

### **III-183 - APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE SUSTENTABILIDADE TECNOLÓGICA (IST) EM MUNICÍPIOS BRASILEIROS DAS REGIÕES NORTE E NORDESTE**

**Hosmanny Mauro Goulart Coelho<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre, Doutor e Pós-Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. Especialista em Fontes Alternativas de Energia pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) e MBA em Gerenciamento de Projetos pela Fundação Getúlio Vargas (FGV).

**Lineker Max Goulart Coelho**

Engenheiro Civil pela UFMG e pela Ecole Nationale des Ponts et Chaussées (ENPC). Mestre em Engenharia Sanitária e Ambiental Ecole des Ponts Paris Tech (ENPC). Professor assistente da Universidade Federal de Viçosa – Campus de Rio Paranaíba.

**Alessandra Lee Barbosa Firmo**

Engenheira Química pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Mestre e Doutora em Engenharia pela UFPE. Professor/Pesquisadora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco (IFPE).

**José Fernando Thomé Jucá**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Doutor pela Universidade Politécnica de Madri, Pós-Doutor pela Universidade de São Paulo (USP). Professor/Pesquisador da UFPE.

**Gustavo Henrique Tetzl Rocha**

Engenheiro Metalúrgico pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Antônio Carlos, 6627 – Escola de Engenharia – Campus Pampulha – Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Bloco 2 – Sala 4628 – Belo Horizonte – Minas Gerais – CEP: 30270-901 – Brasil - Tel: +55 (31) 3409-1039 - Fax: +55 (31) 3409-1879 - e-mail: [hosmanny@hotmail.com](mailto:hosmanny@hotmail.com)

#### **RESUMO**

Este trabalho tem por objetivo apresentar os resultados da utilização de um programa de computador denominado Índice de Sustentabilidade Tecnológica (IST), que busca ajudar gestores municipais a selecionar rotas tecnológicas de tratamento mais apropriadas para a realidade do município em questão a partir de dados locais, políticas públicas, características dos resíduos e tecnologias de tratamento de resíduos sólidos disponíveis. A Ferramenta IST é composta por cinco operações sequenciais: Módulo inicial, Módulo 1 – Restrições legais; Módulo 2 – Características dos resíduos sólidos; Módulo 3 – Aplicação do índice de sustentabilidade tecnológica e Módulo de rotas de tratamento. O índice IST é composto por três subíndices: ambiental (PM), econômico (EC) e social (SO) sendo que cada subíndice é composto por 8 indicadores totalizando 24 indicadores para a composição do IST. O módulo de rotas de tratamento apresenta o resultado final da análise. Este módulo calcula o valor IST para todas as rotas tecnológicas aplicáveis ao caso em estudo e os resultados são apresentados em ordem decrescente de valores do IST. A Ferramenta IST fornece sugestões de rotas considerando 6 tecnologias: Aterro sanitário com geração de energia, Aterro sanitário sem geração de energia, Compostagem, Digestão anaeróbica com geração de energia e incineração com geração de energia. Diferentes simulações foram executadas utilizando a Ferramenta em questão e os resultados foram satisfatórios quanto o apoio ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no que tange a definição da rota tecnológica mais apropriada a realidade local.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos Sólidos, Resíduos Sólidos Urbanos, Índices de Sustentabilidade, Indicadores.

#### **INTRODUÇÃO**

Os altos níveis de consumo e consequentemente o acelerado desenvolvimento industrial observado em várias partes do mundo tem levado a um aumento da geração de resíduos sólidos. O total de resíduos sólidos gerados no Brasil em 2012 foi de 76387200 toneladas (ABRELPE, 2013). Comparando os dados de 2012 (76387200 toneladas) com os de 2011 (61.936.368 toneladas) nota-se um aumento de 4,1% contra aumentos de 1,9% de 2010 para 2011 e de 6,8% de 2009 para 2010. (FADE, 2013)

De acordo com o Banco Mundial (2012) cerca de 1,3 bilhões de toneladas de resíduos sólidos são geradas anualmente e estima-se que esta quantidade vai aumentar para 2,2 bilhões até 2025. Ao mesmo tempo o gerenciamento de resíduos sólidos tem ganhado importância porque a disposição inadequada de resíduos sólidos pode acarretar vários impactos negativos ao meio ambiente. Sendo assim, torna-se necessário encontrar formas para reverter esta situação. Na definição de um sistema geral para minimizar estes impactos primeiramente é necessário estabelecer padrões de qualidade ambiental a serem seguidos visando à sustentabilidade.

A propósito, desenvolvimento sustentável significa um equilíbrio entre eficiência econômica, equidade social e proteção ambiental. Além disso, de acordo com a primeira definição deste termo apresentada no *World Commission on Environment and Development (WECD)* em 1991, desenvolvimento sustentável consiste em um desenvolvimento que busca atender as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras atenderem suas necessidades (WECD, 1991). Dessa forma, o gerenciamento de resíduos sólidos (GRS) urbanos tem um papel crucial em alcançar esta condição, pois quando as etapas do GRS são devidamente executadas eles contribuem na redução de passivos ambientais e diminuem o consumo de recursos naturais tais como combustíveis fósseis e água.

Além disso, ressalta-se que o gerenciamento de resíduos sólidos visa orientar gestores e/ou instituições a agir pela sustentabilidade mostrando sua habilidade para utilizar e proteger os recursos naturais (SZARO et al, 1998 apud ORHAN, 2011).

É importante ressaltar que a destinação dos resíduos sólidos urbanos deve obedecer ao princípio de hierarquias clássico que estabelece uma ordem de prioridades iniciando pela não geração e terminando pela disposição final dos resíduos. Dentro desta hierarquia deve-se então priorizar respectivamente: a minimização da geração de resíduos, reutilização, reciclagem e tratamento. De acordo com USEPA (2012), o principal objetivo das tecnologias e políticas para GRS é proteger o meio ambiente e a saúde humana pela redução dos impactos negativos provocados pelos resíduos e pela busca de reutiliza-los para trazer benefícios para a sociedade.

O crescimento da população e o desenvolvimento regional inevitavelmente acarretam pressões sobre o meio ambiente devido ao aumento da geração de resíduos sólidos e consequente crescimento das necessidades de disposição final destes. O gerenciamento sustentável dos resíduos sólidos busca lidar com este aumento de pressões sobre o meio ambiente por meio de uma visão que busque desenvolver uma cadeia de recuperação, reutilização e reciclagem de resíduos associada à minimização da geração destes. Isto inclui o gerenciamento dos recursos naturais e resíduos gerados de maneira ambientalmente amigável e economicamente viável.

Vários estudos têm apresentado os benefícios do gerenciamento de resíduos sólidos para a sustentabilidade. Giegrich & Vogt (2002) reportaram a contribuição do GRS para o desenvolvimento sustentável na Alemanha. Além disso, de acordo Karani & Jewasikiewits (2006) o gerenciamento dos resíduos sólidos surgiu como um setor chave para o desenvolvimento sustentável na África do Sul com oportunidades para obtenção de investimentos em créditos de carbono relacionados a emissão de metano de aterros sanitários.

Dessa forma, buscando fornecer uma ferramenta técnica para o gerenciamento de resíduos sólidos é necessário desenvolver metodologias e modelos de apoio à tomada de decisão voltados para este setor. Os dois instrumentos mais utilizados para avaliar o desempenho são os índices e indicadores. A conferência das nações unidas em meio ambiente e desenvolvimento em 1992 reconheceu o papel importante dos indicadores no apoio aos países tomarem decisões fornecendo informações cruciais à luz do desenvolvimento sustentável (UNEP, 2006). De acordo com EEA (2005), um indicador é uma medida quantitativa que pode tipicamente ser utilizado para ilustrar e comunicar fenômenos complexos de uma maneira simples, fornecendo informações importantes ou tornando perceptíveis fenômenos ou problemas que não foram notados de imediato.

Além disso, indicadores possuem várias funções. Eles podem auxiliar e facilitar decisões e ações mais efetivas simplificando, esclarecendo e fornecendo informação agregada disponível para os tomadores de decisão. Indicadores permitem incorporar fatores ambientais e sociais nas análises de decisão e podem ajudar a medir e calibrar progresso rumo aos objetivos do desenvolvimento sustentável. Indicadores podem ainda apresentar alertas antecipados para prevenir perdas econômicas ambientais e sociais, sendo também ferramentas úteis para comunicar ideias pensamentos e valores (UNEP, 2006). Por outro lado, índices podem ser definidos como um conjunto de indicadores agregados que fornecem uma visão geral de fenômenos ou sistemas que dependem ou

envolvem muitas variáveis. Saisana & Tarantola (2002) descrevem o método mais comum de desenvolvimento de índices, consistindo nas seguintes etapas: definição do fenômeno a ser estudado; seleção dos indicadores baseado em sua relevância quanto ao fenômeno em estudo e facilidade e qualidade dos dados utilizados para sua obtenção; estudo das relações entre indicadores; normalização e atribuição de pesos aos indicadores; e análise de robustez e sensibilidade a qual buscam avaliar a qualidade confiabilidade do índice gerado.

Já existem várias ferramentas de apoio à tomada de decisão tais como os modelos do EPA (USEPA, 2006): Waste reduction model (ARM), Recycled Content Tool (Recon) and Durable Goods Calculator (DGC). Entretanto, embora a preocupação com desenvolvimento sustentável e proteção ambiental tenha crescido consideravelmente nos últimos anos tem se notado que a maioria dos modelos e ferramentas ainda são excessivamente voltados para aspectos econômicos.

Neste contexto, buscando apoiar gestores em suas decisões, o Índice de Sustentabilidade Tecnológica (IST) foi desenvolvido com o objetivo de permitir avaliar a sustentabilidade de tecnologias de tratamento de resíduos considerando seus três aspectos: ambiental, econômico e social. O IST foi determinado a partir de dados reais de plantas de tratamento e os resultados tem mostrado que este índice é uma excelente ferramenta para a escolha de tecnologias de tratamento de resíduos.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar os resultados da utilização do índice IST (Índice de Sustentabilidade Tecnológica) aplicado a municípios da região Norte e Nordeste do Brasil, e busca auxiliar gestores municipais a selecionar tecnologias de tratamento de resíduos mais adequadas à realidade local.

## METODOLOGIA UTILIZADA

A Ferramenta IST (Índice de Sustentabilidade Ambiental) é um instrumento de apoio à tomada de decisão que busca ajudar os gestores municipais a selecionar, a partir de dados locais de políticas públicas, das características de seus resíduos, e de tecnologias de tratamento de resíduos, qual rota tecnológica é a mais adequada à realidade do município em questão considerando aspectos ambientais, econômicos e sociais. Ressalta-se que neste estudo foram consideradas 6 opções de tecnologias: Aterro sanitário com aproveitamento energético; Aterro sanitário sem aproveitamento energético; Incineração com aproveitamento energético; Central de triagem; Compostagem e Digestão anaeróbia com aproveitamento energético.

As três primeiras tecnologias citadas são consideradas como opções individuais e as três últimas não são consideradas sozinhas, mas fazem parte das rotas tecnológicas de tratamentos em que elas são combinadas com as primeiras. Além disso, com base nas características qualitativas e quantitativas dos resíduos certas tecnologias são consideradas inadequadas não sendo consideradas nas análises, maiores detalhes sobre esta classificação são apresentados em FADE (2014). As duas etapas de trabalho serão descritas a seguir:

## FORMULAÇÃO MATEMÁTICA

O IST é formado pela combinação (agregação) de vários indicadores  $qi$  cada um com um peso  $wi$ . Para a agregação foi utilizado o método do somatório cuja formulação matemática é apresentada na Equação 1.

$$IST = \sum_{i=1}^n wi qi \quad \text{equação (1)}$$

Em que:  $wi$  = peso atribuído a cada indicador cujo somatório é igual a 1;  $qi$  = valor normalizado do indicador;  $i$  = indicador de desempenho ambiental da tecnologia de tratamento de resíduos sólidos incluído no índice;  $n$  = número total de indicadores do índice.

## SELEÇÃO DOS INDICADORES E ATRIBUIÇÃO DOS PESOS

Os indicadores que formam o IST foram previamente estabelecidos conforme os indicadores de desempenho ambiental recomendados por *Global Reporting Initiative* (GRI, 2006), OECD (2001, 2008), UNEP (2006). A Tabela 1 apresenta uma descrição dos indicadores que compõem o IST.

**Tabela 1: Indicadores que compõem o IST.**

SUB-ÍNDICE	INDICADORES	
	Código do Indicador	Descrição do Indicador
AM	AM-1	Quantidade de efluente líquido gerado por ano por tonelada de resíduos tratados anualmente (m <sup>3</sup> /t)
	AM-2	Quantidade de dióxido de carbono emitido por ano por tonelada de resíduos tratados anualmente (Nm <sup>3</sup> /t)
	AM-3	Quantidade de gases de efeito estufa emitidos por ano por tonelada de resíduos tratados anualmente (Nm <sup>3</sup> /t)
	AM-4	Quantidade de créditos de carbono negociados por ano por tonelada de resíduos tratados anualmente (Nm <sup>3</sup> /t)
	AM-5	Quantidade de solo utilizado por ano por tonelada de resíduos tratados anualmente (t/t)
	AM-6	Quantidade de energia total consumida no tratamento por ano por tonelada de resíduos tratados anualmente (kWh/t)
	AM-7	Quantidade de energia térmica/vapor gerada no tratamento por ano por tonelada de resíduos tratados anualmente (kWh/t)
	AM-8	Área utilizada pela tecnologia por tonelada de resíduos tratados anualmente (m <sup>2</sup> /t)
EC	EC-1	Despesa do tratamento de efluentes líquidos e gasosos por ano por tonelada de resíduos tratados anualmente (R\$/t)
	EC-2	Receita de venda de créditos de carbono por ano por tonelada de resíduos tratados anualmente (R\$/t)
	EC-3	Estimativa de despesa em área total por m <sup>2</sup> por tonelada de resíduos tratados anualmente (R\$/m <sup>2</sup> .t)
	EC-4	Receita de venda de energia por ano por tonelada de resíduos tratados anualmente (R\$/t)
	EC-5	Despesa com construção total (CAPEX) - infraestrutura, equipamentos, etc por tonelada de resíduos tratados anualmente (R\$/t)
	EC-6	Despesa total de operação por ano (OPEX) - energia, mão-de-obra, encargos fiscais e tributários, etc por tonelada de resíduos tratados anualmente (R\$/t)
	EC-7	Despesa de encerramento por tonelada de resíduos tratados anualmente (R\$/t)
	EC-8	Receita com materiais recicláveis por tonelada de resíduos tratados anualmente (R\$/t)
SO	SO-1	Quantidade de empregos formais gerados na planta por tonelada de resíduos tratados anualmente (pessoas/t)
	SO-2	Pessoal técnico por tonelada de resíduos tratados anualmente (pessoas/t)
	SO-3	Pessoal administrativo por tonelada de resíduos tratados anualmente (pessoas/t)
	SO-4	Pessoal operacional por tonelada de resíduos tratados anualmente (pessoas/t)
	SO-5	Nível de formação/ qualificação dos empregados - Abaixo do fundamental (não alfabetizado) por tonelada de resíduos tratados anualmente (pessoas/t)
	SO-6	Nível de formação/ qualificação dos empregados - Fundamental/médio por tonelada de resíduos tratados anualmente (pessoas/t)
	SO-7	Nível de formação/ qualificação dos empregados – Técnico por tonelada de resíduos tratados anualmente (pessoas/t)
	SO-8	Nível de formação/ qualificação dos empregados – Superior por tonelada de resíduos tratados anualmente (pessoas/t)

A partir dos indicadores pré-selecionados foi realizada uma pesquisa de opinião utilizando o método Delphi (Lindstone & Turoff, 2002) de modo a definir quais indicadores seriam utilizados e qual seria o peso de cada um. Maiores detalhes sobre os pesos para cada tecnologia em função da região do país são fornecidos em FADE (2014).

A partir dos valores do IST, os quais podem variar entre 0 e 1, é possível classificar uma tecnologia de tratamento quanto a seu desempenho ambiental, econômico e social em função das faixas de variação mostradas na Tabela 2.

**Tabela 2: Faixas de Classificação do IST.**

Faixa de Variação	Classificação
0,9 a 1,0	EXCELENTE
0,8 a 0,9	MUITO BOM
0,7 a 0,8	BOM
0,6 a 0,7	REGULAR
0,5 a 0,6	TOLERÁVEL
0,4 a 0,5	RUIM
< 0,4	MUITO RUIM

Em função das características das unidades que compõem a estação, alguns parâmetros para execução dos ensaios foram fixados, procurando-se simular de forma aproximada o que ocorre na mesma. Os ensaios realizados, nessa etapa, foram agrupados em três séries, de modo a facilitar a apresentação.

## ESTUDO DE CASO

Foram analisados 8 municípios sendo 4 de cada região (Norte e Nordeste) e para cada uma escolheu-se municípios de 4 portes:

- Município 1: município até 20.000 hab.;
- Município 2: município entre 20.000 e 100.000 hab.;
- Município 3: município entre 100.000 e 200.000 hab.;
- Município 4: município com mais de 200.000 hab.

Foram utilizados dados de composição gravimétrica típicos de cada região.

## RESULTADOS OBTIDOS

As Tabelas 3 e 4 apresentam respectivamente os resultados do índice IST para cada município das regiões Norte e Nordeste considerando apenas cada tecnologia isolada. As Tabelas 5 e 6, por sua vez, apresentam os resultados do índice IST considerando rotas tecnológicas para cada município das regiões Norte e Nordeste respectivamente.

**Tabela 3: Resultados do IST para cada tecnologia para a região Norte.**

Tecnologia	Região Norte			
	Município 1	Município 2	Município 3	Município 4
Aterro sanitário sem aprov. energético	0,63	0,63	0,63	0,63
Aterro sanitário com aprov. energético	Inadequado	Inadequado	0,79	0,79
Incineração com aproveitamento energético	Inadequado	Inadequado	Inadequado	0,37
Central de triagem	0,87	0,87	0,87	0,87
Compostagem	0,81	0,81	0,81	0,81
Digestão anaeróbia com aprov. energético	Inadequado	0,66	0,66	0,66

**Tabela 4: Resultados do IST para cada tecnologia para a região Nordeste.**

Tecnologia	Região Nordeste			
	Município 1	Município 2	Município 3	Município 4
Aterro sanitário sem aprov. energético	0,64	0,64	0,64	0,64
Aterro sanitário com aprov. energético	Inadequado	0,81	0,81	0,81
Incineração com aproveitamento energético	Inadequado	0,4	0,4	0,4
Central de triagem	0,93	0,93	0,93	0,93
Compostagem	0,75	0,75	0,75	0,75
Digestão anaeróbia com aprov. energético	Inadequado	Inadequado	0,66	0,66

**Tabela 5: Resultados do IST para rotas tecnológicas para a região Norte.**

Tecnologia	Região Norte			
	Município 1	Município 2	Município 3	Município 4
C. Triagem + Aterro s/ aprov. energ..+ Comp.	0,77	0,77	0,77	0,77
C. Triagem + Aterro c/ aprov. energ..+ Comp.	Inadequado	Inadequado	0,83	0,83
C. Triagem + Incineração c/ aprov. energ..+ Comp.	Inadequado	Inadequado	Inadequado	0,68
C. Triagem + Aterro s/ aprov. energ..+ Dig. Anae.	0,75	0,75	0,75	0,75
C. Triagem + Aterro c/ aprov. energ..+ Dig. Anae.	Inadequado	Inadequado	0,81	0,81
C. Triagem + Inci. c/ aprov. energ..+ Dig. Anae.	Inadequado	Inadequado	Inadequado	0,66

**Tabela 6: Resultados do IST para rotas tecnológicas para a região Nordeste.**

Tecnologia	Região Nordeste			
	Município 1	Município 2	Município 3	Município 4
C. Triagem + Aterro s/ aprov. energ..+ Comp.	0,80	0,80	0,80	0,80
C. Triagem + Aterro c/ aprov. energ..+ Comp.	Inadequado	Inadequado	0,86	0,86
C. Triagem + Incineração c/ aprov. energ..+ Comp.	Inadequado	Inadequado	Inadequado	0,72
C. Triagem + Aterro s/ aprov. energ..+ Dig. Anae.	Inadequado	0,79	0,79	0,79
C. Triagem + Aterro c/ aprov. energ..+ Dig. Anae.	Inadequado	Inadequado	0,85	0,85
C. Triagem + Inci. c/ aprov. energ..+ Dig. Anae.	Inadequado	Inadequado	Inadequado	0,74

Conforme as Tabelas 3 e 4, nota-se que os resultados indicam que o aterro sanitário com aproveitamento energético foi a tecnologia isolada mais adequada para municípios de maior porte (com mais de 100.000 hab.) enquanto que para os municípios de menor porte tem-se o aterro sanitário sem aproveitamento energético. Isso se justifica pelo fato de que os altos investimentos em sistemas de aproveitamento de energia tornam-se viáveis a partir de uma determinada quantidade de resíduos que possibilita gerar gases em uma quantidade mínima necessária ao funcionamento adequado do sistema de geração de energia sem intermitência e para viabilizar o investimento em um prazo aceitável. O mesmo comportamento foi observado para a região Nordeste, conforme mostrado na Tabela 4 indicando que a ferramenta possui comportamento instável quanto ao porte dos municípios.

Com relação à análise de rotas tecnológicas em que se combinam várias tecnologias de tratamento, conforme esperado neste caso tem-se valores de IST superiores aos encontrados para as tecnologias isoladas, pois esta

estratégia permite utilizar tecnologias mais adequadas para parcelas diferentes dos resíduos, sendo a triagem uma etapa fundamental.

As Tabelas 5 e 6 mostram que, no caso de municípios com menos de 100.000 hab. a rota tecnológica recomendada para ambas as regiões consiste em central de triagem, usina de compostagem e aterro sanitário sem aproveitamento energético. No caso de municípios com mais de 100.000 hab., por sua vez, apontam que a rota tecnológica recomendada consiste em central de triagem, usina de compostagem e aterro sanitário com aproveitamento energético.

Além disso, as Tabelas 5 e 6 mostram ainda que uma segunda opção de rota tecnológica possível com valor IST bem próximo ao da primeira consisti basicamente em trocar o processo de compostagem pela digestão anaeróbia, tanto no caso de municípios com menos de 100.000 hab. como para os com população superior a este valor.

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Diferentes simulações foram realizadas utilizando o IST, e os resultados obtidos se mostraram satisfatórios quanto ao apoio ao gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, especificamente, quanto à definição da rota tecnológica sustentável mais adequada a realidade local, consistindo assim uma ferramenta útil aos tomadores de decisão municipais.

Dessa forma fornece uma avaliação global das tecnologias disponíveis oferecendo uma ferramenta quantitativa importante para apoiar as decisões estratégicas de gestão de resíduos sólidos.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado Minas Gerais - FAPEMIG por financiar a participação no Congresso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2013. São Paulo, 2014. In: <http://www.abrelpe.org.br>. Acesso em Agosto de 2014.
2. EUROPEAN COMMISSION, Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration. Integrated Pollution Prevention and Control. 638p. 2006.
3. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY – EEA, *EEA core set of indicators Guide*, Copenhagen, Denmark: EEA, 2005, pp. 8-12.
4. FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – FADE. Análise das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. Pernambuco, 2013, 186p.
5. FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – FADE. TSI Tool – Technical Manual. Pernambuco, 2014, 15p.
6. GIEGRICH, J., VOGT, R., The contribution of waste management to sustainable development in Germany – Section on municipal waste. Federal Environment Ministry and Federal Environmental Agency, Germany, 36p, 2002.
7. GLOBAL REPORTING INITIATIVE – GRI. Diretrizes para Relatório de Sustentabilidade. Versão 3.0 (Português). São Paulo. 47 p., 2006.
8. KARANI, P., JEWASIKIEWITZ, S. M. Waste Management and Sustainable Development in South Africa. Environment, Development and Sustainability. 2006, 9, 163-185.
9. LINDSTONE, H. A., TUROFF, M. The Delphi Method: techniques and applications. E-Book. 2002.
10. ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. *Key Environmental Indicators*, Paris, France: OECD, 2001, pp. 11-37.

11. ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD, *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*, Paris, France: OECD, 2008, pp. 83-122.
12. ORHAN, A., Eco-economy in sustainable development and waste exchange, a new approach regarding waste management. *Middle East Finance and Economics*. 2011, 10, 41-50.
13. SAISANA, M. TARANTOLA, S. *State-of-the-art Report On Current Methodologies and Practices for Composite Indicator Development*, Italy: European Commission-Joint Research Centre, 2002, pp. 23-45.
14. SZARO, R.C., SEXTON, W.T., VE MALONE, C. R. “The Emergence of Ecosystem Management as a Tool For Meeting People’s Needs and Sustaining Ecosystems”, Elsevier Science, Landscape and Urban Planning, 1998, pp. 21.
15. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME – UNEP, *Environmental indicators for North America*, ch. 1, Washington DC, USA: United Nations Environment Programme, 2006, pp. 1-22.
16. U S ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, US EPA. Solid Waste Management and Green House Gases – A Life cycle Assessment of Emissions and Sinks, US. EPA, 2006, 160 p.
17. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. Municipal Solid Waste, 2012, Disponível em: <http://www.epa.gov/epawaste/nonhaz/municipal/index.htm>
18. WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, WCED. *Our Common Future*. Oxford University Press, 1991, Oxford.
19. WORLD BANK, *What a Waste: a Global Review of Solid Waste Management*, Washington DC, USA: World Bank, 2012, ch. 3, pp. 7-8.