



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO

Campus Recife

Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental

CINTHIA CAROLINE SILVA DE OLIVEIRA

RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: Impactos da emissão de CO₂ dos Aterros Sanitários dos municípios de Jaboatão dos Guararapes, Escada e Altinho no Estado de Pernambuco, Brasil.

RECIFE

2019

CINTHIA CAROLINE SILVA DE OLIVEIRA

RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: Impactos da emissão de CO₂ dos Aterros Sanitários dos municípios de Jaboatão dos Guararapes, Escada e Altinho, no Estado de Pernambuco, Brasil.

Trabalho de conclusão de curso apresentada a Coordenação Tecnólogo em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, como requisito para obtenção do Título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dsc. Hernande Pereira da Silva

Recife

2019

Ficha elaborada pela bibliotecária Ana Lia Moura CRB4/974

O48r

Oliveira, Cinthia Caroline Silva de.

Resíduos sólidos urbanos: impactos da emissão de CO2 dos aterros sanitários dos municípios de Jaboatão dos Guararapes, Escada e Altinho no Estado de Pernambuco, Brasil / Cinthia Caroline Silva de Oliveira. Recife, PE: O autor, 2019.

47f. il. color. : 30 cm.

TCC (Tecnólogo em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Pernambuco, DASS 2019.

Inclui Referências.

Orientador: Professor Dr. Hernande Pereira da Silva.

1. Mudanças climáticas. 2. Aquecimento global. 3. Resíduos sólidos urbanos. 4. Aterros sanitários I. Silva, Hernande Pereira (Orientador). II. Título.

CDD 551.6 (21ed.)

CINTHIA CAROLINE SILVA DE OLIVEIRA

RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: Impactos da emissão de CO2 dos Aterros Sanitários dos municípios de Jaboatão dos Guararapes, Escada e Altinho, no Estado de Pernambuco, Brasil.

Monografia aprovada como requisito final do Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Tecnóloga em Gestão Ambiental ao término do Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco.

APROVADA EM 04/07/ 2019

Dsc. Hernande Pereira da Silva

Dsc. Rogéria Mendes do Nascimento

Msc. Rayanna Barroso de Oliveira Alves

A minha mãe Olga Sueli, que foi meu maior apoio em todos os momentos ao longo do curso e da vida, buscando sempre me estimular a seguir meus caminhos sem medo.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a minha família que sempre incentivaram minhas decisões, cada um a sua maneira me impulsionaram a me tornar o que sou hoje, especialmente a minha mãe, Olga Sueli, que sempre se fez muito presente em todos os momentos de minha vida, não sendo diferente nesta etapa, buscando me tranquilizar, me dando forças em todos os momentos de tensão.

Esta fase de minha vida é muito especial e não posso deixar de agradecer a Deus por toda força, ânimo e coragem a mim dadas para alcançar minha meta.

Agradeço a meus amigos que conquistei ao longo do curso, conheci pessoas especiais que caminharam comigo nestes últimos anos. A Thamires Lopes por se mostrar tão companheira, estando sempre ao meu lado compartilhando todos os momentos. A Larissa Mota, por dividir todas as emoções, tanto de aflição, quanto de felicidade, mesmo nos momentos de nervosismo buscando me incentivar. A Maria Raíza, que mesmo traçando outros caminhos nunca se fez ausente, sempre buscando estar próxima, topando projetos e me apoiando no que fosse preciso. A meu primo Matheus Victor, que me ajudou bastante nesta reta final, não medindo esforços para colaborar.

Em especial ao meu orientador Dsc. Hernande Pereira que acompanhou meu percurso ao longo dos últimos anos eu deixo uma palavra sincera de gratidão, porque sem sua paciência e sabedoria jamais conseguiria estar aqui concluindo este objetivo traçado.

Aos professores que fizeram parte desta jornada reconheço o esforço gigante com muita paciência e sabedoria. Foram eles que me fizeram evoluir um pouco mais a cada dia, cada um contribuindo da sua forma, compartilhando recursos e ferramentas para chegar onde cheguei.

A instituição deixo meu agradecimento pelo ambiente que me proporcionou dias de aprendizagem muito ricos.

A Cassio Wanderlei pelo empenho em sempre ajudar ao longo dos últimos anos, com muita paciência e dedicação.

A todos que participaram da pesquisa, pela colaboração e disposição no processo de obtenção de dados.

Por fim, deixo meu agradecimento as pessoas que de alguma forma tocaram meu coração e transmitiram força e confiança.

“O lixo é do homem e cabe ao homem fazer a faxina.
A natureza somente responde.
E a resposta é igual ao tamanho da lixeira”.
Filipe de Sousa

RESUMO

As preocupações com as mudanças climáticas vêm crescendo com o passar dos anos e ganhando força nas esferas científica, social e política. Apesar de seu alcance global, os efeitos geradores de poluição, suas consequências e as ações mitigadoras ocorrem a nível das cidades. O problema do resíduo sólido urbano cresce à medida que cresce a população, o consumo e a economia das cidades. Em 2010, foi lançada a Política Nacional de Resíduos Sólidos, visando acabar com os lixões e estabelecendo novas normas para o manejo do lixo nos aterros sanitários. Diante deste cenário, esta pesquisa tem como objetivo principal analisar a relação entre os aterros sanitários e as alterações climáticas dos municípios de Jaboatão, Escada e Altinho. Para tanto, foram analisadas as unidades de tratamento dos aterros, a quantidade de lixo armazenada, a emissão de CO₂ produzida e a área do entorno. Foram utilizadas as imagens de satélite do Google Earth e a contagem da emissão de gases CO₂ pela ferramenta do SOS Mata Atlântica. Entre os principais resultados, foi observado que para se adequarem a nova política, os pequenos municípios se organizaram em consórcios para administrarem um aterro que sirva para todos os associados. Além disso, observou-se que o principal impacto dos aterros nas mudanças climáticas é a poluição atmosférica com a emissão do biogás proveniente da decomposição do lixo, contribuindo ainda mais para o aquecimento global.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas. Aquecimento Global. Resíduos Sólidos Urbanos. Aterros Sanitários.

ABSTRACT

Concerns about climate change have grown over the years and gained momentum in the scientific, social and political spheres. Despite the global reach, pollution-generating effects, their consequences and mitigation actions, occur at the city level. The problem of urban solid waste grows as the population, consumption and economy of cities grow. In 2010, the National Policy on solid Waste was launched, aiming to end the dumps and establishing new standards for the management of waste in landfills. In this scenario, the main objective of this research is to analyze the relationship between landfills and climate change in the cities of Jaboaão dos Guararapes, Escada and Altinho. For that, the treatment units of the landfills, the amount of waste stored, the CO₂ emission produced and the surrounding area were analyzed. We used the satellite images of Google Earth and the count of CO₂ emissions by the SOS Mata Atlântica tool. Among the main results, it was observed that in order to adapt to the new policy, the small municipalities organized themselves into consortia to manage a landfill that would serve all members. In addition, it has been observed that the main impact of landfills on climate change is air pollution from the emission of biogas from the decomposition of waste, further contributing to global warming.

Keywords: Climate Changes. Global Warming. Urban Solid Waste. Sanitary Landfills.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de um aterro sanitário.....	14
Figura 2 Emissões de CO2.....	19
Figura 3 Efeito Estufa	21
Figura 4 Municípios da Pesquisa.....	31
Figura 5 Aterro Sanitário de Altinho em 2012.	34
Figura 6 Aterro Sanitário de Altinho em 2015	35
Figura 7 Aterro Sanitário de Altinho em 2018	35
Figura 8 Aterro Sanitário de Escada em 2006	39
Figura 9 Aterro Sanitário de Escada em 2018	40
Figura 10 Aterro Sanitário de Jaboaão dos Guararapes em 2010.....	44
Figura 11 Aterro Sanitário de Jaboaão dos Guararapes em 2018.....	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Resíduos Sólidos de Altinho	30
Gráfico 2 Emissão CO ₂ deAltinho.....	30
Gráfico 3 Resíduos Sólidos Escada	35
Gráfico 4 Emissão CO ₂ deEscada.....	35
Gráfico 5 Resíduos Sólidos CTR Candeias(Jaboatão)	39
Gráfico 6 Emissão CO ₂ em Toneladas(CTR Candeias)	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Problematização.....	13
1.2 Justificativa	15
1.3 Objetivo Geral	17
1.3 Objetivos Específicos.....	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1 Mudanças Climáticas e Aquecimento Global.....	18
2.1.1 O ciclo do carbono	19
2.1.2 Efeito Estufa.....	21
2.2 Resíduos Sólidos Urbanos.....	22
2.3 Resíduos Sólidos e Aquecimento Global	27
3 METODOLOGIA	29
3.1 Amostragem dos Municípios.....	29
3.2 Local da Pesquisa.....	30
3.3 Coleta e Análise dos dados.....	31
4 RESULTADOS	32
4.1 Altinho	32
4.2 Escada	37
4.3 Jaboatão dos Guararapes.....	40
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

Desde as épocas mais remotas, a interferência do homem no meio ambiente é inerente a própria espécie humana. Seja para o plantio, produção de bens de consumo, construção de moradias ou qualquer outro aspecto da vida moderna, o habitat humano está em constante transformações que nem sempre são benéficas a natureza e ao próprio homem.

As mudanças climáticas vêm ocorrendo devido ao aumento progressivo da concentração de gases do efeito estufa na atmosfera. Esse aumento ocorre devido as atividades antrópicas que produzem excessivamente gases poluentes na atmosfera, entre eles o dióxido de carbono (CO₂), o metano e o óxido nitroso são os mais importantes. Por conta da quantidade que é emitida, o CO₂ é o gás que tem maior contribuição para o aquecimento global (PINTO *et al.*, 2009). Essas mudanças climáticas ocorrem devido ao aquecimento global, fenômeno proveniente do aumento do efeito estufa do planeta, que poderá ter sérias consequências para a vida na Terra em um futuro bem próximo.

Em 2004, o CO₂ representou 77% das emissões antropogênicas globais de gases do efeito estufa. O tempo de permanências do CO₂ na atmosfera é no mínimo de cem anos. Então significa que as emissões nos dias de hoje têm efeitos de longa duração, podendo trazer impactos no regime climático ao longo de vários séculos. A quantidade de metano que também é emitido na atmosfera é bem menor, mas em compensação tem um grande poder estufa (seu potencial de aquecimento) pois é vinte vezes superior ao CO₂ (PINTO *et al.*, 2009).

1.1 Problematização

Os resíduos sólidos urbanos são considerados uma grande preocupação nos dias de hoje, levando em consideração as questões ambientais. Os problemas relacionados aos resíduos sólidos, estão ligados ao aumento de sua produção e à variedade de materiais encontrados nos resíduos, bem como a dificuldade de encontrar áreas para seu depósito, visto que a geração e a deposição são atividades diárias da população (LEME, 2009).

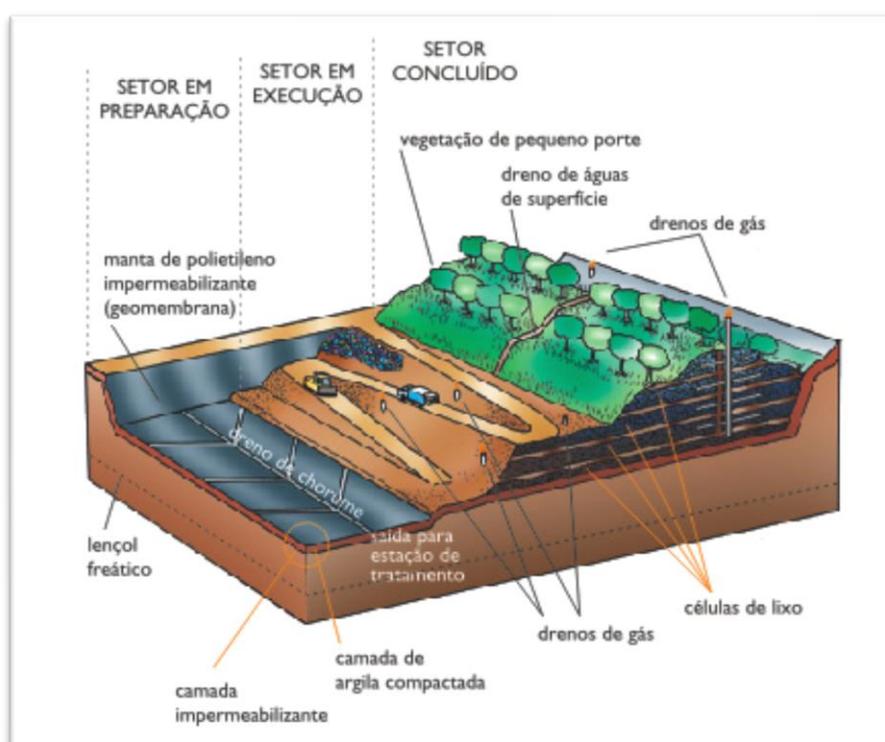
De acordo com o UNEP (2005), “resíduos sólidos urbanos” (RSU) é um termo normalmente aplicado a um conjunto heterogêneo de resíduos produzidos nas áreas

urbanas e sua natureza vai variar de região para região. As características e quantidade produzida dos resíduos sólidos vai depender do nível econômico e estilo de vida dos habitantes dessas regiões, das fontes e abundância de recursos naturais do local.

Um aterro sanitário pode ser considerado como uma área destinada a deposição final de resíduos sólidos urbanos, ou seja, que são gerados pela ação humana. São resíduos provenientes de indústrias, residências, hospitais, construções, entre outras atividades.

O aterro segue o princípio de confinar resíduos, como mostra a Figura 1. Inicialmente o terreno é impermeabilizado e é instalado os drenos de coleta do chorume para as estações de tratamento. Quando o lixo é trazido ao aterro, é feito um controle para avaliar que tipos de resíduos que serão depositados no local. Ao serem depositados, no local adequado o lixo é coberto com uma camada de terra, que deve também ser impermeabilizada. O chorume gerado deve ser posteriormente tratado, para evitar a contaminação do solo e das águas subterrâneas. Os aterros sanitários são construídos em áreas de grandes extensões localizadas longe de centros urbanos.

Figura 1 Esquema de um aterro sanitário



Quando ocorre o processo de decomposição dos resíduos sólidos, gases como o metano (CH_4), óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x), e dióxido de carbono (CO_2) são gerados. A presença desses gases na atmosfera contribui para diversos fenômenos, entre eles a chuva ácida e o efeito estufa, além de serem tóxicos para diversos organismos. Esses gases são diretamente liberados na atmosfera, quando não há o devido tratamento dos mesmos ou a disposição adequada dos resíduos (MARQUES,2011).

Deve-se levar em consideração que cada vez mais, todo o mundo está produzindo uma grande quantidade de lixo. Portanto existe uma necessidade de comprometimento com o meio ambiente e com a sua preservação, o que acarretará uma qualidade de vida melhor para todos. O fato é que a problemática dos resíduos sólidos urbanos, passa a ser um grande contribuinte para a emissão dos gases do efeito estufa, e se faz necessários estudos e informações que busquem alternativas para reduzir os seus impactos. Nesse contexto, o trabalho mostrará como a emissão de CO_2 dos resíduos sólidos dos aterros sanitários podem influenciar nas mudanças climáticas.

1.2 Justificativa

As mudanças do clima e seus impactos nos recursos da biodiversidade, na vida humana e nas suas atividades econômicas, tem sido ao longo das últimas décadas, fonte de preocupação e discussões entre a sociedade, a comunidade científica e governos de diversos países.

O aquecimento global ainda não é um consenso entre os cientistas, que divergem suas opiniões acerca de suas causas e consequências, enquanto lideranças de países desenvolvidos e em desenvolvimento discutem suas responsabilidades frente a causa do fenômeno, das estratégias de minimização dos impactos e dos custos causados a suas economias.

O Painel Intergovernamental sobre Mudança Climática (IPCC) foi criado em 1988 para tentar definir como avaliar e analisar o aquecimento global. Em 2001, o IPCC afirmava que a ocorrência do fenômeno era algo incontestável, porém de consequências difíceis de serem medidas com precisão (KOEHNTOPP, 2010). Contudo, algumas graves consequências já podem ser notadas, como as apontadas pela Organização Mundial de Saúde (OMS), que estima que em 2012 morreram cerca de 7 milhões de pessoas por enfermidades relacionadas a contaminação do ar (OMS, 2015).

As preocupações com as alterações climáticas levaram a criação do Programa das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (PNUMA) em 1972, durante a Conferência de Estocolmo. Sete anos depois acontecia a Primeira Conferência Mundial sobre o Clima, onde as mudanças climáticas foram reconhecidas como um problema de interesse global. A partir de então passou-se a debater estratégias para enfrentamento dos problemas decorrentes das atividades antrópicas (SILVA,2012).

Segundo Silva (2012), estudos do IPCC fundamentaram a criação de uma Convenção sobre Mudanças Climáticas, cujas negociações iniciaram em 1990 pela Assembleia Geral das Organizações Unidas (ONU). O acordo foi oficializado em 1992, durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, conhecida como ECO 92. A conferência ocorreu no Rio de Janeiro, e nela ficou estabelecido que os países signatários deveriam se reunir periodicamente em busca de soluções para o aquecimento global. Essas reuniões eram realizadas anualmente e ficaram conhecidas como Conferência das Partes (COP).

Os tratados e conferências que se seguiram, mostram um interesse global no tema das mudanças climáticas. Apesar dessas diferentes opiniões, o tema continuará nos próximos anos no centro das discussões dos sistemas políticos e econômicos internacionais, e por isso, sua pesquisa se faz necessária para o desenvolvimento das discussões, do planejamento de políticas públicas e das estratégias de mitigação do problema.

Apesar de ser um assunto de interesse global, seus efeitos e ações mitigadoras ocorrem a nível das cidades, sendo necessários que as pesquisas e estudos tenham também um enfoque local sobre o problema. Diante do exposto, este trabalho se justifica na contribuição da pesquisa científica no fenômeno das mudanças climáticas, ao trazer a contribuição dos aterros sanitários no processo do aquecimento global.

1.3 Objetivo Geral

Analisar a relação entre os aterros sanitários e as alterações climáticas dos municípios de Jaboaão, Escada e Altinho.

1.3 Objetivos Específicos

- Analisar os elementos que compõem o entorno dos aterros através de imagens do GoogleEarth.
- Levantar dados relativos a quantidade de resíduos sólidos destinados aos aterros de cada município anualmente.
- Levantar dados referente a quantidade de gases CO₂ produzido anualmente por tonelada de resíduo destinado aos aterros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As mudanças climáticas podem ocorrer tanto por fatores naturais como antrópicos. Porém, é cada vez maior um consenso internacional entre os países de que as atividades humanas interferem significativamente nas mudanças do clima, sobretudo no aquecimento global (SANCHEZ, 2009).

Em seu processo evolutivo, o homem desmata, queima e modifica o meio ambiente em detrimento de seus interesses, que juntamente a outras atividades, libera os gases causadores do efeito estufa. Neste capítulo será tratado a forma em que o homem está interferindo no ciclo do carbono e no efeito estufa, provocando o aquecimento global que é a principal causa das mudanças climáticas. Será trabalhado também a conceituação dos resíduos sólidos e sua relação com o aquecimento global.

2.1 Mudanças Climáticas e Aquecimento Global

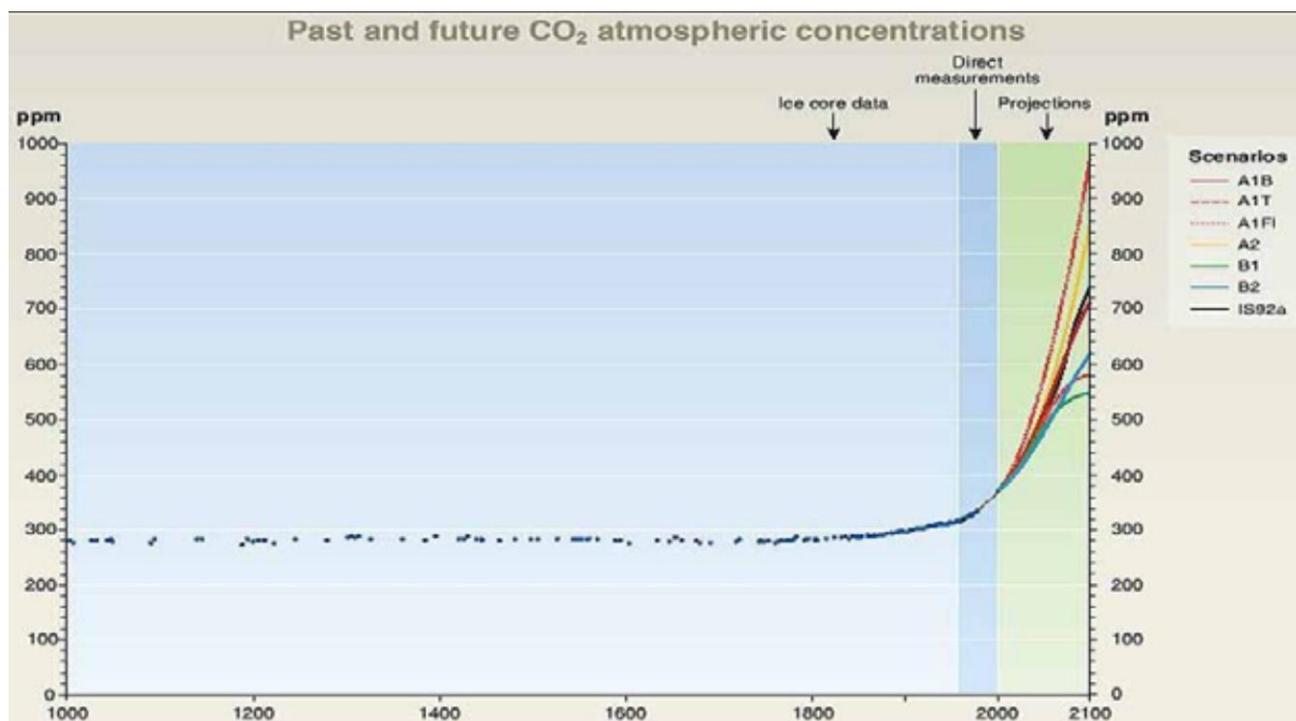
A Teoria do Aquecimento Global é fundamentada nas medições de temperatura ao longo do tempo. Tais observações denunciam um aumento significativo da temperatura global, que coincide com o período da Revolução Industrial, época em que a humanidade intensificou o uso de combustíveis fósseis devido aos processos industriais (OLIVEIRA, 2013). Entender a ação dos fatores antrópicos no ciclo do carbono e do efeito estufa é fundamental para entender a Teoria do Aquecimento Global e as mudanças climáticas decorrentes dela.

Historicamente os níveis de concentração de GEE se mantiveram aproximadamente constantes nos últimos séculos.

As concentrações de CO₂ nos últimos 1.000 anos, por exemplo, é de cerca de 280 ppm (partes por milhão), segundo informações derivadas de amostras de gelo. Isso tem ocorrido a despeito de vários fenômenos naturais, como os vulcanismos, que periodicamente ocorrem no Globo. As concentrações atmosféricas de CO₂, assim como metano e óxido nitroso, cresceram significativamente desde os tempos pré-industriais.

Segundo o IPCC (2007), a Ciência tem revelado que a concentração de CO₂ na atmosfera atualmente é a mais elevada dos últimos 400.000 anos e não mostra nenhuma tendência de se estabilizar (Figura 2).

Figura 2 Emissões de CO₂



Fonte IPCC (2007).

2.1.1 O ciclo do carbono

O ciclo global do carbono é formado por dois ciclos: o ciclo biogeoquímico (ou geológico), que dura milhões de anos e regula a transferência de carbono entre a atmosfera e a litosfera, e o ciclo biológico, intimamente relacionado com o ciclo do oxigênio (USP, 2005).

No ciclo biogeoquímico, o Dióxido de Carbono (CO₂) presente na atmosfera é dissolvido pela chuva, produzindo Ácido Carbônico (H₂CO₃). Essa solução facilita a erosão de rochas silicatadas, liberando íons de Ca²⁺ e HCO₃⁻ que são lixiviados para os oceanos onde se acumulam no seu leito em camadas ou são aproveitados por organismos marinhos, que ao morrerem também se depositarão no fundo do mar.

O acúmulo desses sedimentos ao longo de milhares de anos forma as rochas calcárias. O ciclo continua quando através da subducção das placas tectônicas, essas rochas são arrastadas para o manto da Terra, onde sofrem grandes pressões e temperaturas, reagem com outros minerais e liberam CO₂, que escapam para a

atmosfera pelas erupções vulcânicas, completando assim o ciclo (USP, 2005. AUER, 2013).

Já no ciclo biológico o CO₂ é removido da atmosfera pela fotossíntese e devolvido através da respiração de plantas, animais e microrganismos. Na ausência de interferência antropogênica no ciclo, este ciclo desempenha importante papel no equilíbrio de carbono entre seus três reservatórios ou “stocks”: o terrestre, a atmosfera e os oceanos (AUER,2013).

Neste ciclo, através da fotossíntese, as plantas absorvem a energia solar e o CO₂ da atmosfera e o transformam em oxigênio e hidratos de carbono. Os animais e as plantas, por sua vez, consumirão os hidratos de carbono como fontes de energia, liberando novamente na atmosfera o CO₂ durante sua respiração.

Depois de mortos, plantas e animais sofrem a ação dos organismos decompositores, liberando CO₂, gás metano (CH₄) e água para a atmosfera quando a decomposição de sua matéria for total, ou se transformando em material combustível fóssil, se sua decomposição for parcial, mantendo o CO₂ no *stock* terrestre (USP, 2005).

O armazenamento de carbono em combustíveis fósseis pressupõe, uma diminuição dos níveis atmosféricos de CO₂. O desequilíbrio ocorre quando a atividade humana queima estes combustíveis, devolvendo o CO₂ para a atmosfera.

Segundo Carvalho *et al*:

A liberação de carbono via queima de combustíveis fósseis e mudanças no uso da terra (desmatamentos e queimadas, principalmente) impostas pelo homem constituem outro fluxo entre os estoques de carbono e tem um papel fundamental na mudança do clima do planeta (CARVALHO *et al*, 2010, p. 9).

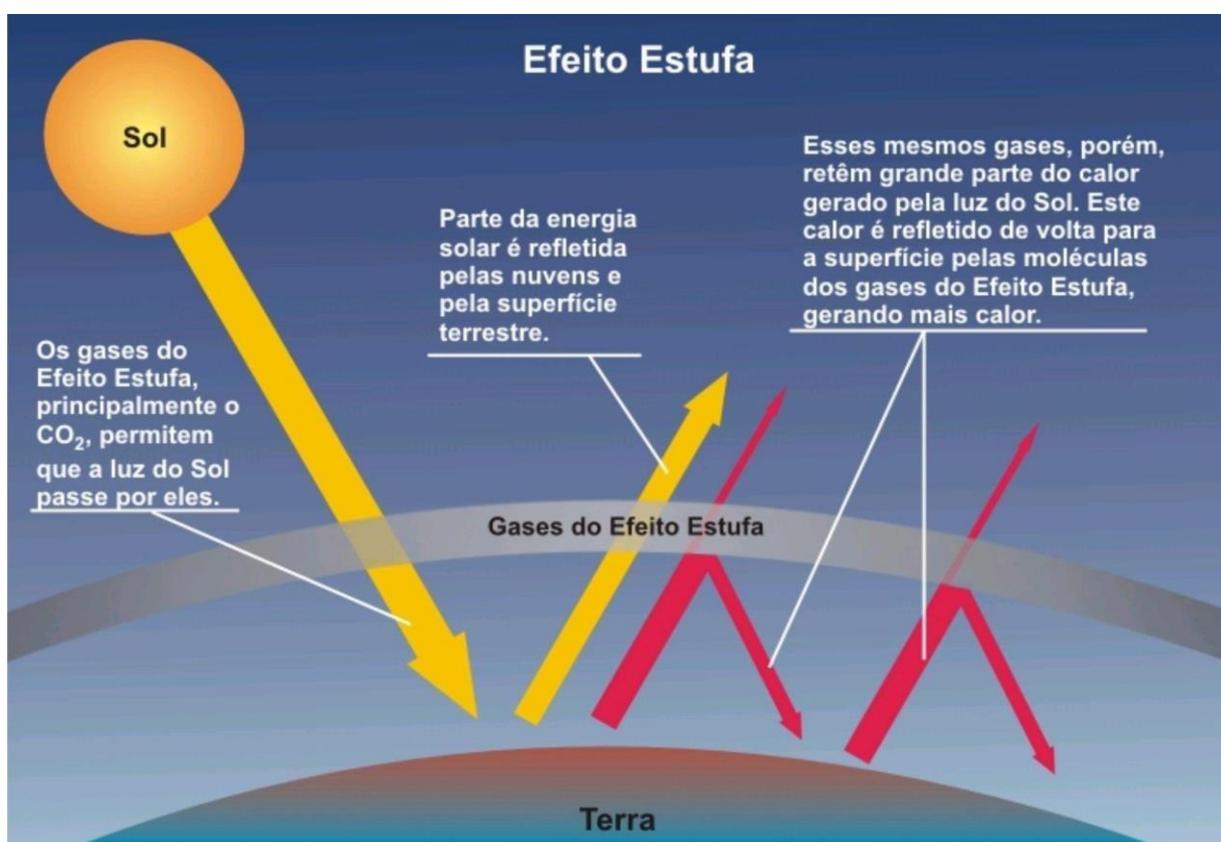
Para Auer (2013), outro fator de desequilíbrio devido a ação humana é o desmatamento ou queimada de florestas, em que o CO₂ retido na biomassa vegetal é também devolvido para atmosfera.

A atividade antropogênica desregula o equilíbrio de carbono entre os *stocks*, transferindo para a atmosfera mais CO₂ do que os ciclos biogeoquímicos e biológicos são capazes de consumir, gerando o aumento do EfeitoEstufa.

2.1.2 Efeito Estufa

O efeito estufa é um fenômeno natural, que possibilita que a radiação solar não se dissipe totalmente, mantendo a temperatura média do planeta em 15° C. Sem ele, o planeta seria totalmente gélido, com temperaturas em torno dos 18° C negativos, e a vida como a conhecemos hoje não seria possível (OLIVEIRA,2013). Na Figura 2 é possível ver como o corre o Efeito Estufa.

Figura 3 Efeito Estufa



Fonte: Igui Ecologia, 2019.

Os principais gases do efeito estufa (GEE) são o CO₂, CH₄, o óxido nitroso (N₂O) e o vapor d'água (H₂O), e são assim chamados devido a sua capacidade de reter calor na atmosfera. O vapor d'água e o CO₂ tem a propriedade de permitir que ondas de radiação solar atravessem a atmosfera e aqueçam nossa superfície. Ao mesmo tempo, a camada desses gases dificulta a saída de total do calor (radiação infravermelha), impedindo que o planeta perca demasiado calor para o espaço (CARVALHO *et al*, 2010).

A poluição gerada pela atividade antrópica interfere nesse fenômeno ao aumentar a concentração dos GEE, principalmente do CO₂, afetando o balanço energético do planeta. Com o adensamento dos GEE na atmosfera, parte do calor que antes era dissipado, fica preso na superfície terrestre, aumentando as temperaturas médias de todo o planeta (OLIVEIRA, 2013).

De acordo como 4º Relatório do IPCC (2007), as emissões dos GEE de origem antropogênica aumentaram cerca de 70% no período de 1970 até 2004. O mesmo relatório, também afirma que é justamente o aumento da temperatura que tem contribuído para as recentes mudanças climáticas observadas em todo o mundo.

Oliveira (2013) afirma, que embora o CO₂ seja o gás do efeito estufa em maior abundância nas emissões, outros como metano e óxido nitroso, apesar de estarem presentes em menores quantidades, são ainda mais poluentes que o dióxido de carbono. Porém, para fins de apresentação didática, esses gases transformam-se em CO₂ equivalente.

2.2 Resíduos Sólidos Urbanos

De acordo com a Norma Brasileira (NBR 10.004) os resíduos sólidos ou semissólidos são aqueles que resultam da atividade da comunidade de origem doméstica, industrial, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Pode considerar-se também resíduos sólidos os lodos originados nos sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como alguns líquidos cujas particularidades se tornam inviável o seu despejo na rede pública de esgotos ou em corpos d'água (ABNT, 2004).

Os Resíduos sólidos urbanos são formados por resíduos domiciliares, resíduos compostos por resíduos comerciais e de limpeza pública urbana, de acordo com (AMBIENTE BRASIL, 2013).

- **Resíduos domiciliar:** São eles os resíduos que se caracterizam por serem gerados nas residências. Que são formados na maioria deles por papeis, jornais antigos, embalagens plásticas e de papelão, latas, vidros, alumínio ou metal e os resíduos que são orgânicos podendo destacar os restos de alimentos, folhagem das plantas entre outros.

- **Resíduos comerciais:** É o resíduo oriundo de estabelecimentos comerciais, podendo ser ele está presente em grandes ou pequenos centros, podendo citar lojas, hotéis, restaurantes, bares, farmácias, armazéns, papelarias, sapatarias entre outros. Este tipo de resíduo é caracterizado principalmente por grande quantidade de restos de comida, resíduos orgânicos, plásticos, papéis, que são utilizados em embalagens.

- **Resíduos Públicos:** São eles os resíduos provenientes dos logradouros públicos, ou seja, resultante da natureza, podendo destacar as folhas, galhos, poeira, areia e terra, podendo destacar também aqueles que são descartados de forma incorreta e indevida pela sociedade, como entulhos, que são bens inservíveis, resto de embalagens de alimentos, papéis e alimentos.

O Resíduo sólido está diretamente ligado a qualidade de vida, deve-se levar em consideração que ele afeta a saúde, a segurança o lazer entre outros componentes. Contribuindo com a poluição do meio natural e de todo o planeta, afetando as águas, o solo e o ar, que são os elementos primordiais para a sobrevivência de todos os seres vivos.

Pode-se dizer que não existe uma única alternativa para tratar a questão dos resíduos sólidos. Também não se pode dizer que a problemática dos resíduos vai ser resolvido única e exclusivamente com a mecanização, produção de biogás, incineração ou reciclagem, mas é necessário pensar que é por meio do conjunto de todas essas soluções citadas. Acredita-se que os problemas originados por meio dos resíduos devem ser tratados de acordo com a sua complexidade que se apresenta em cada local e conforme a disponibilidade dos recursos presentes (BOLOGNESI,2012).

Para considerar que está havendo uma boa gestão de resíduos sólidos municipal, deve-se levar em consideração alguns aspectos, que são eles: a origem do resíduo, a geração, seu armazenamento, sua coleta, o tratamento e por fim, a sua destinação final. Portanto, uma grande quantidade gerada de resíduos sólidos, se somado ao mau gerenciamento pode acabar gerando excessivos problemas não só ambientais, como sociais, econômicos e sanitários ao município (QUISSINI *et al.*, 2007).

Por acondicionamento entende-se o ato ou efeito de embalar os resíduos sólidos, cuja responsabilidade é do usuário, cabendo à instituição pública ou à concessionária fixar padrões, determinar características dos recipientes, tipos e métodos de acondicionamento, e fiscalizar o cumprimento dos regulamentos (BARROS, 2012, p. 106).

Monteiro *et al.* (2001, p. 45) destaca a importância do acondicionamento apropriado está em:

- Prevenir acidentes;
- Prevenir que vetores se proliferem;
- Reduzir o impacto visual e olfativo;
- Tornar a realização da etapa da coleta mais fácil.

O alcance ao serviço de coleta de resíduos é um fator muito importante para diversos fatores podendo citar a proteção da saúde através do controle e minimização de vetores e doenças que estão correlacionadas, isso significa que conseqüentemente uma melhoria na qualidade ambiental, levando em consideração que o tratamento adequado dos resíduos sólidos urbanos propicia a supressão dos efeitos ambientais que agem nocivamente sobre o meio ambiente, preservando a salubridade ambiental ao seu redor.

Em grande parte dos municípios brasileiros, a falta de modelos de gestão de resíduos sólidos e o seu gerenciamento adequado, dá lugar a uma diversidade de soluções, que atualmente, parece ser o grande agravador do processo decisivo. Pode-se dizer que a solução mais econômica para as condições brasileiras são os aterros sanitários, mas essa solução tem sido contestada devido aos incômodos que o mesmo provoca na vizinhança e se aplica com maiores dificuldades nos grandes centros.

É necessário conceituar os termos gerenciamento e gestão, pois ambos têm sentidos diferente. Por gerenciamento de resíduos deve-se entender como as etapas operacionais que vão desde a geração até a disposição final, que envolve o fluxo de resíduos do berço ao túmulo, como é comum dizer. Logo após a geração, o resíduo passa pelas etapas de acondicionamento, coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final, que são as etapas que compõem o gerenciamento. Por referir-se a etapas operacionais, o gerenciamento dos resíduos sólidos sempre esteve relacionado a questões da engenharia (civil, sanitária e mais recente

ambiental), procurando solucionar o problema do distanciamento do lixo produzido no meio urbano, por meio de uma logística de implantação de sistemas de coleta, tratamento e destinação final, procurando o mínimo de impactos sanitários e ambientais possível e ao menor custo (GUNTHER,2008).

Pode-se entender como gestão integrada de resíduos sólidos, o conjunto estruturado e inter-relacionado de ações normativas, operativas, financeiras, administrativas, de planejamento, educativas, sociais, de supervisão, monitoramento e avaliação para o gerenciamento dos resíduos, desde sua geração até sua disposição final que tem como objetivo obter benefícios ambientais, melhoria econômica e aceitação social, que corresponda com as necessidades de cada localidade ou região (OPAS,2005).

Segundo Mesquita (2007, p. 14), a gestão integrada de resíduos sólidos pode ser entendida como:

Conceber, implementar e administrar sistemas de manejo de resíduos sólidos urbanos, considerando uma ampla participação dos setores da sociedade e tendo como perspectiva o desenvolvimento sustentável (MESQUITA, 2007, p. 14).

Nesse aspecto, tão importante quanto o descarte é a diminuição da geração de resíduos, tanto na redução de sua geração quanto na maximização do seu reaproveitamento.

Monteiro *et al.* (2001, p. 119), define tratamento como:

Define-se tratamento como uma série de procedimentos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos, seja impedindo descarte de lixo em ambiente ou local inadequado, seja transformando-o em material inerte ou biologicamente estável (MONTEIRO *et al.*, 2001, P.119).

Ainda segundo Monteiro *et al.* (2001), entre os tratamentos de resíduos sólidos considerados mais eficaz, é o prestado pela própria população, que quando está disposta a reduzir a quantidade de resíduos, evitar o desperdício e reaproveitamento, separa os recicláveis na residência ou na própria fonte, descartando seu lixo de maneira adequada.

2.2.1 Aterro Sanitário

No Brasil, umas das atribuições que o município é responsável é a de coletar e dispor os resíduos adequadamente. Por diversas razões, como por exemplo a escassez de recursos, deficiências administrativas e falta de visão ambiental por parte da maioria dos municípios, os resíduos são depositados muitas vezes em locais inapropriados, que acabam provocando conseqüências graves como a degradação do solo, contaminação dos rios e lençóis freáticos, através do chorume e a liberação do biogás.

O aterro sanitário pode ser considerado uma obra de engenharia que foi projetada sob critérios técnicos que tem como objetivo principal garantir a disposição adequada dos resíduos sólidos urbanos sem causar grandes danos à saúde pública e ao meio ambiente.

Pode ser considerado uma das técnicas mais eficaz e segura de destinação final dos resíduos sólidos, pois neles são permitidos um controle com mais eficiência e mais seguro do processo e em quase sempre apresenta a melhor relação custo-benefício. Outra vantagem é que no aterro é permitido receber e acomodar diversos tipos de resíduos, em diferentes quantidades, sendo possível adaptar a qualquer tipo de comunidade, independentemente do tamanho.

2.3 Resíduos Sólidos e Aquecimento Global

Embora a queima de combustíveis fósseis representem a principal fonte dos gases do efeito estufa, os resíduos sólidos têm uma importante representatividade na contribuição para a emissão desses gases (IPCC, 2007). Para Gouveia (2012), o gerenciamento inadequado dos resíduos sólidos urbanos gera tanto um problema ambiental, como de saúde pública. Ainda segundo o autor, o desenvolvimento econômico, o crescimento populacional, a urbanização e revolução tecnológicas, acompanhadas de mudanças no estilo de vida e consumo da população é algo que tende a ampliar a produção de resíduos, sendo uma tendência para agravamento do problema. Por isso, a questão dos resíduos sólidos vem ganhando destaque no problema do aquecimento global.

A decomposição anaeróbica da matéria orgânica presente nos resíduos libera grandes quantidades de CH₄, segundo gás em importância para o agravamento do efeito estufa (GOUVEIA, 2012).

Segundo o IPCC (2007), a disposição dos resíduos no solo e o tratamento de efluentes são responsáveis por cerca de 3% das emissões globais de GEE. A nível Brasil, observa-se semelhante contribuição dos resíduos na emissão dos GEE, cerca de 2%. Porém, durante o período de 1990 a 2005, percebeu-se que as variações percentuais desse setor foram de 77%, o que significa uma variação maior do que a do PIB brasileiro no mesmo período (BRASIL,2009).

Entretanto, é importante salientar que esses dados se referem a uma análise nacional, cujo perfil das emissões de GEE são principalmente influenciadas pela matriz energética considerada limpa, no elevado desmatamento e atividades do agronegócio (BRASIL, 2009). Porém, quando partimos para uma análise local vemos a contribuição dos resíduos ganhar destaque no número total das emissões, como no município de São Paulo, cujos resíduos sólidos urbanos representam cerca de 23,5% da emissão de GEE (SÃO PAULO,2005).

É importante pontuar, que os resíduos sólidos além de serem um problema de ordem ambiental, também são na esfera da saúde pública. Sua disposição em aterros ou lixões, podem comprometer a qualidade do solo, da água e do ar, expondo a população a várias substâncias tóxicas, como compostos orgânicos voláteis, pesticidas, solventes e metais pesados. O chorume, resultado da decomposição da matéria orgânica, pode contaminar o solo, as águas superficiais e

também as subterrâneas, ao contaminar os lençóis freáticos, o que pode ocorrer mesmo com o fechamento do aterro, pois os produtos orgânicos continuam a se decompor. Os gases tóxicos, asfixiantes e explosivos formados também podem se acumular no subsolo ou serem liberados na atmosfera (GOUVEIA, 2012).

Segundo Gouveia (2012), áreas próximas aos aterros apresentam elevados níveis de compostos orgânicos e metais pesados, e que as populações que residem próximo a esses locais, apresentam níveis elevados desses materiais em seu sangue. Desse modo, os depósitos de resíduos sólidos além de um problema ambiental, geram graves prejuízos a saúde das comunidades próximas, sendo relatados aumento nos riscos de incidência de diversos tipos de câncer, anomalias congênitas, baixo peso ao nascer, abortos e mortes neonatais (*Ibidem*).

3 METODOLOGIA

A abordagem de uma pesquisa segue uma estratégia de análise, que segundo Malhotra (2012) podem ser qualitativas e quantitativas. Para o autor, as pesquisas quantitativas são aquelas que quantificam os dados, comumente usando análises estatísticas, enquanto as qualitativas baseiam-se em pequenas amostras e proporcionam um melhor entendimento do contexto do problema.

No mundo acadêmico, muito se fez para tentar supervalorizar uma estratégia em detrimento da outra. Porém hoje em dia, alguns autores reconhecem as vantagens e desvantagens de ambas as abordagens e sugerem a elaboração de pesquisas híbridas, com etapas quali e quanti. É o que segue esta pesquisa, com uma etapa quantitativa baseada na análise de séries de dados históricas e uma etapa qualitativa baseada na análise de documentos de fontes secundária.

Ao tentar descrever e analisar o impacto dos aterros sanitários nas mudanças climáticas, esta pesquisa classifica-se também como descritiva e causal. A pesquisa descritiva, como o próprio nome indica, busca descrever uma característica ou situação (MALHOTRA, 2012), enquanto a causal busca revelar a relação de causa e efeito dos fatos observados na pesquisa descritiva (COOPER, SCHINDLER, 2003).

3.1 Amostragem dos Municípios

Foram analisados os aterros sanitários de três municípios do Estado de Pernambuco. A seleção dos municípios se deu através de amostragem não probabilística por quotas. Na amostragem por quotas é permitido que a seleção dos municípios estudados não sejam aleatórias, ou seja podem ser selecionados através da amostra por conveniência.

Foram definidas duas categorias: Microrregiões e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), na primeira o critério era ser um município da Região Metropolitana, outro da Zona da Mata e outro do Agreste, enquanto na segunda categoria deveria ser um município com IDHM alto, médio e baixo. Seguindo estes critérios foram selecionados os municípios de Jaboatão dos Guararapes, Escada e Altinho.

3.2 Local da Pesquisa

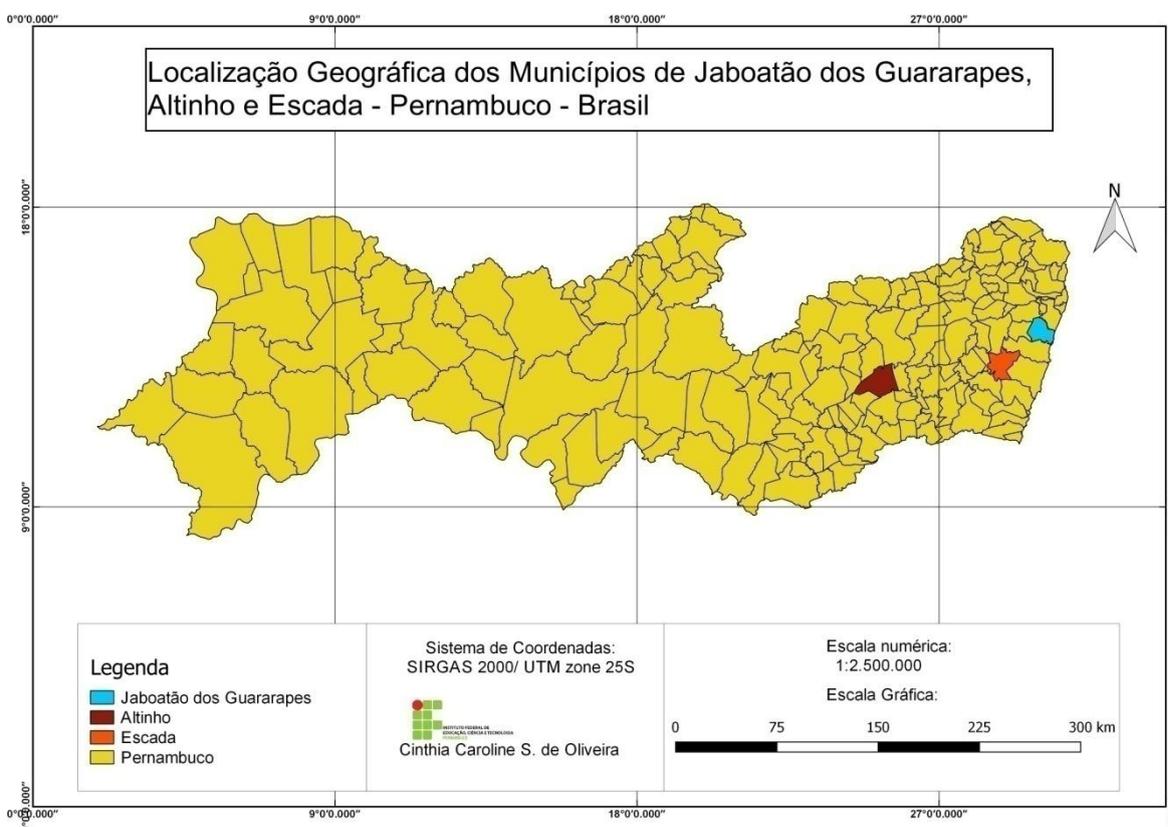
O primeiro aterro pesquisado localiza-se no município de Jaboatão dos Guararapes. O município está situado na Região Metropolitana do Recife, tendo as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 8°06'46" Sul, Longitude: 35°00'52" Oeste. Ocupa a área de 260 Km² e uma população de 644.620 habitantes conforme último censo IBGE 2010. É considerada uma cidade de IDHM alto, com 0,717. Em 2010, sua população tinha uma expectativa de vida de 74,8 anos de vida, expectativa de anos de estudo de 9,25 anos e uma renda média per capita de R\$ 593,90 (ATLAS, 2013).

O segundo aterro localiza-se no município de Escada, cidade da Zona da Mata Sul de Pernambuco, tendo as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 8° 21' 32" Sul, Longitude: 35° 13' 26" Oeste. Com uma área de 347,26 Km² e uma população de 63.517 habitantes, tem um IDHM considerado médio de 0,632. A esperança de vida ao nascer da população é de 71,8 anos, com uma média de 8,84 anos de estudos e uma renda média per capita de R\$ 322,46 de acordo com o Censo de 2010 (ATLAS, 2013).

O último aterro desta pesquisa localiza-se no município de Altinho, na microrregião do Agreste, tendo as seguintes coordenadas geográficas: Latitude: 8° 29' 10" Sul, Longitude: 36° 3' 49" Oeste. É o município com a maior área entre os pesquisados, 456,49 Km². Tem uma população de 22.353 habitantes conforme último censo e um IDHM considerado baixo, de 0,598. A população tem uma expectativa de vida ao nascer de 72,5 anos, uma média de 9,98 anos de estudo e renda média per capita de R\$ 259,91.

A seguir a Figura 4 mostra os três municípios pesquisados.

Figura 4 Localização dos municípios estudados na pesquisa.



Fonte: elaborado pela autora, 2019.

3.3 Coleta e Análise dos dados

Os dados da quantidade de resíduos sólidos destinados aos aterros diariamente foram solicitados a Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH), no período de 2010 a 2018. Optou-se por analisar a partir de 2010 devido a criação da Lei n^o 12.305/10 que implementou a Política Nacional de Resíduos Sólidos em 2010.

A partir desse dado, utilizamos a calculadora, ferramenta de medição da emissão anual de CO₂ da Organização SOS Mata Atlântica.

Para analisar os elementos que compõem o entorno dos aterros sanitários, foram observadas: construções próximas, arborização e área do aterro. Os dados foram coletados e tratados na ferramenta do Google Earth.

4 RESULTADOS

A seguir, o trabalho analisará os aterros e a produção de lixo por município estudado.

4.1 Altinho

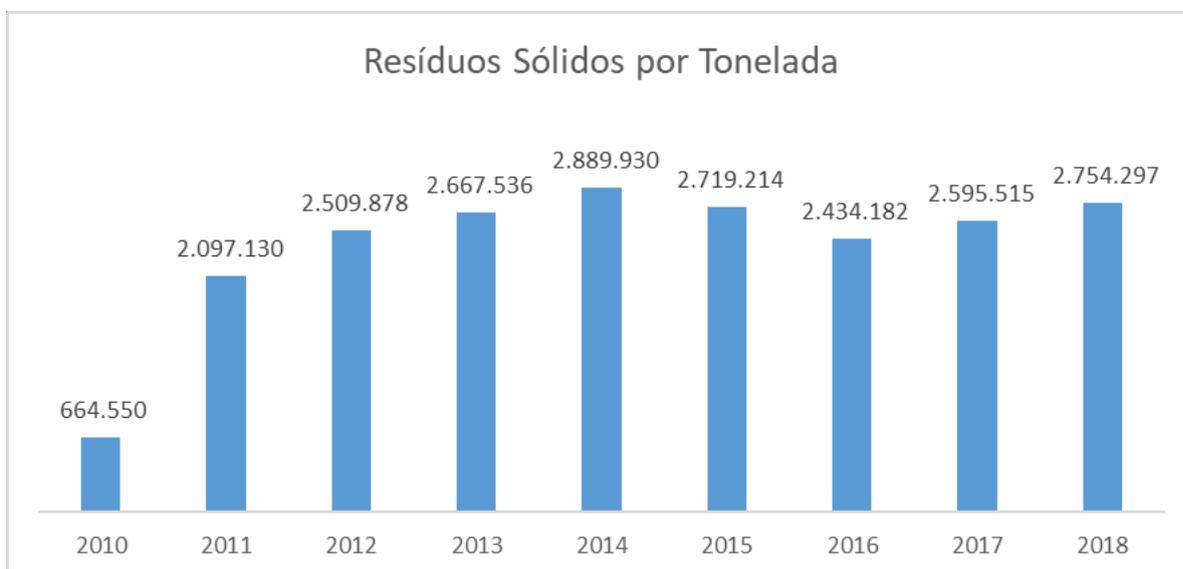
Administrado pelo Consórcio dos Municípios do Agreste e Mata Sul de Pernambuco (COMAGSUL), o aterro sanitário de Altinho atende também a mais quatro cidades: Agrestina, Belém de Maria, Bonito e Lagoa dos Gatos, num modelo desenvolvido pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).

O aterro foi projetado para ter quatro quadrantes de depósito de resíduos, sendo impermeabilizados com geomembranas de Polietileno de Alta Densidade (PEAD). A drenagem do percolato até a estação de tratamento é feita com pedras rachinha, enquanto a drenagem do biogás é feita através de manilhas de concreto postas aleatoriamente conforme evolução do quadrante (SATURNINO, 2016).

A unidade de tratamento do percolato é uma tecnologia trazida pela UFPE, em que o chorume é despejado numa espécie de piscina e bombeado para aspersores, que promovem a circulação do líquido e sua evaporação natural (G1, 2015).

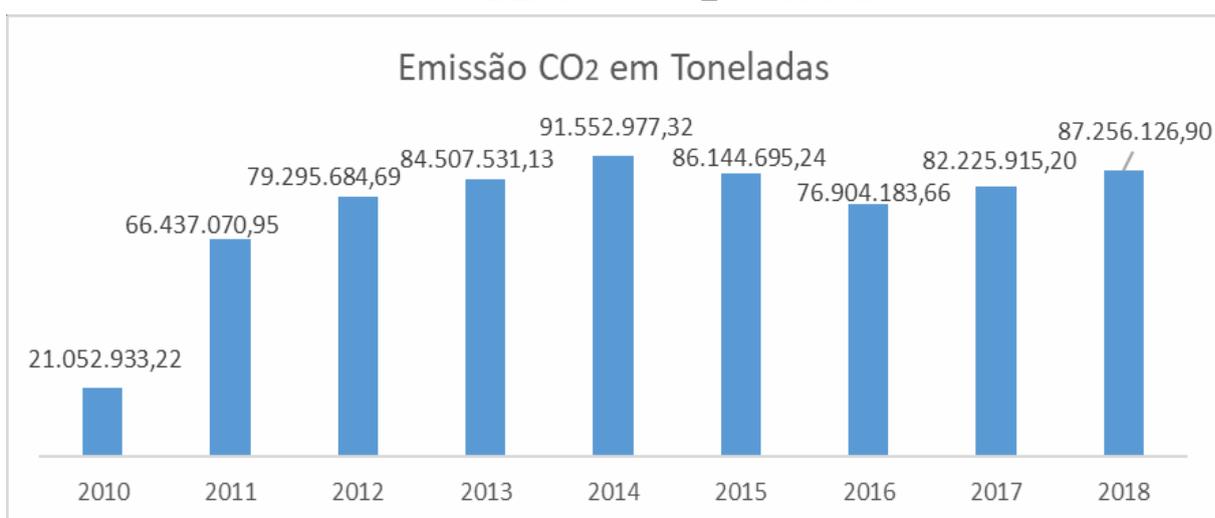
Quanto ao biogás gerado, não há nenhum sistema de reaproveitamento ou queima, tudo que é gerado é lançado diretamente na atmosfera sem nenhuma espécie de tratamento (SATURNINO, 2016).

Ao observarmos o Gráfico 1 sobre a quantidade anual em toneladas dos resíduos sólidos destinados ao aterro de Altinho, percebemos que nos últimos anos houve um declínio na quantidade de lixo recolhido ao aterro, embora a partir de 2016 esse valor tenha voltado a subir gradativamente. Em 2016 o aterro recebeu 664.550 toneladas de resíduos, enquanto em 2018 esse número passou para 275.4297t.

Gráfico 1 Resíduos Sólidos de Altinho

Fonte: CPRH, 2019.

O mesmo ocorre no Gráfico 2, em que o ápice da produção de CO₂ ocorreu em 2014, sofrendo um declínio nos anos seguintes e voltando a crescer a partir de 2017. Ao longo do período estudado, a emissão de CO₂ do aterro de Altinho, passou de 21.052.933,22 t para 87.256.126,90 t.

Gráfico 2 Emissão CO₂ de Altinho

Fonte: SOS Mata Atlântica, 2019.

A análise das imagens de satélite no Google Earth, mostra que em 2012 (Figura 1) ainda havia vegetação dentro do terreno do aterro, ou seja, quadrantes ainda não utilizados. Já em 2018 (Figura 5), a cobertura vegetal do terreno já havia sido retirada, indicando ampliação da utilização do espaço para alocar o lixo.

Enquanto isso, fora do terreno não houve mudanças significativas na vegetação, permanecendo praticamente a mesma, como mostram as Figuras 5, 6 e 7.

Figura 5 Aterro Sanitário de Altinho em 2012.



Fonte: Google Earth, 2019.

Figura 6 Aterro Sanitário de Altinho em 2015



Fonte: Google Earth, 2019.

Figura 7 Aterro Sanitário de Altinho em 2018



Fonte: Google Earth, 2019.

Em 2015 a UFPE já tinha implementado no aterro uma tecnologia para tratamento do chorume gerado. Ela pode ser vista na imagem de 2015 como uma pequena piscina retangular, no lado direito da imagem.

Em 2018, com o aumento da acomodação de lixo no aterro, a área destinada ao tratamento já havia se transformado em duas piscinas retangulares, dispostas uma ao lado da outra.

Não foram identificadas construções próximas ao aterro.

Na imagem de 2018 foi identificados pequenos corpos d'água em áreas próximas ao aterro, porém isso se justifica pela época do ano em que a imagem foi obtida: maio, mês de período chuvoso na região, enquanto que as imagens de satélite dos anos de 2012 e 2015 foram obtidas respectivamente em outubro e abril, meses de menor pluviosidade.

4.2 Escada

O aterro sanitário do município de Escada é administrado pelo Consórcio Público dos Municípios da Mata Sul Pernambucana (COMSUL) e atende as cidades vizinhas de Amaraji, Barra de Guabiraba, Chã Grande, Cortês, Gameleira, Joaquim Nabuco, Pombos, Primavera e Ribeirão (COMSUL, 2018).

Em 2014 o Ministério Público de Pernambuco (MPPE) interviu no Consórcio devido a falta de repasse das contribuições pelos municípios. O aterro passou a administração para a Prefeitura de Escada, voltando a condição de lixão (MPPE,2016). Esse fato nos mostra a relutância de muitos municípios pequenos em aderirem a nova política de tratamento dos resíduos sólidos, eximindo-se de suas responsabilidades com o problema do descarte correto do lixo.

Após uma intervenção judicial, um termo de compromisso foi assinado pelos municípios para devolver ao lixão a condição de aterro sanitário, passando a gestão novamente para as mãos do COMSUL (MPPE,2016).

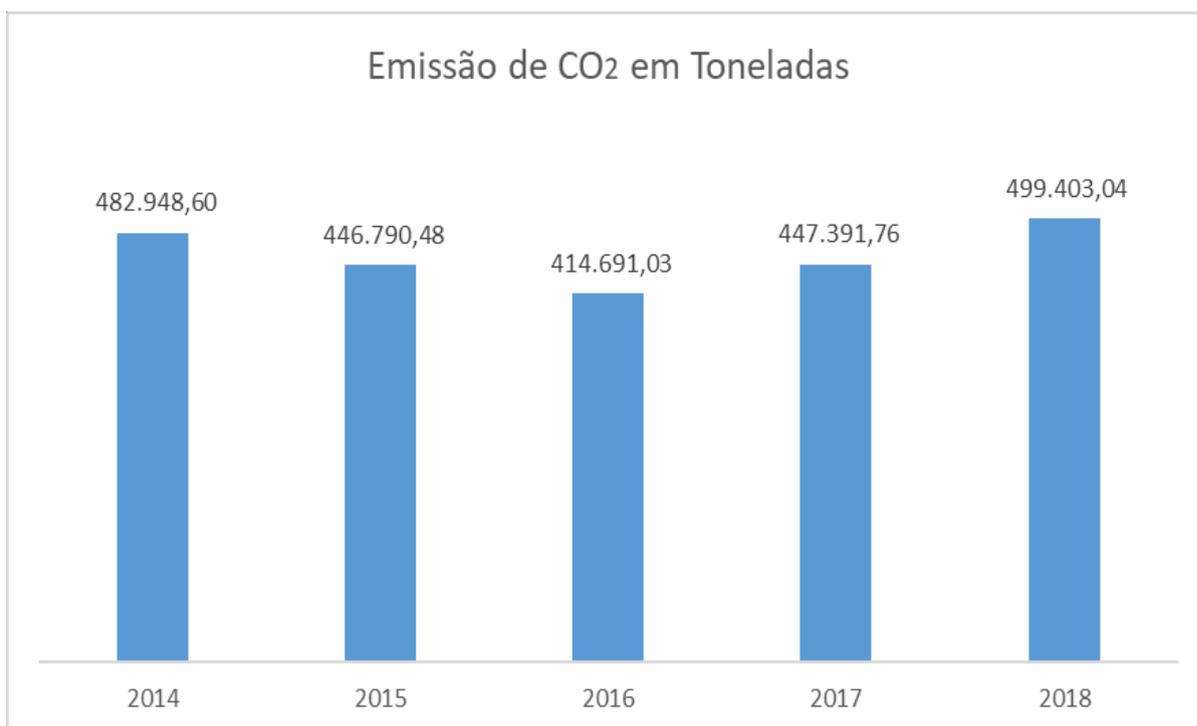
No aterro não há atividades de coleta seletiva, contando apenas com a logística reversa dos pneus, que são encaminhados para uma empresa que produz asfalto. O chorume produzido é drenado através de tubulações e conduzido à estação de tratamento. Já o biogás drenado através de manilhas de concreto. Também é feita a drenagem da água da chuva para evitar o risco de desmoronamento (MPPE, 2016).

Quanto a produção de resíduos sólidos anuais referente ao município de Escada, pode ser observado no Gráfico 3 a seguir. No gráfico, percebe-se que passou de 15.244,79 toneladas de lixo em 2014 para 15.764,22 toneladas.

Gráfico 3 Resíduos Sólidos Escada

Fonte: CPRH, 2019.

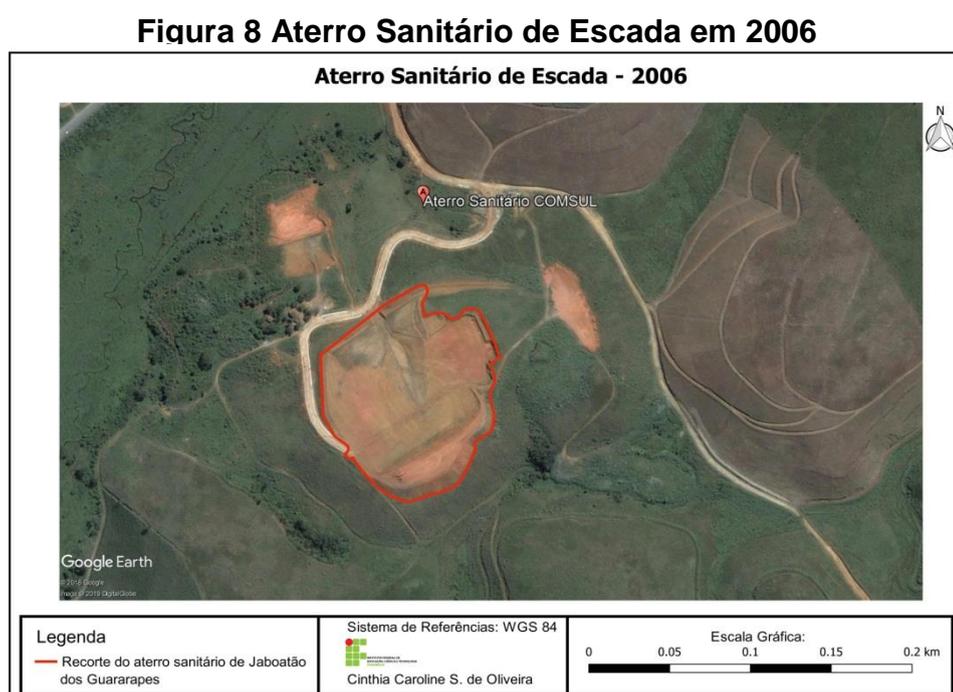
Com um comportamento análogo, o Gráfico 4 mostra as emissões de CO₂ em toneladas durante este período, passando de 482.948,60 t/CO₂ para 499.403,04 t/CO₂.

Gráfico 4 Emissão CO₂ de Escada

Fonte: SOS Mata Atlântica, 2019.

A queda no volume de resíduos entre 2014-2016 pode ser explicada pelos problemas de gestão enfrentados nesse período, enquanto o posterior aumento pode ser explicado principalmente pela entrada dos municípios de Gameleira em 2017 e Joaquim Nabuco em 2018 no consórcio.

A seguir, temos as Figuras 8 e 9, que mostram as mudanças ocorridas na região de 2006 a 2018.



Fonte: Google Earth, 2019.

Esta pesquisa encontrou uma limitação na análise das imagens do aterro administrado pela COMSUL. Devido a um erro de processamento da ferramenta Google Earth, utilizada nesta pesquisa para obtenção das imagens, a comparação entre os anos foi parcialmente prejudicada. Parte da imagem de 2018 não foi atualizada pela ferramenta, permanecendo igual a de 2006, como é possível ver na Figura 9.

Figura 9 Aterro Sanitário de Escada em 2018



Fonte: Google Earth, 2019.

Apesar disso, ainda é possível perceber a expansão do aterro ao olharmos a área verde dentro dos limites do aterro no ano de 2006 e que inexistia na imagem de 2018. Outro dado que chamou atenção na análise do entorno foi a proximidade do aterro com o cultivo de culturas agrícolas presentes nas duas imagens. Contudo, ao analisar a Lei 12.305/10 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos não foi encontrada nenhuma proibição a atividade.

4.3 Jaboatão dos Guararapes

A coleta de resíduos do município é realizada através de contrato de prestação de serviços com empresas terceirizadas em conjunto com equipes da prefeitura. A limpeza e recolhimento dos resíduos ficam a cargo das empresas Locar e Via Ambiental, enquanto a CTR Candeias é o aterro sanitário responsável pelo destino desse material (VIEIRA, BELTRAME, 2017).

O CTR Candeias recebe resíduos urbanos e industriais não perigosos enquadrados nas Classes IIA e IIB, conforme a NBR 10.004/2004.

A área do aterro é nivelada e impermeabilizada com uma manta de PEAD, que evita a contaminação do solo pelo chorume gerado a partir da decomposição dos resíduos, garantindo a não contaminação das águas subterrâneas. Possui redes de drenagem de chorume, biogás e águas pluviais. Além do lixo doméstico de Jaboatão, recebe também os das cidades de Paulista, Cabo de Santo Agostinho, Moreno e Recife (ECOPESA,2018).

Além do aterro sanitário, a CTR Candeias administra também outras unidades de tratamento, sendo elas:

- Unidade de Beneficiamento de Resíduos da Construção Civil: com capacidade de tratamento de 25 toneladas/hora de resíduos da construção civil (RCC). A unidade tritura o entulho em um material com quatro granulometrias diferentes e reaproveitados na construção civil;

- Unidade Tratamento de Efluentes: com capacidade de tratamento de 12m²/h de chorume, que atende aos padrões da legislação vigente e sendo reutilizado posteriormente no próprio aterro.

- Unidade de Tratamento de Lâmpadas Fluorescentes: utiliza uma tecnologia simples, mas eficiente, que proporciona o descarte correto de lâmpadas. Com capacidade de tratamento de 15 lâmpadas por minuto, o papa lâmpadas é uma máquina que através de filtros capturam e neutralizam o valor de mercúrio e reaproveita o vidro e terminais metálicos das lâmpadas.

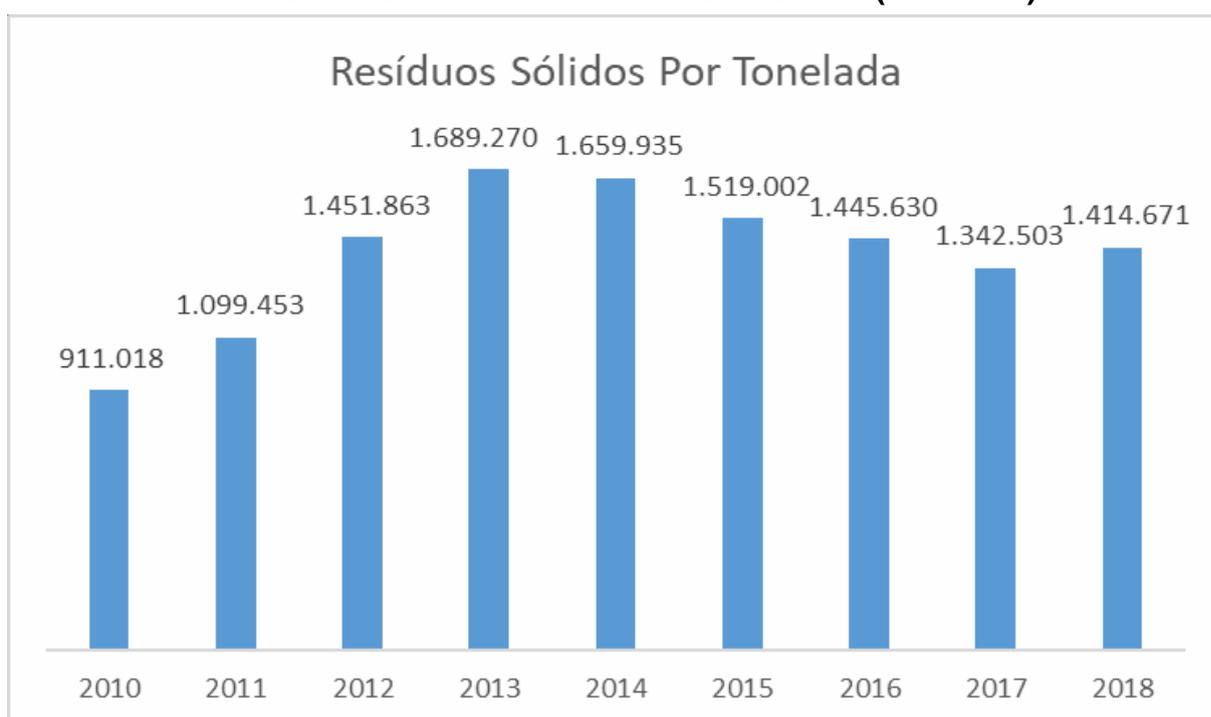
O CTR Candeias também contará com a primeira usina de geração de biogás de Pernambuco, que gerará energia elétrica a partir da decomposição do lixo orgânico do aterro. O sistema formado por 14 geradores utilizará o gás metano, grande contribuinte do efeito estufa, impedindo que seja liberado no meio ambiente. A capacidade de geração de energia será de 10 megawatts, o suficiente para atender cerca de 300 mil pessoas (COSTA,2018).

Hoje, o tratamento do metano proveniente da decomposição do lixo é queimado em duas chaminés a uma temperatura de 1000°C, transformando-se em gás carbônico e liberado no ar. O novo sistema vai aproveitar o gás e o transformará em energia, que será vendida e ajudará a custear as operações do aterro, principalmente o tratamento do chorume, que chega a corresponder 30% das despesas (COSTA, 2018).

A prefeitura de Jaboatão teve o reconhecimento da ONU, por meio do Programa de Coleta Seletiva pelas ações que foram realizadas e aplicadas há cerca de dois anos e meio. O projeto fez com que Jaboatão fosse o primeiro município pernambucano a receber o prêmio desde que o Fórum das Nações da ONU foi criado, em 2003 (DIÁRIO DE PE, 2019).

A seguir no gráfico 5, temos o histórico de pesagem total do CTR Candeias. Esta pesquisa solicitou os dados desagregados por municípios, mas não obteve o detalhamento por parte da instituição detentora dos dados. Ainda assim, podemos observar que entre os anos de 2010 até 2013 houve um crescimento no número do lixo recolhido, passando de 911.018 toneladas para 1.689.270 toneladas em 2013. Esse valor diminuiu a partir de 2014 e voltou a crescer em 2018, fechando o ano em 1.414.671 toneladas.

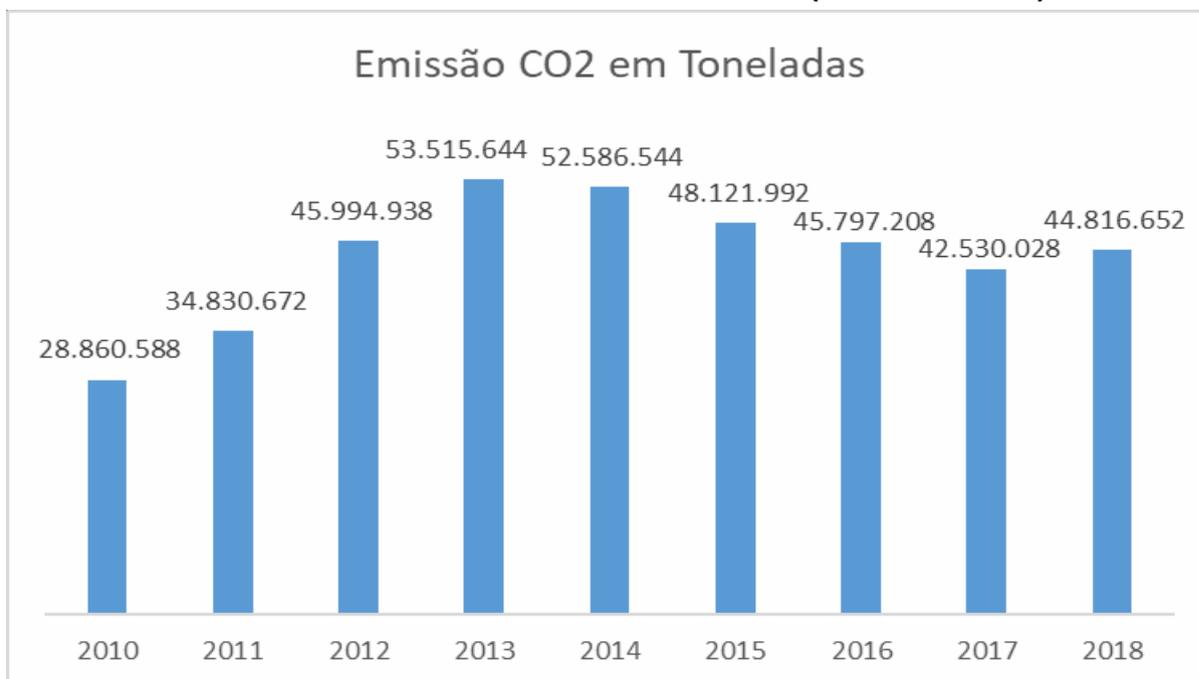
Gráfico 5 Resíduos Sólidos CTR Candeias (Jaboatão)



Fonte: CPRH, 2019.

De maneira análoga, o comportamento do Gráfico 6 sobre a emissão de CO₂ do CTR Candeias repete ao do gráfico 5, passando de 28.860.588 t/CO₂ em 2010 para 44.816.652 t/CO₂ em 2018.

Gráfico 6: Emissão CO₂ em Toneladas (CTR Candeias)



Fonte: SOS Mata Atlântica, 2019.

Ao analisar as imagens de satélite no Google Earth, percebe-se a expansão do aterro: em 2010 ainda havia um quadrante sem utilização, ainda coberto com sua vegetação (Figura 10). Já em 2018, a área já estava em utilização (Figura 11).

Figura 10 Aterro Sanitário de Jaboatão dos Guararapes em 2010



Fonte: Google Earth, 2019.

Figura 11 Aterro Sanitário de Jaboatão dos Guararapes em 2018



Fonte: Google Earth, 2019.

Também foi observado a construção dos cinturões verdes nas camadas de lixo. Nota-se também o aumento no número de unidades de tratamento do chorume ao longo dos 8 anos entre as datas das duas imagens.

Ao redor do aterro, percebe-se ainda o aumento da expansão urbana por meio de no número de construções, possivelmente residenciais próximas aoAterro.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reforçando a ideia de que quanto maiores os recursos econômicos dos municípios, maior a sua capacidade de enfrentamento das questões ambientais, Jabotão dos Guararapes, com IDHM e PIB maiores que os outros municípios estudados nessa pesquisa, tem um aterro sanitário com estruturas e unidades de tratamento melhor desenvolvidas.

Porém, é importante salientar que a falta de recursos financeiros não são obrigatoriamente impedimento para conseguir obedecer a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Para os pequenos municípios, cujas soluções ambientais muitas vezes extrapolam a capacidade das prefeituras em termos de investimentos, recursos humanos e tecnológicos, a organização em consórcios tem se apresentado como alternativa viável no enfrentamento dos problemas ambientais. Ao se organizarem conjuntamente, conseguem reduzir custos e encontrar alternativas de gestão que satisfaçam todas as partes, obedecendo a legislação e consecutivamente, conseguindo atrair novos investimentos federais.

Na gestão correta dos resíduos sólidos, é importante destacar também o papel das instituições públicas de ensino superior e técnico, que podem ajudar na introdução de novas tecnologias com custos menores para os municípios. O papel de pesquisa e extensão das universidades públicas deve estar atento as necessidades da sociedade, ajudando no desenvolvimento sustentável do país.

Apesar das unidades de tratamento de diferentes tipos de resíduos sólidos de Jabotão dos Guararapes e dos trabalhos de tratamento de efluentes pelos consórcios de Escada e Altinho, a produção de gases provenientes da decomposição do lixo desses aterros ainda não é reaproveitada como energia.

O tratamento de gases produzidos no aterro do município de Jabotão reduz a poluição ao transformar metano em gás carbônico, mas é importante salientar que ainda assim é um gás do efeito estufa sendo liberado na atmosfera. Quanto aos outros dois municípios, todo o gás produzido como metano, óxidos de nitrogênio, óxidos de enxofre e dióxido de carbono é liberado no meio ambiente, contribuindo para o aumento de gases do efeito estufa na atmosfera e sendo o principal impacto

dos aterros sanitários nas mudanças climáticas para esses municípios.

Embora haja os planos para reaproveitamento do biogás no aterro de Jabotão dos Guararapes, a poluição atmosférica segue principalmente para os povoados. Como observado na literatura, apesar das proporções globais, as mudanças climáticas são produzidas e sentidas a nível das cidades, e nos três municípios estudados, a principal fonte de poluição gerada pelos aterros foi a atmosférica, gerada pela emissão do biogás. Entre as limitações desta pesquisa, tivemos a falha na imagem do ano de 2018 do aterro sanitário de Escada, devido a erro de processamento da ferramenta utilizada neste trabalho, que limitou a análise das mudanças ocorridas na área no decorrer dos anos.

Se adequar a Política Nacional de Resíduos Sólidos, extinguir os lixões e substituí-los por aterros sanitários, tem sido um verdadeiro desafio para muitos municípios. Nesta pesquisa, constatou-se que os municípios pesquisados, independentemente de seu porte econômico, vem conseguindo obter boas práticas de gestão do lixo, servindo de exemplo para outros estados no correto descarte dos resíduos sólidos.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 10004: Resíduos Sólidos Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

AMBIENTE BRASIL. Resíduos sólidos. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/residuos/residuos_solidos.html> Acesso em: 20 de novembro de 2018.

ATLAS de Desenvolvimento Humano do Brasil. 2010. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br>>. Acesso em 15 de novembro de 2018.

AUER, Cláudio. **Ciclo do Carbono**. 2013. Disponível em: <<https://claudioauer.blogspot.com/2013/05/ciclo-do-carbono.html>>. Acesso em 02 de fevereiro de 2019.

BARROS, Raphael Tobias de Vasconcelos. **Elementos de resíduos sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura, 2012.

Brasil. Ministério de Ciência e Tecnologia. **Inventário Brasileiro das emissões e remoções antrópicas de gases de efeito estufa – Informações Gerais e Valores Preliminares**. Brasília: Ministério de Ciência e Tecnologia; 2009.

CARVALHO, Georgia et al. **Perguntas e Respostas sobre Mudanças Climáticas**.

Belém: IPAM – Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2002.

COOPER, D. R., SHINDLER, P. S. **Métodos de Pesquisa em Administração**. 7ed. Porto Alegre: Bookman, 2003. 640 p.

COSTA, Priscila. Aterro da Muribeca terá usina para produzir energia elétrica. Folha PE, Recife. 2018. Disponível em: <<https://www.folhape.com.br/noticias/noticias/cotidiano/2018/03/23/NWS,62868,70,449,NOTICIAS,2190-ATERRO-MURIBECA-TERA-USINA-PARA-PRODUZIR-ENERGIA-ELETRICA.aspx>>. Acesso em: 05 de maio de 2019.

DIÁRIO DE PERNAMBUCO. Jaboatão dos Guararapes recebe prêmio da ONU, Recife. 2019, Disponível em: <<https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/politica/2019/06/jaboatao-dos-guararapes-recebe-premio-da-onu.html>> Acesso em: 13 de julho de 2019.

ENGENHARIA Frank. O que é um Aterro Sanitário. 2012. Disponível em: <<https://engenhafrank.blogspot.com/2012/06/o-que-e-um-aterro-sanitario.html>>. Acesso em 29 de junho de 2019.

G1. Aterro sanitário em Altinho serve de exemplo para municípios no interior de Pernambuco. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pernambuco/videos/t/todos-os-videos/v/aterro-sanitario-em-altinho-serve-de-exemplo-para-municipios-do-interior-de-pernambuco/3975684/>>. Acesso em 05 de maio de 2019.

GOUVEIA, Nelson. **Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social**. Ciência e Saúde Coletiva. Vol. 17, n. 6, pg 1503-1510. 2012.

IPCC. **Cambio Climático 2007**: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III ao Cuarto Informe de evolución del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC, Ginebra, Suiza, 2007.

IGUI Ecologia. Aquecimento Global. 2019. Disponível em: <<https://www.iguiecologia.com/aquecimento-global/>>. Acesso em 29 de julho de 2019.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Working Group III contribution to the IPCC Fourth Assessment Report: Mitigation of Climate Change. Summary for Policymakers. Geneva, Switzerland, 2007.

KOEHNTOPP, P. I. **Governança e Mudança Climática nas cidades contemporâneas**: o caso de Joinville – SC. 2010. 405 f. Tese (Doutorado em Ciências Humanas). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

LEME, S. M. Comportamento da População Urbana no Manejo dos Resíduos Sólidos Domiciliares em Aquidauana – MS. Geografia - v. 18, n. 1, jan./jun, p.157-192, 2009. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia>. Acesso em: 01 de novembro de 2018.

MALHOTRA, N. **Pesquisa de Marketing**. 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

MARQUES, R. F. **Impactos Ambientais da Disposição de Resíduos sólidos Urbanos no Solo e na água Superficial em três Municípios de Minas Gerais**. 2011. 95f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, 2011.

MESQUITA Jr, José Maria de. **Gestão integrada de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2007.

MMA. Mecanismo De Desenvolvimento Limpo. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/srhu_urbano/_publicacao/125_publicacao12032009023918.pdf. Acesso em 13 de julho de 2019.

MONTEIRO, José Henrique Penido, et al. **Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**, Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MPPE. Ministério Público de Pernambuco. Aterro COMSUL 2. 2015. Disponível em: <<https://vimeo.com/138084395>>. Acesso em 05 de maio de 2019.

NETQUEST. Amostragem não probabilística: Amostra por quotas. Disponível em: <https://www.netquest.com/blog/br/blog/br/amostra-quotas>. Acesso em 13 de julho de 2019.

OLIVEIRA, I. C. P. de. **Sistema de Indicadores para identificação das principais fontes de emissão dos gases do efeito estufa**: uma proposta teórico-metodológica. 2013. 243 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Urbano). Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

OMS. WHO calls on countries to protect health from climate change. 2015. Disponível em: <<https://www.who.int/es/news-room/detail/17-11-2015-who-calls-on-countries-to-protect-health-from-climate-change>>. Acesso em 05 de fevereiro de 2019.

OPAS- Organización Panamericana de La Salud Informe de La evaluacion regional de los servicios de manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y El caribe Washington, D.C, 2005.

PINTO, E. D. P. P. et al. **Perguntas e respostas sobre aquecimento global**. 65 p. 4ª edição ed. Pará, 2009.

Prefeitura do Município de São Paulo. **Inventário de emissões de gases de efeito estufa do Município de São Paulo – Síntese**. São Paulo: Prefeitura do Município de São Paulo;2005.

QUISSINI, C. S. et al. Determinação dos aspectos quali-quantitativos dos resíduos sólidos domésticos – estudo de caso município de são marcos. In: Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2007, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte/MG: ABES, 2007.p.1-7.

SANCHEZ, Areta. **Atividades humanas e Mudanças Climático-Ambientais: uma relação inevitável**. 2009. 122 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear – Reatores). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo.

SATURNINO, Gustavo. **Avaliação do Potencial de produção de biogás a partir da classificação de resíduos sólidos urbanos (RSU) depositados no aterro sanitário COMAGSUL, Altinho PE**. 2016. 34 f. Monografia (Engenharia Ambiental). Faculdade ASCES,Caruaru.

SILVA, Cleyton Martins. **Avaliação de gases efeito estufa na cidade do Rio de Janeiro**. 2012. 130 f. Dissertação (Mestrado em Química). Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

SOS Mata Atlântica. Calculadora de Emissão de CO2. 2019. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/projeto/florestas-futuro/como-participar/calculadora/>>. Acesso em 28 de maio de 2019.

VIEIRA, L. P., BELTRAME, L. T. C. Educação ambiental: a resposta para o problema de resíduos sólidos urbanos. In: 8º fórum Internacional de Resíduos Sólidos, 2017, Curitiba. **Anais**. Curitiba, 2017.

UNEP. UNITED NATIONAL ENVIRONMENT PROGRAMME, Solid Waste Management. U.S.A, UNEP, 2005.

USP. Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. 2005. Disponível em: <<http://www.ib.usp.br/~delitti/projeto/rhavana/Index.htm#topo>>. Acesso em: 02 de fevereiro de 2019.