

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**BIANCA BRASIL RAMOS**

**INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS – INFORMAÇÕES E  
TENDÊNCIAS**

**CURITIBA**

**2014**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**BIANCA BRASIL RAMOS**

**INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS – INFORMAÇÕES E  
TENDÊNCIAS**

Trabalho de Conclusão apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Mudanças Climáticas, Projetos Sustentáveis e Gestão Corporativa do Carbono da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista.

Orientadora: M. Sc.: Tatiane Sant'Ana Guimarães.

**CURITIBA**

**2014**

## **AGRADECIMENTOS**

Meu agradecimento à orientadora Tatiane Sant'ana Guimarães a qual me conduziu ao desenvolvimento do trabalho.

Ao professor Sandro Martins de Oliveira pelas contribuições e sugestões na condução do projeto.

À Professora Greyce Maas pela valiosa orientação e pelos ensinamentos que foram de extrema importância para a finalização do curso.

A todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>v</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>vii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Caracterização dos Resíduos Sólidos Industriais - RSI .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2 A Tecnologia da Incineração pelo Mundo .....</b>	<b>12</b>
<b>2.3 A Tecnologia de Incineração no Brasil .....</b>	<b>14</b>
<b>3.4 Os Gases oriundos do Processo de Incineração.....</b>	<b>16</b>
<b>3.5 Aproveitamento Energético a partir dos Resíduos Sólidos.....</b>	<b>19</b>
<b>3.6 Oportunidade da Tecnologia da Incineração dentro do Mecanismo de     Desenvolvimento Limpo (MDL).....</b>	<b>20</b>
<b>3.7 Aspectos Socioambientais no uso da Incineração .....</b>	<b>22</b>
<b>3. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>23</b>
<b>4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>24</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1: Geração de Resíduos Sólidos Industriais no Brasil. ....</b>	<b>10</b>
<b>Figura 2: Dados da geração de RSIs do Brasil (t/ano). ....</b>	<b>11</b>
<b>Figura 3: Geração de resíduos perigosos 2004 a 2010. ....</b>	<b>12</b>
<b>Figura 4: Tratamento de resíduos perigosos de 2010. ....</b>	<b>14</b>
<b>Figura 5: Incineradores de Resíduos Industriais. ....</b>	<b>15</b>
<b>Figura 6: Incineração de Resíduos – Emissões de CO<sub>2</sub>. ....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 7: Incineração de Resíduos – Emissões de N<sub>2</sub>O. ....</b>	<b>18</b>

# INCINERAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS – INFORMAÇÕES E TENDÊNCIAS

Bianca Brasil Ramos<sup>1</sup>

Orientadora: M.Sc.: Tatiane Sant'Ana Guimarães<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tecnóloga em Gestão Ambiental. E-mail: [biabrasilramos@hotmail.com](mailto:biabrasilramos@hotmail.com)

<sup>2</sup>Mestre em Engenharia Hidráulica e Saneamento (USP), Orientadora Programa de Pós Graduação em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Gestão Corporativa de Carbono na Universidade Federal do Paraná -  
(tatyana@hotmail.com)

## RESUMO

O aumento populacional e conseqüente aumento na geração de resíduos tem demandado soluções pra tratamento e disposição final. Diante desse cenário, este trabalho teve como objetivo desenvolver uma discussão em torno da tecnologia de incineração dos resíduos industriais, com vistas a auxiliar no entendimento das oportunidades desta tecnologia, auxiliando na popularização da mesma. Primeiramente foi realizado um levantamento de informações em torno da tecnologia praticada no Brasil e no exterior, abordando aspectos ambientais e sociais. Com as informações levantadas, foi possível realizar uma discussão comparativa com a situação atual da incineração, permitindo demonstrar o crescimento e a eficiência realizada pelo processo. Concluiu-se com o estudo bibliográfico, que a realidade entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento é muito díspar, comprovando o despreparo do Brasil em torno da aplicação da técnica no gerenciamento dos resíduos industriais.

Palavras-chaves: Resíduos Industriais, Resíduos Perigosos, Tratamento de Resíduo.

## **ABSTRACT**

The population growth and consequent increase in waste generation has demanded solutions for treatment and final disposal. Against this backdrop, this study aimed to develop a discussion on incineration technology of industrial waste, in order to help understand the opportunities this technology, helping to popularize the same. We first conducted a survey of information around technology practiced in Brazil and abroad, addressing environmental and social aspects. With the information acquired, it was possible to conduct a comparative discussion with the current situation of incineration, allowing demonstrate the growth and efficiency performed by the process. Concluded with the bibliographic study, the reality between developed and developing countries varied widely proving the unpreparedness of Brazil around the method application in the management of industrial waste.

Keywords: Industrial Waste, Hazardous Waste, Treatment of Waste.

## 1. INTRODUÇÃO

Há séculos é discutida a importância da reutilização dos bens de consumo na sociedade, e Henriques (2004), cita que aproveitar, tratar ou destinar o que é chamado de lixo é uma responsabilidade da qual a sociedade não tem como se esquivar. Assim, passa ser uma questão de cidadania propor alternativas para que haja soluções com o menor impacto ao meio ambiente.

Com a sanção da Lei nº 12.305/2010 que dispõe o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), esse departamento passou a ser regido por um conjunto de disposições que estabelecem uma nova sistemática de gestão. É importante observar os critérios que estabelece a destinação final, para que seja feita de maneira a garantir a maior reintegração dos resíduos no sistema produtivo, sempre observadas tanto à viabilidade técnica quanto à viabilidade econômico-financeira (ABRELPE, 2012).

Conforme o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), no que envolve os resíduos sólidos industriais (RSI), a PNRS prevê obrigações para o setor produtivo. Além dos benefícios ambientais, o adequado gerenciamento dos RSI tem um importante viés com a expansão da infraestrutura econômica e social do país. Portanto, pelo aspecto econômico, a Lei 12.305/2010 obriga os grandes empreendedores a fazer uma opção entre a redução, o reuso e a reciclagem, reconhecendo o valor econômico e incentivando a integração das indústrias com as cooperativas de materiais reciclados (IPEA, 2012).

Nesse sentido, o tratamento de resíduo pode ser compreendido como uma série de procedimentos físicos, químicos e biológicos, com o objetivo de diminuir a carga poluidora no ambiente e reduzir os impactos sanitários negativos e consequentemente gerar benefício econômico a partir dos resíduos (FADE/UFPE, 2013).

Para Ribeiro (2010) a alternativa que tem se mostrado mais acertada, permitindo a disposição final com menor impacto ambiental, é o tratamento térmico (incineração). A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA nº 316/2002, define o tratamento térmico como todo e qualquer processo cuja operação seja realizada acima da temperatura mínima de 800°C.



A Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 11175/1990, conceitua o incinerador como sendo qualquer dispositivo, aparato, equipamento ou estrutura usada para a oxidação à alta temperatura que destrói ou reduz o volume ou recupera materiais ou substâncias. Desta forma a incineração apresenta-se como uma alternativa, na qual é possível poupar o uso de energia não renovável, diminuir a área ocupada por depósitos de lixo e ainda evitar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) que venham a ocorrer pela decomposição dos resíduos a serem dispostos.

Já existem incineradores desenvolvidos e em operação em vários países industrializados, com modernas tecnologias que possibilitam a transformação destes resíduos em energia térmica ou elétrica (que pode ser utilizada nos processos de produção e consumo de bens) e eliminam, quase que por completo a necessidade de aterramento e suas onerosas consequências (ABBAS, 2008). Em 2008, tinha-se a informação de que nove empresas realizavam a incineração de resíduos industriais perigosos no país, sendo distribuídas pelos Estados de São Paulo, Bahia e Alagoas (MMA, 2013).

Acerca da tecnologia de incineração dos resíduos industriais, o objetivo do trabalho é desenvolver uma revisão em torno desse método de tratamento, com vistas de auxiliar no entendimento das oportunidades do processo que possam vir agregadas e contribuir para discussão, expansão e popularização da mesma. Primeiramente será realizado um levantamento de informações em torno da tecnologia praticada no Brasil e no exterior, abordando temas relacionados às suas particularidades, como os benefícios e malefícios provenientes do processo. Desta forma, o artigo será desenvolvido utilizando-se do método explicativo e exploratório, com uma pesquisa bibliográfica, executada em fontes primárias e secundárias, tais como: livros, revistas, sites especializados, periódicos, teses de doutorado, artigos entre outros, os quais foram devidamente estudados e fichados para maior entendimento e análise do assunto. Com embasamento histórico, foi possível realizar uma discussão comparativa com a situação atual da incineração, permitindo demonstrar e comprovar a eficiência realizada pelo processo, e aos demais aspectos de relevância envolvendo o mesmo.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 3.1 Caracterização dos Resíduos Sólidos Industriais - RSI

De acordo com a NBR 10004/2004 a classificação dos resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem. Nesse sentido a classificações do RSI fica estabelecida como: Resíduo Classe I: Características de inflamabilidade e corrosividade; Resíduo Classe II A – Não inertes: Características de combustibilidade, biodegradabilidade; Resíduo Classe II B - Inertes: Não tem nenhum dos seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água.

Segundo a Resolução do CONAMA 313/2002, os RSI são aqueles que se encontram nos estado sólido, semi-sólido, gasoso e líquido, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d'água, ou que exijam soluções técnica ou economicamente inviável em face da melhor tecnologia disponível.

A partir dos inventários estaduais de RSI realizados por diversos Estados, fica evidente a geração de RSI no país, tendo dessa forma uma visão do que é gerado, e da proporcionalidade entre resíduos perigosos e não perigosos, conforme estão apresentados na Figura 1 (ABRELPE, 2007).

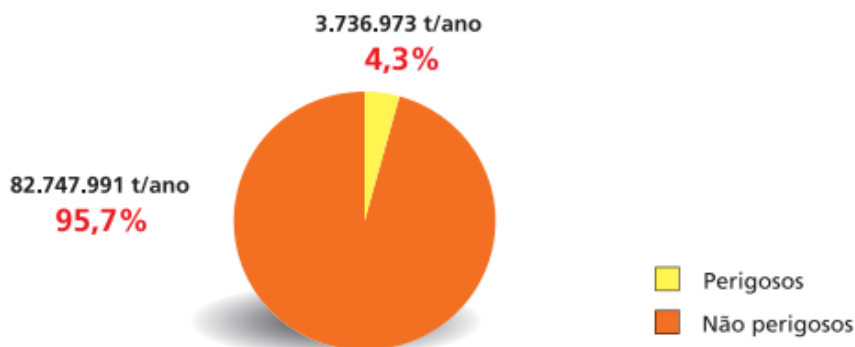


Figura 1: Geração de Resíduos Sólidos Industriais no Brasil.

Fonte: ABRELPE, 2007.

Ainda em relação à quantidade de resíduos perigosos gerados, os valores apresentados tiveram grandes variações entre os estados, devido às suas diferentes características industriais. O Estado de Goiás foi o estado que mais gerou resíduo classe I, seguido por Mato Grosso e Paraná. O Rio Grande do Sul, apesar de industrializado de maneira compatível com Minas Gerais e Paraná, apresentou quantidade significativamente inferior de resíduo classe I. A Paraíba apresentou a menor geração de resíduos industriais, entre os estados analisados. Na Figura 2, serão apresentados dados parciais da geração de RSIs do país, no qual o Estado de Goiás, Minas Gerais e Paraná aparecem como os maiores geradores de resíduos industriais, à exceção dos resíduos não perigosos, cuja maior geração ocorre em São Paulo (IPEA, 2012).

UF	Perigosos	Não perigosos	Total
AC <sup>1</sup>	5.500	112.765	118.265
AP <sup>1</sup>	14.341	73.211	87.552
CE <sup>1</sup>	115.238	393.831	509.069
GO <sup>1</sup>	1.044.947	12.657.326	13.702.273
MT <sup>1</sup>	46.298	3.448.856	3.495.154
MG <sup>1</sup>	828.183	14.337.011	15.165.194
PB <sup>1</sup>	657	6.128.750	6.129.407
PE <sup>1</sup>	81.583	7.267.930	7.349.513
PR <sup>2</sup>	634.543	15.106.393	15.740.936
RN <sup>1</sup>	3.363	1.543.450	1.546.813
RS <sup>1</sup>	182.170	946.900	1.129.070
RJ <sup>2</sup>	293.953	5.768.562	6.062.515
SP <sup>2</sup>	535.615	26.084.062	26.619.677
<b>Total</b>	<b>3.786.391</b>	<b>93.869.046</b>	<b>97.655.438</b>

Figura 2: Dados da geração de RSIs do Brasil (t/ano).

Fonte: Fonte: Estado do Amapá (2007), Estado do Ceará (2004), Estado de Minas Gerais (2010), Estado da Paraíba (2004), Estado de Pernambuco (2001), Estado do Rio Grande do Norte (2003), Estado do Rio Grande do Sul (2002) e Abrelpe (2007) *apud* IPEA, 2012.  
 Notas: 1 Os dados referentes a esses estados foram extraídos de seus inventários estaduais de RSIs. 2 Os dados referentes a esses estados foram extraídos do Panorama das Estimativas de Geração de Resíduos Industriais (Abetre, 2003).

Em 2010, na União Europeia-28 (UE), onde se tem uma parceria econômica e política com características únicas, é constituída por 28 países

européus, a geração total de resíduos provenientes de atividades econômicas e agregados familiares ascendia a 2.506 milhões de toneladas; este foi maior do que em 2008, mas menor do que em 2004 e 2006. Os números relativamente baixos de 2008 e 2010 refletem em parte a desaceleração da atividade econômica, como resultado da crise financeira. Entre os resíduos gerados em 2010, cerca de 101,4 milhões de toneladas (4,0% do total) foram classificados como resíduos perigosos. Este foi o equivalente a uma média de cerca de 5,0 toneladas de resíduos para cada habitante. A seguir, na Figura 3 mostra a quantidade de resíduos perigosos que foi gerado por habitante em 2004 e 2010 (incluindo todas as categorias de resíduos perigosos, até os minerais) (EUROSTAT, 2014).

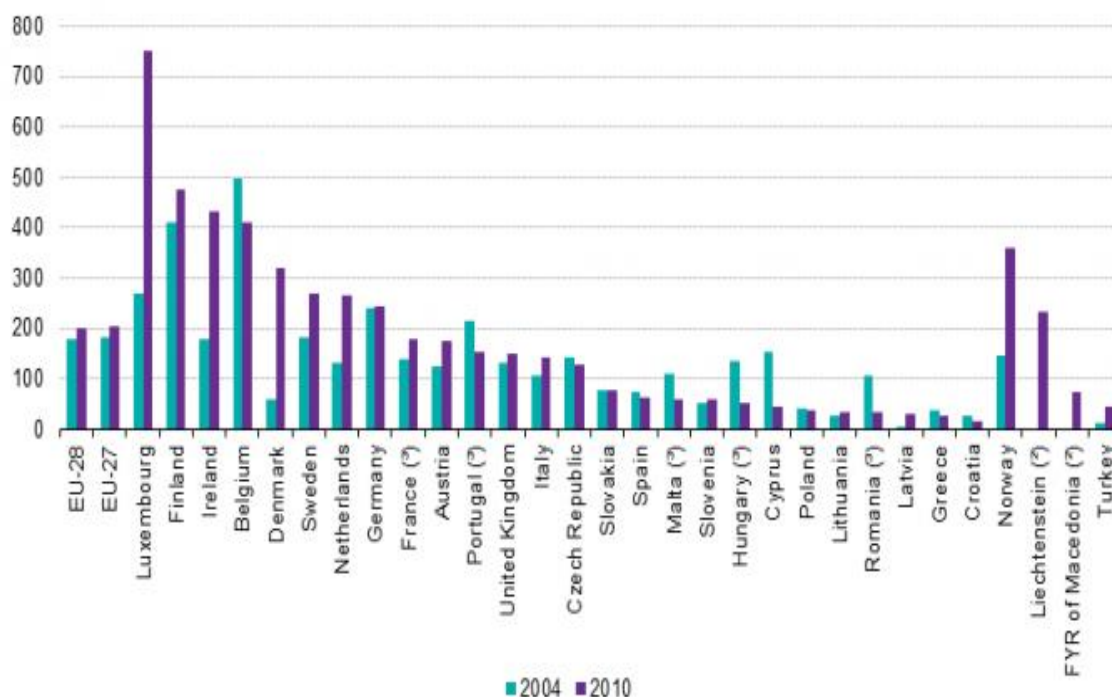


Figura 3: Geração de resíduos perigosos 2004 a 2010.

Fonte: EUROSTAT, 2014.

### 3.2 A Tecnologia da Incineração pelo Mundo

A incineração é uma das tecnologias mais antigas existentes na Europa, Estados Unidos e Japão. As instalações destes países operam ao abrigo de uma legislação ambiental rigorosa, e tiveram evoluções e

inovações tecnológicas que acompanharam as necessidades energéticas, materiais e ambientais, em resposta às demandas da população, do seu crescimento, e de suas culturas e economias (FADE/UFPE, 2013).

De acordo com o Ministry of the Environment (2012) (Ministério do Meio Ambiente do Japão), a partir de 1960 o país começou utilizar a incineração, e hoje o país possui as principais instalações mundo. No ano de 2009, havia 1.243 unidades. E com a necessidade de melhoria nas instalações e no processo em geral, estudos têm sido realizados e muitas tecnologias foram adotadas e melhorias foram feitas para redução das inconformidades.

Nos Estados Unidos, em meados de 2002, a Agência de Proteção Ambiental (USEPA) elaborou o Guia Industrial Waste Management Evaluation Model User's Guide, que tem como objetivo fornecer ferramentas e recomendações para melhores práticas na gestão de resíduos industriais; com o intuito de orientar nas tomadas de decisões em conjunto com o Estado, com o intuito de serem adotadas durante o trabalho de gestão; além de servir como ferramenta de referência na implementação de sistemas de gerenciamento; e ainda orientar e informar o público sobre a questão da gestão de resíduos dentro da comunidade (MACHADO *et al*, 2011).

Como exemplo efetivo da gestão, Sirkis (2013) relata em visita a Alemanha, mas especificamente na cidade de Colônia (onde alguns de seus estados que seguem de forma mais estrita, a diretiva na qual elimina os aterros sanitários e determina a reciclagem e reaproveitamento energético), que o uso atual de incineradores no país é seguro, como exemplo de Colônia, que recebe lixo de fora da região e inclusive fora do país, e processa em média cerca de 700 mil ton/ano para gerar eletricidade e vapor.

Para o tratamento de resíduos perigosos, a porcentagem de eliminação, totalizou em 2010 para 42,8% do total da UE-27, e, portanto, responsável por uma parte do total de tratamento de resíduos perigosos, que foi um pouco menor do que a quota para todos os resíduos. A Figura 4 mostra que 9,8 milhões de toneladas (ou 11,7% de todos os resíduos

perigosos) foi incinerada ou utilizada para a recuperação de energia, e 38,2 milhões de toneladas (ou 45,5%) foi recuperada (EUROSTAT, 2014).

	Total	Energy recovery	Incineration without energy recovery	Recovery other than energy recovery	Disposal other than incineration
EU-28	83 960	5 240	4 580	38 220	35 920
EU-27	83 890	5 210	4 570	38 190	35 910
Belgium	13 965	214	158	12 610	982
Bulgaria	13 561	0	2	58	13 501
Czech Republic	832	42	50	680	60
Denmark	1 073	193	0	315	566
Germany	19 047	2 592	1 129	11 342	3 984
Estonia	8 929	16	0	933	7 979
Ireland	267	45	20	181	21
Greece	108	4	4	89	12
Spain	2 744	205	18	1 619	902
France	8 525	1 075	1 306	3 415	2 729
Croatia	69	29	5	26	9
Italy	3 107	121	383	1 866	737
Cyprus	31	1	0	15	15
Latvia	54	3	0	45	6
Lithuania	49	0	1	43	5
Luxembourg	3	0	0	3	0
Hungary	374	26	69	192	87
Malta	0	0	0	0	0
Netherlands	4 088	212	526	2 339	1 011
Austria	401	88	68	197	48
Poland	1 578	6	145	1 118	309
Portugal	556	88	19	291	158
Romania	264	114	18	71	61
Slovenia	101	9	13	50	30
Slovakia	224	4	43	31	145
Finland	1 366	60	142	286	878
Sweden	770	83	86	245	356
United Kingdom	1 875	13	374	157	1 331
Norway	1 560	332	26	575	627
FYR of Macedonia	153	0	0	4	149
Serbia	11 182	0	1	98	11 082
Turkey	3 207	34	27	200	2 946

Figura 4: Tratamento de resíduos perigosos de 2010.

Fonte: EUROSTAT, 2014.

Machado *et al* (2011) conclui que grande parte da legislação tanto da Europa quanto dos Estados Unidos foi produzida nos últimos 30 anos, devido à crescente preocupação com a preservação do ambiente e da qualidade de vida. E essas práticas de gestão se diferem entre as nações desenvolvidas e em desenvolvimento, tanto para o uso residencial ou industrial.

### 2.3 A Tecnologia de Incineração no Brasil

A Norma que trata sobre a incineração de RSI é a NBR 11.175/1990, nela todo o lote de resíduos a ser incinerado deve ser analisado de forma expedita.

No Brasil, essa prática é aplicada a uma fração pequena do resíduo total tratado, sendo mais utilizada para o tratamento de resíduos perigosos de origem industriais e resíduos dos serviços de saúde que, não podem ser dispostos em aterros comuns, necessitando de tratamento especial. Essa atividade emite os gases óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), sendo este último apenas calculado para a incineração da parte do resíduo com origem fóssil, como plásticos (MCTI, 2013).

Para a Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos (ABETRE), a incineração é apresentada por um parque instalado reduzido, com poucas unidades que prestem serviços a terceiros e de pequeno porte, como será apresentado na Figura 5. Além de que, algumas unidades têm parte de sua capacidade dedicada aos complexos industriais onde estão instaladas, resultando em incineradores que não atendem a terceiros não estão inclusos no estudo (ABETRE, 2006).

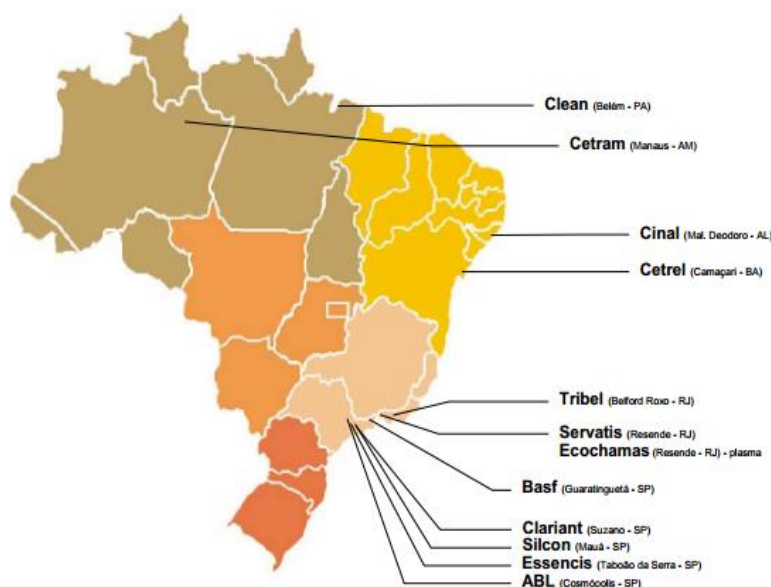


Figura 5: Incineradores de Resíduos Industriais.

Fonte: ABETRE, 2006.

No Estado de Minas Gerais, o principal destino dos resíduos perigosos e não perigosos foi à própria indústria, enquanto no Rio Grande do Sul e no Rio Grande do Norte, o principal destino foram os aterros próprios ou de terceiros. No Paraná, 60,61% dos resíduos também foram

destinados para a própria indústria. No Ceará, os resíduos não perigosos tiveram destinação externa à indústria. No Acre, 77% dos resíduos gerados receberam destinação externa, sendo 77,19% deste total foram consideradas outras formas de disposição (FEAM, 2013).

Associam-se essa pequena utilização devido aos altos custos de investimento e operação, e conseqüentemente as usinas apresentam dificuldades para os países em desenvolvimento, quando o capital e a mão-de-obra especializada são escassas (HAUSER, 2006). Desta forma, ainda são constantemente objetivo de estudo, devido às condições de processo, e a um número crescente de restrições legais (RIGATO, 2008).

Diante disso, Menezes *et al* (2000) ressaltam que em decorrência do uso indevido de equipamentos obsoletos ou a operação e manutenção inadequadas destes, a incineração no país é tratada com o conceito e imagem de poluidor, nocivo à saúde e prejudicial ao meio ambiente, conseqüentemente influenciando negativamente nas avaliações e tomadas de decisões que envolvem o tratamento e a disposição dos resíduos.

### **3.4 Os Gases oriundos do Processo de Incineração**

No Brasil instituiu-se a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), por meio da Lei nº 12.187/2009, que define o compromisso nacional voluntário de adoção de ações de mitigação com vistas a reduzir suas emissões de GEE, entre 36,1% e 38,9% em relação às emissões projetadas até 2020. Segundo o Decreto nº 7.390/2010, que regulamenta a PNMC, a projeção de emissões de GEE para 2020 foi estimada em 3,236 Gt CO<sub>2</sub>eq (BRASIL, 2009).

Nas plantas de incineração, além de rigorosos sistemas de tratamento/disposição de efluentes e resíduos, devem dispor de sistemas de monitoramento contínuo dos controles operacionais e das emissões atmosféricas geradas. Deve-se monitorar também, a qualidade das águas subterrâneas e superficiais, os efluentes líquidos gerados e descartados, o nível de ruído ambiental, a qualidade do ar, solo e, em situações



específicas, inclusive de alimentos produzidos na área de influência do empreendimento (FEAM, 2012).

Os incineradores de RSI, em geral empregam tecnologias de controle de poluição do ar, baseadas na melhor técnica disponível, visando atender as normas de emissão similares às de países desenvolvidos, e também o nível de emissão de dioxinas e furanos conforme dispõe a Resolução CONAMA 316/2002 (MMA, 2013).

Entretanto, as emissões gasosas oriundas de processo carregam quantidades de substâncias em altas concentrações, o que requer um tratamento tecnologicamente avançado para promover e neutralizar os poluentes gerados (CAIXETA, 2005).

É devido à presença de alguns elementos nos resíduos, que se pode formar ou volatilizar compostos, como óxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio, ácido clorídrico e cloretos metálicos que, se lançados diretamente para a atmosfera causam a poluição. E no caso de ocorrerem problemas operacionais, podem-se formar outros poluentes, como monóxido de carbono, fuligem e dioxinas (IPT/CEMPRE, 2000).

O Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação (MCTI) ressalta o aumento de 43,3% nas emissões totais de CH<sub>4</sub>, entre o ano de 1990 em relação a 2005, incluindo disposição de resíduos sólidos e tratamento de esgotos domésticos e de efluentes industriais (MCTI, 2010). Entretanto para os serviços de incineração, o cálculo dessas emissões foi considerado a partir do II Inventário os dados de incineradores que queimam resíduos sólidos urbanos, resíduos perigosos (incluindo os resíduos industriais e de serviços de saúde), resíduos de serviços de saúde e lodo de esgoto. A Figura 6 apresenta um resumo das estimativas das emissões de CO<sub>2</sub> relativas à incineração de resíduos no Brasil, e a Figura 7, é referente às emissões de N<sub>2</sub>O respectivamente (MCTI, 2013).

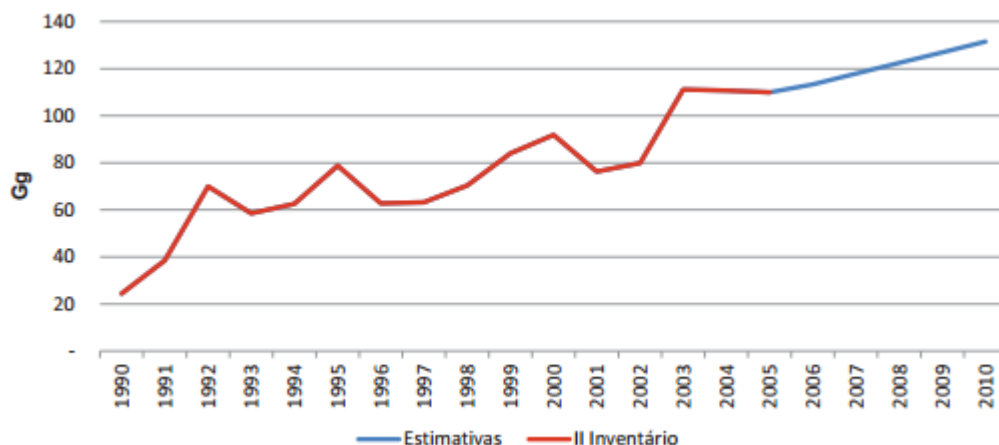


Figura 6: Incineração de Resíduos – Emissões de CO<sub>2</sub>.

Fonte: MCTI, 2013.

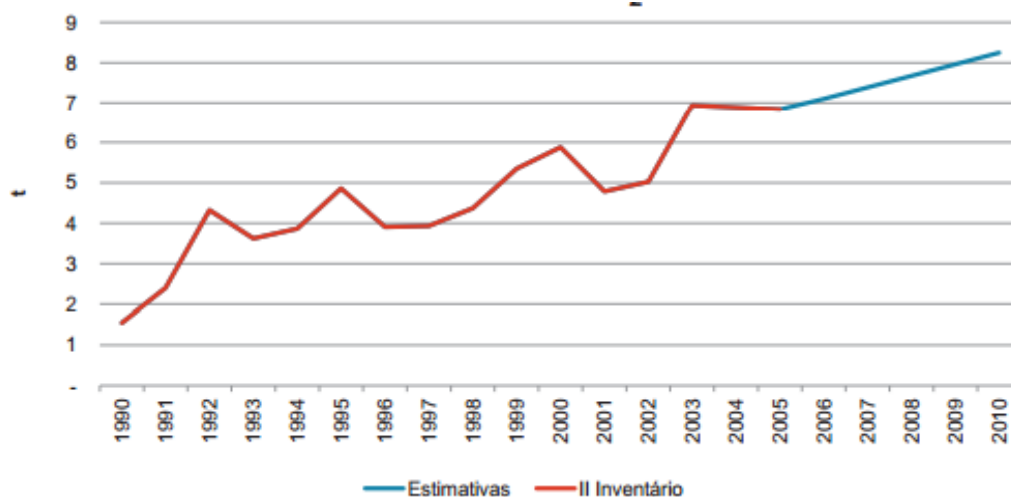


Figura 7: Incineração de Resíduos – Emissões de N<sub>2</sub>O.

Fonte: MCTI, 2013.

Em 2011, as emissões de GEE de tratamento de resíduos na UE-28 ascenderam a 134.511 mil toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. Mas foram observadas, reduções de emissões na incineração (- 34%), enquanto as emissões de outra disposição e/ou tratamento apresentou um aumento significativo. Entre os Estados-Membros, em 2011, as maiores contribuições para total de Emissões da UE-28 a partir de resíduos foram registradas na Itália (13%), Alemanha (11%), Espanha (10%) e na França (10%). A disposição em aterro foi o tipo de tratamento com a maior contribuição para emissões em todos os Estados-Membros. Em relação à

incineração altas emissões foram registradas na Bélgica (33%) e França (11%) (EUROSTAT, 2013).

### **3.5 Aproveitamento Energético a partir dos Resíduos Sólidos**

A utilização da incineração para a recuperação energética dos resíduos é uma tecnologia denominada Waste to Energy (WTE). Considerando os usos atuais, podemos melhorar ainda mais esta conceituação, afirmando que a incineração é considerada também como um processo de reciclagem energética, onde a energia contida nos resíduos, liberada na queima, é um bem que é reaproveitado para outros processos, ou seja, é reciclada (SANTOS, 2011).

A recuperação energética já é uma realidade comprovada em países desenvolvidos. Na Europa são mais de 450 usinas ativas processando 70 milhões de toneladas de resíduos com potencial de geração de 35 milhões MWh por ano. O Panorama Europeu, além de comprovar a viabilidade da tecnologia, mostra a sua complementariedade com o mercado de reciclagem (SANTOS *et al*, 2013).

Santos *et al* (2013) ainda ressaltam que o Brasil tem alto potencial de gerar energia a partir de resíduos. Se considerarmos os 90 milhões de pessoas que vivem em regiões metropolitanas gerando 1,2 kg de resíduo por dia, e que 45% do total gerado seria o potencial endereçado para o WtE, isso significa que 17,5 milhões de toneladas de resíduos por ano, e teriam o potencial de gerar 8,7 milhões de MWh, utilizando-se as tecnologias das usinas de recuperação energética. Já existem iniciativas avançadas próximas de se viabilizar, como é o caso dos municípios de Barueri e São Bernardo do Campo que já consideram em seus Planos municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS).

No país, o primeiro leilão internacional de créditos de carbono, realizado pela Bolsa Mercantil e de Futuros de São Paulo (BM&F) em setembro de 2007, comercializou certificados a € 16,20/tCO<sub>2</sub> com um banco holandês que, por não ter metas de redução estabelecidas, revenderá os certificados no mercado europeu. Assim, além da receita pela venda da eletricidade e dos benefícios ambientais e sociais, o

aproveitamento energético pode se apropriar das receitas dos créditos de carbono que gera. Ou dito de outra forma, créditos de carbono podem constituir um benefício adicional na equação da viabilidade econômico-financeira do aproveitamento energético de RSU (EPE/MME, 2008).

### **3.6 Oportunidade da Tecnologia da Incineração dentro do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL)**

Atualmente é possível obter subsídios financeiros para o desenvolvimento de projetos que utilizem essa tecnologia. Pois o tratamento térmico para geração de energia elétrica também contribui para a redução das emissões globais de gás carbônico (FEAM, 2010).

Visando essa possibilidade, é possível utilizar-se de um instrumento importante que é inserido no Protocolo de Kyoto, o MDL. Trata-se de um mecanismo de flexibilização que permite que países em desenvolvimento implementem e viabilizem o comércio de compra e venda das emissões de gases do efeito estufa (GEE) através dos chamados créditos de carbono. Como resultado, são obtidas as Reduções Certificadas de Emissão (RCE) que podem ser comercializadas no mercado de carbono gerando receita.

Para garantir que um projeto MDL reduza emissões de forma real e verificável, estas somente serão aceitas se forem adicionais ao que teria ocorrido na ausência do projeto (JUNIOR, 2007).

Em países em desenvolvimento como o Brasil, é possível implantar projetos em “energia verde”, e desta forma participar como vendedores de certificados de crédito de carbono no mercado internacional de MDL. Estes certificados comprovam que o projeto foi desenvolvido de maneira sustentável. Por convenção, uma tonelada de CO<sub>2</sub> corresponde a um crédito de carbono (ANEEL, 2008).

Conforme Junior (2007) projetos como este poderia buscar a validação do projeto e a obtenção de RCE, e estariam preenchendo os requisitos estabelecidos pelo Protocolo de Kyoto. O aproveitamento energético seria altamente interessante, pois além da receita advinda com a obtenção de RCE, poderia ser gerada uma receita adicional com a

negociação da energia gerada ou com o seu aproveitamento para uso interno.

Entre tais circunstâncias o MCTI (2013) apresenta o status do MDL no mundo. Até 31 de dezembro de 2013, 7.463 atividades de projeto encontravam-se registradas. O Brasil ocupava o 3º lugar em número de atividades de projeto, com 323 projetos registrados (4%), sendo que em primeiro lugar encontrava-se a China com 3.744 (50%) e, em segundo, a Índia com 1.484 projetos (20%).

Em termos de estimativa de reduções de emissões associadas aos projetos do MDL, até final de 2013 o Brasil ocupava a terceira posição, sendo responsável pela redução de 366 milhões tCO<sub>2</sub>eq, o que correspondia a 4,8% do total mundial, para o primeiro período de obtenção de créditos. A China ocupa o primeiro lugar com estimativa de redução em torno de 4,4 bilhões tCO<sub>2</sub>eq (57,7%), seguida pela Índia com aproximadamente 1 bilhão de tCO<sub>2</sub>eq (13,8%) de redução de emissões projetadas para o primeiro período de obtenção de créditos (MCTI, 2014).

Esse indicador mostra os escopos setoriais que mais atraíram o interesse dos participantes de projetos do MDL no país. A indústria de energia liderava com 191 projetos, seguida pelo tratamento e eliminação de resíduos (81), Agricultura (59), Indústria manufatureira (9), Indústria Química (6), Florestamento e Reflorestamento, Produção de Metal com 3 cada e Emissões Fugitivas com 1 projeto (MCTI, 2014).

Como exemplo prático envolvendo a tecnologia da incineração, mas não incluindo os RSI, há o projeto piloto da Usina Verde, localizada na Ilha do Fundão-RJ, esta em operação desde 2004 e vende créditos de carbono no mercado internacional. Construída pela iniciativa privada com parte da tecnologia desenvolvida pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, a usina obtém eletricidade a partir da incineração do lixo urbano. Além disso, utiliza como matéria-prima a biomassa em substituição aos combustíveis fósseis (ANEEL, 2008).

### **3.7 Aspectos Socioambientais no uso da Incineração**

Apesar das vantagens de redução do volume dos resíduos, com seu método eficaz no sentido de aplicar-se a qualquer tipo de resíduo infectante, e em determinados resíduos químicos, como também na redução do volume, de peso, além da possibilidade da geração de energia, e a possibilidade de obtenção de créditos de carbono, algumas desvantagens importantes são apontadas por Henriques (2004), como a possibilidade de acúmulo de metais tóxicos nas cinzas e de emissão de dioxinas e furanos nos gases de combustão.

Depois da Segunda Guerra, o consumo da sociedade Europeia e Norte Americana se transformou rapidamente, multiplicando a geração de resíduos e a forma da sociedade se organizar. Como consequência, a maior parte dos países industrializados ampliou o número de usinas incineradoras, em detrimento de outras propostas de gestão dos resíduos. Porém a partir dos anos 60 a sociedade organizada passa a ter voz crítica e surgiram às primeiras manifestações contra as usinas de incineração, baseadas em estudos que comprovam que as dioxinas e furanos apresentam graves riscos à saúde humana. Mesmo com a pressão de setores da sociedade, a tecnologia avançou, passando a utilizar filtros captadores de efluentes antes da liberação dos mesmos na atmosfera e hoje apresentando novas tecnologias de queima, tal como o arco de plasma (MNCR, 2012).

As pesquisas sobre contaminação ambiental e exposição humana a poluentes lançados por incineradores são ainda limitadas e têm se centrado nas dioxinas e metais pesados. Pesquisas demonstram que tanto os incineradores antigos quanto os modernos, podem contribuir para a contaminação do solo e vegetação local por esses poluentes. Como exemplo de vários países europeus, onde o leite proveniente da vizinhança de incineradores contém níveis elevados de dioxinas, em alguns casos acima dos limites legais (GREENPEACE, 2002).

O Movimento Nacional de Catadores de Materiais Recicláveis (MNCR) ressalta que a solução apresentada como alternativa para a

gestão do resíduo, já é praticada nos países desenvolvidos há anos. Na Europa, a maioria dos países praticam em níveis diferentes essa forma de eliminação de resíduo, sendo que a França destaca-se por conter um grande parque de incineradores. Mas a solução industrial de queima do resíduo, para além das aparências de boa gestão e de modernidade industrial, esconde uma série de paradoxos e de controvérsias que hoje são cada vez mais presentes na Europa, mas ainda pouco debatidas no Brasil (MNCR, 2012).

### **3. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados obtidos através da pesquisa bibliográfica alertam para o problema envolto ao tratamento e destinação final dada aos resíduos industriais. Referente ao tratamento, a incineração vem crescendo ano após ano, mas não é a destinação mais utilizada para os resíduos industriais no país.

Observa-se a necessidade de se adaptar e ampliar a base de dados nacional sobre a incineração, visando uma estimativa mais precisa, menos onerosa e mais eficiente que permita ter informações concretas para a escolha das tecnologias mais adequadas para os resíduos industriais, e com isso, minimizar as emissões de GEE.

A incineração no Brasil enfrenta dificuldades básicas para sua efetiva utilização, pois há barreiras políticas, tecnológicas e de acesso à informações confiáveis entorno da mesma, o que limita sua difusão. Em relação ao aspecto econômico, exige um alto investimento na sua implantação. Ao aspecto ambiental é ressaltado em função das emissões geradas no processo, e conseqüentemente aos danos decorrentes do processo que podem vir a ocorrer, e acaba por gerar uma imagem negativa para o procedimento. A questão social e cultural também gera um grande empecilho, sendo um dos principais fatores para que a tecnologia não se desenvolva, desde a comunidade em geral, até entidades públicas e privadas, que questionam a viabilidade do método utilizado.

Com o estudo bibliográfico foi possível apresentar a situação dos resíduos industriais juntamente com a tecnologia de incineração, de alguns países desenvolvidos e em desenvolvimento. Desta forma, considera-se que existe

necessidade de estudos e pesquisa aplicada, pois somente a legislação, não é o suficiente para a ampla e expansiva utilização, por isso há necessidade de integração entre as políticas para maior acessibilidade entre as partes interessadas, facilitando a tomada de decisão quanto ao seu uso e popularização.

#### 4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAS, José Eduardo. **A problemática econômica e geográfica em que se inserem a gestão dos resíduos sólidos domiciliares e os modernos métodos para sua incineração**. 198 p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008. 198 p.

ABETRE. Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos. **Perfil do Setor de Tratamento de Resíduos e Serviços Ambientais**. Disponível em: <<http://www.abetre.org.br/biblioteca/publicacoes/publicacoes-abetre/ABETRE%20%20Perfil%20do%20Setor%20de%20Trat.%20de%20Residuos%20e%20Servicos%20Ambientais%202006.pdf>> Acesso em: 19 de Agosto de 2014.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 11175: Incineração de resíduos sólidos perigosos - Padrões de desempenho**. Rio de Janeiro, 1990.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10.004: Classificação dos resíduos sólidos**. Rio de Janeiro, 2004.

ABRELPE (2007). Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - 2007**. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2007.pdf>> Acesso em: 25 de Outubro de 2014.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, 2012. 116 p.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica no Brasil**. Brasília, 2008. 236 p.

BRASIL, 2009. **Política Nacional sobre Mudança do Clima** (Lei nº 12.817/2009) Brasília.

CAIXETA. Dalma Maria. **Geração de Energia Elétrica a partir da Incineração de Lixo Urbano: O caso de Campo Grande/MS**. 86 f. Monografia de Especialização (Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília. Brasília, 2005.



CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 316**: Estabelece procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos. Brasília, 2002.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 313**: Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Brasília, 2002.

Directiva 2000/76/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de Dezembro de 2000, relativa a Incineração de Resíduos.

EPE/MME. Empresa de Pesquisa Energética/Ministério de Minas e Energia. Nota Técnica Den 06/08. **Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos de Campo Grande, MS** (Empresa de Pesquisa Energética). Rio de Janeiro, 2008. 77 p.

EUROSTAT (2013). European Commission. **Energy, Transport and Environment Indicators**. Disponível em: <[http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY\\_OFFPUB/KS-DK-13-001/EN/KS-DK-13-001-EN.PDF](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-DK-13-001/EN/KS-DK-13-001-EN.PDF)> Acesso em: 27 de Outubro de 2014.

EUROSTAT (2014). European Commission. **Waste Statistics** Disponível em: <[http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Waste\\_statistics#Further\\_Eurostat\\_information](http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Waste_statistics#Further_Eurostat_information)> Acesso em: 20 de Outubro de 2014.

FADE/UFPE. Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal De Pernambuco. **Análise das diversas tecnologias de tratamento e disposição final de se resíduos sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão**. Pernambuco, 2013. 186 p.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Estudo do estado da arte e análise de viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de uma usina de tratamento térmico de resíduos sólidos urbanos com geração de energia elétrica no Estado de Minas Gerais** (Engebio Engenharia S/S Ltda). Belo Horizonte, 2º Edição. 2010. 294 p.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: Guia de orientações para governos municipais de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2012. 163 p.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Inventário de Resíduos Sólidos Industriais – Ano Base 2012**. Belo Horizonte, 2013. 60 p.

GREENPEACE (2002). **INCINERAÇÃO E SAÚDE HUMANA: Estudo do Conhecimento Sobre os Impactos da Incineração na Saúde Humana** Disponível em: <[http://www.greenpeace.org.br/toxicos/pdf/sumario\\_exec\\_health.pdf](http://www.greenpeace.org.br/toxicos/pdf/sumario_exec_health.pdf)> Acesso em: 02 de Outubro de 2014.

HAUSER, Philipp Daniel. **Criação de valor e desenvolvimento sustentável: uma avaliação da incineração de resíduos sólidos municipais em projetos enquadráveis no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo do Protocolo de Quioto**. Dissertação (Mestrado em Ciência). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006.

HENRIQUES, Rachel Martins. **Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Abordagem Tecnológica**. 204 p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Planejamento Energético) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Industriais**. Brasília, 2012. 74 p.

IPT/CEMPRE. Instituto de Pesquisas Tecnológicas/ Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado. 2ª Edição**. São Paulo. 2000.

JUNIOR. José Maria de Mesquita. **Mecanismo de Desenvolvimento Limpo aplicado a Resíduos Sólidos (IBAM)**. Rio de Janeiro. 2007. 40 p.

MACHADO, H. H. S.; SGORLON, J. G.; ALTOÉ, S. P. S.; MENEGUETTI, K. S.; OLIVEIRA, J. C. D.; MARTINS, C. H.; NETO G. A.; TAVARES, C. R. G (2011). **A gestão dos resíduos sólidos industriais aplicada em países desenvolvidos e em desenvolvimento**. Disponível em: <<http://helomachado.jusbrasil.com.br/artigos/118054928/a-gestao-dos-residuos-solidos-industriais-aplicada-em-paises-desenvolvidos-e-em-desenvolvimento>> Acesso em: 25 de Outubro de 2014.

MNCR. Movimento Nacional de Catadores de Materiais Recicláveis. **Diga não à Incineração de Lixo!**. 32 p. Maio, 2012.

MCTI. Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação. Segundo Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. **Emissões de Gases de Efeito Estufa no tratamento e Disposição de Resíduos**. Brasil, 2010. 100 p.

MCTI. Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação. **Estimativas Anuais de Emissões de Gases do Efeito Estufa no Brasil**. Brasília, 2013. 81 p.

MCTI. Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação. **Status dos projetos no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) no Brasil e no Mundo: 1º Período de compromisso do Protocolo de Quioto (2008-2012)**. Brasília, 2014. 13 p.

MENEZES, Ricardo A. Amaral. GERLACH, José Luiz. MENEZES, Marco Antônio. **Estágio atual da incineração no Brasil**. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/textos/Estado%20Atual%20da%20Incineracao%20no%20Brasil.htm>> Acesso em: 18 de Agosto de 2014.

Ministry of the Environment (2012). **Solid Waste Management and Recycling Technology of Japan: Toward a Sustainable Society Toward a Sustainable Society**. Disponível em: < <http://www.env.go.jp/en/recycle/smcs/attach/swmrt.pdf>> Acesso em: 31 de Agosto de 2014.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Inventário Nacional de Fontes e Estimativa de Emissões de Dioxinas e Furanos: Brasil POPs: Plano Nacional de Implementação Convenção de Estocolmo**. Brasília, 2013. 188 p.

PNRS. **POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS. Lei nº 12.305**: Dispõe sobre princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos. Brasília, 2010.

RIBEIRO. Sergio Guerreiro. **Geração de energia elétrica com resíduos sólidos urbanos - usinas "Waste-to-energy" (WTE)**. 17 p. 2010.

RIGATO. Paulo Constante. **Estudo da composição da alimentação de um incinerador rotativo de resíduos visando aumento da capacidade operacional**. 63 p. Dissertação (Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia. São Caetano do Sul, 2008.

SANTOS, Guilherme Garcia. **Análise e perspectivas de alternativas de destinação dos resíduos sólidos urbanos: o caso da incineração e da disposição em aterros**. 208 p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2011.

SANTOS, Yuri. OLIVEIRA, Sergio. CORREA, Ricardo (2013). **Waste to Energy: Uma alternativa viável para o Brasil?** Disponível em: <<http://www.promoninteligens.com.br/wp-content/uploads/2014/03/Waste-to-energy-PT.pdf>> Acesso em: 28 de outubro de 2014.

SIRKIS, Alfredo. **Alemanha: o fim dos aterros sanitários**. Disponível em: <<http://congressoemfoco.uol.com.br/opiniao/colunistas/alemanha-o-fim-dos-aterros-sanitarios/>> Acesso em: 24 de agosto de 2014.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico do Manejo dos Resíduos Sólidos Urbanos – 2012**. Brasília, 2014.