

III-246 - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE PIEDADE – SP

Michel Xocaira Paes⁽¹⁾

Administrador pela Universidade de Sorocaba. Especialista em Gestão e Tecnologias Ambientais pela Escola Politécnica da USP. Mestrando pelo programa de pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da UNESP.

Sandro Donnini Mancini⁽²⁾

Graduado em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos mestre em Ciência e Engenharia dos Materiais (UFSCar - 1996), doutor em Ciência e Engenharia dos Materiais (UFSCar - 2001) e Livre-Docente em Materiais e Reciclagem pela Unesp (2011). Atualmente é professor adjunto da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho em Sorocaba

Luiz Alexandre Kulay⁽³⁾

Graduado em Engenharia Química pelo Instituto Mauá de Tecnologia (1989), mestre em Engenharia Química pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2000) e doutor em Engenharia Química pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2004). Atualmente é professor MS3 do Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Três de Março, 511, Alto da Boa Vista, Sorocaba, SP. michelxocaira@yahoo.com.br

RESUMO

A Gestão Integrada de Resíduos e a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) são assuntos relativamente recentes para a comunidade brasileira. A promulgação da Lei nº 12.305 em 02 de agosto de 2010 deu contornos formais para a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), e com isso, o país passa a ter novos desafios e oportunidades frente ao gerenciamento dos resíduos, em especial ao reaproveitamento e tratamento dos resíduos sólidos urbanos e àqueles sujeitos a implantação de ações de logística reversa. O presente trabalho se propõe a dar uma contribuição ao tema elaborando um inventário do ciclo de vida (ICV) das etapas que compreendem o processo de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, adotado pelo município de Piedade-SP. Complementarmente a isso, esta produção discute ainda a eficiência da abordagem em questão como ferramenta de apoio a tomada de decisões dentro da gestão ambiental. O estudo permitiu observar que mesmo com os serviços de coleta seletiva chegando à quase totalidade da área central do município, apenas 2,9% dos resíduos sólidos gerados pela coletividade são comercializados, deixando, portanto de serem dispostos em aterro sanitário. Além disso, foi possível perceber também que a disposição final em si, constitui-se da etapa mais impactante em termos de emissão de poluentes atmosféricos dentre aquelas compreendidas pelo sistema de gestão em análise. Por fim, o baixo volume, bem como as características dos resíduos e rejeitos dispostos neste cenário, proporcionam pequena geração de metano, reduzindo assim o potencial desta alternativa em termos de geração de renda por meio da geração de biogás e da comercialização de créditos de carbono.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão Integrada, Resíduos Sólidos Urbanos, Políticas Públicas, Desempenho Ambiental e Sustentabilidade.

1- INTRODUÇÃO E OBJETIVO

Com a aprovação e regulamentação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), o Brasil passa a ter um novo marco legal e novos princípios e objetivos – tais como da prevenção e a precaução; o desenvolvimento sustentável; a gestão integrada de resíduos sólidos - que associados a ferramentas de gestão ambiental que realizem diagnósticos precisos e adequados sobre o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) – como os inventário de resíduos e; a avaliação do ciclo de vida de produtos – passam a ser fundamentais para dar suporte a tomada de decisões dos gestores.

Segundo a PNRS o ciclo de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos pode ser definido como conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, sobre as etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento, destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos, e disposição final também de forma ambientalmente adequada dos rejeitos. A forma como tal lógica se organiza e desenvolve deve estar prevista no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, documento de gestão elaborado e exigido com base na mesma política legal. O mesmo dispositivo normativo define gestão integrada de resíduos sólidos

como conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010).

De sua parte, a avaliação da dimensão ambiental da gestão integrada de resíduos sólidos, passa a ser etapa fundamental do processo gerencial de tomada de decisões, pelo fato de não apenas proporcionar oportunidades de melhoria de desempenho para as sucessivas etapas que compõem esta mesma lógica; como também, de mensurar as externalidades por ela causadas. Essa perspectiva abre a possibilidade de se tomar decisões considerando não apenas o aspecto econômico, mas também o aspecto ambiental associado a este processo.

Um projeto desenvolvido no nível de dissertação de mestrado junto ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (UNESP) – Campus Sorocaba se propõe a dar uma contribuição ao tema. Para tanto, irá analisar o desempenho ambiental, através da realização do ICV e da avaliação dos impactos ambientais, das etapas constituintes do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, além de algumas das dimensões (ambiental e econômica) da gestão integrada de resíduos. Busca assim, estimular a recuperação de materiais orgânicos e recicláveis, o aproveitamento energético, a geração de créditos de carbono, a redução do volume de resíduos dispostos nos aterros sanitários e, conseqüentemente, a mitigação dos impactos socioambientais.

Este estudo, que corresponde à parte inicial da iniciativa supramencionada trata, no nível de seus objetivos gerais, da avaliação do desempenho ambiental do atual serviço de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos do município de Piedade/SP. Até o momento foram inventariadas algumas etapas do Serviço de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos, ainda não sendo consideradas e incorporadas ao estudo as cargas ambientais da construção e desativação do aterro, assim como o aprofundamento da avaliação de todos impactos ambientais advindos de sua operação.

2- DESCRIÇÃO DO CENÁRIO DE ESTUDO E APRESENTAÇÃO DO MÉTODO DE AVALIAÇÃO

Piedade é um Município localizado na porção sudeste do Estado de São Paulo a cerca de 100 km da capital. Segundo recenseamento realizado em 2010, possui uma população de 52.439 habitantes, distribuídos em território de aproximadamente 746 km², o qual compreende ainda aproximadamente 3.000 km de estradas rurais (IBGE, 2010). Dispõe de sistema de coleta de resíduos comum. Neste, todos os resíduos coletados são encaminhados, sem classificação ou separação previa, para o aterro sanitário, cuja capacidade permite atender, em termos de disposição final, a geração de toda área urbana, além de 95% dos descartes ocorridos na zona rural.

O município possui também serviços de coleta seletiva, cuja responsabilidade operacional esta a cargo da Cooperativa dos Trabalhadores do Meio Ambiente de Piedade (COTMAP). Além disso, estava ao final do ano de 2012 iniciando ações de logística reversa voltadas para resíduos como pilhas, baterias e eletroeletrônicos, exceto da linha branca. O fato desta iniciativa ser ainda incipiente a desqualifica porém para efeito de levantamento de dados para este estudo.

A avaliação do desempenho ambiental do atual serviço de gerenciamento de rejeitos e resíduos sólidos urbanos do município de Piedade/SP predispõe o cumprimento de uma série de ações encadeadas e consecutivas denominadas genericamente de Método de Trabalho. A primeira das ações observadas pelo método em questão, consistiu da caracterização do Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (SGRSU) de Piedade na forma das atividades que o constituem; e de seus itens de suporte. A realização dessa atividade resultou, primeiramente, na descrição da estrutura que se segue:

- 1- **Coleta:** 1.000 lixeiras plásticas; 38 contêineres metálicos instalados recentemente, e outros 160 em uso regular;
- 2- **Transporte:** Coleta Comum: 01 (uma) Caminhonete diesel; 01 (um) caminhão basculante; 1 (um) Caminhão Carroceria aberta; 04 (quatro) caminhões compactadores;. Coleta Seletiva: 01 (um) caminhão.
- 3- **Triagem:** Etapa realizada pela COTMAP, com apoio da Prefeitura Municipal de Piedade (PMP), que se desenvolve em galpão alugado com cerca de 750 m² de área construída. Em termos de instalações e equipamentos, o processo conta com balança, prensa e elevador de fardo, além de cinco bancadas de

madeira. A quantidade média de materiais separados e comercializados diariamente pela cooperativa no curso do ano de 2011 foi de 1,2 toneladas.

- 4- **Disposição Final:** Ocorre em Aterro Sanitário com 20 mil m² de área superficial, inaugurado em julho de 2006. Este repositório recebe em média 41 t/d de resíduos. Mantido o ritmo de ocupação, seu encerramento está previsto para meados de 2013, o que projeta uma vida útil estimada de aproximadamente sete anos. O Aterro é operado diariamente por um trator esteira, com apoio de retro escavadeira e de caminhão basculante.

Apresentada a estrutura operacional do atual sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos do município, passa-se agora a descrever, de maneira sucinta e objetiva, as atividades cumpridas no âmbito de aplicação do Sistema do Serviço de Gerenciamento de Resíduos, conforme ilustrado na figura 1.

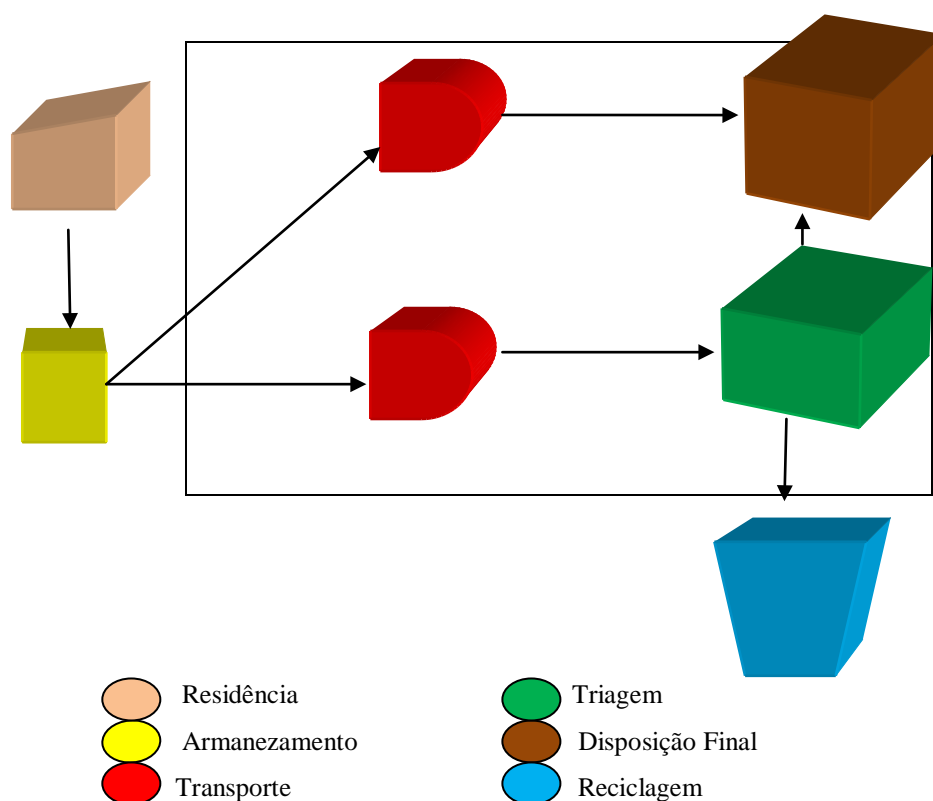


Figura 1: Atividades do Serviço de Gerenciamento de Resíduos Inventariadas

Para o presente trabalho foram consideradas, para efeito de inventário, as etapas de coleta, transporte, triagem e disposição final. Na etapa de coleta e transporte dos resíduos comum, todos os resíduos e rejeitos são coletados sem qualquer separação prévia nas residências e estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços e encaminhados diretamente para o aterro sanitário. Já os resíduos da coleta seletiva, advindos de separação prévia, são transportados até o centro de triagem onde os materiais são segregados e encaminhados para a reciclagem. Na etapa de triagem dos resíduos/ materiais recicláveis ainda são gerados rejeitos que também são coletados pelos serviços de coleta e transporte comum e encaminhados e dispostos no aterro.

A elaboração de um ICV que represente a realidade praticada pelo exercício de aplicação do SGRS – Piedade/SP predispõe a aplicação da chamada Lógica do Ciclo de Vida (ou *Life Cycle Thinking* - LCT). Em linhas bastante gerais, o LCT consiste de um enfoque sistêmico, a partir do qual será possível avaliar de

maneira quantitativa, todas as interações entre um sistema antrópico e seu entorno, no tocante aos efeitos gerados em decorrência desta interação (SILVA e KULAY, 2008).

A operacionalização do LCT na forma do ICV, passa pela definição de algumas bases conceituais. A primeira delas consiste do estabelecimento da Função do objeto em análise, conhecido no vocabulário próprio da especialidade como Sistema de Produto. Para o caso presente, definiu-se como função do SGRSU de Piedade/SP: “Gerenciar as Atividades necessárias a Coleta, Transporte, Triagem e Disposição Final de Rejeitos e Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Piedade/SP”. Segue-se a isso, o estabelecimento da Unidade Funcional (UF) – que consiste da quantificação do exercício da função cumprida pelo mesmo objeto de análise. No caso da presente iniciativa estabeleceu por UF: “Gerenciar as Atividades necessárias a Coleta, Transporte, Triagem e Disposição Final de 42 t/dia de Rejeitos e Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Piedade/SP”.

A segunda etapa do método de trabalho caracterizou-se pela formulação do diagnóstico ambiental do SGRSU. Em termos práticos, esta ação compreendeu o levantamento de campo dos consumos de recursos e gerações de rejeitos e resíduos, e foi dividida em duas atividades. A primeira dessas atividades se ateve em descrever e classificar em termos quantitativos os resíduos reaproveitados e encaminhados diariamente para disposição final pelo sistema de gerenciamento de resíduos de Piedade. A Tabela 1 indicada a seguir traz o produto da referida atividade de coleta de dados, totalizada em termos de geração média diária, para o ano de 2011.

Tabela 1 - Resíduos reaproveitados e encaminhados à disposição final (Ano base: 2011)

Item	% Reciclada	% Aterrada	Massa reaproveitada (t/d)	Massa aterrada (t/d)
1- Restos de alimento / jardim	0,00%	53,7	0	22,66
2- Papel, papelão	1,44%	7,76%	0,60768	3,27
3- Trapo	0,00%	6,1%	0	2,57
4- Vidro	0,17%	1,73%	0,05908	0,73
5- Plástico	0,95%	9,75%	0,07174	4,11
6- Metal	0,18%	1,82	0,401744	0,77
7- Inertes	0,00%	3,70%	0,07596	1,56
8- Outros	0,14%	12,56%	0	5,30
Valores totalizados	2,88	97,12	1,22	40,98

Fonte: (Prefeitura Municipal de Piedade- Estudos para elaboração do Plano Municipal de Saneamento)

Observe-se pelas informações contidas na Tabela 1 que para os resíduos gerados em maior quantidade – casos específicos dos restos de comida e resíduos de jardinagem – não se apresentam alternativas de reaproveitamento (como compostagem) no município, sendo portanto encaminhados na sua totalidade para o aterro. Por outro lado, papéis e metais, com contribuições aproximadas de 600 kg e 400 kg diários respectivamente constituem-se nos resíduos de maior taxa de reaproveitados junto aos serviços de coleta seletiva.

A segunda atividade associada a formulação do diagnóstico ambiental do SGRSU compreendeu a quantificação da emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), associadas à etapa de transporte. Para tanto, foram utilizados dados e fatores de emissão constantes do Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores (Proconve), que não consideram o tipo de diesel utilizado. Esta simplificação foi tratada como hipótese para o trabalho. Os veículos de propriedade da prefeitura passam regularmente por procedimento de inspeção veicular, estando sempre dentro dos limites estabelecidos pela Legislação Federal. Considerou-se que os mesmos meios de transporte são movidos a biodiesel (B5) e que se deslocam, em média, 75 km por dia.

Como terceira e última ação do diagnóstico ambiental, aferiu-se os volumes de material que é objeto de coleta seletiva realizado no município, através da parceria entre a PMP e a COTMAP em 2011, e de resíduos

dispostos diariamente no aterro sanitário municipal. As quantidades indicadas antes respectivamente de 1,22t/dia e 40,98t/dia foram confirmadas.

Concluído o diagnóstico ambiental partiu-se então para determinar potenciais benefícios econômicos associados à reciclagem. Para tanto, considerou-se como metodologia de quantificação a técnica empregada pelo Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas (IPEA). Os valores de custos específicos por tonelada de resíduo foram calculados via valoração econômica que compreende a redução de despesas e custos proporcionados pela reciclagem em relação a obtenção do material/ produto a partir da matéria-prima virgem. Para isso foram valorados os benefícios econômicos e ambientais relacionados ao processo produtivo, bem como os custos associados à etapa de coleta e disposição final, nos termos como a metodologia proposta pelo IPEA trata a matéria (IPEA, 2010). Com tal enfoque procurou-se incluir na referida análise não apenas benefícios econômicos, como também ambientais da reciclagem em relação à produção a partir da matéria prima virgem.

Os ganhos econômicos incluem primordialmente o custo evitado pela reciclagem em termos de consumo de recursos naturais e de energia. Já os benefícios ambientais são associados aos impactos sobre o meio ambiente devido ao consumo de energia, as emissões de gases de efeito estufa (GEEs), ao consumo de água e a perda de biodiversidade (IPEA, 2010). Por conta da heterogeneidade dos resíduos encontrados nas cidades, foi necessário proceder a compartimentalização dos mesmos em grupos genéricos de materiais tais como: aço, alumínio, papel e derivados, plástico e vidro.

Com relação à disposição final devem ser consideradas atividades e aspectos ambientais associados não apenas as operações realizadas nesta etapa, mas também a construção e desativação do aterro. Nestas ações ocorrem, em geral, impactos ambientais significativos, decorrentes de atividades como escavação, terraplanagem e remoção de terras, perfuração de poços, circulação de veículos, compactação dos resíduos e rejeitos, coleta de chorume, coleta e queima de biogás, recobrimento definitivo com solo, entre outras. No entanto, dificuldades de se obter um modelo consistente a partir do qual fosse possível determinar tais interações com a consistência e a precisão que o estudo predispõe fizeram com que o presente ICV, se restringisse para o momento, as emissões atmosféricas advindas do próprio aterro de resíduos. A quantificação de tais valores ocorreu a partir do método proposto em IPCC, a partir do qual se considerou que 50% das emissões dos GEE do aterro ocorrem na forma de metano (CH_4); 45% são emanados com dióxido de carbono (CO_2), e os demais 5% provem de outros gases. Não foram também inventariados aspectos ambientais associados à geração de chorume, bem como emissões atmosféricas das máquinas utilizadas na operação do aterro.

A Tabela 2 apresenta emissões atmosféricas do transporte de resíduos. Como se pode observar o poluente com maior contribuição mensal corresponde ao óxido de nitrogênio (NO_x); por outro lado, aquele com menor aporte é o material particulado (MP).

Tabela 2: Emissões Atmosféricas Médias Mensais para o Transporte de Resíduos em Piedade.

Fator de Emissão Veículo	CO (g/mês)	HC (g/mês)	NOx (g/mês)	MP (g/mês)
1- Caminhonete	1.431.000	312.750	1.840.500	89.460
2- Caminhão I	1.431.000	312.750	1.840.500	89.460
3- Caminhão II	1.431.000	312.750	1.840.500	89.460
4- Caminhão III	510.750	70.290	1.840.500	3.825
5- Caminhão IV	510.750	70.290	447.360	3.825
6- Caminhão V	510.750	140.580	447.360	19.170
7- Caminhão VI	510.750	140.580	894.720	19.170
8- Caminhão VII	510.750	140.580	894.720	19.170
TOTAL (tonelada /mês)	6,45	1,50	10,05	0,33

A Tabela 3 apresenta a estimativa dos benefícios econômicos e ambientais possíveis de serem gerados pela Reciclagem dos Resíduos. Destaque-se que tais ganhos não foram ainda implementados, dado que os mesmos resíduos ainda são encaminhados para o Aterro Sanitário de Piedade.

Tabela 3: Estimativa dos Benefícios Econômicos e Ambientais possíveis de serem gerados pela Reciclagem dos Resíduos Encaminhados para o Aterro Sanitário de Piedade.

	Aterro (t/dia)	Benefícios Econômicos e Ambientais Potenciais			
		R\$/t.	R\$/dia	R\$/mês	R\$/ano
Alimentos	22,66	0,00	0,00	0,00	0,00
Papel e Papelão	3,27	241,00	789,21	23.676,30	284.115,60
Trapos	2,57	0,00	0,00	0,00	0,00
Vidro	0,73	18,00	13,14	402,00	4.824,00
Plástico	4,11	1.107,00	4.554,75	136.642,50	1.639.710,00
Metal	0,77	3.029,00	2.326,40	69.792,00	837.504,00
Inertes	1,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Outros	5,30	0,00	0,00	0,00	0,00
Total	40,98		7.683,50	230.512,80	2.766.153,00
Total Percentual	97,1%				

Os resultados indicados na Tabela 3 mostram perdas econômicas expressivas de aproximadamente R\$230 mil por mês, devido à baixa eficiência no reaproveitamento dos resíduos.

Os cálculos a respeito da quantidade de emissões atmosféricas geradas com o aterramento dos resíduos no aterro de Piedade estimaram que, para as 1.000 t mensais de resíduos sólidos ali dispostos, são emitidas exatas 61,64 t CH₄; 55,47 t CO₂, e 6,16 toneladas de outros gases. Essa quantidade se mostra bem menor que a apresentada nos estudos efetuados pelo Ministério do Meio Ambiente em 2004, que conclui que para haver sustentabilidade econômica de um empreendimento de captação de biogás para fins energéticos com vistas inclusive a geração de renda via comércio de créditos de carbono, é necessário possuir uma quantidade de resíduos de um município ou região próximo a 1 milhão de habitantes (MMA, 2004).

3- CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Os levantamentos efetuados por ocasião desta iniciativa permitiram concluir que o transporte de resíduos efetuado no Município de Piedade não representa grandes impactos ambientais se comparados com as emissões atmosféricas do aterro. Chegou-se a conclusão ainda que o atual sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos pode ser considerado de baixa eficiência ambiental, principalmente nas etapas de triagem, reaproveitamento, reciclagem e tratamento.

Dessa forma, se fazem necessários investimentos em ações, projetos, programas e planos que melhorem a eficiência dos Sistemas de Coleta Seletiva e Logística Reversa e possibilitem a recuperação e o reaproveitamento dos resíduos orgânicos. Neste sentido, ações regionais consorciadas ou compartilhadas se apresentam como boas alternativas para municípios de pequeno e médio porte e para regiões metropolitanas avançarem, principalmente nas etapas de tratamento/ reaproveitamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos e da construção civil.

O Inventário das Atividades e Aspectos Ambientais dos atuais Sistemas de Gerenciamento de Resíduos se apresenta como uma ferramenta viável e fundamental para o conhecimento da eficiência ambiental da gestão dos resíduos sólidos urbanos. Este dispositivo proporciona a geração de dados e informações necessárias para tomadas de decisões, que considerem as dimensões ambientais, sociais e econômicas desses sistemas, sobre a premissa do desenvolvimento sustentável.

REREFÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL, Estudos para Elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico, Piedade/SP. 2011.
2. BRASIL, Política Nacional de Resíduos Sólidos, lei nº 12 305 de 02 de agosto de 2010. Brasília. 2010.
3. BRASIL,. Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores- Proconve. Resoluções CONAMA nº 18 de 1986, nº 403 de 2008 e nº 415 de 2009. Brasília. 2009.
4. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Censo 2010**. Brasília. 2010
5. IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Módulo 6 – Lixo. Guia para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa**. Volume 2: Livro de Trabalho, 1996
6. IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Pesquisa sobre Pagamento por Serviços Ambientais Urbanos para Gestão de Resíduos Sólidos**. Brasília, 2010.
7. MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Estudo do Potencial de Energia Renovável provenientes dos Aterros Sanitários nas Regiões Metropolitanas e Grandes Cidades Brasileiras**. Brasília, 2004.
8. SILVA, G.A., KULAY, L. Avaliação de Desempenho Ambiental de Produtos. Programa de Educação Continuada em Engenharia (PECE – EPUSP). Notas de Aula. 2008.
9. UNEP – United Nations Environment Programme. **Life Cycle Management: A Businesss Guide to Sustainability**, 2007.