

III-085 – CRITÉRIOS PARA LOCALIZAÇÃO DE UM INCINERADOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COM BASE EM ANÁLISE MULTICRITÉRIO PARTICIPATIVA

Camille Ferreira Mannarino⁽¹⁾

Pesquisadora em Saúde Pública - ENSP/Fiocruz, DSc. em Saúde Pública e Meio Ambiente - ENSP/Fiocruz. ME em Engenharia Ambiental – PEAMB/UERJ.

Thamires Sandonato de Oliveira⁽²⁾

Engenheira Cartógrafa pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Mestranda em Engenharia Ambiental na Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ).

Renata de Saldanha da Gama Gracie Carrijo⁽³⁾

Tecnologista em Saúde Pública – ICICT/Fiocruz, ME em Saúde Pública – ENSP/Fiocruz. Geógrafa pela Universidade Federal Fluminense.

Endereço⁽¹⁾: Rua Leopoldo Bulhões, 1480, Pavilhão Ernani Braga, sala 510, Manguinhos, Rio de Janeiro, RJ, CEP: 21041-210. e-mail: camille.mannarino@ensp.fiocruz.br

RESUMO

A gestão dos resíduos sólidos urbanos (RSU) tornou-se mais complexa com o rápido desenvolvimento socioeconômico e o aumento da quantidade de resíduos produzida. Entre as opções existentes para tratamento dos resíduos sólidos coletados, a incineração apresenta elevados percentuais de redução de volume e massa dos resíduos a serem encaminhados para disposição final. Adicionalmente, a incineração de resíduos sólidos urbanos permite a recuperação de parte da energia acumulada nos materiais, na forma de vapor e eletricidade. Diante desse cenário, o presente trabalho buscou avaliar critérios relevantes para a localização de uma planta de Incineração fictícia, no município do Rio de Janeiro. Selecionar um local adequado para uma planta de incineração de resíduos sólidos é um passo crucial devido às suas implicações econômicas e ambientais. No presente trabalho, foi utilizada uma metodologia de análise multicritério, a ser associada à análise espacial, visando integrar dados de forma a contemplar e valorar requisitos econômicos e ambientais para localização de um Incinerador. A análise multicritério foi realizada por meio do processo de análise hierárquica (AHP) participativa, onde foram atribuídos pesos a critérios de avaliação previamente selecionados. O AHP foi desenvolvido com o uso de formulários de comparação par a par respondidos por especialistas na área de gestão de resíduos sólidos. A análise final se dará por meio de álgebra de mapas, em um Sistema de Informação Geográfica. Assim, se obterá uma classificação de áreas, consideradas favoráveis ou não para receber uma planta de incineração de resíduos sólidos urbanos.

PALAVRAS-CHAVE: Incineração, Resíduos Sólidos Urbanos, Análise Multicritério, Análise Espacial, SIG.

INTRODUÇÃO

O crescimento populacional associado ao aumento do consumo não sustentável tem ocasionando um aumento da quantidade dos resíduos sólidos urbanos (RSU) no Brasil nas últimas décadas. O gerenciamento inadequado desses resíduos implica em problemas ambientais e de saúde pública. O Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil feito pela ABRELPE indica que foram coletadas, no ano de 2017, 196.050 toneladas/dia de resíduos sólidos urbanos no país (ABRELPE, 2017).

Os resíduos sólidos urbanos são considerados um dos principais problemas que ameaçam a qualidade ambiental em áreas urbanas em países em desenvolvimento. De acordo com o Panorama, do total coletado, apenas 59,1% dos resíduos sólidos tiveram a destinação final adequada (ABRELPE, 2017). Logo, 40,9% dos resíduos sólidos foram para locais inapropriados, podendo ser lixões ou aterros controlados.

O aumento na geração de resíduos implica em necessidade de áreas maiores para a instalação de aterros sanitários. Encontrar grandes áreas disponíveis para a construção de novos aterros sanitários, próximas dos núcleos geradores de resíduos, vem se tornando cada vez mais difícil em grandes centros urbanos. A utilização

de aterros sanitários para destinação final de toda a quantidade de resíduos gerados, sem que estes passem por um tratamento prévio, buscando a diminuição do seu peso e volume, tem se tornado insustentável.

Uma opção para redução do peso e volume de resíduos sólidos urbanos a ser enviado para um aterro é o seu tratamento por meio da Incineração, onde os resíduos são submetidos a um tratamento térmico, em condições controladas. As tecnologias de Incineração mais recentes permitem, além da redução de peso dos resíduos em torno de 70 a 80%, a recuperação de energia térmica e elétrica por meio do uso dos gases em alta temperatura gerados no processo de queima (HARRISON & HESTER, 1994; CHIRICO, 1996).

Essa é uma tecnologia nova para o Brasil, mas já muito utilizada na Europa. Cerca de 28% dos resíduos sólidos gerados nesse continente, em 2016, tiveram como tratamento a Incineração (CEWEP, 2019). No período de 2001 a 2016, houve um aumento de 11% da quantidade de Resíduos Sólidos Urbanos direcionados para a Incineração na Europa (CEWEP, 2019). De acordo com a CEWEP - *Confederation of European Waste-to-Energy Plants*, em 2016, havia 522 plantas (incineradores) distribuídas por 22 países europeus (2019).

Devido ao fato de a Incineração ser uma tecnologia ainda não utilizada no Brasil, sua viabilidade vem sendo estudada, por empresas privadas, entidades públicas e pesquisadores, no sentido de se avaliar os requisitos básicos – técnicos, ambientais, legais, econômicos – para sua implementação e operação.

Determinar possíveis áreas para localizar uma unidade de tratamento de resíduos sólidos urbanos é uma tarefa complexa e demanda uma análise extensiva de diversos fatores. A análise multicritério é um método que pode auxiliar nesse tipo de projeto pois permite integrar dados de acordo com os objetivos a serem analisados, segundo múltiplos critérios (MOURA; JANKOWSKI, 2016). A análise multicritério pode ser usada com um modelo de análise espacial, quando se pretende construir diagnósticos e prognósticos do território para diversos objetivos (MOURA; JANKOWSKI, 2016).

Um dos métodos de multicritérios amplamente utilizados para a tomada de decisão é o AHP – *Analytic Hierarchy Process*, desenvolvido na década de 1970 (MARINS et al., 2009; LIMA, 2012). O AHP é uma técnica estruturada para organização e análise de tomada de decisão complexa, baseada na divisão do problema em fatores e em níveis hierárquicos, onde são atribuídos pesos a variáveis (SAMIZAVA et al., 2008; MARINS et al., 2009). A definição dos pesos é feita por meio de comparações par a par dos fatores que serão utilizados no processo de decisão (SAMIZAVA et al., 2008; MARINS et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2012).

O método AHP não é um modelo de observação da realidade. É um modelo que converte as preferências, ou julgamentos humanos, em valores numéricos para construir um modelo de tomada de decisão (SAMIZAVA et al., 2008).

Há muitos fatores a serem levados em consideração no processo de identificação de áreas para Incineradores de RSU, que precisam ser combinados entre si. Esses fatores incluem considerações ambientais, técnicas e econômicas.

Um importante critério econômico a ser considerado é a localização do núcleo produtor dos resíduos. É importante que a planta de incineração esteja próxima ao núcleo populacional, de forma a reduzir distâncias de transporte de resíduos, com consequente redução desses custos, que são relevantes em um sistema de gestão de resíduos. A redução nas distâncias de transporte implica em redução na frota de veículos, bem como do número de funcionários, além da diminuição na emissão de gases decorrentes da queima de combustível fóssil.

Nas plantas modernas de incineração, é importante considerar possíveis fontes de receitas, ligadas à recuperação energética dos resíduos, que pode ocorrer nas formas de energia térmica e energia elétrica.

Na Europa, a venda da energia térmica para calefação ou indústrias é a principal fontes de receita de unidades de incineração, além da tarifa cobrada para recebimento dos resíduos. Nas condições brasileiras, a venda da energia térmica para a calefação, dado que o clima do país não requer este tipo de sistema, perde importância frente à venda de vapor para unidades industriais. Assim, um importante critério para localização de um Incinerador é a proximidade a indústrias possíveis consumidoras da energia térmica.

A venda de energia na forma de eletricidade também é uma importante fonte de receitas para uma unidade de incineração. A energia gerada próxima de centros consumidores reduz possíveis perdas na rede de distribuição.

A distância entre a planta de incineração e o destino final para a escória, gerada como subproduto da queima dos RSU, implica também em custos de transporte. O custo com veículos assim como sua manutenção e seu consumo de combustível são diretamente relacionados a distância que deverá ser percorrida para a disposição final da escória gerada no incinerador.

Além de critérios econômicos, a localização de um Incinerador precisa levar em consideração critérios ambientais. Um dos principais subprodutos da operação de um incinerador é o gás gerado no processo de queima dos resíduos. Esse gás pode conter compostos nocivos ao ambiente e à saúde da população, tais como monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO_x), dióxido de enxofre (SO₂), dioxinas e furanos, além de material particulado.

As unidades de incineração modernas são capazes de tratar o gás gerado, de forma a resultar em emissões muito reduzidas de poluentes (CARDOZO, 2019; NEUBACHER et al., 2013). Entretanto, de forma a garantir a segurança da população em caso de eventuais falhas no processo, é importante se prever condições favoráveis para a dispersão desse gás. Um exemplo de condição locacional que implica na dispersão dos gases é a distância da planta a elevações no relevo local, que funcionariam como possíveis limitadores à dispersão de poluentes.

Outro aspecto que tem forte influência na dispersão dos gases é a direção e o sentido dos ventos. É importante que os ventos predominantes na área que receberá um Incinerador não tenham a sua direção e sentido tais que transportem eventuais poluentes em direção a núcleos populacionais próximos. Da mesma forma, a intensidade de chuvas também deve ser considerada, uma vez que ela pode carrear eventuais poluentes para o solo, evitando sua dispersão. Além disso, não é recomendável que um Incinerador se localize em áreas alagáveis.

Além de subprodutos sólidos (escória) e gasosos, em um processo de incineração, são gerados efluentes líquidos, sobretudo na etapa de tratamento de gases (TCHOBANOGLIOUS; KREITH, 2002; CHIRICO, 1996). Esses efluentes líquidos precisam ser tratados na própria planta, antes de serem descartados em algum corpo hídrico. Caso não exista local próximo para a dispersão do efluente será necessário a utilização de caminhões para transportá-lo até local apropriado para descarte. A presença de local para descarte de efluente tratado também se faz importante.

Considerando critérios locacionais que implicam em boas condições de operação de uma planta de incineração, sob aspectos ambientais e econômicos, o estudo pretende gerar mapas de favorabilidade para instalação de um Incinerador fictício, no município do Rio de Janeiro, com base em análise multicritério participativa. Neste trabalho, será abordada a etapa referente à análise AHP.

OBJETIVO

Este trabalho busca hierarquizar critérios ambientais e econômicos relevantes para a localização de um Incinerador de resíduos sólidos urbanos por meio de análise multicritério participativa.

MATERIAIS E MÉTODOS

O levantamento inicial de critérios relevantes para a localização de um Incinerador de RSU foi realizado com base em literatura e consulta a especialistas. Como ponto de partida do estudo, foram definidos oito critérios, sendo quatro de dimensão ambiental e quatro de dimensão econômica.

Para a dimensão ambiental foram considerados: (1) distância de elevações no relevo, (2) direção dos ventos (com sua direção e velocidade), (3) intensidade das chuvas e (4) disponibilidade de local para descarte de efluente líquido tratado (corpos hídricos).

Para a dimensão econômica, como geradores de receita, foram considerados (1) distância de potenciais consumidores de Energia Térmica (indústrias) e (2) distância de potenciais consumidores de Energia Elétrica

(subestações). Como fontes de despesas, (3) distância de transporte de escória para disposição final e (4) distância do centro de massa de geração de resíduos.

Vale ressaltar que o estudo partiu do pressuposto que a área onde estará localizada o Incinerador possui fornecimento de alguns serviços externos essenciais ao seu funcionamento, tais como: fornecimento de energia elétrica para operação da planta, abastecimento de água e consumíveis operacionais (NEUBACHER et al., 2013).

Estabelecidos os critérios, elaborou-se um formulário de comparação par-a-par, que foi submetido a um grupo de 21 especialistas na área gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil. O formulário foi elaborado com o intuito de atribuir valores a cada critério considerado na determinação áreas favoráveis à implantação de um incinerador de resíduos sólidos urbanos.

Nessa etapa, não foi informada aos especialistas consultados a área geográfica do estudo, de forma que a valoração dos critérios pudesse ser feita com base apenas na avaliação da relevância destes, permitindo a sua generalização para outras áreas.

No formulário, cada especialista deveria informar, em comparações par-a-par, um valor referente à importância de um critério em relação ao outro, seguindo uma escala numérica de 1 a 9 (1, 3, 5, 7 ou 9), conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Graus de importância.

1	Ambos são de igual importância
3	Moderada importância de um elemento sobre o outro
5	Forte importância de um elemento sobre o outro
7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro
9	Extrema importância de um elemento sobre o outro

As respostas do formulário par-a-par foram submetidas ao Processo de Análise Hierárquica, executado com o uso da planilha elaborada por Goepel (2013). A planilha permite que seja inserido o número de participantes (N) da pesquisa e o número de critérios (n) que serão avaliados, e também quais os nomes dos critérios pertinentes àquela análise. Nas abas seguintes, são inseridos as respostas obtidas por cada especialista de forma individual e anônima.

O cálculo do peso de cada critérios é realizado com a inserção dos valores atribuídos por cada especialista na planilha, que fornece ainda o índice de consistência das respostas dos especialistas.

A análise multicritério participativa servirá como ferramenta para, em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica – SIG, a construção de mapas de favorabilidade para a identificação de áreas potenciais para localização de uma planta de incineração fictícia em uma área de planejamento da cidade do Rio de Janeiro.

RESULTADOS OBTIDOS

Foram obtidas 11 respostas do formulário par-a-par. Para os critérios ambientais, por meio do processamento do AHP, identificou-se que o critério “direção dos ventos” foi considerado pelos especialistas consultados como sendo o de maior importância, com 50,6% do peso total. A “distância de elevações no relevo” foi o segundo critério considerado mais importante, com 20,3% do total. “Disponibilidade de local para descarte de efluentes líquidos tratados” teve 18,2% do peso total e “intensidade das chuvas”, 10,9%.

É possível perceber a importância expressiva, atribuída pelos especialistas, aos critérios relacionados com a dispersão dos gases. Os pesos atribuídos aos critérios “direção dos ventos” e “distância de elevações no relevo” podem ser considerados diretamente associados à preocupação quanto à dispersão de poluentes. Mesmo havendo muitos trabalhos que mostram que as plantas modernas de incineração possuem sistemas eficientes de tratamento de gases, com emissões de poluentes muito inferiores aos padrões legais exigidos, a preocupação com a eventual possibilidade de danos, causados por esses gases, à saúde pública e ao ambiente se mantém

(VEHLOW & DALANGER, 2011; NZIHOU *et al.*, 2012; NIXON *et al.*, 2013; FONT *et al.*, 2015; VAN DIJK *et al.*, 2015).

Ao critério “intensidade das chuvas” foi atribuído o menor peso por parte dos especialistas consultados. Uma possibilidade para isso ter ocorrido é o não fornecimento de informações quanto a área de estudo, não sendo de conhecimento dos especialistas se a região possui característica predominantemente chuvosa ou seca. É recomendado se avaliar a reestruturação da forma de abordagem acerca das chuvas em futuras análises de critérios.

Uma imagem dos resultados da planilha de processamento da análise AHP para os critérios ambientais pode ser vista na Figura 1.

AHP Analytic Hierarchy Process (EVM multiple inputs)
 K. D. Goepel Version 04.05.2016 Free web based AHP software on: <http://bpmsq.com>
Only input data in the light green fields and worksheets!

n= 4 Number of criteria (2 to 10) Scale: 1 AHP 1-9
 N= 11 Number of Participants (1 to 20) α : 0,1 Consensus: 60,7%
 p= 0 selected Participant (0=consol.) 2 7 Consolidated

Objective: Critérios Ambientais

Author: Thamires

Date: 22-Nov-16 Thresh: 1E-07 Iterations: 6 EVM check: 2,0E-08

Table	Criterion	Comment	Weights	Rk
1	Criterion 1	Distância de elevações no relevo	20,3%	2
2	Criterion 2	Direção dos ventos	50,6%	1
3	Criterion 3	Intensidade das chuvas	10,9%	4
4	Criterion 4	Disponibilidade de local para descarte de efluentes	18,2%	3
5	Criterion 5		0,0%	
6	Criterion 6		0,0%	
7	Criterion 7		0,0%	
8	Criterion 8		0,0%	
9		for 98:10 unprotect the input sheets and expand the	0,0%	
#		question section ("+" in row 66)	0,0%	

Result

Eigenvalue lambda: 4,025

Consistency Ratio 0,37 GCI: 0,03 CR: 0,3%

Figura 1: Resultado da AHP para os critérios ambientais.

O consenso é um campo de resultados que caracteriza a uniformidade quanto a estimativa do grau de importância obtidos pelos critérios, no caso da existência mais de um avaliador. O indicador de consenso varia de 0% (sem consenso entre decisores) a 100% (pleno consenso entre os tomadores de decisão). O consenso entre as respostas dos 11 especialistas foi de 60,7%, o que mostra o quanto os critérios ambientais são de difícil determinação. A incineração é uma tecnologia ainda em estudo no Brasil, o que gera dúvidas e incertezas nos especialistas consultados e pode justificar o consenso relativamente baixo entre as respostas obtidas.

A análise de consistência das respostas individuais, permitiu identificar que apenas dois, entre os 11 especialistas, não tiveram inconsistências em seu conjunto de respostas, considerando o valor de α pré-definido como 0,1 (10% de significância). Essas inconsistências referem-se à existência de contradições nas respostas individuais, quando avaliados os pesos informados nas diferentes comparações par a par.

O processamento da AHP na análise dos critérios econômicos, mostrou que “distância do centro de massa de geração de resíduos” obteve peso de 41,1%, enquanto “distância de potenciais consumidores de energia térmica” obteve 39%, “distância de transporte de escória para disposição final”, 10,3% e “distância de

potenciais consumidores de energia elétrica”, 9,6%. Os resultados da planilha de processamento da análise AHP para os critérios econômicos é apresentado na Figura 2.

AHP Analytic Hierarchy Process (EVM multiple inputs)
K. D. Goepel Version 04.05.2016 | Free web based AHP software on: <http://bpmsg.com>
Only input data in the light green fields and worksheets!

n= 4 Number of criteria (2 to 10) Scale: 1 AHP 1-9
N= 11 Number of Participants (1 to 20) α : 0,1 Consensus: 74,6%
p= 0 selected Participant (0=consol.) 2 7 Consolidated

Objective: Critérios Econômicos

Author: Thamires
Date: 22-Nov-16 Thresh: 1E-07 Iterations: 6 EVM check: 1,5E-08

Table	Criterion	Comment	Weights	Rk
1	Criterion 1	Distância de potenciais consumidores de E. Térmica	39,0%	2
2	Criterion 2	Distância de potenciais consumidores de E. Elétrica	9,6%	4
3	Criterion 3	Distância de transporte de escória para disposição	10,3%	3
4	Criterion 4	Distância do centro de massa de geração de resíduos	41,1%	1
5	Criterion 5		0,0%	
6	Criterion 6		0,0%	
7	Criterion 7		0,0%	
8	Criterion 8		0,0%	
9		for 98:10 unprotect the input sheets and expand the question section ("+" in row 66)	0,0%	
#			0,0%	

Result
Eigenvalue lambda: 4,020
Consistency Ratio 0,37 GCI: 0,03 CR: 0,7%

Figura 2: Resultado da AHP para os critérios econômicos.

Os critérios econômicos apresentaram um consenso de 74,6%, maior que o consenso dos critérios ambientais. Esse resultado pode ser atrelado ao fato de os critérios econômicos serem de mais imediata compreensão, podendo se identificar claramente quais critérios geram receitas e quais acarretam em despesas. Além disso, os critérios econômicos considerados podem ser associados a critérios já considerados pelos especialistas para outros tipos de tratamentos e destinação final de resíduos já em operação no país.

É possível identificar que a maior parte dos especialistas considerou importante a geração de despesa associada ao critério “distância do centro de massa de geração de resíduos”. O transporte é sabidamente uma etapa do gerenciamento de resíduos com elevados custos operacionais, sobretudo em municípios de grande porte, onde longas distâncias são percorridas para coleta e destinação final.

A possibilidade de obtenção de receitas com o tratamento de resíduos pela tecnologia de Incineração também obteve peso elevado por parte dos especialistas, refletida no peso atribuído ao critério “distância de potenciais consumidores de energia térmica”. A geração de receitas próprias em uma unidade de tratamento de resíduos se faz importante, sobretudo em cenários de incerteza de recebimento das tarifas devidas ao recebimento de resíduos, vivido por muitos operadores de plantas de tratamento e destinação final.

Entre os 11 especialistas consultados, quatro não apresentaram inconsistências no conjunto das suas respostas. Sete especialistas com inconsistências internas em suas respostas ainda é um número considerado elevado, embora mais satisfatório do que o obtido nas respostas aos critérios ambientais.

O consenso entre os especialistas, para os critérios econômicos, foi de 74,6%. O dissenso ainda elevado pode ser atribuído ao fato de não existirem normas brasileiras que regulamentem projetos de incineradores de

resíduos sólidos urbanos e as diferentes percepções sobre os condicionantes ambientais e econômicos para a instalação e operação de uma unidade desse tipo.

O método de análise AHP permite a realização de novas rodadas de avaliação, em que os especialistas são informados sobre as inconsistências calculadas e podem fazer alterações em suas respostas, caso julguem pertinentes. A realização de novas rodadas de avaliação é importante para garantir maior consistência e uniformidade nos resultados.

CONCLUSÕES

É possível perceber que o Brasil está começando um processo de mudança na gestão dos seus resíduos sólidos urbanos nos últimos anos. O encerramento gradual das áreas de disposição inadequada de resíduos e a busca por novas soluções para otimizar e tornar mais sustentável a sua gestão começam a ser percebidos em algumas cidades do país.

A incineração, como tratamento de resíduos sólidos, pode vir a fazer parte da gestão de resíduos no Brasil em um futuro breve. Para que atuem de forma verdadeiramente integrada à gestão de resíduos e à estrutura municipal/regional onde elas estão inseridas, é importante que as unidades de incineração sejam projetadas de acordo com o planejamento urbano. Determinar o local para uma planta de incineração de resíduos sólidos municipais é uma das etapas essenciais para garantir seu planejamento e implementação adequados.

O presente trabalho não se propôs a esgotar todos os critérios a serem avaliados na escolha de área para uma unidade de incineração de resíduos. Pretendeu-se começar a discutir e valorar critérios a serem considerados, de forma a contribuir para que essa tecnologia seja adequadamente inserida da realidade brasileira. É importante ressaltar que qualquer unidade de tratamento de resíduos deve estar integrada ao planejamento urbano municipal, levando-se em consideração aspectos que permitam minimizar impactos ambientais e à saúde pública, bem como aqueles que permitam a sustentabilidade econômica/financeira da atividade.

A conjugação de uma metodologia de análise multicritério a ferramentas de Sistema de Informação Geográfica permitirá agregar a participação de especialistas e atribuir valores a critérios ambientais e econômicos, mostrando a importância da interatividade entre diferentes áreas quando se trata de atividades de engenharia, sobretudo aquelas com elevado potencial de causar impactos ambientais e à população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2017. São Paulo, 2018.
2. CARDOZO, B. C. Análise do Monitoramento Ambiental da Incineração de Resíduos Sólidos Urbanos na Europa. Rio de Janeiro. 2019. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2019.
3. CEWEP – Confederation of European Waste-to-Energy Plants. *Municipal waste treatment in 2016*. Disponível em: <<http://www.cewep.eu/wp-content/uploads/2017/07/Graph-3-treatments-2016.pdf>>. Acessado em: 28 de março de 2019.
4. CEWEP – Confederation of European Waste-to-Energy Plants. *Municipal waste treatment in 2001 – 2016*. Disponível em: <<http://www.cewep.eu/wp-content/uploads/2017/07/graph-2001-2016-1024x532.jpg>>. Acessado em: 28 de março de 2019.
5. CEWEP – Confederation of European Waste-to-Energy Plants. *Waste-to-Energy in Europe in 2016*. Disponível em: <<http://www.cewep.eu/wp-content/uploads/2018/10/EU-Map-2016.pdf>>. Acessado em: 28 de março de 2019.
6. CHIRICO, V. DI. (1996) *Municipal Waste Treatment Plants*. Zurich: Swiss Reinsurance Company. Suíça, 1996.
7. FONT, A.; HOUGH, K. De.; LEAL-SANCHEZ, M.; ASHWORTH, D. C.; BROWN, R.J.C.; HANSELL, A.L.; FULLER, G. W. Using metal ratios to detect emissions from municipal waste incinerators in ambient air pollution data. *Atmospheric Environment*, v. 113, p. 177–186, 2015.

8. GOEPEL, K. D. (2013) *Implementing the Analytic Hierarchy Process as a Standard Method for Multi-Criteria Decision Making in Corporate Enterprises – A New AHP Excel Template with Multiple Inputs*. PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS 2013.
9. HARRISON, R.M. & HESTER, R.E. (1994) *Waste Incineration and the Environment*. The Royal Society of Chemistry. Inglaterra, 1994.
10. LIMA, J. D. de. Modelos de apoio à decisão para alternativas tecnológicas de tratamento de resíduos sólidos urbanos no Brasil. 2012. 436 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2012.
11. MARINS, C. S.; SOUZA, D. de O.; BARROS, M. da S. O uso do método de análise hierárquica (AHP) na tomada de decisões gerenciais – um estudo de caso. In: XLI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, f. 11, 2009. Porto Seguro.
12. MOURA, A. C. M.; JANKOWSKI, P. Contribuições aos estudos de análises de incertezas como complementação às análises multicritérios – Sensitivity analysis to suitability evaluation. [Editorial] *Revista Brasileira de Cartografia*, nº 68/4, p. 665-684, 2016.
13. NEUBACHER, F.; KURZ, G.; UV&P; VIENNA. *Technical Requirements for Incineration of Residual Waste*. Bulgarian Ministry for Environment and Water, 2013.
14. NIXON, J. D.; WRIGHT, D. G.; DEY, P. K.; GHOSH, S. K.; DAVIES, P. A. A comparative assessment of waste incinerators in the UK. *Waste Management*, [s. l.], v. 33, n. 11, p. 2234–2244, 2013.
15. NZIHO, A.; THEMELIS, N. J.; KEMIHA, M.; BENHAMOU, Y. Dioxin emissions from municipal solid waste incinerators (MSWIs) in France. *Waste Management*, v. 32, n. 12, p. 2273–2277, 2012.
16. OLIVEIRA, F. B. de; ALVES, M. de G.; OLIVEIRA, C. H. R. de. Favorabilidade de áreas para implantação de aterros controlados no município de Campos dos Goytacazes/RJ utilizando Sistema de Informação Geográfica. [Editorial] *Revista Brasileira de Cartografia*, nº 64/1, p. 33-44, 2012.
17. SAMIZAVA, T. M.; KAIDA, R. H.; IMAI, N. N.; NUNES, J. O. R. SIG aplicado à escolha de áreas potenciais para instalação de aterros sanitários no município de Presidente Prudente – SP. [Editorial] *Revista Brasileira de Cartografia*, nº 60/1, p. 43-55, 2008.
18. TCHOBANOGLIOUS, G.; KREITH, F. *Handbook of Solid Waste Management*, McGraw Hill Professional, 2002.
19. 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.
20. VEHLLOW, J.; DALANGER, S. Incineration: Flue Gas Cleaning and Emissions. In: CHRISTENSEN, T. H. (Ed.). *Solid Waste Technology & Management*. [s.l.] Blackwell Publishing Ltd., 2011.