

IMPACTOS SOCIAIS E AMBIENTAIS: A VULNERABILIDADE DO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.

SOCIAL AND ENVIRONMENTAL IMPACTS: VULNERABILITY OF THE URBAN SOLID WASTE MANAGEMENT SYSTEM.

Cisnara Pires Amaral

Mestre em Tecnologia Ambiental / UNISC. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – URI (Santiago). (cisnara@yahoo.com.br)

Diosnel Antonio Rodriguez Lopez

Doutor em Eng. de Materiais, Metalurgia e Meio Ambiente / Technische Universitat Berlin. Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. (diosnelrl@gmail.com)

Resumo

Os seres humanos sempre exploraram os recursos naturais para sobreviver. Enquanto as populações eram pequenas e as formas de coleta eram mais simples, esse processo ocorria de forma sustentável. Atualmente, ocorre a exploração de forma rápida e intensa, gerando resíduos que impactam o meio ambiente. Esta pesquisa tem como objetivo realizar a avaliação do impacto ambiental e social do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (SGRSU) de três municípios do estado do Rio Grande do Sul, determinado o diagnóstico de tais impactos por meio da utilização da ferramenta ACV; além de verificar a integração dos catadores na gestão dos resíduos. A metodologia do trabalho busca diagnosticar a inserção dos catadores nos SGRSU, através de simulações de dados, por meio do programa computacional Umberto NXT LCA, bem como analisar o impacto ambiental de todas as atividades envolvidas no gerenciamento dos resíduos. Quanto ao impacto social, observou-se que todos os municípios apresentam dificuldade no estabelecimento de metas relacionadas à coleta seletiva e à inserção dos catadores informais em cooperativas, fator preponderante para estimular o preconceito, a falta de higiene e insalubridade. Quanto aos impactos ambientais, notou-se que estes ocorrem, principalmente, nas etapas de coleta e disposição final, nos três municípios analisados, sendo que os impactos mais relevantes foram mudanças climáticas, depleção de recursos abióticos e potencial de eutrofização. Estes dados demonstram que o consumo do veículo, sua manutenção, a quantidade de lixo produzido e coletado, a distância percorrida pelos veículos e a eficiência na coleta são fatores que contribuem para alterações dos impactos ambientais.

Palavras-Chave: Resíduos Sólidos. Impactos Sociais. Gestão. Impactos Ambientais

Abstract

The human beings had always explored the natural resources to survive. While the populations were small beings and the collection methods were not sophisticated, this process occurred of sustainable form. Currently, the exploration of fast and intense form occurs, generating solid wastes that impact the environment. This research has as objective to carry through the evaluation of the environmental and social impact of the system of management of urban solid wastes of three cities of the state of the Rio Grande do Sul, determined the diagnosis of the environmental impacts through the use of tool ACV; beyond verifying the integration of the workers responsible for the cleaning in the solid wastes management. How the social impact it was observed that all the cities present difficulty in the establishment of goals related to the selective collection and the insertion of the informal cleaners in cooperatives, preponderant factor for the preconception, the lack of hygiene and benefits. How the environmental impacts it was observed that the stages of collection and final disposition are the ones that more contribute in the three analyzed cities, being that the impacts most excellent had been climatic changes, depletion of abiotic resources and potential of eutrophication. These data demonstrate that the consumption of the vehicle, its maintenance, the amount of produced and collected solid wastes, in the distance covered for the vehicles, the efficiency in the collection is factors that contribute for alterations of the environmental impacts.

Keywords: Solid Waste. Social Impacts. Management. Environmental Impacts.

INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída por meio da Lei nº 12.305/2010, trouxe várias modificações na gestão atual dos resíduos sólidos, visando, entre outros objetivos, encaminhar para disposição final ambientalmente adequada os rejeitos e implantar a coleta seletiva, a logística reversa e a compostagem dos resíduos. Porém, a mais importante mudança refere-se aos atores envolvidos no processo, cuja gestão passa a ser também de responsabilidade da sociedade como todo e não somente das prefeituras e dos demais órgãos fiscalizadores. Essas demandas tornaram-se um desafio para a maioria das cidades, visto que a mudança de valores e de atitudes não é suficiente para gerar mudanças estruturais numa sociedade. A mudança individual é o principal vetor para a transformação global, é a mola propulsora para a superação das desigualdades sociais.

As desigualdades sociais geram degradação ambiental, e a falta de recursos financeiros para investimento no tratamento de resíduos sólidos e esgoto e para o desenvolvimento de tecnologias pouco poluentes conduz à contaminação de rios, solos e do ar.

Loureiro (2004) cita que, atualmente, se percebem inúmeras contradições causadas pelo esgotamento sem precedentes dos recursos naturais, com efeitos degradantes para gerações futuras. Segundo o autor, esta é uma crise ambiental marcada principalmente pelo acúmulo e geração de resíduos, o que obriga a sociedade a formular políticas adequadas para a gestão desses resíduos, a fim de reduzir a sua produção e incentivar o reaproveitamento, a revalorização, a reciclagem, o tratamento e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Uma das ferramentas que pode ajudar neste ponto é a avaliação do ciclo de vida (ACV). A ACV é um método de avaliação dos potenciais impactos ambientais que um sistema ou produto pode gerar ao longo de seu ciclo de vida e que auxilia na tomada de decisões, trazendo à tona uma realidade presente em todos os segmentos da sociedade. Brino *et al.* (2012) definem a ACV

como a caracterização da série de etapas que envolvem o desenvolvimento do produto ou serviço, desde a obtenção de matérias-primas e insumos até o processo produtivo, o consumo e a disposição final adequada, sendo esta uma medida de auxílio na gestão ambiental.

O sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (SGRSU) pode ser um meio importante de inclusão, se forem considerados os “catadores” que, hoje, transitam pelas ruas das cidades recolhendo materiais que restam de qualquer atividade humana, normalmente na forma sólida, os quais podem ser reaproveitados ou reciclados; porém, trabalham, em sua maioria, de maneira informal, estando sujeitos a vetores de doenças e a permanecerem excluídos e marginalizados (MIURA, 2004). Esse paradoxo leva a degradação ambiental e a exclusão social serem vistas apenas como consequências do progresso, sem perceber que existem problemas e questionamentos pendentes que demonstram a fragilidade do sistema.

Como realizar autossuficiência e desenvolver a sustentabilidade se ainda temos um problema social que se eleva em todas as sociedades? Os Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos contemplam esses sujeitos? Como ocorrerá a reestruturação dos municípios para que estes munícipes estejam incluídos nos segmentos sociais?

Muitas das soluções que têm sido propostas na área do gerenciamento de resíduos sólidos trazem em si o equívoco da autossuficiência. Na realidade, são soluções isoladas e estanques, que não contemplam a questão dos resíduos desde o momento de sua geração até a disposição final de maneira adequada (REICHERT; MENDES, 2014).

Dessa forma, pode se afirmar que o estudo da ACV dos sistemas de gerenciamento de RSU pode proporcionar ganhos ambientais e sociais, trazendo melhorias para Administração Pública, minimizando os impactos ambientais e sociais, ligados à geração e destino final dos resíduos sólidos, e contribuindo para a implementação da Lei nº 12.305/2010 (BARROS, 2012).

METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada nos municípios de Santiago, Jaguari e São Francisco de Assis, situados na Região Centro-Oeste do Estado do RS. O município de Santiago está localizado nas coordenadas geográficas 29°11'31"S 54°52'01"O, e São Francisco de Assis e Jaguari, nas coordenadas 29°33'00"S 55°07'51"W e 29°29'49"S 54°41'24' W, respectivamente, conforme o Sistema de Coordenadas Sirgas 2000 (IBGE, 2014); possuem 50.622, 19.135 e 11.396 habitantes cada, com Índices de Desenvolvimento Econômico (IDESE) de 0,756, 0,701 e 0,676, respectivamente.

A metodologia proposta foi dividida em duas etapas. A primeira busca diagnosticar a inserção dos catadores nos SGRSU dos municípios, procurando quantificar o número de trabalhadores cooperativados e os que trabalham na informalidade, considerando as condições de trabalho, infraestrutura disponível, apoio às cooperativas e ganhos econômicos associados à atividade. A segunda parte pretende, por meio de simulações de dados que caracterizam esses SGRSU, analisar o ciclo de vida (ACV) e o impacto de todas as atividades envolvidas no gerenciamento dos resíduos urbanos dos municípios considerados.

Na primeira etapa, realizou-se um levantamento de dados junto à Secretaria de Meio Ambiente de cada município, quando foram obtidos os dados necessários para o diagnóstico da situação atual dos SGRSU. O levantamento de dados seguiu a mesma metodologia utilizada por Trentin (2015) para a obtenção de dados junto ao município de Santa Cruz do Sul, onde o escopo de seu trabalho considera as atividades necessárias para gerir os resíduos sólidos urbanos a partir do momento em que são gerados e enviados para coleta até a disposição final.

Os dados coletados referem-se à massa dos recursos utilizados na coleta dos RSU, como transporte, transbordo, usina de triagem e transporte até o aterro sanitário de Santa Maria. Além das entrevistas com os responsáveis pelo SGRSU, buscaram-se os dados do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do município de Santiago (SANTIAGO, 2013) e do Plano de Consórcios

Intermunicipais da Região Centro-Oeste, onde se encontram inseridos os municípios de São Francisco de Assis e Jaguari (SÃO FRANCISCO DE ASSIS, 2013).

Os dados coletados sobre os SGRSU de cada Município foram utilizados para as Análises de Ciclo de Vida (ACV) da situação atual. Para as simulações, utilizou-se o Software Umberto NXT LCA Versão 7.1, elaborado pela ifu Hamburg GmbH, sendo que o mesmo possui o banco de dados Ecoinvent® 2.2 e 3.1; e para avaliação dos impactos, o CML 2001®, um banco de dados que possui uma série de categorias de impacto e de fatores de caracterização para a realização do ACV. O CML emprega uma "abordagem voltada a problemas", e não a "abordagem voltada a danos" como faz a técnica Eco-invent 99®. O CML foi desenvolvido pelo Centro de Ciência Ambiental da Universidade de Leiden-Dinamarca.

Os impactos ambientais considerados estão detalhados no Quadro 1. Os mesmos foram normalizados utilizando os fatores de nível mundial, para o ano de 1995 (GUINÉE *et al.*, 2002), descritos na Tabela 1, a fim de apoiar a interpretação dos resultados.

As seis categorias de impacto utilizadas nesta pesquisa (Quadro 1) são identificadas por Bueno, Latasa e Lozano (2015) como as mais significativas quando se trabalha com sistemas de gestão de RSU.

O escopo do trabalho considera o impacto dos RSU desde que eles são descartados para a coleta até sua destinação final, seja ela por aterramento, compostagem ou por incineração, levando em consideração as etapas intermediárias de coleta, transporte, transbordo e triagem. Não foram considerados os impactos da reciclagem dos materiais separados.

Como unidade funcional, foi escolhida toda a massa de resíduos gerada por cada município no período de um dia, tendo como base as informações das Secretarias Municipais de Meio Ambiente. A unidade funcional tem por objetivo oferecer um valor de referência em relação à qual os dados de entrada e saída são normalizados.

Devido à falta de dados referentes à caracterização dos RSU dos municípios considerados, optou-se pela proposta do

banco de dados Ecoinvent 3.1, que contempla a seguinte composição física: 21% papel; 8% papelão e papel; 15% plásticos; 5% materiais laminados (ex. tetra pack); 3% materiais combinados (fraldas e outros); 3% vidros; 2%

têxteis; 8% minerais; 31% matéria orgânica; 3,65% metais inertes; 0,0065% baterias; 0,34% eletrônicos. O referido banco de dados considera a percentagem de carbono biogênico igual a 60,4%.

Quadro 1: Categorias de impactos ambientais do estudo

IMPACTOS AMBIENTAIS	UNIDADE
Potencial de Acidificação	kg SO ₂ -Eq
Mudanças Climáticas - 100 ^a	kg CO ₂ -Eq
Potencial de Eutrofização	kg PO ₄ -Eq
Toxicidade Humana - 100 ^a	kg 1,4-DCB Eq.
Oxidação Fotoquímica	kg etileno-Eq
Depleção dos Recursos Abióticos	kg antimônio-Eq

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 1: Valores de referência para normalização utilizando os fatores de nível mundial para o ano de 1995

VALOR DE NORMALIZAÇÃO	UNIDADE DE NORMALIZAÇÃO
52,90	kg (SO ₂ -Eq). ano ⁻¹ cap ⁻¹
6.830,00	kg (CO ₂ -Eq). ano ⁻¹ cap ⁻¹
22,80	kg PO ₄ eq. ano ⁻¹ cap ⁻¹
8.800,00	kg (1,4-DCB-Eq). ano ⁻¹ cap ⁻¹
8,04	kg C ₂ H ₄ eq. ano ⁻¹ . cap ⁻¹
27,70	kg (antimônio-Eq). ano ⁻¹ .cap ⁻¹

Fonte: Guinée *et al.* (2002).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro 2 permite comparar o diagnóstico socioambiental de cada município, referente à coleta seletiva, triagem, área de transbordo, número de catadores formais e informais.

Observou-se que os catadores informais de todos os municípios não possuem locais adequados para manejo, armazenamento e seleção de resíduos, o que gera risco à saúde pública, uma vez que todos os detritos são armazenados junto às suas residências. As atividades desses catadores informais acabam onerando a gestão de resíduos sólidos, uma vez que a prefeitura deve deslocar equipes de limpeza para recolher e descartar um material sem valor econômico. Tais catadores não recebem qualquer tipo de ajuda, assistência social ou orientação técnica para realizar suas

atividades, não possuem EPIs e estabelecem sua própria rotina de trabalho.

A grande dificuldade de todos os municípios reside no fato de os catadores informais não estarem inseridos em cooperativas e não possuem informações suficientes sobre o funcionamento das cooperativas e os benefícios que a organização traria para a população. A precarização das condições de trabalho pode levar os indivíduos ao desleixo, à falta de higiene e à condição de marginalidade.

Pode-se notar que todos os municípios possuem grande dificuldade no estabelecimento de metas relacionadas à coleta seletiva e à integração dos catadores em cooperativas, visto que há um número considerável de catadores informais. Não é unânime entre os municípios manter uma área de transbordo ou triagem, que permita a implantação de uma estação de separação de

resíduos e, por consequência, a incorporação dos catadores no sistema de gestão de resíduos.

Segundo Miura (2004), a organização em cooperativas possibilita uma condição de

trabalho mais favorável, com estrutura física mais adequada e oportunidades de ganhos maiores, tanto na perspectiva material como social.

Quadro 2: Diagnóstico socioambiental

Município	Jaguari	Santiago	São Francisco de Assis
Área de transbordo	Não possui	Possui	Possui
Coleta seletiva	Não possui	Possui	Possui
Triagem	1 cooperativa (8 associados)	2 cooperativas - ARPES (15 associados) e COMARES (25 associados)	Não existe associação de catadores registrada
Lucros	Aproximadamente R\$ 900,00 por associado	ARPES - R\$ 20.000,00 e COMARES R\$ 60.000,00 divididos entre os associados	Não informado
Nº catadores informais	12 catadores	40 catadores	20 catadores

Fonte: Elaborado pelos autores.

Outra dificuldade elencada foram os atravessadores que circulam pelas cidades oferecendo aos catadores informais facilidade ilusória ao comprar seus produtos por preços abaixo do preço de mercado. Segundo o IPT (2003), o trabalho cooperativado apresenta como vantagens: evitar depender de um único comprador; vender cargas “fechadas” por um preço médio; e estocar os materiais, já que estes podem ser armazenados por períodos mais longos, se o galpão de triagem dispuser de espaço e houver capital de giro.

O diagnóstico realizado comprova que a coleta informal ocorre principalmente pela facilidade de negociação entre catadores e atravessadores. Também foi observado que há uma grande discrepância das informações referentes às organizações dos catadores. Em alguns casos, notou-se que os cooperativados não possuem horário estabelecido de trabalho, alguns trabalham mais que os outros, e muitos não sabem dizer certamente quanto obtém de remuneração. Porém, o mais expressivo desta pesquisa está na inércia das prefeituras em

não atenderem ao estabelecido pela PNRS (BRASIL, 2012).

Para melhor compreensão, foi realizado o Quadro 3, em que se compara a gestão dos RSU entre os municípios de Jaguari, Santiago e São Francisco de Assis.

De acordo com informações coletadas, o Aterro de Santa Maria possui um sistema de triagem de resíduos instalado na sua área, assim como um sistema de compostagem. Neste trabalho, não foi considerado o efeito dessas instalações sobre a quantidade final de resíduos aterrados, pois não foi possível obter informações sobre a eficiência das mesmas nem a quantidade de material que elas gerenciam, bem como sobre a percentagem de gases de aterro captado e tratado, nem o gerenciamento de lixiviados. Dessa forma, optou-se pelo uso dos valores presentes no banco de dados do *software*. Outra informação desconsiderada refere-se à composição de resíduos sólidos dos municípios, sendo utilizada a composição descrita pelo banco de dados.

A introdução dos dados no programa gera dados tabelados, em que cada impacto apresentado é o resultado do somatório de todos os parâmetros/fatores ambientais que contribuem para causar impacto. A Figura 1 exibe os resultados das simulações realizadas

para o município de Santiago, levando em conta os seis impactos considerados, e a Figura 2, a influência das etapas do SGRSU sobre os impactos nesse município. Os valores já se encontram normalizados, permitindo com isso o somatório dos mesmos.

Quadro 3: Comparação de gestão dos RSU entre os municípios de Jaguari, Santiago e São Francisco de Assis

Município	Jaguari	Santiago	São Francisco de Assis
Habitantes (IBGE, 2014)	11.396	50.622	19.135
Geração de RSU (t/dia)	3,26	29,67	4,75
Geração per capita (kg/hab.dia)	0,31	0,41	0,34
Coleta de RSU	Prefeitura Municipal	Empresa Terceirizada	Prefeitura Municipal
Veículo utilizado na coleta	1 caminhão compactador de 12t e 1 caminhão caçamba de 7t	2 caminhões compactadores de 15m ³	2 caminhões baú de 7t
Distância percorrida pelos caminhões no município	50km	227km	60km
Abrangência da Coleta	100% área urbana e rural	100% área urbana e rural	100% área urbana e 10% área rural
Calendário das Coletas	Zona Urbana: três vezes na semana Zona rural: quinzenalmente	Zona Urbana: centro - segunda a sábado; bairros periféricos - três vezes na semana Zona Rural: semanalmente, quinzenalmente ou mensalmente (dependendo da localidade e geração de RSU)	Zona Urbana segunda a sábado Zona Rural: uma vez no mês
Distância da sede do Município até a disposição final	120km	150km	141km

Fonte: Elaborado pelos autores.

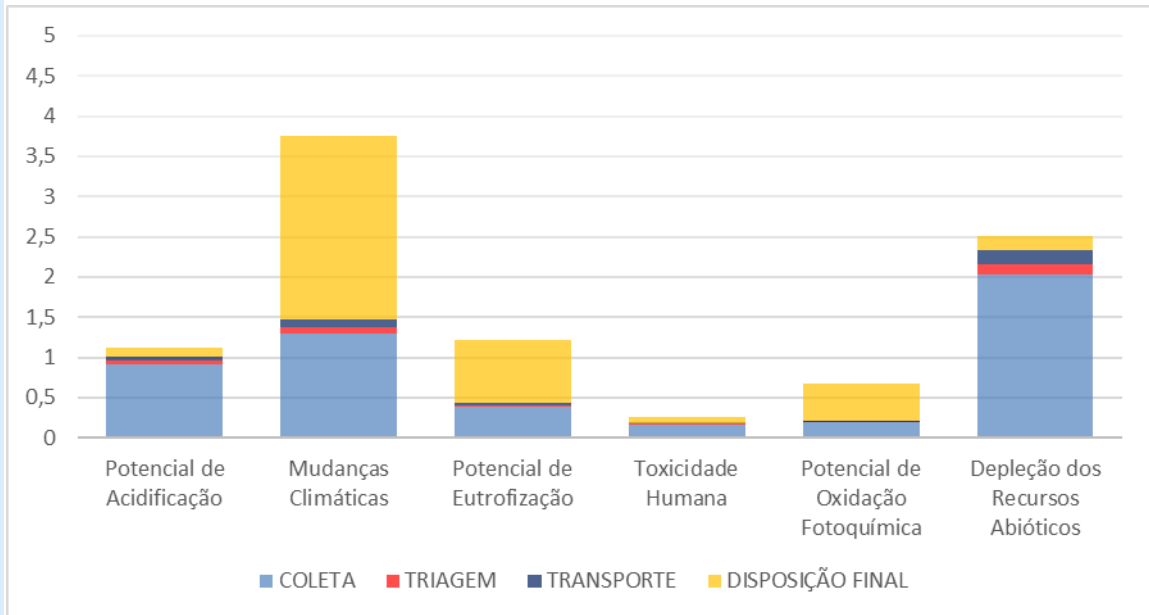
Os resultados das Figuras 1 e 2 mostram que as etapas de coleta e disposição final são aquelas que mais contribuem para os

impactos ambientais do SGRSU atual de Santiago. Os impactos com maior peso são Mudanças Climáticas, Depleção de Recursos

Abióticos, Potencial de Eutrofização e de Acidificação. O somatório dos valores individuais de cada impacto da Figura 2 é igual a 9,53.

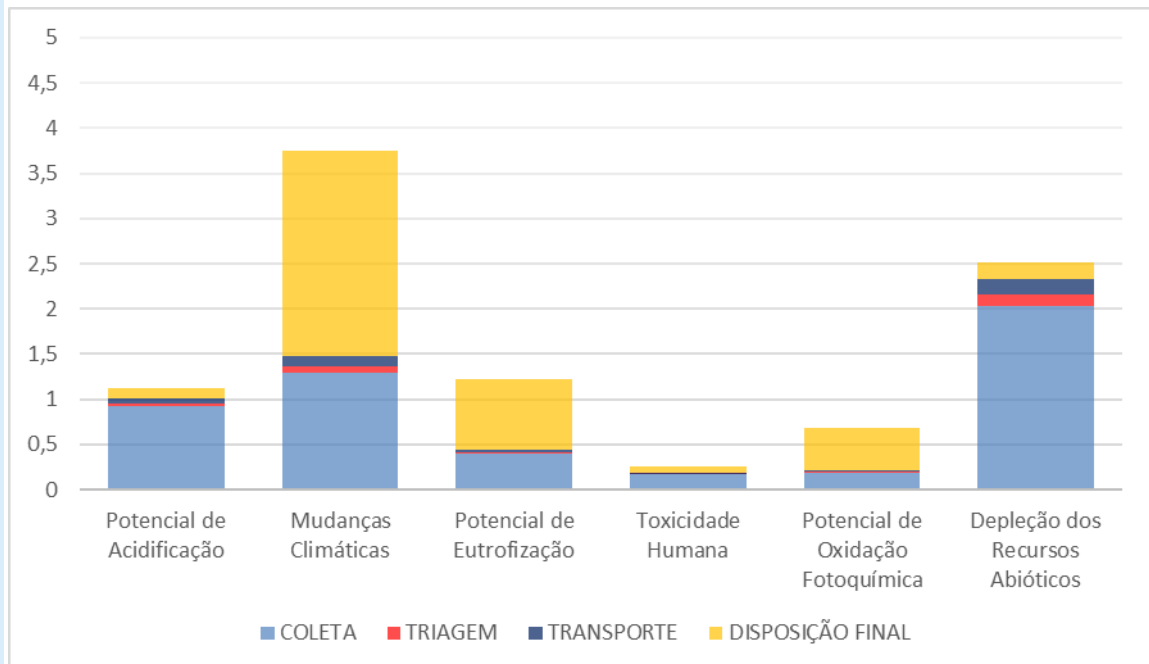
A Tabela 3 apresenta as contribuições individuais de cada categoria sobre o impacto total do SGRSU do município de Santiago.

Figura 1: Resultados da ACV do SGRSU atual do município de Santiago



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 2: Influência das etapas do SGRSU sobre os impactos do município de Santiago



Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 3: Contribuições de cada categoria sobre o impacto total do SGRSU de Santiago

CATEGORIAS DE IMPACTO	CONTRIBUIÇÕES (%)
Potencial de Acidificação	11,75
Mudanças Climáticas	39,38
Potencial de Eutrofização	12,80
Toxicidade Humana	2,64
Potencial de Oxidação Fotoquímica	7,10
Depleção dos Recursos Abióticos	26,33

Fonte: Elaborada pelos autores.

Assim, as contribuições da Mudança Climática, do Potencial de Eutrofização e da Depleção dos Recursos Abióticos representam 78,5% do total.

Na etapa da coleta, os impactos estão associados principalmente à queima de combustíveis fósseis pelos veículos de coleta. Assim, as emissões dos óxidos de nitrogênio e de enxofre são os maiores contribuintes para os valores do Potencial de Eutrofização do sistema. As emissões desses gases na etapa de coleta são responsáveis por 82% do valor total deste impacto. Já para o impacto Mudanças Climáticas, além das emissões de CO₂ das máquinas usadas (caminhões de coleta, transporte, tratores de esteira no aterro etc.), a emissão de CO₂ na etapa de aterramento contribui de maneira importante para este impacto, o que está associado à degradação anaeróbia dos resíduos orgânicos. Assim, a etapa de coleta é responsável por 34% do impacto e a etapa de aterramento por 60,8%.

Além do CH₄, o aterro também gera CO₂ na mesma proporção que o metano, mas o mesmo não é considerado nos cálculos devido a esse gás fazer parte do ciclo biogeoquímico do carbono. Na etapa de aterramento, uma parte do CH₄ gerado é considerada no cálculo do Potencial de Aquecimento Global, uma vez que esse gás escapa por difusão pela cobertura do aterro. Em aterros convencionais, a perda de metano pelas coberturas pode chegar a 50% do gerado. A única forma de diminuir esta perda é por meio da instalação de sistema de extração de gases a vácuo, que permite a captação de até 90% dos gases de aterro. Durante o gerenciamento do metano no aterro, há uma geração de óxidos de nitrogênio devido à queima do mesmo. Os valores desses gases gerados na queima

também são importantes e são considerados no cálculo do potencial de aquecimento global.

No quesito Depleção de Recursos Abióticos, a etapa da coleta contribui com mais de 80% deste impacto. Essa análise permite verificar que, no que refere à depleção, a etapa da coleta apresenta um campo de ação limitado, uma vez que todas as atividades relacionadas aos veículos utilizados para o recolhido dos RSU são de difícil controle. A depleção de recursos abióticos, dada às condições e limitações deste estudo, decorre essencialmente pelo óleo usado para a fabricação, manutenção e funcionamento dos veículos.

Em relação ao transporte até o aterro, pode ser observado que o seu impacto é bem menor que o da etapa da coleta, embora o caminhão percorra mais de 140 km até o ponto de disposição final. Tal diferença está associada à forma de operação dos veículos nessas duas condições. Na coleta, os caminhões se deslocam a baixas velocidades, consumindo até 60 litros de diesel a cada 100 km, coletando no máximo oito toneladas. Já o transporte dos RSU até o aterro é realizado por caminhões que transportam até 30 toneladas, consumindo até em média 30-40 litros de diesel.

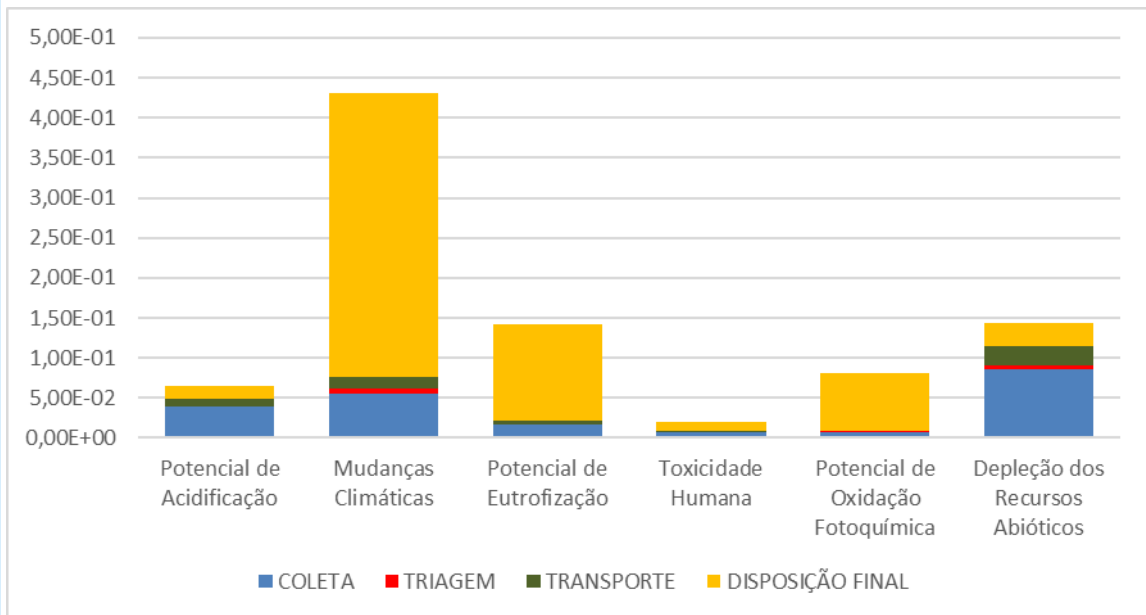
A Figura 3 apresenta os resultados da ACV do SGRSU do município de Jaguari. O somatório dos valores de cada impacto é de 0,88, bem inferior ao verificado no município de Santiago. A Figura 4 apresenta os mesmos resultados expressos na contribuição percentual de cada etapa.

As Figuras 3 e 4 mostram que a etapa de coleta e o aterramento são os principais contribuintes sobre os impactos do SGRSU de Jaguari. Porém, se comparado com Santiago, a influência da etapa de coleta sobre todos os

impactos é menor. Essa diferença está associada, entre outros, à menor quantidade de resíduos gerados e à menor distância percorrida pelos veículos de coleta desse município. O menor percurso percorrido pelos caminhões em Jaguari se traduz em um menor

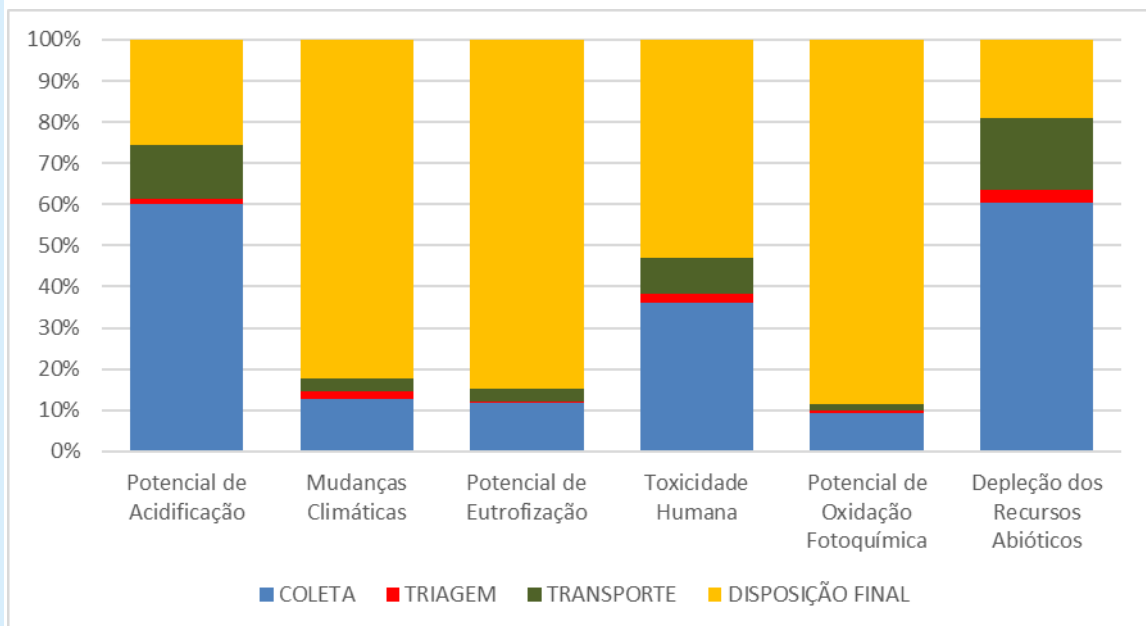
consumo de combustíveis e, conseqüentemente, em menores emissões de gases. Já no aterro, uma menor quantidade de RSU significa menor contribuição na geração de lixiviado e menores emissões.

Figura 3: Resultados da ACV do SGRSU do município de Jaguari



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 4: Influência das etapas do SGRSU sobre os impactos do município de Jaguari



Fonte: Elaborada pelos autores.

Nota-se que o potencial de eutrofização durante a disposição final tem ampla relevância para esse município. A ocorrência de processos de eutrofização em inúmeros reservatórios, aliada ao *deficit* de investimento em infraestrutura dos serviços públicos de saneamento básico em todo o País dificultam a tomada de decisão pelo Poder Público de quais reservatórios se encontram em situação mais crítica para implantação de ações emergenciais de controle e reversão desse processo. Em países como Estados Unidos e Inglaterra, esse problema vem sendo abordado em trabalhos que buscam ajudar a tomada de decisão a partir do estudo da vulnerabilidade das bacias onde estão

localizados reservatórios ou lagos com índices de trofia elevados (BENNION *et al.*, 2005).

Como exemplo, a etapa de coleta do município de Jaguari corresponde a 60% do potencial de acidificação e da depleção de recursos abióticos, enquanto no município de Santiago a influência da coleta nestas duas categorias é de 82%.

A contribuição dos impactos Potencial de Acidificação, Mudanças Climáticas, Potencial de Eutrofização, Toxicidade Humana, Potencial de Oxidação Fotoquímica e Depleção dos Recursos Abióticos sobre o total está resumida na Tabela 4.

Tabela 4: Contribuição dos impactos ambientais para o município de Jaguari

CATEGORIA DE IMPACTO	CONTRIBUIÇÃO (%)
Potencial de Acidificação	7,34
Mudanças Climáticas	48,83
Potencial de Eutrofização	16,17
Toxicidade Humana	2,20
Potencial de Oxidação Fotoquímica	9,24
Depleção dos Recursos Abióticos	16,22

Fonte: Elaborada pelos autores

As contribuições da Mudança Climática, do Potencial de Eutrofização e da Depleção dos Recursos Abióticos representam 81,22% do total. O efeito da menor quantidade de resíduos gerados e o do menor percurso percorrido na coleta sobre os diferentes impactos analisados neste trabalho se apresentam mais claros quando se analisam os resultados do ACV do município de São Francisco de Assis, como mostrado na Figura 5.

São Francisco de Assis gera 4,75t/dia de RSU. A coleta percorre 60 km dentro do município e 10% da área rural. O envio dos RSU para o aterro percorre uma distância de 141 km. Logo, os resultados apresentados nas Figuras 5 e 6 refletem a influência da distância percorrida na coleta e a quantidade de RSU coletados. Assim como já fora destacado para o município de São Francisco de Assis, a contribuição da coleta sobre os impactos ambientais é menor se comparada com o município de Santiago. Continua sendo fator a

destacar a influência do transporte até o aterro. Para o caso de Jaguari, o mesmo contribui numa percentagem maior sobre os impactos considerados. Assim, a contribuição desta etapa sobre o Potencial de Acidificação, a Depleção de Recursos Abióticos e Toxicidade Humana é de 32,28, 45,37 e 10,53%, respectivamente. A Tabela 5 mostra a contribuição de cada etapa sobre o impacto total.

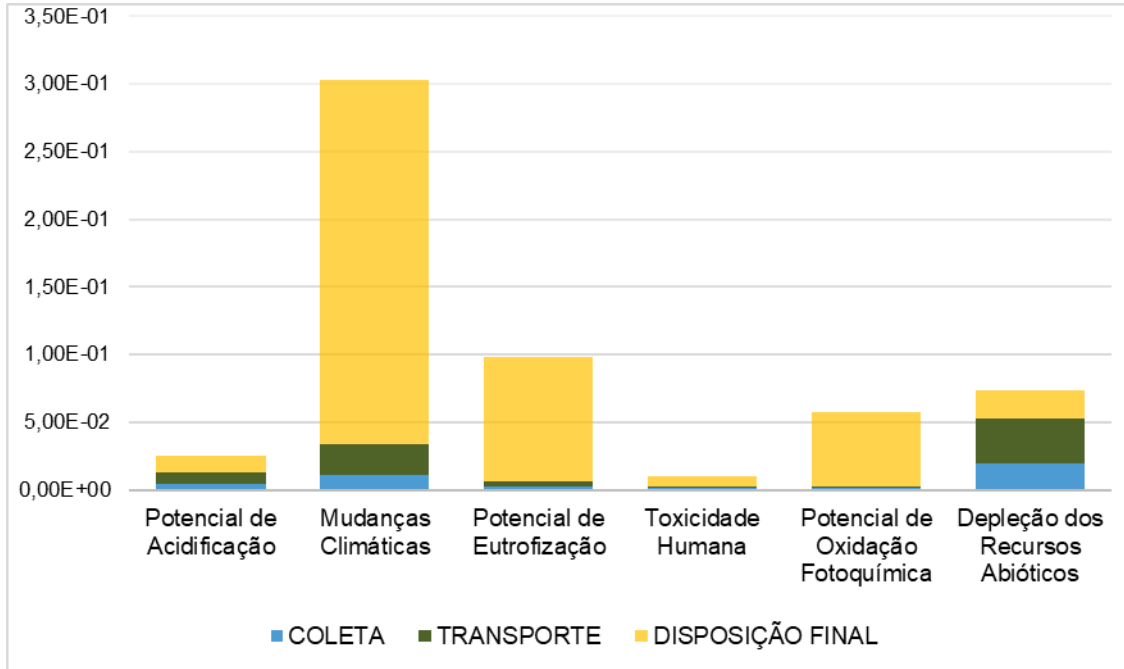
As contribuições da Mudança Climática, do Potencial de Eutrofização e da Depleção dos Recursos Abióticos representam 83,62% do total. A partir dos dados da Tabela 4 pode-se observar que as Mudanças Climáticas e o Potencial de Eutrofização representam 70% do impacto total do SGRSU de Jaguari.

Embora Santiago e Jaguari possuam uma triagem, seu efeito sobre o sistema de gerenciamento de resíduos sólidos dessas cidades ou municípios é baixo; isso se deve ao fato de que foi considerada unicamente a operação unitária de triagem e não os

benefícios da reciclagem dos materiais separados sobre o sistema todo. A inclusão da reciclagem e de seus efeitos modificaria de

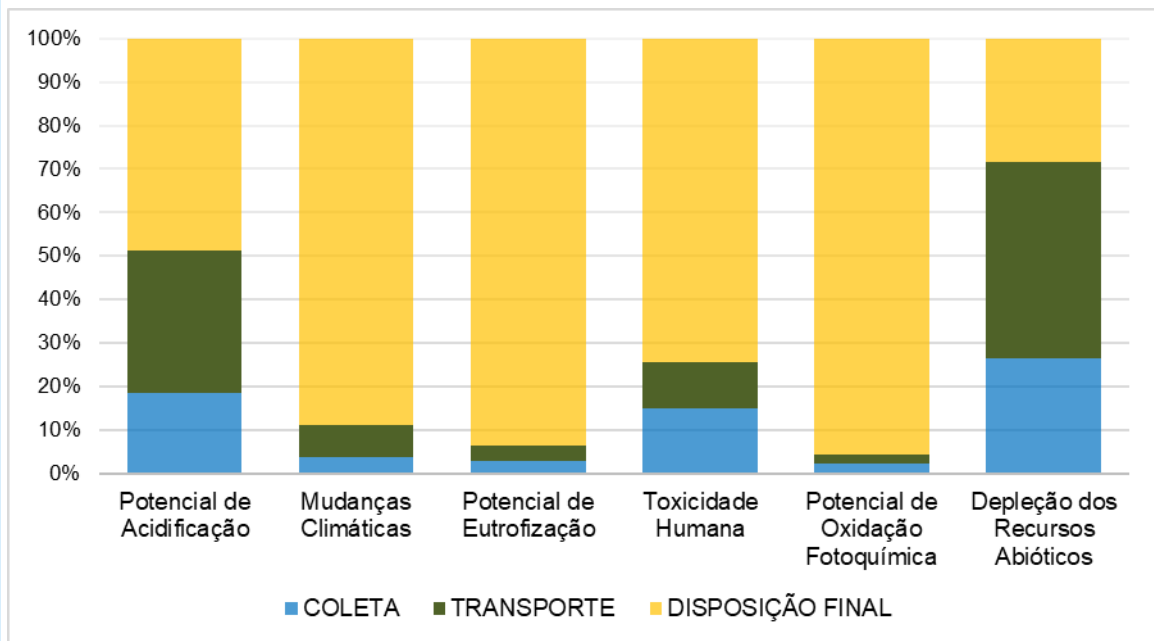
forma substancial os valores aqui apresentados.

Figura 5: Resultados da ACV no município de São Francisco de Assis



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 6: Influência das etapas do SGRSU sobre os impactos do município de São Francisco de Assis



Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 5: Contribuição de cada categoria sobre o impacto total do SGRSU de São Francisco de Assis

IMPACTO AMBIENTAL	CONTRIBUIÇÃO (%)
Potencial de Acidificação	4,49
Mudanças Climáticas	53,26
Potencial de Eutrofização	17,35
Toxicidade Humana	1,84
Potencial de Oxidação Fotoquímica	10,05
Depleção dos Recursos Abióticos	13,01

Fonte: Elaborada pelos autores

A comparação dos valores das Tabelas 3, 4 e 5 mostra que a diminuição do trajeto da coleta (ou da massa de resíduos coletados) leva à diminuição dos impactos Potencial de Acidificação, Toxicidade Humana e Depleção de Recursos Abióticos, uma vez que estes estão relacionados fortemente às emissões causadas pelo consumo de combustíveis fósseis. A diminuição do consumo de combustíveis faz com que as emissões do aterro se tornem mais importantes para o cálculo de outros impactos. Assim, as Mudanças Climáticas, o Potencial de Eutrofização e o Potencial de Oxidação Fotoquímica, que são influenciadas pelas emissões do aterro (nos gases e no lixiviado), aumentam.

O transporte e a disposição final são processos que devem ser pensados. Idealmente, deve-se limitar o uso de materiais tóxicos, minimizar o consumo de energia, evitar ou minimizar a geração de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, bem como assegurar que qualquer resíduo eventualmente gerado possa ser reaproveitado na economia. Devem-se realizar esforços para direcionar processos secundários que gerem sub-produtos que possam ser reutilizados ou que utilizem co-produtos de outros processos. Em particular, deve-se evitar a geração de resíduos cuja toxidez se sobreponha à sua reciclagem ou descarte (ASSIS, 2009).

CONCLUSÃO

Quanto aos impactos sociais, nota-se que a priorização de metas municipais, relacionadas à coleta seletiva e à inserção dos

catadores informais em cooperativas, deve ser fator preponderante para o sucesso da Lei nº 12.305/2010, nos três municípios pesquisados. Da mesma forma, é necessário que a Educação Ambiental faça parte da vida da população para que ocorram mudanças de valores, atitudes e hábitos, percebendo o catador como ser social, com direitos e deveres.

A simples elaboração do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos e a não observância dos seus objetivos dificultam reconhecer a importância dos recicladores no contexto socioeconômico dos municípios, sujeitos que possuem rotina de trabalho exaustiva. Embora a Lei preconize a importância do estabelecimento de metas para a inclusão dos catadores, esta não especifica meios para inseri-los, nem valorizá-los dentro do contexto de gestão de resíduos sólidos.

É fundamental a organização de grupos de apoio para que sejam formadas cooperativas, bem como descritos pontos positivos quanto ao número de horas trabalhadas, manutenção da saúde, equipamentos de proteções, organização, logística para compra e venda de material a preço de mercado, higiene pessoal e valorização profissional. Também, fazem-se necessárias campanhas públicas de sensibilização e esclarecimentos para essa profissão, reconhecimento formal dos direitos individuais, políticos e sociais desses municípios.

Por meio da ACV, demonstrou-se a diferença de gestão dos municípios, observando a importância da coleta, triagem, transporte e disposição final até o aterro. Constatou-se que a manutenção dos veículos,

a quilometragem percorrida, a eficiência na coleta, o consumo do veículo são fatores que colaboram para potencializar os impactos ambientais.

Nota-se a importância da área de transbordo quando o município se encontra longe da destinação final, pois reduzirá os gastos relacionados a consumo, desgaste do veículo e emissões de gases de efeito estufa. Também seria de grande valia o incentivo à compostagem e à separação dos resíduos orgânicos, adotando, assim, medidas de responsabilidade compartilhada.

Por meio dos fluxogramas apresentados pelo Software Umberto NXT LCA e das análises dos impactos, verifica-se que os valores mais expressivos nos três municípios estão relacionados à coleta e disposição final, destacando-se o Potencial de Acidificação, em que ocorrem emissões de óxidos de nitrogênio e de dióxido de enxofre, associadas à queima de combustíveis pelos caminhões de coleta; Mudanças Climáticas, Depleção de Recursos Abióticos, Potencial de Eutrofização, sendo que as contribuições de tais impactos para o município de Santiago representam 78,5% do total, em Jaguari 81,22% e São Francisco de Assis 83,62%.

Essa diferença está associada, entre outros, à quantidade gerada de resíduos sólidos e à distância percorrida pelos veículos de coleta desses municípios. O menor percurso percorrido pelos caminhões se traduz em um menor consumo de combustíveis e, conseqüentemente, em menores emissões de gases. Já no aterro, uma menor quantidade de RSU significa menor contribuição na geração de lixiviado e menores emissões de gases poluentes.

Portanto, gestão municipal responsável será realizada por meio de um conjunto de ações normativas, operacionais e financeiras que auxiliarão a materialização da eficácia e eficiência dos serviços relacionados à coleta, triagem, transporte e disposição final para manejo dos resíduos sólidos.

REFERÊNCIAS

ASSIS, B.B. **Avaliação do ciclo de vida do produto como ferramenta para o desenvolvimento sustentável**. 2009. 66f. TCC

(Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2009.

BARROS, R.T.V. **Elementos de gestão de resíduos sólidos**. Belo Horizonte: Tessitura, 2012.

BENNION, H.; HILTON, J.; HUGHES, M.; CLARK, J.; HORNBY, D.; FOZZARD, I.; PHILLIPS, G.; REYNOLDS, C. The use of a GIS-based inventory to provide a national assessment of standing waters at risk from eutrophication in Great Britain. **Science and the Total Environment**, v. 344, p. 259-273, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Planos de Gestão de Resíduos Sólidos**: Manual de orientação. Brasília, DF, 2012.

BRINO, H.R.H.; FRANCISCO, A.C.; PIEKARSKI, C.M.; da LUZ, L.M.; ZOCHE, L. Avaliação do ciclo de vida: métodos para ACV. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO - GESTÃO ESTRATÉGICA: EMPREENDEDORISMO E SUSTENTABILIDADE, 2012, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: UTFPR, 2012. 10p.

BUENO, G.; LATASA, I.; LOZANO, P. J. Comparative LCA of two approaches with different emphasis on energy or material recovery for a municipal solid waste management system in Gipuzkoa. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 51, p. 449-459, 2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro, 2014.

GUINÉE, J.B.; GORRÉE M.; HEIJUNGS, R.; HUPPES, G.; KLEIJN, R. Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective. IIa. Guide. IIb: Operational annex. III: Scientific background. **Kluwer Academic Publishers**, 692p, 2002.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA. **Cooperativa de catadores de materiais recicláveis**: guia para implantação. São Paulo: SEBRAE, 2003.

LOUREIRO, C.F.B. **Trajetória e fundamentos da educação ambiental**. São Paulo: Cortez, 2004.

MARINHO, M.C.N. **As transformações no mundo do trabalho e suas implicações na formação do executivo**. 2005. 205 f. Dissertação (Mestrado em Psicologia) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2005.

MIURA, P.C.O. **Tornar-se catador**: uma análise psicossocial. 2004. 165f. Dissertação (Mestrado em

Psicologia Social) – Pontifícia Universidade Católica, São Paulo, 2004.

REICHERT, G.A.R.; MENDES, C.A.B. Avaliação do ciclo de vida e apoio à decisão em gerenciamento integrado e sustentável de resíduos sólidos urbanos. **Eng Sanit Ambient.**, v.19, n. 313, p. 301-313, 2014.

SANTIAGO, Prefeitura Municipal de Santiago. **Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos – PGIRS**. Santiago, 2013.

SÃO FRANCISCO DE ASSIS, Prefeitura Municipal de São Francisco de Assis. **Plano Regional de**

Gestão Integrada de Resíduos Sólidos dos Municípios Integrantes do Consórcio Intermunicipal da Região Centro-Oeste do Estado do Rio Grande do Sul CI/CENTRO, 2013.

TRENTIN, A.W.D.S. **Diagnóstico e avaliação do ciclo de vida do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos de Santa Cruz do Sul - RS**. 2015. 106 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental, Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2015.