cádmio
CO	Monóxido de Carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COT	Carbono Orgânico Total
EEA	European Environmental Agency
EUROSTAT	Statistical Office of the European Union
HPA	Hidrocarboneto policíclico aromático
HCl	Ácido clorídrico
HF	Ácido fluorídrico
Hg	Mercúrio
MWh	Megawatt hora
MP	Material particulado
mg·m <sup>-3</sup>	Miligrama por metro cúbico
mg·Nm <sup>-3</sup>	Miligrama por normal metro cúbico
µg·m <sup>-3</sup>	Micrograma por metro cúbico
NO <sub>x</sub>	Óxidos de Nitrogênio
PCDD/Fs	Dioxinas e Furanos
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PVC	Policloreto de Vinila
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SCR	Selective Catalytic Reduction
SMA	Secretaria de Estado do Meio Ambiente
SNCR	Selective Noncatalytic Reduction
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SO <sub>2</sub>	Dióxido de Enxofre
Tl	Tálio
TEQ	Toxicidade equivalente
UE	União Europeia
WHO	World Health Organization (Organização Mundial da Saúde)

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>1. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 Evolução histórica da incineração .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Etapas da Incineração .....</b>	<b>17</b>
1.2.1 Combustão .....	18
1.2.2 Geração de vapor e recuperação de energia .....	20
1.2.3 Tratamento dos gases.....	21
1.2.4 Tratamento de efluentes líquidos.....	24
1.2.5 Tratamento das Cinzas Volantes .....	25
1.2.6 Tratamento de Escórias .....	27
<b>1.3 Legislação .....</b>	<b>28</b>
1.3.1 Legislação Europeia .....	29
1.3.2 Legislação Brasileira .....	30
<b>1.4 Monitoramento ambiental .....</b>	<b>32</b>
1.4.1 Biomonitoramento .....	33
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>35</b>
<b>2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>35</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>35</b>
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>36</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>40</b>
<b>4.1 Análise geral dos incineradores da Europa.....</b>	<b>40</b>
<b>4.2 Monitoramento das emissões atmosféricas .....</b>	<b>44</b>
4.2.1 Óxidos de nitrogênio .....	44
4.2.2 Monóxido de carbono e Carbono orgânico total .....	46
4.2.3 Material particulado.....	48
4.2.4 Ácido Clorídrico .....	49
4.2.5 Ácido Fluorídrico .....	50
4.2.6 Dióxido de Enxofre .....	51
4.2.7 Dioxinas e Furanos .....	52
<b>4.3 Avaliação de impactos ambientais em áreas adjacentes a incineradores de RSU..</b>	<b>58</b>
4.3.1 Incineradores da Espanha .....	58

4.3.2 Incineradores da Itália .....	63
4.3.3 Incineradores do Reino Unido .....	67
4.3.4 Incineradores da Holanda .....	68
<b>4.4 Questões da implementação de incineradores no brasil .....</b>	<b>72</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>76</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>78</b>

## INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída pela Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), conduziu a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos do Brasil para uma nova diretriz, onde as ações intencionadas para busca de soluções para os resíduos sólidos considere as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social sob a premissa do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010). A destinação final dos resíduos em aterros sanitários e acordos setoriais para a logística reversa, são dois pontos a serem destacados dentro das ações à nível federal para apoiar e incentivar a gestão adequada de resíduos no país (MANNARINO; FERREIRA; GANDOLLA, 2016).

O crescente consumo de produtos, sobretudo os descartáveis, provocaram um aumento no volume dos resíduos gerados pela população brasileira (JARDIM et al., 2018). Esse consumo está diretamente relacionado ao crescimento da economia (MANNARINO; FERREIRA; GANDOLLA, 2016). Segundo dados do Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), no Brasil foram coletados aproximadamente 58,9 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos em 2016 (BRASIL, 2016). Deste total coletado 59% são dispostos em aterros sanitários, 9,6% em aterros controlados e 10,3% em lixões, 3,4% encaminhados para unidades de triagem e compostagem e 17,7% sem informação, que se refere a municípios pequenos, com até 30 mil habitantes (BRASIL, 2016). Contudo, as melhorias na destinação final dos resíduos sólidos urbanos (RSU) são contrastantes entre as regiões do país, sendo Sul e Sudeste com as melhores situações (BRASIL, 2016).

As grandes cidades e regiões metropolitanas do Brasil apesar de possuírem os melhores cenários no que se refere a destinação dos resíduos, apresentam problemas no que tange aos conflitos de uso do solo, sendo densamente ocupadas e conurbadas, escassez ou inexistência de áreas para a disposição final dos resíduos e a necessidade de exportação desses resíduos para municípios vizinhos (JARDIM et al., 2018).

Diante dessa situação a incineração dos RSU se insere na gestão de resíduos afim de otimizar a vida útil dos aterros sanitários e reduzir os custos com o transporte dos resíduos dos locais de geração até os aterros. Além disso, a possibilidade de recuperação energética, na forma de vapor e energia elétrica, a partir do calor liberado no processo de queima dos resíduos, torna-se atrativo dentro do cenário de demanda de energia elétrica no Brasil. O consumo de energia

elétrica em 2020 será de 648.078 GWh (MME, 2016) e o crescimento estimado será de 4,3% ao ano entre 2005 e 2030 (MME, 2007).

Por isso, as unidades de incineração precisam ser bem estruturadas a fim de integrar o planejamento urbano, podendo gerar energia próximo aos polos consumidores reduzindo perdas e custos de transporte. Todavia, o desconhecimento da tecnologia traz receios a população, técnicos da área ambiental e membros da academia, devido a suposição de ser altamente poluente e causar danos a saúde e meio ambiente. Essa premissa ocorre frequentemente em locais onde a tecnologia ainda é inexistente, como é o caso do Brasil.

A incineração é uma tecnologia adotada na gestão de resíduos de diversos países da Europa há muitos anos. Sua implementação inicial foi na Inglaterra no final do século XVIII e se espalhou por todo o continente. Sua integração à gestão de resíduos de países com estrutura tão diversa no que tange questões políticas, econômicas e culturais torna esse continente uma interessante área de estudo para avaliação do monitoramento ambiental.

A partir desse contexto, buscou-se conhecer e analisar o monitoramento ambiental de incineradores da Europa, apresentando dados de monitoramento atmosférico divulgados pela administração do próprio incinerador e dados de biomonitoramento realizados por grupos de pesquisa acadêmicos.

A estrutura do presente trabalho está dividida em: introdução, referencial teórico, objetivos e metodologia, resultados e discussão, e considerações finais. Na introdução é apresentada a problematização e relevância do trabalho. No capítulo 1 é mostrado o embasamento do tema em questão através do referencial teórico, nos capítulos 2 e 3 são descritos objetivos e metodologia, respectivamente. Os resultados obtidos e discussão são apresentados no capítulo 4 e por último as considerações finais e referências utilizadas no trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ABANADES, S. et al. Fate of Heavy Metals during Municipal Solid Waste Incineration. **Waste Management & Research**, v. 20, p. 55–68, 2002.
- ANTISARI, L. V. et al. Characterization of Heavy Metals Atmospheric Deposition For Assessment of Urban Environmental Quality in the Bologna City (Italy). **Environmental quality**, v. 7, p. 49–63, 2011.
- ASHWORTH, D. C. et al. Comparative Assessment of Particulate Air Pollution Exposure from Municipal Solid Waste Incinerator Emissions. **Journal of Environmental and Public Health**, v. 2013, p. 1–13, 2013.
- AUGUSTO, S.; MÁGUAS, C.; BRANQUINHO, C. Guidelines for biomonitoring persistent organic pollutants ( POPs ), using lichens and aquatic mosses - A review. **Environmental Pollution**, v. 180, p. 330–338, 2013.
- AURELL, J.; MARKLUND, S. Effects of varying combustion conditions on PCDD/F emissions and formation during MSW incineration. **Chemosphere**, v. 75, n. 5, p. 667–673, 2009.
- AUTRET, E. et al. Incineration of municipal and assimilated wastes in France : Assessment of latest energy and material recovery performances. v. 139, p. 569–574, 2007.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. *Diário oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, 03 ago. 2010. Seção 1, p.3.
- BRASIL.Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental - SNSA. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2016. Brasília, 2018. 188p.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Energia 2030; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME: EPE, 2007.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Série Estudos da Demanda de Energia - Nota Técnica DEA 13/15 - Demanda de Energia 2050; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME: EPE, 2016.
- BUONANNO, G. et al. Chemical, dimensional and morphological ultrafine particle characterization from a waste-to-energy plant. **Waste Management**, v. 31, n. 11, p. 2253–2262, 2011.
- CAPELA, M. V.; CAPELA, J. M. V. Elaboração de Gráficos Box-Plot em Planilhas de Cálculo. v. 1, n. December, p. 361–364, 2011.
- CARBONE, F. et al. Ultrafine Particles Formed by Heating Droplets of Simulated Ash Containing Metals. **Environmental Engineering Science**, v. 25, n. 10, p. 1379–1388, 2008.
- CASS, G. R. et al. The chemical composition of atmospheric ultrafine particles.



**Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 358, n. 1775, p. 2581–2592, 2000.

CHIRICO, V. DI. **Incineração de resíduos urbanos**. [s.l: s.n.].

CONAMA nº 316, de 29 de outubro de 2002. Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Publicada no DOU nº 224, de 20 de novembro de 2002, Seção 1, páginas 92-95 Correlações:Artigo 18 alterado pela Resolução CONAMA nº 386/06

CONAMA Nº 420/2009 - "Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas." - Data da legislação: 28/12/2009 - Publicação DOU nº 249, de 30/12/2009, págs. 81-84. Alterada pela Resolução CONAMA nº 460/2013 (altera o prazo do art. 8º, e acrescenta novo parágrafo)

CONTARDO, T. et al. May lichen biomonitoring of air pollution be used for environmental justice assessment? A case study from an area of N Italy with a municipal solid waste incinerator Tania. **Environmental Forensics**, 2018.

DOMINGO, J. L. et al. PCDD / F levels in the neighbourhood of a municipal solid waste incinerator after introduction of technical improvements in the facility. **Environment International**, v. 28, p. 19–27, 2002.

DOUGLAS, P. et al. Estimating Particulate Exposure from Modern Municipal Waste Incinerators in Great Britain. **Environmental Science and Technology**, v. 51, p. 7511–7519, 2017.

EUROPEAN COMMISSION. **Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/0470012668.ch5>>.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Managing municipal solid waste - a review of achievements in 32 European countries EEA Report No 2/2013**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.eea.europa.eu/publications/managing-municipal-solid-waste>>.

EEA - EUROPEAN ENVIRONMENTAL AGENCY. Municipal waste management in Norway. 2013. Disponível em: <<https://www.eea.europa.eu/publications/managing-municipal-solid-waste/norway-municipal-waste-management>>. Acesso em jan 2019.

EUROSTAT - ENVIRONMENTAL DATA CENTRE ON WASTE. Municipal Waste Statistics 2016 .ISSN 2443-8214.Disponível em: <[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal\\_waste\\_statistics#Municipal\\_waste\\_treatment](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics#Municipal_waste_treatment)>. Acesso em: 16 jan 2019.

FALLA, J. et al. Biological air quality monitoring: a review. **Environmental Monitoring and Assessment**, n. 64, p. 627–644, 2000.

FERREIRA, N.; OLIVEIRA, T. P. DE; SANDRA, H. Contribuições do PIBID / biologia para

o ensino de briófitas nas séries iniciais do ensino fundamental II do Colégio de Aplicação da UFPE PIBID / Biology contributions towards the teaching of bryophytes in the initial grades of Elementary Education II Sch. **Revista Cadernos de Estudos e Pesquisa na Educação Básica**, v. 2, n. 1, p. 267–284, 2016.

FONT, A. et al. Using metal ratios to detect emissions from municipal waste incinerators in ambient air pollution data. **Atmospheric Environment**, v. 113, p. 177–186, 2015.

GERDOL, R. et al. Monitoring temporal trends of air pollution in an urban area using mosses and lichens as biomonitors. **Chemosphere**, v. 108, p. 388–395, 2014.

GOHLKE, O. et al. A new process for NO<sub>x</sub> reduction in combustion systems for the generation of energy from waste. **Waste Management**, v. 30, n. 7, p. 1348–1354, 2010.

GULLETT, B. K. et al. Characterization of air emissions and residual ash from open burning of electronic wastes during simulated rudimentary recycling operations. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 9, n. 1, p. 69–79, 2007.

HASSELRIIS, F.; LICATA, A. Analysis of heavy metal emission data from municipal waste combustion. **Journal of Hazardous Materials**, v. 47, n. 1–3, p. 77–102, 1996.

IEMA- INSTITUTO DE ENERGIA E MEIO AMBIENTE. 1º Diagnóstico da rede de monitoramento da qualidade do ar no Brasil, 2014. Disponível em: <[http://www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/Rosana/Diagnostico\\_Qualidade\\_do\\_Ar\\_Versao\\_Final\\_Std.pdf](http://www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/Rosana/Diagnostico_Qualidade_do_Ar_Versao_Final_Std.pdf)>. Acesso em: jan de 2019.

JARDIM, N.Z; WELLS, C.; CONSONI, A.J.; AZEVEDO R.M.B. O Gerenciamento Integrado do Lixo Municipal. In: CEMPRE - Compromisso Empresarial Para a Reciclagem. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. 4 ed. São Paulo, 2018. cap.1, p. 3 - 26.

JIAO, F. et al. Effect of HCl, SO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O on the condensation of heavy metal vapors in flue gas cooling section. **Fuel Processing Technology**, v. 105, p. 181–187, 2013.

KUMAR, P. et al. Nanoparticle emissions from 11 non-vehicle exhaust sources - A review. **Atmospheric Environment**, v. 67, p. 252–277, 2013.

LEM, S. et al. The heuristic interpretation of box plots. **Learning and Instruction**, v. 26, p. 22–35, 2013.

LIBERTI, L. et al. Mercury removal with powdered activated carbon from flue gases at the Coriano municipal solid waste incineration plant. **Waste Management and Research**, v. 16, n. 2, p. 183–189, 1998.

LOVETT, G. M. et al. Who needs environmental monitoring? **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 5, p. 253–260, 2007.

MANNARINO, C. F.; FERREIRA, J. A.; GANDOLLA, M. Contribuições para a evolução do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil com base na experiência Européia. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 379–385, 2016.

MARGALLO, M. et al. Environmental sustainability assessment of the management of

municipal solid waste incineration residues: A review of the current situation. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 17, n. 5, p. 1333–1353, 2015.

MENESES, M. et al. Monitoring metals in the vicinity of a municipal waste incinerator : temporal variation in soils and vegetation. **The Science of the Total Environment**, v. 226, p. 157–164, 1999.

MIJIC, Z. et al. Seasonal variability and source apportionment of metals in the atmospheric deposition in Belgrade. **Atmospheric Environment**, v. 44, p. 3630–3637, 2010.

MORALES, M. et al. Materials selection for superheater tubes in municipal solid waste incineration plants. **Journal of Materials Engineering and Performance**, 2014.

MORSELLI, L. et al. Tools for evaluation of impact associated with MSW incineration : LCA and integrated environmental monitoring system. **Waste Management**, v. 25, p. 191–196, 2005.

NETO, J. V. et al. Boxplot : Um Recurso Gráfico Para a Análise E Interpretação De Dados Quantitativos Boxplot : a Visual Resource for Analysis and Interpretation of Quantitative Data. v. 26, n. 76, p. 1–6, 2017.

NZIHOU, A. et al. Dioxin emissions from municipal solid waste incinerators (MSWIs) in France. **Waste Management**, v. 32, n. 12, p. 2273–2277, 2012.

OFEV – OFFICE FEDERAL DE L'ENVIRONNEMENT. Ordonnance sur la protection de l'air (OPair) du 16 décembre 1985 (Etat le 11 décembre 2018).

PAOLI, L. et al. Lichens as suitable indicators of the biological effects of atmospheric pollutants around a municipal solid waste incinerator ( S Italy ). **Ecological Indicators**, v. 52, p. 362–370, 2015.

PIRRONE, N. et al. Global mercury emissions to the atmosphere from natural and anthropogenic sources. **Mercury Fate and Transport in the Global Atmosphere: Emissions, Measurements and Models**, p. 3–49, 2009.

PROTANO, C. et al. Transplanted Lichen *Pseudovernia furfuracea* as a Multi-Tracer Monitoring Tool Near a Solid Waste Incinerator in Italy: Assessment of Airborne Incinerator-Related Pollutants. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 95, p. 644–653, 2015.

RAGAZZI, M. et al. Management of atmospheric pollutants from waste incineration processes: the case of Bozen. **Waste Management & Research**, v. 31, n. 3, p. 235–240, 2013.

REIMANN, D. O. CEWEP Energy Report III (Status 2007-2010). n. December, p. 1–35, 2013.

REIS, E. A.; REIS, I. A. **Análise Descritiva de Dados - Tabelas e Gráficos**. [s.l: s.n.].

ROVIRA, J. et al. Temporal trends in the levels of metals , PCDD / Fs and PCBs in the vicinity of a municipal solid waste incinerator . Preliminary assessment of human health risks. **WASTE MANAGEMENT**, v. 43, p. 168–175, 2015.

ROVIRA, J. et al. Concentrations of trace elements and PCDD / Fs around a municipal solid waste incinerator in Girona ( Catalonia , Spain ). Human health risks for the population living in the neighborhood. **Science of the Total Environment**, v. 630, p. 34–45, 2018.

SABBAS, T. et al. Management of municipal solid waste incineration residues. **Waste Management**, v. 23, n. 1, p. 61–88, 2003.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (Paraná). Resolução nº 43, de 13 de julho de 2008. Dispõe sobre o licenciamento ambiental, estabelece condições e critérios para empreendimentos de incineração de resíduos sólidos.

SECRETARIA DE ESTADO 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. Republicada no DOE de 07-11-09 seção i pag 63-65.

SCHRÖDER, W. et al. Are cadmium , lead and mercury concentrations in mosses across Europe primarily determined by atmospheric deposition of these metals ? **Journal of soil and sediment**, v. 10, n. 8, p. 1572–1584, 2010.

SCHUHMACHER, M. et al. Soil Monitoring in the Vicinity of a Municipal Solid Waste Incinerator: Temporal Variation of PCDD/Fs. **Chemosphere**, v. 39, n. 3, p. 419–429, 1999.

SCHUHMACHER, M.; DOMINGO, L. Long-term study of environmental levels of dioxins and furans in the vicinity of a municipal solid waste incinerator. **Environment International**, v. 32, p. 397–404, 2006.

STROBEL, R.; WALDNER, M. H.; GABLINGER, H. Highly efficient combustion with low excess air in a modern energy-from-waste (EfW) plant. **Waste Management**, v. 73, p. 301–306, 2018.

STUBENVOLL, J.; BÖHMER, S.; SZEDNYJ, I. State of the art for waste incineration plants. 2002.

SVOBODA, K.; BAXTER, D.; MARTINEC, J. Nitrous oxide emissions from waste incineration. **Chemical Papers**, v. 60, n. 1, p. 78–90, 2006.

TEMMERMAN, L. DE et al. Biomonitoring of air pollutants with plants – considerations for the future. 2001.

TRETIACH, M. et al. Lichen transplants as a suitable tool to identify mercury pollution from waste incinerators : a case study from NE Italy. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 175, n. 1–4, p. 589–600, 2011.

UBA - GERMAN FEDERAL ENVIRONMENT AGENCY. 1 . Draft of a German Report

with basic informations for a BREF-Documents “ Waste Incineration “. n. December, 2001.

UE – UNIÃO EUROPÉIA. (2010) Conselho da União Europeia. Diretiva 2010/76/EC – Relativa às emissões industriais. 24 de novembro de 2010.

UE – UNIÃO EUROPÉIA. (1994) Conselho da União Europeia. Diretiva 1994/62/EC . Relativa a embalagens e resíduos de embalagens. 20 de dezembro de 1994, Alterada pela Diretiva (UE) 852/2018 (Texto relevante para efeitos do EEE) de 30 de maio de 2018.

UE – UNIÃO EUROPÉIA. (2008) Conselho da União Europeia. Directiva 2008/98/EC – Relativa aos resíduos e que revoga certas diretivas. 18 de novembro de 2008.

USEPA - United State Environmental Protection Agency; USEPA 3050B, Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Disponível em: <http://www.epa.gov/waste/hazard/testmethods/sw846/pdfs/3050b.pdf>. Acessado em: jan 2019.

USHIMA, A.H.; SANTOS, M.M. Processamento do Lixo - Parte 9 - Tratamento térmico. In: CEMPRE - Compromisso Empresarial Para a Reciclagem. Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. 4 ed. São Paulo, 2018. cap.4, p.193 - 218.

VAN DIJK, C.; VAN DOORN, W.; VAN ALFEN, B. Long term plant biomonitoring in the vicinity of waste incinerators in The Netherlands. **Chemosphere**, v. 122, p. 45–51, 1 mar. 2015.

VASSURA, I. et al. PCDD/Fs atmospheric deposition fluxes and soil contamination close to a municipal solid waste incinerator. **Chemosphere**, v. 83, n. 10, p. 1366–1373, 2011

VEHLOW, J. Reduction of dioxin emissions from thermal waste treatment plants : a brief survey. **Reviews in Environmental Science and Biotechnology**, n. 11, p. 393–405, 2012.

VEHLOW, J. Air pollution control systems in WtE units: An overview. **Waste Management**, v. 37, p. 58–74, 2015.

VEHLOW, J.; DALANGER, S. Incineration : Flue Gas Cleaning and Emissions. In: CHRISTENSEN, T. H. (Ed.). . **Solid Waste Tecnology & Management**. [s.l.] Blackwell Publishing Ltd., 2011.

VENTURINI, E. et al. Bulk deposition close to a Municipal Solid Waste incinerator: One source among many. **Science of The Total Environment**, v. 456, p. 392–403, 2013.

VILAVERTE, L. et al. Modification of an environmental surveillance program to monitor PCDD / Fs and metals around a municipal solid waste incinerator. **Journal of Environmental Science and Health**, v. 44, p. 1343–1352, 2009.

WHITICAR, D. M.; RALPH, J. **Waste to Energy: A Technical Review of Municipal Solid Waste Thermal Treatment Practices - Final Report**. [s.l: s.n.].

WISSING, F.; WIRTZ, S.; SCHERER, V. Simulating municipal solid waste incineration with

a DEM/CFD method – Influences of waste properties, grate and furnace design. **Fuel**, v. 206, p. 638–656, 2017.

YOSHIMURA, T.; ORTH, M. H.; MOTTA, F. S. O futuro da recuperação energética no Brasil. **Revista Limpeza pública**, n. 84, p. 4–17, 2013.

ZACCO, A. et al. Review of fly ash inertisation treatments and recycling. **Environmental Chemistry Letters**, v. 12, n. 1, p. 153–175, 2014.

ZHANG, Y. et al. Experimental and thermodynamic investigation on transfer of cadmium influenced by sulfur and chlorine during municipal solid waste (MSW) incineration. **Journal of Hazardous Materials**, v. 153, n. 1–2, p. 309–319, 2008.

ZHU, S.; ZHANG, Z.; ŽAGAR, D. Mercury transport and fate models in aquatic systems: A review and synthesis. **Science of the Total Environment**, v. 639, p. 538–549, 2018.