

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS GERADOS NA DESTINAÇÃO FINAL DE RSU UTILIZANDO ANÁLISE DO CICLO DE VIDA: ESTUDO DE CASO FEIRA DE SANTANA-BA

Marília Crusoé Figueiredo

Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental – UEFS. E-mail: mariliacrusoef@hotmail.com.

Syntia Meneses Silva

Licenciatura em Química. Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, UEFS, Feira de Santana, Brasil. E-mail: syntia_quimica@hotmail.com.

Hamilton de Araújo Silva Neto

Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Estadual de Feira de Santana, Mestrando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental – UEFS. E-mail: enghamiltoneto@gmail.com.

Endereço: Av. Transnordestina, s/n – Novo Horizonte – Feira de Santana - BA - CEP: 44036-900 - Brasil - Tel: +55 (75) 3161-8000

RESUMO

Com o crescimento urbano e industrial das sociedades modernas, tem-se originado uma produção exponencial de resíduos sólidos, tornando-se cada vez mais necessária à procura tanto por novas formas de gestão desses resíduos, quanto por locais para depositá-los. Muitos dos problemas associados à disposição final dos resíduos sólidos, estão vinculados ao crescimento demográfico nos centros urbanos, fato que vem limitando as áreas disponíveis para a implementação de novos aterros sanitários. Neste sentido o presente artigo tem como objetivo avaliar comparativamente os ciclos de vida dos resíduos urbanos aterrados, incinerados, compostados e reciclagem na cidade de Feira de Santana-BA, utilizando como método a avaliação do ciclo de vida (ACV). Os resultados obtidos revelam que, a implantação de processos de triagem, reciclagem, compostagem e incineração associados a um aterro sanitário, apresentam menores impactos ambientais se comparados ao cenário atual, no qual todo o material coletado é encaminhado apenas para o aterro.

PALAVRAS-CHAVE: Destinação final de resíduos sólidos, Impactos ambientais, Avaliação do Ciclo de Vida,

INTRODUÇÃO

Atualmente, as administrações municipais e a sociedade em geral têm como um dos desafios à busca de alternativas e soluções para os problemas causados pela geração do lixo nestas localidades. Na Bahia, segundo dados da ABRELPE (2014), cada habitante das cidades de médio e grande porte baiano produz cerca de 0,79 quilos de lixo por habitante a cada dia. Neste contexto as ações promovidas pelas municipalidades nos sistemas de coleta, transporte, tratamento e destinação final, devem levar em conta critérios sanitários, ambientais e econômicos, de forma a promover a sustentabilidade das cidades.

Muitos dos problemas associados à disposição final dos resíduos sólidos, estão vinculados ao crescimento demográfico nos centros urbanos, fato que vem limitando as áreas disponíveis para a implementação de novos aterros sanitários. Grandes cidades precisam, muitas vezes, exportar seu lixo para áreas de municípios vizinhos. Em diversas outras situações, áreas não adequadas são usadas como depósitos provisórios que, com o tempo, muitas vezes acabam se tornando permanentes.

Dentre os riscos e inconvenientes causados pela destinação inadequada dos resíduos sólidos destacam-se: Poluição dos solos, dos rios e aquíferos por lixiviação de substâncias tóxicas presentes nos resíduos; Dispersão do lixo devido a condições meteorológicas propícias (Clima, temperatura, chuvas, etc.); Dissipação de metano que, escapando-se para a atmosfera, contribui para o efeito estufa e, ficando retido na massa de lixo, pode dar origem a explosões e incêndios; A liberação de gases como CO₂ e CH₄ para a atmosfera devido à incineração nas lixeiras, o qual pode ser aproveitado para a produção de biogás; Degradação da paisagem.

Segundo Gomes et. al. (2009) o aterro sanitário é a técnica ambientalmente adequada, mais utilizada no Brasil, sobrepondo-se a reciclagem e/ou reutilização. Isto deve-se ao fato da realidade atual do país, sendo viável tanto do ponto de vista técnico quanto do ponto de vista econômico. A priorização desta técnica deve-se as suas características construtivas, que permitem minimizar os efeitos do gás produzido, através da sua drenagem e queima e, da geração de lixiviado, prescindindo da sua coleta e tratamento.

A incineração é um processo complementar ao aterramento e aos programas de reciclagem, conhecidos como 3 R's (Reduzir na fonte, Reutilizar e Reciclar) na medida em que estes sejam economicamente viáveis localmente. A tecnologia de incineração hoje empregada no mundo incorpora além dos mecanismos de aproveitamento da energia térmica, o desenvolvimento de sistemas de tratamento e depuração de gases, capazes de controlar, significativamente, a emissão de poluentes atmosféricos, e satisfazer, em geral, aos padrões ambientais de emissão vigentes. (MACHADO, 2015)

A compostagem pode constituir um processo de tratamento dos resíduos sólidos integrado num sistema de reciclagem de materiais ou como único sistema de tratamento da fração orgânica dos resíduos, já que trata-se de um processo biológico aeróbico, onde há degradação da matéria orgânica por microrganismos, formação de composto orgânico estável e destruição dos microrganismos patogênicos.

A ACV é uma ferramenta do pensamento sistêmico de apoio à tomada de decisões que gera: informações; avalia impactos e compara desenhos ambientais de produtos ou serviços no “berço ao túmulo”. Esta ferramenta permite avaliar todas as etapas do ciclo de vida, computando e calculando os *inputs* (em termos de matérias-primas e energia) e *outputs* (em termos de emissões para o ar, água e produção de resíduos) de cada etapa. Estes são depois agregados, e convertidos em impactos para o ambiente, representando os efeitos globais do ciclo de vida do produto ou serviço (TAVARES, 2013).

Essa avaliação identifica oportunidades para melhorar o desempenho ambiental e, em longo prazo, pode promover mudanças tecnológicas fundamentais tanto na produção quanto nos produtos, em parte, em razão do efeito multiplicador ao longo da cadeia de produção, inclusive no uso otimizado de energia e de materiais, por meio da utilização de processos de reciclagem e de reúso (CALDEIRA; PIRES *et al.*, 2005). De acordo com Chehebe (1997) *apud*. Barbosa Júnior (2008), a ACV requer toda uma análise dos produtos envolvidos no sistema, considerando todas as categorias de impactos ambientais, e pode ser utilizada para uma grande variedade de propósitos, pois se trata de um instrumento para gerenciar os aspectos ambientais das várias fases do sistema de produção.

O processo ACV é uma sistemática abordagem faseada composta por quatro componentes, sendo elas: definição de objetivos e escopo; análise de inventário; avaliação de impacto; e, interpretação dos resultados (ISO 14040: 1997). A primeira etapa define o objetivo final do estudo e o seu nível de detalhe. A ACV deve incluir a definição de: função ou funções do sistema em estudo; unidade funcional, como a unidade de referência para a quantificação das correntes de *input* e *output* do sistema; e o sistema estudado e sua fronteira, isto é, as unidades processuais que são incluídas no sistema em estudo (Camobreco *et al.*, 1999 *apud* Tavares 2013). Já a análise de inventário é uma ferramenta analítica, usada para quantificar os fluxos do ambiente e para o ambiente, ao longo de todo o ciclo de vida do produto ou processo. Estes fluxos incluem as emissões para o ar, efluentes hídricos, resíduos e o consumo ou diminuição de energia e outros recursos (Camobreco *et al.*, 1999 *apud* Tavares, 2013). A avaliação de impactos envolve a conversão do inventário do ciclo de vida (ICV) em efeitos ambientais (White *et al.*, 1999 *apud* Tavares, 2013). Esta fase visa avaliar a extensão e importância das pressões ambientais resultantes do ciclo de vida estudado. Deve por isso ser criada uma relação entre a unidade funcional do produto ou serviço e os impactos para o ambiente, limitação de recursos e prejuízos a saúde humana.

OBJETIVO

O presente artigo possui como objetivo avaliar comparativamente os ciclos de vida dos resíduos urbanos aterrados, incinerados, compostados e reciclados na cidade de Feira de Santana-BA.

METODOLOGIA

A metodologia de ACV baseia-se na ISO 14040 que define quatro etapas para a ACV, sendo elas: 1) definição de objetivo e escopo; 2) análise de inventário; 3) avaliação de impacto e; 4) interpretação dos resultados.

O objetivo definido para o trabalho proposto foi avaliar o ciclo de vida dos resíduos sólidos urbanos em Feira de Santana, Bahia, quando encaminhados para quatro tipos de sistemas: aterro sanitário de RSU; incineração; compostagem e; reciclagem. Uma vez que todos os sistemas estudados apresentam o componente transporte, a sua inclusão não foi considerada como um impacto.

A principal função dos sistemas escolhidos é a eliminação de resíduos. Para todos os três sistemas em estudo definiu-se uma única unidade funcional. Neste caso optou-se pelo quilograma de RSU depositado, de modo a permitir uma fácil interpretação dos resultados.

De forma a alcançar o objetivo proposto, foram estudados cinco diferentes cenários sendo eles: 1) Todo o RU sendo aterrado; 2) Todo o RU sendo incinerado; 3) 40% referente à matéria orgânica sendo compostada e o restante dos RU (60%) sendo aterrados; 4) 40% referente à matéria orgânica sendo compostada e o restante dos RU (60%) sendo incinerados e; 5) Porcentagens distintas dos resíduos sendo aterrados, incinerados, compostados e reciclados, os valores foram obtidos a partir

da composição gravimétrica.

De modo a facilitar a elaboração e compreensão da análise de inventário, foram feitos levantamentos na literatura dos fluxos de saídas dos sistemas de deposição em aterro sanitário, incineração e compostagem, considerou-se apenas as saídas devido ao objetivo do trabalho. Também foram utilizados dados de composição gravimétrica dos RSU obtidos da LIMPURB (2013), dados esses, referentes à Salvador e região metropolitana e adequados a realidade de Feira de Santana.

As saídas computadas para o aterro sanitário foram às emissões atmosféricas que englobam: o gás metano; o dióxido de carbono e; dióxido de enxofre. As emissões para água nesse sistema foram: nitrogênio; cloretos; zinco; níquel; cádmio e; chumbo. Já as emissões atmosféricas do processo de incineração consideradas foram: fluoreto de hidrogênio; cloreto de hidrogênio; monóxido de carbono; óxido de nitrogênio e; dióxido de carbono. As emissões para água da incineração foram: cobre; zinco; chumbo; níquel e; cádmio. Por fim, para o processo de compostagem foram consideradas apenas as emissões atmosféricas que, possuem como gases mais significativos o dióxido de carbono e o metano.

A base de dados utilizada para o cálculo dos resultados foi o Ecoinvent (incluso no *software* SimaPro 8.0.5.13), que compreende inventários de ciclo de vida (ICV) de diversos setores, entre os quais o tratamento de resíduos, refletindo a produção e abastecimento com base nos padrões suíços e europeus.

Na etapa de avaliação de impactos foi utilizado o método ILCD, 2011, onde considerou-se o cenário de lançamento de resíduos no aterro sanitário e concomitantemente os destinos dos resíduos aos tratamentos mais adequados. Para alcançar o objetivo do estudo foi utilizado o *software* SimaPro 8.0.5.13, com licença fornecida pela Universidade Federal da Bahia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na etapa de avaliação de impactos foi utilizado o método ILCD, 2011 (incluso no *software* SimaPro 8.0.5.13) e os impactos analisados foram mudanças climáticas, contaminação de água doce e toxicidade humana, estes foram escolhidos por serem os mais expressivos dentro do tema proposto, segundo os dados oferecidos pelo programa, estando os resultados obtidos abaixo. As análises dos resultados foram feitas a partir das observações dos fluxos ocasionados pelos tipos de destinação final adotados, uma vez que os valores apresentados são estabelecidos pelo tipo de método utilizado.

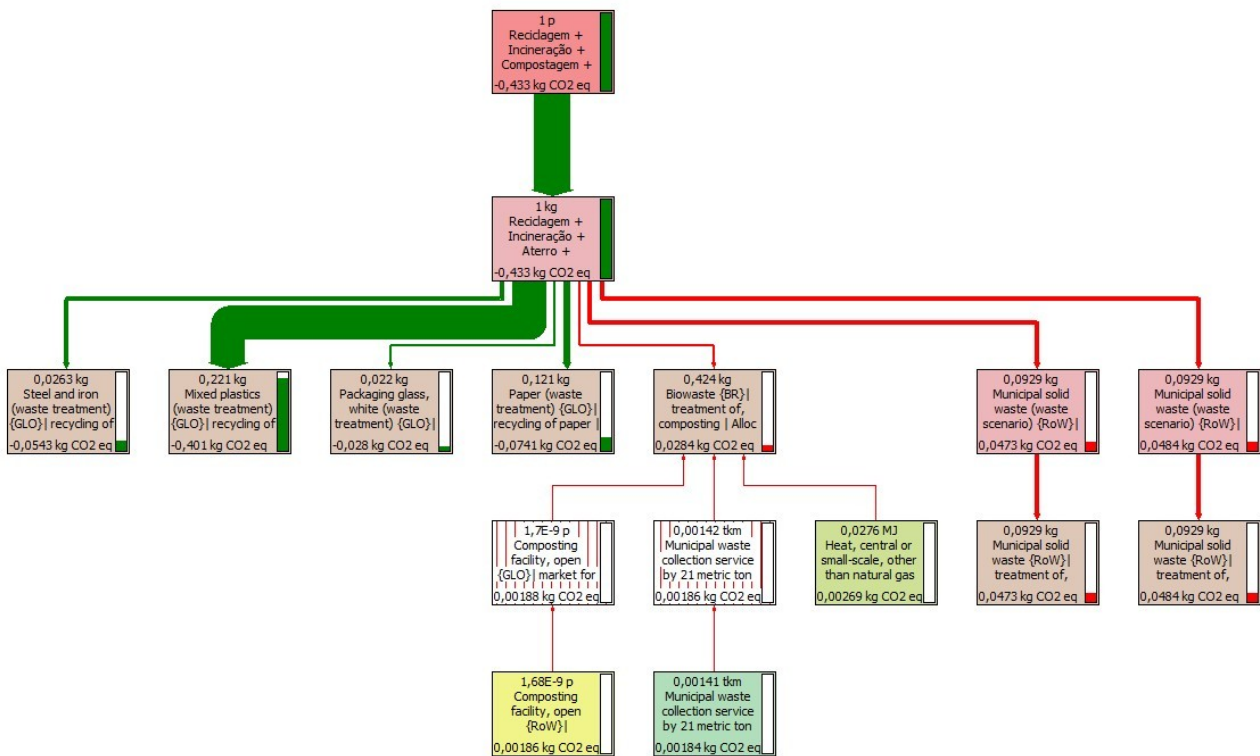
• MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A partir da análise do impacto de mudanças climáticas, mostrados na Figura 1 abaixo, o resultado da compostagem mostra que mesmo sendo um tratamento biológico controlado, possui um impacto negativo, pois durante todo o processo de decomposição há desprendimento de gás carbônico (KIEHL, 1998) e como o quantitativo de resíduos compostados no cenário em estudo foi de aproximadamente 40%, este se torna significativo.

O processo de reciclagem, demonstrado pelo fluxo positivo (setas verdes), evidencia que há um ganho ambiental, tendo no resíduo de plástico o maior índice. Esse resultado comprova que a redução da retirada de matéria prima da natureza minimiza os impactos gerados na mesma, tendo em vista a possibilidade da reinserção destes materiais em outras cadeias produtivas.

Estabelecendo um comparativo entre os impactos dos resíduos aterrados em relação aos incinerados, nota-se que mesmo os valores sendo próximos, a emissão de CO₂ nos incineradores é um pouco mais representativa, este fator pode estar relacionado com a eficiência de combustão do sistema de queima do biogás no aterro sanitário, que se deve a consideração de que o biogás é um combustível mais “puro” e pode gerar menos poluentes no processo de combustão (TAVARES, 2013).

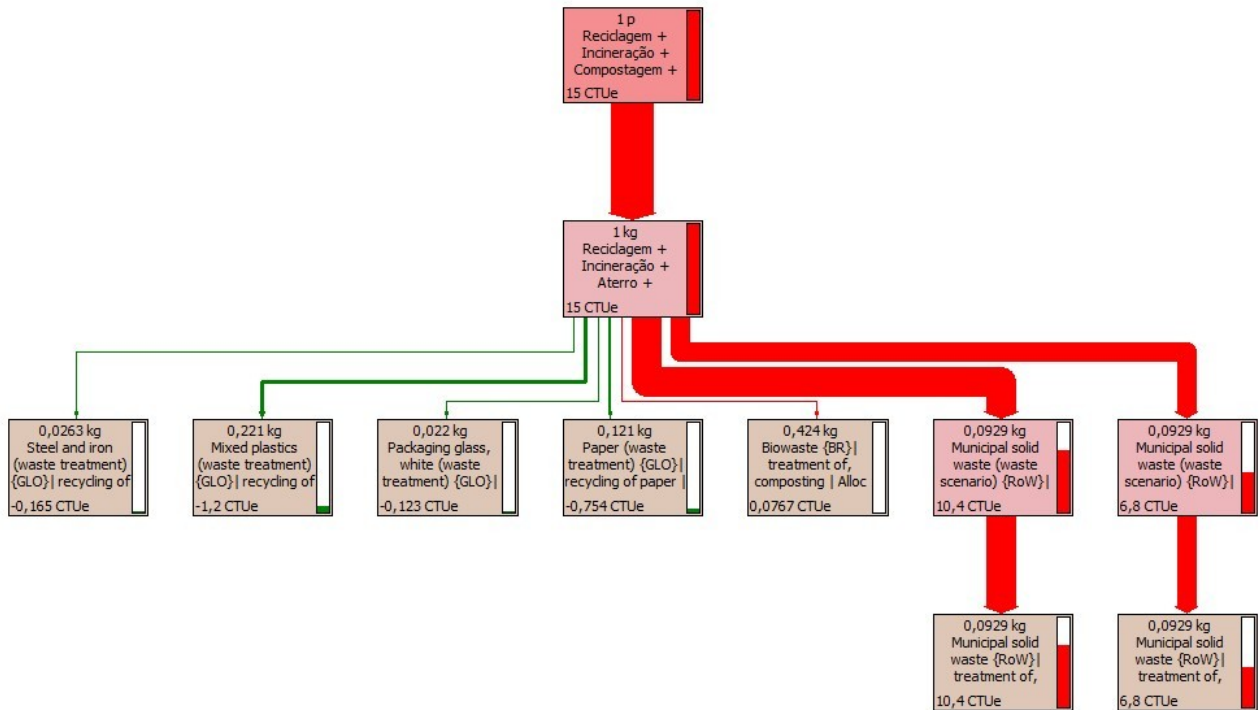
Figura 1– Impacto de mudanças climáticas a partir do CO₂.



• **TOXIDADE EM ÁGUA DOCE**

Os valores de pontuação obtidos pela Figura 2, demonstram os altos índices de contaminação das águas provenientes das destinações dadas aos resíduos aterrados e incinerados. Verifica-se que o impacto geral na água doce gerado pelo aterro é mais representativo quando comparado com o processo de incineração. Esse fator se deve a geração do lixiviado, que pode ocasionar contaminação das águas subterrâneas e superficiais, alterando as características físico-químicas e microbiológicas dos corpos d'água.

Figura 2 – Impactos gerados na água doce.

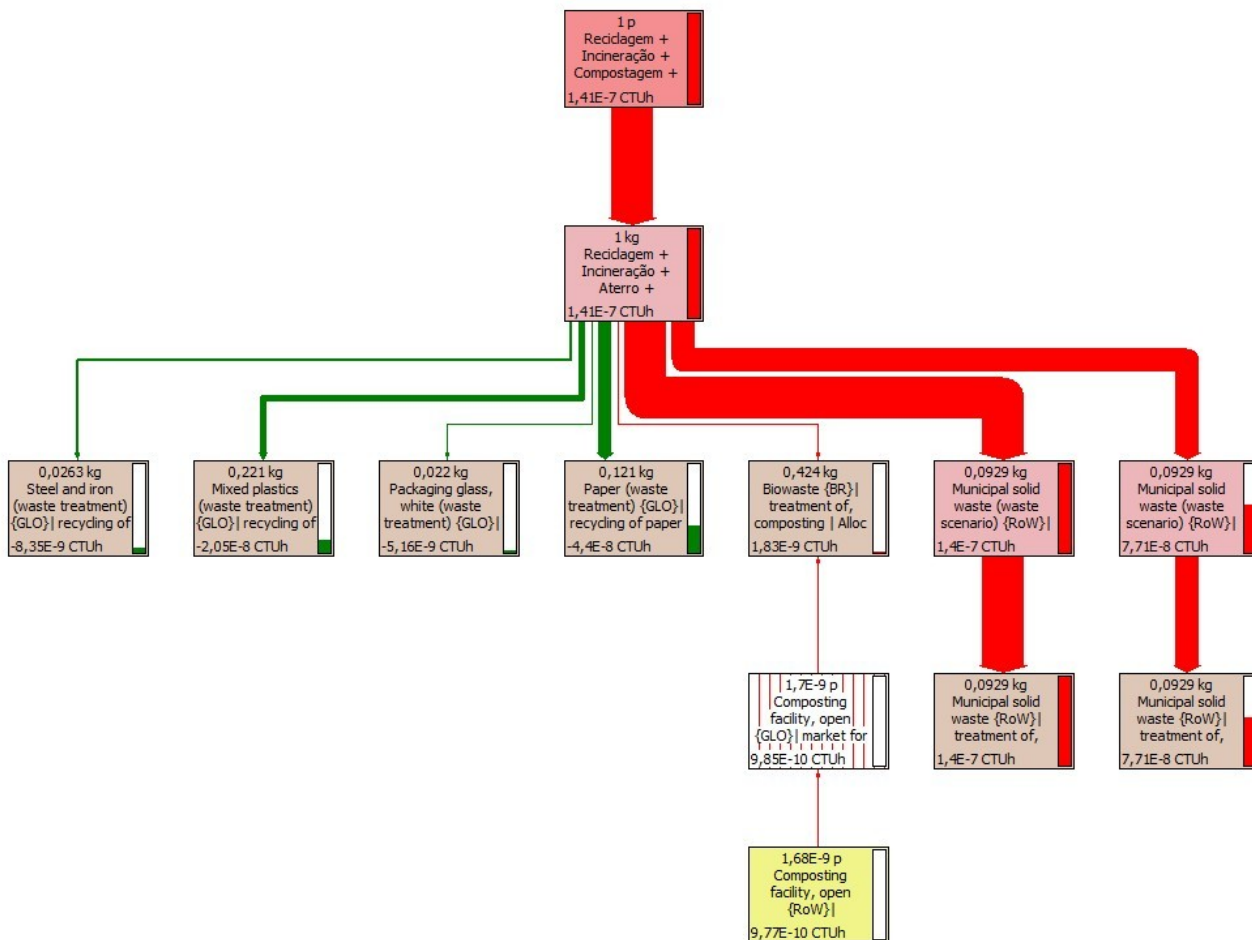


• **TOXIDADE HUMANA**

Tendo em vista os resultados obtidos a partir da análise dos impactos em água doce, nota-se que a contaminação dos recursos hídricos e do solo pelo lixiviado, em contato de forma direta ou indireta, pode acarretar riscos à saúde humana, uma vez que o líquido percolado é altamente tóxico, podendo conter elevados índices de DBO, DQO, amônia e traços de metais pesados.

No estudo, a substância que impacta mais significativamente nos copos d'água é o zinco. Este elemento é essenciais para os seres vivos, porém por ser um metal pesado, a ingestão em excesso pode provocar intoxicação, causando serias doenças e até a morte (LEVY, 2001). Quando metabolizado pelo organismo em altas concentrações, o zinco continua normalmente seu transporte, saturando as proteínas, impedido a distribuição dos outros minerais, como o ferro e o cromo e provocando o estresse oxidativo das células e a morte neuronal (SIZER, 2003). A Figura 3 abaixo mostra os impactos na saúde humana para substâncias não cancerígenas.

Figura 3– Impactos gerados na saúde humana (não cancerígenos).



CONCLUSÃO

Os resultados obtidos revelam que, a implantação de processos de triagem, reciclagem, compostagem e incineração associados ao aterro sanitário de Feira de Santana, apresentam menores impactos ambientais se comparados ao cenário atual, no qual todo o material coletado é encaminhado apenas para o aterro. Além de contribuir para o controle das emissões atmosféricas, a compostagem, incineração e a reciclagem, influenciam de forma direta, aumentando a vida útil do aterro, uma vez que evita a disposição de grandes quantidades dos materiais.

Portanto, em uma avaliação global, o gerenciamento integrado de resíduos, associando diversas ferramentas é primordial e pode promover uma contribuição para a proteção dos recursos naturais.

Todos, comunidade, poder público e empresas devem lutar por uma política nacional de resíduos sólidos que responsabilize todos os setores da sociedade, bem como por recursos financeiros para dotar nossas cidades de um gerenciamento de resíduos que seja sanitariamente correto, nos quais os projetos técnicos atendam às realidades locais, integrando as dimensões do ecológico, do biológico, do social e do estímulo a participação social, com intuito de promover mudanças ambientais direcionadas à promoção a saúde e a melhoria de qualidade de vida.

Desta maneira, todas as informações geradas pelo presente estudo também poderão ser utilizadas de base para modelagem de outros sistemas de gerenciamento de resíduos que tenham características similares e para a realização de projeção de cenários a fim de comparar alternativas para a Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos Urbanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- KIEHL, E. J. *Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto*. Piracicaba. 1998.
- LEVY, E. et al. *Os 10 Mandamentos do Sistema Imunológico*. 2ª ed. São Paulo, pag. 84. 2001. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=iAcYbvrefQC&pg=PA84&dq=zinco&hl=ptPT&sa=X&ei=xdReUa2nBZXI4AOtH4Bw&ved=0CFQQ6AEwBg#v=onepage&q=zinco&f=false>. Acesso em: 07/01/2016.
- LIMPURB – Empresa de Limpeza Urbana de Salvador. *Plano Básico de Limpeza Urbana*. Disponível em: http://www.limpurb.salvador.ba.gov.br/images/PBLU_2012.pdf. Acesso em: 04 de novembro de 2015.
- MACHADO, C. F. *Incineração: Uma Análise Do Tratamento Térmico Dos Resíduos Sólidos Urbanos De Bauru/Sp*. [Trabalho de Conclusão de curso], Rio de Janeiro, 2015.
- SIZER, F. et al. *Nutrição Conceitos e Controvérsias*. Oitava edição, Cap. 8 pag. 290. 2003. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?id=5SAsxSpZ5gIC&printsec=frontcover&hl=ptPT#v=onepage&q&f=false>. Acesso em 07/01/2015.
- TAVARES, V. S. R. *Análise de Ciclo de Vida dos RU em Destino Final. Caso de Estudo: Aterros e Incineradoras de Portugal*. (Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa), 2013.