

### III-058 - AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DOS SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: ESTUDO DE CASO

**Michel Xocaira Paes**<sup>(1)</sup>

Administrador pela Universidade de Sorocaba (2005), Especialista em Gestão e Tecnologias Ambientais pela Escola Politécnica da USP (2010), Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela UNESP (2010) e Doutorando em Ciências Ambientais também pela UNESP.

**Sandro Donnini Mancini**<sup>(2)</sup>

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). Especialista em Jornalismo Científico pela Unicamp (2015). Atualmente é professor adjunto da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho em Sorocaba

**Gerson Araujo de Medeiros**<sup>(3)</sup>

Graduado em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp – 1987), especialista em Drenagem e Manejo de Bacias Hidrográficas pela Universidade de Taubaté (1992), mestre (1996) e doutor (2002) na área de concentração em Engenharia de Água e Solo também pela Unicamp. Atualmente é professor da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho junto ao curso de Engenharia Ambiental e no Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais.

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Avenida Três de Março, 511, Alto da Boa Vista, Sorocaba, SP. [michelxocaira@yahoo.com.br](mailto:michelxocaira@yahoo.com.br)

#### RESUMO

Equacionar o desenvolvimento econômico com os indicadores de qualidade de vida e meio ambiente são desafios frente ao atual modelo de produção, consumo e descarte adotado pelo mundo contemporâneo. Com a aprovação e regulamentação, no ano de 2010, da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), o país e especialmente os municípios brasileiros passaram a ter novos desafios diante do gerenciamento dos resíduos, onde se destaca a necessidade eminente do maior reaproveitamento dos resíduos sólidos urbanos. O presente trabalho é uma contribuição ao tema, elaborando um inventário do ciclo de vida (ICV) e avaliando os impactos ambientais das etapas que compreendem o processo de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos do município de Piedade – SP. O estudo permitiu observar que o transporte de resíduos constitui-se da etapa mais impactante em termos de contribuição (48%) para os impactos ambientais avaliados pelo estudo e que o impacto ambiental que recebe maior contribuição do SGRSU são os combustíveis fósseis (55%). Na sequência, as atividades que mais contribuem para os impactos ambientais foram: construção do aterro (23%); operação de aterramento e compactação dos resíduos no aterro (18%) e; geração de metano advindas da decomposição dos resíduos dispostos no aterro (11%). Desta forma, a Avaliação dos Impactos no Ciclo de Vida (AICV) mostrou-se uma ferramenta efetiva para identificação e avaliação da condição do Sistema de Gerenciamento de Resíduos estudado. Os resultados gerados permitem concluir a necessidade de investimentos em todo o Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (SGRSU), destacando a necessidade de: ampliação dos sistemas de coleta seletiva e triagem dos resíduos recicláveis; recuperação e o reaproveitamento dos resíduos orgânicos e/ ou do metano gerado no aterro e; utilização de combustíveis menos poluentes nas etapas de transporte e aterramento e compactação dos resíduos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão de Resíduos, Avaliação Ciclo de Vida, Impactos Ambientais e Sustentabilidade.

#### 1. INTRODUÇÃO

Segundo Leff (2008) o saber ambiental é um questionamento sobre as condições ecológicas da sustentabilidade e as bases sociais da democracia e da justiça; é uma construção e comunicação de saberes que colocam em tela o juízo das estratégias de poder e os efeitos de dominação que se geram através de formas de detenção, apropriação e transmissão de conhecimento. Mudanças catastróficas na natureza ocorreram nas diversas fases de evolução geológica e ecológica do planeta. A crise ecológica atual pela primeira vez não é uma mudança natural; é uma transformação da natureza induzida pelas concepções metafísica, filosófica, ética, científica e tecnológica do mundo.

Ainda que diversas ações para equacionamento desta crise estejam neste momento em fases distintas de evolução, há ainda muito que caminhar no efetivo engajamento da sociedade moderna para a proposição de ações e soluções que, ao menos, mitiguem os impactos socioambientais da atualidade. Ações de educação e formação, de gestão e política, de ciência e tecnologia e mobilização social já constam na pauta cotidiana do cidadão moderno. No entanto, sua materialização em termos de resultados efetivos encontra na falta de coordenação de esforços, formação de valores ligados ao tema e a sua problemática, e na ausência de incentivo governamental e de grandes instituições e corporações, obstáculos quase que intransponíveis (PAES, 2013).

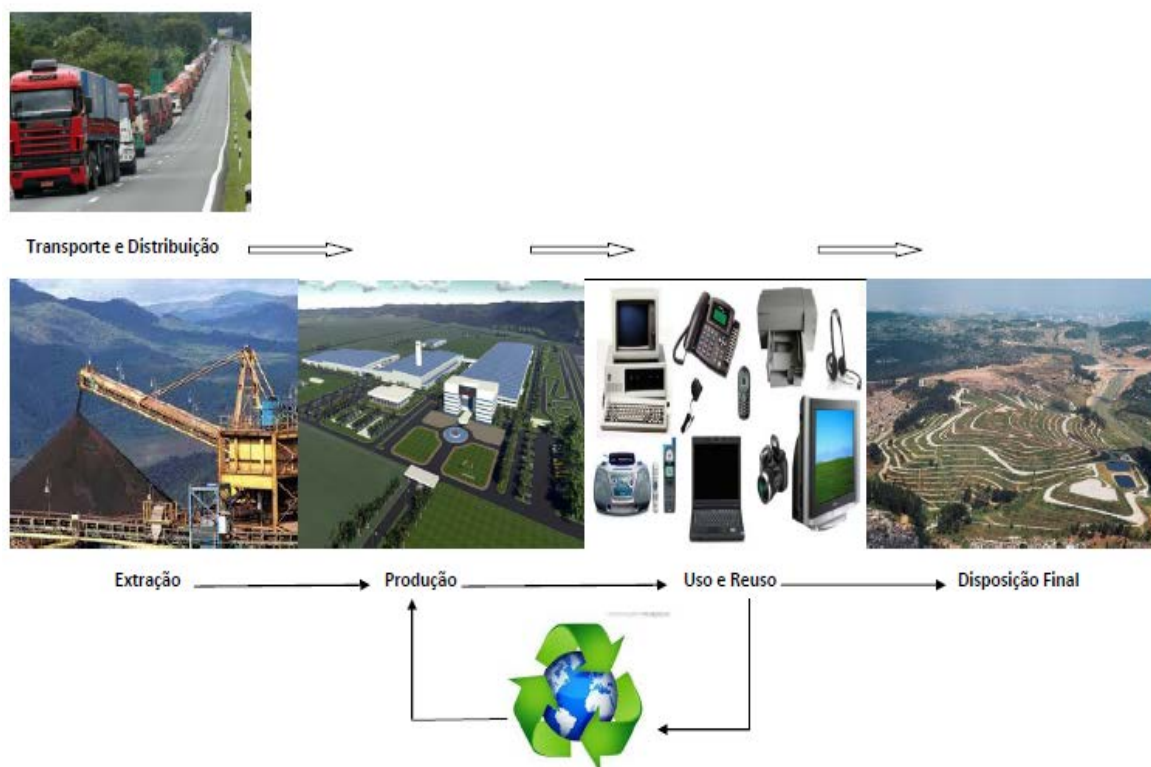
Para Jacobi (2006) o tema dos resíduos sólidos é provavelmente aquele que melhor exemplifica a possibilidade de formulação de políticas públicas que promovam mudanças nos hábitos e atitudes dos cidadãos com o objetivo de minimizar ou prevenir a degradação ambiental. Entretanto, a timidez das políticas públicas a ela associados, assim como sua descontinuidade, tem criado um verdadeiro círculo vicioso.

Com a aprovação e regulamentação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) – Lei n.12.305 de 02 de agosto de 2010 – o Brasil passou a ter um novo marco legal e assim alguns princípios, objetivos, instrumentos e definições, como: visão sistêmica, gerenciamento e gestão integrada de resíduos, avaliação do ciclo de vida, entre outros.

Para atender e suportar essas demandas legais e sociais, faz-se necessário empregar o uso de ferramentas de gestão que tenham uma visão sistêmica sobre os serviços em análise, com o objetivo de subsidiar avaliações precisas e a implementação de ações de melhorias em todo o sistema (PAES et al, 2014).

Dentro deste enfoque a Filosofia de Ciclo de Vida (*Life Cycle Thinking*) apresenta-se como uma forma efetiva de abordagem em termos de gestão ambiental. Isso porque, considera, para efeito de avaliação de impactos ambientais, todas as interações que ocorrem entre os diversos estágios a serem cumpridos por um sistema antrópico no sentido de atender a uma necessidade (SILVA E KULAY, 2009).

Para Silva e Kulay (2003), o conceito de LCT na avaliação do desempenho ambiental estimula que os estudos passem a serem feitos de forma sistêmica, abrangendo todas as atividades capazes de impactar potencialmente ao meio ambiente envolvidas no cumprimento da função de um produto. São, portanto, objeto dessa abordagem todas as atividades compreendidas desde a obtenção dos recursos naturais, fabricação de um determinado produto, sua utilização, até a disposição final. Esse escopo de aplicação é denominado *foco sobre o produto (bens ou serviços)*. A Figura 1 apresenta tais atividades de extração, produção, uso, reciclagem, disposição final e transporte e distribuição.



**Figura 1: Visão Sistêmica das Potenciais Etapas do Ciclo de Vida de um Produto.**

Como pode-se observar pela Figura 1, além as atividades de extração de recursos, manufatura, uso e disposição final, também existem as atividades e os aspectos relacionados ao transporte, que comumente existem em todos os elos da cadeia produtiva. Também observa-se na mesma figura a possibilidade da existência da atividade de reciclagem que, se fornecer o mesmo produto diminui a extração de novos recursos naturais para sua fabricação, assim como seu envio para a disposição final..

Assim, a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é uma técnica capaz de avaliar o desempenho ambiental de um produto ou serviço ao longo de todo o seu ciclo de vida. Tal avaliação se conduz tanto por meio da identificação de todas as interações ocorridas entre o ciclo de vida de um produto/serviço e o meio ambiente, como pela avaliação dos impactos ambientais potencialmente associados a essas interações (CURRAN, 1996).

Para McDougall, *et al* (2001), a utilização da Avaliação do Ciclo de Vida para modelagem da Gestão Integrada de Resíduos pode ser dividida em duas áreas: 1- estruturação do modelo de gestão (que irá determinar a forma como o modelo irá funcionar) e; 2- aquisição de dados para inserção nos modelos. Para os autores, a técnica de modelagem e / ou avaliação utilizada, deve ser, essencialmente, um Inventário de Ciclo de Vida do Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos, para sequencialmente realizar-se a avaliação dos impactos ambientais

Desta forma, o objetivo principal do presente trabalho foi identificar e avaliar os impactos ambientais do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (SGRSU) do município de Piedade/SP com base na metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

## 2. METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido através de um estudo de caso realizado no município de Piedade, localizado na região sudeste (latitude 23°42'43" sul e a uma longitude 47°25'40" oeste) do Estado de São Paulo e que possui população de 52.439 habitantes, distribuídos em território de aproximadamente 746 km<sup>2</sup>. (IBGE, 2010).

A caracterização da condição de funcionamento do SGRSU do Município se deu através de trabalhos de campo e de informações obtidas através dos Estudos para elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico.

O inventário das atividades e dos aspectos ambientais, no que se refere ao SGRSU em si, contemplou as etapas de: coletas comum e seletiva de resíduos e rejeitos; os respectivos transportes; a triagem dos resíduos; e a disposição final em aterro sanitário não apenas dos rejeitos comuns, como também daqueles gerados em decorrência da triagem do material reciclável.

A estes foram adicionados os seguintes elementos complementares: geração e caracterização dos resíduos; geração e transmissão de eletricidade usada na movimentação de sistemas e equipamentos que operam no SGRSU; tratamento de água, empregada, sobretudo na etapa de triagem de recicláveis e tratamento de efluentes líquidos gerados nesta mesma operação; bem como, produção e consumo de diesel para operação de veículos de transporte e de máquinas empregadas na operação do aterro sanitário.

Etapas de construção e manutenção de bens de capital – máquinas e meios de transportes, vias de rodagem, além do aterro sanitário em si – foram também objeto de arbitragem de desempenho ambiental por este estudo de ACV. O aterro sanitário foi modelado e analisado em termos de sua construção, operação e desativação.

A etapa de Avaliação de Impactos Ambientais no Ciclo de Vida (AICV) foi conduzida a partir da aplicação do método EcoIndicator 99 (H) e do software SimaPro. Esta abordagem permitiu, a partir das entradas dos dados da Tabela 1, avaliar o desempenho ambiental do SGRSU de Piedade sob a forma dos seguintes efeitos ou categorias de impactos ambientais: Compostos Carcinogênicos, Inalação de compostos orgânicos e inorgânicos, Mudanças Climáticas, Depleção de Camada de Ozônio, Ecotoxicidade, Acidificação/Eutrofização, Uso do Solo, Consumo de Minerais, e de Combustíveis Fósseis. Isso se faz a partir de um imenso banco de dados presente no software, que conta com resultados de pesquisas de estudos semelhantes.

### **3. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV) DO SGRSU DE PIEDADE-SP**

#### **3.1. DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS DA ACV**

Para o desenvolvimento e efetivação deste estudo foram seguidas as bases conceituais apresentadas pelas normas ABNT NRB ISO 14040 e 14044 para realização de estudo de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) (ABNT 2009a; 2009b).

Nesses termos, o processo se inicia pela definição formal dos objetivos da aplicação da técnica em questão, que neste caso consiste em avaliar os impactos ambientais do Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (SGRSU) do Município de Piedade – SP.

Dentro ainda da mesma temática, segue-se a esta ação, a definição das razões pretendidas para o estudo. Nesses termos e como anteriormente enunciado, pretende-se que a partir dessa iniciativa sejam geradas informações que auxiliem e deem subsídios para o processo de tomada de decisão no nível de gestão pública, quanto à gestão de resíduos sólidos urbanos.

Por conta disso, o último dos elementos normativos associado à Definição de Objetivos de uma ACV – o público-alvo a que se destina um estudo com tais características – se compõe naturalmente de gestores públicos e demais envolvidos em processos de mesma natureza. A ACV oferece a esse público alvo, a possibilidade de introduzir a variável ambiental em suas atividades cotidianas de gestão pública, o que, a médio e longo prazo, pode se reverter em readequação de políticas voltadas ao tratamento e a disposição de rejeitos e resíduos na região.

#### **3.2. DEFINIÇÃO DE ESCOPO**

Definição de Escopo compreende o estabelecimento das premissas, hipóteses e condicionantes que pautam o desenvolvimento de um estudo de ACV. Essas diretrizes não apenas orientam, mas também condicionam os

resultados obtidos a partir da aplicação da técnica. Nesses termos, passam a serem enunciados a seguir os elementos constituintes do Escopo da aplicação da ACV para este estudo.

### **3.2.1. Função e Unidade Funcional (U.F.)**

Definiu-se por função para este desenvolvimento acadêmico a ação de: “*Gerenciar as atividades necessárias a Coleta, Transporte, Triagem e Disposição Final de Rejeitos e Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Piedade/SP*”.

Em termos conceituais, Unidade Funcional (UF) consiste da quantificação da função definida para o estudo de ACV (ABNT, 2009a). Assim sendo, tendo em vista a função antes enunciada, definiu-se como a UF do estudo: “*Gerenciar as atividades necessárias a Coleta, Transporte, Triagem e Disposição Final de 42,2t/d de Rejeitos e Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Piedade/SP*”.

### **3.2.2. Sistema de Produto**

O sistema de produto compreende o conjunto de etapas a serem analisadas pela ACV. Tendo em vista os objetivos definidos anteriormente para a presente análise, o sistema de produto foi definido como sendo o conjunto das etapas que integra o SGRSU de Piedade, associado a elementos complementares, porém igualmente necessários para a realização dos serviços por ele empreendidos.

No que se refere ao SGRSU em si, foram contempladas as etapas de: coletas comum e seletiva de resíduos e rejeitos; os respectivos transportes; a triagem dos resíduos; e a disposição final em aterro sanitário não apenas dos rejeitos comuns, como também daqueles gerados em decorrência da triagem do material reciclável.

Como elementos complementares foram considerados geração e transmissão de eletricidade de acordo com a matriz energética brasileira – usada para funcionamento de sistemas e equipamentos elétricos que operam no SGRSU; tratamento de água empregada na etapa de triagem de recicláveis e tratamento de efluentes líquidos gerados nesta mesma operação; bem como, produção e consumo de diesel para operação de veículos de transporte e de máquinas empregadas na operação do aterro sanitário.

Finalmente, bens de capital – como as construções de máquinas e meios de transporte, vias de rodagem, além do aterro sanitário em si – foram também objeto de arbitração de desempenho ambiental por este estudo de ACV. Nesse enfoque, o processo de aterramento sanitário foi modelado em termos de sua construção, operação e desativação.

A Figura 2 traz a representação gráfica ordenada de maneira sequencial, dos processos elementares que compõem o sistema de produto, bem como, das correntes de matéria e energia, que entram e saem deste mesmo elemento antrópico para outros sistemas de produto ou mesmo, para o ambiente.



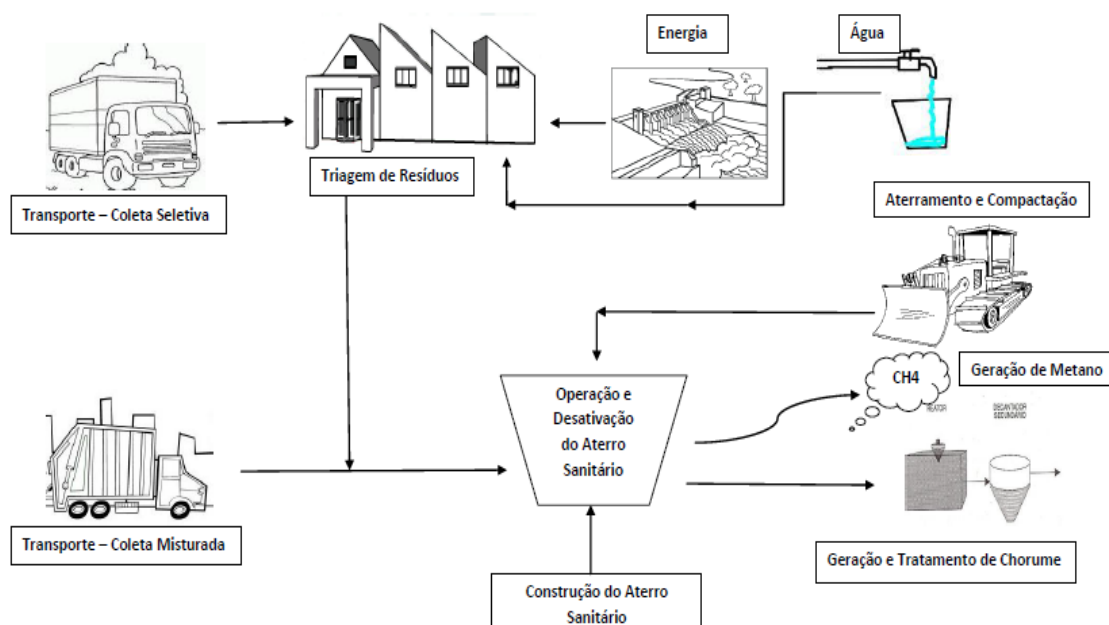


Figura 2: Sistema de Produto definido para caracterizar o SGRSU-Piedade (SP)

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O SGRSU do município se compõe, em termos operacionais, de três etapas: 1) coleta e transporte; 2) triagem e; 3) destinação e disposição final de resíduos e rejeitos.

Ao longo de 2011, gerou um total de 42,2t/dia de resíduos sólidos e rejeitos. Tomando por base as orientações do SGRSU, a coleta desses materiais ocorre de duas formas: coleta misturada e coleta seletiva.

A Figura 3 traz uma representação esquemática das atividades que compõem o SGRSU exercitado no Município de Piedade (SP).

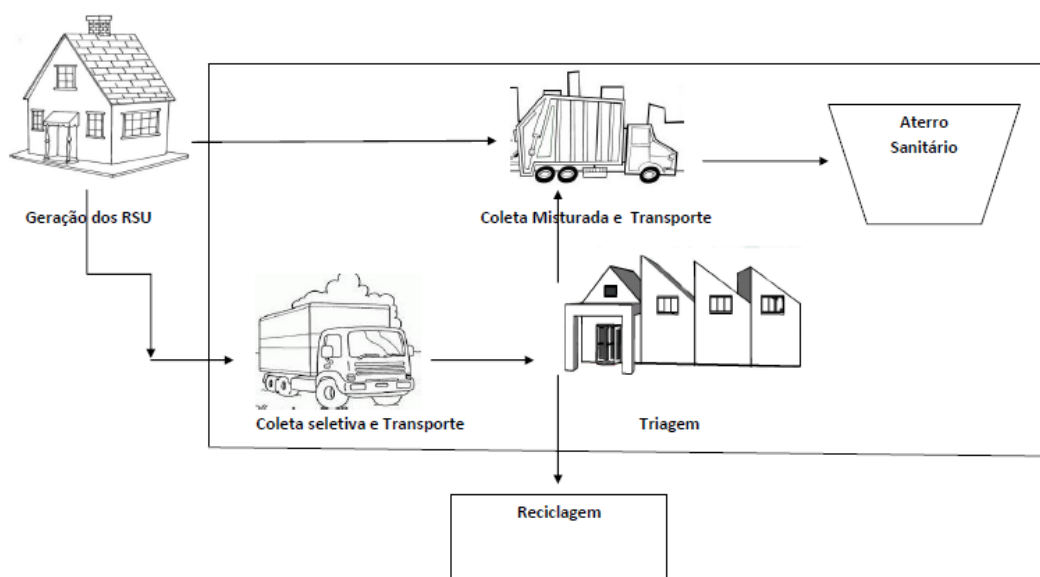


Figura 3. Atividades de Gerenciamento de RSU do município de Piedade-SP

A Tabela 1 apresenta valores médios diários de quantidades, e suas respectivas contribuições percentuais, tanto para resíduos reaproveitados a partir da coleta seletiva, como para os rejeitos que são encaminhados para a disposição final, via coleta comum (BRASIL, 2011). Observe-se pela Tabela que para os resíduos gerados em maior quantidade – restos de comida e jardinagem – não há alternativas de reaproveitamento no município, sendo portanto encaminhados na sua totalidade para o aterro.

Observa-se ainda pela Tabela 1 que papéis e metais, com contribuições diárias aproximadas de 600 kg e 400 kg respectivamente, constituem-se nos resíduos de maior taxa de reaproveitados junto aos serviços de coleta seletiva. A partir do diagnóstico realizado observou-se que as atividades de coleta seletiva e triagem recebem de 3% dos resíduos, enquanto que 97% vão diretamente para o aterro sanitário.

**Tabela 1 – Resíduos reaproveitados e rejeitos para disposição final**

Item	(%) Reciclada	(%) Aterrada	Massa reaproveitada (t/d)	Massa aterrada (t/d)
Restos de alimento / jardim	0,00	53,70	0,000	22,66
Papel, papelão	1,44	7,70	0,608	3,27
Trapos	0,00	6,10	0,000	2,57
Vidro	0,14	1,73	0,059	0,73
Plástico	0,17	9,75	0,072	4,11
Metal	0,95	1,82	0,402	0,77
Inertes	0,18	3,70	0,076	1,56
Outros	0	12,56	0,000	5,30
Valores totalizados	2,88	97,12	1,22	40,98

Fonte: Estudo para elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (BRASIL, 2011).

A Tabela 2 apresenta as categorias de impactos ambientais e as atividades e aspectos de gerenciamento dos RSU considerados e adotados pelo presente estudo. Os valores estão relativizados e expressos através das pontuações ponderadas (pt) pelo método adotado – EcoIndicator 99 (H) – para a situação atual de funcionamento do SGRSU de Piedade.

Os levantamentos efetuados e os resultados gerados por ocasião desta iniciativa permitiram concluir que o impacto ambiental que recebe maior influência do atual SGRSU de Piedade são os combustíveis fósseis, com uma pontuação de 12,82 (57%), sendo que o impacto total foi de 22,42 (100%). Este impacto ambiental recebe grande contribuição das atividades de transporte de resíduos, construção do aterro e das atividades de operação do aterro (aterramento e compactação).

O presente estudo também permitiu concluir que o impacto respiráveis inorgânicos tem grande influência (19%) do atual sistema de gestão de resíduos, tendo as principais contribuições advindas, assim como do impacto combustíveis fósseis, das atividades de transporte de resíduos, seguidas pela operação de aterramento e compactação e pela etapa de construção do aterro.

**Tabela 2: Entradas e saídas do Sistema de Produto considerado e suas contribuições para as categorias de impactos ambientais.**

Situação Atual	Unidade	Total	Geração de Metano	Transporte de Resíduos	Construção do Aterro	Aterramento e compactação	Consumo de Água	Consumo de Energia	Geração e Tratamento de Chorume
Categoria de impacto									
Total	Pt	22,42	2,48	10,86	5,13	3,94	0,00	0,00	0,01
Carcinogênicos	Pt	0,10	0,00	0,03	0,04	0,03	0,00	0,00	0,00
Resp. orgânicos	Pt	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Resp. inorgânicos	Pt	4,31	0,00	2,02	1,02	1,27	0,00	0,00	0,00
Mudanças Climáticas	Pt	3,62	2,47	0,41	0,59	0,14	0,00	0,00	0,00
Radiação	Pt	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
Camada de Ozônio	Pt	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ecotoxicidade	Pt	0,22	0,00	0,09	0,10	0,03	0,00	0,00	0,00
Acidificação/ Eutrofização	Pt	0,60	0,00	0,30	0,15	0,16	0,00	0,00	0,00
Uso do Solo	Pt	0,57	0,00	0,10	0,46	0,02	0,00	0,00	0,00
Recursos Minerais	Pt	0,15	0,00	0,01	0,11	0,03	0,00	0,00	0,00
Combust. Fósseis	Pt	12,82	0,00	7,89	2,65	2,27	0,00	0,00	0,00

Outro aspecto importante que contribui com 16% dos impactos do atual SGRSU são as mudanças climáticas, o que provavelmente está associado não só ao transporte de resíduos e operação e construção do aterro, mas também à geração de metano devido à digestão anaeróbia da grande quantidade de resíduos orgânicos. Assim, as três categorias de impactos totalizam 92% dos impactos ambientais causados pelo atual SGRSU.

O estudo permitiu observar também que as atividades que mais contribuem para os IACV de todo o SGRSU do município são: transporte dos resíduos com uma pontuação de 10,86 (48%); construção do aterro com uma pontuação de 5,13 (23%); operação de aterramento e compactação dos resíduos no aterro com uma pontuação de 3,94 (18%) e; geração de metano advindas da decomposição dos resíduos dispostos no aterro, com uma pontuação de 2,48 (11%).

Os aspectos ambientais relativos ao consumo de água e energia, assim como a geração e o tratamento do chorume, se mostraram com pouca contribuição para os IACV do SGRSU, ficando com suas pontuações próximas a zero, seja pela pequena demanda relativa (água e energia), seja pelo envio do chorume para uma estação de tratamento de efluentes.

## 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados gerados por ocasião deste estudo permitiram concluir que se fazem necessários investimentos em ações, projetos, programas e planos que melhorem a eficiência e o desempenho ambiental de todo o Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (SGRSU), especialmente que possibilitem: a ampliação dos sistemas de coleta seletiva e triagem dos resíduos recicláveis; a recuperação e o reaproveitamento dos resíduos orgânicos e/ ou do metano gerado no aterro e; a utilização de combustíveis menos poluentes nas etapas de transporte e aterramento e compactação dos resíduos.

Neste sentido, ações regionais consorciadas e/ou compartilhadas se apresentam como boas alternativas para municípios de pequeno porte, como o estudado, avançarem principalmente nas etapas de reaproveitamento e disposição final de resíduos sólidos urbanos.

Foi possível observar que o transporte de resíduos constitui-se da etapa mais impactante em termos de contribuição (48%) para os impactos ambientais avaliados pelo estudo e que o impacto ambiental que recebe maior contribuição do SGRSU são os combustíveis fósseis (55%). Na sequência, as atividades que mais contribuem para os impactos ambientais foram: construção do aterro (23%); operação de aterramento e compactação dos resíduos no aterro (18%) e; geração de metano advindas da decomposição dos resíduos dispostos no aterro (11%).



Assim, a Avaliação dos Impactos no Ciclo de Vida (AICV) mostrou-se uma ferramenta efetiva para identificação e avaliação da condição do Sistema de Gerenciamento de Resíduos estudado. Esta técnica proporciona ainda a geração de dados e informações para o apoio a tomadas de decisões, que consideram as dimensões ambientais dos SGRSU.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura**, NBR 14040. Rio de Janeiro, 2009a. 21p.
2. ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e Orientações**, NBR 14.044. Rio de Janeiro, 2009b. 46p.
3. BRASIL, **Estudos para Elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico**, Piedade/SP. 2011. Disponível em [www.piedade.sp.gov.br](http://www.piedade.sp.gov.br). Acesso em 20.02.2012.
4. CURRAN, M. A. (coord.). **Environmental Life Cycle Assessment**. New York: McGraw Hill, 1996.
5. JACOBI, Pedro. (Org). **Gestão Compartilhada dos Resíduos Sólidos no Brasil: inovação com inclusão social**. São Paulo: Annablume, 2006.
6. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, DF. 2010.
7. LEFF, Enrique. **A complexidade ambiental**. São Paulo: Cortez, 2003.
8. IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Censo 2010**. Brasília. 2010.
9. IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Módulo 6 – Lixo. Guia para Inventários Nacionais de Gases de Efeito Estufa**. Volume 2: Livro de Trabalho, 1996.
10. McDOUGALL, Forbes; et al. **Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory**. 2ed. Iowa, Victoria e Berlin: Blackwell Science, 2001.
11. PAES, M. X. (2013). **Inventário do Ciclo de Vida do Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Piedade/SP e Projeções de Cenários para Avaliação de Impactos Ambientais** (Dissertação de Mestrado). Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, São Paulo, Brazil, 103 p.
12. PAES, M. X. *et al.* (2014). Life Cycle Assessment Applied to Municipal Solid Waste Management: A Case Study. **Environment and Natural Resources Research**. Canada. Vol. 4, N°. 4, p 169 – 177. 2014. ISSN 1927-0488 E-ISSN 1927-0496. Published by Canadian Center of Science and Education.
13. SILVA, G. A; KULAY, L. **Análise de Ciclo de Vida**. Programa de Educação Continuada em Engenharia, PECE. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Notas de Aula. 2009.
14. SILVA, G. A; KULAY, L. Environmental Performance Comparison of Wet and Thermal Routes for Phosphate Fertilizer Production Using LCI – A Brazilian Experience. *In: InLCA/LCM – Life Cycle Assessment/Life Cycle Management: a bridge to a sustainable future*. 2003.Seattle.
15. UNEP – United Nations Environment Programme. **Life Cycle Management: A Businesss Guide to Sustainability**, 2007.