UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

NÍVEL MESTRADO

ROBÉRIO SATYRO DOS SANTOS JUNIOR

CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS AMBIENTAIS A PARTIR DE INDICADORES DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE PAULO AFONSO/BA

São Cristóvão/SE
Janeiro de 2021

ROBÉRIO SATYRO DOS SANTOS JUNIOR

CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS AMBIENTAIS A PARTIR DE INDICADORES DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE PAULO AFONSO/BA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe (PRODEMA/UFS), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Linha de Pesquisa: Dinâmica e Avaliação Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Jailton de Jesus Costa

Coorientadora: Profa. Dra. Inaura Carolina Carneiro da Rocha

São Cristóvão/SE
Janeiro de 2021

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE

Santos Junior, Robério Satyro dos.
S237c Construção de cenários ambientais a partir de indicadores da gestão de resíduos sólidos urbanos no município de Paulo Afonso/BA / Robério Satyro dos Santos Junior; orientador Jailton de Jesus Costa. – São Cristóvão, SE, 2021.
173 f. : il.

Dissertação (mestrado em) – Universidade Federal de Sergipe, 2021.

1. Gestão integrada de resíduos sólidos. 2. Coleta seletiva de lixo. 3. Indicadores ambientais. I. Costa, Jailton de Jesus, orient. II. Título.

CDU 628.312.1

ROBÉRIO SATYRO DOS SANTOS JUNIOR

CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS AMBIENTAIS A PARTIR DE INDICADORES DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE PAULO AFONSO/BA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe (PRODEMA/UFS), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 18 de Janeiro de 2021, às 9h.

Prof. Dr. Jailton de Jesus Costa
Universidade Federal de Sergipe
Presidente-Orientador

Profa. Dra. Inaura Carolina Carneiro da Rocha
Universidade Federal de Sergipe
Coorientadora

Profa. Dra. Anézia Maria Fonseca Barbosa
Universidade Federal de Sergipe
Examinadora Externa

Profa. Dra. Daniela Teodoro Sampaio
Universidade Federal de Sergipe
Examinadora Interna

AGRADECIMENTOS

A palavra “agradecimento” simboliza o sentimento de gratidão pela parceria ou ajuda no desenvolvimento do trabalho, mais que isso significa o compartilhamento de angustias e momentos vividos durante o processo de criação da obra, imprevistos e barreiras que surgem naturalmente e que através dessas pessoas podem ser superadas. Quis começar o texto trazendo esse significado, pois todas as pessoas citadas contribuíram para meu crescimento profissional e pessoal durante a pesquisa. Foram dois anos bastante intensos de muitos erros e aprendizados que serviram para chegar na pessoa que sou hoje.

Primeiramente, gostaria de deixar toda minha gratidão a Deus que esteve ao meu lado no decorrer de todo processo, dando forças para seguir e não desistir diante das dificuldades da vida. E meu agradecimento nessa vida vai para minha MÃE Elza Maria, que mesmo sem entender nada do que faço está sempre ao meu lado e comemorando minhas vitórias, agradeço também a minha irmã Mairla Thainara pela parceria que construímos ao longo desses anos e ao presente que ela nós deu, minha sobrinha maravilhosa que indiretamente também contribuiu para não desistir dos meus objetivos.

No desenvolvimento da pesquisa agradeço ao meu orientador Jailton de Jesus Costa, por todo suporte no decorrer do trabalho e aprendizado passado no ao longo desses dois anos de elaboração da pesquisa. Muita gratidão também a minha coorientadora Inaura Carolina Carneiro da Rocha por aceitar participar dessa jornada e pela muitas considerações feitas A UFS/PROSGRAP/PROAP ao aporte físico, financeiro e logístico e a CAPES pelo apoio para o desenvolvimento da pesquisa. O presente estudo foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Nessa jornada que venho trilhando, diversas pessoas contribuíram com conselhos, apoio moral ou momentos de descontração e risadas, amigos que já faziam parte da minha vida como André Vinicius (Deco), Aninha Lima, Alana Soares, Adriano Moares, Caroline Sousa, Felipe Guilherme, Gleidson Costa, Kelvin Teixeira, Luara Thuany, Graciele Tairine e aos amigos que o mestrado trouxe e que pretendo levar para vida Eline Prado, Ester Milena e Camilo Rafael. Essas pessoas representam uma quantidade de pessoas que gostaria de listar, mas que também sou grato pela amizade e parceria. Por fim agradeço a Lucas Gabriel por fazer parte da minha vida nesses mais de cinco anos, meu sentimento é de gratidão e felicidade por todos os momentos bons e ruins que tivemos juntos, você é e sempre será especial pra mim.

RESUMO

Os problemas ambientais decorrentes da geração dos resíduos sólidos se tornam mais evidentes com passar do tempo, principalmente em decorrência dos padrões de consumo em larga escala, influenciados pelo sistema econômico capitalista. Em consequência, ocorre a grande produção de resíduos sólidos em cidades, ocasionando problemas de ordem social, econômica e ambiental. Para mitigar tais danos, é preciso a criação de medidas de gestão integradas, que englobem diversos aspectos referentes ao processo, como por exemplo, a criação do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - PMGIRS, documento que reúne todas as informações, de maneira integrada, sobre aspectos da gestão dos resíduos sólidos. No município de Paulo Afonso, estado da Bahia, os problemas com a gestão integrada dos resíduos sólidos têm são ocasionados pela falta de um programa de coleta seletiva que busque fazer um aproveitamento maior dos resíduos coletados, além do desenvolvimento de um plano que conste todas as medidas utilizadas no processo de gestão. Como forma de contribuir para elaboração do PMGIRS através do subsídio de informações, a pesquisa teve como objetivo geral realizar a construção de cenários ambientais a partir de indicadores da gestão dos RSU, ratificando a importância da introdução de medidas mais consistentes, como por exemplo, um programa de coleta seletiva. Para tanto, foram utilizados como instrumentos metodológicos: levantamento bibliométrico, na busca por trabalhos que abordassem a temática sobre resíduos sólidos; aplicação de questionários e entrevista com os principais agentes de pesquisa (ARPA e SEMA); utilização da composição gravimétrica para compreender as características dos resíduos sólidos urbanos gerados pelo município; e finalmente, a construção de cenários ambientais para gestão dos RSU, com a metodologia da dinâmica de sistemas. Como resposta, fica evidente que a geração de resíduos sólidos possui uma tendência de crescimento ao longo dos anos, o que urge a criação de medidas que incidam diretamente no problema, no caso do município de Paulo Afonso/BA. A implementação da coleta seletiva e medidas que envolvam os catadores de material reciclável se torna de suma importância e apresentaria significativas mudanças no contexto social, ambiental e econômico como mostra as simulações realizadas pelo *software* empregado na pesquisa. A luz disto, a construção de cenários ambientais é de grande importância para composição do prognóstico de PMGIRS, além do fornecimento do maior número de informações sobre a gestão dos RSU, para composição do documento. Na presente pesquisa, foram levantadas diversas informações que podem auxiliar na construção do PMGIRS do município de Paulo Afonso/BA, garantindo que todos os aspectos legais sejam atendidos, como é imposto pela Lei 12.305/2010, que trata da Política Nacional dos Resíduos Sólidos.

Palavras-chave: Composição Gravimétrica, Dinâmica de Sistemas, Gestão dos Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

The environmental problems resulting from the generation of solid waste become more evident over time, mainly due to large-scale consumption patterns, influenced by the capitalist economic system. As a result, there is a large production of solid waste in cities, causing social, economic and environmental problems. To mitigate such damages, it is necessary to create integrated management measures, which encompass several aspects related to the process, such as, for example, the creation of the Municipal Plan for Integrated Management of Solid Waste - PMGIRS, a document that gathers all the information, in a integrated approach on aspects of solid waste management. In the city of Paulo Afonso, state of Bahia, the problems with the integrated management of solid waste have resulted from the lack of a selective collection program that seeks to make a greater use of the collected waste, in addition to the development of a plan that includes all measures used in the management process. As a way of contributing to the definition of PMGIRS through information subsidies, a general objective of the research was to carry out the construction of environmental scenarios based on indicators of MSW management, ratifying the importance of introducing more consistent measures, such as, for example, a selective collection program. To this end, the following methodological instruments were used: bibliometric survey, in the search for works that addressed the theme on solid waste; Application of questionnaires and interviews with the main research agents (ARPA and SEMA); use of gravimetric composition to understand the characteristics of urban solid waste generated by the municipality; and finally, the construction of environmental scenarios for the management of MSW, with the methodology of systems dynamics. As an answer, it is evident that the generation of solid waste has a growth trend over the years, which urges the creation of measures that directly affect the problem, in the case of the city of Paulo Afonso / BA. The implementation of selective collection and measures involving recyclable material collectors becomes extremely important and would present changes in the social, environmental and economic context, as shown by the simulations carried out by the researched software. In light of this, the construction of environmental scenarios is of great importance for the composition of the PMGIRS prognosis, in addition to providing the greatest amount of information on the management of MSW, for the composition of the document. In this research, several information were collected that can assist in the construction of the PMGIRS in the city of Paulo Afonso / BA, ensuring that all legal aspects are met, as required by Law 12.305 / 2010, which deals with the National Solid Waste Policy.

Key words: Solid Waste Management, Gravimetric Composition, Systems dynamics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Fluxograma para classificação dos resíduos sólidos **36**
Figura 1.2 – Dissertações por ano sobre resíduos sólidos **152**
Figura 1.3 – Quantidade de orientações por orientador **153**
Figura 1.4 – Tipos de resíduos analisados nas dissertações **153**
Figura 1.5 – Localidades de realização de estudo **154**
Figura 1.6 – Utilização do termo “Socioambiental” **154**

Figura 2.1 – Hierarquia na gestão dos resíduos sólidos **53**
Figura 2.2 – Estrutura para coleta seletiva **56**
Figura 2.3 – Dinâmica de Sistema **57**
Figura 2.4 – Componentes da Dinâmica de Sistema **59**
Figura 2.5 – Interface do *Vensim* aplicado aos ODS **61**

Figura 3.1 – Mapa de localização do Município de Paulo Afonso/BA e ARPA **68**
Figura 3.2 – Entrada da ARPA **69**
Figura 3.3 – Outdoor com a produção mensal de lixo **70**
Figura 3.4 – Dados sociais dos catadores(as) da ARPA **73**
Figura 3.5 – Análise sobre o gerenciamento dos RSU **75**
Figura 3.6 – Visão sobre a parceria entre ARPA e prefeitura **76**
Figura 3.7 – Acumulo de resíduos dentro da ARPA **77**
Figura 3.8 – Coleta seletiva **78**
Figura 3.9 – Importância sobre a implantação da coleta seletiva **79**
Figura 3.10 – Informações sobre os catadores de materiais recicláveis **173**

Figura 4.1 – Mapa de localização do Município de Paulo Afonso/BA **89**
Figura 4.2 – Estrutura do aterro sanitário no povoado Campos Novos **91**
Figura 4.3 – Setores de coleta dos RSU no município **93**
Figura 4.4 – Material utilizado para as coletas **94**
Figura 4.5 – Etapas de coleta das amostras **95**

Figura 4.6 – Resíduos perigosos nas amostras de gravimetria **97**
Figura 4.7 – Classificação e porcentagem de alumínio **98**
Figura 4.8 – Classificação e porcentagem de ferro **99**
Figura 4.9 – Classificação e porcentagem de vidro **99**
Figura 4.10 – Classificação e porcentagem de papel/papelão **100**
Figura 4.11 – Classificação e porcentagem de plástico **101**
Figura 4.12 – Composição gravimétrica por categoria de material **102**

Figura 5.1 – Mapa de localização do Município de Paulo Afonso/BA **112**
Figura 5.2 – Aterro sanitário no povoado Campos Novos **113**
Figura 5.3 – Geração de RSU em CS1 e CS2 **124**
Figura 5.4 – Economia de energia elétrica em CS1 e CS2 **125**
Figura 5.5 – Comparação entre cenários de reciclagem **126**
Figura 5.6 – Reciclagem de vidro em CS1 e CS2 **127**
Figura 5.7 – Disposição final no aterro sanitário em CS1 e CS2 **128**
Figura 5.8 – Área utilizada em CS1 e CS2 **129**
Figura 5.9 – Modelo geral **159**
Figura 5.10 – Cenário simulado tendência atual (CS1) **160**
Figura 5.11 - Cenário simulado positivo (CS2) **161**

LISTA DE QUADROS

Quadro 1.1 – Aspectos analisados na questão dos Resíduos Sólidos Urbanos **27**
Quadro 1.2 – Aplicação do *Triple Bottom Line* nos impactos da gestão dos RSU **30**
Quadro 1.3 – Classificação dos resíduos sólidos, segundo sua origem **35**
Quadro 1.4 – Métodos aplicáveis na composição gravimétrica **37**
Quadro 1.5 – Objetivos externos da Lei 12.305/2010 **41**
Quadro 1.6 – Dissertações PRODEMA/UFS **145**
Quadro 1.7 – Teses PRODEMA/UFS **150**
Quadro 1.8 – Dissertações de Pós-graduação a nível UFS **151**

Quadro 2.1 – Etapas do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) **51**
Quadro 2.2 – Informações sobre o gerenciamento dos RSU no Brasil **52**
Quadro 2.3 – Modelos de coleta seletiva: vantagens e desvantagens **55**
Quadro 2.3 – *Softwares* utilizados na Dinâmica de Sistemas **60**

Quadro 3.1 – Problemas e sugestões de solução para a ARPA **80**
Quadro 3.2 – Gerenciamento dos RSU, segundo secretário de meio ambiente **81**

Quadro 4.1 – Meses utilizados para coleta das amostras **93**
Quadro 4.2 – Bairros que compõem cada setor e turno de coleta **95**
Quadro 4.3 – Classificação dos RSU para ARPA **97**
Quadro 4.4 – Itinerário de coleta dos RSU no município **171**

Quadro 5.1 – Equações aplicadas no *software* para "geração de RSU" **115**
Quadro 5.2 – Cenário ambiental: "geração de RSU" **116**
Quadro 5.3 – Equações aplicadas no *software* para "economia de energia elétrica" **117**
Quadro 5.4 – Cenário ambiental: "economia de energia elétrica e reciclagem" **118**
Quadro 5.5 – Equações aplicadas no *software* para "disposição final" **119**
Quadro 5.6 – Cenário ambiental: "disposição final em aterro sanitário" **120**
Quadro 5.7 – Equações aplicadas no *software* para "área utilizada" **120**
Quadro 5.8 – Cenário ambiental: "área utilizada" **121**
Quadro 5.9 – Diagnóstico da gestão dos RSU no município **122**

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 – Quantidade de RSU coletados por regiões e Brasil **33**

Tabela 1.2 – Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos no Brasil **39**

Tabela 4.1 – Composição gravimétrica por setor de coleta **103**

Tabela 4.2 – Composição gravimétrica por categoria de material reciclável **104**

Tabela 5.1 – Cenário CS1: geração de RSU **162**

Tabela 5.2 – Cenário CS1: energia elétrica economizada **163**

Tabela 5.3 – Cenário CS1: reciclagem por material **163**

Tabela 5.4 – Cenário CS1: disposição final **164**

Tabela 5.5 – Cenário CS1: área utilizada **165**

Tabela 5.6 – Cenário CS2: geração de RSU **166**

Tabela 5.7 – Cenário CS2: energia elétrica economizada **167**

Tabela 5.8 – Cenário CS2: reciclagem por material **167**

Tabela 5.9 – Cenário CS2: disposição final **168**

Tabela 5.10 – Cenário CS2: área utilizada **169**

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas e Técnicas

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ARPA – Alternativa de Reciclagem de Paulo Afonso

BDTD – Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

Ca – Categoria

CIMVI – Consórcio Intermunicipal do Médio Vale do Itajaí

CS1 – Cenário Simulado Tendência Atual

CS2 – Cenário Simulado Positivo

EA – Educação Ambiental

EPA – *Environmental Protection Agency*

EPI's – Equipamentos de Proteção Individuais

EUA – Estados Unidos da América.

FMI – Fundo Monetário Internacional

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

LEVs – Locais de Entrega Voluntários

MFC – Massa da Fração da Categoria

MIT – Instituto Tecnológico de Massachussets

MNCR – Movimento Nacional de Catadores de Materiais Recicláveis

MTACo – Massa Total da Amostra Coletada

NPPS - Núcleo do Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Psicologia Social

ODM – Objetivos do Desenvolvimento do Milênio

ODS – Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

OMC – Organização Mundial do Comércio

ONU – Organização das Nações Unidas

PDDUA – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental

PEVs – Pontos de Entrega Voluntários

PIB – Produto Interno Bruto

PMGIRS – Plano de Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

PNRS – Política Nacional dos Resíduos Sólidos

PPEC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

PPGEO – Programa de Pós-Graduação em Geografia

PRODEMA – Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente

RS – Resíduos Sólidos

RSD – Resíduo Sólido Domiciliar

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SD – *System Dynamics*

SEMA – Secretaria de Meio Ambiente

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO **17**

ARTIGOS **22**

01. COMPREENSÃO DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NA GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS – RSU **23**

Resumo **23**

Abstract **23**

1.1. Introdução **24**

1.2. Metodologia **25**

1.2.1. Delimitação Metodológica **25**

1.2.2. Objetivo **25**

1.2.3. Análise dos dados **26**

1.3. Resultados e Discussões **26**

1.3.1. Relação socioambiental na geração dos resíduos sólidos **27**

1.3.2. (Des)envolvimento sustentável: um desafio socioambiental **29**

1.3.3. Classificação e caracterização dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) **31**

1.4. Considerações Finais **41**

Referências **42**

02. UTILIZAÇÃO DA COLETA SELETIVA E DA *SYSTEM DINAMICS* NA GESTÃO E GERENCIAMENTO DOS RSU **46**

Resumo **46**

Abstract **46**

2.1. Introdução **47**

2.2. Metodologia **48**

2.2.1. Delimitação Metodológica **48**

2.2.2. Objetivo **48**

2.2.3. Análise dos dados **49**

2.3. Resultados e Discussões **49**

2.3.1. Gestão e gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos **49**

2.3.2. Coleta Seletiva **53**

2.3.3. Dinâmica de Sistemas **57**

2.4. Considerações Finais **62**

Referências **62**

03. CARACTERIZAÇÃO SOCIOAMBIENTAL DOS AGENTES ENVOLVIDOS NA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, NO MUNICÍPIO DE PAULO AFONSO/BA **65**

Resumo **65**

Abstract **65**

3.1 Introdução **66**

3.2 Metodologia **68**

3.2.1. Delimitação e caracterização da área de estudo **68**

3.2.2. Método de análise **70**

3.2.3. Objetivo **71**

3.2.4. Coleta e análise dos dados **71**

3.3 Resultados e Discussões **72**

3.3.1 Caracterização socioambiental dos catadores de materiais recicláveis **72**

3.3.2 Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMA) **80**

3.4 Considerações Finais **83**

Referências **84**

04. AVALIAÇÃO GRAVIMETRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE PAULO AFONSO/BA **86**

Resumo **86**

Abstract **86**

4.1 Introdução **87**

4.2 Metodologia **89**

3.2.1. Delimitação e caracterização da área de estudo **89**

4.2.2. Método de análise **92**

4.2.3. Objetivo **92**

4.2.4. Coleta e análise dos dados **93**

4.3 Resultados e Discussões **97**

4.3.1. Gravimetria dos RSU no Município de Paulo Afonso/BA **98**

4.3.2. Gravimetria por setores de coleta dos RSU **103**

4.4 Considerações Finais **105**

Referências **105**

05. CENÁRIOS AMBIENTAIS SIMULADOS COM *"SYSTEMS DINAMIC"* NA GESTÃO DOS RSU NO MUNICÍPIO DE PAULO AFONSO/BA **109**

Resumo **109**

Abstract **109**

5.1 Introdução **110**
5.2 Metodologia **112**
5.2.1. Delimitação e caracterização da área de estudo **112**
5.2.2. Hipótese dinâmica de pesquisa **114**
5.2.3. Objetivo **114**
5.2.4. Coleta e análise dos dados **115**
5.3 Resultados e Discussões **121**
5.3.1 Diagnóstico atual da gestão dos RSU **122**
5.3.2 Análise comparativa entre cenários **124**
5.4 Considerações Finais **129**
Referências **130**
CONCLUSÃO **134**
APÊNDICES **136**
Apêndice A – Proposta de Entrevista - ARPA **137**
Apêndice B – Proposta de Entrevista - SEMA **140**
Apêndice C – Estudo Bibliométrico **145**
Apêndice D – Modelos de simulação **159**
Apêndice E – Cenários simulados **162**
ANEXO **170**
Anexo A – Itinerário de coleta dos resíduos sólidos no município. **171**

INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos está presente desde os primórdios da humanidade, com o descarte de ossos e restos de animais, todavia, os problemas em decorrência da geração de resíduos sólidos só ficaram evidentes na Revolução Industrial no século XIX, com as mudanças no padrão de consumo da população e mudanças nas características físicas e químicas dos resíduos (ROCHA; ROCHA; LUSTOSA, 2017). Nesse sentido, é necessário como primeiro passo no processo de gestão uma classificação dos materiais gerados, que pode ocorrer segundo a Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS, disposto na Lei 12.305/2010, como ainda pela NBR 10.004 (ABNT, 2004), sendo que ambas as formas de normatização estão corretas no que diz respeito à esta etapa inicial de caracterização e classificação.

Diante disto, as classificações supracitadas buscam facilitar o manuseio e a separação correta dos resíduos sólidos, considerando que alguns deles podem apresentar perigo em contato direto com o meio ambiente. Para Simonetto *et al.* (2014), muito do gerenciamento dos resíduos sólidos está ligado à criação de políticas que busquem incentivar a gestão correta.

Visando isso, o governo brasileiro instituiu a Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010), que objetiva elevar o país no mesmo patamar dos países desenvolvidos quanto à regulamentação do gerenciamento dos resíduos sólidos. Além disso, busca-se minimizar os problemas ambientais, sociais e econômicos referentes à gestão inadequada. A lei ainda institui a gestão compartilhada dos resíduos gerados, dos fabricantes, comerciantes, importadores e cidadãos comuns que utilizam os serviços públicos. Outro aspecto relevante é criação de metas para eliminação de lixões, utilizados de forma inadequada para a disposição final de resíduos.

Para Dutra *et al.* (2018), a gestão compartilhada incentiva as fontes geradoras a oferecer uma destinação correta para os materiais gerados em virtude dos processos que vão desde a coleta até a disposição final, sendo de responsabilidade dos gestores locais a criação de medidas que incentivem o gerenciamento adequado, além de envolver a comunidade. Para tanto, é preciso que ocorra o planejamento e elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (PMGIRS), que englobe todos os pontos para gestão e gerenciamento, desde a adoção da Educação Ambiental (EA), com a não geração de resíduos, e ensinar a separar e descartar os resíduos de acordo com sua fonte de origem, bem como, incentivar a criação da coleta seletiva e participação dos catadores de material reciclável.

Mesmo diante da legislação instituída, segundo Alkmin e Ribeiro (2017), muitos municípios ainda realizam a disposição inadequada dos resíduos em lixões e aterros controlados, causando graves problemas ambientais pela contaminação de lençóis freáticos e do solo, além da proliferação de doenças e realizar o descarte quase total dos resíduos no solo.

Nesse aspecto, a gravimetria dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) é uma técnica que permite a caracterização e classificação dos materiais gerados, através da quantificação de cada tipo de resíduo produzido, permitindo a tomada de decisão mais correta para o tipo de tratamento e disposição final dado aos resíduos, conseguindo extrair informações concretas para construção de aterros sanitários e para elaboração de PMGIRS mais eficientes (SIQUEIRA *et al.*, 2016).

Para Adriano e Murata (2015), uma caracterização bem feita possibilita escolher a melhor forma de coleta (o que interfere diretamente no trabalho realizado pelos catadores de material reciclado e no rendimento econômico), tratamento e disposição final.

Deste modo, na visão de Campos *et al.* (2017) a gestão dos resíduos sólidos é a alternativa mais correta para evitar problemas ambientais de degradação do meio ambiente e de comprometimento da saúde da população dos grandes e médios centros urbanos, além de evitar o desperdício de matéria produzida.

Atrelado ao processo, existem os catadores de material reciclado que trabalham na coleta dos resíduos gerados e se dividem de maneira formal e informal. Os catadores formais trabalham em Cooperativas e Associações e todo dinheiro arrecadado pela coleta e venda do material é dividido entre os membros, podendo existir ainda incentivo do município. Já os catadores informais trabalham em lixões, aterros controlados ou coletando os resíduos porta-a-porta, sem nenhum tipo de proteção à sua saúde (MOURA; SERRANO; GUARNIERI, 2016). Na cidade de Paulo Afonso existem duas associações de catadores de material reciclável, uma que atua a mais de 20 anos e outra criada recentemente no bairro Tancredo Neves.

O papel desempenhado pelos catadores no processo de gerenciamento dos RSU é de suma importância, tendo em vista que a gestão ainda se coloca bastante ineficiente em muitas cidades, se tornando um problema socioeconômico (SANTAELLA *et al.*, 2014).

O que não fica perceptível ainda é que os resíduos sólidos podem apresentar um valor econômico agregado à sua composição, e que a falta de incentivo à reciclagem e reutilização pode gerar um desperdício energético e financeiro. Nesse contexto, Simonetto *et al.* (2014) ressaltam que os benefícios provenientes da utilização da dinâmica de sistemas na análise de cenários para reciclagem, permite decisões ambientais mais precisas, que evidenciem os ganhos econômicos e energéticos.

Para o desenvolvimento da pesquisa, será levado em consideração à análise da gestão dos resíduos sólidos do município de Paulo Afonso/BA. Tendo em vista que segundo dados do

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2013) sobre planos municipais e visitas técnicas já realizadas na Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SEMA, a cidade ainda não possui um PMGIRS, existindo apenas algumas medidas de educação ambiental previstas no plano em construção. Em adição, existem os problemas de triagem e acúmulo de resíduos dentro da Alternativa de Reciclagem de Paulo Afonso – ARPA.

A motivação para realização do estudo se dá pelo cumprimento da PNRS, que objetiva criar medidas sustentáveis e incentivar a utilização de instrumentos que proporcionem o aumento da reciclagem e reutilização dos resíduos sólidos, além de buscar uma destinação final adequada dos rejeitos. Para tanto, no âmbito municipal, cabe aos gestores criarem um PMGIRS que se enquadre à sua realidade e contemple as etapas necessárias (coleta, transporte, segregação, tratamento e disposição final), proporcionando: benefícios econômicos para os catadores de material reciclável, com a inserção da coleta seletiva e aumento nas taxas de triagem; sociais com a construção de ambientes mais saudáveis; e ambientais com a diminuição da degradação ambiental.

No cenário atual, o município não possui a coleta seletiva implementada e métodos que possam realizar um aproveitamento maior dos resíduos gerados. Atrelados ao processo de gestão dos resíduos sólidos estão os catadores de material reciclável do município, que trabalham com o processo de segregação e venda destes. Desta forma, é preciso fomentar a produção de conhecimentos acerca dos resíduos sólidos produzidos pelo município, com intuito de contribuir para promoção de políticas públicas.

Nessa visão, a pesquisa pretende apresentar resultados para contribuir com a gestão e gerenciamento dos RSU por meio da análise gravimétrica e utilização da dinâmica de sistemas, por meio do *software Vensim* versão *PLE,* para subsidiar a construção de cenários mais viáveis na gestão dos resíduos sólidos, o que leva à compreensão dos impactos sociais, econômicos e ambientais gerados pela gestão dos RSU, até o momento.

Com base na deficiência atual do processo de gestão dos RSU e tendo em vista que não foi elaborado um PMGIRS pelo município, além da criação de um programa de coleta seletiva que promova o aproveitamento desses resíduos em Paulo Afonso/BA, apresenta-se a questão central desse estudo: Tendo em vista que segundo a Lei nº 12.305 (2010), que trata sobre a PNRS, todos os municípios precisam apresentar planos que se enquadrem à sua realidade e gerenciem de forma correta os seus resíduos gerados, quais serão os cenários ambientais provenientes da gestão dos RSU em Paulo Afonso/BA, caso medidas ambientalmente corretas

não sejam efetivadas?

Nesses termos, o estudo parte da seguinte hipótese: o modelo de gestão dos RSU desde a coleta, tratamento e disposição final, por não atender todas as diretrizes da Lei Federal 12.305/2010, gera implicações insustentáveis pela geração em grande quantidade de resíduos, maior compreensão pela população sobre os problemas ocasionados, condições de triagem precárias pra os catadores de material reciclável e problemas de disposição final pela falta de instrumentos necessários, como PMGIRS e a incorporação da coleta seletiva, além de melhorias na infraestrutura de todo processo de manejo (coleta, transporte, acondicionamento, triagem e disposição final). E em decorrência da hipótese, têm-se as seguintes questões de pesquisa:

- Como se dá a gestão dos resíduos sólidos urbanos na cidade de Paulo Afonso?
- Quais os impactos sociais, ambientais e econômicos decorrentes da implantação de um programa de coleta seletiva na gestão atual?
- Qual o papel ambiental desempenhado pelos catadores de material reciclável na gestão dos RSU?
- Quais os cenários ambientais mais viáveis para a gestão de resíduos sólidos em Paulo Afonso/BA?

Nesse contexto, a pesquisa tem como objetivo principal construir cenários ambientais a partir de indicadores da gestão dos RSU no município de Paulo Afonso/BA. Para atingir tal objetivo, elencaram-se os seguintes objetivos específicos:

- Entender o contexto histórico/teórico na geração de resíduos sólidos;
- Descrever aspectos referentes à gestão dos RSU;
- Traçar o perfil socioambiental dos catadores de material reciclável;
- Identificar a composição gravimétrica dos RSU gerados;
- Analisar os impactos sociais, ambientais e econômicos decorrentes da implantação da coleta seletiva no contexto atual;

Nessa perspectiva, a dissertação foi organizada em formato de artigos, com toda metodologia distribuída entre os cinco artigos elaborados. Sendo os instrumentos e técnicas utilizados o diagnóstico: composição gravimétrica dos RSU; entrevistas com o representante da SEMA e aplicação de questionários com os catadores de material reciclável; além de fornecer informações para o prognóstico, através da construção de cenários ambientais.

Os *artigos I e II* foram elaborados a partir do referencial teórico utilizado para construção e embasamento da pesquisa, onde em um primeiro momento foi realizada uma análise histórica e teórica do crescimento na geração de resíduos sólidos, até a utilização de aspectos mais técnicos empregados para caracterização e classificação, além de demonstrar a importância da coleta seletiva no processo de gestão e a utilização da dinâmica de sistemas para o processo de construção de planos mais precisos. Tais artigos foram aprovados em dois livros e estão no prelo para publicação.

No *artigo III,* foi realizada a análise de aspectos socioambientais e traçado o perfil dos catadores de material reciclável que atuam na ARPA, com aplicação de questionários, além de uma entrevista com o secretário de meio ambiente do município, para compreender o atual panorama da gestão para os RSU.

No *artigo IV*, foram levantadas as características e classificações para RSU gerados no município, por meio da técnica de composição gravimétrica. Com os materiais divididos em: papel/papelão, plástico, vidro, alumínio, aço e matéria orgânica, sendo o objetivo fornecer dados para construção dos cenários ambientais da coleta seletiva.

Por último, no *artigo V*, foram utilizados os dados e informações levantados nas fases anteriores para construção dos cenários ambientais da gestão dos RSU do município de Paulo Afonso/BA. Os cenários foram elaborados com dados a nível nacional e internacional, com observação do comportamento no período de 10 anos.

Esses três últimos artigos serão submetidos em periódicos com extrato A pela nova classificação do Qualis CAPES.

ARTIGOS

01. COMPREENSÃO DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NA GERAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS – RSU

RESUMO

Os padrões de consumo praticados pelas sociedades capitalistas, atrelados ao crescimento populacional, fizeram com que a geração de resíduos sólidos se tornasse, cada vez mais, um grave problema ambiental. Desta forma, ao longo do tempo, os resíduos apresentaram mudanças nas características físicas e químicas, de modo que ao serem lançados diretamente na natureza causam diversos problemas. Nesse contexto, surge a necessidade de compreender os impactos socioambientais causados pelos resíduos sólidos. Nessa conjuntura, a pesquisa se utilizou de aspectos teóricos para o entendimento sobre os impactos causados pelos resíduos sólidos, sendo feito um breve estudo bibliométrico com trabalhos na mesma temática. Os resultados mostraram uma visão sobre os impactos socioambientais gerados pelos resíduos sólidos no meio ambiente, tendo em vista o atual padrão de consumo praticado pela sociedade. Como conclusão, para reduzir os impactos socioambientais é necessário aplicar de forma efetiva as leis, normas e resoluções, além de utilizar técnicas, a exemplo da gravimetria, para caracterização e classificação inicial dos resíduos sólidos gerados, tornando mais fácil o planejamento de planos de gestão e implementação de medidas.

Palavra-chave: Composição Gravimétrica, Legislação, Resíduos Sólidos.

ABSTRACT

The consumption patterns practiced by capitalist societies, linked to population growth, made the generation of solid waste increasingly becoming a serious environmental problem. In this way, over time, the residues showed changes in physical and chemical characteristics, so that when they are thrown directly into nature they cause several problems. In this context, there is a need to understand the socio-environmental impacts caused by solid waste. At this juncture, the research used theoretical aspects to understand the impacts caused by solid waste, and a brief bibliometric study was carried out with works on the same theme. The results showed a view on the socio-environmental impacts generated by solid waste on the environment, in view of the current consumption pattern practiced by society. In conclusion, in order to reduce socio-environmental impacts, it is necessary to apply laws, rules and resolutions effectively, in addition to using techniques, such as gravimetry, for the characterization and initial classification of the solid waste generated, making it easier to plan management plans and implementing measures.

Key words: Gravimetric composition, Legislation, Solid Waste.

1.1. INTRODUÇÃO

A geração de resíduos sólidos se tornou mais evidente para sociedade a partir do momento em que o homem deixou de ser nômade (MACCARI; SEIXAS, 2018). Diante disto, pode-se observar impactos no meio ambiente e na economia das cidades, tendo em vista, a necessidade da elaboração de medidas para o correto manejo dos resíduos sólidos.

Em relação ao significado do termo Resíduo Sólido, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS (2010) denota tudo aquilo que resta após passar por diversos processos, podendo posteriormente ser reinserido no processo de produção, sendo constituído de valor agregado.

Com o grande aumento populacional e expansão dos centros urbanos, começou a surgir uma grande variedade de resíduos sólidos. Historicamente, o processo ocorreu a partir da Revolução Industrial no século XIX, alterando a composição química e física dos materiais gerados, além de visualizar mudanças nos padrões de consumo praticados pela sociedade, que passou a ocorrer de forma mais acelerada (ROSSINI; NASPOLINI, 2017).

A geração de novos produtos trouxe a sensação de progresso e crescimento para os países que almejavam alcançar padrões de desenvolvimento elevado, entretanto os impactos ambientais provocados foram enormes, com a extração de matérias-primas para produção de bens e serviços, sendo agravada mais ainda pelo descarte inadequado de materiais altamente tóxicos no meio ambiente (SILVA FILHO *et al*., 2019). Nesse sentido, com intuito de inibir as ações produzidas pelos geradores de resíduos sólidos, foram instituídas algumas leis, resoluções e normas para enquadrar e orientar os geradores no manuseio dos resíduos gerados.

Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020), no ano de 2019 a produção de RSU foi de 79,6 milhões de toneladas em todo o Brasil, sendo que em 2013 esse total foi de 76,3 milhões de toneladas, o que representa um acréscimo de 4,14%.

Dentro dos padrões de consumo apresentados e os diversos pontos de vulnerabilidade que os países em desenvolvimento apresentam, foram criados os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável – ODS, sendo um total de 17 objetivos para alcançar um padrão de vida mais sustentável. Nesse estudo, tiveram destaque o objetivo 12 e a meta 5, pois visam a produção sustentável e o incentivo a redução, reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos (ONU, 2015).

Corroborando da mesma ideia, a Lei 12.305/2010 possui objetivos específicos que visam incentivar a não geração, redução, reutilização e reciclagem, compreendendo a importância de criar medidas mais efetivas através de políticas públicas para os problemas ocasionados pela geração de RSU. Como alternativa, existe a NBR 10004/2004, que trata da classificação dada para os resíduos sólidos. No mais, é possível aplicar a técnica da composição gravimétrica como uma alternativa, visando o conhecimento mais preciso sobre os diversos tipos de resíduos gerados.

Diante do exposto, a pesquisa pretende entender o contexto histórico e teórico da geração dos RSU especificamente e os impactos socioambientais gerados pela produção e descarte inadequado dos resíduos sólidos, compreendendo a importância de seguir as normas para classificação e caracterização, e os princípios e objetivos impostos pela PNRS.

1.2. METODOLOGIA

1.2.1. Delimitação Metodológica

Para realização do estudo foram utilizados dados internacionais e nacionais sobre questões que tratavam sobre a geração, classificação, legislação dos RSU e desenvolvimento sustentável. Para tanto, foram utilizadas como plataformas de coleta: (i) Google Acadêmico; (ii) Portal de Periódicos da CAPES; (iii) Scielo; (iv) *Web Of Science*; (v) Google para pesquisar documentos secundários, através de diagnósticos sobre o panorama da gestão dos RSU; e o (vi) Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. O período para o levantamento teórico teve início no primeiro semestre em 2019 e foi finalizado em janeiro de 2021. Buscou-se, sempre que possível, artigos recentes, publicados nos últimos cinco anos. Tendo como palavras chave: resíduos sólidos urbanos, Política Nacional dos Resíduos Sólidos, Desenvolvimento Sustentável, progresso na geração de resíduos.

1.2.2. Objetivo

Investigar o contexto histórico/teórico dos impactos socioambientais gerados pelos resíduos sólidos, entendendo a importância da aplicação de técnicas, normas, leis e resoluções para conseguir diminuir os impactos negativos criados pelos RSU especificamente.

1.2.3. Análise dos dados

Para análise, foram utilizados artigos, dissertações, teses, livros e diagnósticos sobre o panorama na gestão dos resíduos sólidos. Portanto, foi trabalhado temas como: contexto histórico dos impactos do desenvolvimento e geração dos resíduos sólidos na natureza, caracterização dos RSU, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) e a composição gravimétrica como instrumento para caracterizar e quantificar os resíduos.

Ainda tratando da revisão bibliográfica, foi realizado um levantamento bibliométrico a partir dos estudos que possuem os resíduos sólidos como principal tema. Foram analisadas todas as dissertações e teses que constam no acervo da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), pela utilização da palavra chave resíduo sólido. O levantamento foi realizado em todos os programas de Pós-graduação a nível UFS. No Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) foram encontradas vinte e quatro dissertações de mestrado e três teses de doutorado (Apêndice D).

Foram encontradas ainda, três dissertações com o tema gestão de resíduos sólidos em outros programas (Apêndice D): uma no Núcleo do Programa de Pós-Graduação e Pesquisa em Psicologia Social (NPPS), com a temática focada nos agentes de limpeza e catadores de material reciclado, outra no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPEC) com a análise dos resíduos gerados na construção civil do município de Lagarto/SE e, a última, no Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) com análise dos resíduos sólidos gerados no centro de abastecimento da cidade de Feira de Santana/BA.

Em relação as dissertações e teses dos demais programas brasileiros, assim como produção estrangeira, o acesso foi mediante as publicações em periódicos encontradas nas bases de dados já citadas.

1.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram apresentados os resultados obtidos com o levantamento teórico da pesquisa, com os temas citados na metodologia, que serviram para interpretação dos problemas gerados pela extração dos recursos naturais, consumo e descarte ambientalmente inadequado, baseado em um falso progresso e desenvolvimento.

1.3.1 Relação socioambiental na geração dos resíduos sólidos

A “sociedade”, ao longo do tempo, passou por diversas transformações, e unida a essas transformações está a “natureza”, que com as ações que o homem exerceu sobre ela sofreu diversas alterações, onde o principal objetivo para tais interferências seria o seu próprio “desenvolvimento” (CARREGOSA *et al.*, 2014). Diante disto, surgem diversos problemas ambientais, sociais e econômicos que, a cada dia, se tornam mais nítidos e irreversíveis.

Na visão de Martins (2013), o conceito de sociedade representa grupos de pessoas que estão organizadas em um mesmo espaço. Em tese, seriam pessoas vivendo de forma harmoniosa em prol de objetivos comuns, que partilham de uma mesma cultura e valores. Diante disto, a vida em sociedade, atualmente, é quase que totalmente desenvolvida no sistema capitalista, que tem como objetivo maior o lucro a partir do consumo em massa. Nessa busca pelo crescimento e desenvolvimento, muitas vezes, aspectos sociais e ambientais são colocados de lado, tudo com o único objetivo de frequentemente favorecer uma classe social mais elevada.

Segundo Cavalcanti (2018) ocorreu uma cultura predatória e destrutiva que acaba causando sérios danos ao meio ambiente, onde antes era feito por ignorância do homem, e atualmente pelo sistema capitalista, que tem no Estado a adoção de políticas que proporcionam o agravamento e os impactos ao meio natural.

É visto que a construção do conceito de desenvolvimento em sociedade está embasada em quatro dimensões de análise: econômica, política, social e ambiental (BIASOLI; SORRENTINO, 2018). Com base nas informações das quatro dimensões apresentadas sobre desenvolvimento, foi possível fazer a utilização delas, para analisar os aspectos relacionados aos resíduos sólidos (Quadro 1.1).

Quadro 1.1 – Aspectos analisados na questão dos RSU.

Dimensões	Aspectos analisados na questão dos resíduos sólidos
Política	Criação de políticas públicas que proporcionem uma gestão mais eficiente dos resíduos sólidos; Necessidade de uma sensibilização maior sobre questões ambientais.
Social	Geração em grande quantidade de resíduos sólidos pelo alto padrão de consumo; Problemas sociais de moradias próximas a lixões; Compreensão da importância social dos catadores de material reutilizável e reciclável.
Econômica	Custos que a esfera pública tem que arcar com a gestão dos resíduos sólidos; Perdas pela falta de atividades que contemple os processos de gestão e gerenciamento; Falta de incentivos para criação de associações, cooperativas e ONGs.
Ambiental	Descarte de resíduos em locais impróprios (terrenos baldios, lixões e aterros controlados); Contaminação de áreas: lençóis freáticos, poços, rios, lagoas, solo e ar com a liberação de metais pesados; Proliferação de vetores, como roedores, insetos e bactérias;

	Aparecimento de doenças pelo descarte em locais impróprios.

Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019.

Com base no que foi apresentado no quadro 1.1, pode-se compreender que o desenvolvimento afeta diversos aspectos do meio ambiente, sendo a geração de resíduos sólidos um dos pontos mais perceptíveis pelo grande número de materiais acumulados nessa cultura de crescimento a qualquer custo.

Nesse sentido, o tripé "sociedade, natureza e desenvolvimento", seria o responsável pelo progresso e crescimento, com a transformação dos recursos naturais pelo homem em produtos para consumo, entretanto, desde a extração da matéria-prima em excesso, passando pelo desenvolvimento do produto sem nenhuma estratégia para diminuir a quantidade de insumo utilizado até o descarte final, são gerados diversos tipos de materiais que acabam sendo dispostos de maneira irregular no meio ambiente.

Em suma, a geração de resíduos sólidos, em larga escala, depende da oferta imposta pelo mercado que é pautada pelo sistema capitalista, que estimula as pessoas a consumirem mais. O resultado para sociedade é uma falsa sensação de progresso, que acaba por colocar em risco o meio ambiente.

No contexto filosófico, os riscos e prejuízos ao meio ambiente surgem com a modernidade, por meio da criação de técnicas, racionalização e objetividade do conhecimento, com o propósito de ampliar o domínio do homem sobre a natureza, dessa maneira houve uma separação entre ambos (MATOS; SANTOS, 2018).

Como consequência dos riscos ambientais assumidos, se observa a produção de novos resíduos sólidos, com novas composições físicas e químicas com impactos ambientais enormes, se lançados de forma inadequada na natureza, além dos problemas sociais que põem em risco a saúde de pessoas que manuseiam, direta ou indiretamente, estes materiais descartados.

Sob esse aspecto, os riscos ambientais, provenientes da geração de resíduos, podem acontecer na forma líquida, sólida ou gasosa. Dessa forma, os resíduos líquidos podem ter sua origem, tanto de atividades domésticas quanto industriais. No que diz respeito aos resíduos gasosos, os maiores emissores são as indústrias, que lançam na atmosfera um grande volume de CO_2, o que na visão de Yi *et al.* (2017), é consequência do aumento da industrialização e demanda por energia para transformação de matérias-primas que possam atender a população.

Por último, estão os resíduos sólidos com origem em diversas atividades (doméstica, industrial, saúde, pública, entre outros), todas apresentando certo grau de risco, se colocado em contato direto com o meio ambiente. Como exemplo, Kazuva *et al.* (2018), aponta os problemas enfrentados pela cidade *Dar es Salaam* na Tanzânia, onde a poluição com os resíduos sólidos enfrenta altos índices, colocando a população local em uma alta situação de risco sanitário e ambiental.

Nesse cenário, é preciso uma reflexão hermenêutica profunda do real sentido de progresso que está sendo feito, bem como, a forma de propagação dos benefícios, uma vez que fica evidente que em seu processo histórico de construção, o progresso tem um caráter excludente e segregador. Entretanto, Matos e Santos (2018) enfatizam que apesar dos efeitos negativos gerados pelo progresso da ciência ao longo da história, é de responsabilidade dela a busca por soluções para um progresso mais inclusivo e integrador, que possa beneficiar toda sociedade de forma igual ou mais próximo possível disso.

1.3.2. (Des)envolvimento sustentável: um desafio socioambiental

Sob o aspecto das mudanças nos padrões de consumo da sociedade, houve um aumento dos problemas socioambientais decorrentes da gestão ineficiente dos RSU, gerando a necessidade de aplicação de novas tecnologias que permitam o tratamento seguro dos resíduos gerados pelos processos produtivos. Tanto no âmbito público quanto no privado, existe a necessidade da adoção de tratamentos que causem o menor impacto no meio ambiente.

Com o objetivo de motivar práticas mais eficientes e dignas de crescimento, surge o conceito de "ecodesenvolvimento" na primeira Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, em Estocolmo, na Suécia, em 1972. É preciso compreender que, historicamente, o conceito de "desenvolvimento sustentável" surge a partir do "ecodesenvolvimento", mais especificamente, o termo surge da elaboração do Relatório *Brundtland* sobre o *"Nosso futuro comum"*, de 1987, encomendado pela ONU (LOPES *et al*., 2017).

Na visão Alcantara e Sampaio (2017, p. 240), "o termo desenvolvimento sustentável discute a questão da coletividade na busca pela liberdade e democracia", algo que, muitas vezes, segundo os autores, é visto de forma utópica, uma vez que, a sociedade em sua maioria é bastante desigual e segregadora, e tende a excluir aqueles que são menos desfavorecidos. Neste

caso, é preciso que o homem esteja disposto a intervir em mudanças possíveis na busca por um objetivo em comum, partindo do pressuposto que o meio ambiente é interesse coletivo de todos.

Ao falar sobre sustentabilidade, é preciso citar o *"triple bottom line"* ou em português o Tripé da Sustentabilidade, que envolve os aspectos econômicos, sociais e ambientais de maneira integrada na busca por um ambiente sustentável (HAMMER; PIVO, 2017). O quadro 1.2 utiliza os tripés da sustentabilidade para elencar os impactos positivos da gestão dos RSU e faz a incorporação da governança como um possível quarto tripé. Ainda são apresentados pontos importantes que podem ser alcançados com a gestão dos RSU nos três campos principais do desenvolvimento sustentável, além de poder incorporar a governança como um quarto pilar, responsável pela organização e gestão dos demais pilares.

Quadro 1.2 – Aplicação do *Triple Bottom Line* nos impactos da gestão dos RSU.

Aspectos	Impactos positivos
Econômico	Aumento no faturamento por materiais, em consequência da coleta seletiva. Benefícios econômicos para o município, com o repasse de verbas.
Social	Valorização do trabalho desempenhado pelos catadores de material reciclável. Atendimento das necessidades básicas, como educação e saúde. Compreensão da população sobre a importância da coleta seletiva e dos catadores.
Ambiental	Saúde de moradores que vivem próximo a áreas de risco. Preservação de áreas ambientais (lençóis freáticos, rios).
Governança	Criação e aplicação de leis, normas e resoluções para os resíduos sólidos. Elaboração de políticas públicas com a participação da comunidade, com medidas efetivas e concretas.

Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019.

Para Cruz *et al.* (2016), é necessário que ao invés de ocorrer um desenvolvimento sustentável aconteça um envolvimento sustentável, já que, o prefixo "des" possui uma conotação negativa e com características de exclusão e separação, enquanto o termo envolvimento possui um caráter de comprometimento e inclusão da realidade analisada. Esse novo termo vem servindo de debate para os pesquisadores, que compreendem a importância do envolvimento na solução de problemas observados, acreditando que apenas dessa forma se conseguirá atingir padrões de consumo sustentáveis.

Nos estudos de Vieira e Souza (2017), as práticas de envolvimento sustentável são vistas através de exercícios éticos, realizados diariamente pelo indivíduo por meio de suas práticas cotidianas. Desta forma, o envolvimento se torna algo particular, pois a responsabilidade pelas ações praticadas é de cunho pessoal e ao mesmo tempo de interesse de todos que estão inseridos dentro da realidade, e serão afetados direta ou indiretamente.

Com base na experiência dos Objetivos do Desenvolvimento do *Milenium* – ODM, revelou-se a necessidade de atender uma nova série de questões sociais que precisam de atenção, diante disto, em 2015 o PNUD elaborou novos objetivos e metas a serem cumpridos até 2030, onde emerge os "Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS". Nesse documento, estão elencados 17 objetivos e 169 metas específicas para alcançar o desenvolvimento sustentável. Trazendo a temática dos ODS para a discussão dos RSU, o objetivo 12 trata de "assegurar padrões de produção e consumo sustentáveis" e seria o que melhor apresenta medidas de solução para a problemática. Segundo a meta cinco do décimo segundo ODS: "Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso" (ONU, 2015, p.31).

Neste contexto, a meta cinco do décimo segundo ODS, está alinhado com o objetivo principal da PNRS, que seria a não geração de resíduos sólidos, redução, reutilização, reciclagem e tratamento correto, até uma disposição final ambientalmente correta, sendo todas essas etapas envolvendo os catadores de material reciclável e reutilizável no processo de gestão dos resíduos sólidos. No mais, a meta cinco se mostra bastante desafiadora em uma sociedade onde o capitalismo é a principal forma de alcançar o progresso, bem como, incentiva o consumo de produtos, aumentando a geração de resíduos sólidos e os impactos no meio ambiente.

Diante do exposto, a busca pelo desenvolvimento sustentável perpassa diversas visões, mas que tem o objetivo de chegar em um resultado comum, com a construção de uma sociedade mais consciente sobre os limites da natureza. Desta forma, é preciso entender que os desafios para chegar ao resultado final da sustentabilidade deve demorar um longo tempo, principalmente em sociedades que possuem o sistema capitalista como forma de organização econômica, enquanto isto, os prejuízos socioambientais somados são enormes, com altos índices de pobreza em países em desenvolvimento e a degradação de ecossistemas em todo o mundo.

Entre as diversas questões que os ODS precisam atingir até 2030, existe um ponto bastante importante que precisa ser solucionado que são os resíduos sólidos urbanos, oriundos das atividades domésticas e urbanas.

1.3.3. Classificação e caracterização Resíduos Sólidos Urbanos (RSU)

O termo "lixo" ou "resíduo", para diversas pessoas, pode ter o mesmo sentido, a exemplo de algo sem nenhum tipo de valor agregado, que após ser consumido é descartado e

enviado para lixões, aterros controlados ou sanitários. Ao contrário do que muitos pensam, existe uma diferença dos termos citados.

Na visão de Rodrigues e Zaneti (2018), existe realmente uma diferenciação entre os termos lixo e resíduo, o primeiro representaria algo sem nenhum tipo de valor comercial, econômico ou de uso para quem gera, ocorrendo posteriormente seu descarte, quanto ao termo resíduo seria um produto que perdeu suas características iniciais, após passar por um determinado processo de transformação de matéria, mas que mesmo assim possui um valor comercial e econômico, podendo ser incorporado novamente no processo de produção.

Historicamente, o termo lixo foi mais empregado para descrever os materiais descartados das atividades de produção e consumo pelo homem, acreditando que eles não possuíam nenhum valor econômico agregado. Segundo Assad (2016, p. 22), fica perceptível o grande acúmulo com a fixação do homem em determinada área.

A partir disto, o problema com os resíduos sólidos se tornou um ponto a ser discutido, pois a opção do homem por viver em comunidade, acabou por gerar diversos problemas ambientais, dentre eles, o acúmulo de resíduos sólidos que necessitavam ser depositados em locais apropriados. Outro ponto de influência na geração dos resíduos sólidos foi a produção em larga escala de produtos, que atrelado ao crescimento de cidades, ocasionou problemas econômicos, ambientais e sociais.

Com base nas informações alocadas, no entendimento de Andreoli *et al*. (2014), o fluxo de produção gerado pelo sistema capitalista acaba por diminuir o tempo de vida útil dos produtos, o que comprova a existência da obsolescência programada, ou seja, os produtos são colocados no mercado com um tempo de vida já pré-determinado, com o objetivo de estimular o consumo e compra de novos produtos, o que aumenta consideravelmente a geração de resíduos sólidos.

Nesse contexto, até a década de 1970, os problemas gerados pelos resíduos sólidos ficaram em segundo plano na prioridade dos países, uma vez que a principal prioridade era o progresso e desenvolvimento local, e a diminuição da produção afetaria diretamente o desenvolvimento almejado. Nos estudos de Simões *et al.* (2019), as implicações desse progresso são observadas na emissão de gases e poluição do meio ambiente.

Ainda em âmbito mundial, é possível visualizar o cenário da produção de resíduos sólidos em alguns países. Nos Estados Unidos da América (EUA), a geração de resíduos sólidos urbanos, em 2012, chegou a 228 milhões de toneladas, desse total, 79 milhões foram para

reciclagem e compostagem e 148 milhões foram para aterros sanitários (EPA, 2014). Na União Europeia, a produção anual de resíduos sólidos chega a 2.5 bilhões de toneladas, sendo que 36,4% desses resíduos sólidos são produzidos pelas atividades econômicas e familiares (EUROPEAN PARLIAMENT, 2018).

Em países orientais como Japão, a produção de resíduos sólidos do ano de 2003 a 2015 apresentou uma queda na geração, sendo que no ano corrente de 2003, a quantidade foi de 51,61 milhões de toneladas e em 2015 o valor de 43,98 milhões de toneladas, por apresentar um território delimitado, a criação de alternativas foram precisas, como o aproveitamento energético (MINISTRY OF THE ENVIRONMENT GOVERMENT OF JAPAN, 2017). Na China, onde a poluição chega a índices enormes, a geração de resíduos sólidos chegou em 178,602 milhões de toneladas em 2014, além disso a taxa de crescimento populacional cresce a cada ano, o que faz aumentar, de forma mais rápida, a taxa de geração de RSU (GU *et al*., 2017).

Nesse cenário, os países apresentados possuem o sistema capitalista como principal forma para alcançar o progresso e desenvolvimento, exceto a China que possui um sistema socialista próprio, entretanto, ainda acaba gerando de forma considerável uma grande quantidade de resíduos sólidos e impactos ao meio ambiente. No que diz respeito aos países desenvolvidos, existe a resistência em diminuir a quantidade produtiva de bens, pois afeta diretamente no crescimento tradicionalmente conhecido. Já em países em desenvolvimento, a dificuldade está no motivo desses países ainda buscarem o desenvolvimento.

Sob esse aspecto, no Brasil, segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2020), a geração de resíduos sólidos urbanos em 2019 foi de 79,6 milhões de toneladas, em comparação ao ano de 2017, constatou-se um aumento de cerca de 1%. Desta forma, a tabela 1.1 representa a quantidade de resíduos sólidos gerados em cada região do país diária entre os anos de 2018 e 2019.

Tabela 1.1 – Quantidade de RSU coletada por regiões e Brasil.

Regiões	RSU Total (ton/dia)	
	2018	**2019**
Norte	13.069	13.250
Nordeste	43.763	44.370
Sudeste	105.977	107.448
Centro-Oeste	14.941	15.148

Sul	21.561	21.860
BRASIL	**199.311**	**202.076**

Fonte: ABRELPE, 2019/2020.
Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020.

No contexto da região Nordeste, houve uma queda de 607 toneladas diárias de resíduos sólidos gerados entre o ano de 2018 e 2019, que representa um percentual de 1,36%. Todavia, apesar dos dados apresentados, segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS (2017), o Nordeste é a região que apresenta o menor número de informações coletadas em relação aos RSU. Com relação à geração diária de resíduos, fica atrás somente da região Sudeste que tem 52,9%. Nestes termos, apesar das poucas informações, o Nordeste desempenha um papel de grande importância nos impactos negativos gerados ao meio ambiente, e necessita que medidas sejam aplicadas para o correto manejo dos resíduos sólidos.

Nesse contexto, os 1.794 municípios do Nordeste geraram uma soma total de 15.973.495 toneladas/ano de RSU, ocorrendo aproximadamente a coleta de 81% desses resíduos gerados. No Estado da Bahia, segundo informações encontradas no Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – ABRELPE (2020), a coleta de resíduos sólidos urbanos chegou a 4.266.120 toneladas/ano, o que representa 84,1% de índice de cobertura.

A princípio, o ponto de partida para encontrar a melhor solução para os problemas gerados pelos resíduos sólidos é através do diagnóstico inicial, com a caracterização e classificação, tanto dos resíduos gerados nos processos produtivos, bem como, os produtos acabados consumidos pela população.

No contexto nacional, existem duas maneiras de classificação dos resíduos sólidos, a primeira seria pela PNRS, Lei 12.305/2010, que realiza a caracterização e classificação dos resíduos sólidos de duas formas, quanto a sua origem e periculosidade, e a segunda, pela norma 10.004/2004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, que dispõe da classificação dos resíduos sólidos em duas classes.

Já em relação à periculosidade, os resíduos podem ser classificados como perigosos ou não perigosos: (i) Resíduos Perigosos – são aqueles que, em razão de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, apresentam significativo risco à saúde pública ou à qualidade ambiental, de acordo com lei, regulamento ou norma técnica; (ii) Resíduos Não-Perigosos: aqueles não enquadrados na alínea “a”.” (BRASIL, 2010, p.7).

Nos estudos de Souza *et al*. (2015), a caracterização dos resíduos sólidos deve conter os seguintes pontos: geração *per capita*, composição gravimétrica, peso específico aparente, teor de umidade, compressividade e valoração dos resíduos. Nesse caso, cada ponto verificado pretende gerar informações específicas sobre o quadro dos resíduos sólidos, para que posteriormente medidas mais precisas possam ser tomadas na coleta, triagem, tratamento e disposição final ambientalmente correta.

No âmbito internacional, o problema da classificação dos resíduos sólidos é verificado nos estudos de Zuo (2018), que traz informações sobre os problemas de poluição gerados pela grande produção de RSU pela população urbana da China, se tornando um problema social, econômico e ambiental.

Com relação à origem dos resíduos sólidos pela PNRS, o quadro 1.3 apresenta os locais onde são gerados e a descrição de cada material. Ainda, segundo a Lei 12.305, são 11 tipos de resíduos sólidos descritos. De acordo com o quadro, os resíduos sólidos que serão caracterizados e classificados no decorrer da pesquisa, são os provenientes da junção entre os resíduos domiciliares e de limpeza urbana, ou seja, os Resíduos Sólidos Urbanos – RSU.

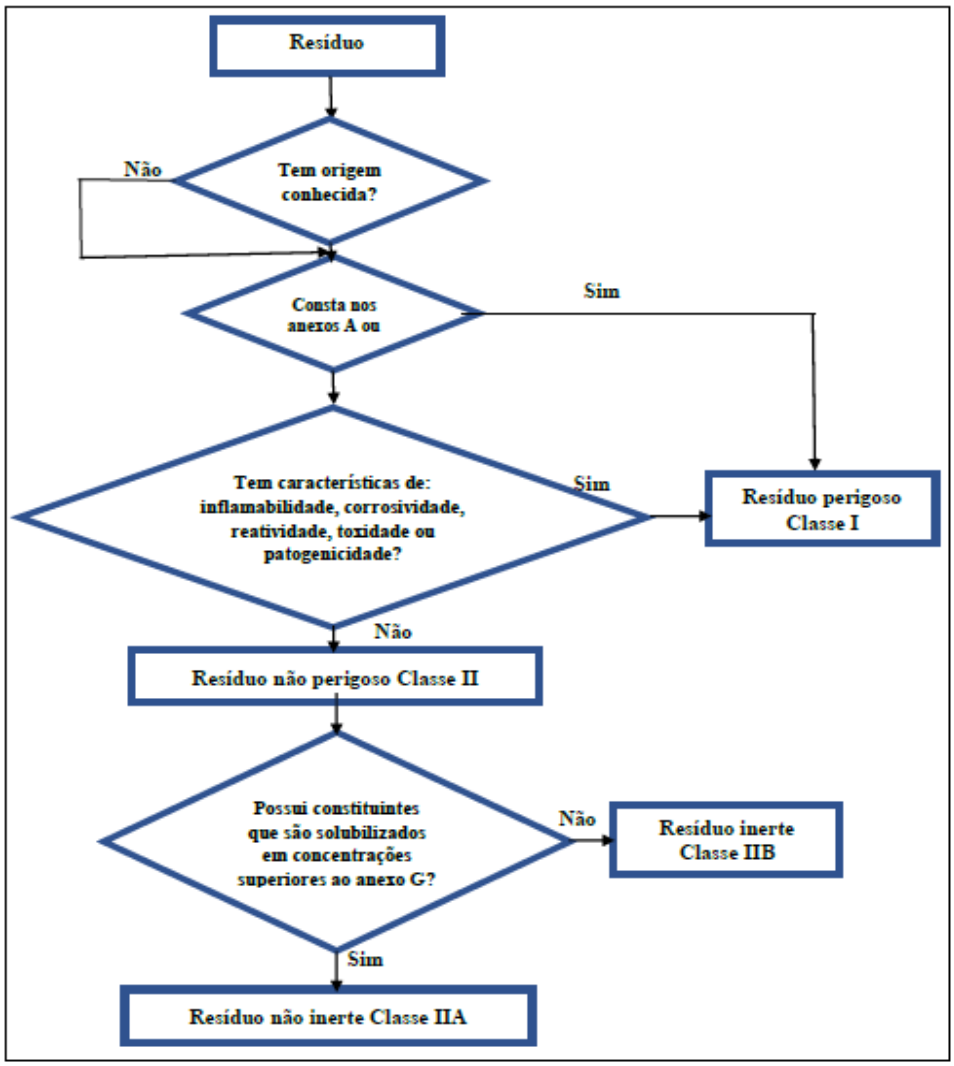
Quadro 1.3 – Classificação dos resíduos sólidos, segundo sua origem.

Origem	Descrição
Domiciliares	Originados das atividades domésticas em residências urbanas.
Limpeza Urbana	Surgem a partir da varrição de vias públicas, logradouros e outros serviços de limpeza pública.
Urbanos	É a junção dos resíduos domiciliares e os de limpeza urbana.
Estabelecimento comercial e prestadores de serviço	São os resíduos gerados em estabelecimentos comerciais, como supermercados, lojas e empresas que prestam serviços.
Serviços públicos de saneamento básico	De origem das atividades de saneamento básico, como coleta e tratamento de esgoto.
Industriais	Gerados dos processos produtivos em instalações industriais.
Serviços de saúde	Origem dos serviços de saúde, conforme definido em regulamentos passados pelo SISNAMA E SNVS.
Construção civil	Gerados a partir das construções, reformas, reparos e demolições da construção de obras da construção civil, sendo incluído os resíduos de escavação.
Agrossilvopastoris	Gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, sendo incluído os insumos utilizados na produção.
Serviços de transporte	Com origem em portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários.
Mineração	Originários de atividades de pesquisa, extração ou beneficiamento dos mineiros extraídos.

Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019.

Igualmente, a NBR 10.004/2004 dispõe sobre a classificação dos resíduos sólidos em duas classes distintas, classe I – Perigosos e classe II – Não Perigosos, que se subdivide em IIA – Não Inertes e IIB – Inertes. A norma ainda disponibiliza um fluxograma (Figura 1.1) para a classificação dos resíduos sólidos, que em junção com as classes apresentadas, criam um caminho para compreender de forma correta as características dos resíduos. O Fluxo se inicia a partir da análise do resíduo que está sendo classificado e caracterizado, em seguida, é observada se tem uma origem conhecida dentro dos anexos A e B, caso seja encontrado, é classificado como resíduo perigoso classe I, caso contrário, será observado se possui características de inflamabilidade, toxidade, corrosividade, reatividade ou patogenicidade, se não possuir nenhuma característica dessa é classificado como resíduo não perigoso classe II, que pode ser dividido em classe IIA e IIB.

Figura 1.1 – Fluxograma para classificação dos resíduos sólidos.



Fonte: ABNT, 2004.
Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019.

Por meio da utilização do fluxograma criado pela NBR 10.004, é possível criar um diagnóstico preliminar para a caracterização dos resíduos sólidos gerados. Ademais, a norma ainda realiza a classificação dos resíduos, segundo a fonte geradora, que pode ser: domiciliar, comercial, público, industrial, agropecuário, de atividades de mineração, entulhos, de serviço de saúde, radioativos e estações de tratamento de efluentes (lodos), entre outros.

À luz desta discussão, uma técnica utilizada para realizar a caracterização e classificação dos resíduos sólidos é a composição gravimétrica do montante gerado, permitindo melhores escolhas em relação aos aspectos da gestão dos RSU.

A técnica de composição gravimétrica é um fator bastante importante na caracterização e classificação inicial para gestão dos resíduos sólidos, pois permite a quantificação e qualificação mais específica dos RSU. Nos estudos de Galdino e Martins (2015), a composição gravimétrica é um dado primordial para a quantificação e qualificação, gerando informações básicas para a correta coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos.

Seguindo o mesmo pensamento, Adriano e Murata (2015) afirmam que uma composição gravimétrica, feita de forma correta e precisa, pode proporcionar ganhos em aproveitamento maiores. No mais, a utilização da técnica permite o aumento do tempo de vida útil dos aterros sanitários, tendo em vista que maiores quantidades de resíduos sólidos serão reintroduzidas no ciclo de produção (SIQUEIRA *et al.,* 2016).

Nesses termos, a determinação do método aplicável na composição gravimétrica deve ser feita com um planejamento prévio, já que é um ponto essencial para o restante do processo de caracterização e classificação dos resíduos sólidos. Para melhor visualizar o exposto, tem-se o quadro 1.4 que demonstra os métodos de amostragem que podem ser aplicados na composição gravimétrica com a utilização da NBR 10007/2004, que visa realizar a "amostragem dos resíduos sólidos".

Quadro 1.4 – Métodos aplicáveis na composição gravimétrica.

Método	Descrição
Amostra composta	Soma de parcelas individuais do resíduo a ser estudada, obtidas em pontos, profundidades e/ou instantes diferentes, através dos processos de amostragem. Estas parcelas devem ser misturadas de forma a se obter uma amostra homogênea.
Amostra Homogênea	Amostra obtida pela melhor mistura possível das alíquotas dos resíduos.

Amostra Representativa	Parcela do resíduo a ser estudada, obtida através de um processo de amostragem, e que, quando analisada, apresenta as mesmas características e propriedades da massa total do resíduo.
Amostra Simples	Parcela do resíduo a ser estudada, obtida através de um processo de amostragem em um único ponto ou profundidade.
Quarteamento	Processo de divisão em quatro partes iguais de uma amostra pré-homogeneizada, sendo tomadas duas partes opostas entre si para constituir uma nova amostra e descartadas as partes restantes. As partes não descartadas são misturadas totalmente e o processo de quarteamento é repetido até que se obtenha o volume desejado.

Fonte: ABNT, 2004.
Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019.

O conteúdo da norma é bastante específico e faz o emprego de alguns termos para o caso da amostragem de resíduos sólidos, como realizar a seleção de amostras, precauções que devem ser tomadas com elas, local onde elas serão coletadas, número de amostras e o volume das amostras recolhidas.

Ademais, a norma elenca alguns requisitos específicos, como a segurança com as amostras, necessitando sempre atenção, pois alguns resíduos apresentam características de periculosidade alta, além da observação dos procedimentos de amostragem quando for utilizado tambores, caminhões-tanque, entre outros, e ainda buscar uma proporção igual de resíduos sólidos no caso de amostras heterogêneas e, por último, a preservação das amostras coletadas.

O outro método utilizado é o quarteamento, pois dada à quantidade e variedade de resíduos gerados, consegue expressar resultados mais precisos, além de ser o método mais empregado na determinação da composição gravimétrica e tendo sido escolhido nos estudos de Alkimin e Ribeiro Júnior (2016), Galdino e Martins (2015) e Cajaiba e Correio (2016).

Em comparação com países desenvolvidos, as características dos resíduos sólidos gerados em países em desenvolvimento como o Brasil, China, México e Quênia são totalmente diferentes, com uma concentração maior de resíduos orgânicos, já nos países com uma renda mais alta, a quantidade de materiais recicláveis é maior em comparação com os países que tem uma taxa de desenvolvimento econômico menor (CABRAL, 2015). A tabela 1.2 apresenta o estudo mais recente sobre o panorama da composição gravimétrica dos resíduos sólidos no Brasil.

Tabela 1.2 – Estimativa da composição gravimétrica dos resíduos sólidos no Brasil.

MATERIAIS	Participação (%)	Quantidade (ton/dia)	
		2000	2008
Material reciclável	31,9	47.558,5	58.527,4
Metais	2,9	4.301,5	5.293,5
Aço	2,3	3.424,0	4.213,7
Alumínio	0,6	877,5	1.079,9
Papel, papelão e *tetrapak*	13,1	19.499,9	23.997,4
Plástico total	13,5	20.191,1	24.847,9
Plástico filme	8,9	13.326,1	16.399,6
Plástico rígido	4,6	6.865,0	8.448,3
Vidro	2,4	3.566,1	4.388,6
Matéria orgânica	51,4	76.655,3	94.335,1
Outros	16,7	24.880,5	30.618,9
Total	**100**	**149.094,3**	**183.481,5**

Fonte: Massukado *et al*., 2013.

Nos dados da ABRELPE (2020), a composição gravimétrica realizada mostra os seguintes valores: matéria orgânica (45,3%); têxteis, couros, e borracha (5,6%); metais (2,3%); vidro (2,7%); plástico (16,8%); papel/papelão (10,4%); embalagens multicamadas (1,4%); rejeitos (14,1%) e outros (1,4%). Mediante as informações apresentadas, a gravimetria dos RSU deve ser prioridade na fase inicial de construção do PMGIRS, pois permite a realização de um diagnóstico mais preciso sobre as características dos RSU gerados, além de permitir a escolha de instrumentos mais específicos para a etapas do gerenciamento. Em adição, é preciso compreender as principais leis que podem ser aplicadas para solucionar os problemas criados pelos resíduos sólidos.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, Lei 12.305/2010, pretende elevar o país nas questões relacionadas aos resíduos sólidos, criando medidas que possam ser cumpridas pelos órgãos públicos e privados. Com a criação de princípios voltados para a criação de programas de coleta seletiva, incentivos a logística reversa e a criação de planos de gestão.

Segundo Filho e Soler (2019), a lei apresenta um avanço legal para o país na problemática dos resíduos sólidos. Ocorrendo pela primeira vez na história do Brasil, a criação de parâmetros concretos, com obrigações e deveres que precisam ser cumpridos pela sociedade, a exemplo das indústrias, estados e municípios, na responsabilidade de solucionar os problemas gerados pelo descarte dos resíduos sólidos.

Já na visão de Silva *et al*. (2016), a preocupação e o interesse com a tutela do meio ambiente surgem quando o bem estar do homem é colocado em risco. Nesse momento, o

homem começa a procurar medidas e implementar leis para diminuir os impactos gerados pelas atividades de degradação.

Diante disto, os esforços para que a PNRS avance e apresente resultados sólidos e eficazes, se dá, através de dados apresentados pela Organização da Nações Unidas – ONU, revelando que até 2050, a geração de resíduos sólidos chegará 641.000 ton/dia, no Brasil 93,6% dos brasileiros, cerca de 238 milhões de pessoas residirão em cidades. Em termos de resíduos sólidos gerados, a quantidade produzida tende a aumentar para suprir as necessidades desse novo contingente populacional, uma vez que, estudos comprovam que existe uma relação direta entre a renda per capita e a geração de resíduos sólidos.

Nesse cenário, o país dispõe de instrumentos que podem ser adicionados à Lei 12.305/2010 para as questões referentes aos resíduos sólidos, como a Lei 6.938/1981 que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente e a Lei 10.650/2003 que traz acesso público aos dados e informações existentes nos órgãos e entidades integrantes do SISNAMA.

Dentro desse contexto, a Lei 12.305/2010 ainda dispõe que os órgãos públicos e privados precisam elaborar seus próprios planos de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, garantindo que a gestão dos resíduos sólidos possa atingir os principais pontos do processo de gerenciamento, permitindo uma maior compreensão da realidade, e criação de medidas que garantam uma qualidade no manejo para os resíduos desde a sua geração na fonte de origem até sua disposição final ambientalmente adequada.

Cabe ressaltar que existem diversos tipos de planos que podem ser elaborados para realizar a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos. Nesse contexto, os apresentados pela Lei 12.305/2010 são: Plano Nacional, Planos Estaduais, Planos Microrregionais, Planos Intermunicipais, Planos Municipal de Gestão Integrada e Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

Desta forma, fica a responsabilidade de municípios e empresas privadas a elaboração de planos que possam se enquadrar corretamente a sua realidade, garantindo uma visão geral sobre todo processo de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos. Além dos princípios citados, a Lei 12.305/2010 também criou objetivos externos para serem alcançados com a adoção da política, como é possível verificar no quadro 1.5. Cabe ressaltar, que o objetivo externo 2, que trata da não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada está em alinhamento com a meta 5 do objetivo 12 das ODS.

Quadro 1.5 – Objetivos externos da Lei 12.305/2010.

Objetivos externos da PNRS
1 - Proteção da saúde pública e da qualidade ambiental.
2 - Não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.
3 - Estímulo a adoção de padrões de consumo sustentáveis de produção e de consumo de bens e serviços.
4 - Adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas, como forma de minimizar impactos ambientais.
5 - Redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos.
6 - Incentivo a indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados.

Fonte: BRASIL, 2010.
Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019.

Os objetivos elencados pela Lei 12.305/2010 só terão real efeito com o engajamento e parceria entre os governos federais, estaduais e principalmente os municipais, por compreender melhor as necessidades do processo de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos produzidos.

1.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, tem-se uma visão histórica/teórica sobre os impactos socioambientais ocasionados pelos resíduos sólidos, compreendendo os danos causados pelos resíduos sólidos, e a importância da aplicação de leis, normas e resoluções para enquadrar os geradores pelo crime de disposição incorreta dos resíduos gerados. No mais, foi apresentada a técnica de gravimetria como ferramenta para classificar e caracterizar os RSU gerados, possibilitando tomadas de decisão mais precisas na implementação de medidas para os resíduos sólidos.

Dessa forma, os termos e conceitos apresentados servem como instrumento para informar a sociedade sobre questões que envolvem os resíduos sólidos, a nível nacional e internacional, mostrando os impactos socioambientais/socioeconômicos gerados pela extração de matérias-primas e o consumo em larga escala para o meio ambiente. A luz disto, se faz necessária a participação mais ativa da sociedade na busca por informação e sobre os impactos produzidos pelos resíduos sólidos.

REFERÊNCIAS

ADRIANO, A. P. P; MURATA, A. T. Caracterização e quantificação de resíduos sólidos em escola pública do município de Matinhos, PR, para proposição de medidas de gestão de resíduos. ***Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental–REGET, UFSM, Santa Maria***, v. 19, n. 1, p. 30-37, 2015.

ALCANTARA, L. C. S., SAMPAIO, C. A. C. Bem Viver como paradigma de desenvolvimento: utopia ou alternativa possível?. *Desenvolvimento e meio ambiente*, *40*. 2017.

ALKIMIN, D. V.; RIBEIRO, L. U. J.. Determinação da Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) do Lixão do Município de Maria da Fé, Estado de Minas Gerais. Programa de Pós-graduação em Geografia. ***Revista Caminhos da Geografia****,* Uberlândia 2017.

ANDREOLI, C. V; ANDREOLI, F. N.; TRINDADE, T. V.; HOPPEN, C. Resíduos Sólidos: Origem, classificação e soluções para destinação final adequada. **Complexidade: Redes e Conexões do Ser Sustentável. 1ªed**, 2014.

ASSAD, L. Apresentação-lixo: uma ressignificação necessária. *Ciência e Cultura*, *68*(4), 22-24. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004 – Classificação de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10007 – Amostragem de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

BIASOLI, S., SORRENTINO, M. Dimensões das políticas públicas de educação ambiental: a necessária inclusão da política do cotidiano. *Ambiente & Sociedade*, *21*. 2018.

BRASIL. Política Nacional dos Resíduos Sólidos. **Lei n° 12.305**, 2010.

BRASIL. Política Nacional de Meio Ambiente. **Lei nº 6.938**, 2007.

BRASIL. Diretrizes Nacionais para Saneamento Básico. **Lei nº 11.445**, 2007.

BRASIL. Política Nacional de Meio Ambiente. **Lei nº 10.650**, 2003.

CABRAL, E. Considerações sobre resíduos sólidos. Disciplina de Gestão de Resíduos Sólidos, Instituto Federal de Eduarcação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - PGTGA. 2015.

CAJAIBA, R.L., SILVA, W.B. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos de escolas pública da zona urbana e rural do município de Uruará, PA. SaBios, v. 11, p. 1-6, 2016.

CAVALCANTI, R. P. Desenvolvimento Sustentável: Uma Análise A Partir Da Perspectiva Dos Brics. Rev. secr. Trib. perm. revis. Año 6, n. 11; Abril 2018.

CARREGOSA, E. A.; SILVA, S. L. C.; KUNHAVALIK, J. P. Sociedade, natureza e desenvolvimento: uma relação em construção. Enciclopédia Biosfera, 10(18), 3986-4004, 2014.

CRUZ, L. C., MARTINS, V., VALÉRIO, J., CAMPOS, T., RENAULT, T. Envolvimento Sustentável através da Sistemática de Jogos: da sala de Aula à Comunidade. VII ConGea. Campina Grande. 2016.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA – U.S. Municipal Solid Waste Generation, Recycling, and Disposal in the United States. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Resource Conservation and Recovery. Disponível em: https://archive.epa.gov/epawaste/nonhaz/municipal/web/html/.

EUROPEAN PARLIAMENT, Waste management in the EU: infographic with facts and figures. 2018. Disponível em: https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20180328STO00751/eu-waste-management-infographic-with-facts-and-figures. Acesso em: Outubro de 2019.

FILHO, C. R.; SOLER, F. D.; Gestão de Resíduos Sólidos: o que diz a lei. 4 ed. Atual, e rev, Trevisan editora, São Paulo, 2019.

GALDINO, S. J.; MARTINS, C. H. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos na coleta convencional de um município de pequeno porte. TECNO-LÒGICA, Santa Cruz do Sul, v.20, n.1, p.01-08, 2016.

GU, B.; JIANG, S.; WANG, H.; WANG, Z.; Jia, R.; YANG, J.; HE, S.; CHENG, R. Characterization, quantification and management of China's municipal solid waste in spatiotemporal distributions: A review. Waste Management, v. 61, 2017.

HAMMER, J., PIVO, G. Teoria e prática do triple bottom line e do desenvolvimento econômico sustentável. *Economic Development Quarterly* , *31* (1), 25-36. 2017.

LOPES, A. E., ROCHA, A. C. T., LIMA, A. O., ANTUNES, D. A., FERRÃO, E. M. G., OLIVEIRA JÚNIOR, A. F. Do ecodesenvolvimento ao desenvolvimento sustentável: a trajetória de conflitos e desafios para o meio ambiente. *ForScience*, *5*(2). 2017.

KAZUVA, E.; ZHANG, J.; TONG, Z.; SI, A.; NA, L. The DPSIR model for environmental risk assessment of municipal solid waste in Dar es Salaam city, Tanzania. Int. J. Environ. Res. Public Health. 2018.

MACCARI, G. R., SEIXAS, A. C. M. O Gerenciamento de Resíduos Sólidos Aplicado no Cotidiano da População de Campinas-SP. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. 2018.

MARTINS, G. F. C. Gestão de resíduos sólidos de serviço de saúde: estudo comparativos em unidade hospitalares de Aracaju/SE. 2013. Orientador: Jenny Dantas Barbosa. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013.

MATOS, S. M. S.; SANTOS, A. C. Modernidade e crise ambiental: das incertezas dos riscos a responsabilidade ética. Modernidade e crise ambiental, abr/jun. v. 41. p.206. 2018.

MINISTRY OF THE ENVIRONMENT GOVERMENT OF JAPAN. Waste & Recycling. 2017. Disponível em: https://www.env.go.jp/en/recycle/index.html. Acesso em: 03 de Outubro de 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. ODS, p. 31, 2015.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU. Panorama dos Resíduos Sólidos na América Latina e no Caribe, 2019.

ROCHA, S. M.; ROCHA, R. R. C.; LUSTOSA, K. B. Política brasileira de resíduos sólidos: reflexões sobre a geração de resíduos e sua gestão no município de Palmas-TO. *Revista ESMAT*, *9*(13), 29-44. 2017.

RODRIGUES, F. H. F.; ZANETI, I. C. B. B.; Diagnóstico sobre os resíduos sólidos urbanos e disposição final na microrregião de ceres, Goiás. 3º CIPEEX, Goiás, 2018.

ROSSINI, V., NASPOLINI, S. H. D. F. Obsolescência programada e meio ambiente: a geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. ***Revista de Direito e Sustentabilidade***, *3*(1), 51-71. 2017.

SILVA FILHO, J. A., OLIVEIRA SANTOS, J. P., SOARES, F. J. S., FERNANDES, J. N. V., DA SILVA, J. L. C., FERREIRA, J. D. A. M. Aplicação da pegada ecológica como indicador de sustentabilidade para análise da geração de resíduos sólidos urbanos. *Acta Biológica Catarinense*, *6*(3), 5-13. 2019.

SILVA, G. V; OLIVEIRA, A. R; SILVA, T. A; SILVA, P. V. E FIDELIS. Política nacional de resíduos sólidos e sua implementação no município de rio pomba/MG. Rio Grande do Norte, RN: Holos, 2016.

SIMÕES, A. L. G.; POLASTRI, P.; VERESCHINI, D. T.; GIMENES, M. L.; SCHALCH, V.; Panorama Geral dos Resíduos Sólidos Urbanos no Âmbito Mundial. 2º Congresso Sul-Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade. Foz do Iguaçu/PR. 2019.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos 2017. Brasília. Versão republicada 2019.

SIQUEIRA, H. E.; SOUZA, A. D.; BARRETO, A. C.; ABDALA, V. L.. Composicão Gravimetrica dos Resíduos Sólidos Urbanos na Cidade de Nova Ponte (MG). ***Revista DA E***, artigo técnico, 2016.

SOUZA, J. A. R. S; MOREIRA, D. A; GUIMARÃES, G. I; CARVALHO, W. B. Caracterização dos resíduos sólidos urbanos em Urutaí, GO. Multi-Science Journal 2015; 1(1):79-83. Goiás, 2015.

VIEIRA, F. P.; SOUZA, L. B. Envolvimento ambiental, caminho sustentável e a defesa da sociobiodiversidade na reserva extrativista do extremo norte do Tocantins. **Guaju**, v. 3, n. 1, p. 66-90, 2017.

YI, S.; JANG, Y.C.; AN, A.K. Potential for energy recovery and greenhouse gas reduction through waste-to-energy technologies. J. Clean. Prod. 2018.

ZUO, J. The Dilemma of Urban Domestic Waste Classification and Its Solution. 3rd International Conference on Humanities. Atlantis Press, vol. 237. 2018.

02. UTILIZAÇÃO DA COLETA SELETIVA E DA *SYSTEM DINAMICS* NA GESTÃO E GERENCIAMENTO DOS RSU

RESUMO

No contexto de consumo atual praticado pela sociedade, em conjunto ao crescimento populacional e mudança de moradias para grandes e médios centros urbanos, fizeram com que a geração de resíduos sólidos aumentasse cada vez mais. Desta forma, segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS é dever dos gestores o compromisso de realizar a gestão e gerenciamento dos Resíduos Sólidos Urbanos - RSU, compreendendo a importância de utilizar instrumentos e tecnologias que tragam resultados positivos. Nesse contexto, surge a necessidade evidenciar os benefícios com a utilização da coleta seletiva e da dinâmica de sistema na gestão e gerenciamento dos RSU. Para tanto, a pesquisa utilizou como instrumento metodológico o levantamento de estudos similares que tratassem sobre coleta seletiva, gestão e gerenciamento de RSU e uso do método de dinâmica de sistemas. Os resultados mostraram os benefícios com a introdução da coleta seletiva e uso da dinâmica de sistemas na elaboração do prognóstico de planos de gestão e gerenciamento para RSU. Nesse interim, fica nítido que a incorporação da coleta seletiva na etapa inicial e a utilização da dinâmica de sistemas na elaboração de cenários para gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos apresenta resultados bastante positivos nos aspectos sociais, ambientais e econômicos.

Palavra-chave: Política Nacional dos Resíduos Sólidos, coleta seletiva, dinâmica de sistema.

ABSTRACT

In the context of current consumption practiced by society, together with the population growth and the move of houses to large and medium urban centers, they have caused the generation of solid waste to increase more and more. Thus, according to the National Solid Waste Policy - PNRS, it is the duty of managers to commit to the management and management of Urban Solid Waste - MSW, understanding the importance of using instruments and technologies that bring positive results. In this context, there is a need to highlight the benefits of using selective collection and system dynamics in the management and management of MSW. To this end, the research used as a methodological instrument the survey of similar studies that dealt with selective collection, management and management of MSW and the use of the system dynamics method. The results showed the benefits with the introduction of selective collection and the use of systems dynamics in the preparation of the prognosis of management plans for MSW. In the meantime, it is clear that the incorporation of selective collection in the initial stage and the use of systems dynamics in the development of scenarios for the management and management of solid waste presents very positive results in social, environmental and economic aspects.

Key words: National Solid Waste Policy, selective collection, system dynamics.

2.1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e o aumento de pessoas morando em áreas urbanas, atrelado ao consumo de bens e serviços, teve como resultado o acréscimo na geração de resíduos sólidos. A partir disto, empresas começaram a produzir novos materiais com as mais variadas características físicas e químicas, com o objetivo de tornar os bens ou serviços mais baratos e acessíveis, estimulando o consumo pela população (ROSSINI; NASPOLINI, 2017).

Em resposta ao descarte ambientalmente inadequado dos resíduos gerados, pode-se constatar aumento na contaminação do solo, água e ar - em específico, se observa a poluição de áreas verdes, lençóis freáticos, lagoas e rios. Diante dos problemas causados pela geração e descarte inadequado dos resíduos sólidos, o Governo Federal sancionou a Lei 12.305/2010, que trata da Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS, que penaliza os infratores, descrevendo as medidas que devem ser tomadas para gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos.

Conforme é colocado na PNRS, a gestão e gerenciamento correta dos resíduos sólidos é vista como a alternativa mais correta para evitar problemas ambientais de degradação do meio ambiente e de comprometimento da saúde da população vivem nos grandes e médios centros urbanos, além de evitar o desperdício de matéria gerada (CAMPOS *et al.*, 2017).

A PNRS ainda incentiva a utilização da coleta seletiva como mecanismo para aumentar a taxa de reciclagem dos resíduos gerados, sendo o ponto de partida a separação dos materiais nos domicílios, de acordo com as características de cada resíduo. Os benefícios podem ser vistos no aspecto social, econômico e ambiental. No aspecto social, a desenvolvimento de uma gestão mais participativa, com a participação de catadores de material reciclável e membros da sociedade no trabalho de separação dos resíduos gerados. No sentido econômico, a conversão em lucro para associações e cooperativas de catadores que visualizam um acréscimo na quantidade de material separado. E, por fim, na parte ambiental, a preservação do meio ambiente, com a extração de menos matérias-primas para produção de bens e serviços.

Outra medida imposta na Lei n. 12.305/2010 (BRASIL, 2010), é a criação de planos de gestão e gerenciamento para resíduos sólidos, onde fica a cargo de órgãos públicos e privados a criação do documento, onde se devem constar todas as etapas e medidas que serão utilizadas para a gestão e gerenciamento. No plano deve conter o diagnóstico e prognóstico da situação dos resíduos sólidos. Especificamente no prognóstico, devem ser descritas todas as medidas que serão tomadas para melhorar a gestão e gerenciamento, como exemplo: implantação da

coleta seletiva, capacitação dos agentes de limpeza, contratação de profissionais especializados na área. No prognóstico, ainda precisa conter previsões para cenários futuros da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos.

Por oportuno, pode-se fazer uso da *Systems Dinamic* (Dinâmica de Sistemas) para elaboração de cenários que envolvam aspectos ligados a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos. À luz disso, Simonetto *et al.* (2016) ressaltam que os benefícios provenientes da utilização da dinâmica de sistemas na análise de cenários para reciclagem, permite decisões ambientais mais precisas, que evidenciem os ganhos econômicos e energéticos.

Nesse contexto, a pesquisa pretende mostrar os benefícios com aplicação da coleta seletiva para aumentar as taxas de reciclagem dos materiais e a utilização da dinâmica de sistemas para elaboração de cenários sobre aspectos referentes a gestão e gerenciamento dos RSU, uma vez que, a PNRS exige a inclusão da coleta seletiva na etapa inicial do processo de gerenciamento dos resíduos sólidos.

2.2. METODOLOGIA

2.2.1 Delimitação Metodológica

Para realização do estudo, foram utilizadas informações nacionais e internacionais sobre gestão e gerenciamento de RSU, coleta seletiva e dinâmica de sistemas. Para tanto, foram utilizadas as plataformas de coleta: (i) Google Acadêmico; (ii) Portal de Periódicos da CAPES; (iii) Scielo; (iv) *Web Of Science*; (v) Google para pesquisar documentos secundários, que falassem sobre o panorama da gestão dos RSU no Brasil; e o (vi) Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. O período para o levantamento teórico teve início no primeiro semestre em 2019 e foi finalizado em janeiro de 2021. Buscou-se, sempre que possível, artigos recentes, publicados nos últimos cinco anos.

2.2.2 Objetivo

Descrever aspectos referentes à gestão dos RSU, como a importância da utilização da coleta seletiva e da dinâmica de sistemas para gestão dos RSU.

2.2.3 Análise dos dados

Para análise das informações, foram utilizados artigos, dissertações, teses, livros e diagnósticos sobre o panorama na gestão dos resíduos sólidos. Para tanto, foram utilizadas palavras-chave como: Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), gestão e gerenciamento, etapas do gerenciamento dos resíduos sólidos, coleta seletiva e participação dos catadores de material reciclável e utilização da dinâmica de sistemas para elaboração do prognóstico do plano de gestão ou gerenciamento para resíduos sólidos.

2.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse item, foram evidenciados os resultados obtidos com o referencial teórico da pesquisa, que serviram para visualizar aspectos referente a gestão e gerenciamento dos RSU, bem como a utilização de mecanismos, tais como a coleta seletiva para aumentar as taxas de reciclagem e os benefícios para o meio ambiente, além do uso da dinâmica de sistemas por meio da proposição de cenários para gestão dos resíduos sólidos.

2.3.1. Gestão e gerenciamento dos RSU

A Lei nº 12.305/2010 que trata da PNRS indica uma diferenciação entre os termos gestão e gerenciamento. O primeiro termo representa um conjunto de ações para diminuir os impactos ambientais criados pela geração de resíduos sólidos, considerando aspectos políticos, econômicos, ambientais, culturais e sociais, com o desenvolvimento sustentável como base principal. Quanto ao gerenciamento, representa os aspectos técnicos, que vão desde a coleta, transporte, transbordo, tratamento e disposição ambientalmente correta dos rejeitos. Desta forma, o gerenciamento seria um ponto a ser atingido no processo de gestão dos resíduos sólidos.

Nesse contexto, a gestão engloba aspectos gerais do manejo dos resíduos sólidos, com o objetivo de se enquadrar a realidade na qual será implementado. No aspecto político, se tem a criação de políticas públicas que buscam orientar os geradores de resíduos sólidos a encontrar soluções ambientalmente corretas, sendo um dos marcos regulatórios a Lei nº 11.445/2007, que estabelece Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico, e pela Lei nº 12.305/2010, ambas criam medidas de gestão para os resíduos sólidos, seja pela criação de planos de gestão, ou uso de técnicas de tratamento como a coleta seletiva, compostagem e aproveitamento energético.

No sentido econômico, segundo a ABRELPE (2017), a gestão correta dos resíduos sólidos pode proporcionar ganhos econômicos consideráveis para o orçamento público, e assegura um valor fundamental que consta na Constituição Federal, que é o direito ao uso de um meio ambiente ecologicamente equilibrado. Economicamente, existe a incorporação dos resíduos sólidos na produção de novos produtos, gerando uma economia no consumo de matéria-prima e ganhos ambientais. Na perspectiva do meio ambiente, existe uma conservação maior dos recursos que seriam extraídos, bem como, a diminuição do número de rejeitos dispostos em lixões, aterros controlados e sanitários.

Nessa trajetória, a gestão busca analisar também aspectos culturais, uma vez que, cada localidade possui uma cultura diferenciada, o que impacta diretamente no tipo de resíduo sólido. No Brasil, por apresentar um território extenso, existe uma diversidade cultural enorme, o que torna a gestão dos resíduos sólidos um problema bastante complexo para ser resolvido (SILVA *et al*., 2017).

No campo social, a gestão dos RSU trabalha com os impactos criados pelo descarte incorreto, além de buscar incorporar os catadores de material reciclável e reutilizável dentro do processo de gerenciamento, como pede a PNRS. Assim, o principal entrave seria como conseguir a sensibilização e participação da sociedade na gestão dos resíduos sólidos.

Nos estudos de Oliveira e Galvão Júnior (2016), os problemas gerados pelos resíduos sólidos também se apresentam de maneira complexa, o que necessita de soluções interdisciplinares, com auxílio de diversos campos da ciência e áreas do conhecimento. Compartilhando do mesmo pensamento, Silva *et al.* (2017), afirma que, em âmbito municipal, a gestão dos resíduos sólidos se apresenta de forma bastante complexa, sendo composta por atores plurais, com a influência de fatores políticos e culturais na gestão.

Nesses termos, especificamente, o Plano Municipal de Gestão Integrada para Resíduos Sólidos – PMGIRS deve conter todos os aspectos técnicos na parte de gerenciamento, que consiste basicamente das etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e disposição final correta. De acordo com a Lei nº 12.305 (2010), o quadro 2.1 expõe a função de cada etapa no processo de gerenciamento, e os problemas gerados pela ausência de qualquer passo apresentado, por isto, é necessária uma atenção especial na fase de construção do plano para que se encaixe a realidade que será aplicado.

Quadro 2.1 – Etapas do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU).

Etapas	Função	Implicações na Ausência da Etapa
Coleta	Caracteriza-se pela etapa inicial e pode variar de localidade para localidade, a mais utilizada é a porta-a-porta.	Geraria o acúmulo de resíduos dentro de casas, ruas e demais locais públicos.
Transporte	Realizar o transporte dos resíduos coletados nos locais onde são gerados. É preciso atenção, pois a depender do tipo de resíduo sólido, é preciso de um veículo específico.	Geraria acúmulo, caso não ocorra ou pode contaminar o meio ambiente, se o veículo apropriado não for utilizado, uma vez que existem diversos tipos de resíduos.
Transbordo	Transferência dos caminhões compactadores para carretas de maior capacidade que os transportam para o destino final.	Dependeria de maior número de caminhões compactadores na realização do transporte, aumento no uso de recursos naturais e financeiros, além de maior poluição.
Tratamento	Etapa onde o resíduo sólido é destinado ao tratamento mais específico, com vistas a causar o menor impacto possível quando for disposto. Existem diversos tipos de tratamento como: Reciclagem, biodigestores, compostagem, térmico e cooprocessamento.	Geraria um aumento no número de resíduos que estariam dispostos em lixões, aterros controlados e sanitários.
Disposição final	Local onde os resíduos são depositados, após a etapa de triagem e tratamento correto. Os tipos de disposição final são: lixões, aterros controlados e sanitários. No caso dos RSU, o local mais adequado ambientalmente são aterros sanitários.	A disposição final incorreta pode gerar sérios danos ambientais, se disposto diretamente no solo, rios, lagoas ou lençóis freáticos, com sua contaminação com o chorume gerado pelos resíduos.

Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019.

O desenvolvimento e implementação de um plano de gerenciamento é de fundamental importância, tendo em vista os impactos negativos gerados pelo manejo inadequado dos resíduos sólidos. Conforme afirmam Paiva Medeiros e colaboradores (2020, p. 18), os problemas criados pelos RSU são enormes, o que necessita a criação de novos paradigmas que possam atender a complexidade dos problemas socioambientais gerados.

Para Costa e Pugliesi (2018, p. 511), a etapa de gerenciamento dos RSU só conseguirá apresentar resultados efetivos, com a elaboração de um planejamento prévio de todas as etapas do gerenciamento. Ainda no estudo desses autores, é mostrado que diversas ferramentas são empregadas em países desenvolvidos na etapa de planejamento, a exemplo do ciclo PDCA, que se refere ao: planejar (*Plan*), fazer (*Do*), verificar (*Check*) e agir (*Act*). A ferramenta é aplicada em ciclos, sempre que necessário, e os resultados obtidos na elaboração do plano de gestão e gerenciamento até se tornar satisfatórios.

O PDCA oferece um roteiro de como se organizar para elaborar planos ou medidas em diversos contextos. No presente caso, sua utilização serviu para subsidiar informações para elaboração do Plano de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos – PMGIRS, que é um documento onde consta o diagnóstico e prognóstico da gestão. No plano deve conter ações de participação social, com a implantação da coleta seletiva com a separação dos materiais recicláveis dos não recicláveis, além de garantir a utilização de métodos de disposição final ambientalmente corretos com a construção de aterros sanitários, a construção de PMGIRS, pode garantir acesso ao município a recursos da União, além de proporcionar uma qualidade de vida melhor para os moradores e na solução para os problemas ambientais.

No cenário brasileiro, o quadro 2.2 traz informações coletadas da Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Espaciais – ABRELPE (2017) e do Sistema Nacional de Saneamento Básico – SNIS (2020), em todas as etapas do processo de gerenciamento dos RSU.

Quadro 2.2 – Informações das etapas de gerenciamento dos RSU no Brasil.

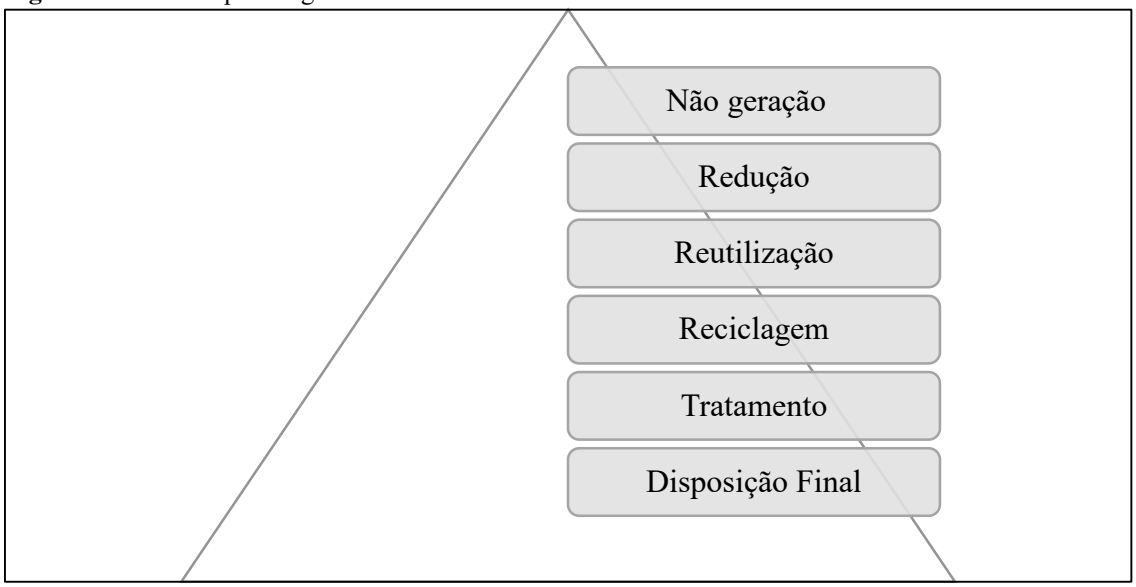
Etapa	Informações
Coleta	Montante coletado de 72.748.515 toneladas/ano, representando um Índice de Cobertura de Coleta 92%;
Transporte	69,8% dos municípios brasileiros coletam receitas dos serviços de coleta e transporte;
Triagem	Foi feita a triagem de 4.519.162,2 de toneladas de resíduos sólidos.
Tratamento	A quantidade em massa coletada de compostagem é de 299.379,7 toneladas; Incineração chega a 8.618,3 toneladas queimadas; No tratamento por Autoclave e micro-ondas a quantidade é de 169.984,4 toneladas; Com relação as unidades de tratamento são 73 unidades de usinas ou pátios de compostagem, 17 unidades de incineração, estando a maioria localizada na região Sudeste, 19 unidades de autoclave ou por micro-ondas e 1 unidades por queima em fornos.
Disposição final	São dispostos anualmente 12.720.250 toneladas de resíduos em lixões; Em aterros controlados a quantia chega a 16.727.950 toneladas; Já em aterros sanitários a quantidade é de 43.300.315 toneladas;

Fonte: ABRELPE, 2017; BRASIL, 2020.
Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020.

Na região Nordeste, foi feita triagem de 120.395 toneladas/ano de resíduos. No tratamento, a unidade mais utilizada é a de incineração com 6, seguida de pátios ou usinas de compostagem com apenas 1. Com relação a disposição final, são 622 lixões utilizados para depositar os resíduos gerados. Entre todas as regiões, o Nordeste é a que utiliza o maior número de lixões, com 35,6% dos resíduos encaminhados para esse tipo de disposição. A quantidade de aterros controlados soma 80 e sanitários 49.

Em nível estadual, a Bahia, segundo dados do SNIS (2017), possui uma cobertura de coleta doméstica de 93,9%, atendendo cerca de 83% da população com o serviço de coleta e transporte. A quantidade de resíduos domésticos coletados chega a 3.211.611 ton/ano. Em suma, é necessário que os gestores municipais compreendam a importância da gestão dos resíduos sólidos, e os impactos que podem advir de uma gestão ineficiente. E diante disto, aplicar os objetivos da Lei n^0 12.605/2010, como é mostrado na figura 2.1.

Figura 2.1 – Hierarquia na gestão dos resíduos sólidos



Fonte: BRASIL, 2010.

Para tanto, é preciso que aconteça um alinhamento entre os objetivos hierárquicos da gestão dos resíduos sólidos criados pela PNRS e os municípios, através da organização e planejamento prévio das medidas. De modo que, cada medida implementada deve constar no respectivo PMGIRS, como exemplo, a utilização da coleta seletiva como instrumento especificado na etapa inicial de separação dos resíduos sólidos.

2.3.2 Coleta Seletiva

No que concerne a coleta seletiva, Colares *et al.* (2016), entendem que para construir um sistema de gestão integrada para os RSU, é preciso a utilização da coleta seletiva como instrumento fundamental para a reciclagem e destinação final correta, compreendo desta forma, os impactos positivos no decorrer de todo processo de gestão, desde a etapa de segregação na fonte até a disposição final ambientalmente correta dos rejeitos.

Em países desenvolvidos, a coleta seletiva é utilizada como instrumento para reciclagem, funcionando de forma adequada, demonstrando bons resultados na gestão dos resíduos sólidos, já em países em desenvolvimento, pelo sistema se apresentar de maneira desorganizada, os resultados obtidos, às vezes, são precários ou inexistentes pela falta de incentivo para implementação (ANJOS *et al*., 2019). No Fórum Econômico Mundial, foram mostrados os cincos países que mais realizam a reciclagem no mundo, dentre eles estão a Alemanha (56,1%), Áustria (53,8%), Coréia do Sul (53,7%), País de Gales (52,2%) e Suíça (49,7%).

Em comparação com a Alemanha que recicla 56,1%, o Brasil apesar de apresentar resíduos com potencial de reciclagem em 30%, recicla apenas 3% dos resíduos sólidos gerados, segundo informações do Plano Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (2018). À luz disto, é de suma importância a criação de instrumentos como a coleta seletiva, que garantem maiores índices de reciclagem dos RSU.

Na perspectiva nacional, dados da ABRELPE (2017), apontam que dos 5.570 municípios brasileiros, apenas 3.923 possuem alguma iniciativa de coleta seletiva, o que representa 70,4% do total. No Nordeste, são 50,3% dos municípios que tem alguma iniciativa, que em números representa 902 cidades. Em comparação com a Região Sul, que tem 90,5%, o Nordeste precisa elaborar e implementar medidas de gestão para os RSU para chegar ao nível da região Sul, todavia, é preciso compreender que a concentração populacional no Nordeste é maior que a região Sul, o que dificulta a cobertura e criação de programas de coleta seletiva.

Nesse cenário, em 2017, foram aplicados em recursos para coleta seletiva na quantia de R$ 2.163.000 por ano, o que representa R$ 3,15 hab/mês. Dados mais recentes apontam que a região Nordeste e Centro-Oeste presenciou um aumento de 8% e 9%, respectivamente, na utilização dos serviços de coleta seletiva, as demais regiões também apresentaram aumento (ABRELPE, 2019).

No Nordeste a porcentagem subiu para 54,5%, que representa 978 municípios, com a criação de mais 76 programas de coleta seletiva em novas cidades, e no Sul para 90,9%, o que em números seriam 1.083 municípios. Se comparado aos dados de 2017, houve a criação de mais 5 serviços de coleta seletiva (ABRELPE, 2020). Nesse panorama, existem diversos modelos de coleta seletiva, como é demonstrado no quadro 2.3. Entretanto, segundo Besen *et al.* (2017), não existe um modelo específico que seja melhor que outro, ocorrendo apenas a adequação a realidade de implementação, sendo recomendado um estudo prévio que se

enquadre a realidade aplicada, observando os aspectos operacionais e estruturais que o município dispõe para implantação.

Quadro 2.3 – Modelos de coleta seletiva, vantagens e desvantagens.

Modelo	Definição	Vantagens	Desvantagens
Porta a porta	É feita a coleta dos resíduos porta a porta.	Garante boa cobertura da coleta pela sinalização do serviço prestado pelo caminhão.	Custo logístico elevado, por passar em várias ruas. Os dias e horários de coleta precisam de divulgação.
Pontos de Entrega Voluntária - PEVs Locais de Entrega voluntária - LEVS	São disponibilizados contêineres em pontos e/ou locais estratégicos, onde a população pode efetuar entrega.	Reduz o trajeto e acúmulo de carga. Demanda equipe menor, desperta a cidadania, pois exige mais participação. A presença de contêineres dá maior visibilidade e divulga a coleta seletiva.	Depende de mobilização eficaz, pois requer maior participação. Demanda rigor na coleta. Quando não controlados, ocorrem desvios de materiais de maior valor.
Ponto a ponto (Bandeiras)	Os resíduos secos são coletados nos pontos de geração e concentrados em pontos estratégicos, chamados de "bandeiras".	Esse procedimento otimiza a rota, facilita o carregamento e reduz o tempo de coleta e logística. Os coletores interagem com os moradores. Melhora a qualidade e a quantidade dos materiais.	Aumenta a necessidade de pessoal na equipe de coleta. Demanda informação sobre o modo diferente de operação. Os locais das bandeiras devem ser bem localizados.
Sistemas de Troca	Os resíduos secos são levados para pontos de troca, onde são trocados por alimentos ou descontos em contas de serviço.	Reduz os custos de transporte. Os resíduos têm maior qualidade na separação. Os cidadãos se beneficiam economicamente.	Não tem garantia de continuidade e dependem exclusivamente de quem implantou. A participação na coleta seletiva fica mais restrita ao interesse pessoal e menos ao coletivo.

Fonte: Besen *et al.*, 2017.

Como um dos pré-requisitos para elaboração de um programa de coleta seletiva, tem-se a correta segregação dos RSU na fonte, sendo os moradores, os responsáveis por realizar essa primeira etapa. Ainda segundo a ABRELPE (2017), mesmo após três décadas de coleta seletiva, poucas pessoas entendem a importância dessa iniciativa. Além disto, a falta de conhecimento sobre quais materiais podem ser reciclados gera problemas na etapa inicial, como exemplo, sabe-se que somente 4% das pessoas compreendem que as embalagens Tetra Pak® são recicláveis.

Sob esse aspecto, a coleta seletiva se mostra um instrumento fundamental para preservação dos recursos naturais e principalmente para os catadores de material reciclável e

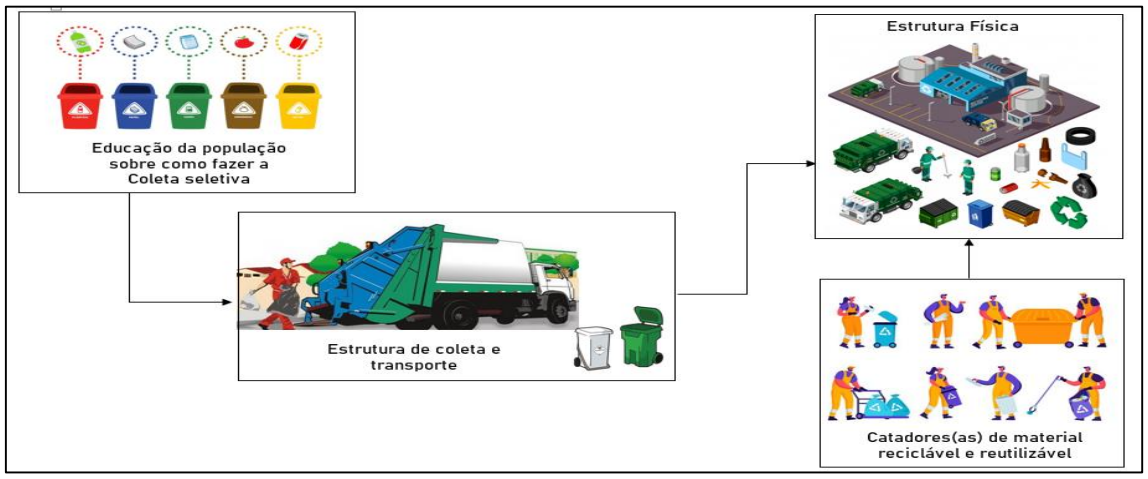
reutilizável que atuam diretamente na triagem dos resíduos sólidos. Nos estudos de Besen *et al*. (2017), a inclusão dos catadores na etapa de coleta seletiva é denominada "coleta seletiva com inclusão socioprodutiva de catadores", termo que foi aderido recentemente, onde se tem a inclusão deles no mercado de trabalho, oferecendo condições de trabalho mais dignas, com a sustentabilidade como base.

Segundo os últimos dados apresentados pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (2012), os catadores de material reciclável e reutilizável são responsáveis por fazer 90% da reciclagem dos RSU gerados no Brasil. Mediante os dados apresentados, fica evidente a importância do papel desempenhado pelos catadores na gestão e gerenciamento integrado dos resíduos sólidos.

Em suma, é visível o alcance gerado pela implantação da coleta seletiva, seja em ganhos ambientais, sociais ou econômicos. Dessa forma, a Lei nº 12.305/2010, obriga que os municípios incluam a coleta seletiva dentro de seus planos de gestão e gerenciamento dos RSU. Sendo assim, a incorporação da coleta seletiva necessita de uma estrutura básica para que seu funcionamento possa acontecer.

Dentro desse contexto, a coleta seletiva funciona como instrumento para se chegar a índices mais elevados na reciclagem, o que representa no cenário atual um grande desafio, compreendendo que para sua implementação é necessário o comprometimento dos municípios, participação da comunidade e o incentivo aos catadores de material reciclável. A figura 2.2 traz os pontos fundamentais que deve existir segundo as informações contidas na PNRS.

Figura 2.2 – Estrutura para coleta seletiva.



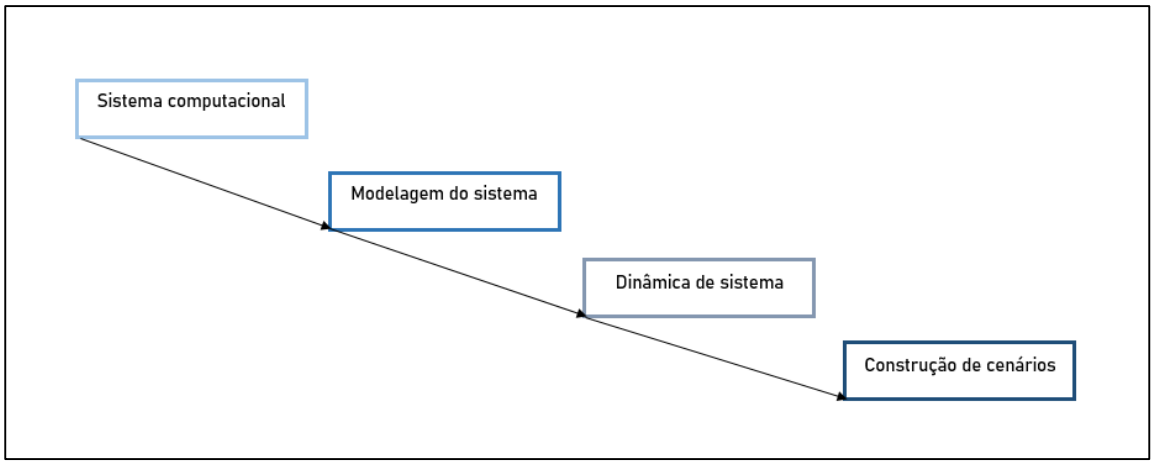
Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2019.

Logo, a coleta seletiva representa um avanço na criação de sistemas de gestão integrados para RSU, pois realiza a junção de aspectos sociais, econômicos, ambientais, culturais e espaciais, sendo assim, é preciso o uso de métodos mais complexos na análise dos resíduos gerados, dentre estes, a dinâmica de sistemas pode ser aplicada na simulação de cenários para aspectos referentes a gestão dos RSU, funcionando como fonte de informações para o prognóstico do PMGIRS.

2.3.1. Dinâmica de Sistemas

A dinâmica de sistemas é uma metodologia interdisciplinar utilizada pela modelagem de sistemas para construir cenários, tendo como ponto de partida um sistema computacional como mostra a figura 2.3. Os modelos gerados na *System Dynamics* – SD (Dinâmica de Sistemas) buscam se aproximar ao máximo da realidade simulada. Os ensaios computacionais são feitos por um *software* que realiza a construção dos cenários. No caso da pesquisa, a construção de cenários será feita pelo *software* elaborado pela *Ventana Systems*, chamado de *Vensim* (ZWICKER *et al*., 2018).

Figura 2.3 – Dinâmica de Sistema.



Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019.

Nesses termos, para Serna e Rivera (2018, p. 77), a modelagem de sistemas é o processo de criação de modelos abstratos de um sistema, de forma que cada modelo apresenta uma visão diferente sobre ele, para tanto, é preciso fazer a simulação desses modelos no sistema. No que concerne a simulação de sistema, para Simonetto e Löbler (2014), a principal etapa é a criação do modelo lógico que será utilizado, desse modo, o modelo estruturado busca realizar um

conjunto de suposições e aproximações ao máximo da realidade, com uso de cálculos quantitativos e bem estruturados, buscando representar o sistema sob diversas condições do mundo real. Nesse sentido, o objetivo é observar o comportamento dos diversos cenários, por meio das simulações lógicas que serão feitas.

É preciso compreender que um modelo é adotado também quando se precisa aprender mais sobre determinado sistema real, sendo, muitas vezes, mais barato realizar as experimentações computacionais, ao invés de realizar o experimento em seu tamanho real, podendo gerar custos elevados e gastos de tempo. Outra aplicação é caso o sistema seja inexistente, podendo ser feito apenas pela simulação computacional. Com base nessas informações, a quantidade de simplificações que o modelo gera em razão das distorções acaba por afetar os resultados que serão obtidos pelo modelo simulado e pelo sistema real, ou seja, é preciso que ocorra a monitoramento da simulação realizada e se os resultados obtidos condizem com o sistema real (NEGRINI *et al*., 2019).

Como consequência, a simulação de sistemas possui diversas aplicações, nas mais diversas áreas do conhecimento, podendo ser vista em uma visão interdisciplinar que dialoga sempre com outras áreas. As aplicações na construção de modelos pela simulação de sistemas vão desde controle da produção de alimentos, monitoramento do fluxo de papéis dentro do escritório, e controle do trânsito nas cidades, dos materiais utilizados em cirurgias dentro do hospital. Além disso, a utilização da simulação de sistemas, atualmente, é bastante recente na gestão ambiental, como gestão dos recursos hídricos, análise do clima e na gestão dos resíduos sólidos (SIMONETTO *et al*., 2016).

Nos estudos de Santos *et al*. (2016) a simulação computacional é empregada na gestão nos estoques, com a sugestão de melhorias para os resultados obtidos pelas simulações realizadas, o que torna o processo de gestão mais rápido, e permite a construção de estoques mais eficientes, diminuindo custos operacionais.

Na gestão dos RSU, de acordo com Rizzetti *et al*. (2016), a modelagem e simulação computacional é aplicada nos estudos referentes a reciclagem dos resíduos gerados, na construção de horizontes futuros para compreender os impactos da ausência de programas de coleta seletiva. Visto que a geração de resíduos sólidos em cidades e municípios é crescente a cada ano, o que demanda medidas efetivas e pontuais na gestão dos RSU.

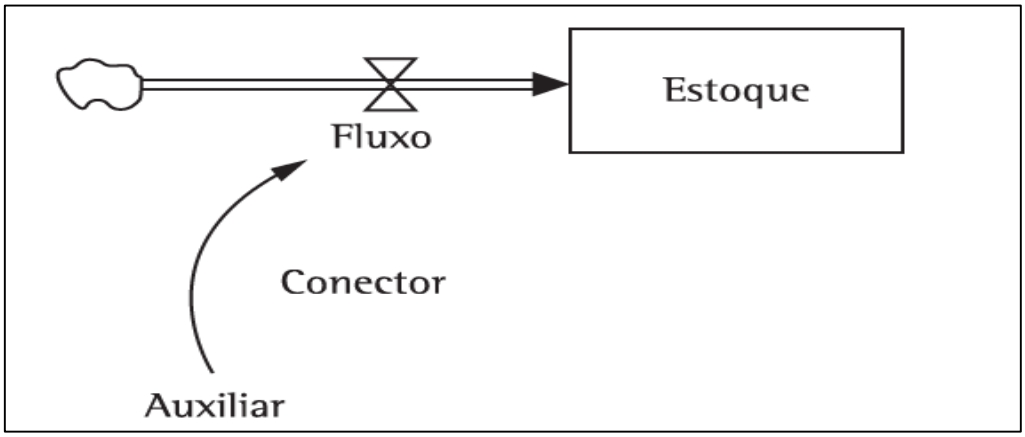
O conceito fundamental da metodologia da Dinâmica de Sistemas nos escritos de Schneider *et al.* (2015, p. 5), “está em entender como os objetos de um sistema interagem entre

si, pois tanto os objetos quanto as pessoas em um sistema interagem através de laços de realimentação, onde uma mudança em uma variável afeta as outras variáveis".

Já para Medeiros, Rodrigues e Simonetto *et al*. (2020), a dinâmica de sistemas permite observar o comportamento dos sistemas ao longo do tempo, gerando informações que possibilitam uma avaliação mais clara na tomada de decisão. Na gestão dos resíduos sólidos, a metodologia pode ser aplicada para construção de cenários futuros para geração e disposição final dos resíduos sólidos gerados. Desse modo, a dinâmica de sistema possui em sua estrutura duas componentes principais, que são os estoques e os fluxos.

A partir destas duas componentes, é possível realizar a modelagem do sistema, com a utilização de computadores que criam cenários futuros possíveis para os mais variados tipos de situações. No geral, o SD é formado por quatro componentes básicos: estoques, fluxos, auxiliares e conectores, como é possível ver na figura 2.4.

Figura 2.4 – Componentes da Dinâmica de Sistemas.



Fonte: Simonetto e Lobler, 2014.

Os estoques são variáveis de estado, que servem para repor ou armazenar, para que posteriormente possa ser repassado para outros pontos do sistema, sua principal função é fornecer uma visão de como se comporta o sistema, de modo que as mudanças que ocorrem dentro do estoque demandam um certo tempo, acontecendo por conta das ações provocadas pelos fluxos. A segunda componente são os fluxos, que são variáveis cujas ações aumentam ou diminuem o volume do estoque, fazendo com que ocorra mudanças (MEDEIROS *et al*., 2018).

Os auxiliares têm como finalidades formular os dados com o objetivo de criar as equações dos fluxos, sua função consiste em combinar operações algébricas, fluxos, estoques e outros auxiliares, além disto, são aplicados para modelagem de informações, ocorrendo a

possibilidade de uma mudança instantânea. Por último, se tem os conectores como os elementos que representam as relações internas entre os componentes do sistema, por meio dessas relações internas são criadas as ligações entre os componentes que formarão a expressão algébrica (SCHNEIDER *et al*., 2015).

À luz disto, a dinâmica de sistema permite a utilização de diversos tipos de *softwares*, com o objetivo de fazer simulações sempre que for necessário para representar a realidade. Desta maneira, o quadro 2.4 elenca os *softwares* que foram encontrados durante o período de levantamento sobre a dinâmica de sistemas e que são utilizados para construção de cenários, nas mais variadas áreas.

Quadro 2.4 – *Softwares* utilizados na Dinâmica de Sistemas.

Softwares	**Aplicação**
FlexSim	Sua aplicação vai na fabricação, manuseio de materiais, logística e distribuição, transporte, campos de petróleo ou processos de mineração, fluxo de dados em rede, entre outros.
Ithink	Simulações feitas via processos representados em modelos; Análise de sensibilidade que revelam pontos de alavancagem chave e as melhores condições; Modelo de análise de simulações parcial com foco em setores específicos ou módulos do modelo;
PowerSIM	Simulação de sistemas complexos de controle de energia.
Stella	Usado na academia como uma ferramenta de ensino e utilizado em uma variedade de aplicações de pesquisa e negócios.
Vensim	Transporte e energia, Estratégia de negócios, Saúde, Segurança e terrorismo, Gerenciamento de projetos, Ciência de marketing em produtos farmacêuticos e produtos de consumo, Logística e Meio Ambiente.

Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019.
Fonte: NETO; SANTOS; ARAÚJO, 2017.

Entre todos os *softwares* apresentados, o mais utilizado para construção de cenários que envolve a gestão dos resíduos sólidos, foi o *Vensim* versão *PLE*, produzido pela *Ventana Systems,* que possui uma versão gratuita para uso comercial, de governo, consultorias e educacionais (VENTANA SYSTEMS, 2019).

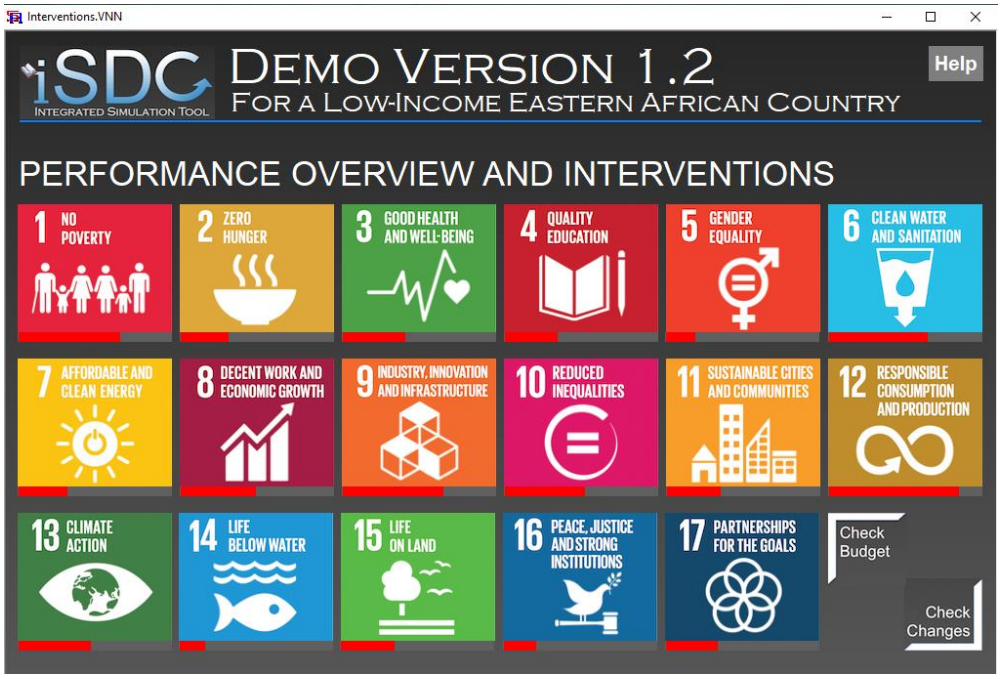
A empresa Ventana Systems foi formada em 1985 em Massachusetts, nos EUA. O surgimento do *Vensim* aconteceu durante o desenvolvimento de um modelo de simulação que a empresa estava desenvolvendo que utilizava elementos comerciais e técnicos para resolver os problemas de gerenciamento. Na construção do modelo, foram utilizados produtos que já existiam combinados com outros, o que tornou a construção mais difícil e demorada na solução

do problema. Com o objetivo de simplificar e corrigir os problemas, a empresa desenvolveu seu próprio modelo que permitiu uma diminuição no tempo desenvolvimento (VENTANA SYSTEMS, 2019).

Em relação a sua aplicação na construção de cenários, o *Vensim* em parceria com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS, lançaram uma versão 1.2 do modelo de planejamento das ODS de maneira integrada. A ferramenta faz simulações de cenários para a realidade de cada país, para mostrar as consequências da adoção de políticas no progresso do país quanto à implantação dos ODS.

Esta versão cobre uma quantia de 78 indicadores, gerando intervenções políticas de forma isoladas ou em conjunto. A figura 2.5 mostra a simulação dos ODS para países da África do Sul com uma renda baixa, onde as barras vermelhas evidenciam a atual situação de cada indicador em atingir as metas, ao realizar a simulação para cada indicador são construídos cenários até 2030, ano de conclusão das ODS.

Figura 2.5 – Interface do *Vensim* aplicado aos ODS.



Fonte: Ventana Systems, 2019.

Torna-se notável, a importância do uso da dinâmica de sistemas para construção de cenários ambientais, principalmente aplicada a problemática dos resíduos sólidos que, a cada ano, se torna um problema maior, devido aos padrões de consumo e crescimento populacional

desordenado. Assim, através dessa, pode-se observar o efeito de medidas interpostas ao sistema, projetando cenários tanto no contexto atual quanto futuro, possibilitando a tomada de decisão e, em consequência, uma melhor gestão dos diversos impactos.

2.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No cenário apresentado, fica nítido o aumento no consumo e na geração de resíduos sólidos pela população, nesse contexto, é preciso que ocorra uma discussão sobre as medidas que podem ser tomadas para diminuir os impactos gerados pelos RSU, para tanto, faz-se necessária a participação mais ativa da sociedade civil e dos órgãos público/privado na elaboração do PMGIRS, discernindo a importância na escolha dos instrumentos que serão aplicados para gestão e gerenciamento.

A luz dessas considerações, pode-se compreender a importância da introdução da coleta seletiva como instrumento para ampliar as taxas de reciclagem, e tornar a gestão e gerenciamento dos RSU mais participativa, com o envolvimento da sociedade, catadores de material reciclável e os gestores locais como exige a Lei nº 12.305/2010, além de mostrar a possibilidade de utilizar a dinâmica de sistemas para fornecer informações que constarão no prognóstico do plano de gestão e gerenciamento.

REFÊRENCIAS

ANJOS, J. S.; WOLFF, G.; FERRARO, A. C.; SANTOS, C. F.; Mobilização e Implantação da Coleta Seletiva no Município de Guanhães/MG. ***Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental***. Florianópolis, vol. 8, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo, 2020.

BESEN, G. R.; GÜNTHER, W. M. R.; RIBEIRO, H.; JACOBI, P. R.; DIAS, S. M. Gestão da coleta seletiva e organizações de catadores: indicadores e índices de sustentabilidade. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública/USP, 2017.

BRASIL. Política Nacional dos Resíduos Sólidos. **Lei n° 12.305**, 2010.

BRASIL. Diretrizes Nacionais para Saneamento Básico. **Lei nº 11.445**, 2007.

CAMPOS, R. F. F.; BORGA, T.; SARTOREL, A. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Iomerês/SC, Através de uma Análise Quantitativa e Qualitativa. ***Revista Geografia Acadêmica***, vol. 11, 2017.

COSTA, H. L. Dinâmica de Sistemas – Vensim PLE. Manual. 2004.

COSTA A. M.; PUGLIESI E. Análise dos manuais para elaboração de planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos. Engenharia Sanitária e Ambiental, 2018.

COLARES, G. S.; CORRÊA, L. B.; HERNANDES, J. C.; CORRÊA, E. K.; CERQUEIRA, V. S.; Avaliação do Programa de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos do Município de Pelotas-RS. ***Revista Monografias Ambientais-REMOA***. v. 15, n. 1, p. 141-153, 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONIMICA APLICADA – IPEA. Situação social das catadoras e dos catadores de material reciclável e reutilizável – Brasil. Brasília, 2012.

MEDEIROS, F. S. B.; COLPO, I.; RODRIGUES, G. O.; SIMONETTO, E. O. Modelagem computacional para avaliação de cenários sobre a reciclagem de papel em uma Instituição de Ensino Superior. ***Revista Gestão e Tecnologia***, Pedro Leopoldo, v. 18, n. 3, p. 130-151,set./dez. 2018.

MEDEIROS, F. S. B., RODRIGUES, G. O., SIMONETTO, E. O., SANTOS, W. F. (2020). Use of systems dynamics for comparative between rail and road models for the transport of solid urban waste. ***Revista Gestão & Tecnologia***, *20*(3), 131-156.

NEGRINI, F., SIMONETTO, E. O., RODRIGUES, G. O., & DE CASTRO, H. C. G. A. O uso de Dinâmica de Sistemas para avaliação de cenários sobre terceirização (outsourcing) de impressão em uma instituição pública de ensino. *Sistemas & Gestão*, *14*(3), 257-268. 2019.

NETO, V. V. G., SANTOS, R. P., & ARAUJO, R. Sistemas de sistemas de informação e ecossistemas de software: Conceitos e aplicações. *Tópicos em Sistemas de Informação: Minicursos SBSI*, 22-41. 2017.

OLIVEIRA, T. B.; GALVÃO JUNIOR, A. C.. Municipal planning in solid waste management and organization of selective collection. Engenharia Sanitária e Ambiental, Rio de Janeiro, RJ, v. 21, n. 1, p. 55–64, mar. 2016.

PAIVA MEDEIROS, I. N., ROSADO, A. K. H. B., DA SILVA, R. M., DA SILVA, M. R. F., Demartelaere, A. C. F. Problemas socioambientais e dos resíduos sólidos no entorno do lixão do Município de Apodi (RN). ***Brazilian Journal of Development***, *6*(11), 85684-85707. 2020.

GOVERNO FEDERAL. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em < http://www.sinir.gov.br/web/guest/plano-nacional-de-residuos-solidos>. Acesso em 12 de nov.2020.

RIZZETTI, T. A.; RODRIGUES, G. O.; SIMONETTO, E. O.; GIL, R. C.; Uso de dinâmica de sistemas para avaliação de cenários de reaproveitamento de óleo de cozinha na produção de biodiesel em uma IES pública. Revista Eletrônica Sistemas & Gestão. Volume 11, Número 1, 2016. pp. 112-119DOI:10.20985/1980-5160.2016.v11n1.1010.

ROSSINI, V., NASPOLINI, S. H. D. F. Obsolescência programada e meio ambiente: a geração de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos. ***Revista de Direito e Sustentabilidade*****,** *3*(1), 51-71. 2017.

SANTOS, R. A.; FERREIRA, F. U.; FAGUNDES, M. V. C.; MILAGRES, M. P. Utilização de Simulação Computacional para Modelagem de um Sistema de Produção de uma Indústria de Produtos de Limpeza de Vitória da Conquista - BA. XXXVI ENEGEP. João Pessoa/PB, 2016.

SCHNEIDER, J. R.; ZWICKER, A. A. M.; BELTRAME, G.; SIMONETTO, E. O. Simulação baseada em systems dynamics para avaliação de cenários sobre geração e disposição de resíduos eletrônicos numa instituição de ensino superior. In: SEMINÁRIOS EM ADMINISTRAÇÃO – SEMEAD, 18., 2015, São Paulo. Anais, 2015, p. 5.

SERNA, D. A. A., RIVERA, Y. M. L. Dinámica de sistemas en la gestión de inventarios. *Ingenierías USBMed*, *9*(1), 75-85. 2018.

SILVA, C. L.; FUGII, G. M.; SANTOYO, A. H. Proposta de um modelo de avaliação das ações do poder público municipal perante as políticas de gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil: um estudo aplicado ao município de Curitiba. ***Revista Brasileira de Gestão Urbana***, 9(2), 276- 292. 2017.

SIMONETTO, E. O., PUTNIK, G., RODRIGUES, G. O., ALVES, C., CASTRO, H. Um modelo de dinâmica de sistemas para avaliação do reaproveitamento de resíduos eletrônicos na remanufatura de computadores em uma instituição de ensino superior. *Exacta*, *14*(3), 385-402. 2016.

SIMONETTO, E. O.; LÖBLER, M. L. Simulação baseada em System Dynamics para avaliação de cenários sobre geração e disposição de resíduos sólidos urbanos. Produção v. 24, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132013005000034&lng=pt&nrm=iso&tlng=en.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos 2017. Brasília. Versão republicada 2019.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos 2020. Brasília. Versão republicada 2019.

VENTANA SYSTEMS. *Software* Vensim. Disponível em: https://vensim.com/. Acesso em: 10 de Setembro de 2019.

ZWICKER, A. A. M., SCHNEIDER, J. R., BELTRAME, G. A. B. R. I. E. L. A., & SIMONETTO, E. D. O. Simulação baseada em systems dynamics para avaliação de cenários sobre geração e disposição de resíduos eletrônicos numa instituição de ensino superior. *artigo apresentado no XVIII Seminários em Administração–SEMEAD, São Paulo, SP*, 04-06. 2018.

03. CARACTERIZAÇÃO SOCIOAMBIENTAL DOS AGENTES ENVOLVIDOS NA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS, NO MUNICÍPIO DE PAULO AFONSO/BA

RESUMO

A sociedade, ao longo do tempo, tratou os problemas gerados pelos resíduos sólidos como algo sem importância, entretanto, percebeu-se que diversos países e cidades começaram a observar os impactos ocasionados pela geração e descarte inadequado, além de ressaltar a relevância na organização da estrutura para a gestão dos resíduos sólidos, com a participação dos catadores de material reciclável e da participação da prefeitura, por meio da Secretaria de Meio Ambiente - SEMA. Desta forma, os catadores de materiais recicláveis são os principais agentes responsáveis pela triagem dos resíduos coletados, desempenhando um papel de suma importância na qualidade ambiental e sanitária das cidades. Nesse sentido, a pesquisa teve como objetivo analisar os perfis socioambientais dos agentes envolvidos (SEMA e Alternativa de Reciclagem de Paulo Afonso - ARPA) na gestão dos resíduos sólidos no município de Paulo Afonso/BA. Para isto, foi utilizado como instrumentos metodológicos o questionário e a entrevista semiestruturada, que continham perguntas com características sociais, econômicas e ambientais. Ao analisar os resultados obtidos, percebe-se que existe, pela maioria dos agentes, um grau de entendimento sobre as questões socioambientais, todavia, foi identificada a necessidade de maior participação em iniciativas que envolvam a SEMA, ARPA e a comunidade local. Com base no exposto, se torna de suma importância a participação conjunta entre os catadores de material reciclável e a SEMA, com iniciativas voltadas para questões que envolvam a complexidade dos resíduos sólidos.

Palavra-chave: Catadores de Material Reciclável, Gestão de Resíduos Sólidos, Problemática Socioambiental.

ABSTRACT

The society, over time, treated the problems generated by solid waste as something unimportant, however, it was noticed that several countries and cities started to observe the impacts caused by the generation and inadequate disposal, besides highlighting the relevance in the organization of the structure for the management of solid waste, with the participation of recyclable material collectors and the participation of the city government, through the Environment Secretariat - SEMA. Thus, recyclable material collectors are the main agents responsible for sorting the collected waste, playing an extremely important role in the environmental and sanitary quality of cities. In this sense, the research aimed to analyze the socio-environmental profiles of the agents involved (SEMA and Paulo Afonso's Recycling Alternative - ARPA) in the management of solid waste in the city of Paulo Afonso / BA. For this, the questionnaire and the semi-structured interview were used as methodological instruments, which contained questions with social, economic and environmental characteristics. When analyzing the results obtained, it is perceived that there is, by most agents, a degree of understanding about socio-environmental issues, however, the need for greater participation in initiatives involving SEMA, ARPA and the local community was identified. Based on the above, joint participation between recyclable material collectors and SEMA becomes extremely important, with initiatives focused on issues involving the complexity of solid waste.

Key words: Recyclable Material Pickers, Solid Waste Management, Social and Environmental Issues.

3.1 INTRODUÇÃO

A discussão sobre as questões ambientais é um passo bastante importante a ser dado pelos municípios, entretanto, é necessária a participação mais ativa da população nas tomadas de decisões que envolvam problemas socioambientais. No que tange a problemática dos resíduos sólidos urbanos – RSU, é preciso o esclarecimento sobre os impactos gerados pelo consumo e descarte inadequado dos RSU, mas principalmente apresentar os catadores de material reciclável, como os principais agentes responsáveis por diminuir a quantidade de materiais dispostos no meio ambiente (COSTA, 2018, p. 5).

Nesse cenário, segundo o Movimento Nacional de Catadores de Materiais Recicláveis – MNCR (2019) aponta que no país há 800 mil profissionais que trabalham com a atividade de coleta de Resíduos Sólidos e, desse total, 70% são catadores do gênero feminino. Além disto, apenas 85 mil estão associados ao MNCR que atua há 16 anos na organização dos catadores no Brasil, buscando como principal objetivo evidenciar o trabalho desempenhado por eles, e que é tão descriminado pela população. O MNCR, em parceria com o Departamento de Economia da Universidade Federal da Bahia, estima que o número de pessoas que sobrevive da coleta de material reciclável e reutilizável no país varia entre 300 mil e 1 milhão.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, na Lei 12.305/2010, coloca sobre os municípios a responsabilidade de realizar a gestão e gerenciamento de forma adequada dos resíduos sólidos, observando aspectos econômicos, sociais, culturais, espaciais e ambientais. A PNRS, ainda coloca como de fundamental importância a participação e valorização do trabalho desempenhado pelos catadores de material reciclável.

Segundo Fontão e Oliveira (2020), existe pelos próprios catadores(as) um preconceito pela profissão desempenhada, tornando-os, invisíveis para sociedade. Nessa visão, cabe as Secretarias Municipais de Meio Ambiente – SEMA, tornar público o trabalho desempenhado pelos catadores na mitigação dos problemas gerados pelo consumo e descarte acelerado de materiais. Outra questão importante é a realização de capacitações com os catadores(as) sobre temas que envolvam aspectos administrativos, sociais, ambientais e econômicos.

Ainda em relação aos catadores de material reciclável, eles estão divididos em formais e informais. Os formais são aqueles que trabalham em associações ou cooperativas - neste caso, existe a elaboração de um estatuto pelos próprios catadores, contendo todas as obrigações e deveres como associados ou cooperados. No mais, ambos dispõem de uma organização administrativa, financeira e estrutural, contando com a eleição de uma pessoa para desempenhar

o papel de presidente, a fim de representar os membros em eventos e tomadas de decisões. Em relação aos catadores informais, esses trabalham sem nenhum tipo de estrutura ou organização, fazendo seu trabalho por conta própria, com o recolhimento dos materiais porta a porta (COLARES *et al*., 2016).

Para mostrar a importância do trabalho coordenado entre Secretária Municipal de Meio Ambiente – SEMA e catadores(as), segundo dados da Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública – ABRELPE (2019), a quantidade de resíduos sólidos depositados no meio ambiente caso não houvesse o trabalho de triagem e reciclagem pelos catadores seria de 79 milhões de toneladas, entretanto a quantidade enviada para lixões, aterros controlados e sanitários ainda é muito grande 72 milhões de toneladas, com a reciclagem de apenas 6 milhões de toneladas.

Outra informação importante para desvalorização dos catadores de material reciclável no Brasil, é que o trabalho desempenhado por eles não é considerado como um trabalho autônomo pela Constituição, é visto apenas como uma ocupação, o que acaba desvalorizando ainda mais a profissão. Além disto, existe a vulnerabilidade social, com a execução do trabalho de forma precária, sem a utilização de equipamentos de proteção individual – EPI's, vivendo em moradias insalubres, sem as condições mínimas de saneamento básico e com uma renda muito baixa (MAIA; LEITE, 2017, p. 107).

No município de Paulo Afonso/BA, a prefeitura possui uma Secretaria de Meio Ambiente para tratar de problemas relacionados as questões ambientais, tais como: limpeza pública (capinagem, podagem, varrição e recolhimento do lixo) e na fiscalização e multa pela disposição incorreta de materiais em locais impróprios. Seguindo o disposto na PNRS, o município possui uma associação de catadores de material reciclável que atua há 26 anos na triagem dos resíduos sólidos urbanos gerados.

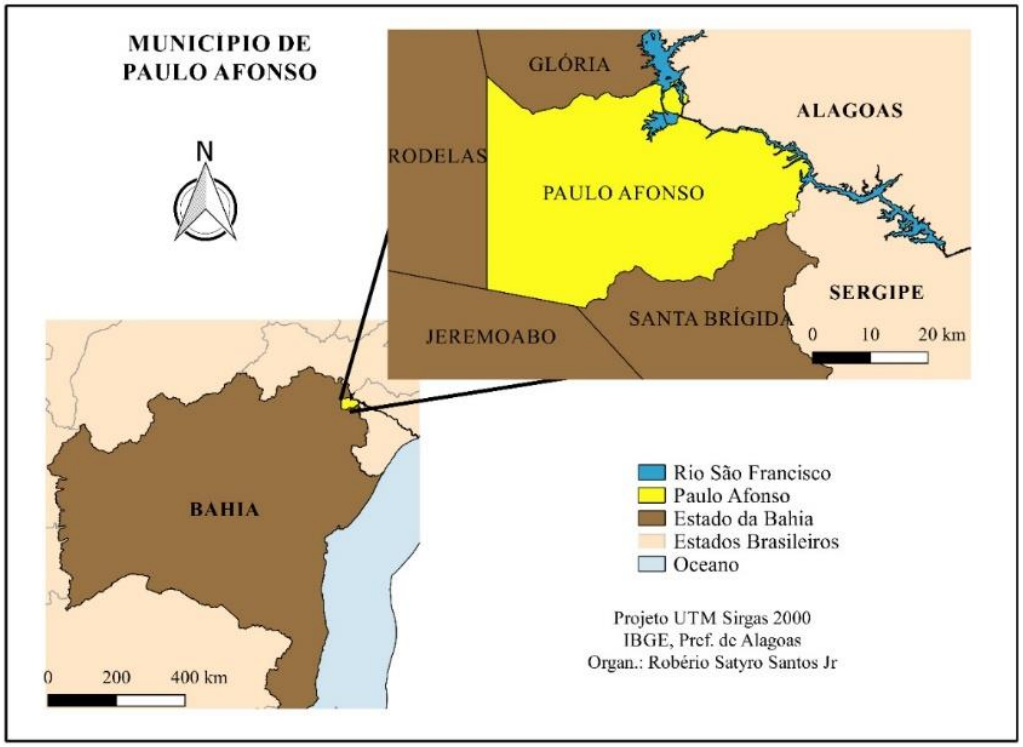
Com base nas informações coletadas, a pesquisa fez o levantamento do perfil socioambiental dos agentes envolvidos na tomada de decisões (Secretário de Meio Ambiente) e triagem dos RSU (catadores de material reciclável), com intuito de compreender o grau de conhecimento e importância dada por eles, para temas que envolviam a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, além de compreender melhor aspectos sociais (condição de vida dos catadores) e ambientais (com funcionamento das etapas de gestão).

3.2 METODOLOGIA

3.2.1 Delimitação e caracterização da área de estudo

A ARPA e a SEMA estão localizadas no município Paulo Afonso/BA, que está localizado geograficamente nas seguintes coordenadas 9º 24' 22" de latitude sul e 38º 12' 53" de longitude oeste. Com uma população estimada de 118.516 habitantes (IBGE, 2020), densidade demográfica de 68,62 hab/km^2, área de 1.545,191 km^2 e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,674 (IBGE, 2010). Na figura 3.1 é possível observar a delimitação geográfica do município e localização da ARPA.

Figura 3.1 – Mapa de localização do Município de Paulo Afonso/BA e ARPA.



Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020.

A cidade de Paulo Afonso pertence à microrregião homogênea 147, sendo limitada ao norte pelo município de Glória, ao sul por Santa Brígida e Jeremoabo, e pelo Estado de Sergipe, a leste pelo Estado de Alagoas e a oeste pelo município de Rodelas, caracterizando como um território bastante estratégico para elaboração de planos de gestão integrados, tendo em vista, que o município pode elaborar planos em forma de consórcio com as cidades próximas

(PREFEITURA MUNICIPAL DE PAULO AFONSO, 2014).

Dentro do município, o objeto da pesquisa compreende dois locais: a Alternativa de Reciclagem de Paulo Afonso – ARPA (figura 3.2) e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SEMA. A ARPA iniciou seu funcionamento em 1999, possui atualmente 34 catadores que trabalham no processo de triagem dos resíduos. Na SEMA, a equipe é composta por 15 pessoas que desempenham trabalhos relacionados ao meio ambiente, desde a manutenção e limpeza da cidade até a administração do cemitério local.

Figura 3.2 – Entrada da ARPA

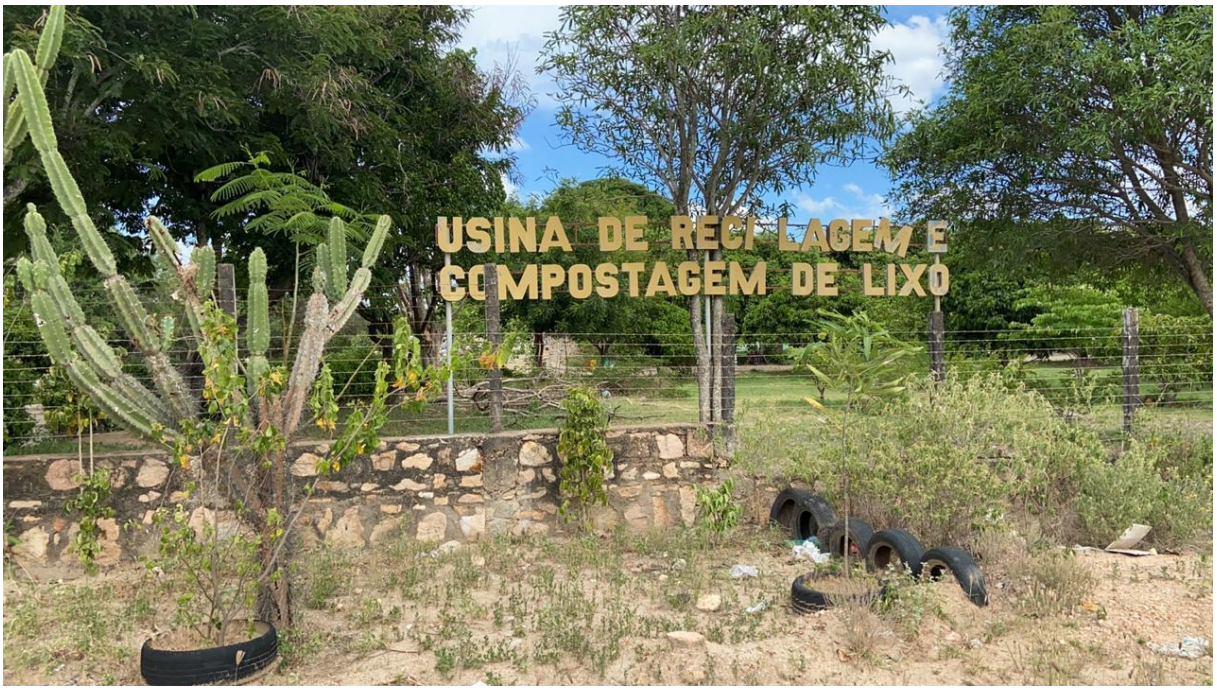


Foto: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020.

Segundo o técnico de meio ambiente, por meio de entrevista realizada em 2018, a coleta de RSU no município chega a 150 toneladas/dia, o que representava anualmente uma quantia de 54.000 toneladas de resíduos produzidos. Segundo informações não oficiais, porém observadas *in loco,* em outdoor de uma via municipal, conforme exibe a figura 3.3, a geração mensal de resíduos chega a 3.600 toneladas, somando ao final do ano o montante de 43.200 toneladas.

Figura 3.3 – *Outdoor* com a produção mensal de lixo.

Foto: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020.

Nesse contexto, quase todo sistema de coleta dos resíduos sólidos da cidade é feito por empresas terceirizadas, o que contabiliza 96% dos RSU coletados pela prefeitura municipal e os demais materiais coletados por empresas particulares. Ainda em relação à coleta, a área de abrangência engloba os povoados maiores que estão localizado ao redor do centro urbano (PDDUA, 2016).

Nesses moldes, o serviço de coleta de resíduos do município, segundo dados Sistema Nacional Informações sobre Saneamento – SNIS (2014) do IBGE (2010) chega a atender 60,44% da cobertura de coleta doméstica. É preciso compreender também que no meio rural, a forma de destinação é diferente, muitas vezes, acontecendo o despejo em locais construídos pelos próprios moradores, o que pode ocasionar impactos socioambientais para a comunidade que se encontra nas proximidades.

3.2.2. Método de análise

A princípio foram realizadas observações junto aos órgãos responsáveis pela gestão dos RSU do município. Desta forma, foram aplicados instrumentos e técnicas que permitem interpretar, de maneira clara, a localidade onde a pesquisa foi desenvolvida e sua problemática.

Nesses termos, a pesquisa possui um caráter de natureza aplicada, pois pro inerente a uma determinada realidade. No caso do presente estudo, a busca ocorre pela compreensão do perfil dos agentes envolvidos na gestão dos RSU.

No que se limita a forma de abordagem da pesquisa, esta possui característica qualitativa, uma vez que pretende compreender a realidade local na gestão dos RSU, por meio de entrevista junto a Secretária de Meio Ambiente – SEMA e a aplicação de questionário na Alternativa de Reciclagem de Paulo Afonso – ARPA.

Nesse sentido, a pesquisa possui um caráter exploratório-descritivo. No contexto exploratório, objetiva gerar uma proximidade entre o pesquisador e o problema analisado. No que se refere a parte descritiva da pesquisa, pretende-se observar a opinião dos agentes envolvidos na pesquisa e descobrir a correlação entre os níveis de satisfação com o atual sistema e os benefícios gerados.

Em relação aos procedimentos técnicos empregados no estudo, a pesquisa é do tipo bibliográfica, documental e estudo de caso. Referente à bibliografia levantada para construção da pesquisa, buscou-se a abordagem a partir das palavras-chave do estudo, a saber: Resíduos Sólidos Urbanos, Coleta Seletiva, Reciclagem, Catadores de material reciclável e Política Nacional dos Resíduos Sólidos.

3.2.3. Objetivo

O objetivo da pesquisa é compreender o grau de conhecimento que os agentes envolvidos na pesquisa possuem e traçar o perfil socioambiental dos catadores que atuam no município e verificar se está em conformidade com os dados apresentados pelo MNCR.

3.2.4. Coleta e análise de dados

Com base nos instrumentos e técnicas adotados, foi possível organizar a análise dos dados coletados junto aos agentes de pesquisa. O universo da pesquisa foi dividido em dois pontos, aplicação do questionário a 21 dos 34 catadores de material reciclável que se disponibilizaram a responder e entrevista com secretario de meio ambiente.

Para análise qualitativa da pesquisa, foram utilizados como instrumentos de coleta de dados, questionário e entrevista. Sendo o primeiro aplicado aos catadores de material reciclável

que trabalham na ARPA. Para tanto, o questionário foi estruturado com questões em sua maioria fechadas, a fim de identificar aspectos sociais, econômicos e ambientais do trabalho desempenhado por estes sujeitos (Apêndice A).

A entrevista foi elaborada em sua maioria com questões abertas, com o objetivo de compreender o atual sistema de gestão dos resíduos sólidos do município. Nesse aspecto, o intuito é abordar questões referentes ao gerenciamento dos RSU (coleta, transporte, triagem e disposição final), informações para o desenvolvimento do PMGIRS, coleta seletiva e o papel dos catadores de material reciclável dentro do processo (Apêndice B).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados foram divididos em duas partes: questionário aplicado aos catadores de material reciclável (ARPA) e entrevista com o Secretário de Meio Ambiente do município de Paulo Afonso, ambos serviram para caracterizar os agentes envolvidos na gestão e gerenciamento dos RSU e compreender o grau de conhecimento e as medidas implementadas pelo município.

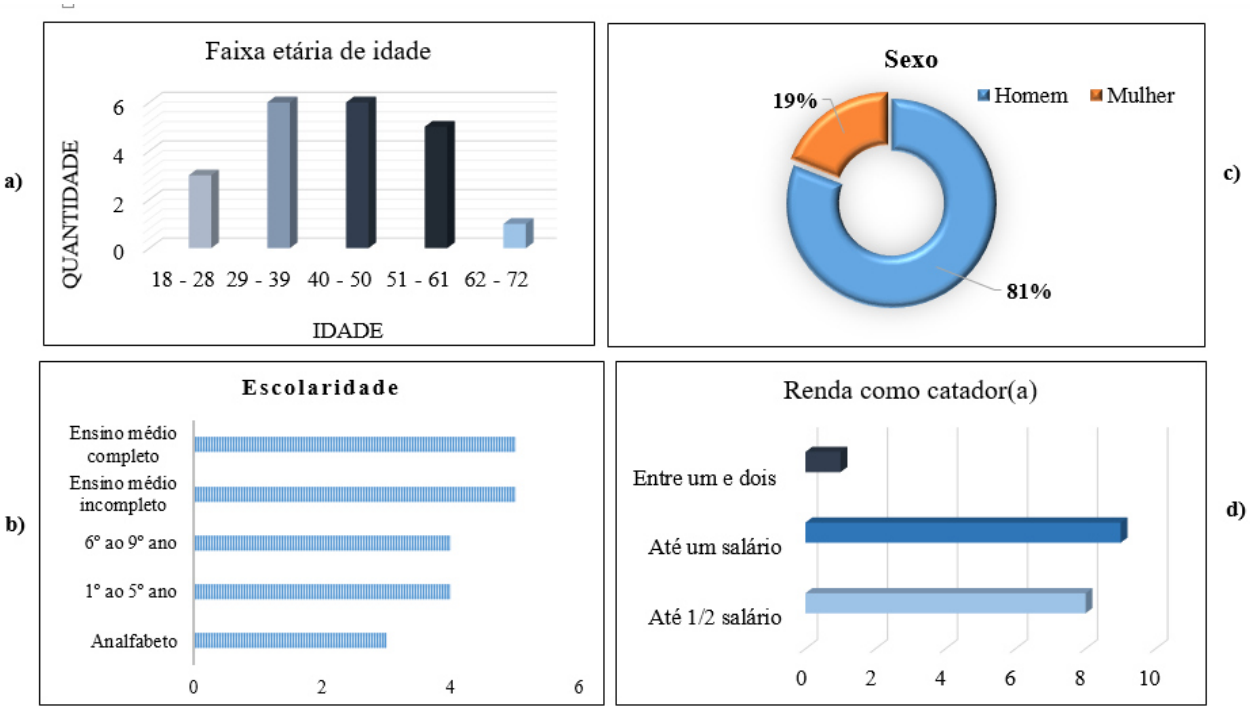
3.3.1 Caracterização socioambiental dos catadores de material reciclável

A ARPA é uma associação que possui 34 catadores(as) associados, que trabalham na separação, operação de equipamentos, transporte e parte administrativa. A associação possui 21 anos de atividade na triagem dos RSU gerados pelo município de Paulo Afonso/BA, diariamente recebe aproximadamente 136 toneladas de resíduos, reciclando apenas 3% dos materiais que chegam ao local devido à ausência da coleta seletiva, de modo, que o restante do material é totalmente encaminhado para o aterro sanitário. No mais, a ARPA trabalha em parceria com a Prefeitura de Paulo Afonso através de um Contrato de Serviços, e todo lucro gerado pela comercialização dos resíduos é repartida entre os catadores(as).

Com base no questionário aplicado em 21 catadores que se disponibilizaram a responder, foi possível traçar o perfil e conhecer o comportamento dos trabalhadores que atuam na recepção, separação e destinação final dos RSU produzidos. É preciso ressaltar que houve alguns membros que se recusaram a responder a pesquisa por questões pessoais, oriundas do trabalho. A figura 3.4 mostra os dados sociais referentes aos 21 associados que aceitaram participar, que vão desde a faixa etária, escolaridade, sexo e renda como catador(a) de material reciclável.

Em adição, no Anexo B consta os demais gráficos referentes aos aspectos sociais, como: quantidade de membros da família que atuam com a reciclagem; se já atuou em outros ramos fora a reciclagem; tempo de atuação na reciclagem; local de nascimento; tempo de residência em Paulo Afonso e, por fim, se existe rede de água e esgoto em suas respectivas residências.

Figura 3.4 – Dados sociais dos catadores(as) da ARPA.



Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2020.

A figura 3.4a mostra que a maior concentração por idade está entre 29 e 50 anos, representando 57% do corpo de trabalho. A associação é formada por 81% de homens (17 catadores) e 19% por mulheres (5 catadoras), divergindo dos dados apresentados pelo MNCR (2019) que aponta uma maior participação de mulheres no trabalho de separação dos materiais.

O grau de escolaridade apresentado pela figura 2.3b, 28,8% possuem o ensino médio completo, 28,8% o ensino médio incompleto, 19% o fundamental do sexto ao nono ano, e mais 19% o nível escolar entre o primeiro e quinto ano, e, por fim, 14% se declararam analfabetas, conseguindo apenas escrever o próprio nome. Os estudos de Maia e Leite (2017) mostram que o grau de ensino entre os catadores(as) é realmente baixo, por diversos problemas sociais, como necessidade de trabalhar desde muito cedo para sustentar a família.

A figura 2.3d expõe a renda declarada pelos associados, onde a concentração maior está em até um salário-mínimo com 42,85%, e meio salário-mínimo 38%, de modo que apenas o presidente chega a retirar mais de um salário. Informações do MNCR (2019) corroboram com

os dados evidenciados no estudo, onde o trabalho na triagem não chega a um salário-mínimo, o que torna a condição de vida mais difícil, na compra de elementos essenciais para sobrevivência, tais como alimentos, produtos de higiene pessoal e roupas.

Outro fator identificado na pesquisa foi que 57% possui naturalidade em Paulo Afonso e 43% são nascidos em outros Estados e cidades. Entre as cidades estão: São José do Belmonte/PE, Arcoverde/PE, Chorrochó/BA, Lajedo/PE, Palmeira dos Índios/AL e Garanhuns/PE. Com base nisto, percebe-se um fluxo alto de migração de pessoas de uma localidade para outra. Os estudos de Gebara, Baccarini e Borba (2019, p. 42), apontam que as migrações acontecem como forma de viabilizar as condições de vida, na busca por melhores condições de trabalho.

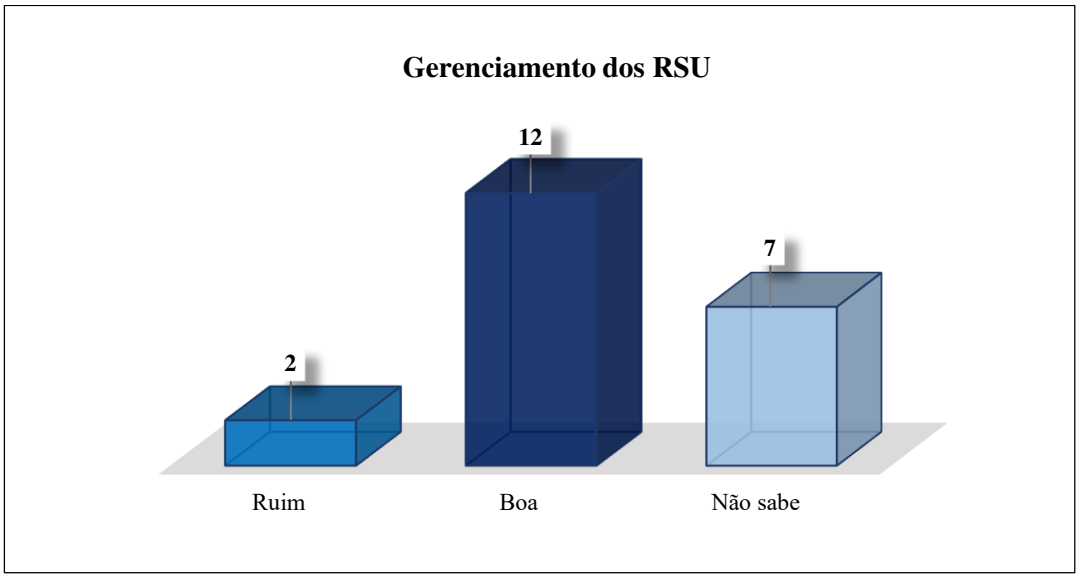
Em relação ao trabalho feito por familiares com reciclagem, 42,85% responderam que possuem familiares que trabalham com a reciclagem e 71% dos catadores(as) já tiveram outro tipo de emprego, que não está ligado a reciclagem, como por exemplo: fiscal, chefe de almoxarifado, costureira, doméstica, vendedor, jardineiro, agricultor, auxiliar de depósito e ajudante de eletricista. Percebe-se que para muitos catadores(as) a escolha pela reciclagem é uma necessidade pela falta de emprego ou formação para atuar em outras áreas.

Na questão do tempo de trabalho na triagem e reciclagem dos RSU, 47,61% já trabalham no período de 1 a 10 anos, de 11 à 21 anos foram 47,61%, e de 22 à 32 anos 4,76%. A pesquisa de Orço, Conrado e Iop (2016, p. 216), apresentam os mesmos comportamentos no tempo de trabalho com a triagem e reciclagem, com catadores(as) que atuam no mercado de triagem há 20 anos. Com base nas informações encontradas, percebe-se um padrão no tempo de trabalho, motivado pelo grau de instrução profissional e pela taxa de desemprego em outras áreas estar alta.

Por fim, foi observada as condições sanitárias que vivem os catadores de materiais recicláveis, 90,47% possuem rede de esgoto, representando 19 catadores(as), e 9,52% não tem rede de esgoto tratada, com 2 catadores(as). Na rede de água tratada, 17 catadores(as) responderam que possuem rede de água tratada em suas casas (80,95%), e 4 não possuem rede de tratamento (19,05%), cabe ressaltar que a escolha por não possuir água tratada foi escolha do próprio catador, que não quis pagar as taxas à companhia de abastecimento. Entretanto, refletindo sobre a motivação pela escolha de não colocar a rede de água tratada, percebe-se uma vulnerabilidade econômica no pagamento da taxa de abastecimento, o que pode tornar as condições de saúde mais suscetíveis ao desenvolvimento de doenças pelo consumo de água sem tratamento.

No aspecto ambiental, foram feitas perguntas relacionadas ao gerenciamento dos RSU, contribuições dadas pela prefeitura para a Associação e a implementação da coleta seletiva no município. A figura 3.5 aponta a percepção dos associados sobre o gerenciamento realizado na cidade.

Figura 3.5 – Análise sobre o gerenciamento dos RSU.

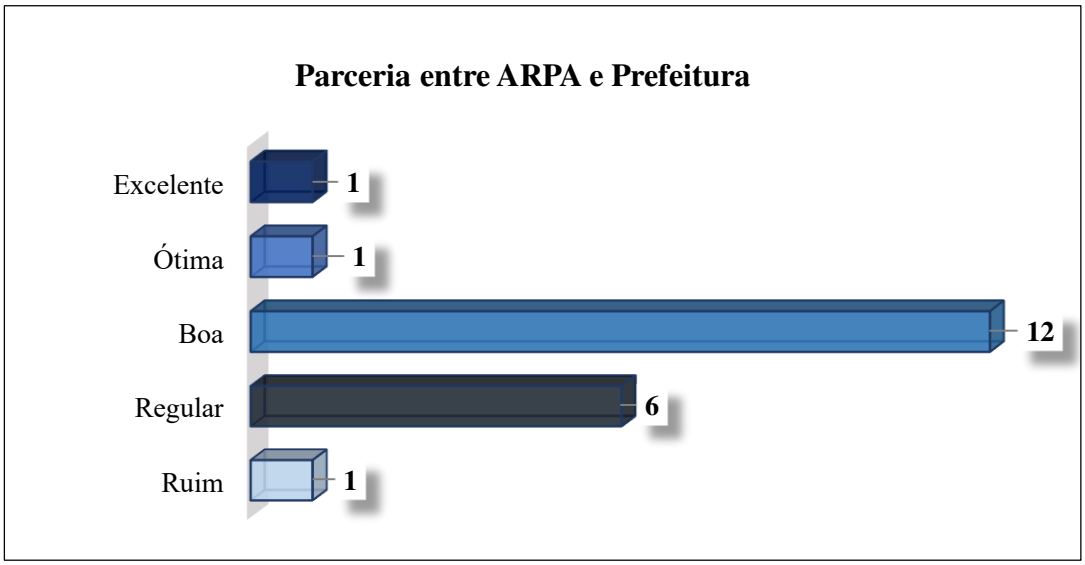


Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2020.

De acordo com os dados informados, 2 catadores(as) (9,52%) acreditam que o gerenciamento ocorre de maneira ruim, doze (57,14%) classifica como boa e sete (33,33%) não souberam opinar em relação ao tema. A PNRS (BRASIL, 2010), classifica os catadores de material reciclável como peça fundamental na introdução de sistemas integrados para gerenciamento dos RSU. A quantidade de pessoas que não souberam opinar sobre o tema é reflexo da falta de palestras e eventos que mostrem o significado e a importância do gerenciamento para amenizar os impactos gerados pelo consumo e descarte de resíduos sólidos.

Outro fator observado com a pergunta sobre o gerenciamento dos RSU, é a falta de compreensão sobre o papel desenvolvido no processo de gerenciamento dos RSU, e que eles são parte do processo e peça fundamental para diminuir os impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos no ambiente natural. Outro ponto avaliado pelos catadores foi a parceria entre prefeitura e ARPA (figura 3.6).

Figura 3.6 – Visão sobre a parceria entre ARPA e prefeitura.



Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2020.

De acordo com a visão dos catadores(as), 57,14% acreditam que a parceria é boa, existindo uma comunicação fluída, 28,57% enquadram como regular, enxergando a necessidade de mais incentivos para a Associação, e 4,76% classifica como ruim, constatando que a parceria não contribui de forma alguma. Segundo Carvalho *et al*. (2016, p. 31), é preciso que ocorra a participação mais ativa dos catadores(as) em eventos de tomada de decisões, reuniões do Conselho Municipal de Meio Ambiente, além de atitudes mais ativas na criação de ideias e repasse para os órgãos públicos.

Em visitas *in loco,* constataram-se algumas falhas de comunicação entre a ARPA e a SEMA, tais como: solução para o acúmulo de resíduos dentro da Associação, devido a falhas de equipamento (figura 3.7); participação em eventos que envolvem assuntos ambientais (palestras, oficinas, cursos); fornecimento de EPI's, principalmente no contexto atual de pandemia da COVID-19, além de fornecer subsídios para testagem dos catadores.

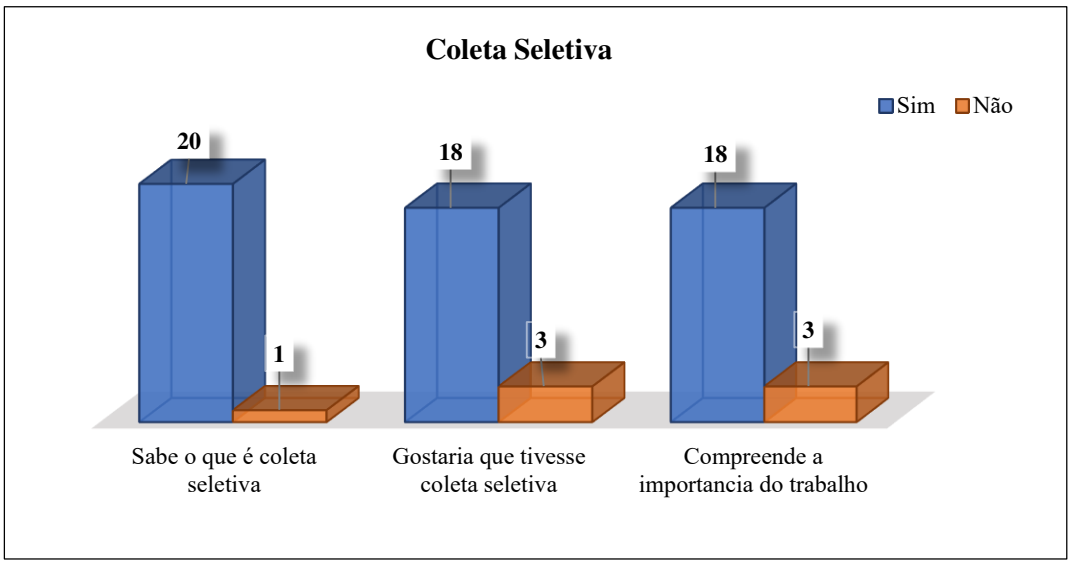
Figura 3.7 – Acúmulo de resíduos dentro da ARPA.

Foto: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020.

Dentre os instrumentos utilizados para realizar a gestão e gerenciamento dos RSU, a coleta seletiva se destaca como um dos mais utilizados pelas cidades para separar os resíduos gerados nos domicílios. Nesse contexto, foi questionado aos catadores(as) sobre a inserção da coleta seletiva no município, bem como, sua importância para questão ambiental e se eles tinham noção da importância do trabalho realizado na triagem dos materiais. Para isso, a figura 3.8 mostra a compilação das três perguntas feitas aos catadores(as) em forma de gráfico. Merece destaque que o município possui iniciativas vagas sobre o que seria a coleta seletiva, mas nenhum programa que envolva toda população.

Na análise da figura 3.8, especificamente no primeiro gráfico da esquerda para direita, percebe-se que 95% dos catadores(as) possuem o entendimento sobre a coleta seletiva, e sobre a importância para o meio ambiente, e o impacto que gera na quantidade de materiais encaminhados para disposição final, e 5% não sabe o que é coleta seletiva. Nesse aspecto, os estudos de Anjos, Ferraz e Tozzo (2020, p. 6) apontam a coleta seletiva como principal instrumento para realizar a triagem dos resíduos sólidos recicláveis e proporcionando condições melhores de sustentabilidade.

Figura 3.8 – Coleta seletiva.



Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2020.

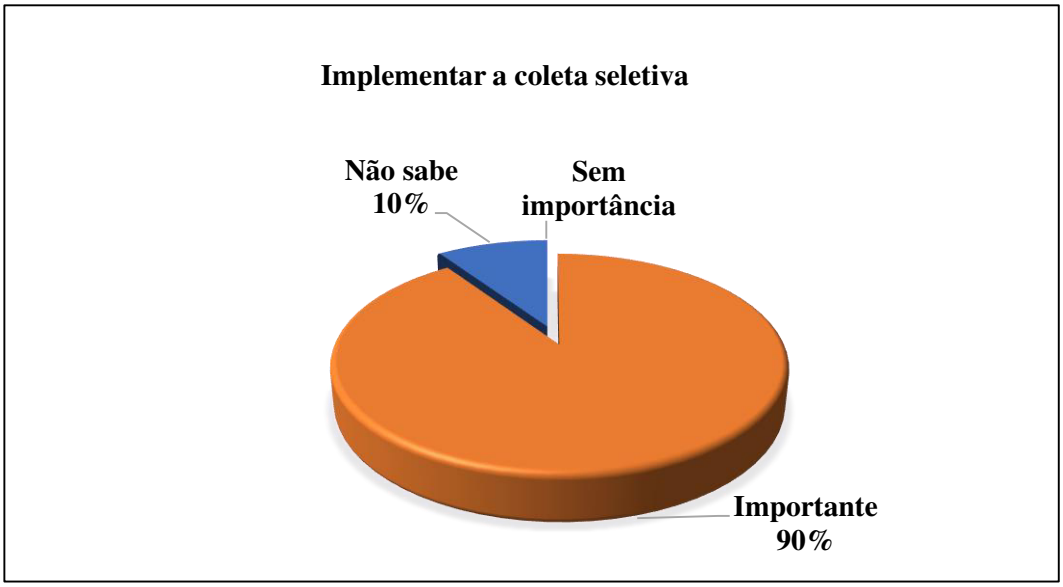
Com relação a introdução da coleta seletiva na separação dos resíduos gerados nos domicílios, 85,72% responderam de forma positiva para implantação da coleta seletiva, evidenciando que ocorreria benefícios na qualidade dos resíduos separados, mesmo assim, 14,28% foram contra a utilização da coleta seletiva como instrumento na separação dos RSU. Segundo eles, isso afetaria o trabalho da Associação com a diminuição de resíduos coletados. Com um significado totalmente contrário, o trabalho de Besen *et al*. (2017, p. 20), apontam que a coleta seletiva com inclusão socioprodutiva de catadores, serve como alternativa para integrar os catadores(as) no mercado de trabalho e mostrar a importância do trabalho desempenhado para a economia e, principalmente, o meio ambiente, além de elevar os índices de coleta e separação dos materiais recicláveis.

No último gráfico da figura 3.8, 85,72% compreendem a importância do trabalho realizado para o meio ambiente, funcionando como agentes socioambientais para diminuir os impactos gerados pela produção e disposição final de RSU, todavia, 14,28% não soube dizer a importância do trabalho para as questões ambientais. A partir de observações feitas durante aplicação do questionário, ficou visível que as pessoas que responderam não saber a importância do trabalho desempenhado para o meio ambiente, são os com idade mais avançada e nível de instrução baixo.

Como último ponto, foi perguntado qual a importância da introdução da coleta seletiva na separação dos resíduos gerados nos domicílios (figura 3.9). O Panorama dos Resíduos

Sólidos no Brasil elaborado pela ABRELPE (2019, p. 26), mostra que dos 1.794 municípios que compõem a Região Nordeste, apenas 978 possuem alguma iniciativa de coleta seletiva na separação dos resíduos sólidos produzidos.

Figura 3.9 – Importância sobre a implantação da coleta seletiva.



Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2020.

Para 90% dos entrevistados(as), a implantação da coleta seletiva é importante, devido as condições que os resíduos chegam para triagem, totalmente misturado com a matéria orgânica, 10% não souberam responder se a implantação é realmente viável, e nenhum catador(a) enxergou como sem importância a criação da coleta seletiva. Para Vidal e Maia (2017), a coleta seletiva representa melhores condições de trabalho para os catadores(as), no sentido que os resíduos chegariam em melhores condições para a separação, acondicionamento e venda para indústrias de reciclagem.

Ademais, as visitas realizadas na ARPA resultaram em observações na organização e infraestrutura que a Associação possui para fazer a triagem dos resíduos sólidos gerados pelo município. Com base nisto, foi construído o quadro 3.1 que descreve os problemas de gestão internos observados pelas visitas *in loco*.

Quadro 3.1 – Problemas e sugestões de solução para a ARPA.

	Problema identificado	Sugestões de solução
Organização	Resíduos espalhados por alguns pontos da Associação.	Elaborar cronograma de limpeza diário para os resíduos da produção e demais áreas.
	Sinalização inexistente para áreas de risco.	Comprar placas de sinalização e fixar nas áreas da Associação.
	Estrutura se deteriorando em alguns pontos.	Realizar reformas nas áreas que precisam de manutenção.
Infraestrutura	Quebra de equipamentos frequentemente.	Realizar vistorias frequentes nos veículos e equipamentos e manutenções preditivas.
	Ausência de pesagem dos RSU.	Fazer a instalação de uma balança para pesagem do material que chega e saída da ARPA.
	Equipamentos obsoletos.	Comprar novos equipamentos: balança interna para pesagem dos resíduos e carrinhos para transporte interno.
Sujeitos	Falta de compreensão sobre temas que evolvem o trabalho.	Organizar palestras sobre temas que envolvam questões ambientais, sociais e econômicas.

Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020.

Os problemas identificados na estrutura interna da ARPA devem ser debatidos com a prefeitura, através da SEMA, órgão responsável pelas questões socioambientais, para descobrir possíveis soluções na aquisição de recursos para colocar em prática as sugestões de solução citadas no quadro. De forma que o município já possui uma estrutura em veículos e pessoal para limpeza, que podem auxiliar no planejamento e escolha da melhor medida para remover a grande quantidade de lixo acumulada dentro da Associação, como vista na figura 3.7.

3.3.2 Secretaria Municipal de Meio Ambiente – SEMA

A SEMA é o órgão responsável pelo monitoramento da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos no município, bem como, desrespeito a todos os assuntos que envolvem questões ambientais, como limpeza urbana, esgotamento sanitário e sensibilização da população sobre o meio ambiente. Devido a responsabilidade desempenhada pela Secretaria, foi realizada uma entrevista como o Secretário, que ocupa o cargo até o presente momento, para compreender assuntos ligados a gestão e gerenciamento dos RSU, com temas que vão desde coleta seletiva até a visão a respeito do trabalho desempenhado pelos catadores de materiais recicláveis no município. Para tanto, o quadro 3.2 expõe como ocorre atualmente o

gerenciamento dos resíduos sólidos, segundo informações passadas pelo secretário de meio ambiente na entrevista realizada.

Quadro 3.2 – Gerenciamento dos RSU segundo secretário de meio ambiente.

Etapa do gerenciamento	Situação
Coleta	- "A coleta é feita nos domicílios, comércio, sendo uma parte industrial e outros gerados nos povoados". - "Aquisição de 40 triciclos para coleta em pontos específicos com os catadores informais". - "A coleta é feita todos os dias. Tem regiões que são duas vezes, tem regiões que são três, a zona rural é uma vez na semana. O Bairro Tancredo Neves (BTN) é todo dia".
Transporte	- "Carros compactadores, caminhões para zona rural, caminhões truncados, trator e os triciclos".
Acondicionamento e triagem	- "O acondicionamento após a etapa de coleta é na ARPA". - "A triagem é feita pelos catadores de material reciclável".
Tratamento	- "Não existe nenhum tratamento dado aos resíduos após a etapa de triagem. Mas pretende-se começar um projeto de compostagem dentro do aterro". - "É realizado apenas o tratamento do líquido gerado nas células do aterro sanitário, com lagoas de estabilização".
Disposição final	- "Após a etapa de triagem o restante de todo material é encaminhado para o aterro sanitário".
Políticas ambientais	- "Existem trabalhos na área da Educação Ambiental: palestras em escolas, universidades". - "Desenvolvimento da compostagem". - "Utilização dos triciclos pelos catadores informais para coleta dos materiais na unidade geradora". - "Pretende-se criar pontos de entrega voluntários para os resíduos gerados".

Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2020.

Outro aspecto importante e crítico sobre a gestão dos RSU, é a ausência de um PMGIRS e da coleta seletiva, mesmo com a resposta dada pelo Secretário, afirmando existir ainda uma proposta de criar Pontos de Entrega Voluntários (PEVs) em locais determinados. No momento, são gerados os seguintes resíduos sólidos pelo município: domiciliares, limpeza urbana,

comercial, industrial (pouco, porque o município tem pouca produção industrial), serviço de saúde (tem o lixo específico que é o hospitalar), agrossilvopastoris (começaram a ser coletados há 15 dias, e foi incluído em mais 30 povoados, antes só era coletado nos 5 povoados principais), construção civil (entulhos), serviço de transporte. Além disso, não é cobrada nenhuma taxa pelo município para o recolhimento dos resíduos domiciliares.

Em análise sobre o papel desempenhado pelos catadores de materiais recicláveis, a SEMA entende a importância do trabalho ambiental exercido por eles, e busca ajudar sempre que necessário. No mais, a prefeitura é obrigada a pagar uma quantia determinada pelo Termo de Ajuste de Conduta – TAC como manda a Lei n^0 12.305/2010. Foi verificado também que os catadores se limitam apenas ao trabalho de separação dos RSU encaminhados e não realizam nenhuma atividade em parceria com a prefeitura que envolva Educação Ambiental - EA. De acordo com Bravo *et al*. (2018, p. 378), a EA é um importante instrumento que pode ser aplicado na mudança de costumes em relação ao meio ambiente, nesse sentido, devem ser construídas atitudes de transformação, com a participação dos catadores de material reciclável como agentes de dispersão dos conhecimentos sobre temas que envolvam questões ambientais.

No que desrespeito a infraestrutura para o gerenciamento dos RSU, é vista como "boa", com perspectiva de melhoras, onde segundo o Secretário, "é preciso aumentar os equipamentos de limpeza urbana (varrição e recolhimento), e mão-de-obra". Os pontos levantados pelo Secretário têm como objetivo trazer benefícios sociais, econômicos e ambientais, tendo em vista a necessidade de realizar o correto manejo dos resíduos sólidos (BERNARDO; RAMOS, 2016).

Na questão dos impactos ambientais pelo descarte em locais impróprios, existem locais na cidade que a população realiza o depósito de resíduos, mesmo com a fixação de placas pela prefeitura dizendo que o local é inadequado para disposição. Ainda nessa questão, segundo informações passadas pelo secretário de meio ambiente, na pandemia de COVID-19 ocorreu o aumento na produção de entulhos (pelo aumento no número de obras em casa) e troca de móveis. Segundo informações contidas no trabalho de Santos Jr., Feitosa e Santos (2020, p. 352), a produção de resíduos sólidos teve um aumento considerável durante a pandemia, especificamente o consumo de plástico, na compra de *delivery*, a par disto, tornando-se imprescindível o planejamento de medidas para a gestão dos resíduos sólidos, principalmente ações que impactem diretamente os agentes de limpeza e catadores de material reciclável que trabalham em contato direto com os resíduos.

Por fim, foi abordada a coleta seletiva no município, sendo evidenciada que a única ação realizada no momento é a coleta dos materiais em empresas e lojas que entram em contato com

os catadores informais que receberam os triciclos da prefeitura. Todavia, a SEMA compreende a importância da implantação da coleta seletiva, e pensa que é um trabalho que deve ser criado desde o início, com a sensibilização da população através de palestras e cursos em todas as etapas do ensino escolar. A luz dessas considerações, Brandão, Perdigão e Brandão (2019, p. 1) afirmam que ainda existe uma longa jornada para ser percorrida pelas cidades brasileiras na introdução e participação da comunidade na coleta seletiva.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A PNRS dispõe de instrumentos que visam melhorar todo processo de gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos. Um dos aspectos que a política incentiva é a inclusão de catadores de materiais recicláveis na etapa de triagem dos RSU gerados, tendo em vista, o impacto na redução da quantidade de material encaminhado para disposição final. A lei permite ainda a valorização do trabalho desempenhado pelos catadores de materiais recicláveis. Nesse panorama, cabe aos municípios através das Secretarias de Meio Ambiente (caso exista) o incentivo a criação de associações e cooperativas e os cuidados contínuos com a gestão e gerenciamento dos RSU através da criação de PMGIRS.

Nesse contexto, a pesquisa analisou a percepção socioambiental demonstrada pelos agentes na gestão dos RSU (ARPA e a SEMA), como órgão responsável pela fiscalização e monitoramento das questões ambientais, ficando evidente o entendimento pela maioria sobre temas relacionados aos resíduos sólidos e meio ambiente.

Em suma, é preciso trabalhar com os catadores(as) que atuam na ARPA temas voltados para EA, gestão e gerenciamento de RSU e a importância do trabalho desempenhado para o meio ambiente, como coloca a PNRS. Para a SEMA, a principal contribuição é a construção do PMGIRS, e nele, evidenciar a importância dos catadores como agentes de transformação e de divulgação para sociedade sobre a importância da triagem dos resíduos sólidos nos domicílios.

A luz disto, o município deve tornar público todo processo de elaboração do PMGIRS com a participação social no processo de construção, implantação e atuação. Para tanto, é preciso que políticas públicas sejam efetivadas e saiam do papel, como a introdução da coleta seletiva e o trabalho mais participativo com os catadores de materiais recicláveis, compreendendo-os como peça fundamental no gerenciamento dos resíduos sólidos.

REFERENCIAS

ANJOS, M. M., FERRAZ, R. R. N., TOZZO, P. E. G. Implementação de ações de educação para reduzir agravos de saúde em trabalhadores de uma cooperativa de materiais recicláveis em São Paulo–SP. ***Brazilian Journal of Development***, *6*(9), 64570-64587. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo, 2019.

BERNARDO, E., RODRIGUEZ RAMOS, H. Sistema de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos na Cidade Ocidental (GO). ***Future Studies Research Journal: Trends & Strategies***, *8*(1). 2016.

BESEN, G. R., GÜNTHER, W. M. R., RIBEIRO, H., JACOBI, P. R., DIAS, S. M. Gestão da coleta seletiva e de organizações de catadores: indicadores e índices de sustentabilidade. *São Paulo: Faculdade de Saúde Pública/USP*. 2017.

BRANDÃO, J. D. F. C., PERDIGÃO, M. A., & BRANDÃO, I. J. SENSIBILIZAÇÃO DE ALUNOS DE UMA ESCOLA PÚBLICA DE JOÂO MONLEVADE, MG SOBRE A IMPORTÂNCIA DA COLETA SELETIVA. *Anais do Seminário Científico do UNIFACIG*, (5). 2019.

BRASIL. Política Nacional dos Resíduos Sólidos. **Lei n° 12.305**, 2010.

BRAVO, T. L., PEÇANHA, A. L., WERNER, E. T., SANTOS, A. A. O. Educação ambiental e percepção da implantação de coleta seletiva de lixo urbano em de alegre, es. ***Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental***, *7*(1), 375-396. 2018.

CARVALHO, A. M. R. D., ZÓIA, A. B., VALÊNCIO, A., LADEIA, C. R., CALÇADO, D. R., CARNIO, L. D. S., SANTOS, S. RISAAC-Roteiro de Identificação da Situação Atual de Associações/Cooperativas de Catadoras e Catadores de materiais recicláveis. *Metodologia de incubação e de diagnóstico participativo: estratégia de trabalho com grupos populares*. 2016.

COLARES, G. S.; CORRÊA, L. B.; HERNANDES, J. C.; CORRÊA, E. K.; CERQUEIRA, V. S.; Avaliação do Programa de Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos do Município de Pelotas-RS. Revista Monografias Ambientais-REMOA. v. 15, n. 1, p. 141-153, 2016.

FONTÃO, S. S., OLIVEIRA, L. P. F. A IMPORTÂNCIA DA ASSOCIAÇÃO DE CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS: O CONTEXTO SOCIAL DOS CATADORES. *Educação Ambiental em Ação*, *19*(3). 2020.

GEBARA, J. J., BACCARIN, J. G., BORBA, M. M. Z. Fatores condicionantes e formas da migração sazonal: o caso da migração do Vale do Jequitinhonha (MG) para a região canavieira de Ribeirão Preto (SP). ***Revista de Economia e Sociologia Rural*****,** *26*(1), 39-51. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Estimativa populacional. (2020). Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/paulo-afonso/panorama. Acesso em: 11 de julho de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Índice de Desenvolvimento Humano Municipal. (2010). Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/paulo-afonso/panorama. Acesso em: 11 de julho de 2019.

COSTA, D. B. A quem atribuir a responsabilidade pelo meio ambiente do trabalho dos catadores de material reciclável e reutilizável?. *Nova Hileia*| ***Revista Eletrônica de Direito Ambiental da Amazônia***. *ISSN: 2525–4537*, *2*(3). 2018.

MAIA, F. J. F., LEITE, A. M. M. A regulamentação da atividade dos catadores de material reciclável no âmbito da Justiça do Trabalho: como as decisões trabalhistas ainda não efetivam o direito à dignidade humana para este segmento da sociedade brasileira. ***Revista da Faculdade de Direito da UFRGS***, *1*(36). 2017.

MOVIMENTO NACIONAL DE CATADORES DE MATERIAIS RECICLÁVEIS – MNCR. Quantos Catadores existem em atividade no Brasil?. 2019. Disponível em: http://mncr.org.br/sobre-o-mncr/duvidas-frequentes. Acesso em: 20 de outubro de 2019.

PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO URBANO E AMBIENTAL, (PDDUA). Coleta de lixo. Paulo Afonso, BA. 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PAULO AFONSO. Aspectos: área territorial. (2014). Disponível em: http://www.pauloafonso.ba.gov.br/novo/?p=turismo&i=3. Acesso em: 11 de julho de 2019.

ORÇO, C. L., CONRADO, L. S. IOP, E. PERSPECTIVA SOBRE O SENTIDO DO TRABALHO PARA CATADORES DE MATERIAL RECICLÁVEL EM DUAS ASSOCIAÇÕES NA CIDADE DE XANXERÊ. *Unoesc & Ciência-ACHS*, *7*(2), 209-218. 2016.

SANTOS JR, R. S., FEITOSA, E. P. S., SANTOS, E. M. Impacto Gerado pela COVID-19 na Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos nas Capitais da Região Nordeste do Brasil. 2020.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Indicadores municipais: Paulo Afonso/BA. (2014). Disponível em: https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNGVkYTRiZTktMGUwZS00OWFiLTgwNWYtNGQ3Y2JlZmJhYzFiIiwidCI6IjJiMjY2ZmE5LTNmOTMtNGJiMS05ODMwLTYzNDY3NTJmMDNlNCIsImMiOjF9. Acesso em: 26 de setembro de 2019.

VIDAL, L. D. P., MAIA, J. S. A importância da coleta seletiva para o meio ambiente. *HÓRUS*, *3*(1), 46-60. 2017.

04. AVALIAÇÃO GRAVIMETRICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE PAULO AFONSO/BA

RESUMO

As características físicas e químicas dos resíduos sólidos ao longo do tempo foram se transformando, devido a influência da indústria na produção de novos materiais para inovação de bens e serviços, bem como, a exigência na criação de medidas para o tratamento e disposição final ambientalmente correta dos resíduos gerados. Desse modo, para criação de medidas assertivas na gestão dos resíduos sólidos urbanos, a técnica de composição gravimétrica se torna um instrumento bastante eficaz na classificação e caracterização, possibilitando aos municípios a criação de medidas que se enquadrem a sua realidade. Assim, o objetivo da pesquisa é classificar e caracterizar os resíduos sólidos urbanos gerados pelo município de Paulo Afonso/BA por meio da composição gravimétrica. Para tanto, foi empregada a técnica de gravimetria com a retirada de amostras da quantidade total de resíduos que chegam na usina de triagem, permitindo a compressão sobre as características dos resíduos sólidos urbanos dentro do município. Os resultados apontaram uma perda na quantidade de resíduos sólidos triados pela ARPA, pela ausência da coleta seletiva. No mais, os três setores de pesquisa refletiram uma grande quantidade de plástico gerada. Conclui-se que o município precisa elaborar um plano de gestão para os RSU, introduzindo a coleta seletiva para aumentar as taxas de reciclagem dos materiais comercializados pela Associação de catadores.

Palavras-chave: ARPA, Coleta Seletiva, Composição Gravimétrica, Resíduos sólidos.

ABSTRACT

The physical and chemical characteristics of solid waste over time have been transformed, due to the influence of the industry in the production of new materials for the innovation of goods and services, as well as the requirement to create measures for the treatment and final disposal that are environmentally correct. generated waste. Thus, in order to create assertive measures in the management of urban solid waste, the gravimetric composition technique becomes a very effective instrument in the classification and characterization, enabling municipalities to create measures that fit their reality. Thus, the objective of the research is to classify and characterize the urban solid waste generated by the city of Paulo Afonso / BA through the gravimetric composition. For this purpose, the gravimetry technique was used with the removal of samples of the total amount of waste that arrives at the sorting plant, allowing compression on the characteristics of urban solid waste within the municipality. The results showed a loss in the amount of solid waste sorted by ARPA, due to the absence of selective collection. In addition, the three research sectors reflected a large amount of plastic generated. It is concluded that the municipality needs to develop a management plan for MSW, introducing selective collection to increase the recycling rates of the materials sold by the Association of waste pickers.

Key words: ARPA, Selective Collection, Gravimetric Composition, Solid Waste.

4.1 INTRODUÇÃO

A técnica de composição gravimétrica é um ponto bastante importante na caracterização e classificação inicial do processo de gestão dos resíduos sólidos, pois permite a quantificação e qualificação dos resíduos gerados. Nesse sentido, o panorama da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE (2020, p. 39), mostra que a composição gravimétrica dos resíduos sólidos no Brasil se comporta da seguinte forma: matéria orgânica (45,3%); têxteis, couros e borracha (5,6%); metais (2,3%); plástico (16,8%); vidro (2,7%); papel/papelão (10,4%); embalagem multicamadas (1,4%); rejeito (14,1%); e outros (1,4%).

Nos estudos de Galdino e Martins (2015), a composição gravimétrica é um dado primordial para a quantificação e qualificação, gerando informações básicas para ações adequadas de coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos. Seguindo o mesmo pensamento, Adriano e Murata (2015) afirmam que uma composição gravimétrica, feita de forma correta e precisa, pode proporcionar ganhos em aproveitamento maiores. No mais, a utilização da técnica permite o aumento do tempo de vida útil dos aterros sanitários, tendo em vista que maiores quantidades de materiais serão reintroduzidas novamente no processo de produção (SIQUEIRA *et al.,* 2016).

A técnica também pode ser aplicada para analisar a qualidade e quantidade de resíduos que são depositados em lixões, aterros controlados e sanitários. Como é demonstrado nos estudos de Alkimin e Ribeiro Jr. (2017, p. 2), que utilizaram a composição gravimétrica para compreender as características dos resíduos sólidos dispostos em aterros controlados e lixões, evidenciando que existe uma diferenciação nas características dos resíduos que são depositados em cada local.

Na pesquisa de Bernades e Günther (2014), a composição gravimétrica foi utilizada em áreas rurais da Amazônia com pouca população, com o estudo dos resíduos domiciliares gerados. Desta forma, o objetivo principal do estudo foi gerar informações sobre essas áreas rurais remotas, com a finalidade de que políticas públicas possam ser aplicadas na gestão dos resíduos sólidos domiciliares.

Em comparação com os países desenvolvidos, as características dos resíduos sólidos gerados em países em desenvolvimento (como Brasil, China, México e Quênia) são totalmente diferentes, com uma concentração maior de resíduos orgânicos. Já nos países com uma renda

mais alta, a quantidade de materiais recicláveis é maior em comparação com os países que tem uma taxa de desenvolvimento econômico menor (CABRAL, 2015).

Nesses termos, a determinação do método aplicável na composição gravimétrica deve ser feita com um planejamento prévio, uma vez que é um ponto essencial para o restante do processo de caracterização e classificação dos resíduos sólidos, sendo que a NBR 10007/2004 descreve as técnicas utilizadas para amostragem dos resíduos sólidos, de modo que a escolha da técnica aplicada depende das condições para realização da caracterização (número de pessoas, equipamentos, entre outros).

Ademais, a norma elenca alguns requisitos específicos, tais como: segurança com as amostras, necessitando sempre atenção, pois alguns resíduos apresentam características de periculosidade alta; observação dos procedimentos de amostragem quando for utilizado tambores, caminhões-tanque, entre outros; além de buscar uma proporção igual de resíduos sólidos no caso de amostras heterogêneas; e preservação das amostras coletadas.

Um método bastante empregado é o quarteamento, dada a quantidade e variedade de resíduos gerados, consegue expressar resultados mais precisos. O procedimento se inicia com a pesagem dos resíduos sólidos que chegam transportados pelos caminhões coletores, gerando a massa total. Em seguida, é recolhida uma quantidade específica do total de resíduos deixado pelo caminhão, e é dado início ao processo de quarteamento, com a retirada de uma amostra do topo da pilha e quatro amostras da base (CAJAIBA; SILVA, 2017, p. 2).

No presente estudo, foi empregada a técnica de amostragem composta que consiste na soma de parcelas individuais dos resíduos coletados, obtidas em pontos, profundidades e/ou instantes diferentes, através dos processos de amostragem. Estas parcelas devem ser misturadas de forma a se obter uma amostra homogênea.

No mais, a gravimetria dos RSU permite a compreensão da realidade de consumo e geração, além de fornecer informações para elaboração da coleta seletiva, que é um instrumento utilizado na etapa inicial de separação dos resíduos sólidos nos domicílios pela população, separando os materiais segundo suas características físicas, permitindo as associações e cooperativas o aumento na reciclagem de materiais que seriam enviados para aterros sanitários.

Fica evidente a importância da realização da composição gravimétrica dos RSU na fase inicial de construção do PMGIRS, o que permite maior compreensão sobre aspectos referentes aos procedimentos que devem ser aplicados na gestão e gerenciamento. Diante disto, o objetivo principal da pesquisa é classificar e caracterizar os RSU gerados no município de Paulo Afonso,

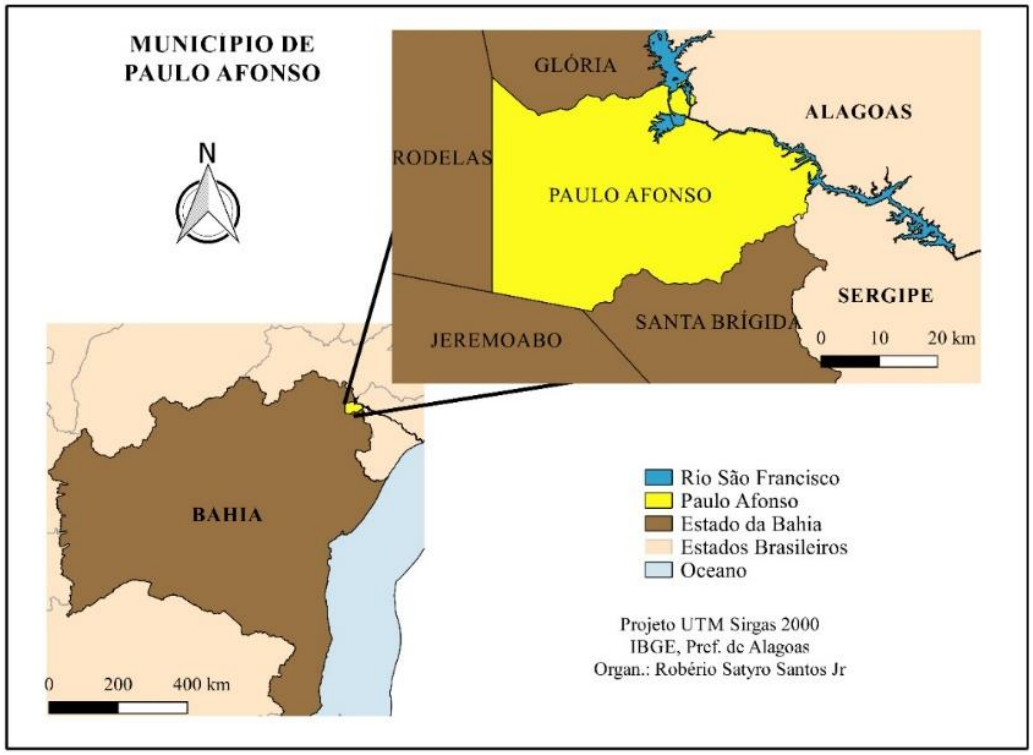
através da técnica de amostragem composta para gravimetria. Para isto, foi utilizada a estrutura da Alternativa de Reciclagem de Paulo Afonso – ARPA na coleta das amostras.

4.2 METODOLOGIA

4.2.1. Delimitação e caracterização da área de estudo

O município pesquisado está localizado geograficamente nas seguintes coordenadas 9º 24' 22" de latitude sul e 38º 12' 53" de longitude oeste. Com uma população estimada de 118.516 habitantes (IBGE, 2020), densidade demográfica de 68,62 hab/km^2, área de 1.545,191 km^2 e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,674 (IBGE, 2010). Na figura 4.1 é possível observar a delimitação geográfica do município.

Figura 4.1 – Mapa de localização do Município de Paulo Afonso/BA.



Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020.

A cidade de Paulo Afonso pertence à microrregião homogênea 147, sendo limitada ao norte pelo município de Glória, ao sul por Santa Brígida e Jeremoabo, e pelo Estado de Sergipe, a leste pelo Estado de Alagoas e a oeste pelo município de Rodelas, caracterizando como um

território bastante estratégico para elaboração de planos de gestão integrados (PREFEITURA MUNICIPAL DE PAULO AFONSO, 2014).

Neste contexto, segundo dados do IBGE, o município apresenta um Produto Interno Bruto (PIB) per capita de R$ 18.910,87 (2016). Em comparação às 5.570 cidades do país, a sua colocação é a 2.312ª, já em relação ao Estado, das 417 cidades que compõem o Estado da Bahia, sua posição é a 34ª, e, por fim, em relação a microrregião está posicionado em 1º lugar, demonstrando o grande potencial de consumo da localidade.

No que concerne o total das receitas realizadas pelo município, chega-se a um montante de R$ 325.776,22 (2017), sendo o total de despesas geradas de R$ 292.032,06 (2017). No sentido ambiental, os domicílios da cidade apresentam 82,1% (2010) de esgotamento sanitário apropriado e 85,4% (2010) de vias públicas com arborização, realizando o mesmo comparativo na questão do esgotamento sanitário, em comparação com todas as cidades do país o município está na 853º, no que se trata ao Estado ocupa a 8º posição e por último em 2º lugar no contexto microrregião.

Segundo o técnico de meio ambiente, por meio de entrevista realizada em 2018, a coleta de RSU no município chega a 150 toneladas/dia, o que representava anualmente uma quantia de 54.000 toneladas de resíduos produzidos. Segundo informações não oficiais, porém observadas *in loco, em* outdoor de uma via municipal, houve uma redução na geração mensal de resíduos, chegando a 3.600 toneladas, somando ao final do ano o montante de 43.200 toneladas.

Nesse contexto, quase todo sistema de coleta da cidade é feito por empresas terceirizadas, sendo algumas apenas de ordem emergencial, o que contabiliza 96% dos RSU coletados pela prefeitura municipal, e os demais materiais coletados por empresas particulares. Ainda em relação a coleta, a área de abrangência engloba os povoados maiores que estão localizado ao redor do centro urbano (PDDUA, 2016).

Nesses moldes, o serviço de coleta de resíduos do município, segundo dados do Sistema Nacional Informações sobre Saneamento – SNIS (2014) do IBGE (2010) chega a atender 60,44% da cobertura de coleta doméstica. É preciso compreender também que no meio rural, a forma de destinação é diferente, muitas vezes, acontecendo o despejo em locais criados pelos próprios moradores, o que pode ocasionar impactos socioambientais para comunidade rural que se encontra nas proximidades.

Ainda com base no diagnóstico do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental – PDDUA do município, foi construído em agosto de 2014, o aterro sanitário da cidade (Figura 4.2), com o objetivo de atender a Lei Federal n^0 12.305/2010. O aterro foi construído próximo ao Povoado Campus Novos, com o objetivo de extinguir os lixões a céu aberto. O terreno de propriedade do poder público municipal possui uma área total de 282.531,00 m², que recebe todo o resíduo domiciliar da área urbana. O empreendimento funciona com licença de operação emitida pela Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA).

Figura 4.2 – Estrutura do aterro sanitário no Povoado Campos Novos.

Foto: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019.

A infraestrutura do aterro conta com: Prédio administrativo; Abrigo para máquina; Guarita; Áreas de estocagem, de tanques; de manobras; Área para quatro células com base coberta por geomembranas; Área da reserva legal; Sistema de drenagem de gás e queimadores de gases; Sistema de drenagem de Chorume; Sistema de drenagem Pluvial superficial e subsuperficial.

A operação no aterro dá-se da seguinte forma: com a utilização de uma carregadeira e um caminhão, o rejeito é transportado, desde a UTC onde foram separados até o aterro sanitário,

onde é pesado e disposto nas células; com a utilização de um trator de esteira, o lixo é espalhado e compactado, não havendo recobrimento com solo da pilha de resíduo. Quando atingidas as cotas finais de projeto, o aterro é fechado com a colocação de uma camada de 0,40 m de solo local e após será efetuado o plantio de grama (PAULO AFONSO, 2012).

4.2.2. Método de análise

A princípio, foram realizadas observações junto aos órgãos responsáveis pela gestão dos RSU do município. Desta forma, foram aplicados instrumentos e técnicas que permitem interpretar, de maneira clara, a localidade onde a pesquisa foi desenvolvida.

Nesses termos, a pesquisa possui um caráter de natureza aplicada, pois tem como objetivo a geração de conhecimentos para resolução de um problema inerente a uma determinada realidade. No caso do presente estudo, a busca ocorre pela compreensão sobre as características dos resíduos sólidos urbanos do município.

No que se limita a forma de abordagem da pesquisa, esta possui característica quantitativa, uma vez que pretende compreender a realidade local na gestão dos RSU, por meio da composição gravimétrica, técnica responsável por identificar as características dos resíduos gerados pelo consumo e descarte.

Nesse sentido, a pesquisa possui um caráter exploratório-descritivo. No contexto exploratório, objetiva gerar uma proximidade entre o pesquisador e o problema analisado. No que se refere a parte descritiva da pesquisa, pretende-se observar o comportamento dos resíduos gerados e a interferência causada pela falta de medidas concretas no processo de gestão.

Além disto, a pesquisa se utilizou da revisão bibliográfica, documental e estudo de caso. Referente a bibliografia levantada para construção da pesquisa, buscou-se a abordagem a partir das palavras-chaves do estudo, a saber: Resíduos Sólidos Urbanos, Coleta Seletiva, Plano Nacional de Resíduos Sólidos, Reciclagem, Gestão e Planejamento Ambiental e Composição Gravimétrica.

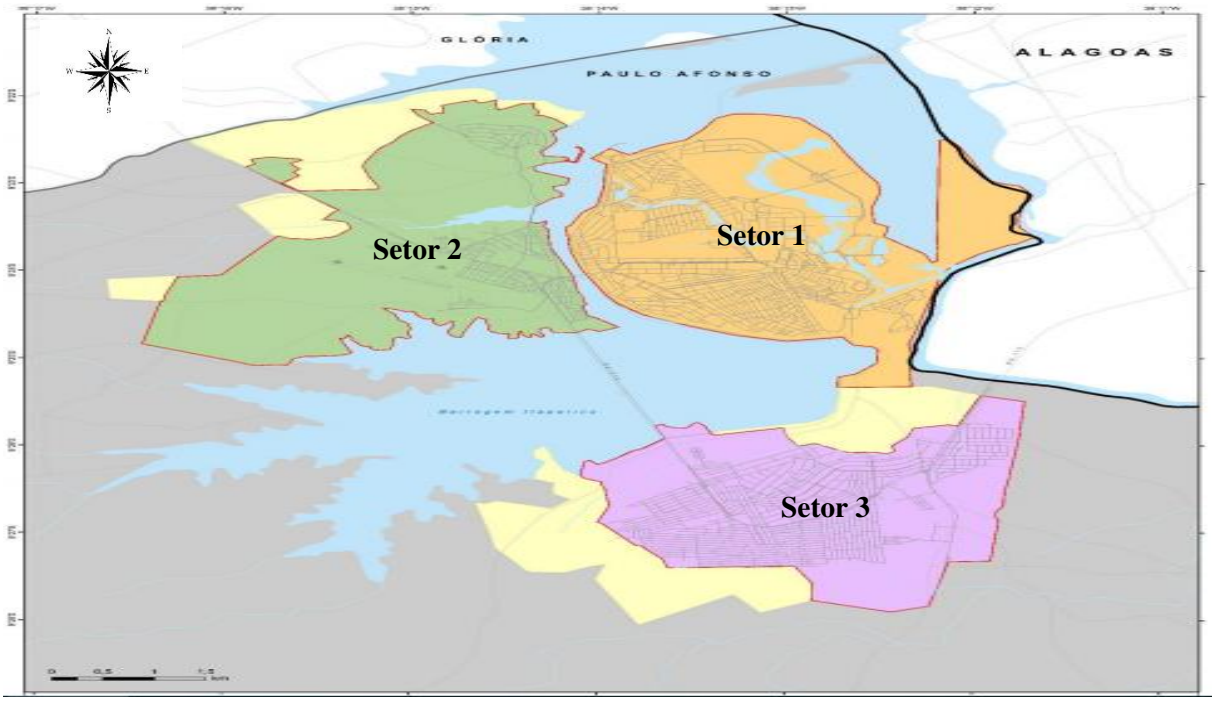
4.2.3. Objetivo

Nesse cenário, o objetivo da pesquisa foi classificar e caracterizar os resíduos sólidos urbanos – RSU, gerados no perímetro urbano, de acordo com as categorias utilizadas para reciclagem, enxergando a aplicação da gravimetria como uma técnica facilitadora para aumentar as taxas de reciclagem dentro do município.

4.2.4. Coleta e análise de dados

A etapa de coleta e análise dos dados da composição gravimétrica foi iniciada com uma visita a ARPA, para explicar o intuito da pesquisa e conhecer a forma de funcionamento do local de realização da pesquisa. Em decorrência da visita, foi feita a divisão dos bairros que compõem a cidade em setores, como é visto na figura 4.3.

Figura 4.3 – Setores de coleta dos RSU no Município.



Fonte: Adaptado do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Paulo Afonso (PDDUA), 2016.

Com os bairros, que integram a cidade, divididos em três setores, atendendo a proximidade geográfica de cada bairro, a etapa seguinte foi a seleção dos meses para coleta das amostras, que foram analisadas como mostra o quadro 4.1. Cabe ressaltar que houve mudança nas datas de coleta devido à pandemia de COVID-19, conforme datas especificadas no quadro.

Quadro 4.1 – Meses utilizados para coleta das amostras.

Setor	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3
1	Abril de 2020	Novembro de 2020	Dezembro de 2020
2	Abril de 2020	Novembro de 2020	Dezembro de 2020
3	Abril de 2020	Novembro de 2020	Dezembro de 2020

Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019.

Desse modo, as datas escolhidas para coleta acontecem fora do período de festividades do município, como forma de evitar distorções e sazonalidades no resultado das amostras coletadas, uma vez que em períodos de festividade, o número de RSU produzidos aumenta e pode alterar as características da amostra. Ressalta-se que existe a geração de resíduos em feiras livres, aos finais de semana, que não irão fazer parte da composição gravimétrica.

Para coleta das amostras, foram utilizados Equipamentos de Proteção Individual - EPI's, que permitiram o manuseio dos RSU sem gerar nenhum dano a saúde dos envolvidos na coleta, como luvas de látex, máscara de pano para o rosto, lona e calçado apropriado para se locomover dentro da usina, além de alguns materiais de apoio: balança portátil com capacidade de 50kg, prancheta e cartazes de identificação dos setores (figura 4.4).

Figura 4.4 – Material utilizado para as coletas.

Foto: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020.

Com base na visita realizada, verificou-se que a infraestrutura do local dispõe de uma balança (com capacidade para mil quilos), galpões para armazenar os produtos compactados, sede administrativa, um trator responsável pelo arraste dos resíduos até a esteira de triagem. O município realiza a coleta dos resíduos de acordo com a proximidade dos bairros que compõem cada setor, e existe um itinerário para coleta por dia e turno (Anexo A).

Todavia, a ARPA possui um horário de funcionamento das 09:00 às 12:00 horas, sendo o intervalo de tempo utilizado para caracterização e classificação dos resíduos sólidos, uma vez que no turno vespertino e noturno seria impossível utilizar a estrutura do local. O quadro 4.2

demonstra os bairros que compõem cada setor e o turno de coleta dos resíduos gerados no centro urbano.

Quadro 4.2 – Bairros que compõem cada setor e turnos de coleta.

Setor 1	Turno	Setor 2	Turno	Setor 3	Turno
Centro	Noturno	Jardim Aeroporto	Diurno	BTN I	Diurno
BNH	Noturno	Oliveira Brito	Diurno	BTN II	Diurno
Centenário	Diurno	Jardim Bahia	Diurno	BTN III	Diurno
CHESF	Diurno	Vilá Moxotó	Diurno	Rodoviário	Diurno

Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019.

As amostras coletadas de cada setor foram retiradas dos carros compactadores que chegavam no período da manhã no local de realização da pesquisa (figura 4.5a), em seguida, era feita a pesagem (figura 4.5b), abertura das amostras para homogeneização (figuras 4.5.c e 4.5d), e registro do material triado (figura 4.5e) e, por fim, a pesagem de cada item triado.

Figura 4.5 – etapas de coleta das amostras.

Foto: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020.

O período de coleta das amostras foi compreendido de segunda a sexta e seguiu o cronograma de coleta diário realizado pelo município. Com relação à coleta de dados, foi feito o uso da NBR 10007/2004 que dispõe da técnica de amostragem composta que consistiu na análise de uma parte dos resíduos sólidos que chegam na usina de triagem.

Para coleta das amostras foram utilizados recipientes com capacidade para 10 kg de resíduos, entretanto, a quantidade excedia os 10 kg, devido algumas amostras terem uma grande quantidade de resíduos orgânicos e ocupar um espaço menor que outros materiais. Cada setor foi composto por duas coletas do montante de resíduos que era recebido no local de triagem.

Desse modo, o cálculo por categoria foi empregado apenas na primeira forma de diferenciação, que se baseia nos cálculos feitos por Ranuci (2008) e Costa *et al.* (2012), que determinam a composição gravimétrica através do relacionamento da fração total de cada categoria após a separação em relação à massa total da amostra (Equação 1).

$$Ca(\%) = \frac{MFC}{MTACo} . 100 \qquad \text{Eq. 1}$$

onde:

Ca = categoria (%)

MFC = Massa da Fração da Categoria (kg)

MTACo = Massa Total da Amostra Coletada (kg)

Quanto a caracterização e classificação final dos resíduos sólidos identificados, foram feitas duas formas de diferenciação, sendo a primeira dividida nas seguintes categorias: papel/papelão, plástico, alumínio, aço, vidro e rejeito, que são os materiais orgânicos e demais materiais que não se enquadram nas categorias.

A segunda classificação, que consta no quadro 4.3, seguiu os critérios utilizados pelos catadores na triagem e venda dos materiais, a utilização das duas formas de diferenciação tem como objetivo fornecer dados mais precisos sobre cada material triado dentro da usina.

Quadro 4.3 – Classificação dos RSU para ARPA.

Categoria	Material triado
Papel/papelão	Papel branco, papel do estado, jornal, revistas e papelão;
Alumínio	Inox, desodorante, chaparia, lata, maciço e antimônio.
Aço	Grades, bronze, ferro, cobre, motores, ferro velho e motor de geladeira.
Vidro	Garrafas de bebida, recipientes de perfume, recipientes de comida.
Plástico	Plástico filme incolor, plástico filme misto, PEAD misto, solado, PET incolor, plástico duro/ pp manteiga, PET óleo e PET colorido.

Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019.

No mais, mediante o processo da composição gravimétrica, foram identificadas nas amostras coletadas resíduos de origem: biológica (sangue), máscaras descartáveis, lixo odontológico, resíduos eletrônicos (celulares) e lâmpadas fluorescentes. A figura 4.6 mostra os materiais encontrados nas amostras, representando um risco para saúde dos catadores(as).

Figura 4.6 –Resíduos perigosos nas amostras de gravimetria.

Foto: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020.

É necessário registrar que até a última coleta de gravimetria em dezembro de 2020, os catadores(as) não tinham tomado nenhuma vacina para prevenir doenças ocasionadas pelo manuseio dos resíduos sólidos.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

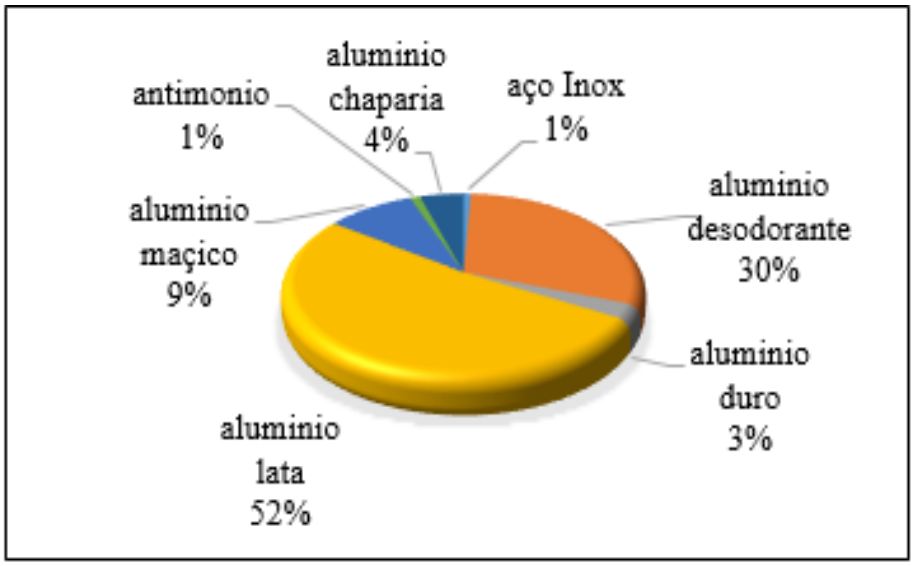
O tópico apresenta os resultados e discussões alcançados com a análise dos dados da gravimetria dos RSU do município de Paulo Afonso/BA. Na primeira parte da análise, foram utilizados os dados referentes à triagem dos RSU no ano de 2019 pela ARPA. Já os dados gerados pela gravimetria nos setores (grupos de bairros por proximidade), serviram para identificar o comportamento e os tipos de materiais gerados em cada área estudada (aço,

alumínio, plástico, papel/papelão e vidro), a coleta ocorreu em meses distintos de 2020 (Abril, Novembro e Dezembro), de forma que os resultados fornecem informações para elaboração do PMGIRS ou na criação de projetos piloto de coleta seletiva por bairros.

4.3.1 Gravimetria dos RSU do município de Paulo Afonso/BA

A gravimetria utilizou como base os dados da triagem dos RSU na ARPA em 2019. No documento fornecido consta a descrição de cada material e a quantidade comercializada com as indústrias de reciclagem. As figuras 4.7 a 4.11 mostram os valores obtidos na classificação dos materiais triados pela associação na forma de tabelas e gráficos.

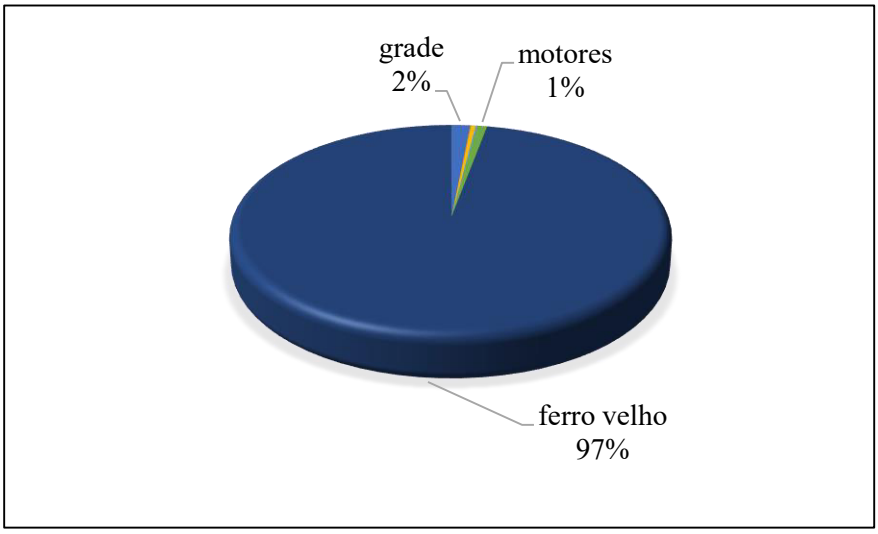
Figura 4.7 – Classificação e porcentagem de alumínio.



Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020.

De acordo com a figura 4.7, o alumínio lata representa o material mais separado, chegando à quantia de 5.334,4 kg/ano, representando 52%, enquanto o alumínio desodorante é o segundo produto mais triado com 3.072 kg/ano, com 30%. Entre os materiais recicláveis, o alumínio possui o maior valor venda, com uma média de preço em tonelada de R$ 3.000 (base Novembro de 2011). Além disto, o município segue a tendência de triagem de alumínio em lata como sendo o tipo de maior quantidade (CEMPRE, 2015).

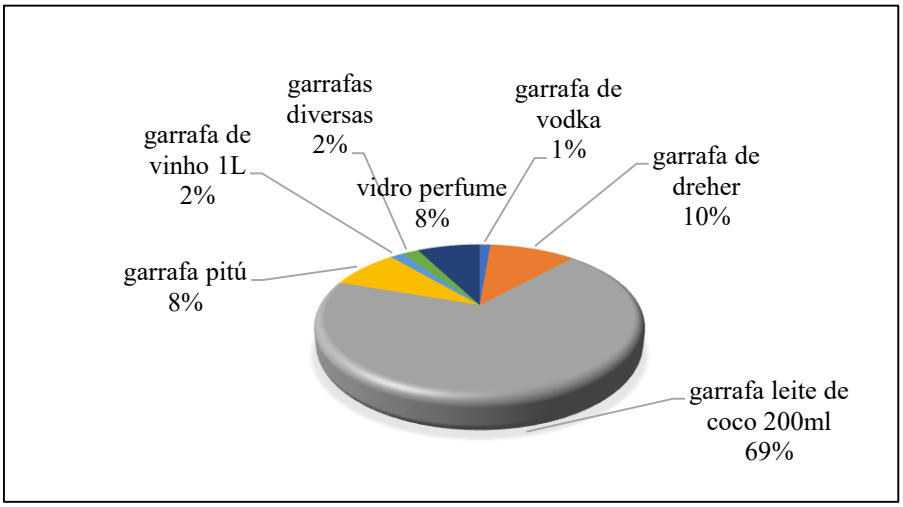
Figura 4.8 – Classificação e porcentagem do ferro.



Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020.

A figura 4.8 aponta o ferro velho como material mais separado, com 72.652 kg/ano, o que representa 97% do total, a grade e motores somados representam 1.759,7 kg/ano, e se somado os demais materiais (bronze, cobre, base de ferro, baterias) a quantia obtida é de 460,93 kg/ano. Nos estudos de Rocha *et al*. (2017, p. 4), o Brasil é o terceiro país na produção média de ferro com 398 milhões de toneladas, ficando atrás apenas da China e Austrália, o que torna a reciclagem desse produto de suma importância na preservação dos recursos naturais.

Figura 4.9 – Classificação e porcentagem do vidro.

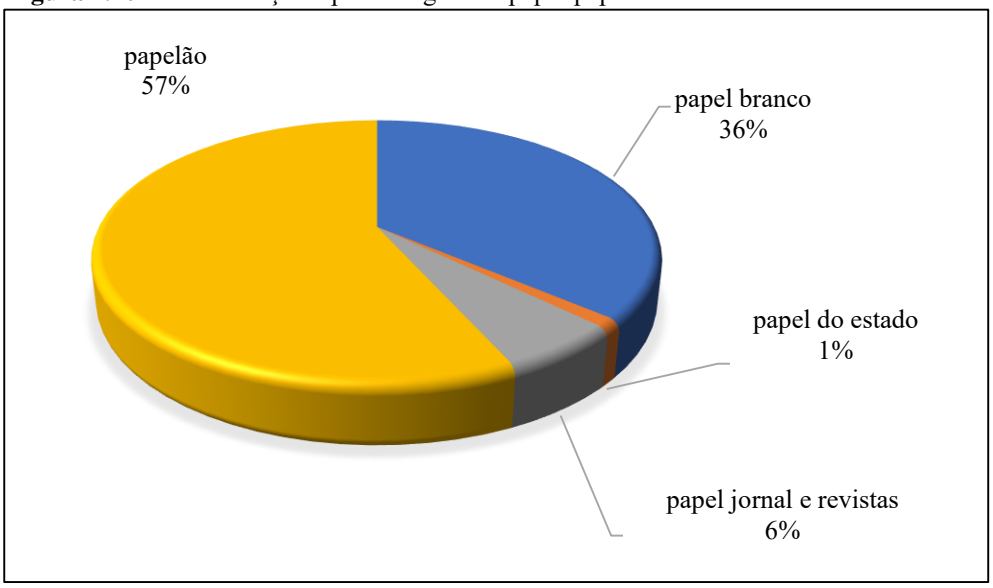


Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020.

O tipo de vidro mais gerado foi o de garrafas de leite de coco 200 ml, com a quantia de 4.251,1 kg/ano, totalizando 69% de todos os tipos de vidro triados; o segundo produto foi a

garrafa de Dreher, uma bebida alcoólica que originou uma quantia de 646,7 kg/ano, com 10% do valor total. As garrafas de Pitú e recipientes de perfume ficaram empatadas com 8% ambas. A reciclagem do vidro dentre os materiais é a mais difícil de acontecer, mas na pesquisa de Benatti e Azambuja (2018, p. 4), o vidro é utilizado para produção de concreto - os resultados encontrados se mostraram bastante promissões com a incorporação do vidro.

Figura 4.10 – Classificação e porcentagem do papel/papelão.

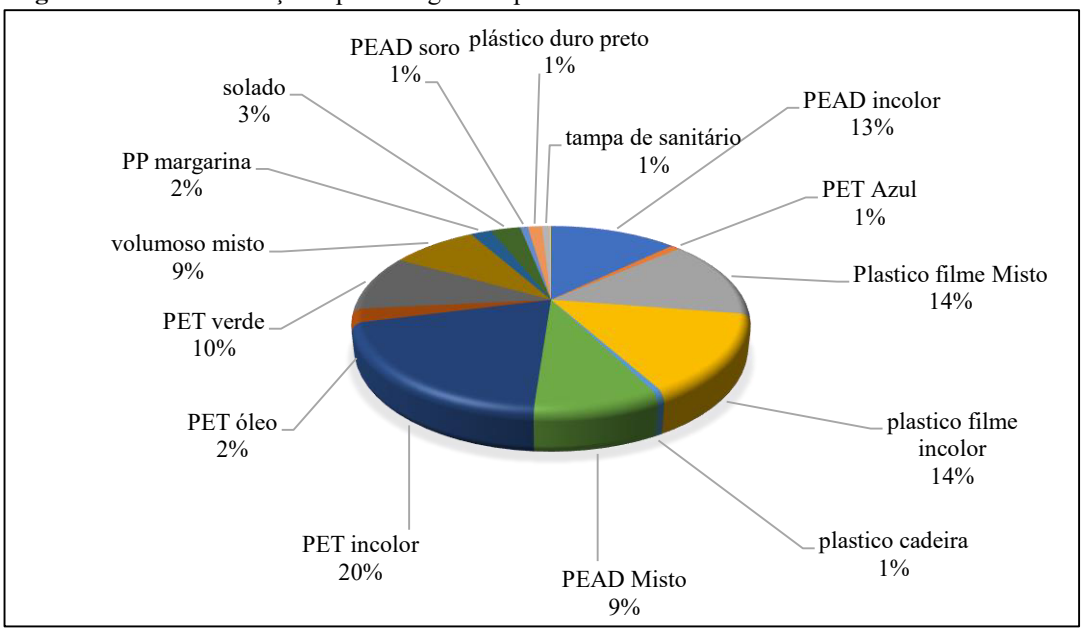


Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020.

O papelão gerou a quantia de 142.665,15 kg/ano, seguido do papel branco 91.086 kg/ano, o papel de jornal e revistas 15.125 kg/ano e o papel do estado 2.630 kg/ano. Um ponto importante é que a quantidade de papelão reciclável poderia ser maior com a implantação da coleta seletiva ou com a simples separação dos resíduos entre secos e molhados.

O estudo de Nobrega *et al*. (2017, p. 876) mostra que a presença de papel/papelão representa 15% da amostra total da composição gravimétrica dos resíduos domiciliares no Brasil, perdendo apenas para matéria orgânica, de maneira que em conjunto o alumínio, plástico e o papel/papelão representam a principal atividade de reciclagem no país.

Figura 4.11 – Classificação e porcentagem do plástico.



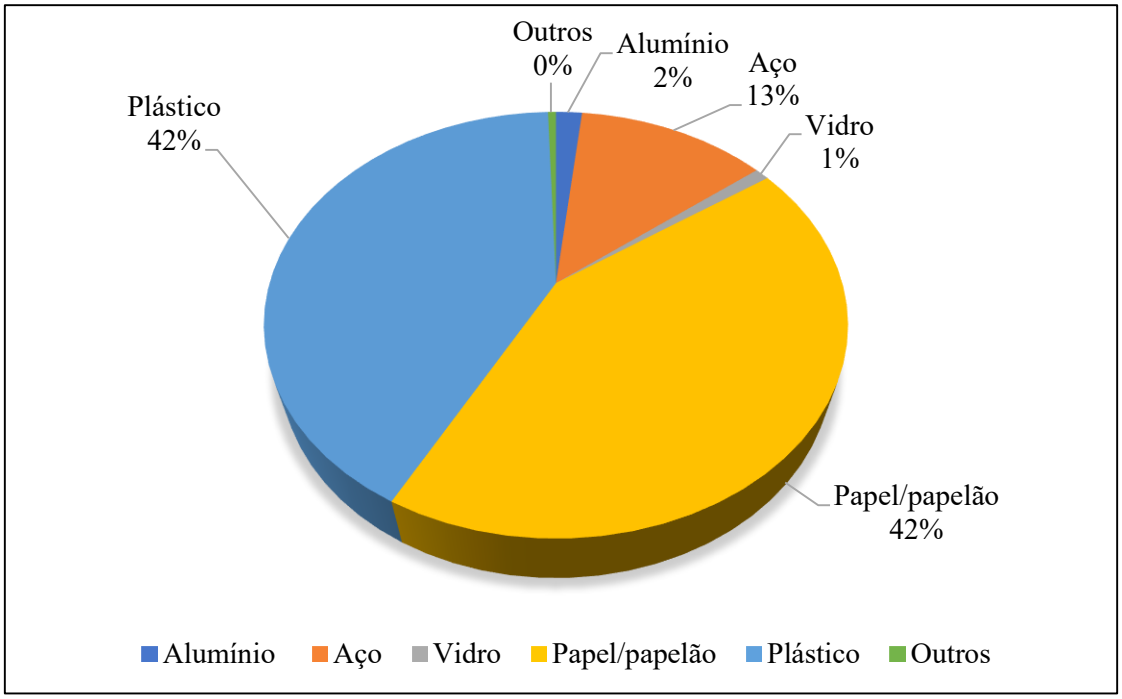
Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020.

O produto mais consumido foi o PET incolor com 49.968,5 kg/ano, cujo material é utilizado na confecção de garrafas para bebidas, entre outras utilidades. Em seguida, tem o plástico filme incolor e misto, em quantias, respectivamente, de 36.394,5 kg/ano e 34.988 kg/ano. Esse tipo de plástico é usado na indústria para confeccionar sacolas.

Entre os materiais descartados, o plástico é o que apresenta maior quantidade jogada na natureza, contaminando o solo, rios e mares. Os impactos ambientais são enormes, pois sua degradação na natureza pode levar centenas de anos para acontecer, ao passo que o reflexo pode ser observado na ingestão por animais marinhos, como tartarugas, baleias, golfinhos. Diante deste cenário, a reciclagem do plástico é de fundamental importância para contribuir com a melhora no meio ambiente (BISPO *et al*., 2020, p. 2).

Assim, a partir gravimetria de cada material reciclável, foi elaborada a figura 4.12 com a divisão por categoria (plástico, vidro, papel/papelão, alumínio, metal e outros), conforme os cálculos de Ranuci (2008) e Costa *et al.* (2012). A divisão geral segue o padrão ambiental de classificação dos materiais possíveis de serem recicláveis como dispõe a Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2010).

Figura 4.12 – Composição gravimétrica por categoria de material.



Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020.

A soma total de matérias recicláveis em 2019 alcançou à quantia de 591.393,23 kg/ano, com o papel/papelão sendo a categoria mais reciclada, conforme os estudos de Nobrega *et al*. (2017) mostram, com 251. 506, 15 kg/ano, apesar de existir ainda necessidade da introdução da coleta seletiva.

Em contra partida, o vidro é o material que apresenta a menor quantidade triada, 5.546,8 kg/ano, chegando apenas a 0,94% da gravimetria. Esse valor pequeno na categoria ocorre pela falta de indústrias para comercialização, e pelas despesas para venda do produto serem maiores que o lucro, deixando de reciclar uma grande quantidade do material.

Além do vidro, o pneu não possui nenhuma forma de reciclagem ou reaproveitamento, sendo todo resíduo depositado no aterro sanitário do município. De acordo com Santos, Duvoisin Jr. e Machado (2020, p. 573), o pneu pode ser queimado em fornos rotativos para produção de clínquer, técnica de coprocessamento, outra forma é a granulação com a trituração do pneu e reutilização como matéria reciclada, como exemplo o uso em asfalto.

Outro ponto de interferência no valor total de alumínio triado é a retirada de material na etapa de coleta nos domicílios pelos profissionais responsáveis por recolher os RSU. Quanto aos resíduos orgânicos gerados na cidade, ainda não existe nenhuma forma de tratamento e aproveitamento, acontecendo o total envio para o aterro sanitário, aumentando o volume total

de resíduos encaminhados para disposição final. A princípio, existia a compostagem dos resíduos orgânicos pela ARPA, mas devido à baixa qualidade do húmus gerado, em virtude da mistura dos materiais gerados nos domicílios, a prática teve que ser encerrada. No estudo de Pires e Ferrão (2017, p. 3), ficou evidente que a geração de matéria orgânica no Brasil corresponde a 60% e que apenas 4% é reciclada, todavia, a PNRS incentiva a criação de medidas sustentáveis, e dentre as técnicas apresentadas para o tratamento dos resíduos orgânico a compostagem se mostra a mais lucrativa e com baixos custos.

4.3.2 Gravimetria por setores de coleta dos RSU no município

A gravimetria por setores compreende grupos de bairros divididos de acordo com sua proximidade. No presente estudo, foram divididos três setores de coletas (figura 4.3). A caracterização seguiu o roteiro de coleta da prefeitura, e o padrão utilizado para comercialização dos produtos separados pela ARPA (tabela 4.1). A quantidade total de RSU coletada para amostragem foi de 516,36 kg e a massa em rejeito (matéria orgânica e outros materiais), chegou a quantia de 442,2 kg.

Tabela 4.1 – Composição gravimétrica por setor de coleta.

Gravimetria por material reciclável ARPA					
Item	**Material**	**S1 (kg)**	**S2 (kg)**	**S3 (kg)**	**Total (kg)**
1	Papel	2,555	0,1	0,914	3,57
2	Papelão	0,948	1,13	0,485	2,56
3	Vidro	1,51	1,6	4,08	7,19
5	Plástico filme incolor	0,916	0,443	5,48	6,84
6	Plástico filme misto	5,065	4,25	11,98	21,30
7	PEAD Misto	0,6	1,07	2,12	3,79
8	PEAD Incolor	0,595	0,517	0,73	1,84
9	Solado	0,18	0,4	0,45	1,04
10	PET Incolor	2	1,96	2,37	6,33
11	PET Colorido	0,796	0,77	0,935	2,50
12	PET Óleo	0,286	0,245	0,739	1,27
13	Plástico duro	0,731	0,555	1,586	2,87
14	PP Manteiga	0,22	0	0,35	0,57
15	Alumínio	0,366	0,624	0,788	1,78
16	Metal	0,865	1,229	1,85	3,94
17	Tecido	0,491	2,38	4,42	7,29
18	Madeira	0	0,1	0	0,10
19	**Total da triagem**	**18,12**	**17,34**	**39,32**	**74,78**

Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020.
NOTA: As marcações em azul simboliza o setor que mais gerou o material.

A composição gravimétrica apontou que no setor 1 a quantidade de papel para reciclagem é maior que os demais setores, representando 71,42%. Com relação à separação de plástico, o setor 3 foi responsável pelas maiores quantidades em todos os tipos de plástico, sendo o plástico filme misto o mais triado com 56,24% da participação.

Uma observação em relação ao setor 3 foi a presença de matéria orgânica, dificultando a triagem dos materiais e favorecendo a perda de material para reciclagem, segundo o catador que auxiliou na triagem das amostras, os resíduos chegam em péssimas condições por conta da presença de outra associação no setor 3, diminuindo assim a qualidade dos resíduos que chegam a ARPA. Os demais materiais também apresentaram maiores quantidades no setor 3, alumínio 44,26% e metal 46,95% da participação.

A quantidade de tecido entre os materiais separados ficou em segundo lugar, representando 9,74% do total triado nas amostras. Desse modo, a reciclagem deste material foi objeto de estudo na pesquisa de Pacheco, Lugon e Moreira (2016), com utilização dos retalhos sintéticos incorporados em misturas polímeras, sendo constituídos novos materiais com novas propriedades mecânicas. Com o intuito de sintetizar os resultados, foi elaborada a tabela 4.2 com a divisão em categorias (plástico, vidro, papel/papelão, metal, alumínio e outros), segundo os estudos de Ranuci (2008) e Costa *et al.* (2012).

Tabela 4.2 – Composição gravimétrica por categoria de material reciclável.

Coleta geral por setores (kg)				
Material	**S1**	**S2**	**S3**	**TOTAL**
Vidro	1,51	0,8	4,09	6,4
Plástico	11,39	10,23	26,75	48,37
Papel/papelão	3,51	1,23	1,4	6,14
Alumínio	0,489	0,625	0,79	1,90
Aço	0,87	1,22	1,85	3,94
Outros	0,49	2,48	4,42	7,39
Soma total das amostras	**131,09**	**110,74**	**274,53**	**516,36**
Total da amostra triada	**18,25**	**16,59**	**39,32**	**74,16**
Rejeito da amostra triada	**112,84**	**94,15**	**235,21**	**442,2**

Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020.
NOTA: As marcações em azul simboliza o setor que ficou à frente em cada categoria.

Dentro desse contexto, a ordem de cada material foi a seguinte: plástico (65,22%), outros (9,96%), vidro (8,63%), papel/papelão (8,28%), aço (5,32%) e alumínio (2,57%). Ao comparar a ordem de materiais separados, com os dados da venda dos produtos pela ARPA, em 2019, existe uma alteração na ordem, ficando a seguinte: papel/papelão (42,53%), Plástico

(41,6%), aço (12,66%), alumínio (1,74%), vidro (0,94%) e outros (0,53%). Todavia, os materiais plástico, papel/papelão, aço e outros (matéria orgânica) se mantiveram entre os quatro primeiros materiais separados, como corrobora os estudos de Nobrega *et al*. (2017, p. 876), apontando o comportamento similar com o do Brasil.

No mais, a gravimetria identificou a necessidade de introdução da coleta seletiva no aproveitamento dos RSU encaminhados para triagem na ARPA, além de enxergar nos setores 1 e 2 possíveis locais de implantação de um projeto piloto de coleta seletiva com a participação ativa dos catadores de material reciclável na distribuição de informação para população e triagem dos resíduos gerados.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante a composição gravimétrica analisada no município de Paulo Afonso/BA, ficou evidente a necessidade de aplicação de medidas que proporcionem o aumento nas taxas de reciclagem dos Resíduo Sólido Domiciliar – RSD, tendo a coleta seletiva como instrumento mais indicado para aumentar o grau de aproveitamento na triagem dos materiais.

Nesse aspecto, foi identificada, nas amostras coletadas, uma quantidade alta de matéria orgânica, que dificulta a etapa de triagem dos resíduos, causando perdas e aumento na quantidade final de resíduos sólidos disposto no aterro sanitário. A luz disto, o tratamento pela compostagem da matéria orgânica se mostra uma alternativa bastante eficiente e com impacto positivo na quantidade final de resíduos sólidos encaminhados para o aterro sanitário. Entretanto, é preciso inserir e discutir práticas de educação ambiental com os moradores para introdução da coleta seletiva, e separação do lixo seco do molhado.

No mais, os dados coletados com a pesquisa servem de informação para compor o PMGIRS na parte de diagnóstico da situação atual da gestão dos RSU, entendendo que a Lei n^0 12.305/2010, obriga os municípios a elaborar planos que contextualizem e mostrem como funciona a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados.

REFERENCIAS

ADRIANO, A. P. P; MURATA, A. T. Caracterização e quantificação de resíduos sólidos em escola pública do município de Matinhos, PR, para proposição de medidas de gestão de resíduos. ***Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental–REGET, UFSM, Santa Maria***, v. 19, n. 1, p. 30-37, 2015.

ALKMIN, D. V., RIBEIRO JUNIOR, L. U. Determinação da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos (RSU) do lixão do município de Maria da Fé, estado de Minas Gerais. *Caminhos de Geografia*, *18*(61), 65-82. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10007 – Amostragem de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

BENATTI, L. B., AZAMBUJA, M A.. (2016). Reciclagem de vidro como alternativa para concreto. ***Revista nacional de gerenciamento de cidades***, *4*(26).

BRASIL. Política Nacional dos Resíduos Sólidos. **Lei n° 12.305**, 2010

BERNARDES, C. GÜNTHER, W.M.R. Generation of Domestic Solid Waste in Rural Areas: Case Study of Remote Communities in the Brazilian Amazon. Human Ecology, 42(4): 617-623. 2014.

BISPO, A. V., GOLIN, R. F., BILEGO, R. B., DE OLIVEIRA, M. N., MELO, M. L. A RECICLAGEM DO PLÁSTICO E SUA IMPORTÂNCIA PARA O MEIO AMBIENTE. *Interfaces do Conhecimento*, *2*(3). 2020.

CABRAL, E. Considerações sobre resíduos sólidos. Disciplina de Gestão de Resíduos Sólidos, Instituto Federal de Eduarcação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) - PGTGA. 2015.

CAJAIBA, R. L., SILVA, W. B. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos de escolas publica da zona urbana e rural do município de Uruará, PA. ***SaBios-Revista de Saúde e Biologia***, *11*(2), 01-06. 2017.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM – CEMPRE. Latas de alumínio. 2015. Disponível em: http://cempre.org.br/artigo-publicacao/ficha-tecnica/id/5/latas-de-aluminio. Acesso em: 14 de dezembro de 2020.

COSTA, L. E. B.; COSTA, S. K.; REGO, N. A. C.; SILVA JUNIOR, M. F.. Gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos domiciliares e perfil socioeconômico no município de Salinas, Minas Gerais**.** Revista Ibero- Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã, v.3, n.2, 2012.

GALDINO, S. J.; MARTINS, C. H. Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos na coleta convencional de um município de pequeno porte. TECNO-LÒGICA, Santa Cruz do Sul, v.20, n.1, p.01-08, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Estimativa populacional. (2020). Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/paulo-afonso/panorama. Acesso em: 11 de julho de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Índice de Desenvolvimento Humano Municipal. (2010). Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/paulo-afonso/panorama. Acesso em: 11 de julho de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produto Interno Bruto. (2016). Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/paulo-afonso/panorama. Acesso em: 11 de julho de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Receitas realizadas. (2017). Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/paulo-afonso/panorama. Acesso em: 11 de julho de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Planos Municipais. (2013). Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/paulo afonso/panorama. Acesso em: 25 de setembro de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Domicílios com coleta de lixo. (2010). Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/paulo-afonso/panorama. Acesso em: 11 de julho de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Esgotamento sanitário. (2010). Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/paulo-afonso/panorama. Acesso em: 11 de julho de 2019.

MOREIRA, A. C. F., OLIVEIRA PACHECO, A. L., LUGON, R. D. RECICLAGEM DE RETALHOS-DESAFIOS PARA O APL DE NOVA FRIBURGO. *4º CONTEXMOD*, *1*(4). 2016.

NOBREGA, C. C., CARVALHO, M., GARCIA, H. R. D. M., FORÉS, V. I., BOVEA, M. D. Avaliação do ciclo de vida da coleta seletiva de papel e papelão no núcleo do Bessa, município de João Pessoa (PB), Brasil. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, *24*(5), 875-886. 2019.

PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO URBANO E AMBIENTAL, (PDDUA). Coleta de lixo. Paulo Afonso, BA. 2016.

PIRES, I. C. G., FERRÃO, E. G. Compostagem no Brasil sob a perspectiva da legislação ambiental. ***Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas***, *9*(01). 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PAULO AFONSO. Aspectos: área territorial. (2014). Disponível em: http://www.pauloafonso.ba.gov.br/novo/?p=turismo&i=3. Acesso em: 11 de julho de 2019.

RANUCI, R. M. C. Determinação da composição física dos resíduos sólidos urbanos produzidos na cidade de Foz do Iguaçu - PR. **Dissertação (Mestrado)** – Faculdade Dinâmica das Cataratas. Foz do Iguaçu, 2008.

ROCHA, K. D., ARAÚJO, F. D. S. D., FECURY, A. A., OLIVEIRA, E., DENDASCK, C. V., DIAS, C. A. G. D. M. Panorama nacional do ferro entre 2010 e 2014. 2017.

SANTOS, W. G., DUVOISIN JR, S., MACHADO, N. T. A reciclagem de pneus inservíveis no Brasil nos anos de 2009 a 2017. *Educamazônia-Educação, Sociedade e Meio Ambiente*, *25*(2, jul-dez), 572-584. 2020.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Indicadores municipais: Paulo Afonso/BA. (2014). Disponível em: https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNGVkYTRiZTktMGUwZS00OWFiLTgwNWYtNG

Q3Y2JlZmJhYzFiIiwidCI6IjJiMjY2ZmE5LTNmOTMtNGJiMS05ODMwLTYzNDY3NTJm
MDNlNCIsImMiOjF9. Acesso em: 26 de setembro de 2019.

SIQUEIRA, H. E.; SOUZA, A. D.; BARRETO, A. C.; ABDALA, V. L.. Composicão Gravimetrica dos Resíduos Sólidos Urbanos na Cidade de Nova Ponte (MG). ***Revista DA E***, artigo técnico, 2016.

05. CENÁRIOS AMBIENTAIS SIMULADOS COM *SYSTEMS DINAMIC* NA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE PAULO AFONSO/BA

RESUMO

A geração de resíduos sólidos é um fator de preocupação para os grandes e médios centros urbanos, e seu aumento segue a tendência de crescimento populacional. Nesse sentido, os processos de gestão envolvem diversos fatores que acabam tornando a solução para os problemas bastante complexos, e exigem a construção de planos de gestão que se enquadrem a realidade aplicada. Com esse intuito, a modelagem de sistemas proporciona uma visão mais ampla sobre as diversas etapas da gestão dos resíduos sólidos, como o incentivo à reciclagem de materiais e a economia de energia elétrica com o processo. O objetivo da pesquisa é proporcionar a criação de cenários ambientais para o município de Paulo Afonso/BA, que auxilie como subsídio de informações para elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada para Resíduos Sólidos – PMGIRS, possibilitando aplicação de medidas mais assertivas. Para tanto, é feito o uso da metodologia da dinâmica de sistemas, com a utilização do *software* Vensim na elaboração dos cenários. Os resultados mostraram a construção do cenário atual e hipotético da gestão dos resíduos sólidos urbanos no munícipio de Paulo Afonso/BA, entendendo os impactos com adoção de medidas mais sustentáveis. Nesse contexto, a pesquisa fornece informações relevantes para composição do prognóstico do PMGIRS, além de fornecer uma visão sobre a gestão dos resíduos sólidos em um cenário de 10 anos. Conclui-se que a implementação de medidas alinhadas com a PNRS se torna de suma importância para diminuir os impactos gerados pelos resíduos sólidos no meio ambiente.

Palavra-chave: Cenários Ambientais, Dinâmica de Sistemas, Gestão de resíduos sólidos.

ABSTRACT

The generation of solid waste is a factor of concern for large and medium-sized urban centers, and its increase follows the trend of population growth. In this sense, management processes involve several factors that end up making the solution to very complex problems, and require the construction of management plans that fit the applied reality. To that end, systems modeling provides a broader view of the various stages of solid waste management, such as encouraging the recycling of materials and saving electricity with the process. The objective of the research is to provide the creation of environmental scenarios for the city of Paulo Afonso / BA, which helps as an information subsidy for the elaboration of the Municipal Plan for Integrated Management for Solid Waste - PMGIRS, enabling the application of more assertive measures. For that, the system dynamics methodology is used, using the Vensim software in the elaboration of scenarios. The results showed the construction of the current and hypothetical scenario of solid urban waste management in the city of Paulo Afonso / BA, understanding the impacts with the adoption of more sustainable measures. In this context, the research provides relevant information for the composition of the PMGIRS prognosis, in addition to providing an insight into the management of solid waste in a 10-year scenario. It is concluded that the implementation of measures aligned with the PNRS becomes extremely important to reduce the impacts generated by solid waste on the environment.

Key words: Environmental Scenarios, Systems Dynamics, Solid Waste Management.

5.1 INTRODUÇÃO

O aumento na geração de resíduos sólidos no decorrer do tempo é um dos problemas sanitários que necessita da busca por soluções nos centros urbanos. As informações contidas no Panorama 2020 da ABRELPE apontam a geração de 79 milhões toneladas de resíduos sólidos, ao comparar com o panorama de 2010, conferindo um aumento de 12 milhões de toneladas. Diante do cenário de geração, se faz necessário o uso de tecnologias que possam facilitar o entendimento sobre aspectos referentes ao gerenciamento dos resíduos sólidos. Nesse contexto, a dinâmica de sistemas se torna um instrumento metodológico para fornecer informações sobre tendências de comportamento da gestão dos resíduos sólidos.

Em uma visão geral, para compreender a dinâmica de sistemas é preciso entender as etapas até chegar à construção de cenários, tendo em vista que a dinâmica de sistemas está inserida na simulação computacional, que tem como objetivo gerar modelos de sistemas que permitam a construção de cenários mais próximos da realidade.

No que concerne a simulação de sistema, a principal etapa é a criação do modelo lógico que será utilizado, desse modo, o modelo estruturado busca realizar um conjunto de suposições e aproximações ao máximo da realidade, com uso de cálculos quantitativos e bem estruturados, buscando representar o sistema sob diversas condições do mundo real (SERNA; RIVERA, 2018 p. 77).

É preciso compreender que um modelo é adotado também quando se precisa aprender mais sobre determinado sistema real, sendo, muitas vezes, mais barato realizar as experimentações computacionais, ao invés de realizar o experimento em seu tamanho real, podendo gerar custos elevados e gastos de tempo. Outra aplicação é caso o sistema seja inexistente, podendo ser feito apenas pela simulação computacional. Com base nessas informações, a quantidade de simplificações que o modelo gera em razão das distorções, acaba por afetar os resultados que serão obtidos pelo modelo simulado e pelo sistema real, ou seja, é preciso que ocorra a monitoramento da simulação realizada e se os resultados obtidos condizem com o sistema real no qual foi representado (NEGRINI *et al*., 2019)

Como consequência, a simulação de sistemas possui diversas aplicações, nas mais diversas áreas do conhecimento, podendo ser vista em uma visão interdisciplinar que dialoga sempre com outras áreas. As aplicações na construção de modelos pela simulação de sistemas vão desde controle da produção de alimentos, monitoramento do fluxo de papéis dentro do

escritório, e controle do trânsito nas cidades, dos materiais utilizados em cirurgias dentro do hospital. À luz disso, Simonetto *et al.* (2016) ressaltam que os benefícios provenientes da utilização da dinâmica de sistemas, na análise de cenários para reciclagem, permite decisões ambientais mais precisas, que evidenciam os ganhos econômicos e energéticos.

Nos estudos de Rizzetti *et al*. (2016), a modelagem e simulação computacional é aplicada nos estudos referentes a reciclagem dos resíduos, na construção de horizontes futuros para compreender os impactos da ausência de programas de coleta seletiva, tendo em vista que a geração de resíduos sólidos em cidades e municípios é crescente a cada ano e, por isso, demanda medidas efetivas e pontuais na gestão dos RSU.

Em um estudo mais recente, Zwicker *et al*. (2019) utilizaram a dinâmica de sistemas para construir cenários que possam avaliar a geração e disposição final de resíduos eletrônicos em uma instituição de ensino superior, utilizando dados fornecidos pela instituição no período de 10 anos na compra de materiais. A partir das informações obtidas, foram feitas simulações que demonstravam a quantidade de resíduos eletrônicos gerados e dispostos pela instituição, propondo como uma das soluções a reutilização do lixo eletrônico em comunidades.

À luz disto, a dinâmica de sistema permite a utilização de diversos tipos de *softwares*, com o objetivo de fazer simulações sempre que for necessário para representar a realidade. Nessa visão, os *softwares* utilizados na dinâmica de sistema contam com o auxílio de sistemas de equações diferenciais que aparecem por trás da interface gráfica. O *software* escolhido para o desenvolvimento da pesquisa foi o *Vensim* versão *PLE*, produzido pela *Ventana Systems,* que possui uma versão gratuita para uso comercial, de governo, consultorias e educacionais. Além de conter em seu portfólio aplicações para construção de cenários ambientais (VENTANA SYSTEMS, 2019).

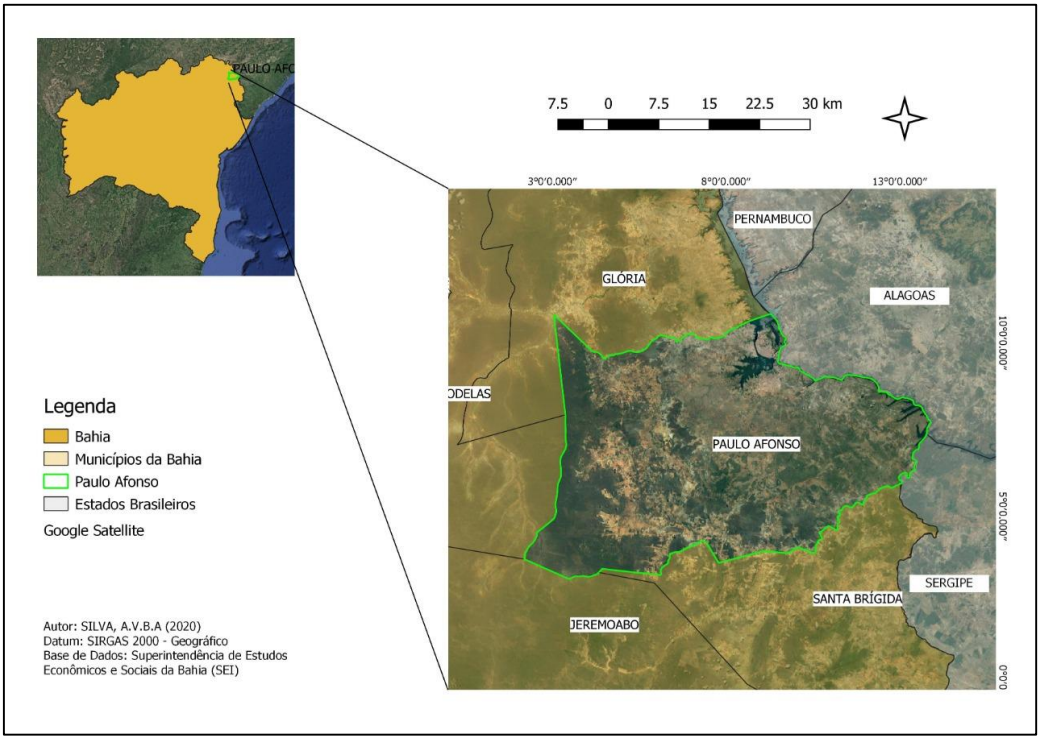
Torna-se notável a importância do uso da dinâmica de sistemas para construção de cenários ambientais, principalmente aplicada a problemática dos resíduos sólidos. A luz disto, o objetivo da pesquisa é utilizar a dinâmica de sistema como metodologia para elaborar cenários ambientais, que auxilie como subsídio de informações para elaboração do Plano Municipal de Gestão Integrada para Resíduos Sólidos – PMGIRS, possibilitando aplicação de medidas mais assertivas.

5.2 METODOLOGIA

5.2.1. Delimitação e caracterização da área de estudo

O município pesquisado está localizado geograficamente nas seguintes coordenadas 9º 24' 22" de latitude sul e 38º 12' 53" de longitude oeste. Com uma população estimada de 118.516 habitantes (IBGE, 2020), densidade demográfica de 68,62 hab/km^2, área de 1.545,191 km^2 e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,674 (IBGE, 2010). Na figura 5.1 é possível observar a delimitação geográfica do município.

Figura 5.1 – Mapa de localização do Município de Paulo Afonso/BA.



Fonte: Silva, 2019.

Desta forma, a cidade de Paulo Afonso pertence à microrregião homogênea 147, sendo limitada ao norte pelo município de Glória, ao sul por Santa Brígida e Jeremoabo, e pelo Estado de Sergipe, a leste pelo Estado de Alagoas e a oeste pelo município de Rodelas, caracterizando como um território bastante estratégico para elaboração de planos de gestão integrados (PREFEITURA MUNICIPAL DE PAULO AFONSO, 2014).

Segundo o técnico de meio ambiente, por meio de entrevista realizada em 2018, a coleta de RSU no município chega a 150 toneladas/dia, o que representava anualmente uma quantia de 54.000 toneladas de resíduos produzidos. Segundo informações não oficiais, porém

observadas *in loco, em* outdoor de uma via municipal, a geração mensal de resíduos chega a 3.600 toneladas, somando ao final do ano o montante de 43.200 toneladas.

Nesse contexto, quase todo sistema de coleta dos resíduos sólidos da cidade é feito por empresas terceirizadas, sendo alguns apenas de ordem emergencial, o que contabiliza 96% dos RSU coletados pela prefeitura municipal e os demais materiais coletados por empresas particulares. Ainda em relação a coleta, a área de abrangência engloba os povoados maiores que estão localizado ao redor do centro urbano (PDDUA, 2016).

Ainda com base no diagnóstico do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental – PDDUA do município, foi construído em agosto de 2014, o aterro sanitário da cidade (Figura 5.2), com o objetivo de atender a Lei Federal 12.305/2010. O aterro foi construído próximo ao Povoado Campus Novos, com o objetivo de extinguir os lixões a céu aberto. O terreno de propriedade do poder público municipal possui uma área total de 282.531,00 m², que recebe todo o resíduo domiciliar da área urbana. O empreendimento funciona com licença de operação emitida pela Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA).

Figura 5.2 – Aterro sanitário no Povoado Campos Novos.

Foto: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019.

A infraestrutura do aterro conta com: Prédio administrativo; Abrigo para máquina; Guarita; Áreas de estocagem, de tanques; de manobras; Área para quatro células com base coberta por geomembranas; Área da reserva legal; Sistema de drenagem de gás e queimadores de gases; Sistema de drenagem de Chorume; Sistema de drenagem Pluvial superficial e subsuperficial.

A operação no aterro dá-se da seguinte forma: com a utilização de uma carregadeira e um caminhão, o lixo é transportado, desde a UTC onde foram separados até o aterro sanitário onde é pesado e disposto nas células; com a utilização de um trator de esteira, o lixo é espalhado e compactado, não havendo recobrimento com solo da pilha de resíduo. Quando atingidas as cotas finais de projeto, o aterro é fechado com a colocação de uma camada de 0,40 m de solo local e após será efetuado o plantio de grama (PAULO AFONSO, 2012).

5.2.2. Hipótese dinâmica da pesquisa

A hipótese dinâmica tem como interesse cogitar a teoria que gira em torno do problema, analisando o seu modo de se comportar e observando quais as variáveis envolvidas dentro do sistema (RIZZETTI *et al*., 2016).

Para este estudo, foram incorporadas 5 variáveis básicas na simulação dos cenários: variação populacional, geração de RSU, economia de energia elétrica, tipos de materiais que tem características para serem reciclados e danos ambientais gerados para construção de aterros sanitários. Nessa etapa, o objetivo foi desenvolver uma hipótese que explique a dinâmica e as interações da estrutura interna do sistema entre as variáveis e os agentes representados. À luz disto, adotou-se a seguinte hipótese dinâmica do modelo da dinâmica de sistemas como sendo: "O crescimento populacional, está diretamente ligada a quantidade de resíduos sólidos gerados pelas pessoas que compõem a população urbana, possuindo influência direta na quantia total de RSU gerados e reciclados, impactando na economia de energia elétrica aplicada na reciclagem de materiais e, porventura, influenciando no meio ambiente pela utilização de áreas para construção de aterros sanitários".

5.2.3. Objetivo

A pesquisa tem como objetivo realizar a construção de cenários ambientais para gestão dos RSU do município de Paulo Afonso/BA, no auxílio de informações para elaboração do PMGIRS, permitindo respostas mais precisas.

5.2.4. Coleta e análise de dados

A coleta e análise dos dados obtidos foram provenientes das observações encontradas no trabalho de gravimetria dos resíduos sólidos e documentos (SNIS, IBGE, ABRELPE, SEMA), que forneceram os valores das taxas utilizadas nas simulações para construção dos cenários ambientais. As simulações foram feitas em um computador modelo A515-51UX, com processador Intel Core i5, 2.5GHz, memória de 8GB e HD de 1000GB, sendo totalmente suportável a capacidade apresenta pela máquina utilizada.

As simulações realizadas partiram do cenário atual da gestão dos RSU no município, e as simulações foram feitas em dois cenários: Simulado (CS1) e Simulado Positivo (CS2), em um período de 10 anos. O CS1 utiliza como base os dados atuais do município e as taxas variam sem a criação de medidas para a gestão dos resíduos, já o CS2 possui como base o cenário atual e são feitas variações possíveis nas taxas para construção de um cenário mais positivo com a adoção de medidas. No mais, foram colocadas as premissas que levaram a construção de cada cenário e os resultados que podem ser obtidos.

As equações utilizadas na construção dos cenários ambientais foram extraídas dos estudos de Simonetto e Lobler (2014) e Simonetto *et al.* (2014). Para compreender a metodologia aplicada no estudo, foram elencados todos os indicadores que foram analisados na pesquisa e suas respectivas equações e taxas: Geração de RSU (I01), Energia elétrica economizada com reciclagem (I02), Reciclagem de RSU (I03), Disposição final em aterro sanitário (I04), Danos ambientais por área ocupada (I05).

I01 – Geração de RSU

O indicador permite observar o comportamento do município quanto à geração de RSU no decorrer do tempo. Para isso, utiliza o crescimento populacional e a geração *per capita* de resíduos diários por habitante na construção dos CS1 e CS2. O quadro 5.1 descreve as equações que foram empregados para elaboração das simulações de ambos os cenários.

Quadro 5.1 – Equações aplicadas no *software* para "geração de RSU".

Indicador – I01: Geração de RSU	
População(t) = NasciPop(t) – MortePop(t)	MortePop(t) = (TaxaMorte*População(t))
NasciPop(t) = (TaxaNasci*População(t))	**GeraçãoRSU (t) = população(t)*RSUPerCapita*30*12/1000**

Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019.

As equações evidenciadas acima foram aplicadas para construção dos cenários CS1 e CS2, utilizando os valores das taxas iniciais do cenário atual como mostra o quadro 5.2.

Quadro 5.2 – Cenário ambiental: "geração de RSU".

Indicador – I01: Geração de RSU atrelado ao crescimento populacional			
Taxas	**Cenário atual**	**Cenário simulado** (Considerando 10 anos) 2021-2031 **CS1**	**Cenário simulado POSITIVO** (10 anos) 2021-2031 **CS2**
	Diagnóstico com dados atuais	Extrapolação dos dados	Modelagem dos dados
Crescimento populacional	População = 117.782 Taxa natalidade = 14,81 Taxa mortalidade = 5,5.	Foram consideradas as taxas atuais de natalidade e mortalidade do município.	Foram consideradas as taxas atuais de natalidade e mortalidade do município.
Geração de RSU	Geração de RSU = 43.200 ton/ano Geração *Per capita* = 1,48kg/hab/dia.	Nesse cenário foi considerada uma geração que evoluiu anualmente a 1% em relação ao RSU *Per capita*.	A taxa de geração permaneceu estática até o fim da simulação, e não foi considerado o crescimento anual de 1%.

Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019.

Em adição, cada cenário partiu de algumas premissas pré-estabelecidas para sua construção:

- No CS1, o crescimento populacional considerou que as taxas de natalidade e mortalidade permaneceram estáticas no período de 10 anos, assumindo que para os valores permanecerem assim o município criou medidas de prevenção, com campanhas de controle da natalidade;
- Quanto a geração de RSU no CS1, foi observada uma taxa anual de crescimento na geração de resíduos de 1%, quando realizado cálculos com valores de anos anteriores do município;
- Já no CS2, o crescimento populacional teve o mesmo comportamento do CS1;
- E a geração de RSU se manteve estática ao longo dos 10 anos, sem o aumento anual de 1%, a premissa para que a geração *per capita* não aumentasse seria que a população seria estimulada a consumir de forma consciente, utilizando apenas o necessário, através de práticas educativas desde a infância até a fase adulta.

I02 e I03 – Energia elétrica economizada e Reciclagem de RSU

Os indicadores estão interligados e mostram a economia de energia elétrica gerada com o aproveitamento dos materiais na reciclagem no período estipulado, além de indicar o valor total de cada material que foi reciclado no processo (Aço, Alumínio, Papel, Plástico, Vidro), o quadro 5.3 evidencia as equações aplicadas no software para simulação.

Quadro 5.3 – Equações aplicadas no *software* para "economia de energia elétrica".

Indicadores – I02 e I03: Energia elétrica economizada com reciclagem
AcoRecic(t) = (GeracaoRSU(t)*TaxaPercAco)*TaxaAcoRecic
AluminioRecic(t) = GeracaoRSU(t)*TaxaPercAluminio)*TaxaAluminioRecic
PapelRecic(t) = (GeracaoRSU(t)*TaxaPercPapel)*TaxaPapelRecic
PlasticoRecic(t) = (GeracaoRSU(t)*TaxaPercPlastico)*TaxaPlasticoRecic
VidroRecic(t) = (GeracaoRSU(t)*TaxaPercVidro)*TaxaVidroRecic
Aço(t) = AcoRecic(t)
Aluminio(t) = AluminioRecic(t)
Papel(t) = PapelRecic(t)
Plastico(t)= PlasticoRecic(t)
Vidro(t) = VidroRecic(t)
EconomiaEnergia(t) = Papel(t)*3510 + Alumínio(t)*16850 + Aço(t)*27 + Plástico(t)*5300 + Vidro(t)*42

Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019.

Os valores que constam na equação economia de energia foram obtidos nos estudos de Simonetto *et al.* (2014), com a quantidade de energia gasta para cada material reciclável, sendo o papel 3.510 Kwh/t, alumínio 16.850 Kwh/t, aço 27 Kwh/100 t, plástico 5.300 Kwh/t e vidro 42Kwh/t. O quadro 5.4 descreve o comportamento da gestão atual dos RSU, e como as taxas oscilam nos cenários CS1 e CS2.

Quadro 5.4 – Cenário ambiental: "economia de energia elétrica e reciclagem".

Indicadores – I02 e I03: Economia de energia e Reciclagem de materiais			
Taxas	**Cenário atual**	**Cenário simulado** (Considerando 10 anos) 2021-2031 **CS1**	**Cenário simulado POSITIVO** (10 anos) 2021-2031 **CS2**
	Diagnóstico com dados atuais	Extrapolação dos dados	Modelagem dos dados
Taxa de composição gravimétrica	A taxa gravimétrica do município é: Aço = 1,74% Alumínio = 12,66% Papel = 42,53% Plástico = 41,60% Vidro = 0,94%.	Não houve alteração do índice de composição gravimétrico dos materiais reciclados com relação à geração.	Nesse cenário, foi considerado um aumento de 50% ao longo dos 10 anos para cada material gerado.
Taxa de reciclagem dos materiais	Os valores das taxas são do Ministério do Meio Ambiente (2012): Aço = 35% Alumínio = 36% Papel = 43% Plástico = 19% Vidro = 21%	Nesse cenário, se considerou um aumento de 0,3% nas taxas de reciclagem (ao ano), para cada material reciclado.	Nesse cenário, houve um crescimento de 30% na taxa de reciclagem nos primeiros cinco anos, para cada material. E no 6ª ano até o 10ª ano considerou-se um aumento de 40%.

Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019.

As premissas para simulação dos cenários, a partir da economia de energia elétrica, foram os dados encontrados sobre a economia de energia elétrica com a reciclagem nos estudos de Simonetto *et al.* (2014), a taxa de gravimetria dos materiais foi obtida pelos cálculos de Ranuci (2008) e Costa *et al.* (2012), a fórmula da equação e a taxa de reciclagem com os dados encontrados no PNRS – Plano Nacional de Resíduos Sólidos (2012):

- No CS1, não ocorre alteração nenhuma no índice da composição gravimétrica dos resíduos, assumindo que o município não proporcionou incentivos para triagem;
- Ainda no CS1, a taxa de aumento da reciclagem de materiais nesse cenário sofreu um aumento de apenas 0,3% ao ano, essa porcentagem foi adotada pelo número de indústrias de reciclagem que compram os materiais da ARPA ter diminuído, além da necessidade de criação de um programa de coleta seletiva no município.
- No CS2, houve um aumento de 5% a cada ano, totalizando ao final do décimo ano um aumento de 50% na gravimetria dos RSU. Para alcançar essa porcentagem na gravimetria, partiu-se do pressuposto que foram incorporados práticas de coleta seletiva,

organização da estrutura do galpão de triagem, que possui diversos problemas, tanto de manutenção do maquinário como da estrutura geral, e aquisição de equipamentos mais novos, que podem ser financiados pela prefeitura local ou governo federal.

- A taxa de reciclagem dos materiais no CS2 cresceria 6% nos primeiros cinco anos, somando 30%, e mais 8% até o final do décimo ano totalizando mais 40%. Para obter esses valores, o município precisa fornecer a ARPA subsídios através de parcerias com indústrias de reciclagem próximas à cidade de Paulo Afonso, custos com possíveis transportes de materiais, incentivar a logística reversa de materiais e atrair indústrias de reciclagem que possam se estabelecer na cidade por meio da iniciativa de isenção fiscal para recebimento dos recicláveis e reintrodução de recicláveis na forma de novos bens.

I04 – Disposição final em aterro sanitário

O indicador I04 se propõe a observar a quantidade de rejeitos que serão possivelmente enviados para o aterro sanitário do município de acordo com os cenários simulados. No quadro 5.5 são colocadas as equações empregadas na simulação para a disposição final no aterro sanitário, com a utilização da geração RSU calculado no indicador I01 e multiplicado a taxa de envio para aterro sanitário.

Quadro 5.5 – Equações aplicadas no *software* para "disposição final".

Indicador – I04: Disposição final no aterro sanitário
EnvioAterro(t) = GeraçãoRSU(t)*TaxaAterro **AterroSanitário(t) = EnvioAterro(t)**

Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019.

O interesse no indicador é observar a quantidade de material disposto com as taxas de reciclagem praticadas atualmente e com o aumento das taxas futuramente, comprovando que quanto maior os índices de reciclagem menor a quantidade de resíduos dispostos. O quadro 5.6 mostra os cenários simulados CS1 e CS2 e como a taxa de envio para aterro sanitário se comporta em ambas as simulações, sendo a taxa base utilizada de 59,5%, a mais recente do Brasil, encontrada no panorama para os resíduos sólidos urbanos da ABRELPE (2019).

Quadro 5.6 – Cenário ambiental: "disposição final no aterro sanitário".

Indicadores – I04: Disposição final no aterro sanitário			
Taxas	**Cenário atual**	**Cenário simulado** (Considerando 10 anos) 2021-2031 **CS1**	**Cenário simulado POSITIVO** (10 anos) 2021-2031 **CS2**
	Diagnóstico com dados atuais	Extrapolação dos dados	Modelagem dos dados
Taxa de envio aterro	A taxa de disposição em aterros sanitários atualmente no Brasil é de 59,5%.	Nesse cenário, a taxa de envio permanece a mesma 59,5% e não é alternada ao longo dos anos.	Nesse caso ocorre uma redução de 10% na taxa de 59,5% durante o período de 10 anos.

Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019.

As premissas para o indicador de disposição final dos RSU que foram apresentadas no quadro 4.6 são:

- No CS1, a taxa de 59,5% permanece a mesma no decorrer dos 10 anos simulados. Para tanto, se parte da ideia de que outras formas de disposição estão sendo utilizadas, tanto formas adequadas ambientalmente, como formas incorretas.
- No CS2, acontece uma redução de 1% ao ano, totalizando 10% no final do período simulado, sendo que a redução na taxa de 59,5% ocorre em virtude do maior aproveitamento dos RSU pela coleta seletiva e reciclagem.

I05 – Utilização de área para disposição de RSU

O último indicador assume que para realização o cálculo para área ocupada em 1 m^3 de RSU compactado, compreendendo que quanto maior for disposição final no aterro sanitário maior será a área utilizada. No quadro 5.7 é exposta a equação para o cálculo da área utilizada.

Quadro 5.7 – Equações aplicadas no software para "área utilizada".

Indicador – I05: Área ocupada por m^3
AreaUtilizada(t) = AterroSanitario(t)/RSUm^3
RSUm^3 = 220*4 = 880 kg m^3

Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019

O valor da quantidade de RSU produzido por m^3 foi obtido nos estudos de Portella, Neto e Manfio (2012), e adequado para a quantidade de habitantes que vivem no município de Paulo

Afonso/BA. O quadro 5.8 apresenta o comportamento da área utilizada atualmente e nas simulações CS1 e CS2.

Quadro 5.8 – Cenário ambiental: "área utilizada".

Indicadores – I05: Utilização de área			
Taxas	**Cenário atual**	**Cenário simulado** (Considerando 10 anos) (2021-2031) **CS1**	**Cenário simulado POSITIVO** (10 anos) 2021-2031 **CS2**
	Diagnóstico com dados atuais	Extrapolação dos dados	Modelagem dos dados
Área utilizada	RSU por m^3 = 880 kg/m^3.	Assume-se, para cálculo de área ocupada, que em 1 m3 são depositados 880 kg de RSU compactado.	Também se assume, para cálculo de área ocupada, que em 1 m_3 são depositados 880 kg de RSU compactado.

Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019

Em ambas as simulações CS1 e CS2 os valores depositados por m^3 permaneceram os mesmos, assumindo que o trabalho realizado dentro do aterro sanitário busca o aproveitamento possível da área utilizada dentro da célula. Todavia o indicador I05 é afetado pelo I04 que sofre oscilações em suas taxas e interfere na área utilizada.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O tópico apresenta os resultados obtidos com aplicação do *software* Vensim PLE, no desenvolvimento de cenários para gestão dos RSU no munícipio de Paulo Afonso/BA. Para realização das simulações, foram utilizados dados disponibilizados pela Secretaria de Meio Ambiente – SEMA e dados obtidos em documentos, artigos e outros tipos de trabalho na mesma área. A análise dos resultados foi dividida em quatro partes:

1. Diagnóstico atual da gestão, com o levantamento dos dados;
2. Cenário simulado – CS1, construído a partir dos dados atuais da gestão, e sem a implementação de medidas sustentáveis (prognóstico) – Apêndice F;
3. Cenário simulado positivo – CS2, são utilizadas as taxas atuais da gestão, mas sua variação ocorre com aplicação de medidas sustentáveis (prognóstico) – Apêndice F;
4. Análise comparativa entre os cenários simulados CS1 e CS2.

5.3.1. Diagnóstico atual da gestão dos RSU

Com levantamentos realizados, foi construído o quadro 5.9 que exibe o diagnóstico atual dos indicadores aplicados na simulação dos cenários para gestão dos RSU. Os dados foram obtidos na SEMA, Coordenação de Vigilância Sanitária e ARPA. O restante das informações foi encontrado no panorama para RSU da ABRELPE, no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, Ministério do Meio Ambiente e Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos – SINIR.

Quadro 5.9 – Diagnóstico da gestão dos RSU no município.

Indicadores	Diagnóstico atual
Crescimento Populacional	População = 117.782 habitantes. Taxa de natalidade = 14,81%. Taxa de mortalidade = 5,5%.
Geração de RSU	A geração anual de RSU = 43.200 toneladas de resíduos. Geração *per capita* = 1,48 kg/hab/dia. A gravimetria dos RSU separados no ano de 2019 pela ARPA foi a seguinte: Aço = 1,74%. Alumínio = 12,66%. Papel/Papelão = 42,53%. Plástico = 41,60%. Vidro = 0,94%.
Economia de energia elétrica	A economia de energia elétrica com a reciclagem dos RSU é nenhuma, de modo, que todos os resíduos separados são vendidos para empresas de reciclagem fora. Os valores utilizados como base para cada categoria de material foram obtidos na pesquisa de Simonetto *et al*. (2014): Papel/Papelão = 3.510 Kwh/t Alumínio = 16.850 Kwh/t Aço = 27 Kwh/t Plástico = 5.300 Kwh/t Vidro = 42Kwh/t.
Reciclagem RSU	A ARPA possui duas empresas de reciclagem que compram os materiais separados. São reciclados apenas 3% dos resíduos gerados no município. Para aplicação no software foram utilizadas as taxas de reciclagem mais recentes no Brasil: Aço = 35% Alumínio = 36% Papel/Papelão = 43% Plástico = 19% Vidro = 21%.
Disposição final	A disposição final após a etapa de triagem é no aterro sanitário localizado no Povoado Campos novos, o aterro possui quatro células para disposição dos rejeitos, sendo que uma já atingiu sua capacidade máxima. No Brasil a disposição final em aterros sanitários representa 59,5%.
Área utilizada	O terreno de propriedade do poder público municipal possui uma área total de 282.531,00 m², que recebe todo o resíduo domiciliar da área urbana. A área utilizada = 27.646,09 m^2. A quantidade de RSU/m^3 = 880 kg/m^3.

Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019

No banco de dados do SINIR, existem poucas informações sobre a gestão dos RSU de Paulo Afonso. Dentre os dados que não constam, estão: a geração de resíduos sólidos anualmente, a geração *per capita* de resíduos por habitante e dados sobre a gravimetria dos tipos de resíduos. Outro ponto de deficiência verificado é a ausência de qualquer tipo de coleta seletiva, o que dificulta o trabalho de triagem dos resíduos no galpão pelos catadores.

Na ARPA, foram verificados alguns entraves que dificultam a separação dos materiais, como: a falta de clientes para venda do material - segundo informações obtidas, a Associação possuía seis empresas que compravam os produtos separados, sendo que atualmente o número é de apenas duas; o vidro atualmente não é reciclado pela ausência de uma empresa que possa comprar o material e, além disto, alegaram que não existe lucro na venda para empresas mais distantes devido o transporte. A ausência de indústrias pode simbolizar a dificuldade de empresas de reciclagem se manterem ativas pela falta de iniciativas do governo, todavia, a Lei n^0 12.305/2010, incentiva o fortalecimento da reciclagem com incentivos financeiros e tecnológicos, além disto, outro hipótese é que o número pequeno de empresa para comercialização está ligada a problemas internos de gestão da associação.

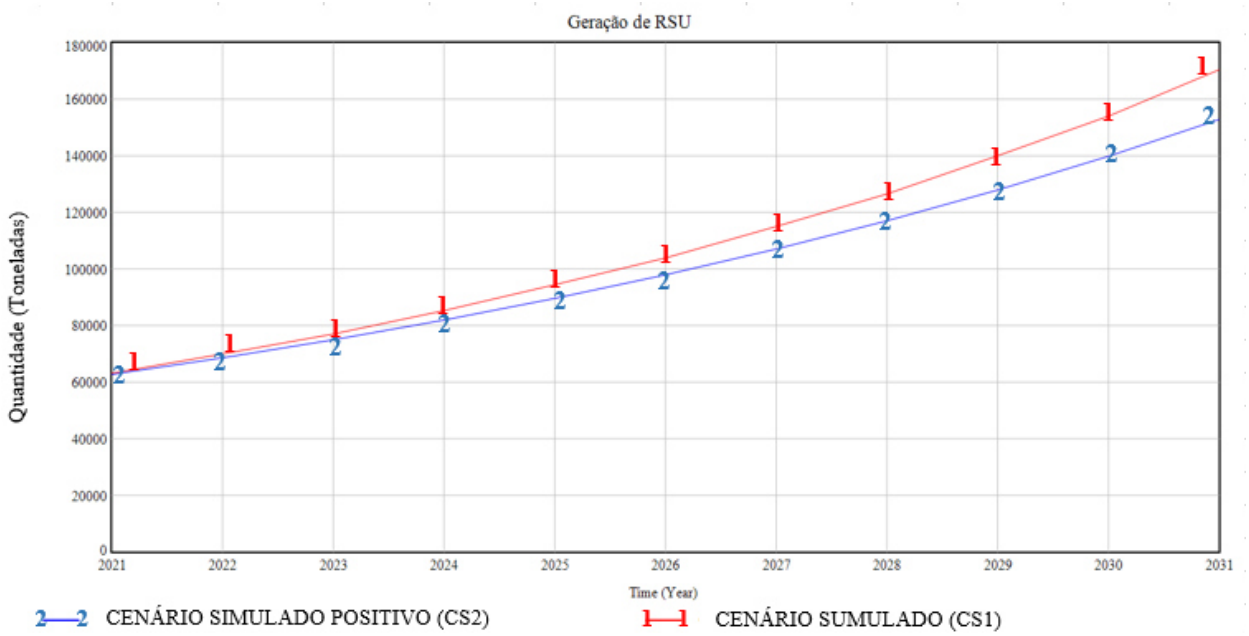
Com relação a matéria orgânica, não existe nenhum tipo de beneficiamento com a técnica de compostagem. Segundo informações fornecidas pela ARPA, existia a compostagem da matéria orgânica, mas ao serem realizados testes de qualidade, foi averiguado que o húmus gerado pela compostagem estava fora dos padrões de utilização, devido os resíduos chegarem para triagem misturados com resíduos secos, que possui em sua composição materiais químicos. A quantidade de resíduo orgânico gerado pelo município se assemelha a condição nacional de geração, com 45,3% composta por matéria orgânica (ABRELPE, 2020, p. 40).

Outro material que não é feito nenhum aproveitamento são os pneus, que tem sua destinação dada diretamente para o aterro sanitário. No local, foram verificados alguns problemas de gerenciamento interno, tais como: monitoramento da quantidade diária de resíduos que são dispostos, falta de cobertura dos resíduos dentro das células para evitar mal cheiro, roedores, aves e outros vetores. A administração do aterro sanitário, até o presente momento, é feita pela própria prefeitura que, conforme informado, pretende contratar uma empresa para fazer a administração do local. Na Região Nordeste, segundo a ABRELPE (2020), foram encaminhados para aterros sanitários 5.686.700 toneladas de rejeitos, representando 35,6% das formas de disposição final, sendo aterro controlado (32,9%) e lixões (31,5%).

5.3.2 Análise comparativa entre cenários

A análise e modelos individuais de cenário construídos constam nos Apêndices E e F. Sendo realizada nessa etapa a comparação no comportamento dos indicadores em ambas as simulações, pontuando os benefícios com a implementação de medidas mais sustentáveis na gestão dos RSU. A geração de RSU (I01) foi o primeiro indicador comparado na figura 5.3 descreve o comportamento do I01 no tempo simulado de 2021 até 2031.

Figura 5.3 – Geração de RSU em CS1 e CS2

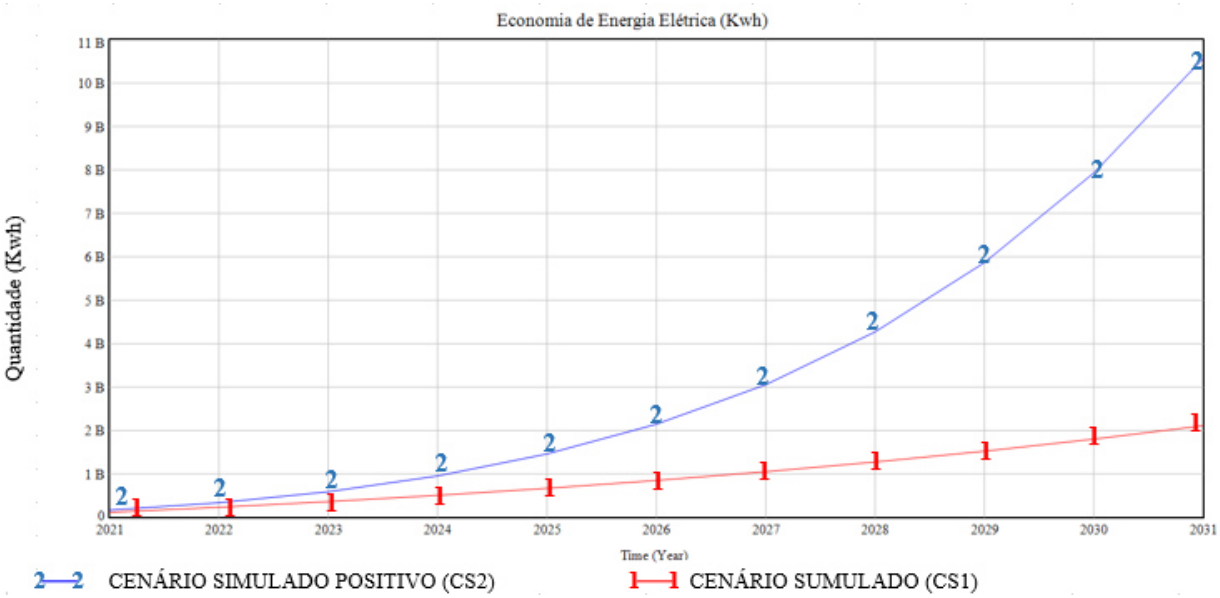


Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020. Retirado de: Vensim PLE 7.3.5 (Single Precision) x32.

Em CS1 a quantidade de RSU total chegaria a 1.196.448 toneladas; no cenário CS2 o valor obtido seria de 1.117.465,2 toneladas, uma redução de 78.982 toneladas de RSU gerados, ou seja, com diminuição de 7% no acréscimo de resíduos sólidos. A redução na quantidade gerada pode ser atribuída ao controle populacional e aplicação do primeiro objetivo hierárquico da PNRS, para não geração dos resíduos sólidos, com a conscientização dos moradores.

Na comparação economia de energia elétrica com a reciclagem, a figura 5.4 descreve o comportamento dos valores nas simulações CS1 e CS2, a partir de alterações feitas nas variáveis que compõem o sistema, observando os impactos na economia de energia elétrica com a reciclagem reintrodução dos resíduos coletados como matéria prima na fabricação de novos produtos.

Figura 5.4 – Economia de energia elétrica em CS1 e CS2.



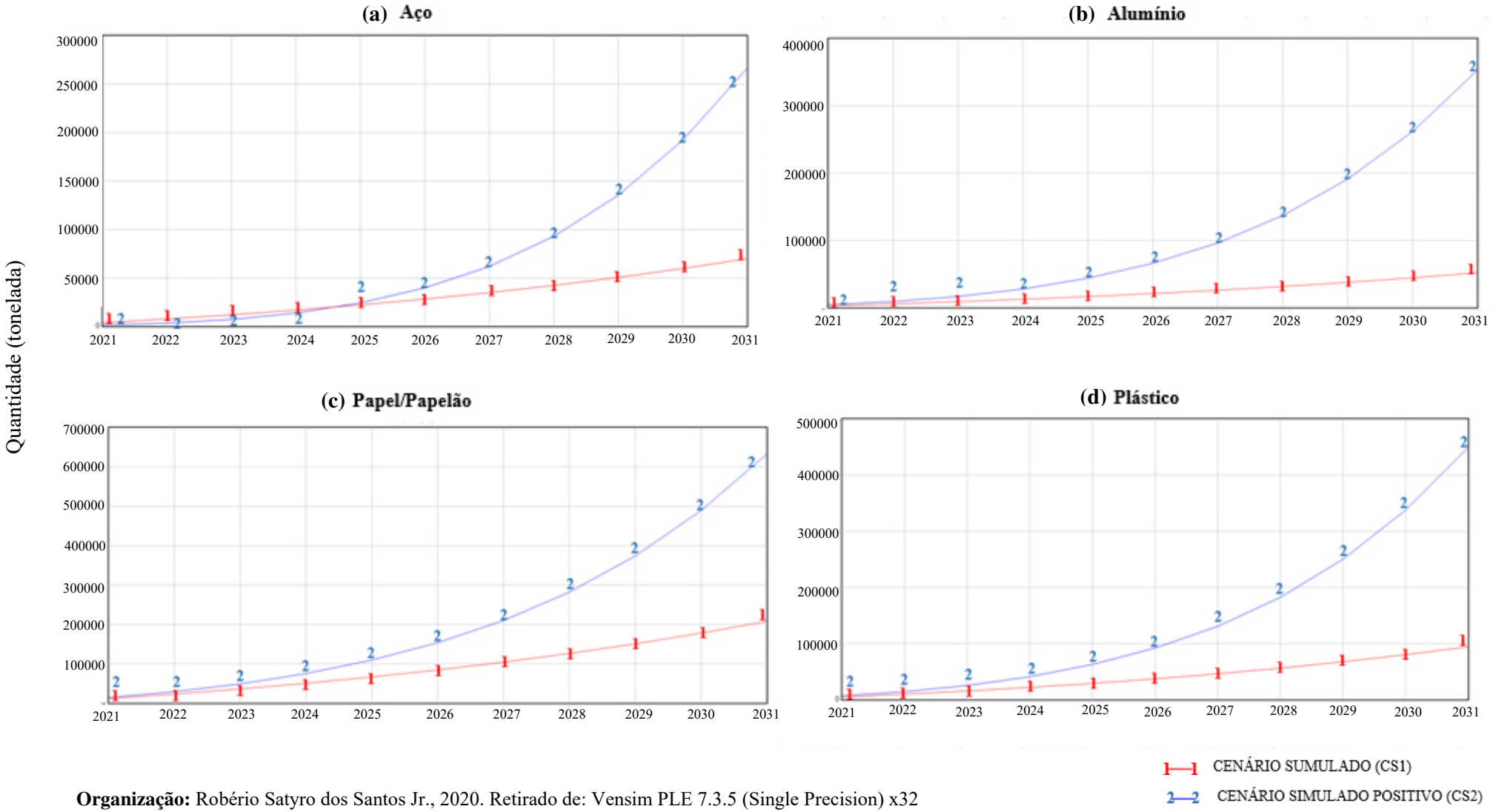
Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020. Retirado de: Vensim PLE 7.3.5 (Single Precision) x32.

A soma total de energia elétrica economizada em CS1 chegaria a 10.486.831.320 Kwh/ano, e em CS2 no valor de 37.341.757.000 Kwh/ano, uma diferença entre cenários de 26.854.925.680 Kwh/ano, ou seja, um aumento de 72% em comparação com CS2. Em relação a soma total em dez anos, o valor em CS1 chegaria a 2 bilhões de Kwh em economia de energia com a reciclagem, já em CS2 esse valor seria muito maior, chegando a quantia de 10 bilhões de Kwh. Nos estudos de Simonetto *et al*. (2014, p. 3), a reciclagem dos materiais pode proporcionar uma economia de energia elétrica em 95% no processo produtivo.

É preciso ressaltar que o cenário CS2 apresenta melhores resultados, devido a melhoria nas taxas de reciclagem e composição gravimétrica dos RSU, de modo que no primeiro cenário não houve aumento na taxa de gravimetria, pois o município não possui a coleta seletiva incorporada a gestão atual dos RSU, além do número reduzido de empresas de reciclagem para venda do material triado pela ARPA. O cenário CS2 representaria a implementação de medidas para os problemas da gestão feita até o presente momento.

A reciclagem foi o terceiro indicador avaliado nos cenários construídos. A figura 5.5 mostra o comportamento do aço (a), alumínio (b), papel/papelão (c) e plástico. No primeiro cenário a taxa aumentou 0,3% ao ano, seguindo o padrão atual de aproveitamento passado pela administração da ARPA, em CS2 o valor aumentou 6% nos cinco primeiros anos e 8% nos demais anos, as taxas de aumento tentaram simular o comportamento real que poderia ocorrer com a introdução da coleta seletiva e incentivos para indústria de reciclagem.

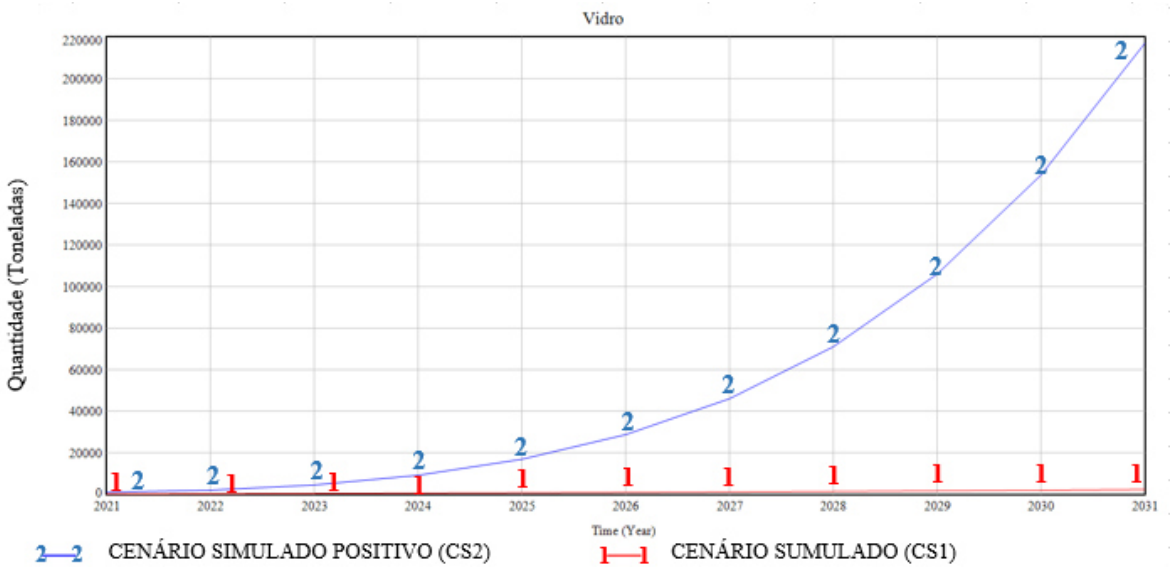
Figura 5.5 – Comparação entre cenários de reciclagem.



Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020. Retirado de: Vensim PLE 7.3.5 (Single Precision) x32

A análise comparativa mostra que no cenário positivo haveria melhorias significativas na reciclagem de todos os materiais triados pela ARPA, em comparação ao CS1. Com as mudanças nas taxas de reciclagem no cenário positivo, pode-se observar um aumento de 75.982.813,9 toneladas de alumínio (a), 77.951 toneladas de aço (b), 444.591 toneladas de papel/papelão (c), 206.682,9 toneladas de plástico (d) e 246.799,9 toneladas de vidro. Como não existe nenhuma medida para reciclagem do vidro no município, todo material reciclado (figura 5.6), seria encaminhado para o aterro sanitário ou jogado de forma inadequada no meio ambiente, representando um problema ambiental.

Figura 5.6 – Reciclagem de vidro em CS1 e CS2.



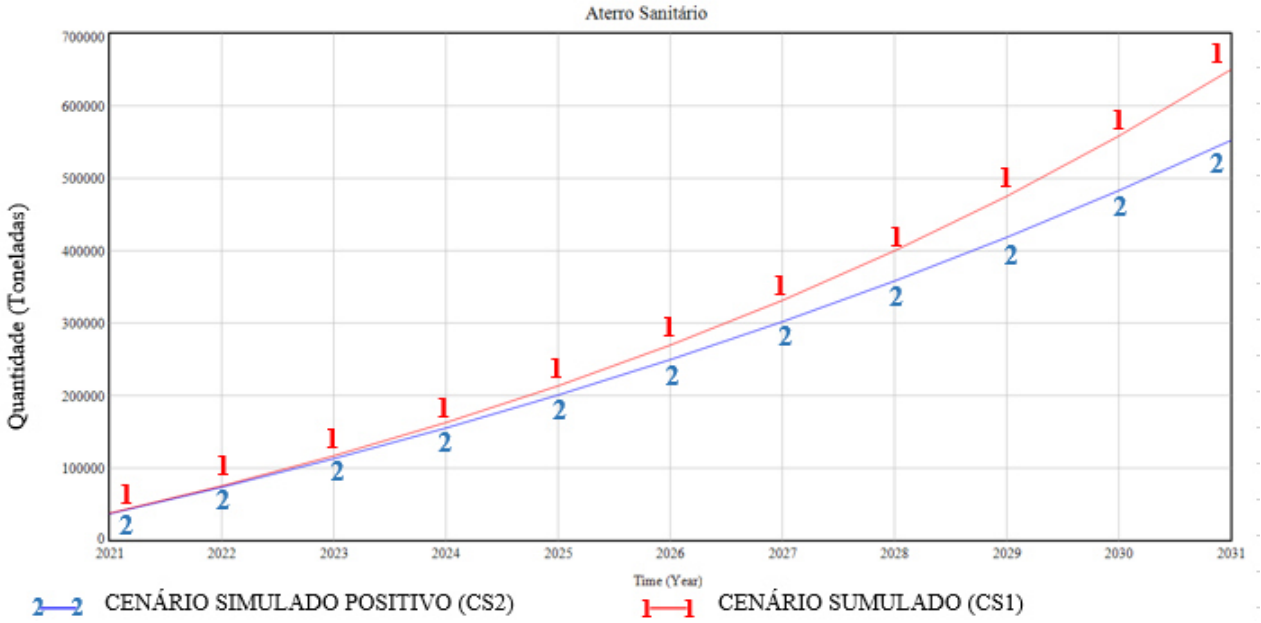
Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020. Retirado de: Vensim PLE 7.3.5 (Single Precision) x32

Nesse sentido, é dever do município desenvolver medidas para reciclagem do vidro, possibilitado pela reciclagem ou reutilização do material. Na pesquisa de Jaime (2019), os cacos de vidros são reincorporados a indústria vidreira, podendo ser introduzido em fornos 90% de cacos, dependendo da sua qualidade e disponibilidade, sendo a reciclagem do vidro um sistema fechado, pois não gera resíduos ou subprodutos. No mais, o vidro pode ser reutilizado como recipiente para bebidas ou objetos de decoração.

A figura 5.7 mostra a quantidade de resíduos depositados no aterro sanitário em ambos os cenários. No CS1, a taxa de disposição em aterro sanitário permaneceu estática em 59,5%, como a premissa que houve uma queda no número de RSU depositados no aterro sanitário. Em

CS2, a simulação teve uma queda de 1% ao final de cada ano, com base que medidas mais efetivas e sustentáveis foram aplicadas nas etapas anteriores da gestão dos RSU.

Figura 5.7 – Disposição final no aterro sanitário em CS1 e CS2.

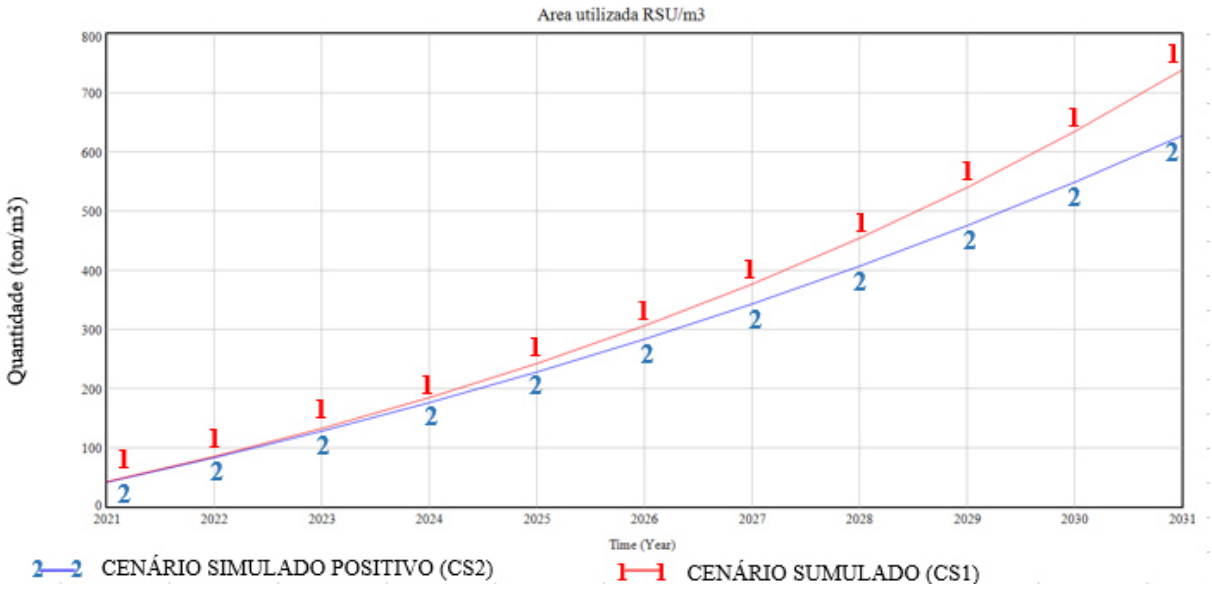


Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020. Retirado de: Vensim PLE 7.3.5 (Single Precision) x32

O cenário positivo seria o que apresentaria melhores resultados na questão da diminuição dos resíduos dispostos no aterro sanitário. Se comparada a diferença na disposição final entre as duas simulações, o valor chegaria a 404.948,52 toneladas de RSU, nesse sentido, o emprego das medidas sustentáveis em CS2 implicariam em benefícios ambientais, econômicos e sociais para os agentes envolvidos na gestão. O Parque Girassol localizado na cidade de Timbó/SC, representa uma nova solução para disposição final ambientalmente correta, esse novo conceito para aterro sanitário possui uma área integrada com a educação ambiental, triagem, reciclagem, produção de energia, tratamento, contribuindo diretamente com a quantidade final de resíduos dispostos no aterro (CIMVI, 2016).

A figura 5.8 apresenta o comportamento do último indicador sobre área utilizada (I05). Para tanto, os valores são influenciados pela quantidade de resíduos depositada no aterro sanitário (I04). O indicador é influenciado pela geração de RSU, reciclagem e pelo manejo correto dentro do aterro, por meio da compactação dos resíduos dentro da célula de armazenamento.

Figura 5.8 – Área utilizada em CS1 e CS2



Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020. Retirado de: Vensim PLE 7.3.5 (Single Precision) x32

No CS1 a quantidade total de área utilizada seria de 3.647 RSU/m^3, enquanto no cenário positivo o valor seria de 3.460,7 RSU/m^3, uma redução de 187 RSU/m^3. Os resultados com as medidas ambientais no cenário positivo mostram impacto direto na quantidade de resíduos dispostas nas células do aterro sanitário. Para Dutra *et al.* (2020, p. 2), o aterro sanitário funciona como uma medida para reduzir os impactos ambientais pelo descarte incorreto dos resíduos sólidos, todavia, a gestão interna no local é de extrema importância para aumentar o tempo de vida útil do aterro e diminuir a quantidade de área utilizada.

Em suma, os valores apresentados em todas as comparações realizadas entre os cenários, provam que a implantação de medidas sustentáveis na gestão dos RSU causaria melhorias significativas em todas as etapas técnicas de gerenciamento. É importante notar que a criação de medidas sustentáveis atingiria de forma positiva os catadores de material reciclável, com a utilização da coleta seletiva, na qualidade de vida dos moradores, com ambientes mais saudáveis e econômicos para o município com repasse de recursos.

5.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção de cenários ambientais com a utilização da dinâmica de sistema é uma alternativa para visualizar o comportamento das etapas de gestão dos resíduos sólidos. Em

consonância, a PNRS obriga os municípios a elaborar planos de gestão e gerenciamento para os resíduos sólidos, com diagnóstico e prognóstico de medidas aplicadas no manuseio, tendo como base, os objetivos hierárquicos contidos na lei (não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente correta), além de enquadrar como crime ambiental a empresa ou órgão público que não apresente as medidas utilizadas para gestão dos resíduos sólidos.

A luz disto, as informações obtidas com diagnóstico e construção dos cenários demonstraram a necessidade de introdução de medidas mais sustentáveis para aumentar a qualidade dos indicadores da gestão dos resíduos sólidos, além de fornecer subsídios para o prognóstico do PMGIRS. Entre as medidas, a implantação da coleta seletiva com a participação socioprodutiva dos catadores de material reciclável, e a conscientização da comunidade sobre os impactos gerados pelo consumo e descarte incorreto de materiais.

REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS – ABRELPE. Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil. São Paulo, 2020.

BRASIL. Política Nacional dos Resíduos Sólidos. **Lei n° 12.305**, 2010.

CONSÓRCIO INTERMUNICIPAL DO MÉDIO VALE DO ITAJAÍ (CIMVI). Parque Girassois. 2016. Disponivel em: https://cimvi.sc.gov.br/parque-girassol/. Acesso em: 24 de junho de 2020.

COSTA, L. E. B.; COSTA, S. K.; REGO, N. A. C.; SILVA JUNIOR, M. F.. Gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos domiciliares e perfil socioeconômico no município de Salinas, Minas Gerais**.** Revista Ibero- Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã, v.3, n.2, 2012.

DUTRA, D. J., ROCHA, L. M., VIMIEIRO, G. V., COELHO, C. W. G. A. Seleção de área para construção de aterro sanitário no município de Esmeraldas, MG, a partir da utilização de ferramentas de geoprocessamento. ***Revista Geografica Academica*****,** *13*(2), 106-118. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Estimativa populacional. (2020). Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/paulo-afonso/panorama. Acesso em: 11 de julho de 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Domicílios com coleta de lixo. (2010). Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/paulo-afonso/panorama. Acesso em: 11 de julho de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Esgotamento sanitário. (2010). Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/paulo-afonso/panorama. Acesso em: 11 de julho de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Índice de Desenvolvimento Humano Municipal. (2010). Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ba/paulo-afonso/panorama. Acesso em: 11 de julho de 2019.

JAIME, S. B. A importância da qualidade do caco de vidro para a reciclagem. 2019.

NEGRINI, F., SIMONETTO, E. O., RODRIGUES, G. O., & DE CASTRO, H. C. G. A. O uso de Dinâmica de Sistemas para avaliação de cenários sobre terceirização (outsourcing) de impressão em uma instituição pública de ensino. *Sistemas & Gestão*, *14*(3), 257-268. 2019.

PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO URBANO E AMBIENTAL, (PDDUA). Coleta de lixo. Paulo Afonso, BA. 2016.

PORTELLA, T. V.; NETO, N. O.; MANFIO, C. G. Modelando o "tamanho" do lixo. Escola de Inverno de Educação Matemática e 1º Encontro Nacional PIBID- Matemática, III, 1-10, 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PAULO AFONSO. Aspectos: área territorial. (2014). Disponível em: http://www.pauloafonso.ba.gov.br/novo/?p=turismo&i=3. Acesso em: 11 de julho de 2019.

RANUCI, R. M. C. Determinação da composição física dos resíduos sólidos urbanos produzidos na cidade de Foz do Iguaçu - PR. **Dissertação (Mestrado)** – Faculdade Dinâmica das Cataratas. Foz do Iguaçu, 2008.

RIZZETTI, T. A.; RODRIGUES, G. O.; SIMONETTO, E. O.; GIL, R. C.; Uso de dinâmica de sistemas para avaliação de cenários de reaproveitamento de óleo de cozinha na produção de biodiesel em uma IES pública. ***Revista Eletrônica Sistemas & Gestão***. Volume 11, Número 1, 2016. pp. 112-119DOI:10.20985/1980-5160.2016.v11n1.1010.

SERNA, D. A. A., RIVERA, Y. M. L. Dinámica de sistemas en la gestión de inventarios. *Ingenierías USBMed*, *9*(1), 75-85. 2018.

SIMONETTO, E. O., PUTNIK, G., RODRIGUES, G. O., ALVES, C., CASTRO, H. Um modelo de dinâmica de sistemas para avaliação do reaproveitamento de resíduos eletrônicos na remanufatura de computadores em uma instituição de ensino superior. *Exacta*, *14*(3), 385-402. 2016.

SIMONETTO, E. O.; LÖBLER, M. L. Simulação baseada em System Dynamics para avaliação de cenários sobre geração e disposição de resíduos sólidos urbanos. Produção v. 24, 2013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132013005000034&lng=pt&nrm=iso&tlng=en.

SIMONETTO, E. O.; OLIVEIRA, G. R.; DALMOLIN, L. C.; RIBEIRO, N. M.. Uso da Dinâmica de Sistemas para Avaliação de Cenários da Reciclagem de Resíduos Sólidos Urbanos. ***Revista GEINTEC***, São Cristovão/SE vol. 4, 2014.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Indicadores municipais: Paulo Afonso/BA. (2014). Disponível em: https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNGVkYTRiZTktMGUwZS00OWFiLTgwNWYtNG

Q3Y2JlZmJhYzFiIiwidCI6IjJiMjY2ZmE5LTNmOTMtNGJiMS05ODMwLTYzNDY3NTJm
MDNlNCIsImMiOjF9. Acesso em: 26 de setembro de 2019.

VENTANA SYSTEMS. *Software* Vensim. Disponível em: https://vensim.com/. Acesso em: 10 de Setembro de 2019.

ZWICKER, A. A. M., SCHNEIDER, J. R., BELTRAME, G., & SIMONETTO, E. O., LOBLER, M. L. Simulação baseada em systems dynamics para avaliação de cenários sobre geração e disposição de resíduos eletrônicos numa instituição de ensino superior. Artigo apresentado no XVIII Seminários em Administração–SEMEAD, São Paulo, SP, 04-06, 2019.

CONCLUSÃO

A Lei nº 12.305/2010, que dispõe da Política Nacional de Resíduos Sólidos é o principal marco na regulamentação para os resíduos sólidos, desenvolvendo objetivos e diretrizes para o correto manejo dos resíduos gerados, podendo acontecer o enquadramento dos geradores pelo crime de disposição incorreta ou ausência de medidas para a gestão e gerenciamento. A lei ainda, impõe aos municípios a elaboração de planos que constem todas as medidas aplicadas na gestão e gerenciamento dos RSU.

Diante disto, a pesquisa fez uma análise de diversos pontos da gestão dos RSU, com o objetivo de gerar informações para compor PMGIRS. Entre as informações levantadas constam informações sobre aspectos socioambientais dos catadores de material reciclável, como ocorre o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, composição gravimétrica dos RSU do município e aplicação da dinâmica de sistemas para compor o prognóstico no plano com o comportamento futuro para diversos pontos da gestão.

Nesse sentido, as informações obtidas mostraram que o munícipio possui um território bastante estratégico para elaboração de consórcios intermunicipais que por ventura venha a beneficiar cidades com localidade próxima. Além disto, foi verificado o entendimento dos agentes de pesquisa (SEMA e ARPA) e constatou-se um entendimento pela maioria sobre temas voltados as questões ambientais. Todavia, ficou evidente a necessidade de uma participação maior entre ambos locais de pesquisa, na participação em eventos e tomada de decisões sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos.

Na análise realizada pela composição gravimétrica ficou nítido que o aproveitamento dos resíduos sólidos na triagem ainda é baixo, sendo apenas 3% dos materiais reciclados, ocorrendo a mistura entre resíduos secos e molhados, o que acaba prejudicando o trabalho realizado pelos catadores de material reciclável. A partir disto, a pesquisa concluiu a necessidade de implementação da coleta seletiva como medida ambientalmente correta para aumentar as taxas de reciclagem, como é apresentado nos estudos de Simonetto *et al*. (2014), onde o aproveitamento pode chegar a 95% no processo de produção.

Por fim, foram elaborados os cenários ambientais para gestão dos RSU, com a metodologia da dinâmica de sistemas, para tanto, foram utilizados alguns indicadores sobre a gestão dos resíduos sólidos: geração de RSU, economia de energia elétrica com reciclagem, reciclagem de material, disposição final em aterro sanitário e área utilizada para construção de aterros sanitários. A luz disto, a pesquisa observou que o cenário positivo (CS2) foi o que apresentou os melhores resultados, tendo como premissa que medidas mais sustentáveis e ambientalmente correta foram implementadas.

Nesse cenário, conclui-se que o município de Paulo Afonso necessita implementar diversas medidas para gestão dos RSU, sendo a principal no momento, elaboração do PMGIRS, onde irão constar todas as medidas possíveis para os problemas observados na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos. Tendo a coleta seletiva como uma sugestão de solução para o problema de aproveitamento nas taxas de reciclagem. No mais, como sugestões para futuras pesquisas fica a análise de outros tipos de resíduos sólidos que são gerados, como exemplo os do serviço de saúde, observando o contexto atual, além de uma análise sobre o aterro sanitário do município.

APÊNDICES

Apêndice A – Proposta de Entrevista – ARPA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS AMBIENTAIS A PARTIR DE INDICADORES DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE PAULO AFONSO/BA

Entrevistado:_____

Cargo:_____

Data:___/____/_____

1. Idade: _____

2. Sexo:

( ) Masculino ( ) Feminino

3. Nível de escolaridade:

( ) Analfabeto ( ) Ensino médio incompleto

( ) 1º ao 5º ano ( ) Ensino médio completo

( ) 6º ao 9º ano ( ) Ensino superior incompleto

( ) Ensino superior completo

4. Na sua residência, além de você, alguma outra pessoa trabalha com recicláveis?

( ) Sim

( ) Não

Caso afirmativo. Quantas pessoas trabalham?_____

5. Quanto você recebe pelo trabalho como catador(a)?

( ) Até ½ salário mínimo ( ) Entre um e dois salários mínimos

( ) Até um salário mínimo ( ) Acima de 3 salários mínimos

6. Possui rede de água tratada?

_____

7. Possui rede de esgoto?

_____

8. Em relação ao lixo gerado na sua casa, ele é:

( ) Coletado pela Prefeitura

( ) Queimado ou enterrado na própria propriedade

( ) Jogado em terreno baldio ou logradouro

( ) Outro destino:_____

9. O (a) senhor (a) é natural do município de Paulo Afonso/BA? _____

Caso não seja natural desta cidade, indique a cidade onde nasceu?_____

10. Há quanto tempo reside em Paulo Afonso? _____

11. Já trabalhou com outro ramo que não seja de recicláveis? Caso sim, qual? E qual foi seu último emprego?

_____

_____

_____

12. Trabalha nesta área de recicláveis há quanto tempo? Quantas horas por dia trabalha com isso?

_____

_____

13. O senhor (a) sabe o que é coleta seletiva? Se sim, explique um pouco sobre?

_____
_____
_____

14. O senhor (a) compreende a importância do trabalho desempenhado para o meio ambiente? Se sim, justifique.

_____
_____
_____
_____
_____

15. Na sua visão como você enxerga a parceria entre a prefeitura e a Associação?

_____
_____
_____

16. Em sua opinião, o gerenciamento dos resíduos sólidos na cidade de Paulo Afonso tem sido realizado de forma:
( ) Ruim ( ) Boa ( ) Não sabe opinar

17. Desenvolver um Programa de Coleta Seletiva pautado na Educação Ambiental, voltado para a redução, reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos na cidade você considera:
( ) Sem importância
( ) Importante
( ) Não sabe opinar

18. Você gostaria que Paulo Afonso tivesse um programa de coleta seletiva?
( ) Sim ( ) Não

Adaptado de: PEREIRA, 2016.

Apêndice B – Proposta de Entrevista – SEMA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS AMBIENTAIS A PARTIR DE INDICADORES DA GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO MUNICÍPIO DE PAULO AFONSO/BA

Entrevistado:_____

Cargo:_____

Data:___/____/_____

1. A cidade de Paulo Afonso/BA possui um Plano Municipal de gestão dos Resíduos Sólidos?

( ) Sim ( ) Não

Caso positivo, ele está sendo cumprido? Se não está sendo cumprido, por quê?

Caso negativo, como são gerenciados os resíduos sólidos na cidade?

_____

_____

_____

2. Quais são os tipos de resíduos sólidos produzidos na cidade?

a) ( ) domiciliares

b) ( ) limpeza urbana

c) ( ) comercial

d) ( ) industrial

e) ( ) serviços de saúde

f) ( ) agrossilvopastoris

g) ( ) construção civil

h) ( ) serviços de transporte

i) ( ) mineração

3. Dos tipos de resíduos sólidos gerados, quais são os coletados pela Prefeitura Municipal?

_____

_____

_____

4. Existe alguma forma de cobrança pelo serviço de limpeza ou coleta prestado pela Prefeitura?

( ) Sim ( ) Não

Caso afirmativo, qual a forma utilizada?

_____

_____

5. Existe a coleta seletiva na cidade?

( ) Sim ( ) Não

Caso negativo existe algum projeto de implantação do Programa de Coleta Seletiva na cidade? Caso exista, por que ainda não foi implantado? E podemos ter acesso a ele?

_____

_____

_____

6. Como é feita a coleta dos resíduos produzidos na cidade? Qual a destinação dada a eles?

_____

_____

_____

_____

7. A Prefeitura faz o tratamento dos resíduos sólidos gerados?

( ) Sim ( ) Não

Caso positivo, quais?

_____
_____
_____

8. Como o município enxerga os catadores de material reciclado? E existe alguma parceria entre a prefeitura e ARPA?

_____
_____
_____
_____

9. Quais os equipamentos que o município utiliza para a coleta dos resíduos?

_____
_____
_____
_____

10. Quantas pessoas trabalham no setor de limpeza urbana?

_____
_____

11. Quantos veículos existem para realizar a coleta? Qual o tipo?

_____
_____
_____

12. O município trabalha com a Educação Ambiental?

( ) Sim ( ) Não

Caso sim, de que forma?

_____
_____
_____

13. A Secretaria de Meio Ambiente, desenvolve algum tipo de atividade relacionada aos resíduos sólidos?

( ) Sim ( ) Não

Caso afirmativo, quais? Como e quando é feito? Tem envolvimento da sociedade local? Caso positivo, de que forma?

_____

_____

_____

_____

14. O (a) senhor (a) considera importante o desenvolvimento de um Programa de Coleta Seletiva? Justifique.

_____

_____

_____

_____

_____

15. Em sua opinião, o gerenciamento dos resíduos sólidos no município, tem sido feito de forma:

( ) Ruim ( ) Boa ( ) Não sabe opinar

16. Você acha que a estrutura que o município possui para gestão dos resíduos sólidos é:

( ) Suficiente ( ) Insuficiente ( ) Não sabe opinar

Caso precise melhorar, quais seriam os pontos?

_____

_____

_____

17. O município faz coleta seletiva? Qual o destino final dos resíduos coletados?

_____

_____

_____

18. O (a) senhor (a) consegue observar os impactos ambientais e problema gerados pelos resíduos sólidos? Saberia dizer quais?

_____

_____

_____

_____

_____

19. Em sua opinião, a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos na cidade de Paulo Afonso/BA tem sido feita de forma satisfatória e adequada? Justifique sua resposta.

_____

_____

_____

_____

20. Na sua opinião, a criação de um programa de coleta seletiva e envolvimento da população pode ajudar a minimizar os problemas gerados pelos resíduos sólidos na cidade? Justifique sua resposta.

_____

_____

_____

_____

21. Em relação a responsabilidade pelos resíduos sólidos gerados na cidade, como o senhor (a) pretende contribuir para melhorar a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos? De que forma?

_____

_____

_____

_____

Adaptado de: PEREIRA, 2016.

Apêndice C – Estudo Bibliométrico

Os três quadros abaixo estão divididos em dissertações e teses do Programa Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) e dissertações encontradas em outros programas de pós-graduação no nível UFS. A organização das dissertações e teses segue uma ordem cronológica crescente, da mais antiga para a mais recente, a escolha não possui nenhum caráter, se fez apenas como maneira de organizar melhor o trabalho.

Dissertações do PRODEMA/UFS com o tema "Gestão de resíduos sólidos"

Quadro 1.6 – Dissertações PRODEMA/UFS.

Título do trabalho	Ano	Autor	Orientador	Objetivo	Resultados obtidos
Reciclagem de Borra Oleosa: Uma Contribuição para a Gestão Sustentável dos Resíduos da Indústria de Petróleo em Sergipe	2003	Maria Regia Falcão Viana Alves	Francisco Sandro Rodrigues Holanda	Avaliar uma alternativa para destinação adequada do resíduo borra oleosa, proveniente do processamento primário dos fluidos na exploração e produção de petróleo pela Petrobrás SA, no estado de Sergipe	Foram propostos quinze indicadores ambientais, que avaliaram o impacto ambiental das ações e políticas em curso, ajudando a analisar medidas corretivas, adotar novos rumos no enfretamento dos problemas ambientais e identificar competências e níveis de responsabilidades importantes para os tomadores de decisão.
Gestão Integrada Regional de Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Alternativa para os Municípios de Telha e Cedro de São João, Baixo São Francisco Sergipano	2004	Ligia Maria Santos de Oliveira	José Daltro Filho	Identificar alternativas de gestão integrada regional dos resíduos sólidos, contemplando a minimização, a coleta, tratamento e a disposição final dos resíduos sólidos nos municípios de telha e cedro de são Pedro, a fim de contribuir com a melhoria das condições sanitárias e ambientais dos munícipes de forma ética.	As conclusões do estudo ressaltam a necessidade de uma política de resíduos sólidos municipal que defina e envolva a sociedade, desde a não geração, até a disposição final adequada. Finalmente, apresenta-se no estudo, uma proposta de gestão de resíduos, que visa respeita as culturas, atitudes, necessidades, diversidades, potencialidades e limitações locais de forma integrada e que ao mesmo tempo busca uma nova ética ambiental.
Gestão pública de resíduos sólidos da construção civil em Aracaju: um desafio ambiental	2007	Denisia Araújo Chagas Guerato	Ricardo Oliveira Lacerda de Melo	Objeto do presente trabalho é delimitar o estudo sobre ações da cadeia da construção civil em Aracaju a respeito da produção, segregação e destinação de resíduos sólidos da construção civil, incluindo a análise das intervenções realizadas pelos organismos governamentais, sindicato das empresas, cooperativa de	A indústria da construção civil exerce um papel social relevante em Sergipe e Aracaju, por empregar elevado número de trabalhadores pouco qualificados. A indústria da construção civil em Aracaju ainda não apresenta atuação adequada em relação à produção, segregação e destinação de resíduos sólidos, desrespeitando a legislação ambiental existente.

				reciclagem, transportadoras de entulho e outras entidades atuantes na área relacionadas com a gestão ambiental desses resíduos.	
Gestão de resíduos sólidos: barra dos coqueiros/SE.	2007	Viviane Gomes Rocha	Roberto Rodrigues de Souza	O objetivo geral desta pesquisa é diagnosticar a atual situação dos resíduos sólidos do município da Barra dos Coqueiros, subsidiando o governo municipal para a elaboração de um Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.	Concluiu-se através deste estudo que o município da Barra dos Coqueiros possui um sistema de limpeza urbana através de varrição de vias públicas, capina e poda de árvores, limpeza de praias e canais, além de coleta e transporte de resíduos, porém, o sistema de destinação final adotado por este município não se dá de maneira correta, poluindo desta forma o solo, o ar e as águas superficiais e subterrâneas, através da disposição do lixo à céu aberto.
Resíduos sólidos da construção civil e desenvlvimento sustentável: modelo de sistema de gestão para Aracaju	2008	Emerson Meireles de Carvalho	Jose Daltro Filho	Propor um modelo de gestão municipal de resíduos de construção e demolição para a cidade de Aracaju que atenda à Resolução CONAMA Nº 307/2002 e contribua para o desenvolvimento sustentável no setor da construção civil.	A principal conclusão a que se chega ao estudar um modelo de sistema de gestão de RCD é que sua implantação é ambientalmente benéfica, economicamente viável, e pode também ser instrumento para a construção de uma sociedade mais justa.
Gerenciamento de resíduos de construção civil e Sustentabilidade em canteiros de obras de Aracaju.	2008	Patricia Menezes Carvalho	Jose Daltro Filho	O objetivo do presente trabalho é avaliar o gerenciamento de resíduos de construção civil em dois canteiros de obras de Aracaju, de acordo com os requisitos da Resolução CONAMA 307/02, e sua contribuição para a sustentabilidade da execução das obras.	Em suma, pode-se concluir que os canteiros pesquisados não atenderam aos critérios ambientais, sociais e gerenciais de sustentabilidade e que o caminho para que se alcance esse objetivo, em Aracaju, ainda é longo, sendo necessárias ações integradas dos envolvidos com o setor produtivo, sociedade, setor público e de pesquisa.
Gestão de resíduos: estudo de caso da companhia Vale do rio doce (CVRD), Rosário do Catete/SE	2008	Isabel Cristina Barreto Andrade	Jose Roberto de Lima Andrade	Fazer um diagnóstico dos procedimentos adotados pela Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), acerca de suas práticas de gestão de resíduos sólidos.	Espera-se que, diante dos resultados apresentados por esta pesquisa e as observações sugeridas, não somente esta organização, mas todas que venham ter conhecimento deste estudo possam utilizar-se destes conhecimentos, incluindo o PEA como uma ferramenta no tocante ao seu desenvolvimento estratégico, de forma ética e sustentável.
A educação ambiental e a gestão de resíduos sólidos No instituto federal de educação	2011	Mércia Miriam Gama Bispo	Jose Daltro Filho	Tem como objetivo delinear uma proposta de programa de educação ambiental – PEA para a gestão dos resíduos sólidos do instituto federal de educação, ciência e tecnologia de Sergipe – Campus São Cristóvão, a fim de minimizar os impactos ambientais existentes e oferecer melhor qualidade de vida a comunidade.	Os resultados foram que o instituto tem gerenciado os resíduos sólidos de forma precária e ambientalmente inadequada, pincipalmente na questão da destinação final. Todos os resíduos eram colocados a céu aberto, o que proporcionou a contaminação do solo. Verificou que a população também se mostra bastante interessada na educação ambiental.
Aspectos jurídicos e ambientais da gestão de resíduos Sólidos urbanos na região metropolitana de Aracaju	2011	Sandro Luiz da Costa	Maria Augusta Mundim Vargas	Pretende demonstrar e avaliar os impactos jurídicos e ambientais da gestão e do gerenciamento de resíduos sólidos urbanos (RSU) na região metropolitana de Aracajú (RMA), composta pelos municípios de Aracajú Nossa Senhora do Socorro, São Cristóvão e barra dos coqueiros, dentro de uma visão holística e sob o enfoque jurídico e racional de meio ambiente.	Como resultados, além da compilação do sistema jurídicos-ambiental de RSU no brasil e da retrospectiva da gestão de RSU na RMA nas últimas décadas, observou-se a sustentabilidade jurídica, como regra, das normas vigentes nos municípios da RMA e do estado de Sergipe, referentes aos microssistemas jurídicos-ambientais de RSU no âmbito destas esferas federativas.

Aproveitamento energético de resíduos sólidos Urbanos: desafios e tecnologias	2011	Anne Caroline Almeida Vieira	Roberto Rodrigues de Souza	Tem como objetivo avaliar o aproveitamento energético dos resíduos domésticos considerando as Diversas tecnologias existentes.	A partir dos indicadores de sustentabilidade, pode-se definir qual tecnologia proporciona uma melhor tendência à sustentabilidade através das dimensões econômica, social, política, cultural e ambiental. Logo, neste trabalho foram sugeridos indicadores de sustentabilidade que contribuem para a escolha da tecnologia mais apropriada para a geração de energia, bem como subsídios para elaboração e implantação de políticas públicas por parte dos gestores visando o desenvolvimento sustentável.
Indicadores ambientais de gastos na gestão de resíduos sólidos da área de saúde: HU/UFS	2011	Adriana de Lima	Roberto Rodrigues de Souza	Elaborar demonstração contábil complementar que evidencie os gastos ambientais referentes aos resíduos de serviços de saúde do Hospital Universitário da UFS.	Mostraram que a gestão dos resíduos de serviços de saúde do Hospital Universitário tem tendência desfavorável a sustentabilidade e que a demonstração contábil complementar elaborada por meio do Balanço Patrimonial, no seu quadro de compensações, demonstrou que no período de 2008 a 2010 os gastos ambientais aumentaram, mas em relação ao patrimônio líquido da UFS houve uma diminuição do valor aplicado no manejo dos resíduos de serviço de saúde.
Gestão de resíduos sólido s urbanos no município de Porto da Folha-SE.	2012	Anne Grazielle Costa Santos	Ariovaldo Antonio Tadeu Lucas	Realizar um diagnóstico da Gestão dos RSU do município de Porto da Folha/SE, dessa forma, pretendeu-se descrever as características do gerenciamento dos RSU domiciliares; avaliar os riscos socioambientais decorrentes do manejo inadequado e determinar a composição dos resíduos produzidos na cidade	Verificou-se que o município possui sistema de limpeza urbana através dos serviços de varrição, coleta e transporte de resíduos. Entretanto esse sistema apresentou dificuldades gerenciais decorrentes das distancias territoriais, custos e dispêndio de pessoal e de equipamentos, portanto como proposição sugeriu-se o Plano de Gerenciamento de Resíduos que atenda todo o município.
Centro histórico de Laranjeiras e os resíduos sólidos sob a ótica de documentos de planejamento	2012	Luciana Gomes Machado	José Daltro Filho	O objetivo central dessa pesquisa é investigar a relação existente entre o crescimento urbano da cidade de Laranjeiras e a gestão de resíduos sólidos, a partir da análise de documentos oficiais de planejamentos elaborados nos anos de 1975, 2003 e 2008	Pode se concluir que os instrumentos jurídicos de planejamento e controle da gestão ambiental do município não foram respeitados, causando a continuidade e aumento dos danos ambientais encontrados, além disso, destaca-se a que o fato de se tratar de uma cidade histórica influencia positivamente na elaboração de políticas públicas.
Geração e Qualidade de Resíduos Sólidos Domiciliares de Diferentes Estratos Sociais na Cidade de Aracaju-SE	2012	Priscilla de Andrade Nascimento	Jose Daltro Filho	O trabalho pretendeu identificar através da caracterização física e da composição gravimétrica, os principais resíduos gerados nos domicílios de três bairros específicos de Aracaju sendo eles: Salgado Filho, Cirurgia e Porto Dantas, dentre os quais possuem aspectos socioeconômicos e qualidades ambientais diferenciados.	Através da caracterização dos resíduos domiciliares foi possível constatar que o bairro Salgado Filho gerou mais matéria orgânica que os demais bairros pesquisados. Embalagens do tipo longa vida foi encontrado com maior frequência nos bairros Salgado Filho e Cirurgia, estes, considerados de classe média respectivamente, porém, o descarte desse tipo de material, não foi encontrado no Porto Dantas, assim como outros tipos de materiais potencialmente recicláveis.
Gestão de resíduos sólidos de serviço de saúde: estudo	2013	Grasiela Freire Cunha Martins	Jenny Dantas Barbosa	O objetivo desta pesquisa foi analisar a gestão dos resíduos de serviços de saúde (RSS) em unidades hospitalares localizadas na cidade de Aracaju/SE.	Os três hospitais pesquisados possuem os mesmos procedimentos com relação a segregação, acondicionamento, coleta, armazenamento, transporte, tratamento e disposição final dos RSS. Em dois estabelecimentos, os locais utilizados para o armazenamento externo dos resíduos não atendem as normas vigentes. De um modo geral, verificou-se que os estabelecimentos

Comparativos em unidades hospitalares de Aracaju/SE					avaliados necessitam implantar uma política de capacitação, com utilização de mecanismos atrativos e eficientes para o treinamento dos profissionais envolvidos no manejo dos RSS.
Dinâmica socioambiental do alto curso da bacia do Rio Una/PE	2013	Eliane Alves dos Santos	Hélio Mário de Araújo	Visou analisar a dinâmica socioambiental desse recorte espacial abrangendo informações principalmente a partir de 1990.	Mostram que as interferências antrópicas em graus diferenciados no alto curso e na bacia hidrográfica como um todo, marcadas ao longo do tempo configuram diversas fases do seu processo evolutivo que teve início desde o século XVI através do processo de ocupação deixando marcas até os dias atuais de uma estrutura fundiária concentrada e com sérios problemas que refletem no desenvolvimento social da população.
Avaliação dos Resíduos sólidos infectantes e Propagação de Doenças em Estabelecimento de Saúde	2014	Ana Maria de Sousa Ribeiro Maia	Jose Daltro Filho	O presente estudo procurou estabelecer que relações existem entre o gerenciamento de resíduos sólidos infectantes com os casos de Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde (IRAS) na Unidade de Terapia Intensiva Adulta (UTI-A) do Hospital de Urgência de Sergipe (HUSE), este estudo teve como propósito avaliar a relação entre vetores geradores de doenças encontrados no setor referenciado e os resíduos infectantes gerados nesta unidade de saúde.	Quanto aos resultados foi constatado que dentre os tipos de resíduos gerados na UTI-A do HUSE, os perfuro cortantes são os únicos que podem estar associados à propagação de doenças infecciosas, estas, decorrentes de acidentes no momento de sua disposição, sendo sua ocorrência em maior parte com funcionários da limpeza que lidam com este tipo de resíduo e que é comumente disposto inadequadamente pela equipe clínica.
Os desafios entre a drenagem urbana e os resíduos sólidos: o caso de Aracaju/SE	2015	Frances Doglas de Santana Pereira	José Daltro Filho	Analisar a importância do gerenciamento urbano de forma integrada, com a finalidade de propor medidas para o gerenciamento integrado de resíduos sólidos e drenagem urbana.	Verificou-se que os sistemas de drenagem urbana e de resíduos sólidos estão interligados, sendo que o funcionamento inadequado da gestão de resíduos sólidos afeta de sobremaneira a eficiência dos sistemas de drenagem, e que a fragmentação dos serviços de saneamento, sem que eles interajam entre si, prejudica a gestão urbana.
Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Nossa Senhora da Glória: Desafios à Sustentabilidade Socioambiental	2016	Alessandra Santana Pereira	Jose Daltro Filho	O presente estudo teve como objetivo analisar a gestão e o gerenciamento dos resíduos sólidos na cidade de Nossa Senhora da Glória/SE.	Evidenciou-se que o município tem um grande potencial em relação aos recicláveis, pois mais de vinte famílias sobrevivem da venda desse material, porém, nem todos os recicláveis depositados no lixão são recolhidos, se perdendo um número considerável de materiais. Ressalta-se a necessidade de fortalecimento das políticas de resíduos sólidos dentro do município, que defina e envolva todos os setores sociais, desde a geração, até a disposição final adequada. No final deste trabalho ainda foram propostos alguns passos como subsídio para um Programa de Coleta Seletiva com base na Escola Municipal Presidente Tancredo Neves, uma das quatro escolas municipais que participaram deste estudo.
Caminhos do “Lixo”: Percepção Ambiental e Inclusão	2017	Eliane Freitas Couto	Ronise Nascimento de Almeida	Analisar a percepção que os catadores informais de materiais recicláveis têm sobre o meio ambiente em Aracaju/Sergipe.	Os resultados alcançados mediante as entrevistas quanto a percepção ambiental e inclusão social dos catadores informais demonstraram que eles percebem suas contribuições para a conservação do meio ambiente, uma vez que realizam o trabalho de catação e segregação

Social dos Catadores Informais de Materiais Recicláveis					dos resíduos, entretanto revelou-se também que alguns vivem à margem da sociedade, do poder público e na ponta de uma cadeia explorada pelos sucateiros e empresas recicladoras.
Gerenciamento dos Resíduos Sólidos da Construção Civil no Bairro Jabotiana em Aracaju	2017	Neide Aragão Andrade	Maria Jose Nascimento Soares	Teve como objetivo analisar o gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil a partir de condomínios verticais em construção no bairro Jabotiana em Aracaju.	A partir da sistematização e análise dos dados, constatou-se que as obras possuem o PGRCC em cumprimento a Lei Federal 12.310/10. Entretanto essa implantação enfrenta alguns entraves, como a falta de conhecimento por parte dos funcionários, sendo Aplicado parcialmente e dificultando a separação dos resíduos para a reciclagem e reaproveitamento como forma de reduzir a geração dos resíduos como proposto no plano. Observou-se a falta de treinamento na sua implantação o que acarretou dificuldades na sua eficiência e execução no canteiro.
(Des)caminhos para as cooperativas de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis na grande Aracaju/SE	2018	Fernanda Louisy Ferreira de Oliveira	Maria do Socorro Ferreira da Silva	Analisar as dificuldades enfrentadas pelas cooperativas de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis na Grande Aracaju	A Grande Aracaju possui a maior produção de resíduos sólidos do estado de Sergipe, sendo que parte das cooperativas existentes não consegue alcançar o número mínimo de integrantes necessários para o seu desenvolvimento, mesmo com apoio do poder público, pois enfrentam problemas de ordem estrutural, econômica, social e operacional que comprometem a sustentabilidade.
Reflexos do saneamento e gerenciamento ambiental	2018	Gladys Menezes de Oliveira	Maria José Nascimento Soares	Analisar as condições sanitárias e seus impactos socioambientais, principalmente os causados pelos resíduos sólidos no Município do litoral sergipano na perspectiva de propor um plano de gerenciamento.	Neste sentido, o acúmulo de resíduos e esgotos à céu aberto por todo território municipal agride demasiadamente o meio ambiente refletindo a falta de aplicabilidade dos instrumentos de gerenciamento do saneamento básico do município ora estudado, com base na legislação vigente e na operacionalização do saneamento básico, evidencia que se fazem necessários investimentos dos poderes públicos e da comunidade local e que, para tanto, apresentamos uma breve proposta de Gerenciamento de Resíduos Sólidos para pequenos municípios costeiros como sendo uma alternativa inicial aos gestores.
Desafios para a inserção social dos catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis na coleta seletiva em Simão Dias/SE	2019	Ariane Siqueira de Oliveira	Maria do Socorro Ferreira da Silva.	Analisar os desafios para a inserção social dos catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis na coleta seletiva na cidade de Simão Dias/SE.	Identificou-se que, se houvesse uma maior participação social, a arrecadação de material aumentaria e consequentemente os ganhos entre os cooperados também. Os desafios enfrentados pela cooperativa estão relacionados a deficiências com assiduidade, pontualidade, integração entre os cooperados, falta de local adequado e próprio, ausência de esteira para seleção e triagem dos materiais, além da necessidade de divulgação dos trabalhos.

Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2019.

Teses do PRODEMA/UFS com o tema "Gestão de resíduos sólidos"

Quadro 1.7 – Teses PRODEMA/UFS.

Título do trabalho	Ano	Autor	Orientador	Objetivo	Resultados obtidos
Resíduos gerados nas agroindústrias da microrregião de própria e as práticas de gestão ambiental adotados	2006	Carla Souza Menezes	Jose Daltro Filho	Analisar os resíduos sólidos/líquidos produzidos pelas agroindústrias, da microrregião de Propriá, e formular propostas voltadas para o desenvolvimento sustentável.	Obteve que os principais resíduos gerados são: águas residuárias, esterco e material decorrente da limpeza e do funcionamento, além do resíduo produzido do beneficiamento do arroz e etc. Sendo constatado a necessidade de uma racionalização maior dos recursos naturais.
Proposta de estruturação de um modelo de gestão com base na logística reversa sustentável para os resíduos eletroeletrônicos em Aracaju/Sergipe/Brasil	2016	Izaclaudia Santana da Cruz	Roberto Rodrigues de Souza	Propor um plano de gestão dos resíduos eletroeletrônicos para o município de Aracaju/Sergipe, alinhado com a logística reversa de pós-consumo e obedecendo à Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010.	Os resultados desse estudo contribuem para a resolução da problemática desse tipo de resíduo na cidade de Aracaju, bem como serve de modelo para subsidiar políticas públicas e outros projetos na temática "gestão de resíduos sólidos e sustentabilidade ambiental".
Indicadores de sustentabilidade: subsídios para o gerenciamento da logística reversa de pós-consumo de pneus inservíveis no município de Aracaju/SE	2017	Danielle Thaís Barros de Souza Leite	Adauto de Souza Ribeiro	Analisar a sustentabilidade ambiental, social e econômica da logística reversa de pós consumo de pneus inservíveis em Aracaju/SE, visando subsidiar o gerenciamento de pneus inservíveis por meio de indicadores, ferramenta utilizada para gerar um índice voltado a mensurar a sustentabilidade do sistema em análise.	Propos ações voltadas a auxiliar no gerenciamento e destinação final de pneus na cadeia de logística reversa, contribuindo com futuras pesquisas, que poderão ser utilizadas na gestão integrada e no gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos, servindo inclusive como modelo para outros produtos sujeitos à logística reversa.

Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2019.

Dissertações de Pós-graduação a nível UFS com o tema "Gestão de resíduos sólidos"

Quadro 1.8 – Dissertações de Pós-graduação a nível UFS.

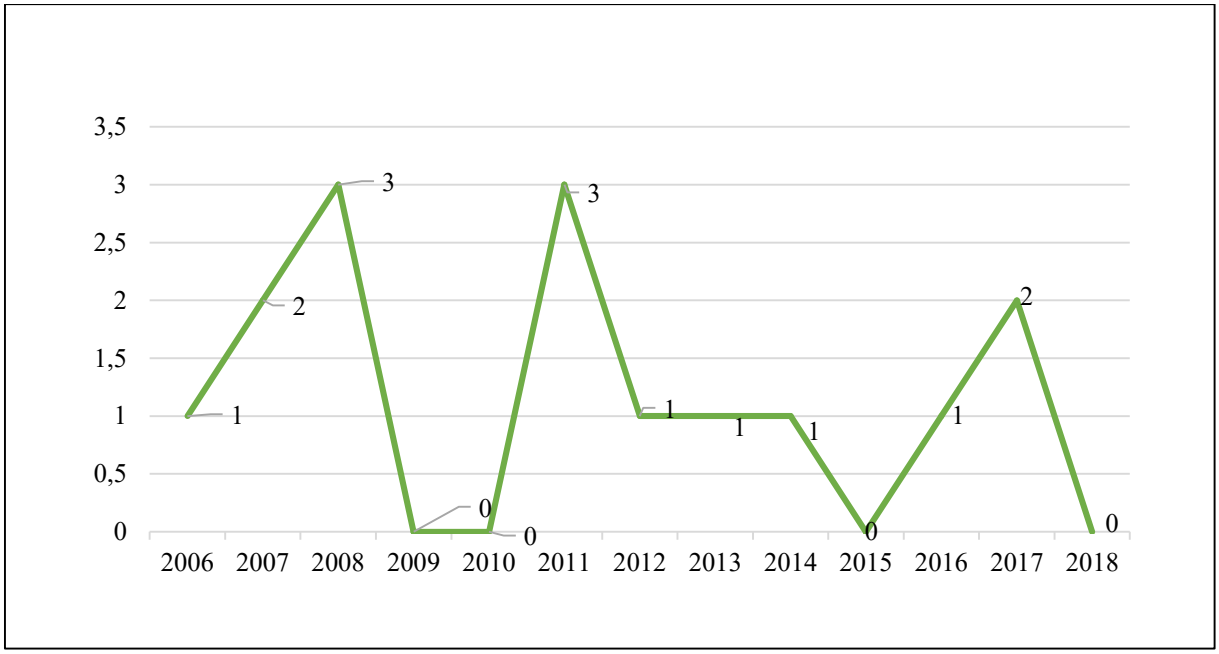
Título do trabalho	Ano	Autor	Orientador	Objetivo	Resultados obtidos
Significado do trabalho para agentes de limpeza e coletores de Aracaju/SE	2012	Fernanda de Oliveira Nunes	Marley Rosana Melo de Araújo	Compreender o significado do trabalho para 358 agentes de limpeza e coletores de uma empresa terceirizada de Aracaju/SE, a partir do levantamento e hierarquia dos fatores descritivos e valorativos e da centralidade.	Os dados apresentaram como resultados: predominância da função instrumental do trabalho na descrição e na valoração do significado do trabalho para a amostra geral.
Gestão de resíduos de construção civil na zona urbana do município de Largarto-SE: do diagnóstico a uma proposta de modelo gerencial	2013	Valmir do Carmo Prata	Claudia Ruberg	Propor um modelo gerencial capaz de minimizar os problemas atuais associados a gestão dos resíduos de construção civil na zona urbana do município	Verificou-se que, na zona urbana do município de Largarto, há: 51 pontos de deposição irregular de RCC em terrenos baldios e em margens de diversas estradas e ruas, além de sete bota-foras localizados em terrenos particulares; não existem empresas especializadas na coleta desses resíduos; na maioria das obras, pública ou privada, inexistem planos de gerenciamentos de RCC; há ausência de pontos legalizados para deposição do RCC, de pequenos ou grandes volumes.
Desafios e perspectivas dos resíduos sólidos no centro de abastecimento de Feira de Santana-BA	2018	Carla Alessandra Melo de Freitas Bastos	Josefa Eliane Santana de Siqueira Pinto	Analisar o manejo de resíduos sólidos no Centro de Abastecimento de Feira de Santana, Bahia. Quanto aos objetivos específicos, estão divididos em: identificar os aspectos positivos e negativos nas etapas do gerenciamento dos resíduos; averiguar a efetividade dos aspectos jurídicos da gestão municipal dos resíduos sólidos; analisar a organização espacial do Centro de Abastecimento; caracterizar a dinâmica socioambiental no manejo dos resíduos.	Resultados confirmam, por um lado, que apesar de possuir um sistema de manejo dos resíduos, por meio dos órgãos competentes, e ter avançado na abrangência da coleta/transporte, por outro lado, carece de acompanhamento e fiscalização das ações e procedimentos que configuram a sua realidade local.

Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2019.

Gráficos gerados das análises realizadas

Nessa parte da atividade, foram feitas algumas análises a partir das dissertações encontradas com o tema “resíduos sólidos”. Desta forma, para melhor entendimento será exposto o gráfico e posteriormente sua explicação.

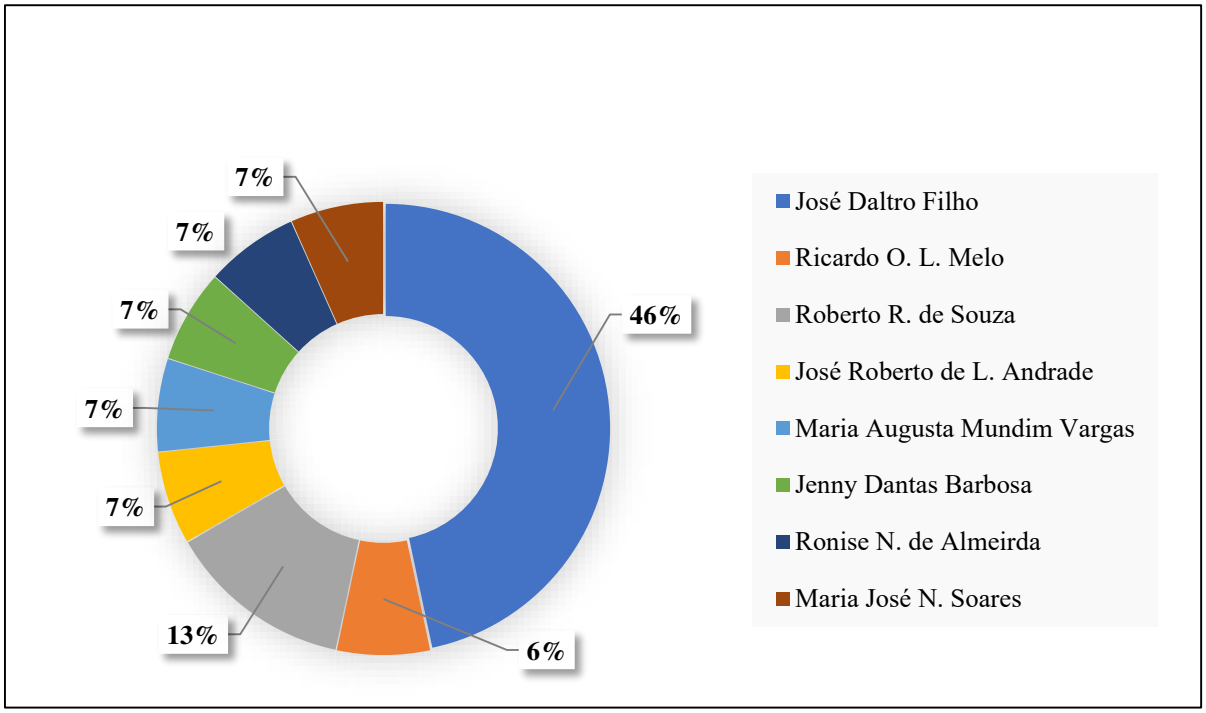
Figura 1.2 – Dissertações por ano sobre resíduos sólidos



Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2019.

Na figura 1.2 é possível observar a quantidade de dissertações defendidas por ano desde 2006. De modo, que os anos que apresentaram mais defesas com a temática sobre os resíduos sólidos foram os anos de 2008 e 2011, ambas com 3 dissertações o que representa 20% para cada ano, ocorrendo de acontecer de em alguns anos (2009, 2010 e 2015) não existir nenhuma defesa com o tema analisado. Na figura 1.3 é possível observar a quantidade de orientações por orientadores.

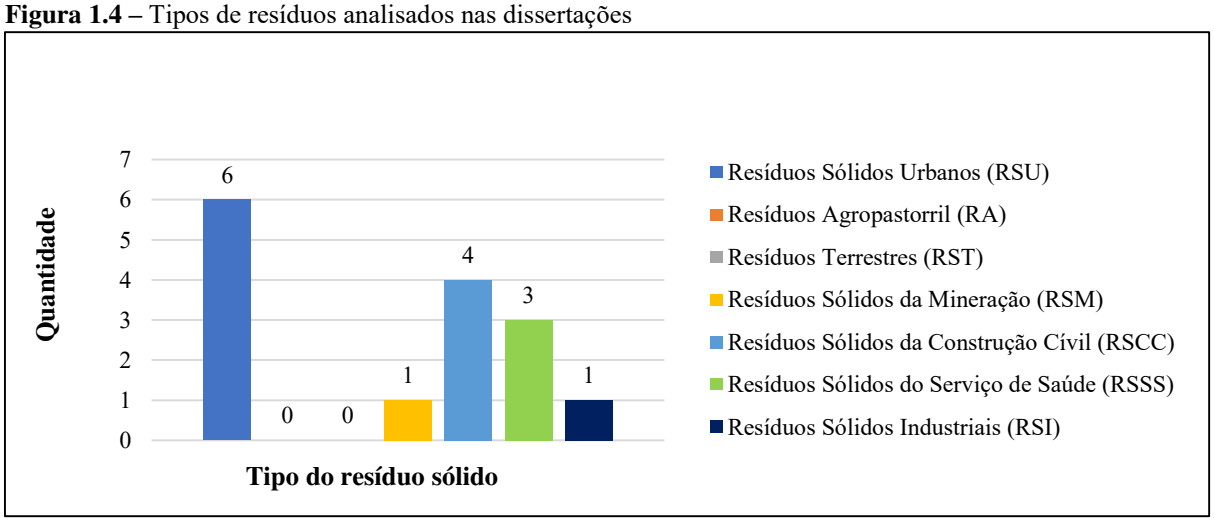
Figura 1.3 – Quantidade de orientações por orientador



Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2019.

Em análise é possível observar que o professor-orientador que mais se destaca em números em orientar pesquisas é o professor José Daltro Filho com a orientação de sete dissertações o que representa um total de 46%, seguido do professor Roberto com duas dissertações. Dentro desse contexto, tal discrepância ocorra por ser a área de atuação de Filho, observando que se somada as demais orientações da quase a metade das orientações feita por ele. Por conseguinte, a figura 1.4 descreve os tipos de resíduos analisados nas dissertações pesquisadas.

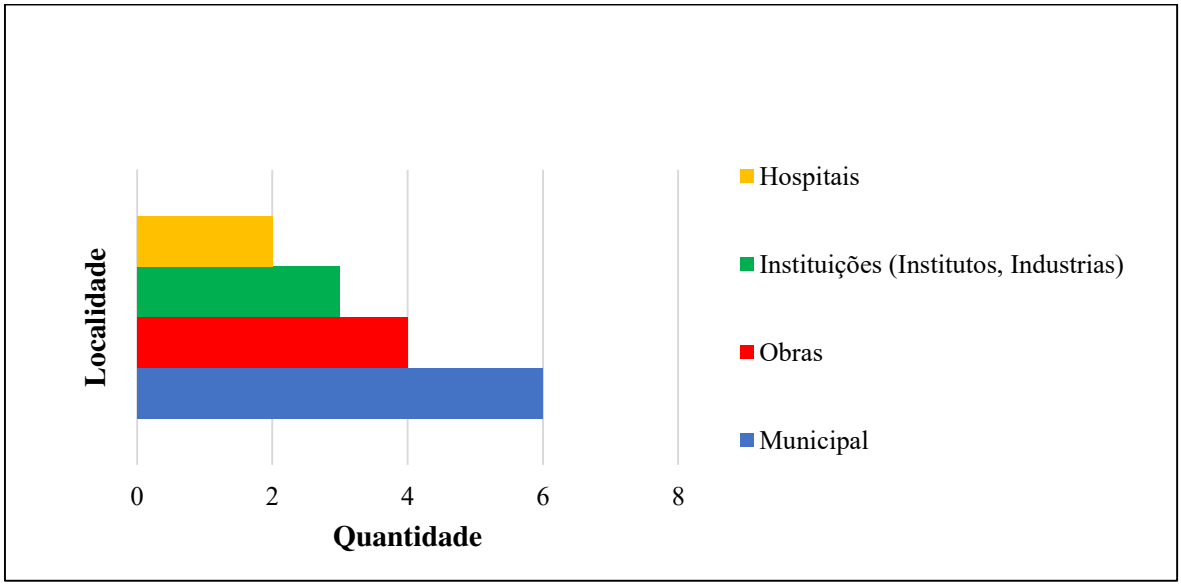
Figura 1.4 – Tipos de resíduos analisados nas dissertações



Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2019.

Em escala de classificação o tipo de resíduo e já esperado que mais é analisado é o urbano, seguido dos resíduos originados da construção civil, serviços de saúde, mineração e industrial empatados. No caso dos RSU, foram analisados os de origem doméstica e aspectos relacionados aos catadores de material reciclado que atuam no processo de separação. Na figura 1.5 se evidencia as localidades mais estudadas.

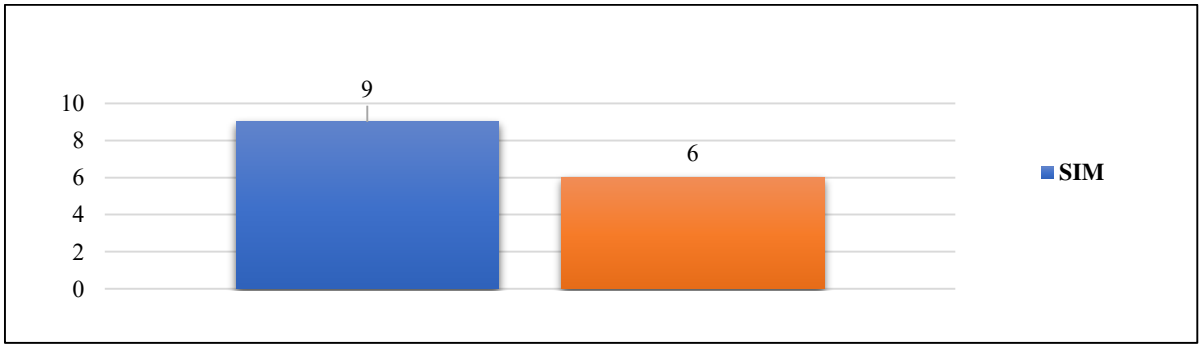
Figura 1.5 – Localidades de realização do estudo



Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2019.

Dentro desse cenário, o local de análise mais pesquisado são os resíduos que estão inseridos no contexto municipal, que seriam os RSU provenientes das atividades de descarte dos centros urbanos. O segundo local seria os canteiros de obras que tem origem na construção civil. A par disto, os municípios seriam os locais de maiores observações por ser as localidades que mais apresentam deficiências no sistema de gestão dos resíduos sólidos.

Figura 1.6 – Utilização do termo "Socioambiental"



Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2019.

A partir da análise do gráfico fica evidente que a maioria das dissertações analisadas apresentaram o contexto socioambiental na construção de seus respectivos trabalhos. Dessa maneira, evidenciando a importância de compreender os três pontos principais da gestão ambiental.

A luz disto, o estudo proporcionou uma visão mais ampla sobre aspectos relacionados a forma de gestão dos RSU em outras localidades, além de servir como referências para elaboração do referencial teórico que será construído na dissertação.

REFERÊNCIAS

ALVES, M. R. V. Reciclagem de Borra Oleosa: Uma Contribuição para a Gestão Sustentável dos Resíduos da Indústria de Petróleo em Sergipe. 2003. Orientador: Francisco Sandro Rodrigues Holanda. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2003.

ANDRADE, N. A. Gerenciamento dos resíduos sólidos da construção civil no bairro Jabotiana em Aracaju. 2017. Orientador: Maria José Nascimento Soares. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2017.

ANDRADE, I. C. B. Gestão de resíduos: estudo de caso da companhia vale do rio doce (CVRD), Rosário do Catete/SE. 2008. Orientador: José Roberto de Lima Andrade. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de PósGraduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2008.

BASTOS, A. M. F. Desafios e perspectivas dos resíduos sólidos no centro de abastecimento de Feira de Santana-BA. 2018. Orientador: Josefa Eliane Santana de Siqueira Pinto. **Dissertação** (Mestrado em Geografia), Programa de Pós-graduação em Geografia – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.

BISPO, M. M. G. A Educação ambiental e a gestão de resíduos sólidos no instituto federal de educação. 2011. Orientador: José Daltro Filho. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de PósGraduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2011.

CARVALHO, P. M. Gerenciamento de resíduos de construção civil e sustentabilidade em canteiros de obras de Aracaju. 2008. Orientador: José Daltro Filho. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2008.

CARVALHO, S. L. Resíduos sólidos da construção civil e desenvolvimento sustentável: modelo de sistema de gestão para Aracaju. 2008. Orientador: José Daltro Filho. **Dissertação**

(Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2008.

COUTO, E. F. Caminhos do "lixo": percepção ambiental e inclusão social dos catadores informais de materiais recicláveis. 2017. Orientador: Ronise Nascimento de Almeida. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2017.

COSTA, P. M. Aspectos jurídicos e ambientais da gestão de resíduos sólidos urbanos na região metropolitana de Aracaju. 2011. Orientador: Maria Augusta Mudim Vargas. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2011.

CRUZ, I. S. Proposta de estruturação de um modelo de gestão com base na logística reversa sustentável para os resíduos eletroeletrônicos em Aracaju/Sergipe/Brasil. 2016. Orientador: Roberto Rodrigues de Souza. **Tese.** (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2016.

GUERATO, D. A. C. Gestão pública de resíduos sólidos da construção civil em Aracaju: um desafio ambiental. 2007. Orientador: Ricardo Oliveira Lacerda de Melo. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2007.

LEITE, D. B. S. Indicadores de sustentabilidade: subsídios para o gerenciamento da logística reversa de pós-consumo de pneus inservíveis no município de Aracaju/SE. 2017. Orientador: Adauto de Souza Ribeiro. **Tese.** (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2017.

LIMA, A. Indicadores ambientais de gastos na gestão de resíduos sólidos da área de saúde: HU/UFS. 2011. Orientador: Roberto Rodrigues de Souza. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2011.

MACHADO, L. G. Centro histórico de Laranjeiras e os resíduos sólidos sob a ótica de documentos de planejamento. 2012. Orientador: José Daltro Filho. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2012.

MAIA, A. M. S. R. Avaliação dos Resíduos sólidos infectantes e Propagação de Doenças em Estabelecimento de Saúde. 2014. Orientador: José Daltro Filho. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2014.

MARTINS, G. F. C. Gestão de resíduos sólidos de serviço de saúde: estudo comparativos em unidade hospitalares de Aracaju/SE. 2013. Orientador: Jenny Dantas Barbosa. **Dissertação**

(Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013.

MENEZES, C. S. Resíduos gerados nas agroindústrias da microrregião de própria e as práticas de gestão ambiental adotados. 2006. Orientador: Jose Daltro Filho. **Tese** (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2006.

NASCIMENTO, C. S. M. D. Resíduos gerados nas agroindústrias da microrregião de Propria e as praticas de gestão ambiental adotadas. 2006. Orientador: José Daltro Filho. **Dissertação**. Programa de Pós- graduação em Desenvolvimento e Meio ambiente. São Cristóvão – Sergipe. 2006.

NASCIMENTO, P. A. Geração e Qualidade de Resíduos Sólidos Domiciliares de Diferentes Estratos Sociais na Cidade de Aracaju-SE. 2012. Orientador: José Daltro Filho. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2012.

NUNES, F. O. Significado do trabalho para agentes de limpeza e coletores de Aracaju/SE. Orientador: Marley Rosana Melo de Araújo. 2012. **Dissertação** (Mestrado em Psicologia Social), Programa de Pós-graduação em Psicologia Social – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2012.

OLIVEIRA, A. S. Desafios para a inserção social dos catadores de materiais recicláveis e reutilizáveis na coleta seletiva em Simão Dias/SE. 2019. Orientador: Maria do Socorro Ferreira da Silva. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2019.

OLIVEIRA, F. L. F. (Des)caminhos para as cooperativas de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis na grande Aracaju/SE. Orientador: Maria do Socorro Ferreira da Silva. 2018. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.

OLIVEIRA, G. M. Reflexos do saneamento e gerenciamento ambiental. 2018. Orientador: Maria José Nascimento Soares. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.

OLIVEIRA, L. M. S. Gestão Integrada Regional de Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Alternativa para os Municípios de Telha e Cedro de São João, Baixo São Francisco Sergipano. 2004. Orientador: José Daltro Filho. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2004.

PEREIRA, F. D. S. Os desafios entre a drenagem urbana e os resíduos sólidos: o caso de Aracaju/SE. 2015. Orientador: José Daltro Filho **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015.

PEREIRA, A. S. Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos em Nossa Senhora da Glória: Desafios à Sustentabilidade Socioambiental. 2016. Orientador: José Daltro Filho Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2016.

PRATA, V. C. Gestão de resíduos de construção civil na zona urbana do município de Lagarto-SE: do diagnóstico a uma proposta de modelo gerencial. 2013. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013.

ROCHA, V. G. Gestão de Resíduos Sólidos – Barra dos Coqueiros/SE. 2007. Orientador: Roberto Rodrigues de Souza. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2007.

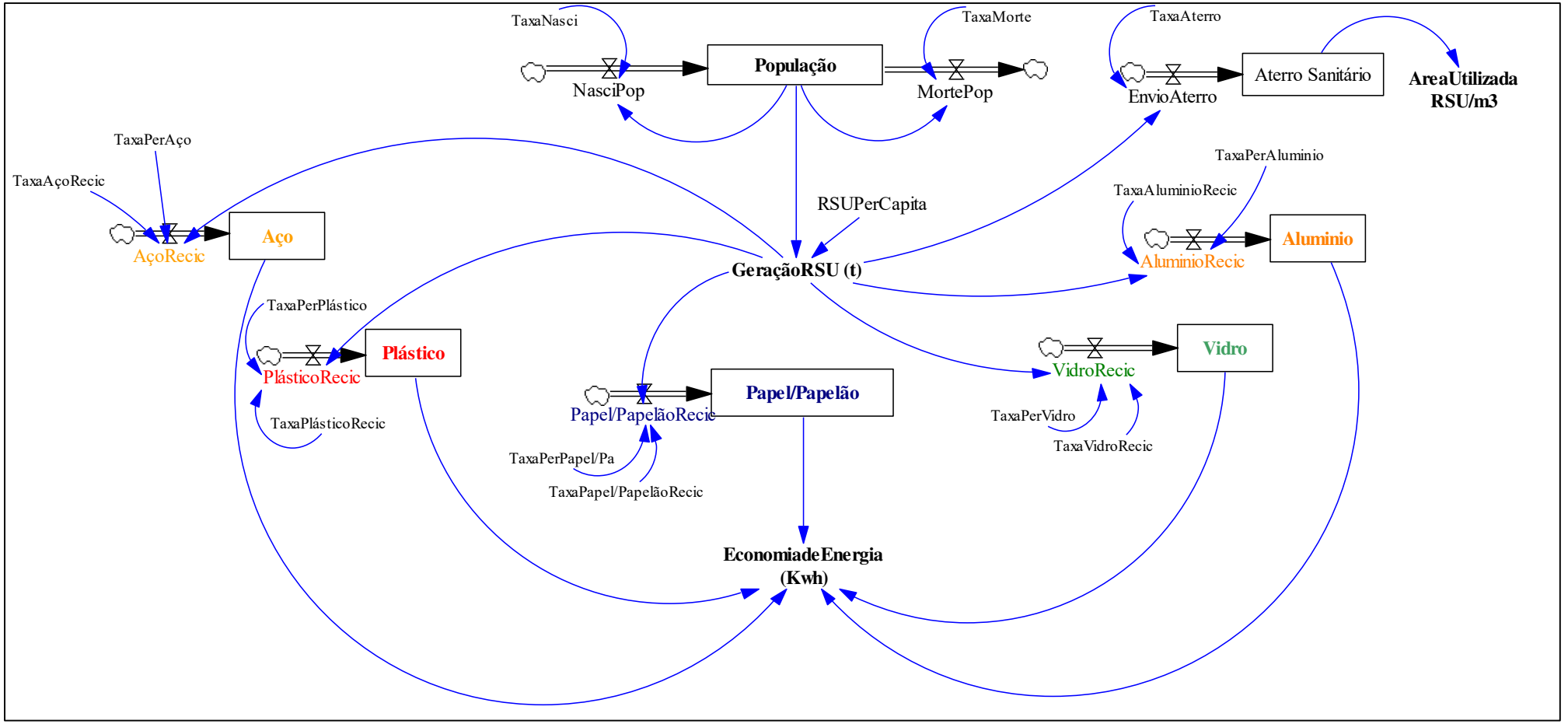
SANTOS, A. G. C. Gestão de resíduos sólidos urbanos no município de Porto da Folha-SE, 2012. Orientador: Ariovaldo Antônio Tadeu Lucas. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Núcleo de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2012.
SANTOS, E. A. Dinâmica socioambiental do alto curso da bacia do Rio Una/PE, 2013. Orientador: Hélio Mário de Araújo. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Núcleo de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2013.

TAVARES, D. A. C. Gestão Pública de Resíduos Sólidos da Construção Civil em Aracajú: um desafio ambiental. Sergipe, 2007. Orientador: Ricardo Oliveira Lacerda de Melo. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Núcleo de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Sergipe, Sergipe, 2007.

VIEIRA, A. C. A. Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos: desafios e tecnologias. 2011. Orientador: Roberto Rodrigues de Souza. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2011.

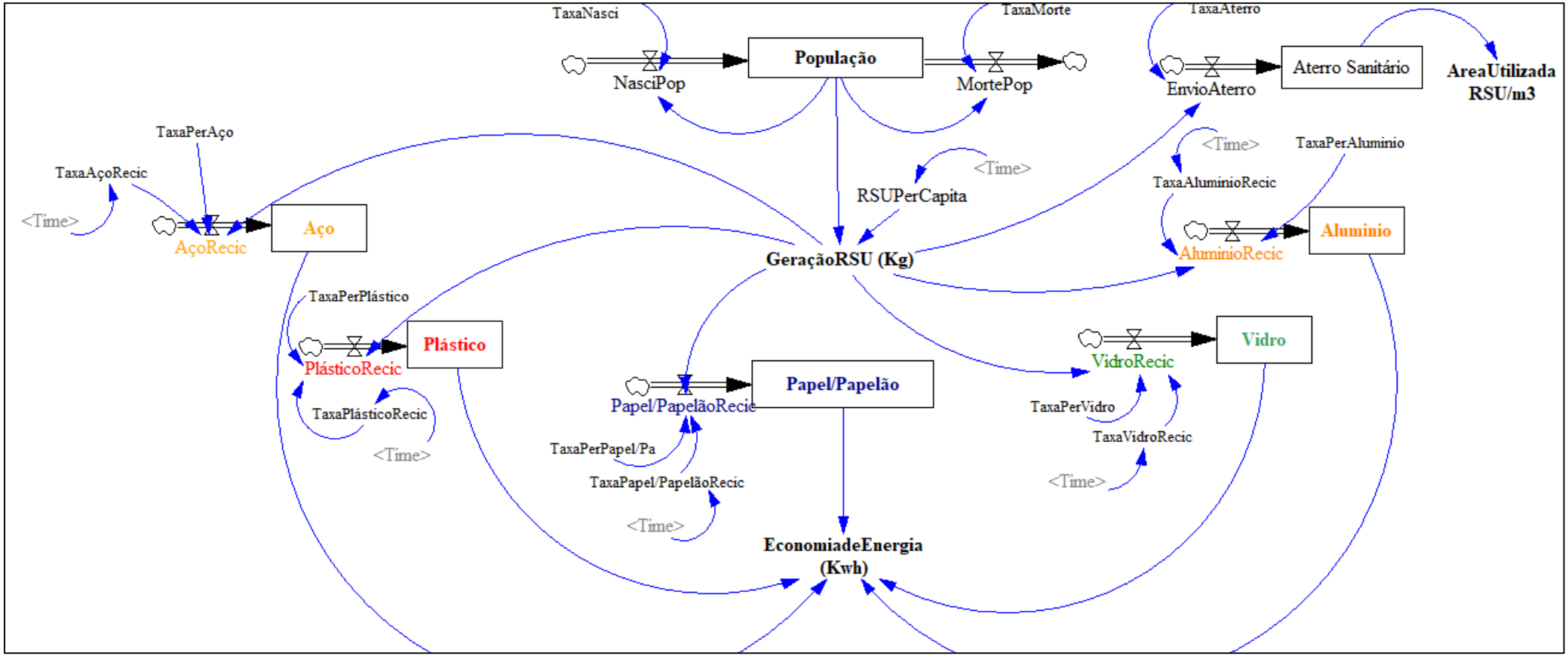
Apêndice D – Modelos das simulações

Figura 5.9 – Modelo geral.



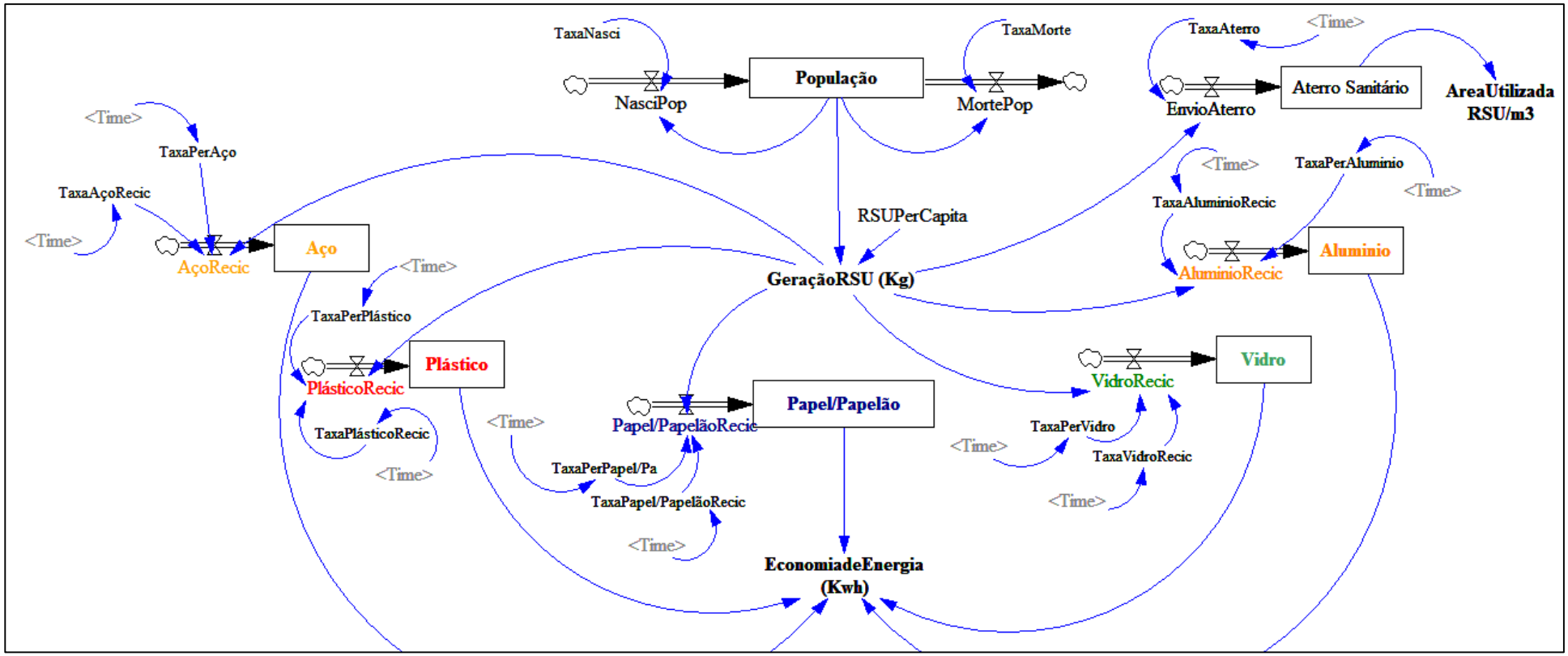
Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2020.
Vensim PLE 7.3.5 (Single Precision)x32.

Figura 5.10 – Cenário simulado tendência atual (CS1).



Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2020.
Vensim PLE 7.3.5 (Single Precision)x32.

Figura 5.11 – Cenário simulado positivo (CS2).



Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2020.
Vensim PLE 7.3.5 (Single Precision)x32.

Apêndice E – Cenários simulados

Cenário simulado tendência atual – CS1

Para realização da simulação foi construído um modelo geral (Apêndice E) com aspectos referentes a gestão dos RSU, utilizando os indicadores que foram analisados na pesquisa. Este cenário buscou se aproximar ao máximo da realidade atual na variação das taxas utilizadas no período que a simulação foi realizada. A tabela 5.1 apresenta os valores obtidos no indicador I01 no período de 10 anos.

Tabela 5.1 – Cenário CS1: Geração de RSU

Cenário simulado (CS1) – Geração de RSU			
Tempo simulado (Ano)	(ton/dia)	(ton/mês)	(ton/ano)
2021	175,5	5.264,7	63.178
2022	194,3	5.829,6	69.955
2023	213,7	6.411,6	76.939
2024	236,6	7.097,4	85.170
2025	261,9	7.855,2	94.265
2026	287,9	8.637,6	103.654
2027	318,6	9.557,7	114.695
2028	350,3	10.508,7	126.104
2029	387,5	11.625,3	139.504
2030	426	12.780,3	153.363
2031	471,2	14.134,8	169.620
TOTAL	**3.323,4**	**99.702,9**	**1.196.448**

Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2020.

A geração de RSU no último ano seria de 169.620 toneladas, uma diferença de 106.442 toneladas em relação ao primeiro ano, representando um aumento esperado de 168,5%. A soma total de RSU chegaria a 1.196.448 toneladas. Na simulação, a geração *per capita* de RSU por dia aumentava a uma taxa anual de 1%, pensando que o município não adotou nenhuma medida sustentável para a gestão dos RSU, e o consumo pela população aumentou, já que não aconteceu a conscientização ambiental.

Os indicadores I02 e I03 estão correlacionados, mas foram analisados em tabelas diferentes. Na tabela 5.2, se tem a economia de energia elétrica com a reciclagem nas industriais que compraram e reciclaram os materiais, observando que não houve a necessidade de extração de novas matérias-primas, para produção. O asterisco no ano da tabela representa que o último algarismo significativo dos valores são zero devido a limitação do *software* em relação a expressão de todas as casas decimais.

Tabela 5.2 – Cenário CS1: Energia elétrica economizada

Cenário simulado (CS1) – Energia elétrica economizada			
Tempo simulado (Ano)	(Kwh/dia)	(Kwh/mês)	(Kwh/ano)
2021	323.592	9.707.760	116.493.120
2022	647.185	19.415.550	232.986.600
2023*	1.008.880	30.266.400	363.196.800
2024*	1.410.430	42.312.900	507.754.800
2025*	1.859.060	55.771.800	669.261.600
2026*	2.360.180	70.805.400	849.664.800
2027*	2.916.240	87.487.200	1.049.846.400
2028*	3.537.100	106.113.000	1.273.356.000
2029*	4.225.840	126.775.200	1.521.302.400
2030*	4.994.540	149.836.200	1.798.034.400
2031*	5.847.040	175.411.200	2.104.934.400
TOTAL	**29.130.087**	**873.902.610**	**10.486.831.320**

Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2020.

O indicador I03 apresenta os resultados com a reciclagem dos materiais separados por categoria (alumínio, aço, papel/papelão, vidro e plástico). A tabela 4.3 apresenta as quantidades de materiais reciclados por categoria no período simulado de 10 anos.

Tabela 5.3 – Cenário CS1: Reciclagem por material

Cenário simulado (CS1) – Reciclagem					
Tempo simulado (Ano)	Material por categoria				
	Alumínio (ton/ano)	Aço (ton/ano)	Papel/papelão (ton/ano)	Plástico (ton/ano)	Vidro (ton/ano)
2021	2.889,6	3.880,5	11.864	5.072,5	126,5
2022	5.779,3	7.761,1	23.253	10.144,9	253
2023	9.005,4	12.094,4	36.215	15.848,8	395
2024	12.582,5	16.900,4	50.570	22.218	553,4
2025	16.574,6	22.265,1	66.569	29.375,1	731,1
2026	21.028,6	28.251,9	84.397	37.414	930,5
2027	25.965,5	34.889,1	104.133	46.383	1.152,7
2028	3.1472	42.293	126.117	56.451	1.401,7
2029	3.7573	50.499	150.449	67.677	1.679,1
2030	44.375	59.651	177.544	80.270	1.989,9
2031	51.912	69.791	207.527	94.306	2.335,9
TOTAL	**259.157,1**	**348.276,7**	**1.038.640**	**465.160,1**	**11.548,8**
%	12,2	16,4	48,92	21,91	0,54

Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2020.

Cabe ressaltar, que os valores obtidos nessa simulação seguiram a tendência atual do município com a reciclagem de apenas 0,3% dos materiais separados. A porcentagem baixa ocorre devido à falta de um programa de coleta seletiva que realize uma separação adequada

dos resíduos nos domicílios, o que na etapa de triagem acaba sendo observado na perda de material para reciclagem.

A tabela 5.4 mostra o comportamento do indicador I04, que trata sobre a disposição final dos RSU no aterro sanitário do município, sendo mostrada a quantidade de resíduos disposta no local conforme período simulado de 10 anos. O último algarismo significativo dos valores referentes aos anos 2028 a 2031 são zero devido a limitação do software em relação a expressão de todas as casas decimais.

Tabela 5.4 – Cenário CS1: Disposição final

Cenário simulado (CS1) – disposição final aterro sanitário			
Tempo simulado (Ano)	(ton/dia)	(ton/mês)	(ton/ano)
2021	104,4	3.132,6	37.591,2
2022	208,8	6.265,2	75.182
2023	324,5	9.733,8	116.805,6
2024	451,6	13.548,7	162.584,3
2025	592,4	17.771,7	213.260,4
2026	748,2	22.445,7	269.348
2027	919,5	27.585,2	331.022,2
2028*	1.109,1	33.272,1	399.265,2
2029	1.317,5	39.524,7	474.296,4
2030	1.548,1	46.441,8	557.301,6
2031	1.801,5	54.046,2	648.554,4
TOTAL	**9.125,6**	**273.767,6**	**3.285.211,3**

Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2020.

Aos observar a quantidade de resíduos sólidos disposta no aterro sanitário, pode-se perceber um aumento de 610.963,2 toneladas em comparação ao ano de 2021, o que mostra um acréscimo de 1625% na quantidade disposta. No mais, é preciso lembrar que o aterro sanitário possui um tempo de vida útil estabelecido. No período simulado de 2021 a 2031 provavelmente mais três células vão estar em sua capacidade máxima, já que, uma célula atingiu sua capacidade máxima, e o tempo de vida útil são cinco anos.

O último indicador de área utilizada (I05), observa o comportamento da quantidade de RSU depositado em 1 m^3 de célula. A tabela 5.5 apresenta a quantidade necessária de m^3, de acordo com a quantia depositada dentro da vala. A observação do indicador é necessária, pois se trata do procedimento de compactação dos resíduos alocados dentro da célula, de modo, a conseguir ocupar o menor espaço possível e permitir que o tempo de vida útil da célula seja exatamente de cinco anos.

Tabela 5.5 – Cenário CS1: Área utilizada

Cenário simulado (CS1) – área utilizada para aterro sanitário			
Tempo simulado (Ano)	Dia (ton/m^3)	Mês (ton/m^3)	Ano (ton/m^3)
2021	0,12	3,6	42,7
2022	0,24	7,1	85,4
2023	0,37	11,1	132,7
2024	0,51	15,4	184,7
2025	0,67	20,2	242,3
2026	0,85	25,5	306,1
2027	1,0	31,3	376,2
2028	1,3	37,8	453,7
2029	1,5	44,9	539
2030	1,8	52,8	633,3
2031	2,0	61,4	737
TOTAL	**10,4**	**304**	**3.647,8**

Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2020.

No caso da área utilizada, no último ano da simulação a quantidade seria de 3.647,8 toneladas de RSU/m^3. Em comparação a quantidade do primeiro, houve um aumento de 1625%, podendo a chegar a quantia de 694,3 toneladas de RSU/m^3, além do crescimento na geração de RSU; outro ponto que causa interferência na área é a compactação correta dos resíduos.

Na realidade atual do aterro sanitário foram constatados dois problemas na compactação e neutralização dos dados causados pelos resíduos: o primeiro é a compactação incorreta, que deveria acontecer de forma diária, mas pelo trator quebrar ou não conseguir acessar a célula em períodos chuvosos, ocorre um acumulo de resíduos sem compactação. O outro problema é a cobertura após a compactação que não acontece diariamente, a fim de evitar vetores de contaminação (insetos, aves, roedores) e diminuir o mal cheiro causado pela decomposição da matéria orgânica.

Para a simulação alcançada, as variáveis que interferiram na área utilizada foram de geração de RSU, que aumentou no decorrer dos anos simulados e a disposição final no aterro sanitário, e a taxa de reciclagem baixa, que aumentou o número de resíduos destinados ao aterro.

Outro ponto que interfere na área ocupada dentro do aterro sanitário é a disposição de final de resíduos que poderiam ser reciclados ou reutilizados. Em Paulo Afonso é feito o descarte de pneus em uma área do aterro sanitário, ao invés de buscar medidas ambientalmente sustentáveis e que possam proporcionar renda para os agentes responsáveis pela reciclagem deste tipo de material.

4.3.3 Cenário simulado positivo – CS2

O modelo utilizado no cenário CS2 consta no apêndice E da pesquisa. Na simulação, a gestão dos RSU apresenta resultados mais positivos nos indicadores analisados. Para isto, alguns dados foram manejados, de modo que pudessem resultar em efeitos positivos para gestão. A premissa para a simulação ser positiva, foi a introdução de medidas mais sustentáveis na gestão e correções nos problemas evidenciados. A tabela 5.6 apresenta o comportamento da geração de RSU com a per capita permanecendo constante.

Tabela 5.6 – Cenário CS2: Geração de RSU

Cenário simulado positivo (CS2) – geração RSU			
Tempo simulado (Ano)	(ton/dia)	(ton/mês)	(ton/ano)
2021	174,3	5.229,3	62.751,6
2022	190,4	5.713,5	68.562
2023	208,1	6.242,7	74.912,4
2024	227,4	6.820,8	81.849,6
2025	248,4	7.452,6	89.431,2
2026	271,4	8.142,6	97.711,2
2027	296,6	8.896,8	106.761,6
2028	324	9.720,6	116.647,2
2029	354	10.620,6	127.447,2
2030	386,8	11.604	139.248
2031	422,6	12.678,6	152.143,2
TOTAL	**2.896**	**93.122,1**	**1.117.465,2**

Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2020.

A geração de RSU total chegaria a 1.117.465,2 toneladas, e o aumento em relação ao primeiro ano seria de 89.391,6 toneladas, um acréscimo de 142,86%. Na simulação, a geração *per capita* permaneceu estática, em 1,48 kg/hab/dia no decorrer dos 10 anos. O valor constante foi atribuído a conscientização ambiental dos moradores sobre os impactos na geração de RSU, além do controle na taxa de natalidade, com campanhas de educação sexual para os jovens.

Os valores obtidos com o indicador que trata sobre a economia de energia elétrica pode ser verificado na tabela 5.7. Na simulação, foi implementado um aumento de 5% na taxa de composição gravimétrica anualmente até o final do tempo simulado; já a taxa de reciclagem aumentou 6% nos primeiros cinco anos e 8% a partir do sexto ano até o tempo final. Os aumentos nas taxas seriam devido a criação da coleta seletiva e incentivo a reciclagem.

Tabela 5.7 – Cenário CS2: Energia elétrica economizada

Cenário simulado positivo (CS2) – Energia elétrica economizada			
Tempo simulado (Ano)	(Kwh/dia)	(Kwh/mês)	(Kwh/ano)
2021	467.408,3	14.022.250	168.267.000
2022	934.819,4	28.044.583,3	336.535.000
2023*	1.638.352,8	49.150.583,3	589.807.000
2024*	2.650.077,8	79.502.333,3	954.028.000
2025*	4.056.444,4	121.693.333,3	1.460.320.000
2026*	5.960.555,6	178.816.666,7	2.145.800.000
2027*	8.484.888,9	254.546.666,7	3.054.560.000
2028*	11.862.583,3	355.877.500	4.270.530.000
2029*	16.297.472,2	488.924.166,7	5.867.090.000
2030*	22.030.333,3	660.910.000	7.930.920.000
2031*	29.344.166,7	880.325.000	10.563.900.000
TOTAL	**103.727.102,8**	**3.111.813.083**	**37.341.757.000**

Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2020.

No cenário CS2 o valor total de Kwh economizado chega a faixa dos bilhões. A diferença entre o valor no último ano e o primeiro chegaria a quantia de 10.395.633.000 Kwh, representando uma economia de energia de 6178%. Para a cidade alcançar esse patamar na economia de energia elétrica com a reciclagem é preciso incentivar a introdução de indústrias de reciclagem no município. No município, todo material triado pela ARPA é repassado para duas indústrias de reciclagem, sem a existência de nenhum aproveitamento dentro da cidade.

No terceiro indicador sobre reciclagem do material (I03), existe uma relação com o indicador I02, de modo que quanto maior for a reciclagem dos materiais, maiores serão os resultados com a economia de energia elétrica. As taxas no indicador I03 tiveram o mesmo comportamento do I02. A tabela 5.8 apresenta os resultados da simulação para cada tipo de material reciclável, no mais, todo resíduo orgânico é destinado para o aterro sanitário, sem realização de nenhum aproveitamento na compostagem.

Tabela 5.8 – Cenário CS2: Reciclagem por material

Cenário simulado positivo (CS1) – Reciclagem					
Tempo simulado (Ano)	Material por categoria				
	Alumínio (ton/ano)	Aço (ton/ano)	Papel/papelão (ton/ano)	Plástico (ton/ano)	Vidro (ton/ano)
2021	4.009,2	1.484,2	12.907	5.644	794
2022	8.018,5	2.968,4	25.813,9	11.288	1.588
2023	13.689,9	5.824,3	41.509	18.222,4	3.208,2
2024	21.319,5	1.0315,6	60.419	26.660,3	5.823,3

2025	31.245,8	1.6745	83.030	36.845	9.628,3
2026*	12.641.004	25.460,9	109.893	49.055	14.848
2027*	12.656.736	36.860	141.630	63.607	21.740,9
2028*	12.676.104	51.396	178.946	80.862	30.604
2029*	12.699.684	69.588	222.636	101.232	41.779
2030*	12.728.088	92.026	273.599	125.182	55.655
2031*	12.762.072	119.383	332.850	153.244	72.679
TOTAL	**76.241.971**	**426.227**	**1.483.231**	**671.843**	**258.348,7**
%	96,41	0,54	1,88	0,85	0,33

Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2020.

O material mais reciclado nesse cenário foi o alumínio, com 76.241.971 ton/ano (96,4%); em segundo lugar está o papel/papelão, com 1.483.231 ton/ano (1,88%); o terceiro seria o plástico, com 671.843 ton/ano (0,85%); no quarto está o aço, com 426.227 ton/ano (0,54%); e, por último, o vidro, com 258.348,72 ton/ano (0,33%). Devido a interferência nas taxas de composição gravimétrica e reciclagem, houve uma mudança significativa devido a taxa de separação de alumínio ser maior que os demais materiais.

A tabela 5.9 descreve os valores obtidos com o indicador I04, que trata sobre a disposição final dos RSU. Nessa simulação a taxa de disposição em aterro sanitário diminuiu 10% ao final do tempo simulado, tendo como principais motivos a educação ambiental dos moradores locais, aumento na coleta seletiva e, consequentemente, aumento na reciclagem, além de uma possível novas formas de disposição final.

Tabela 5.9 – Cenário CS2: Disposição final

Cenário simulado positivo (CS2) – disposição final no aterro sanitário			
Tempo simulado (Ano)	(ton/dia)	(ton/mês)	(ton/ano)
2021	102	3.059,4	36.712,8
2022	203,9	6.118,5	73.422
2023	332,5	9.975,3	119.703,6
2024	450,1	13.503	162.036
2025	576,3	17.288,1	207.457,2
2026	711,7	21.349,8	256.197,6
2027	856,9	25.706,1	308.473,2
2028*	1.012,6	30.377,1	364.525,2
2029	1.179,4	35.382,9	424.594,8
2030	1.358,2	40.746,6	488.959,2
2031	1.549,7	46.490,4	557.884,8
TOTAL	**8.333,2**	**249.997,2**	**2.880.262,8**

Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2020.

O total de RSU disposto no aterro chegaria a quantia de 2.880.262,8 ton/ano. Com relação ao primeiro ano analisado, ocorreria o acréscimo de 521.172 toneladas, um aumento de 1419% na quantidade alocada nas células de armazenamento. Cabe ressaltar que, quanto menor a quantidade de resíduos disposto, maior será seu tempo de uso. É preciso observar que a construção dessa forma de disposição final precisa utilizar áreas, e que isso pode causar diversos impactos ambientais, caso a administração e manejo dentro do local não sejam feitos de forma correta. O primeiro passo para diminuir a quantidade de resíduos dispostos seria a conscientização para o consumo sustentável da população, gerando apenas o necessário para sua sobrevivência de forma saudável. Outro fator importante é incentivar e colaborar com os catadores de material reciclável na triagem dos RSU - o incentivo e colaboração deve partir tanto da prefeitura como dos moradores.

O último indicador observado é o I05 sobre área utilizada. Ressalta-se que os indicadores I05 e I04 estão interligados, onde o aumento na disposição final interfere na área utilizada. Na simulação não houve nenhuma interferência no valor de RSU/m^3. A tabela 5.10 expõe os valores obtidos no decorrer dos 10 anos.

Tabela 5.10 – Cenário CS2: Área utilizada.

Cenário simulado positivo (CS2) – área utilizada			
Tempo simulado (Ano)	Dia (ton/m^3)	Mês (ton/m^3)	Ano (ton/m^3)
2021	0,12	3,5	41,7
2022	0,23	7	83,4
2023	0,38	11,3	136
2024	0,51	19,6	235,7
2025	0,65	19,6	235,7
2026	0,81	24,3	291,1
2027	0,97	29,2	350,5
2028	1,15	34,5	414,2
2029	1,34	40,2	482,5
2030	1,54	46,3	555,6
2031	1,8	52,8	634
TOTAL	**9,5**	**288,4**	**3.460,7**

Organização: Robério Satyro dos Santos Júnior, 2020.

O cenário simulado CS2 apresenta resultados mais positivos no indicador área utilizada de 1 m^3 - os valores são provenientes dos resultados no indicador I04 e correto manejo dos resíduos depositados nas células de armazenamento. A diferença de valor em relação ao primeiro ano seria de 592,2 RSU/m^3, aumentando 1419% a quantidade de área utilizada.

ANEXO A

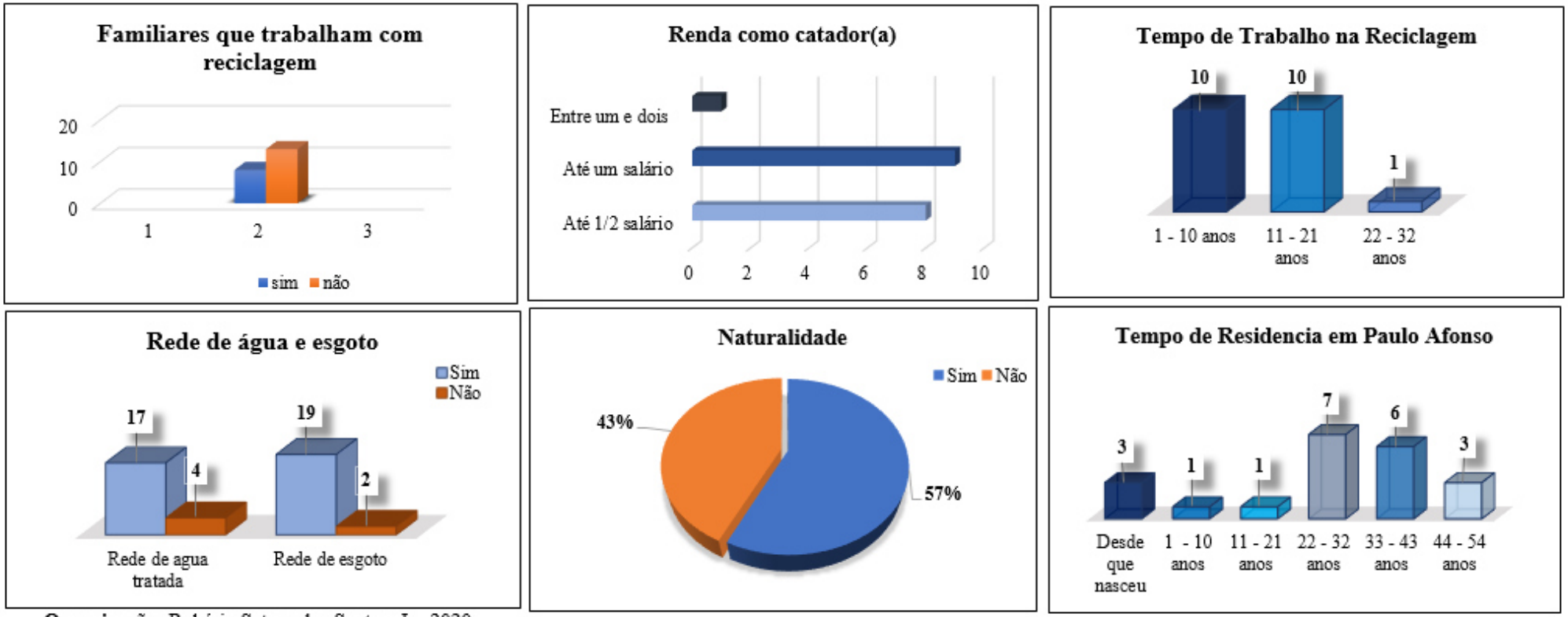
Quadro 4.4 – Itinerário de coleta dos RSU no município.

Turno	Setor	Dias/Horário	Área	Roteiro
Noturno	1	SEG/QUA/SEXT 16:00h as 22:00h **OBSERVAÇÃO** REPASSE DIÁRIO 6:00h (manhã) 17:00h (Tarde) Praça Metódio Casa da Criança I	CENTRO	1º Rua José Hemetério de Carvalho, 2º rua Mal. Castelo Branco, 3º Rua 31 de Março, 4º Rua dos Navegantes, 5º Colégio João Bosco, 6º Colégio Municipal Oliveira Brito, 7º Rua Ribeirão, 8º Rua das Flores, 9º Rua Eng. de Souza, 10º Rua São Pedro, 11º Rua Riachuelo, 12º Rua Barão do Rio Branco, 13º Rua Otavio Mangabeira, 14º Rua Tiradentes.
Noturno	1	SEG/QUA/SEXT 22:00h as 04:00h	CENTRO	1º Rua Castro Alves, 2º Rua Marieta Ferraz, 3º Rua São Luiz, 4º Rua Tamandaré, 5º Rua Padre Lourenço, 6º Rua Alto da Boa Vista, 7º Rua Alto Novo, 8º Rua Duque de Caxias, 9º Rua Marechal Costa e Silva, 10º Rua da Alegria, 11º Rua São Benedito, 12º Rua Otavio Drumond, 13º Rua do Sol, 14º Rua Rui Barbosa.
Noturno	1	SEG/QUA/SEXT 16:00h as 22:00h	BNH	1º Panorama (Bairro), 2º BNH (Bairro), 3º Centro (Bairro), 4º Restaurante Popular, 5º Colégio Luiz Eduardo Magalhães
Noturno	1	SEG/QUA/SEXT 22:00h as 04:00h	BNH	1º Rua Marechal Rondon, 2º Colégio Municipal CEMPA, 3º Colégio Polivalente, 4º G Barbosa, 5º Hotel Belvedere, 6º Lindinalva Cabral, 7º Ginásio de Esporte, 8º Rodoviária
Diurno	1	SEG/QUA/SEXT 06:00 as 12:00h	Centenário	1º Senhor do Bonfim (Bairro), 2º Caminho dos Lagos (Bairro), 3º Abel Barbosa (Bairro), 4º Centenário (Bairro), 5º Sal Torrado (Bairro), 6º Oliveira Lopes (Bairro),7º Vila Militar (Bairro).
Diurno	1	SEG/QUA/SEXT 12:00 as 18:00h **OBSERVAÇÃO** CENTRO COMERCIAL REPASSE DIÁRIO 5:00h as 7:00h	Centenário	1º CODEVASF, 2º Posto Médico, 3º Colégio Municipal,4º Vila Corró, 5º DETRAN, 6º Polo Empresarial, 7º Por trás do CPA, 8º Creche Casulo da Criança Feliz.
Diurno	1	SEG/QUA/SEXT 06:00 as 12:00h	CHESF	1º Alves de Souza (Bairro), 2º Vila Nobre (Bairro), 3º General Dutra (Bairro), 4º Fazenda Chesf (Bairro), 5º Companhia de Infantaria, 6º Escolinha da CHESF
Diurno	1	SEG/QUA/SEXT 12:00 as 18:00h	CHESF	1º Hospital Nair Alves de Souza, 2º Memorial CHESF, 3º CPA, 4º COPA, 5º Capuxu, 6º Defensória Pública, 7º Fórum, 8º CREIA.

Diurno	2	TER/QUI/SÁB 08:00h as 14:00h	Jardim Aeroporto	1º Bairro Jardim Aeroporto, 2º Chácara Regina, 3º Boa Esperança, 4º Clériston Andrade, 5º Aeroporto, 6º Motel Lago Azul, 7º Parque de Exposição
Diurno	2	TER/QUI/SÁB 08:00h as 14:00h	Oliveira Brito	1º Siriema I, II, III (Bairro), 2º Pedra Comprida, 3º Babá do Braga, 4º Motel Vilas, 5º Condomínio Siriema
Diurno	2	TER/QUI/SÁB 08:00h as 14:00h	Jardim Bahia	1º Prainha (Bairro), 2º Jardim Bahia, 3º Condomínio Jardim Bahia, 4º Colégio Vinicius de Morães.
Diurno	2	TER/QUI/SÁB 08:00h as 14:00h	Vila Moxotó	1º Condomínio Minha casa minha Vida, 2º Condominio Brisa dos Lagos, 3º Condominio Barroca, 4º Creche, 5º Colégio Guiomar Pereira, 6º Rua Jundiair, 7º Motel Chamego, 8º Barroca, 9º Pedra Comprida, 10º Vila Moxotó, 11º Rua Primavera.
Diurno	3	TER/QUI/SAB 07:00h as 13:00h	BTN III	1º Bairro BTN III, 2º Bairro Cardeal Brandão Vilela, 3º Coca-cola (Deposito), 4º Santa Inês, 5º Benone, 6º Delmiro Gouveia, 7º Rua Padre Lourenço, 8º PA IV, 9º Condomínio SG Jaime, 10º Condomínio Dom Mario Zaneta, 11º Condomínio Amanda Moraes, 12º Deposito Itaipava, 13º Bairro Marina França, 14º Presidio Regional, 15º Colégio Georgina, 16º CEASA, 17º Hospital, 18º Fabrica de Ração, 19º Fabrica de tilápia, 20º Prainha do Candeeiro, 21º Policia Rodoviária Federal, 22º Bairro Rodoviário 23º DNER, 24º Escola Rivadalva de Carvalho, 25º Escola Casa da Criança III.
Diurno	3	SEG/QUA/SEX 07:00h as 13:00h	BTN III	1º Fabrica de Ração, 2º Fabrica de tilápia, 3º Prainha do Candeeiro, 4º Policia Rodoviária Federal, 5º Bairro Rodoviário, 6º DNER, 7º Escola Rivadalva de Carvalho, 8º Escola Casa da Criança III
Diurno	3	SEG/QUA/SEX 07:00h as 13:00h	BTN I	1º Minha casa minha vida, 2º BTN I, 3º Delegacia, 4º Retifica, 5º Escola Quitéria Maria de Jesus
Diurno	3	SEG/QUA/SEX 07:00h as 13:00h **OBSERVAÇÃO**: Na Rua Padre Lourenço e Delmiro Gouveia a coleta começa às 08:00h	BTN II	1º BTN II, 2º Rua Padre Lourenço, 3º Rua Delmiro Gouveia, 4º Colégio Manoel de Almeida

Fonte: Secretária Municipal de Meio Ambiente – SEMA, 2019.
Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2019

Figura 3.10 – Informações sobre os catadores de materiais recicláveis.



Organização: Robério Satyro dos Santos Jr., 2020.