

III-403 - DIAGNÓSTICO E AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO ATUAL SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE SANTA CRUZ DO SUL-RS

Adan William da Silva Trentin⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Universidade de Passo Fundo. Mestre em Tecnologia Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Santa Cruz do Sul.

Diosnel Antonio Rodriguez Lopez

Doutor em Engenharia. Professor do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul.

Adriane Lawisch Rodriguez

Doutora em Engenharia. Professora do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul.

Ana Leticia Zappe

Engenheira Ambiental pela Universidade de Santa Cruz do Sul. Mestranda em Tecnologia Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental da Universidade de Santa Cruz do Sul.

Gustavo Schafer

Acadêmico do curso de Engenharia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Independência, CEP: 96815-900, Santa Cruz do Sul, Brasil - Tel: +55 (54) 9934-5108 - e-mail: adan_trentin@hotmail.com

RESUMO

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma importante metodologia que permite uma melhora da eficiência ambiental, onde são levadas em consideração as retiradas de recursos naturais da natureza e as emissões para a mesma, permitindo identificar os impactos ambientais potenciais gerados nos processos, produtos ou serviços avaliados. A quantificação das entradas e saídas de um sistema possibilita o aperfeiçoamento de técnicas e a minimização dos impactos ambientais relacionados. Esta pesquisa tem como objetivo realizar um estudo diagnóstico do Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos no município de Santa Cruz do Sul - RS através da técnica de ACV, para fins de apoio à tomada de decisão na escolha de cenários futuros de gerenciamento. Para realização da ACV, onde todas as entradas e saídas do sistema de gerenciamento de resíduos foram identificadas e quantificadas, foi utilizado o programa computacional *Integrated Waste Management* – 2, Versão 2.5. A conversão dos valores obtidos na ACV em impactos ambientais foram realizadas através de simulações com base nos fatores de caracterização de impacto utilizados pelo programa computacional *SimaPro® 7.0 da Pré Consultants* e publicados no relatório ReCiPe 2008, versão 1.08. As categorias de impacto consideradas foram: Potencial de Formação de Oxidantes Fotoquímicos, Potencial de Aquecimento Global, Potencial de Acidificação, Potencial de Eutrofização, Potencial de Depleção da Camada de Ozônio e Potencial de Formação de Material Particulado, além do Uso de Energia e Resíduo Sólido Final. Foi realizada a ACV do atual cenário de gerenciamento dos RSU. O cenário atual mostrou-se como um grande gerador de impactos ambientais, com elevada carga de emissão de poluentes para o ar e água, grande consumo de energia elétrica para a realização das atividades e alto valor de rejeitos enviados para o aterro sanitário.

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação do Ciclo de Vida, Impactos Ambientais, IWM-2, Resíduos Sólidos Urbanos.

INTRODUÇÃO

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) representam problemas da ordem social e ambiental para qualquer sociedade contemporânea. As desastrosas consequências decorrentes de um manejo incorreto dos resíduos são suficientes para alertar o interesse público sobre a necessidade da adoção de políticas públicas que busquem reverter esse quadro.

A geração de RSU alcançou níveis alarmantes, sendo que a realização da sua coleta, tratamento e disposição de forma adequada representam uma grande responsabilidade de todos e deve ser prioridade social, não podendo ser negligenciada. Várias metodologias para a gestão dos RSU estão disponíveis. No entanto, devido à heterogeneidade dos mesmos, determinar os melhores meios para gerenciá-los não é tarefa simples.

No Brasil, o gerenciamento dos RSU depende bastante, entre outras coisas, do tamanho do município e dos recursos destinados por estes para esta atividade. A grande maioria dos municípios brasileiros pode ser considerada de pequeno porte, com populações menores que 20.000 habitantes, gerando uma quantidade de RSU que, em princípio, não justifica grandes estruturas para o seu gerenciamento. Isso, associado a poucos recursos econômicos, à falta de profissionais capacitados, tarifas desatualizadas, descontinuidade política e administrativa, entre outras questões, acaba fazendo com que sejam buscadas alternativas inadequadas do ponto de vista ambiental, econômico e social para o gerenciamento dos RSU (NETO, 2007, p. 10-11).

Até pouco tempo atrás, o gerenciamento dos RSU no Brasil se baseava no tripé básico: coleta, transporte e disposição final, na sua grande maioria em “lixões a céu aberto”. Entretanto, com a aprovação da Lei nº. 12.305/2010, e sua regulamentação através do Decreto nº. 7.404/2010, esse quadro tende a se alterar de forma significativa. A nova lei trouxe os princípios, objetivos e as principais diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), os quais são fundamentais para uma gestão adequada dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010)

A PNRS visa impulsionar outras formas de tratamento e destinação final, sendo que os Aterros Sanitários representam uma destas alternativas. Porém, é importante destacar que os Aterros Sanitários devem ser a última opção para o gerenciamento, uma vez que não permitem a recuperação e reaproveitamento dos resíduos, conforme exposto por Khoo (2009). Vale ressaltar que a ordem de prioridade dos RSU definida pela PNRS é: não geração; redução; reutilização; reciclagem; tratamento; e por fim, a disposição final adequada (BRASIL, 2010). Percebe-se, através de uma análise desta ordem de prioridades, que diferentes alternativas para o gerenciamento dos RSU devem ser consideradas e avaliadas, levando sempre em consideração parâmetros ambientais, econômicos e sociais.

Ao se buscar novas alternativas para o gerenciamento dos RSU, é fundamental que seja realizada uma análise dos impactos ambientais relacionados. A fim de ter-se esse conhecimento, a ferramenta de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) vem se tornando uma possibilidade concreta, destacada inclusive pela PNRS. Muitos dos problemas relacionados ao gerenciamento dos RSU podem ser quantificados e até mesmo evitados com a utilização desta ferramenta.

Em virtude da atual mudança no panorama da gestão dos RSU no Brasil, em especial pela introdução da Lei nº. 12.305/2010 (BRASIL, 2010), Política Nacional de Resíduos Sólidos, se faz necessário um estudo mais aprofundado do atual sistema de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos do município de Santa Cruz – RS. Sendo assim, este estudo propõe-se a realizar um estudo diagnóstico do Sistema de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos do município, por meio da técnica de Avaliação do Ciclo de Vida.

MATERIAIS E MÉTODOS

LOCALIZAÇÃO E DADOS GERAIS DO MUNICÍPIO

O município de Santa Cruz do Sul encontra-se situado no centro das Regiões do Vale do Rio Pardo e Vale do Taquari, sendo a cidade pólo entre os 47 municípios que compõem estas regiões, mais precisamente na Região Centro-Oeste do Estado do Rio Grande do Sul, na encosta inferior nordeste. Os principais acessos são pelas rodovias RSC 287 e BR 471.

Estando a 73 metros de altitude em relação ao nível do mar, Santa Cruz do Sul localiza-se na latitude 29° 43' 04" Sul e longitude 52° 25' 33" Oeste, estando inserido nas bacias hidrográficas do Rio Pardo e Taquari-Antas. Segundo dados da Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação do Município de Santa Cruz do Sul, a área total do município é de 794,49 km², destes 156,96 km² de área urbana e 637,53 km² de área rural.

Quanto à população, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), o município possui 118.374 habitantes, sendo 105.184 habitantes da área urbana, o que corresponde a 88,9% da população total e 13.103 habitantes da área rural, correspondendo a 11,8% da população total do município. A taxa de urbanização é de 89,4% e a densidade demográfica é de 161,4 hab./km (IBGE, 2010).

COLETA DE DADOS

As coletas de dados e informações necessárias para o desenvolvimento deste estudo foram realizadas através de consulta junto à Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Saneamento e Sustentabilidade, por meio de envio de um questionário. Também foram coletadas informações junto à Cooperativa de Catadores e Recicladores de Santa Cruz do Sul – COOMCAT.

Em função dos dados referentes à composição gravimétrica dos RSU disponibilizados pela Secretaria de Meio Ambiente, Saneamento e Sustentabilidade representarem uma amostra pouco significativa, pois a mesma possuía dados de apenas três bairros do município (Bairro Centro, Goiás e Higienópolis), optou-se pela realização de um estudo mais aprofundado a cerca do assunto, a fim de obter-se a composição gravimétrica dos trinta e seis bairros existentes no município de Santa Cruz do Sul.

AMOSTRAGEM PARA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Para realização da caracterização física, foram coletadas amostras representativas dos resíduos, sendo que estas foram encaminhadas para separação de seus componentes. Adotou-se a técnica do quarteamento (ABNT N°. 10.007/2004) para realização da atividade prática. O processo contou com amostragens compostas, sendo que foram realizadas amostragens em duplicata de cada itinerário, em dias diferentes, contemplando todas as rotas de coleta dos resíduos. Os caminhões, provenientes de diferentes bairros, realizaram a disposição temporária dos RSU em local previamente autorizado pela Prefeitura do município, iniciando-se assim os processos de amostragem, com auxílio da máquina pá carregadeira e ferramentas manuais. Estas amostras, provenientes de diferentes bairros, foram misturadas de forma a se obter um resíduo homogêneo. Após esta etapa, as amostras homogeneizadas foram divididas em quatro partes aparentemente iguais (etapa do quarteamento) e selecionaram-se duas partes opostas em diagonal, que foram novamente homogeneizadas. As duas partes restantes foram descartadas. Na amostra resultante foi aplicado o mesmo processo de quarteamento, obtendo-se uma amostra de aproximadamente 1,00 m³ de resíduos.

Com a obtenção da amostra desejada, foi realizada a separação manual dos componentes, dividindo-os em seis grupos: Papel/Papelão; Plástico (plástico duro e plástico mole); Metal (ferroso e não-ferroso); Vidro; Matéria orgânica; e Rejeito. Estes foram acondicionados em bombonas plásticas de 200 litros e pesados de forma individual, permitindo assim o cálculo das porcentagens individuais de cada grupo de resíduos.

Com o objetivo de realizar o estudo da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos gerados no município de Santa Cruz do Sul, as atividades descritas anteriormente foram repetidas em cinco dias diferentes, de forma a contemplar todos os itinerários de coleta realizados pelos caminhões, abordando assim coletas em bairros de diferentes características. Estas atividades foram realizadas em duas etapas, contemplando duas épocas distintas do ano, sendo a primeira nos meses de março e abril, ou seja, término da estação de verão e início do outono. A segunda etapa foi realizada no mês de agosto, contemplando a estação do inverno.

DEFINIÇÃO DO ESCOPO E UNIDADE FUNCIONAL

O escopo deste trabalho considera as atividades necessárias para gerir os RSU a partir do momento em que são enviados para a coleta até a disposição final. Sendo assim, as etapas de geração, transporte, armazenamento, tratamento e destinação final foram analisadas e quantificadas, levando em consideração os balanços de materiais, de energia, emissões atmosféricas e resíduos (líquidos e sólidos).

No que diz respeito ao tratamento dos resíduos, não foi trabalhado a logística que envolve o destino dos materiais reciclados, limitando-se apenas ao material reciclável pronto para utilização. O escopo foi assim

definido pelo fato da necessidade de realizar uma avaliação apenas da realidade local do sistema de gerenciamento, contemplando apenas ações condizentes de serem realizadas na própria região de estudo.

A UF utilizada no presente trabalho é a da geração anual de RSU para o município (FERNÁNDEZ-NAVA et al. 2014; SONG et al. 2013; KORONEOS et al. 2012; DONG et al. 2010; RODRÍGUEZ-IGLESIAS, 2003). Assim, a geração diária de 81,8 toneladas é extrapolada para a quantificação anual, equivalente a 29.854,00 toneladas. Todas as emissões, o consumo de energia e materiais são baseados a esta unidade funcional. O inventário foi realizado para o cenário atual de gerenciamento dos resíduos, sendo utilizado o auxílio do programa IWM-2, versão 2.5, para o desenvolvimento da rota dos resíduos e quantificação das entradas e saídas. As fronteiras do sistema estão delimitadas no fluxograma a seguir (Figura 1).

APLICAÇÃO DO MODELO IWM-2, VERSÃO 2.5: AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

Para realização da ACV, onde todas as entradas e saídas do sistema de gerenciamento de resíduos foram identificadas e quantificadas, foi utilizado o modelo IWM-2, Versão 2.5 desenvolvido por McDougall et al. (2001).

Para definir a conversão dos valores obtidos através da ACV em impactos ambientais foram realizadas simulações com base nos fatores de caracterização de impacto utilizados pelo programa computacional SimaPro® da Pré Consultants e publicados no relatório ReCiPe 2008, versão 1.08, com valores revisados em fevereiro de 2013.

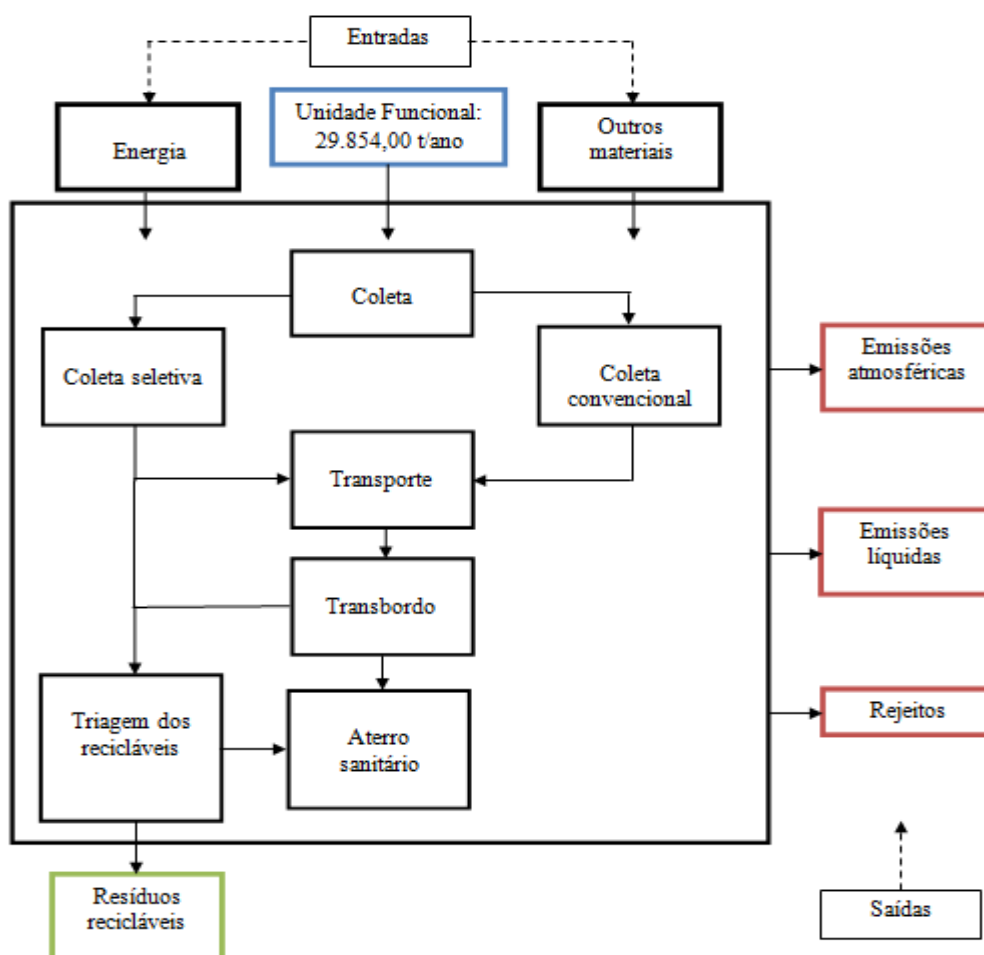


Figura 1. Limites e fronteiras do sistema de estudo da ACV

CENÁRIOS ANALISADOS

CENÁRIO ATUAL

Este cenário representa o atual gerenciamento dos RSU em Santa Cruz do Sul – RS. Desta forma, os resíduos são acondicionados pela população, coletados, transportados, triados e os rejeitos são enviados para a área de transbordo, para posterior envio até Aterro Sanitário. Atualmente a cidade conta com coleta convencional (sem diferenciação entre resíduos recicláveis, orgânicos e/ou rejeitos), atendendo 100% da população, e coleta seletiva (coletado os resíduos recicláveis: papel, plástico, metal e vidro, e os resíduos orgânicos/rejeitos) em nove bairros, o que representa 25% das residências. Além disto, o gerenciamento dos RSU conta com etapa de triagem de resíduos passíveis de reciclagem. Atualmente são enviadas 10.320,00 t/ano de RSU para a triagem, apresentando eficiência de 4,56% na retirada dos materiais. Na etapa de reciclagem não há informações por parte dos responsáveis sobre obtenção de rejeitos.

RESULTADOS

DADOS DO DIAGNÓSTICO DO ATUAL SISTEMA DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS – CENÁRIO BASE

O atual Sistema de Gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos do município de Santa Cruz do Sul foi definido como Cenário Atual, onde os resíduos são acondicionados pela população, coletados, triados e os rejeitos são transportados até destinação final em Aterro Sanitário devidamente regularizado na cidade de Minas do Leão/RS. Este cenário tem por base dados referentes ao ano de 2014.

Segundo o IBGE (2010) o município de Santa Cruz do Sul conta com uma população residente de 118.374,00 habitantes e 34.816,00 domicílios, espalhados por 36 bairros e área rural, o que representa uma média de 3,44 habitantes/domicílios. Atualmente 100% dos domicílios são atendidos pela coleta convencional e nove bairros possuem, além da coleta convencional, o advento da coleta seletiva. A área rural conta somente com coleta dos resíduos secos, ou seja, somente os passíveis de reciclagem.

Atualmente as etapas de coleta convencional e destinação final dos RSU são realizadas pela empresa Conesul Soluções Ambientais, contratada através de licitação realizada pela prefeitura municipal. Esta empresa é responsável pela coleta dos RSU gerados na área urbana e área rural do município, totalizando cerca 81,8 t/dia. A geração *per capita* de RSU atualmente é de 0,69 kg/hab./dia.

A Figura 2 demonstra os valores obtidos para a composição gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos.

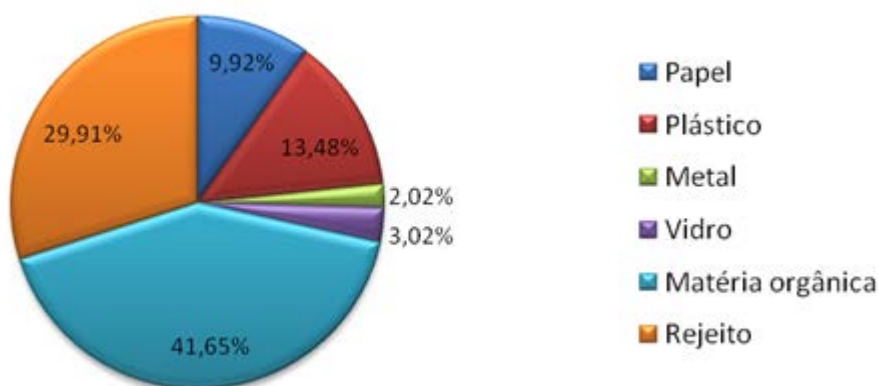


Figura 2. Composição gravimétrica média dos RSU

A coleta dos RSU no município de Santa Cruz do Sul ocorre de duas maneiras: coleta convencional e coleta seletiva. A maior parte dos RSU são coletados de forma convencional, ou seja, são coletados de porta em porta, de forma misturada, sem distinção entre recicláveis, orgânicos e/ou rejeitos. Esta coleta, que atende a 100% da população (área urbana e área rural), é realizada por quatro (04) caminhões basculares, modelo Mercedes-Benz Atego 1719, com capacidade de carga de quinze (15) m³ cada um. Atualmente são coletadas

29.987,00 t/ano de RSU por este modelo de coleta. Este serviço de coleta é realizado por empresa terceirizada (Cone Sul – Soluções Ambientais), contratada através de licitação pública. Os quatro (04) caminhões, juntos, percorrem mensalmente 16.565,00 km para atender a todos os itinerários de coleta dos RSU, sendo que cada caminhão tem autonomia para percorrer 3,5 km/litro de diesel. Em função disto, são consumidos 4.732,85 Litros/mês de diesel para a etapa de coleta convencional dos RSU.

Vale destacar que somente têm-se dados e informações dos RSU provenientes das residências, ou seja, os resíduos domésticos. Os resíduos de varrição, poda e jardinagem, bem como os resíduos gerados pelo comércio local, não apresentam controle na sua coleta, ou seja, o município não dispõe de dados específicos destes resíduos.

A coleta seletiva atualmente atende nove (09) dos trinta e seis (36) bairros do município, sendo realizada por um caminhão modelo Volkswagen 13-190 E Constellation 2p, sendo que este percorre mensalmente cerca de 2.340,00 km, consumindo 668,14 Litros/mês de diesel. A coleta seletiva também conta com catadores utilizando carrinhos, estes identificados e seguindo roteiros definidos. A realização da coleta seletiva fica a cargo da COOMCAT. A população atendida pela coleta seletiva é orientada a separar os resíduos na fonte, ou seja, que sejam separados os resíduos orgânicos e rejeitos dos resíduos recicláveis.

Os materiais provenientes da coleta convencional são encaminhados primeiramente para a Central de Triagem de Resíduos Sólidos Urbanos, licenciada pelo órgão ambiental responsável e operando sob a Licença de Operação N.º 065/2014 - SMMASS. Esta é administrada pela Cooperativa de Catadores e Recicladores de Santa Cruz do Sul – COOMCAT e atualmente 43,00 t/dia de RSU são encaminhadas para a etapa de triagem para recuperação dos resíduos passíveis de reciclagem. O restante dos resíduos (38,8 t/dia), bem como os rejeitos provenientes da etapa de triagem, tem como destino final o Aterro Sanitário de Minas do Leão, localizado no município de Minas do Leão. Nota-se que um grande volume de resíduos são encaminhados diretamente para o destino final (aterro sanitário) sem serem encaminhados para a etapa de triagem.

Os materiais coletados durante a etapa de coleta seletiva são encaminhados para o Galpão da Coleta Seletiva, sendo que este local também é administrado pela COOMCAT, localizado na área central do município, onde estes são separados por tipo de material e preparados para posterior comercialização para empresas especializadas em reciclagem. Atualmente são coletadas cerca de 355,629 t/ano de materiais passíveis de reciclagem. Este local é licenciado pelo órgão ambiental e opera sob a Licença de Operação N.º 052/2014 – SMMASS.

A frequência de coleta dos resíduos na área urbana e rural é definida em função do volume dos resíduos gerados e realizada conforme calendário de recolhimento dos RSU, sendo que cada bairro, assim como as localidades do interior, possuem dias específicos para a realização da coleta.

Os RSU denominados “rejeitos” são encaminhados para o Aterro Sanitário de Minas do Leão, localizado no município de Minas do Leão – RS, distante aproximadamente 107,5 km do município de Santa Cruz do Sul. Este aterro encontra-se licenciado pelo órgão ambiental responsável, sob a Licença de Operação 982/2010-DL.

ANÁLISE DE IMPACTO AMBIENTAL DO CENÁRIO EM ESTUDO

Para realização da ACV, foi utilizado o programa computacional IWM-2, versão 2.5 (MCDOUGALL et al. 2001). O programa computacional foi alimentado com informações obtidas através do diagnóstico do atual sistema de gerenciamento dos RSU do município, outros dados são valores padrão do próprio programa computacional.

Conforme proposto para este trabalho, foram trabalhados e analisados dados e informações relativos à quantidade e composição dos RSU gerenciados; informações sobre os sistemas de coleta; informações sobre separação de resíduos; informações sobre tratamento biológico; e informações sobre aterro sanitário.

A seguir, na Tabela 1, serão apresentados os impactos ambientais, os quais incluem “uso de energia” e “resíduo sólido final”, além de seis (06) indicadores ambientais selecionados para cada etapa do gerenciamento. Para este estudo foi delimitado um horizonte temporal de 100 anos.

Os valores expostos representam os totais de emissões, através de indicadores de impactos ambientais, de todas as etapas envolvidas no gerenciamento dos RSU - coleta, transporte, acondicionamento, triagem dos passíveis de reciclagem e destino final dos rejeitos.

Tabela 1: Indicadores de impacto ambiental para o sistema de gerenciamento de RSU analisado e valores de emissões

Indicador de impacto ambiental	Emissões do cenário atual
Uso de Energia (GJ/ano)	28.240,0
Resíduo Sólido Final (t/ano)	29.242,0
Potencial de Eutrofização (kg PO ₄ eq./ano)	4.928,23
Potencial de Aquecimento Global (kg CO ₂ eq./ano)	12.009.198,64
Potencial de Acidificação (kg SO ₂ eq./ano)	31.476,23
Potencial de Formação de Material Particulado (kg PM ₁₀ eq./ano)	9.534,90
Potencial de Formação de Oxidantes Fotoquímicos (kg NMVOC eq./ano)	41.930,45
Potencial de Depleção da Camada de Ozônio (kg CFC-11 eq./ano)	2,86

CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que:

O estudo de ACV pode auxiliar e contribuir de forma positiva a intensificação de novos projetos que visem à diminuição de impactos ambientais, fomentando o desenvolvimento da compostagem ou equipando as usinas de triagem para que esta etapa alcance as metas estabelecidas.

O cenário atual, o qual foi totalmente caracterizado, tem as suas etapas bem estruturadas, porém alguns detalhes fazem com que o sistema não opere da melhor maneira possível. Pontos negativos foram observados, como: falhas na etapa de triagem, problemas mecânicos em equipamentos – esteira da mesa de triagem e pá carregadeira – sistema elétrico da Usina de Triagem defasado e falta de mão-de-obra para a realização das atividades de triagem dos resíduos são alguns dos pontos observados que resultam em acúmulo excessivo de resíduos na área da Usina de Triagem e baixa eficiência na recuperação de materiais passíveis de reciclagem.

A realização da etapa de composição gravimétrica dos RSU permite identificar o alto percentual de materiais passíveis de reciclagem gerados – plástico, metal, papel e vidro. Atualmente, cerca de 28,44% da massa de resíduos é composta de materiais com essas características.

O percentual de resíduos orgânicos, ou seja, passíveis de tratamento biológico, se encontra na faixa de 29,91%.

O cenário atual apresentou altos valores de emissão de poluentes para o ar e água, além de elevado consumo de energia elétrica e grande quantidade de resíduos sendo enviados para o aterro sanitário.

Dentre as categorias de impacto trabalhadas, o potencial de acidificação e o potencial de aquecimento global são as mais populares e que permitem uma avaliação mais direta do ponto de vista ambiental. Assim, estas categorias demonstram, por exemplo, um cenário atual de emissão de 31.476,23 Kg Equiv. de SO₂ e 12.009.198,64 Kg equivalentes de CO₂, respectivamente para acidificação e aquecimento global.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.007: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.
2. BRASIL, 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.
3. DONG, J.; CHI, Y.; ZOU, D.; FU, C.; HUANG, Q.; NI, M. Comparison of municipal solid waste treatment technologies from a life cycle perspective in China. *Waste Management & Research*, Vol 32(1) 13–23, 2014.
4. FERNÁNDEZ-NAVA, Y.; RÍO, Jd.; RODRÍGUEZ-IGLESIAS, J.; CASTRILLÓN, L.; MARAÑÓN, E. Life Cycle Assessment (LCA) of different municipal solid waste management options: A case study of Asturias (Spain), *Journal of Cleaner Production* (2014), doi: 10.1016/j.jclepro.2014.06.008.
5. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA -IBGE. Censo Demográfico. Rio de Janeiro, 2010.
6. KHOO, H. Life Cycle Impact Assessment of various waste conversion technologies. *Waste Management* 29 (1892 – 1900), 2009.
7. KORONEOS, C. J.; NANAKI, E. A. Integrated solid waste management and energy production - a life cycle assessment approach: the case study of the city of Thessaloniki. *Journal of Cleaner Production* 27, 141-150, 2012.
8. MCDUGALL, M. R.; WHITE, P. R.; FRANKE, M.; HINDLE, P. Integrated Solid Waste Management: A Life Cycle Inventory. 2nd Edition. Pub. Blackwell Science Ltd., Osney Mead, Oxford, England, 2001.
9. NETO, Emitério da Rosa. Uso do Inventário do Ciclo de Vida como ferramenta auxiliar na tomada de decisões no sistema de resíduos sólidos urbanos em São Luiz Gonzaga – Rio Grande do Sul. 2007. 72 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental - Mestrado) – Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2007.
10. SONG, Q.; WANG, Z.; LI, J. Environmental performance of municipal solid waste strategies based on LCA method: a case study of Macau. *Journal of Cleaner Production* 57, 92-100, 2013.
11. RODRÍGUEZ-IGLESIAS, J.; MARAÑÓN, E.; CASTRILLÓN, L.; RUESTRA, P.; SASTRE, H. Life cycle analysis of municipal solid waste management possibilities in Asturias, Spain. *Waste Management & Research*. 21, 535–548. 2003.