

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO**

Cecilia de Mattos Canella

**Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos no estado de minas gerais: uma análise
quantitativa de indicadores de sustentabilidade**

Juiz de Fora
2021

Cecilia de Mattos Canella

Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos no estado de Minas Gerais: uma análise quantitativa de indicadores de sustentabilidade

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído. Área de concentração: Gestão em Ambiente Construído

Orientador: Samuel Rodrigues Castro

Juiz de Fora
2021

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Canella, Cecília de Mattos.

Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos no estado de Minas Gerais : Uma análise quantitativa de indicadores de sustentabilidade / Cecília de Mattos Canella. -- 2021.

87 p. : il.

Orientador: Samuel Rodrigues Castro

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído, 2021.

1. Resíduos sólidos urbanos . 2. Indicadores de sustentabilidade. 3. Gerenciamento de resíduos. I. Castro, Samuel Rodrigues, orient. II. Título.

Cecilia de Mattos Canella

**Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos no estado de Minas Gerais: uma
análise quantitativa de indicadores de sustentabilidade**

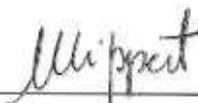
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito final à obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído. Área de concentração: Gestão em Ambiente Construído

Aprovada em 21 de maio de 2021.

BANCA EXAMINADORA



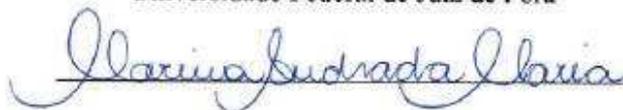
Samuel Rodrigues Castro - Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora



Maria Aparecida Steinherz Hippert
Universidade Federal de Juiz de Fora



Bruno Milanez
Universidade Federal de Juiz de Fora



Marina Andrada Maria
Membro Titular Externo

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais, Sandra Canella e Geovane Canella, e ao meu irmão, Hugo Canella, que sempre me deram força e incentivo para realizar meus sonhos e são meus exemplos de caráter e amor.

Agradeço também ao meu orientador, Samuel Castro, por todo apoio, orientação e motivação durante todo o período de curso e desenvolvimento desta dissertação.

Por fim, agradeço a coordenação do PROAC e a todos os meus colegas de turma que foram fundamentais no processo de aprendizado no decorrer desses dois anos.

RESUMO

Com o aumento dos resíduos sólidos urbanos (RSU), especialmente nos centros urbanos, a demanda por soluções ambientalmente correta se torna cada vez mais necessária. A partir de 2010, com a criação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a gestão dos RSU passou a ser fundamentada por uma lei federal. Dessa forma, o presente trabalho propõe uma análise do gerenciamento de RSU nos municípios do estado de Minas Gerais, através de indicadores de sustentabilidade. Em uma primeira etapa, foram selecionados indicadores secundários para avaliação dos Territórios de Desenvolvimento mineiros através dos tratamentos estatísticos análise descritiva, séries temporais e análise em painel. Na análise descritiva, algumas das características dos territórios presentes na literatura foram confirmados pelos indicadores socioeconômicos, enquanto os indicadores de gestão de RSU não apresentaram relação direta com os dados disponíveis dos Territórios. Após isso, foram analisadas as séries temporais dos Territórios de Desenvolvimento para cada indicador, assim como a análise em painel com modelos de dependência e independência entre os indicadores, considerando o estado de Minas Gerais como um todo. Os resultados obtidos através dos tratamentos estatísticos dos dados confirmam pontos relatados na literatura e em outras regiões do país. Por fim, foi realizada uma pesquisa de campo no Território de Desenvolvimento Mata para aplicação do Indicador de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR) em aterros sanitários de quatro municípios (A, B, C e D), obtendo pontuação final 4,3; 9,8; 10,0 e 4,3, respectivamente. Considerando que os AS dos municípios A e D são administrados pela prefeitura, sem apoio da iniciativa privada, percebe-se que o poder público ainda enfrenta dificuldades em função dos altos custos de operação de um aterro sanitário e pela falta de equipe qualificada para administração do mesmo. É notório que problemas como ausência de corpo técnico capacitado, dificuldades de gerir recursos e ausência de educação ambiental nos municípios resultam em indicadores baixos e divergentes entre si. Dada a dificuldade da população de separar e acondicionar adequadamente seus resíduos e das prefeituras de coletar, transportar, tratar e dispor esses resíduos ao mesmo tempo que órgãos federais vão de encontro a natureza das autarquias responsáveis pelas regulamentações do manejo de RSU, percebe-se poucos avanços deste serviço e o cenário ainda é preocupante.

Palavras-chave: Resíduos sólidos urbanos, aterro sanitário, indicadores de sustentabilidade, gerenciamento de resíduos

ABSTRACT

Due to increase in urban solid waste, especially in urban centers, the demand for environmentally correct solutions becomes increasingly necessary. In 2010, with the creation of the National Solid Waste Policy, the management of urban solid waste started to be based on a federal law. Thus, this paper proposes an analysis of waste management in municipalities in the state of Minas Gerais, through sustainability indicators. In a first stage, secondary indicators were selected for the evaluation of Minas Gerais Development Territories through statistical treatments, descriptive analysis, temporal series and panel analysis. In the descriptive analysis, some of the characteristics of the territories present in the literature were confirmed as the socioeconomic indicators, while the indicators of waste management were not directly related with the available data for the Territories. After that, the temporal series of the Development Territories for each indicator were analysed, as well as the panel analysis with models of dependence and independence between the indicators, considering the state of Minas Gerais as a whole. The results obtained through the statistical treatment of the data confirm points reported in the literature and in other regions of the country. Finally, a field research was carried out in the Mata Development Territory to apply the Waste Landfill Quality Indicator (IQR) in landfills in four cities (A, B, C and D), obtaining a final score of 4.3; 9.8; 10.0 and 4.3, respectively. Considering that the landfills of cities A and D are managed by the city hall, without support from the private sector, it is clear that the government still faces difficulties due to the high operating costs of a landfill and the lack of qualified staff to manage the same. It is notorious that problems such as the absence of a trained technical body and difficulties in managing resources in the cities result in low and divergent indicators. Given the population's difficulty in properly separating and packaging their waste, and city halls in collecting, transporting, treating and disposing of these wastes while federal agencies go against the nature of the municipalities responsible for waste management regulations, few advances in this service and the scenario is still worrying.

Key words: Solid urban waste, landfills, sustainability indicators, waste management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Destinação dos RSU no Brasil.	10
Figura 2 – Disposição final dos RSU no estado de Minas Gerais.	11
Figura 3 - Fluxograma das etapas metodológicas	27
Figura 4 - Territórios de Desenvolvimento do estado de Minas Gerais	28
Figura 5 - Destinação de RSU em Minas Gerais - Ano base 2018. Número de municípios por tipologia de destinação.	39
Figura 6 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Mata - Indicador IN006	47
Figura 7 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Mata - Indicador IN011	48
Figura 8 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Mata - Indicador IN031	49
Figura 9 - Porcentagem e pontuação final de atendimento dos municípios aos critérios avaliados	49
Figura 10 - Municípios com AS no Território de Desenvolvimento Mata	50
Figura 11 - Análise em painel em modelo de efeitos fixos da Equação (1).....	54
Figura B 1 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Caparaó - Indicador IN006	71
Figura B 2 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Caparaó - Indicador IN011	71
Figura B 4 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Caparaó - Indicador IN031	72
Figura B 5 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Metropolitano - Indicador IN006.....	72
Figura B 6 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Metropolitano - Indicador IN011	73
Figura B 8 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Metropolitano - Indicador IN031	73
Figura B 9 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Noroeste - Indicador IN006	74
Figura B 10 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Noroeste - Indicador IN011	74
Figura C 1 - Teste de Kruskal-Wallis para o indicador IFDM.....	80

Figura C 2 - Teste de Kruskal-Wallis para o indicador IFGF	80
Figura C 3 - Teste de Kruskal-Wallis para o indicador IN006.....	80
Figura C 4 - Teste de Kruskal-Wallis para o indicador IN011.....	81
Figura C 5 - Teste de Kruskal-Wallis para o indicador IN016.....	81
Figura C 6 - Teste de Kruskal-Wallis para o indicador IN031.....	81
Figura C 7 - Teste de Kruskal-Wallis para o indicador ISLU.....	82
Figura D 1 - Fator de Inflação de Variância e Variáveis Omitidas – Equação (1).....	83
Figura D 2 - Validação Autocorrelação - Equação (1).....	83
Figura D 3 - Validação de Heterocedasticidade - Equação (1)	83
Figura D 4 - Modelo de efeitos fixos - Equação (1).....	84
Figura D 5 - Fator de Inflação de Variância e Variáveis Omitidas – Equação (2).....	84
Figura D 6 - Validação Autocorrelação - Equação (2).....	84
Figura D 7 - Validação de Heterocedasticidade - Equação (2)	85
Figura D 8 - Análise em Painel Modelo de Efeitos Fixos - Equação (2)	85
Figura D 9 - Fator de Inflação de Variância e Variáveis Omitidas – Equação (3).....	85
Figura D 10 - Validação Autocorrelação e Heterocedasticidade - Equação (3).....	86
Figura D 11 - Análise em Painel Modelo de Efeitos Fixos - Equação (3)	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características socioeconômicas dos Territórios de Desenvolvimento	39
Tabela 2 - População atendida pelos serviços de saneamento básico por Território de Desenvolvimento.....	41
Tabela 3 - Características dos municípios	50
Tabela A 1 - Análise Descritiva Território de Desenvolvimento Mata.....	67
Tabela A 2 - Análise descritiva Território de Desenvolvimento Metropolitano.....	67
Tabela A 3 - Análise descritiva Território de Desenvolvimento Triângulo Sul.....	68
Tabela A 4 - Análise descritiva Território de Desenvolvimento Vertentes	68
Tabela A 5 - Análise descritiva Território de Desenvolvimento Triângulo Norte.....	69
Tabela A 6 - Análise descritiva Território de Desenvolvimento Sul	69
Tabela A 7 - Análise descritiva Território de Desenvolvimento Caparaó	70
Tabela A 8 - Análise descritiva Território de Desenvolvimento Noroeste	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estudos anteriores de aplicação do IQR.....	22
Quadro 2 - Indicadores utilizados na pesquisa	29
Quadro 3 - Municípios com AS no Território de Desenvolvimento Mata.....	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos
ABRELPE	Especiais
ANCAT	Associação Nacional de Catadores
AS	Aterro Sanitário
ASPP	Aterro Sanitário de Pequeno Porte
CEMPRE	Compromisso Empresarial para Reciclagem
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
FEAM	Fundação Estadual
FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
GRSU	Gestão Resíduos Sólidos Urbanos
IBAM	Instituto Brasileiro de Administração Municipal
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IFDM	Índice da FIRJAN de Desenvolvimento Municipal
IFGF	Índice da FIRJAN de Gestão Fiscal
IQA	Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Urbanos
IQC	Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem
IQR	Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Urbanos
ISLU	Índice de Sustentabilidade e Limpeza Urbana
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira
PGIRS	Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PIB	Produto Interno Bruto
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PNUD	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SELUR	Sindicato Nacional de Empresas de Limpeza Urbana
SEPLAG	Secretaria de Planejamento e Gestão
SNIS	Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento
UTC	Unidade de Triagem e Compostagem

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICO	3
2. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS – LEI Nº 12.305/2010	4
2.1. GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	8
2.2. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	12
3. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO AMBIENTAL	17
3.1. ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS (IQR)	22
4. METODOLOGIA	27
4.1. INDICADORES	29
4.1.1. Índice de Qualidade de Aterro De Resíduos	32
4.2. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS	34
4.2.1. Análise Descritiva	34
4.2.2. Testes de Hipóteses	35
4.2.3. Análise em Painel	36
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1. ESTADO DE MINAS GERAIS: GERENCIAMENTO DE RSU	38
5.1.1. Território de Desenvolvimento Mata	46
5.2. ANÁLISE EM PAINEL	53
6. CONCLUSÃO	56
6.1. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
APÊNDICE A – Análise descritiva	67
APÊNDICE B – Série Temporal	71
APÊNDICE C – Matriz de Comparação Múltipla	80
APÊNDICE D – Análise em Painel	83
ANEXO A – Questionário IQR	87

1. INTRODUÇÃO

Resíduos sólidos Urbanos (RSU) é o resultado de atividades individuais e coletivas da sociedade que, quando tratados de forma inadequada, se tornam um problema ambiental e para a saúde humana. De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), resíduos sólidos são definidos como:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT NBR 10.004:2004)

Os RSU são classificados, ainda segundo a norma técnica ABNT NBR 10.004:2004, como:

- ✓ Resíduos classe I - Perigosos: possuem características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e/ou patogenicidade.
- ✓ Resíduos classe II A - Não perigosos - Não inertes: resíduos não perigosos que possuem características como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
- ✓ Resíduos classe II B - Não perigosos - Inertes: resíduos que não possuem constituintes que solubilizem a concentração superior ao padrão de potabilidade de água.

O crescimento da população, associado ao processo de urbanização, intensificou a geração de RSU e, conseqüentemente, a demanda por destinação ambientalmente correta para estes resíduos. Diante da diversidade de realidades, devido à falta de recursos financeiros, ferramentas de apoio ou profissionais capacitados, municípios brasileiros enfrentam muitas dificuldades em gerir seus RSU (LIMA *et al.*, 2017).

O conceito de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (GRSU), criado na década de 1990, abrange as práticas de planejamento e operações de sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos das perspectivas social, técnica e operacional. No que tange a dimensão social, cabe avaliar a atribuição dos diferentes atores envolvidos nas diferentes etapas do

gerenciamento, incluindo indivíduos que trabalham na coleta de RS, sob a ótica socioeconômica e socioambiental. Para isso, é necessário abordar a educação ambiental, de forma a valorizar o trabalho dos catadores, e redefinir a compreensão da população quanto a sua responsabilidade na gestão de resíduos (SABEDOT & PEREIRA NETO, 2017). Nesse sentido, em 2010, foi criada a Lei nº 12.305, Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), com princípios, objetivos, diretrizes, instrumentos, metas e ações para a GRSU. Os planos de resíduos previstos na PNRS englobam os níveis nacional, estaduais e municipais, com metas para erradicação de lixões, elaboração de planos de gerenciamento de resíduos de empresas privadas, implementação de coleta seletiva e logística reversa, promovendo a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos e garantir a disposição final ambientalmente correta dos rejeitos; desenvolvimento e adoção de tecnologias limpas para minimizar os impactos ambientais; cooperação técnica e financeira entre gestão pública e setor empresarial; capacitação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis e corpo técnico da área; universalização da prestação de serviços públicos de manejo de resíduos sólidos e limpeza urbana; avaliação do ciclo de vida dos produtos; e estímulo ao consumo sustentável (BRASIL,2010).

Para controle e avaliação do GRSU e fatores socioeconômicos e socioambientais, os indicadores são instrumentos eficazes. De acordo com Fachine e Moraes (2015), indicadores de sustentabilidade funcionam como lentes, evidenciando os pontos negativos que podem vir a inviabilizar ou dificultar um sistema de gestão. Dessa forma, auxiliam na monitoramento de programas, além de indicar a necessidade de implementação de ações e metas a serem alcançadas para melhorar a eficácia do sistema de gestão. Segundo Polaz (2008), indicadores operacionalizam o conceito de sustentabilidade e são úteis para as fases de planejamento, monitoramento e avaliação na gestão de resíduos sólidos, bem como balizam tomada de decisões e auxiliam a priorização de metas e ações. Para Ribeiro e Heller (s.d.), indicadores são elaborados a partir da identificação de impacto, de modo a compor uma expressão que contenha informações das condições locais, e, após análise dessas expressões, traduzem em qualidade, de acordo com os padrões previamente estabelecidos. Para o trabalho em questão, os padrões estabelecidos estarão incluídos nas dimensões de sustentabilidade, ou seja, sociais, econômicas e ambientais.

1.1. OBJETIVOS GERAL E ESPECÍFICO

O trabalho tem como objetivo geral caracterizar o gerenciamento de RSU nos Territórios de Desenvolvimento do estado de Minas Gerais e seus respectivos municípios cuja disposição final de resíduos se dá de forma ambientalmente adequada, tendo como marco regulatório legal os 10 anos da criação da PNRS.

Como objetivos específicos, tem-se:

1. analisar os Territórios de Desenvolvimento mineiros, divisão regional utilizada pela FEAM, com base em indicadores de sustentabilidade e desenvolvimento, avaliando aspectos socioeconômicos e de gerenciamento de resíduos com a aplicação da análise estatística descritiva e de série temporal;
2. avaliar condições operacionais dos aterros sanitários (AS) do Território de Desenvolvimento Mata, pela aplicação do Índice de Qualidade de Aterro de Resíduos (IQR);
3. avaliar uma possível dependência entre os indicadores socioeconômicos e de gerenciamento de RSU no estado de Minas Gerais pela Análise em Painel.

2. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS – LEI Nº 12.305/2010

Para Godoy (2013), até o ano de 2010 as normas regulatórias de resíduos sólidos eram, muitas vezes, conflitantes e fiscalizadas por diferentes órgãos públicos, o que favorecia a desordem metodológica do manejo de resíduos, além da ausência de marcos regulatórios. Ainda segundo o autor, insuficiência de técnicos especializados e ausência de participação da comunidade eram fatores que agravavam ainda mais a situação.

Então, segundo Mendes e Beck (2012), em 2010, foi criada a Lei nº 12.305, com a finalidade de estabelecer mudanças para a sociedade e poder público em relação à gestão de resíduos sólidos, gerando uma consciência ambiental a respeito dos RSU, com a diminuição de demanda de recursos naturais e descarte correto de rejeitos. Para Soares e Madureira (2018), o conceito de sustentabilidade está ligado à redução de desperdícios, resultando na diminuição da produção de resíduos, sendo necessário assim, a PNRS que expressa em seus artigos o conceito de padrões sustentáveis de padrão de consumo.

Assim, instituída em 2010, a Lei nº 12.305, PNRS, estabelece objetivos, princípios, diretrizes e metas para a gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, adotadas em conjunto com Estados, Municípios e iniciativas privadas. A PNRS define alguns conceitos relevantes sobre o tema, como a gestão de resíduos sólidos que consiste no conjunto de ações que visam soluções eficazes para os resíduos sólidos, considerando as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, de forma a promover o desenvolvimento sustentável. Dessa forma, é importante diferenciar resíduos sólidos de rejeitos que, segundo a PNRS, o primeiro trata-se de materiais, substâncias ou objetos resultantes de atividades humanas, cujas particularidades inviabilizam seu lançamento nas redes de esgoto ou corpos hídricos, necessitando de soluções técnicas disponíveis. Já os rejeitos são definidos como resíduos sólidos que tem como única possibilidade viável a disposição final adequada, uma vez que não há tratamento técnico e/ou economicamente disponível para o mesmo. A destinação adequada dos resíduos sólidos inclui a reutilização, reciclagem e compostagem, enquanto a disposição final dos rejeitos ocorre em aterros sanitários padronizados de acordo com as normas específicas de forma a minimizar os danos ambientais e evitar riscos à saúde pública (BRASIL, 2010).

Assim, como principais objetivos da PNRS, destacam-se a destinação final adequada de resíduos sólidos e disposição final dos rejeitos; desenvolvimento e adoção de tecnologias limpas para minimizar os impactos ambientais; cooperação técnica e financeira entre

gestão pública e setor empresarial; capacitação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis e corpo técnico da área; universalização da prestação de serviços públicos de manejo de resíduos sólidos e limpeza urbana, em conformidade com a Lei nº 11.445/07; avaliação do ciclo de vida dos produtos; e estímulo ao consumo sustentável. Alguns dos instrumentos da Política para atingir os objetivos listados, incluem: planos de resíduos sólidos; inventários e declarações anuais de resíduos sólidos, coleta seletiva e logística reversa com responsabilidade compartilhada; fiscalização ambiental; incentivos fiscais, acordos setoriais e incentivo à adesão de consórcios entre municípios, com a finalidade de reduzir custos e aumentar a qualidade operacional e gestão de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

A Fundação Estadual Ambiental (FEAM) utiliza a PNRS como um dos instrumentos de estruturação para avaliação dos resíduos sólidos no estado de Minas Gerais, uma vez que a Lei consolida e otimiza a gestão de resíduos sólidos. A PNRS tinha como prazo final para encerramento de aterros controlados e lixões o ano de 2014, a partir dessa data, essas formas de disposição final são consideradas inadequadas, cabendo aos municípios recorrer a soluções ambientalmente corretas (FEAM, 2019). Em 15 de julho de 2020, foi sancionada a Lei Federal nº 14.026, considerada o Marco do Saneamento, na qual foram estipuladas novas datas para implantação de disposição final dos RSU. Assim, define o art. 54 da Lei:

“Art. 54. A disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos deverá ser implantada até 31 de dezembro de 2020, exceto para os Municípios que até essa data tenham elaborado plano intermunicipal de resíduos sólidos ou plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos e que disponham de mecanismos de cobrança que garantam sua sustentabilidade econômico-financeira, nos termos do art. 29 da Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para os quais ficam definidos os seguintes prazos:

I - Até 2 de agosto de 2021, para capitais de Estados e Municípios integrantes de Região Metropolitana (RM) ou de Região Integrada de Desenvolvimento (Ride) de capitais;

II - Até 2 de agosto de 2022, para Municípios com população superior a 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010, bem como para Municípios cuja mancha urbana da sede municipal esteja situada a menos de 20 (vinte) quilômetros da fronteira com países limítrofes;

III - Até 2 de agosto de 2023, para Municípios com população entre 50.000 (cinquenta mil) e 100.000 (cem mil) habitantes no Censo 2010; e

IV - Até 2 de agosto de 2024, para Municípios com população inferior a 50.000 (cinquenta mil) habitantes no Censo 2010.” (LEI Nº 14.026/2010)

Além disso, uma das regulações definidas pelo Marco foi atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) a competência de editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, incluindo as normas de manejo de RSU. Essa nova regulação inclui uma nova demanda ao corpo técnico voltado à área de manejo de resíduos, visto que a ANA é uma autarquia federal responsável pela implementação da gestão dos recursos hídricos, até então desvinculada da gestão de RSU.

Os municípios devem elaborar o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) com itens como: diagnóstico dos resíduos sólidos, com sua origem, volume, caracterização, classificação, destinação e disposição final adotados; identificação de áreas adequadas para disposição final ambientalmente correta dos rejeitos; identificação das possibilidades para implementação de aterros consorciados, considerando a proximidade dos municípios e as formas de prevenção dos riscos ambientais; procedimentos operacionais e especificações mínimas a serem adotados nos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, de acordo com a Lei nº 11.445/07; indicadores dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos; programas de educação ambiental para a não geração, redução, reutilização e reciclagem de resíduos sólidos; promoção de cooperativas e associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda, se houver; metas de redução, reutilização, coleta seletiva e reciclagem; programa de monitoramento; e identificação de passivos ambientais relacionados aos resíduos sólidos. Para municípios com até 20.000 habitantes, o PGIRS pode ser simplificado (BRASIL, 2010).

A PNRS foi instituída em 2010, após 20 anos de discussões, e, em muitos casos, a gestão de RSU continua a ser um desafio para as prefeituras. Para Godoy (2013), a implementação da Lei se torna inviável para municípios pobres e de pequeno porte, e locais em que a pobreza é predominante, com alto índices de analfabetismo, saneamento básico inexistente, tornam as condições de saúde pública insatisfatórias, um desafio em particular.

Bonjardim *et al.* (2018) realizaram uma análise bibliométrica de publicações sobre gestão de resíduos sólidos urbanos a partir do ano de implementação da PNRS. Os autores concluíram que houve um aumento na discussão sobre GRSU no Brasil, compreendendo que a Lei oferece maior orientação para possíveis avaliações na gestão de RSU nos municípios. Mendes e Beck (2017) analisaram a situação de oito municípios no estado da Paraíba após a data limite de 2014 para encerramento dos locais de disposição final inadequados pela PNRS, e concluíram que nenhum município implementou AS na região. Mesmo todos os prefeitos tendo conhecimento sobre a Lei, muitos afirmam ter outras prioridades, falta de recursos financeiros, ausência de capacidade técnica para avançar na gestão de RSU, além de reclamações sobre a falta de conscientização por parte da população. Entretanto, não foram mencionados programas de educação ambiental nos municípios. Já Oliveira *et al.* (2018) analisaram a gestão de RSU em quatro municípios do litoral Norte do estado de São Paulo com base nas premissas da PNRS e verificaram todos possuem desempenho superior à média nacional. Os municípios desativaram os lixões antes de 2014 e possuem AS regularizados, além de disporem do PMGIRS com participação popular.

Soares e Madureira (2018) argumentam que a não universalização da gestão adequada de RSU, em conformidade com a PNRS, é consequência da maior velocidade da geração de resíduos em comparação com a evolução de tecnologias de redução do consumo e destinação ambientalmente adequada. Esse fato está atrelado, principalmente, a ausência de políticas públicas aplicáveis às diferentes realidades evidenciadas em cada região brasileira. Ainda segundo os autores, a não participação ativa da população também contribui para o ritmo lento que a PNRS avança no país. Para Godoy (2013), tanto a população quanto os setores público e privado ainda não desenvolveram a consciência necessária a respeito da importância da gestão de RSU, e esse fato resulta na maior dificuldade para implementação da PNRS.

A Lei nº 14.026/20, que atualiza o Marco do Saneamento, estabelece novos prazos para a disposição adequada dos RSU, conforme o porte do município, não ultrapassando o ano de 2024, e os planos municipais de GRSU devem ser implementados e revisados em um período máximo de 10 anos. Além disso, a Lei não permite mais a preferência por empresas estatais nas licitações dos serviços do saneamento, dando espaço para investimentos privados no setor. Também foi impossibilitada a renovação de contratos de atuais empresas por mais 30 anos, o que facilitaria a postergação de soluções para gestão

de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos adequada. As prefeituras também devem implementar um sistema de informações integrado com o Sistema de Informações sobre a Gestão de Resíduos Sólidos (SINIR), com periodicidade estabelecida pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (BRASIL, 2020).

O Marco do saneamento estabelece ainda que os serviços públicos de saneamento básico deverão garantir sustentabilidade econômico-financeiro através de cobranças de taxas, tarifas ou outros preços públicos, se assim for necessário, assim como por formas adicionais, como subsídios ou subvenções. A Lei também promove a regionalização dos serviços, com a geração de ganhos, ou seja, com redução de custos e aumento da lucratividade, pelo apoio à formação de blocos de referência e obtenção da sustentabilidade econômica do setor (BRASIL, 2020). A modernização e atualização legal era necessária, de maneira a criar novos prazos para implantação de equipamentos de disposição final adequados, antes já ultrapassados, e adequar as obrigações dos municípios de forma otimizar os serviços de manejo de RSU que hoje se encontram em situação precária no país.

2.1. GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Os RSU são aqueles provenientes de residências, pequenos comércios e limpeza de vias e a gestão de RSU é um conceito amplo, envolvendo diversas dimensões. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) define a gestão de RS como um conjunto de ações que buscam soluções para tais resíduos, considerando as frentes política, econômica, ambiental, cultural e social. Silva *et al.* (2014) definem a gestão de RS como seleção de técnicas, tecnologias e programas considerando objetivos e metas determinados. A PNRS utiliza de alguns instrumentos para atingir os objetivos almejados, tais como: planos de resíduos sólidos; inventários e declarações anuais de resíduos sólidos, coleta seletiva e logística reversa com responsabilidade compartilhada com setor empresarial; fiscalização ambiental; incentivos fiscais e acordos setoriais e incentivo à adesão de consórcios entre municípios, com a finalidade de reduzir custos e aumentar a qualidade operacional e gestão de resíduos sólidos (BRASIL,2010).

Thomas e McDougall (2005) trazem o conceito de gestão de RS como uma união de fluxos de resíduos em sua coleta e métodos de tratamento e disposição. Para Puna e Baptista (2008), a gestão de RS possui duas fases essenciais para sua atuação, a primeira é a coleta e a segunda engloba o tratamento e a disposição final, considerando a

possibilidade de recuperação da matéria ou energia de cada produto. Para Agamuthu, Khidzir e Fausiah (2009), uma gestão de RSU se torna eficiente quando o ciclo de vida do produto é considerado, de forma a minimizar os recursos para sua geração e o incentivo a não geração de resíduos. Segundo Santiago e Dias (2012), a gestão de RSU é uma questão complexa, envolvendo diversas áreas de atuação e, conseqüentemente, abrangendo diversas secretarias municipais, como Meio Ambiente, Educação e Assistência Social. Um meio para resolver esta questão é a criação de modelos integrados e sustentáveis considerando todas as etapas da gestão dos RSU.

Em Massachussets, Callan e Thomas (1997) estudaram políticas públicas impostas no município e seus impactos na gestão de RSU onde, por exemplo, a política de fixação de preços unitários nos serviços de coleta produziu um aumento considerável no quantitativo de resíduos destinados à reciclagem. Ribeiro e Buque (2014) comparam os aspectos legais de Moçambique com a realidade da gestão de RSU do país concluindo que, apesar das normas ambientais bem definidas, a carência de recursos técnicos e financeiros implicam em uma série de lacunas na execução dessas normas, contribuindo para a não eficácia da gestão. Anteriormente, Zurbrügg (2003) realizou estudo semelhante em países da Ásia e concluiu que agravantes na gestão de RSU são maiores em países de baixa renda e com alto crescimento populacional. Estudos de Moh e Malaf (2014) corroboram essa última hipótese, concluindo que a ineficiente gestão de RSU da Malásia contribui para um grave problema urbano. Na Malásia são poucos os tratamentos de recicláveis, resultando que a maioria desse produto é depositado em aterros. Já no Canadá, Lakhan (2014) concluiu que as políticas de educação ambiental no país não atingiram resultados satisfatórios no incremento da taxa de coleta de reciclados e que, conseqüentemente, a política carecia de adaptações.

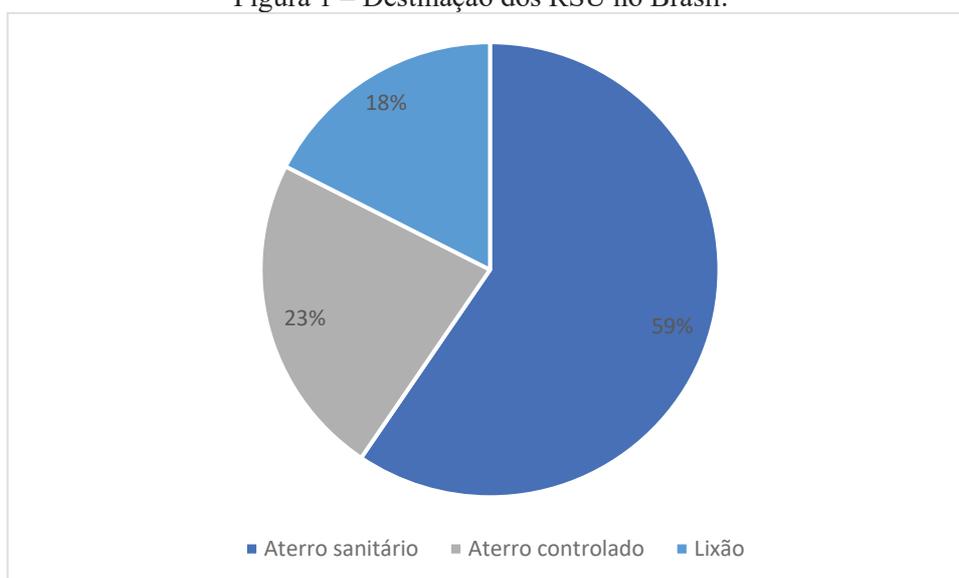
Segundo Silva *et al.* (2014) a gestão de RSU ainda possui muitas lacunas em países em desenvolvimento, como dificuldades financeiras e administrativas, resultando em pouco aproveitamento nos tratamentos de RSU. Para Rossetto, Orth e Rossetto (2006), apesar de o Brasil apresentar realidades diversas em suas regiões, os problemas na gestão de RSU estão presentes em quase sua totalidade, ainda que em diferentes níveis. Para Silva, Fuguii e Santoyo (2017), no Brasil, os fatores principais para essa complexidade são o social, governamental, territorial e técnico e, de acordo com cada realidade, deve-se propor um sistema com objetivo de embasar as tomadas de decisões dentro da gestão,

respeitando as especificidades locais, minimizando e reaproveitando os RSU, como determina a PNRS.

Considerando o cenário brasileiro, Silva e Donaire (2007) analisaram a gestão de RSU na cidade de São Paulo, concluindo que impasses políticos com concessionárias de coleta de resíduos sólidos prejudicam o município em planejamento e execução de ações relacionadas, apesar da existência de educação ambiental e fiscalização na cidade. Silva, Fuguii e Santoyo analisaram (2017) ações públicas no município de Curitiba, Paraná, verificando que o município universaliza seus serviços de coleta e disposição final, ou seja, 95% da população é atendida pelos serviços, porém não possui programas consistentes de reutilização e reciclagem de resíduos. No estado do Rio de Janeiro, Contrera *et al.* (2018) estudaram a disposição final e reciclagem dos RSU, constatando que muitos municípios ainda não se adequaram à PNRS e mais de 60% não possuem ações de reciclagem, porém a quantidade de lixões e aterros controlados reduziu. Feitosa *et al.* (2020) realizaram uma avaliação na gestão de RSU no município de Juazeiro do Norte, Ceará, e constataram a necessidade de melhorias nos processos operacionais e gerenciais, uma vez que o município não apresenta uma estrutura eficiente para gerir seus resíduos de forma sustentável.

Em 2018, no Brasil, do total de 72,7 milhões de toneladas de RSU coletado, 59,1% foram destinados a aterro sanitário, 23% a aterro controlado e 17,5% a lixões (ABRELPE, 2019), como é mostrado na Figura 1:

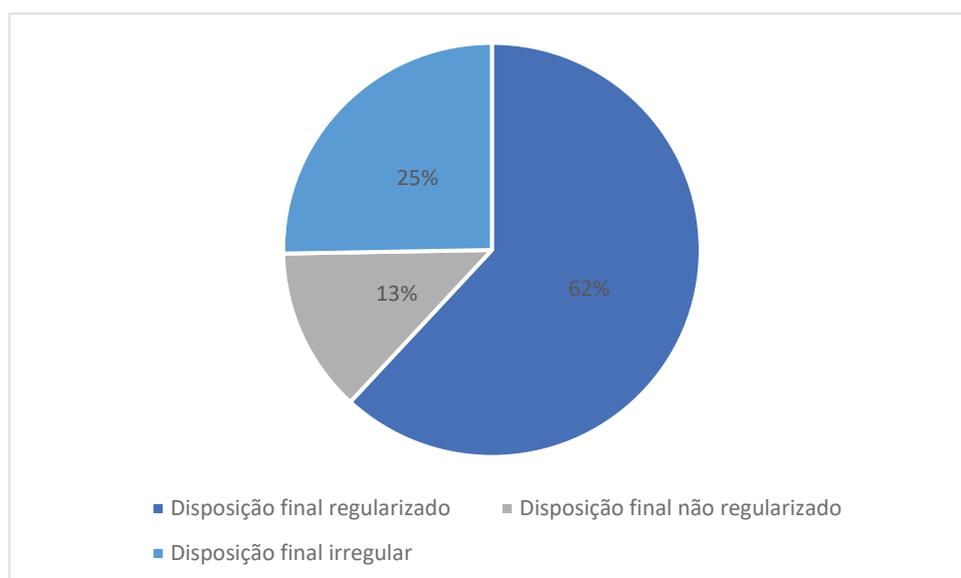
Figura 1 – Destinação dos RSU no Brasil.



Fonte: ABRELPE, 2019.

No estado de Minas Gerais, em 2018, a população urbana é representada por um total de 18.522.460 de habitantes, dos quais 61% é atendida por locais de disposição final adequado e regularizado, 12,85% por locais de disposição final não regularizado e 25,28% por local de disposição final irregular (FEAM, 2018), como é mostrado na Figura 2:

Figura 2 – Disposição final dos RSU no estado de Minas Gerais.



Fonte: FEAM, 2018.

Com o objetivo de minimizar os impactos ambientais causados, Silva *et al.* (2014) propõem desenvolvimento de tecnologias que visem o tratamento e aproveitamento desses resíduos, uma vez comprovada sua viabilidade técnica e ambiental. Dessa forma, na gestão de resíduos sólidos, a prioridade é sugerida como: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

O gerenciamento de RSU envolve dimensões normativas, operacionais, financeiras e planejamento, para, assim, coletar, segregar, tratar e dispor os RSU em cada município (CEMPRE, 2018). Segundo Silva e Donaire (2007), a gestão de RSU requer um trabalho integral de aspectos sociais e um planejamento de ações para o sistema de manejo de resíduos e limpeza urbana. Já o gerenciamento de resíduos sólidos é definido pela PNRS como:

...conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final

ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos. (BRASIL, 2010).

2.2. GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

No Brasil, a administração do manejo de resíduos e limpeza urbana é responsabilidade das prefeituras, podendo optar pelo gerenciamento direto, ou por meio de uma empresa específica de limpeza urbana.

O gerenciamento de RSU integra os atributos das fontes de produção, volume e peculiaridades de cada tipo de resíduo, movendo sociedade e prefeitura a fim de otimizar os serviços de limpeza urbana (IBAM, 2001). Para Silva e Donaire (2007), o gerenciamento também inclui a busca por alternativas que atendam às exigências técnicas para a preservação do meio ambiente e saúde pública aliado às necessidades econômicas.

As etapas que constituem o gerenciamento de resíduos incluem geração, acondicionamento, coleta, transporte, transferência, tratamento e disposição final. A geração de resíduos varia com as condições socioeconômicas e regionais, assim como a proporção de resíduos orgânicos e recicláveis. No Brasil, a geração média *per capita*, em 2018, foi de 1,039 kg/dia, representando um total de 79 milhões de toneladas (ABRELPE, 2019). O acompanhamento anual da geração de resíduos também pode ser um indicativo de melhoria das condições econômicas do país, visto que a quantidade gerada pode estar diretamente relacionada com o poder aquisitivo da população.

O acondicionamento dos resíduos sólidos trata-se da etapa de preparo dos mesmos para a coleta, e é de responsabilidade do gerador. Acondicionar os RSU adequadamente é essencial para que as etapas seguintes ocorram de forma correta, de forma a evitar acidentes e proliferação de vetores, reduzir mal cheiro, o impacto visual e a heterogeneidade dos resíduos (IBAM, 2001). Para isso, os RSU devem ser acondicionados em embalagens com bom desempenho, atendendo as condições de acondicionamento local e estático dos resíduos sólidos (CEMPRE, 2018). De acordo com a PNRS (2010), em municípios com coleta seletiva, os geradores devem acondicionar seus resíduos de forma diferenciada conforme a legislação.

A coleta de RSU é a primeira etapa de responsabilidade do poder público ou empresa contratada. Trata-se de recolher os resíduos acondicionados e transportá-los a uma estação de transferência, tratamento ou disposição final. A coleta deve ter dias e horários

pré-estabelecidos, de forma a adaptar a disposição dos resíduos acondicionados pela população nas calçadas somente nesses horários (IBAM, 2001).

Para o transporte, é essencial que se faça um planejamento consistente. Para isso, deve-se determinar as condições e custos para a operação do transporte, obtendo valores para comparações futuras, com possibilidade de propor alternativas. É necessário também considerar a demanda necessária para o serviço, as características da carga (peso, volume, densidade média, nível de periculosidade etc.) e os tipos de equipamento disponíveis com suas respectivas características (CEMPRE, 2018).

As estações de transferência ou transbordo, segundo Pereira, Franco e Castilhos Jr. (2013), são instalações próximas aos centros urbanos, cumprindo um papel de receber os resíduos coletados nas cidades e transferindo-os para caminhões com maior capacidade de transporte até uma estação de tratamento ou disposição final, ou mesmo para fazer o tratamento adequado dos resíduos na própria estação de transferência. Para a implantação de uma estação de transferência, deve-se atentar a sua viabilidade econômica para que a mesma represente um ganho na qualidade do gerenciamento de RSU (IBAM, 2001). Os critérios considerados para a viabilidade de uma estação de transferência são, principalmente, custo por tonelada, geração de RSU e distância percorrida do centro urbano até a estação e da estação até seu destino final (PEREIRO, FRANCO, CASTILHOS JR. 2013).

O tratamento eficaz dos RSU tem início na educação ambiental, pois é essencial a participação da população na separação dos seus resíduos ainda na etapa do acondicionamento (IBAM, 2001). A partir dessa separação na fonte, aumenta a viabilidade de tratamentos como reciclagem e compostagem.

A reciclagem decorre de um encadeamento de ações na qual os resíduos sólidos são coletados, separados e processados, se tornando matéria-prima para novos produtos. A partir da reciclagem recursos naturais são preservados, além da diminuição da quantidade de RSU disposta em AS, e aumento de empregos diretos e indiretos (CEMPRE, 2018). No Brasil, em 2018, 67 mil toneladas de resíduos recicláveis foram coletados e destinados às associações de catadores. No mesmo ano, através do programa “Dê a Mão para o Futuro – Reciclagem, Trabalho e Renda”, desenvolvido pelas empresas associadas: Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos

(ABIHPEC), Associação Brasileira das Indústrias dos Produtos de Limpeza e Afins (ABIPLA) e Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados (ABIMAPI); que promove a gestão de resíduos pós-consumo com associações de catadores, recuperou 116.610 toneladas de resíduos, representando 22% das embalagens pós-consumo coletadas (ABRELPE, 2019). É notável a diferença dos montantes coletados e recuperados, evidenciando a necessidade de incentivos à reciclagem e apoio às associações de catadores. Além disso, programas de educação ambiental são fundamentais para esclarecer a importância da participação da população nesse processo, além da instalação de Unidades de Triagem e Compostagem (UTC), instalações cuja função é separar resíduos recicláveis, orgânicos para compostagem e rejeitos para encaminhamento de AS. Em 2018, o Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística (IBOPE) realizou uma pesquisa para avaliar o nível de conscientização dos brasileiros em relação a questão ambiental. Na pesquisa, 98% dos brasileiros enxergam a reciclagem como algo importante para o futuro, porém 39% não separam os resíduos orgânicos dos recicláveis e 66% sabem pouco ou nada sobre coleta seletiva.

A compostagem é o aproveitamento do material orgânico recolhido, definido, segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA) como processo biológico que acelera a decomposição do material orgânico, tendo como produto final o composto. Dentre as vantagens da compostagem, estão: a redução em de cerca de 50% do volume de resíduos destinados ao AS; aproveitamento da matéria orgânica; processo ambientalmente seguro; eliminação de patógenos; economia de tratamento de efluentes (CEMPRE, 2018).

Em 2018, no Brasil, do total de 67.048 toneladas de resíduos sólidos coletados por associações de catadores, a fração orgânica era de apenas 0,13% destinados a compostagem (ANCAT, 2019). Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), em 2018, do total de RSU coletados no Brasil, 124 mil toneladas de resíduos orgânicos foram recuperadas em usinas de compostagens. Existem cerca de 70 usinas de compostagem em operação no país, sendo que 50 delas estão na região Sudeste, 12 no Sul, 3 no Centro-Oeste, 4 no Nordeste e 1 no Norte. Considerando que os RSU no Brasil têm composição aproximada de 50% de fração orgânica, fica clara a deficiência de aproveitamento desse material no país (SNIS, 2019).

Segundo a PNRS (2010), a disposição final ambientalmente correta decorre da distribuição dos rejeitos em AS regularizados, de forma a reduzir impactos ambientais e danos à saúde da população. Porém, das 72,7 milhões de toneladas de resíduos coletadas no Brasil, em 2018, apenas 59,5% foram dispostos de forma ambientalmente correta, ou seja, encaminhadas para AS (ABRELPE, 2019). Há duas formas de disposição final inadequadas que ainda existem no país, o lixão e o aterro controlado.

Os lixões se caracterizam pela não adequação à saúde pública e preservação ambiental. Os resíduos sólidos são dispostos sobre o solo sem compactação, cobertura vegetal ou impermeabilização do solo. Também não há controle de carga, tratamento de lixiviado, proteção do lençol freático ou queima do biogás (CEMPRE, 2018). Segundo definição da FEAM (2019), os lixões são considerados inadequados devido ao lançamento dos RSU a céu aberto, sem critérios técnicos. A ausência de recobrimento ainda propicia atividade de catadores de materiais recicláveis, queima dos RSU, dentre outros problemas.

O aterro controlado confina os resíduos coletados reduzindo a poluição do ambiente externo, entretanto, esta técnica não promove a coleta e o tratamento do lixiviado, a coleta e a queima do biogás (IBAM, 2001). Outra definição, segundo o CEMPRE (2018), o aterro controlado é uma técnica de disposição final de resíduos sólidos, confinando-os em camadas de material inerte, segundo normas operacionais objetivando a redução dos impactos à saúde pública, segurança e meio ambientais. Segundo a Fundação Estadual do Meio Ambiente, em 2019, aterro controlado, embora possa causar menor impacto ambiental que um lixão, não atende aos critérios técnicos estipulados pela NBR 8.419:1992 nem NBR 15.849:2010 da ABNT e, portanto, é considerado inadequado para disposição final de RSU.

Estima-se que, em 2018, 29,5 milhões de toneladas de RSU acabaram indo para lixões ou aterros controlados nos municípios brasileiros (ABRELPE, 2019), equipamentos não regularizados de disposição final.

De acordo com a ABNT NBR 15.849:2010, aterros sanitários são definidos como:

Técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão

de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores, se necessário.
(ABNT NBR 15.849:2010)

A PNRS (2010) define ainda os aterros sanitários como forma de disposição ambientalmente correta. Os AS devem ser uma alternativa para disposição final para os rejeitos, ou seja, resíduos sólidos que não podem ser aproveitados em processos de tratamento e recuperação viáveis, considerando os aspectos econômicos e tecnológicos do local. O AS é uma técnica de aterramento de RSU, de modo a evitar danos ao meio ambiente, à saúde e segurança pública (IBAM, 2001), submetida às normas operacionais específicas como por exemplo, a NBR 8.419:1992 - Apresentação de projetos de aterros sanitários e resíduos sólidos urbanos (ABNT, 1992) e a NBR 15.489:2010 - Resíduos sólidos urbanos - Aterros sanitários de pequeno porte - Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento (ABNT, 2010), com especificações como: informações de registro, informações sobre os resíduos a serem dispostos no local, caracterização do local, especificações dos elementos de operação do AS, uso futuro da área do AS, entre outras diretrizes. Um projeto de AS também deve conter sistemas de drenagem de água superficial e subterrânea, sistema de drenagem de gases, sistema de tratamento de lixiviado, representação do aterro concluído, cortes e outros detalhamentos importantes.

O gerenciamento de RSU adequado impacta em problemas urbanos, evitando problemas como assoreamento de rios, entupimento de bueiros, enchentes, mau-cheiro e proliferação de vetores (SILVA *et al.* 2014). Ao longo dos anos, a experiência que o Brasil vem adquirindo com o gerenciamento de RSU mostra que a implementação de pequenas melhorias, mas consistentes, no manejo de RSU e limpeza urbana são mais eficazes na evolução desses serviços em vez de grandes mudanças tecnológicas (CEMPRE, 2018).

Segundo Santiago e Dias (2012), uma importante ferramenta para avaliação e monitoramento do gerenciamento dos RSU são os indicadores ambientais, que atestam, através de séries históricas, o grau de sustentabilidade do modelo de gerenciamento, embasando planejamentos e estratégias para melhorias futuras.

3. INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO AMBIENTAL

Com o aumento da discussão acerca do conceito de sustentabilidade se tornou necessário o desenvolvimento de ferramentas, como por exemplo, os indicadores de sustentabilidade. Segundo Milanez (2002) e Santiago e Dias (2012), a complexidade que envolve o tema da sustentabilidade torna difícil a escolha de indicadores para representá-lo. Para Fechine e Moraes (2015), o papel de um indicador de sustentabilidade é mensurar a adaptabilidade de um sistema às mudanças constantes que ocorrem de forma integrada no mundo em diversas faces.

Para Santiago e Dias (2012), os indicadores são relevantes para informar a população, conjuntos de dados estatísticos, científicos e técnicos, estudados por órgãos públicos e privados e, portanto, devem revelar estes estudos de forma clara e simples. Ainda segundo os autores, os indicadores são geralmente expressos por números que indicam tendências relevantes para o desenvolvimento sustentável. Fernandes *et al.* (2012) defendem que um planejamento socioambiental fundamentado em indicadores de sustentabilidade possibilita não só a parceria entre grupos, como governo e sociedade, mas também promove uma maior confiança construída, fornecendo dinamismo e visibilidade para os dados estudados.

Gallopín (1996) argumenta que um indicador deve evidenciar os fenômenos que ocorrem na gestão ambiental e, para isso, sua construção deve considerar alguns requisitos universais, como: seus valores devem ser mensuráveis, os dados para sua construção devem estar disponíveis, os procedimentos para coleta de dados devem ser transparentes e padronizados, as formas de monitoramento devem ser viáveis e estar disponíveis, além de haver aceitação política desses indicadores. Segundo Milanez (2002) e Polaz (2008), para elaboração de um indicador, é necessária a identificação das variáveis e o levantamento de informações relevantes ao tema em questão. Com isso, os dados recolhidos passam por processos de sistematização, através de cálculos algébricos e tratamentos estatísticos. Assim, para Polaz (2008), os indicadores são ferramentas que possuem a função de mostrar o progresso a curto, médio ou longo prazo, rumo à sustentabilidade. Thimóteo *et al.* (2015) afirmam a contribuição considerável dos indicadores para processos de tomada de decisão, quantificando informações e comparando resultados planejados e obtidos.

Segundo Polaz (2008), em 2000, onze municípios espanhóis criaram um sistema de trinta indicadores de sustentabilidade para avaliar os aspectos socioeconômicos da região ao longo do tempo. Segundo a autora, o sistema permitiu aos governos locais priorizar ações de forma mais consistente, rumo à sustentabilidade (XARXA DE CIUTATS I POBLES CAP A LA SOSTENIBILITAT, 2000). Tostes e Ferreira (2015) aplicaram indicadores de sustentabilidade para avaliar impactos urbanos e ambientais no estado do Amapá, mostrando impactos negativos atuais nas políticas públicas do estado, além de evidenciar as vantagens de ter a sustentabilidade como tema relevante para políticas públicas posteriores de desenvolvimento. Réus e Andion (2018) analisaram o Sistema de Indicadores para o Desenvolvimento Municipal Sustentável de Santa Catarina (SIDMS) e as estratégias tomadas por parte dos órgãos públicos para instituir o sistema e aumentar o grau de sustentabilidade dos municípios catarinenses. Os autores revelaram o desenvolvimento precário em diversas áreas, de educação e saúde a engajamento político, em diferentes regiões do estado.

Para Santiago e Dias (2012), os indicadores são essenciais para a constante avaliação e monitoramento da gestão de RSU, permitindo planejamentos mais consistentes. Segundo Polaz (2008), dos indicadores utilizados no GRSU no Brasil, os mais casuais relacionam resíduo/habitante/tempo, assim como as dimensões reciclagem/reutilização/compostagem, para a análise de recuperação de RSU. Entretanto, segundo Souto e Lopes (2019), a maior dificuldade encontrada está na disponibilidade de dados para concepção dos indicadores. Para os autores, a maior parte dos indicadores desenvolvidos de gestão de resíduos sólidos no Brasil estão pautados na sustentabilidade, pois abrangem dados políticos, sociais, econômicos, ambientais e de saúde.

Para Polaz (2008), o SNIS é um exemplo nacional de um conjunto de indicadores de todas as vertentes do saneamento básico, de responsabilidade do Ministério do Desenvolvimento Regional, que disponibiliza séries históricas, de maneira a permitir o diagnóstico dos serviços de saneamento em todas as regiões do país. Souto e Lopes (2019) analisaram princípios jurídicos no estado do Rio Grande do Norte relacionando-os aos indicadores do Índice de Condição de Gestão de Resíduos Atualizado (ICGRA), conjunto de indicadores utilizado no estado, ressaltando a importância de embasar os indicadores de GRSU às legislações e normas vigentes, fazendo deles instrumentos expressivos para avaliar a adequação dos municípios à gestão de resíduos sólidos. Polaz (2008) exemplifica também a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), que

elabora um conjunto de avaliações do a GRSU no estado paulista desde 1997 com sistematização de informações coletadas, anualmente.

O SNIS realiza anualmente diagnósticos de RSU em quase toda a extensão territorial brasileira, desenvolvendo dezenas de indicadores para avaliar as condições da gestão de resíduos sólidos. A ABRELPE elabora panoramas anuais evidenciando as condições de gestão de RSU em todas as regiões do país. A ANCAT publica anuários com informações sobre reciclagem e coleta seletiva no Brasil, com dados ambientais e socioeconômicos.

Em Minas Gerais, a FEAM elabora panoramas anuais sobre RSU através de indicadores de disposição final, permitindo uma análise do avanço do estado mineiro na gestão de resíduos sólidos. Em seu último panorama, por exemplo, concluiu-se que o percentual de população urbana atendida por equipamentos de disposição ambientalmente adequados foi de 61,87%, ao final de 2018 (FEAM, 2019).

Apesar da disponibilidade e regularidade desses dados, segundo Lima *et al.* (2017), são pouco explorados devido à ausência de ferramentas adequadas de apoio e capacitação profissional nas prefeituras, em especial nos municípios de pequeno porte, tornando a tomada de decisões um desafio em relação ao sistema de gestão de resíduos nos municípios brasileiros. Por serem, muitas vezes, bancos de dados subutilizados, torna-se evidente a falta de análises e avaliações relacionadas à consistência das informações, sendo observadas divergências entre dados reportados em diferentes plataformas, presença considerável de *outliers* e outras observações atípicas que, sem uma devida crítica, são questões que se perpetuam como possíveis erros no levantamento desses dados, erros de digitação etc.

Além das informações diretas fornecidas pela aplicação dos indicadores, também é possível correlacioná-los de maneira a obter informações secundárias que não seriam possíveis percebê-las observando os índices individualmente (LIMA *et al.*, 2017).

Milanez (2002) defende que os princípios da sustentabilidade fornecem uma sistematização de informações de modo a orientar a sociedade rumo a uma qualidade de vida desejada. Na dimensão ambiental, o autor considera o consumo de recursos naturais; na dimensão social são considerados os aspectos culturais, estéticos e políticos; e na dimensão econômica é considerada a produção de bens. Segundo Carvalho Junior (2013), o desenvolvimento sustentável trouxe a necessidade de intermediar instrumentos de

mensuração devido às diversas dimensões na qual esse conceito está inserido. Os indicadores sintetizam dados, identificam problemas e auxiliam nas metas e objetivos, entretanto, os indicadores de sustentabilidade devem considerar as interdependências das condições ambientais, sociais e econômicas. Para Milanez (2002), os indicadores de sustentabilidade precisam, ainda, estar relacionados ao tempo, de forma a constatar possíveis alterações em um fenômeno e, então, serem tomadas medidas de correção cabíveis.

Para Siqueira *et al.* (2018), o saneamento básico impacta a saúde pública, meio ambiente, a qualidade de vida da população e a geração de renda interna nacional e, portanto, está ligado às dimensões fundamentais do desenvolvimento sustentável. Segundo os autores, educação, saúde, renda e urbanização são vertentes correlacionadas ao saneamento básico e seus desenvolvimentos devem ser correspondentes. Teixeira, Gomas e Souza (2012), por exemplo, estudaram a associação da cobertura dos serviços de saneamento básico com indicadores epidemiológicos na América Latina, concluindo que quanto melhores os indicadores de saneamento, menor a mortalidade infantil. Teixeira e Guilhermino (2006) realizaram estudo semelhante no Brasil, relacionando indicadores demográficos, socioeconômicos, de gastos públicos e cobertura de serviços de saúde para avaliar as condições de saneamento básico com mortalidade infantil por doença diarreica e parasitária nos estados brasileiros. Os autores concluíram que a taxa de mortalidade é reduzida em locais onde há cobertura dos serviços de saneamento e em famílias que possuem renda *per capita* mensal maior que meio salário mínimo.

Pinto *et al.* (2019) correlacionaram o estágio de universalização do saneamento e indicadores de saúde em 18 municípios que compõem a bacia hidrográfica do Médio Paraíba do Sul e comparar os municípios entre si. Os autores não conseguiram estabelecer uma relação direta entre as condições de universalização do saneamento com os indicadores de saúde, porém, foi possível comparar o porte dos municípios e capacidade econômica. Os municípios de pequeno porte e menor capacidade econômica apresentam melhores índices que o municípios de médio e grande porte, apesar de 17, dos 18 municípios avaliados, ainda estarem no primeiro estágio da universalização do saneamento básico.

Segundo Lima, Santos e Medeiros (2017), a saúde é uma das principais demandas da sociedade brasileira, além de ser um direito garantido pela Constituição Federal e,

segundo Siqueira *et al.* (2018), a ausência de saneamento básico também afeta diretamente o desempenho escolar, uma vez que a exposição às doenças provenientes desse problema aumenta a fragilidade das crianças, elevando a evasão escolar, resultando em maiores taxas de analfabetismo e baixo nível econômico da população. Sendo assim, uma vez estabelecida a correlação entre as dimensões de saúde, meio ambiente, econômicas e condições sanitárias para a qualidade de vida da população, o estudo sobre seus respectivos indicadores e índices se torna uma importante ferramenta para o desenvolvimento.

Sobral e Sobral (2017), estudaram a correlação entre a coleta de resíduos sólidos e casos de dengue, problema de saúde pública no Brasil, na cidade de Recife, no estado de Pernambuco. Os autores concluíram que há relação direta entre o aumento da coleta de determinadas categorias de resíduos sólidos e a diminuição do vetor da doença, como resíduos doméstico, entulho e pneus. Os autores ressaltaram ainda que é fortemente recomendável o aumento de investimentos no serviço de manejo de resíduos sólidos, o que, possivelmente, promoverá redução nos custos para a contenção da epidemia da dengue. Monteiro *et al.* (2019) estudou os dados de geração de RSU, consumo de água tratada e energia elétrica no estado do Ceará, buscando possíveis proporcionalidades entre os dados. Segundo os autores, não é comum no Brasil que seja cobrado da população os serviços de manejo de resíduos sólidos e, quando é feito, em geral, não acontece de forma eficaz para auxiliar na melhor gestão de RSU. Assim, o estudo confirmou a relação entre consumo de água e energia elétrica com a geração de resíduos, fazendo com que seja viável a utilização desses dados para estimação da produção de RSU e, conseqüentemente, uma estimativa de taxas pela prestação do serviço.

Entretanto, segundo Carvalho Junior (2013), a alta diversidade de dados dentre as dimensões da sustentabilidade, podem implicar também na dificuldade de aplicação dos mesmos. O autor comparou indicadores socioeconômicos e ambientais com a geração de RSU no município de Fortaleza, no estado do Ceará, e concluiu que indicadores como Produto Interno Bruto (PIB), consumo de água, Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), consumo de energia elétrica e população urbana influenciam diretamente a geração de resíduos, um fenômeno de causa e efeito. Além disso, indicadores socioeconômicos também podem indicar a tipologia dos resíduos gerados, como por exemplo, quanto maior a população urbana em um município e maior seu poder econômico, maior a fração de recicláveis em detrimento da fração orgânica.

Assim, segundo Siqueira *et al.* (2018), para uma gestão do saneamento básico satisfatória, é necessário uma política intersetorial, agregando áreas como educação e saúde, devido à complexidade inerente a este serviço. E, para isso, Milanez (2002) afirma que um sistema correlacionando as diversas áreas na qual a gestão de RSU está incluída permite uma compreensão ampla da situação, identificando prioridades e permitindo planejamento de ações e, conseqüente, tomada decisões.

3.1. ÍNDICE DE QUALIDADE DE ATERRO DE RESÍDUOS (IQR)

O IQR, criado em 1997 pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), foi atualizado e oficializado para a versão atual em 2012. O objetivo principal do IQR é avaliar a qualidade operacional de instalações de tratamento e disposição final, através de inspeções *in loco* para aplicação de um formulário padronizado. Segundo Polaz (2008), o uso de um indicador abrangente e devidamente embasado, possibilita uma análise ambiental das instalações e propicia comparações ao longo dos anos para indicar possíveis melhorias ou pioras. Em 1997, foi lançado o primeiro Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Domiciliares no estado de São Paulo e, a partir dele, houve melhorias significativas no IQR ao longo dos anos, evidenciando que a medição das instalações permitiu um primeiro passo importante para a evolução dos sistemas de disposição final de RSU. A partir de 2012, o índice passou por uma reformulação, integrando novos critérios de pontuação nas características locais, estruturais e operacionais e de classificação das instalações, que antes eram classificadas como adequadas, controladas ou inadequadas, passando a adotar somente as classificações de adequadas e inadequadas (CETESB, 2019).

No Quadro 1 são mostrados os valores do IQR obtidos de estudos no país, com seus respectivos autores, ano de publicação dos estudos, localidade e classificação dos locais de disposição final.

Quadro 1 - Estudos anteriores de aplicação do IQR

Autor	Ano	Localidade	IQR	Classificação
Faria	2002	Barra do Pirai-RJ	0,92	Inadequada
Faria	2002	Barra Mansa-RJ	1,46	Inadequada
Faria	2002	Cantagalo-RJ	2,00	Inadequada
Faria	2002	Cordeiro-RJ	1,23	Inadequada
Faria	2002	Itatiaia-RJ	1,69	Inadequada
Faria	2002	Macaé-RJ	9,15	Adequada

(continua)

Quadro 1 - Estudos anteriores de aplicação do IQR (cont.)

Faria	2002	Mendes-RJ	2,31	Inadequada
Faria	2002	Nova Friburgo-RJ	5,92	Inadequada
Faria	2002	Petrópolis-RJ	4,46	Inadequada
Faria	2002	Piraí-RJ	9,62	Adequada
Faria	2002	Quatis-RJ	2,31	Inadequada
Faria	2002	Resende-RJ	5,54	Inadequada
Faria	2002	Teresópolis-RJ	0,77	Inadequada
Faria	2002	Valença-RJ	1,54	Inadequada
Faria	2002	Vassouras-RJ	1,23	Inadequada
Faria	2002	Volta Redonda-RJ	1,92	Inadequada
Barros Júnior <i>et al.</i>	2004	Maringá-PR	2,85	Inadequada
Cunha e Silva	2007	Paulínia-SP	9,60	Adequada
Cunha e Silva	2007	Campinas-SP	8,70	Adequada
Cunha e Silva	2007	Santa Bárbara - SP	8,30	Adequada
Cunha e Silva	2007	Indaiatuba-SP	10,00	Adequada
Cunha e Silva	2007	Itatiba-SP	7,80	Adequada
Cunha e Silva	2007	Pedreira -SP	4,80	Inadequada
Prado Filho e Sobreira	2007	Betim-MG	8,90	Adequada
Prado Filho e Sobreira	2007	Três corações-MG	8,10	Adequada
Prado Filho e Sobreira	2007	Paracatu-MG	7,10	Controlada**
Prado Filho e Sobreira	2007	Extrema -MG	6,70	Controlada**
Prado Filho e Sobreira	2007	Carmo do Rio Claro-MG	5,30	Inadequada
Albertin <i>et al.</i>	2011	Cianorte-PR	9,40	Adequada
Pereira e Curi	2017	Puxinanã-PB	1,80*	Inadequada
Lima <i>et al.</i>	2017	Município do interior de SP	6,10	Inadequada
Silva <i>et al.</i>	2019	Peabirú -PR	3,46	Inadequada

*valor calculado com alteração de aplicação sugerida pelos autores

** a classificação “controlada” foi desconsiderada a partir da reformulação de 2012

Faria (2002) aplicou o IQR em diversos AS de municípios no estado do Rio de Janeiro. Segundo a autora, o indicador se torna consistente pelo nível técnico que foi desenvolvido, com requisitos representativos apresentados no questionário. Entretanto, é comum que, em um mesmo estado, existam realidades diferentes entre municípios, além de distâncias consideráveis entre eles, necessitando da atuação de mais de um técnico, facilitando a ocorrência de avaliações distintas e propiciando resultados diferentes. Portanto, possíveis inconsistências podem ocorrer no seu preenchimento devido ao seu critério de avaliação pouco preciso. Ainda, segundo Farias (2002), a classificação do IQR em adequada, controlada ou inadequada criou uma padronização importante para a avaliação das instalações de tratamento e disposição final de resíduos, possibilitando

comparações temporais e auxiliando na tomada de medidas corretivas para continuidade da operação, ou necessidade de encerramento do local. Como análise crítica, a autora desenvolveu uma metodologia utilizando ‘Análise de Valor’, com distribuição de pesos entre as variáveis e, com isso, diminuir as incertezas presentes no preenchimento do questionário. Faria (2002) acrescentou alguns itens a mais e reorganizou os já existentes, produzindo um novo questionário, o Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Urbanos (IQA). É importante ressaltar que a autora embasou seu estudo na versão anterior à reformulação do IQR, assim como em alguns outros casos descritos a seguir.

Pereira e Curi (2017) utilizaram o indicador elaborado por Faria (2002), o IQA, para avaliar as condições de sustentabilidade do AS de Puxinanã, no estado da Paraíba. Os autores classificaram o AS como inadequado, com o valor do IQA igual a 1,8, e observaram falhas operacionais na instalação como ausência de cobertura diária de resíduo, ausência de triagem de resíduos recicláveis e orgânicos e lixiviado acumulado na instalação. Pereira e Curi (2017) destacam ainda que os AS são construídos com o intuito de cumprir a PNRS, quando a sua elaboração está atrelada a uma temática mais complexa, sendo necessário um olhar sistêmico para a gestão de RSU em geral.

Em 2004, Barros Júnior *et al.* (2004) avaliaram a disposição final de RSU no município de Maringá, no estado do Paraná, através de dados primários para a utilização do IQR. Os autores classificaram a instalação como inadequada e o valor do IQR foi de 2,85, com a caracterização do local de disposição como lixão. No estudo, foi sugerida a interrupção das atividades, uma vez que os danos ambientais estavam muito elevados, sendo indicada a construção de um AS regularizado, com manejo e disposição adequada dos RSU.

Cunha e Silva (2007) analisaram a metodologia do IQR, antes de sua reformulação, propondo novos instrumentos com o objetivo de avaliar pontos como recuperação do biogás e certificação ambiental. Os autores avaliaram seis locais de disposição final de RSU na região metropolitana de Campinas, no estado de São Paulo, e aplicaram o IQR em sua nova proposta, e concluíram que o indicador necessitava de avanços em relação à gestão ambiental em seus conceitos para avaliações futuras mais robustas.

Prado Filho e Sobreira (2007) realizaram análise documental de sistemas de reciclagem e de disposição final de RSU em cinco municípios no estado de Minas Gerais. Os autores concluíram que o valor obtido no IQR possui relação direta com a eficiência em ações de

fiscalização dos órgãos públicos para o licenciamento ambiental, além de melhorias no sistema de gestão integrada de resíduos sólidos em geral, refletindo na última etapa de disposição final. Ressaltam também que o índice possui fragilidades por sua avaliação ser embasada em uma inspeção das condições momentâneas do local.

Em 2007, Gandelini e Caixeta Filho avaliaram os locais para instalação de AS no estado de São Paulo, a partir da comparação entre os valores do IQR dos municípios paulistas, previamente avaliados pela CETESB. Os autores defendem que muitas prefeituras não possuem recursos suficientes para manter um AS operando em seu próprio município e, assim, deveriam destinar seus RSU para municípios próximos que possuam classificação adequada do IQR.

Albertin *et al.* (2011) avaliaram o AS do município de Cianorte, no estado do Paraná, através do IQR. Apesar do AS ter sido classificado como adequado, com valor do índice igual a 9,4, foi possível perceber deficiências no local, sendo necessárias melhorias na captação de água pluviais que se acumulam em períodos chuvosos, na compactação dos resíduos dispostos, no acesso do AS e nos projetos de encerramento e uso futuro do mesmo.

No município mineiro de Araguari, Pirete *et al.* (2014) avaliaram o AS através do IQR e, apesar de ter obtido valor igual a 7,7, os autores concluíram que a instalação necessita de melhorias, em especial, nos itens de riscos de contaminação do solo e águas superficiais e subterrâneas.

Lima *et al.* (2017) aplicaram o IQR-Valas, uma variação do IQR tradicional, em um AS de um município de pequeno porte no interior do estado de São Paulo, neste caso, já com a metodologia e questionário reformulados. O AS apresentou problemas, sendo caracterizado como inadequado, com valor do IQR igual a 6,1, contrariando a classificação publicada pela CETESB, que classifica o AS como adequado. O fato ressalta que a avaliação do IQR apresenta certo nível de subjetividade, podendo sofrer variações na interpretação de cada técnico avaliador, como indicou Farias (2002). Os autores ainda ressaltaram a importância do índice para avaliar e monitorar periodicamente as áreas de disposição final de RSU, facilitando a fiscalização.

No município de Peabirú, no estado do Paraná, Silva *et al.* (2019) aplicaram o IQR para avaliar a qualidade da área de disposição final de RSU. O indicador revelou muitos pontos

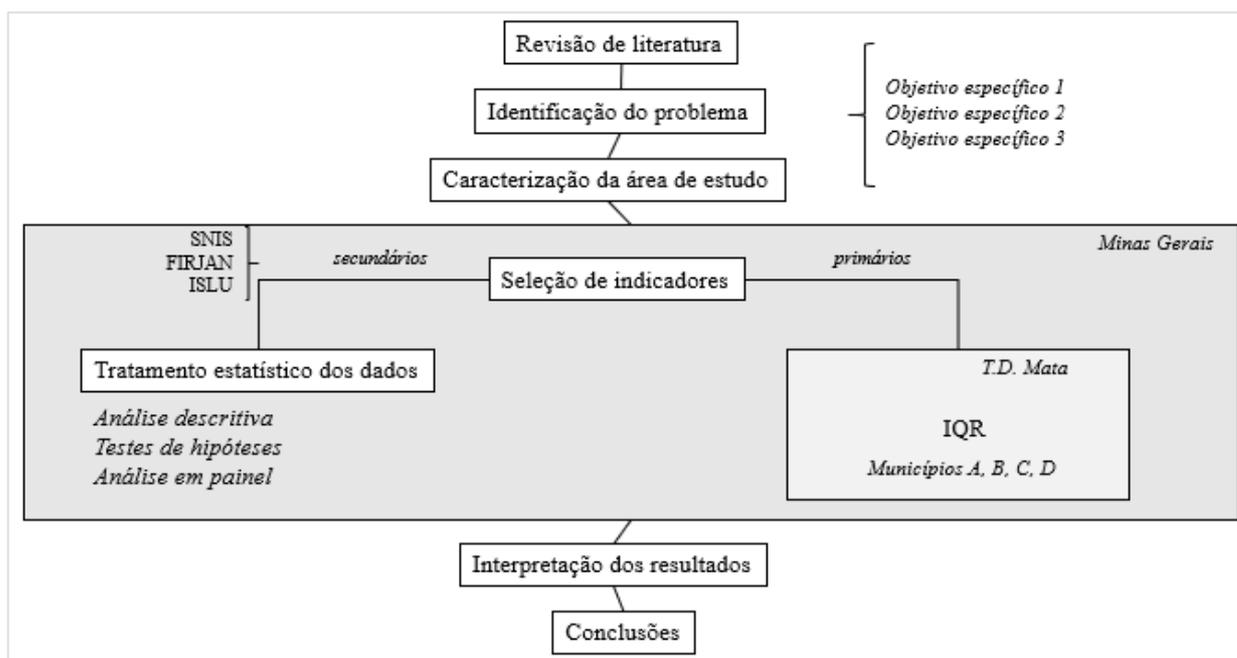
frágeis no gerenciamento da área, classificando-o como inadequado, com valor do IQR igual a 3,46. Os autores recomendaram um novo projeto para disposição adequada dos resíduos, uma vez que o atual se encontra saturado. Fagundes *et al.* (2019) aplicou o IQR em AS de dois municípios do estado de Minas Gerais, um de grande porte e um de pequeno porte. Os autores observaram que, através do indicador, foi possível identificar falhas específicas na infraestrutura e operação dos aterros, e evidenciaram que os indicadores podem ser instrumentos eficazes e simples para tomada decisões no gerenciamento de resíduos.

Os resultados obtidos nesses estudos demonstram a viabilidade e importância da aplicação do IQR para controle, monitoramento e auxílio em tomada de decisões e melhoria contínua dos equipamentos de disposição final de RSU.

4. METODOLOGIA

Realizou-se um levantamento das características socioeconômicas dos Territórios de Desenvolvimento para a caracterização da área de estudo. Após isso, foi feita a seleção de indicadores que subsidiaram a análise dos aspectos de sustentabilidade e específicos de gerenciamento de RSU nos Territórios com a análise descritiva, comparando os valores de mediana de cada indicador, e série temporal, considerando os indicadores de custo, receita arrecada e taxa de recuperação de recicláveis no período de 2009 a 2018. Considerando a relevância do Território Mata, foi incluído também a avaliação dos locais de disposição final com o IQR, a fim de complementar a análise do gerenciamento de RSU. Por fim, foi realizada a análise em painel para os indicadores selecionados no estado de Minas Gerais de forma a verificar uma possível dependência entre o comportamento reportado pelos indicadores técnicos e socioeconômicos. No fluxograma da Figura 3 são mostradas as etapas metodológicas da pesquisa.

Figura 3 - Fluxograma das etapas metodológicas



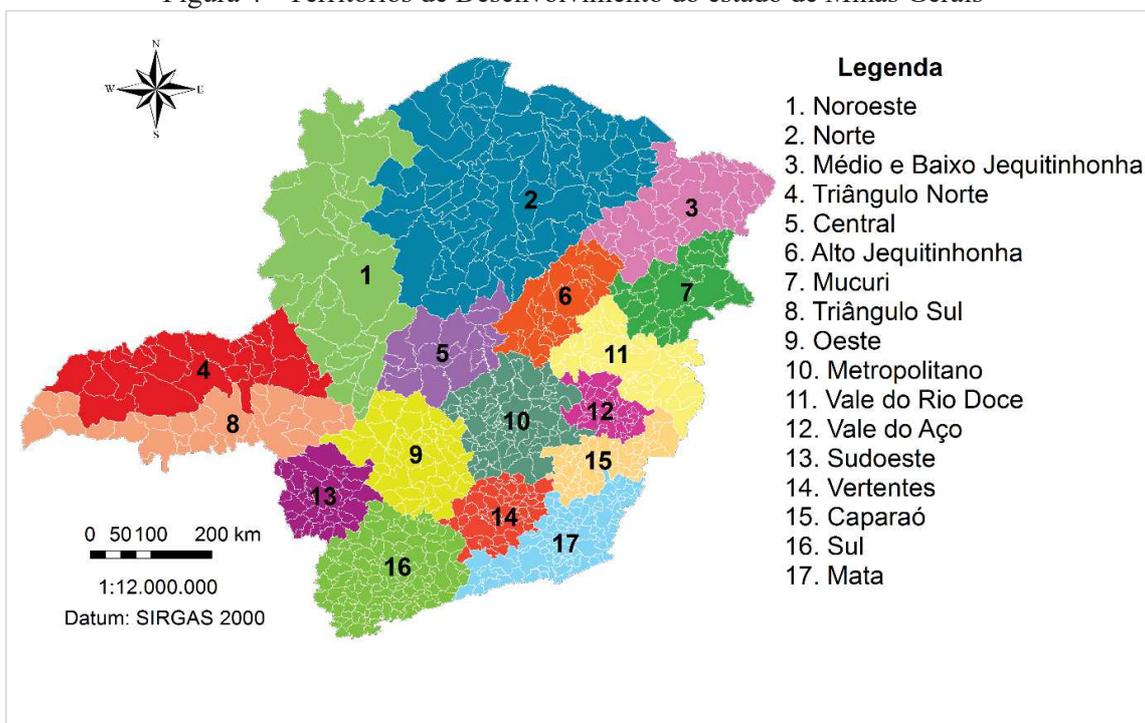
Fonte: Autoria própria (2021)

A pesquisa teve como objeto de estudo o estado de Minas Gerais. Foi realizada uma seleção baseada em dados fornecidos pela FEAM (2019), nos quais foram indicados a destinação final dos RSU nos municípios mineiros. Para a pesquisa, foram considerados os municípios que realizam a destinação final regularizada de seus RSU. Entende-se neste trabalho, segundo classificação da FEAM (2019), como destinação de RSU:

- ✓ Regularizados: AS, Usina de Triagem e Compostagem (UTC), Aterro Sanitário de Pequeno Porte (ASPP) ou outra alternativa regularizada e localizada fora do Estado;
- ✓ Não Regularizados: AS em processo de regularização, ASPP em processo de regularização e UTC em processo de regularização; e
- ✓ Irregulares: Aterro Controlado e Lixão. Com a definição dessa premissa, do total de 854 municípios no estado de Minas Gerais, foram selecionados 392 municípios para o trabalho.

Em Minas Gerais, os municípios são divididos em Territórios de Desenvolvimento, esta divisão é válida desde 2015, realizada pela Secretaria de Planejamento e Gestão (SEPLAG), com base em características sociais, econômicas e territoriais. Na Figura 5 é mostrada essa divisão dos 17 Territórios de Desenvolvimento, sendo eles: Alto Jequitinhonha, Caparaó, Central, Mata, Médio e Baixo Jequitinhonha, Metropolitano, Mucuri, Noroeste, Norte, Oeste, Sudoeste, Sul, Triângulo Norte, Triângulo Sul, Vale do Aço, Vale do Rio Doce e Vertentes (SEPLAG, 2015).

Figura 4 - Territórios de Desenvolvimento do estado de Minas Gerais



Fonte: SEPLAG, 2015

4.1. INDICADORES

Após a seleção dos municípios por disposição final de RSU regularizada, foi feito um levantamento de dados de cada um desses municípios, nos últimos dez anos (2009 a 2018), para os indicadores mostrados no Quadro 2. Esse período foi escolhido levando-se em consideração os 10 anos de promulgação da PNRS, de forma a analisar a evolução da gestão de RSU a partir deste marco regulatório de suma importância para o setor.

A escolha dos indicadores foi feita com base em indicadores nacionais, ou adaptados à realidade brasileira, de forma que as regionalidades são consideradas na pesquisa, considerando aspectos socioeconômicos e ambientais, específicos do gerenciamento de RSU. Assim, foram selecionados indicadores já consolidados e aplicados no período de tempo, abrangendo a maior quantidade de municípios do estado de Minas Gerais.

Quadro 2 - Indicadores utilizados na pesquisa

IDH - Índice de Desenvolvimento Humano
IFDM - Índice da FIRJAN de Desenvolvimento Municipal
IFGF - Índice da FIRJAN de Gestão Fiscal
ISLU - Índice de Sustentabilidade e Limpeza Urbana
IN006 - Despesa per capita com manejo de RSU em relação à população urbana (R\$/hab)
IN011 - Receita arrecadada per capita com taxas ou outras formas de cobrança pela prestação de serviços de manejo RSU (R\$/hab/ano)
IN015 - Taxa de cobertura do serviço de coleta de RDO em relação à população total do município (%)
IN016 - Taxa de cobertura do serviço de coleta de RDO em relação à população urbana (%)
IN021 - Massa coletada (RDO + RPU) per capita em relação à população urbana (kg/hab/dia)
IN022 - Massa (RDO) coletada per capita em relação à população atendida com serviço de coleta (kg/hab/dia)
IN023 - Custo unitário médio do serviço de coleta (RDO + RPU) (R\$/t)
IN031 - Taxa de recuperação de materiais recicláveis (exceto matéria orgânica e rejeitos) em relação à quantidade total (RDO + RPU) coletada (%)
IN032 - Massa recuperada per capita de materiais recicláveis (exceto material orgânico e rejeito) em relação à população urbana (kg/hab/ano)

(continua)

Quadro 2 - Indicadores utilizados na pesquisa (cont.)

IN054 - Massa per capita de materiais recicláveis recolhidos via coleta seletiva (kg/hab/ano)
CS001 - Existência de coleta seletiva de "recicláveis secos"
CS009 - Quantidade total de materiais recicláveis recuperados (kg/ano)
CS026 - Quantidade recolhida por coleta seletiva (kg/ano)

Fonte: Autoria própria

O levantamento de dados de cada indicador foi feito considerando a série histórica dos municípios brasileiros do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/panorama>), a série histórica de desenvolvimento municipal da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN) (<https://www.firjan.com.br/ifdm/>), a série histórica de gestão fiscal da FIRJAN (<https://www.firjan.com.br/ifgf/>), panoramas anuais do Sindicato das Empresas de Limpeza Urbana no Estado de São Paulo e a série histórica do SNIS (<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>).

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) foi criado em 1990 e é calculado anualmente pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), com o objetivo de verificar o desenvolvimento de uma localidade baseado em três dimensões principais: renda, educação e saúde. Por ser referência internacional, o IDH passou por um ajuste metodológico e é utilizado pelo Governo Federal, desde 1998, como o IDHM, a partir dos dados fornecidos pelos Censos Demográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O índice varia de zero a um, sendo que, quanto mais desenvolvido o município, mais próximo de um, considerando dimensões, tais como, longevidade, educação e renda (PNUD, 2020).

Criado em 2005 pela Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN), o Índice FIRJAN de Desenvolvimento Municipal (IFDM) avalia o desenvolvimento socioeconômico no país através de três pilares principais: emprego e renda, educação e saúde. O índice varia de zero a um e quanto maior o desenvolvimento do município, mais próximo de um. Os índices são calculados a cada dois anos, sendo possível acompanhar o progresso de cada localidade ao longo dos anos. Para fins de avaliação, é determinado

que municípios com IFDM entre 0,0 e 0,4 sejam classificados como baixo estágio de desenvolvimento; entre 0,4 e 0,6 como desenvolvimento regular; entre 0,6 e 0,8 como desenvolvimento moderado; e entre 0,8 e 1,0 como alto estágio de desenvolvimento. Para a última edição do IFDM, de 2018 com ano base de 2016, foram considerados 5.471 município, onde concentra-se 99,5% da população brasileira (FIRJAN, 2018).

Criado em 2012 o Índice Firjan de Gestão Fiscal (IFGF) tem o objetivo de evidenciar a eficácia da gestão fiscal, a partir da análise da administração dos recursos públicos pelas prefeituras. O índice avalia anualmente os municípios brasileiros, e é composto por quatro indicadores: *(i)* autonomia, que trata da capacidade de financiar a estrutura administrativa do município; *(ii)* liquidez, tratando do cumprimento das obrigações financeiras; *(iii)* gastos com pessoal, que é o grau de rigidez do orçamento; e *(iv)* capacidade de gerar bem-estar e competitividade. O resultado do índice varia entre 0 e 1 em sua pontuação e considera como gestão de excelência pontuação superior a 0,8; boa gestão pontuação entre 0,6 e 0,8; gestão em dificuldade pontuação entre 0,4 e 0,6 ponto; e gestão crítica pontuação inferior a 0,4 (FIRJAN, 2019). O Índice de Sustentabilidade da Limpeza Urbana (ISLU) foi criado em 2016 pelo Sindicato Nacional de Empresas de Limpeza Urbana (SELUR) e a PricewaterhouseCoopers (PwC). O índice tem como principal objetivo definir o quanto cada município cumpre a Lei Federal nº 12.305/10, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), através de ações de limpeza urbana e gestão de resíduos sólidos. Os dados obtidos são fornecidos pelas prefeituras e pelo SNIS, os resultados são divulgados anualmente. Em 2019, foram avaliados 3.317 municípios no Brasil, destes, 10,25% com índice “muito baixo”, 25% com índice “baixo”, 51% com índice “médio”, 13,6% com índice “alto” e 0,12% com índice “muito alto” (SELURB, 2019).

O SNIS foi criado em 1994 pelo Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS) do Governo Federal. O SNIS reúne indicadores sobre as quatro vertentes do saneamento básico prestados no Brasil: serviços de água e esgoto, manejo de resíduos sólidos e águas pluviais. As informações para alimentar os indicadores são fornecidos anualmente pelas instituições responsáveis pela prestação dos serviços de saneamento básico. Em 2003, foi criado o componente Resíduos Sólidos Urbanos (RS), com informações de resíduos domiciliares e públicos, resíduos de construção civil, coleta seletiva, resíduos de serviços de saúde, varrição, capina e roçada, catadores e unidades de

processamento. Para resíduos sólidos, foram fornecidos 47 indicadores, com dados de 3.468 municípios, correspondendo a 85,6% da população urbana brasileira (SNIS, 2020).

Após o levantamento dos municípios que realizam a destinação final regularizada de seus RSU, uma segunda seleção foi feita, excluindo os municípios que não possuíam dados, em pelo menos um ano, para cada um dos indicadores. Esse filtro teve como finalidade a submissão dos dados à tratamentos estatísticos que demandavam de um banco de dados consistente, restando assim, 84 municípios para análise. Consequentemente, alguns Territórios de Desenvolvimento foram desconsiderados, restando, assim, os territórios Mata, Metropolitano, Triângulo Sul, Vertentes, Triângulo Norte, Sul, Caparaó e Noroeste.

4.1.1. Índice de Qualidade de Aterro De Resíduos

Existem três tipos de formulários padrão para a classificação de cada tipo de instalação de destinação final: IQR, IQR-Valas e Índice de Qualidade de Usinas de Compostagem (IQC) (CETESB,2019).

A nota de avaliação da instalação varia de 0 a 10, considerando, para condições adequadas de operação, pontuação maior a 7,0 e, para condições inadequadas, menor ou igual a 7,0.

Para aplicação do questionário, são considerados os critérios:

- ✓ Estrutura de apoio – portaria, balança e vigilância, isolamento físico, isolamento visual e acesso à frente de descargas;
- ✓ Frente de trabalho – dimensões da frente de trabalho, compactação dos resíduos, recobrimento dos resíduos;
- ✓ Taludes e bermas – dimensões e inclinações, cobertura de terra, proteção vegetal, afloramento de chorume;
- ✓ Superfície superior – nivelamento da superfície e homogeneidade da cobertura;
- ✓ Estrutura de proteção ambiental – impermeabilização do solo, profundidade do lençol freático X permeabilidade do solo, drenagem de chorume, tratamento de chorume, drenagem provisória de águas pluviais, drenagem definitiva de águas

pluviais, drenagem de gases, monitoramento de águas subterrâneas e monitoramento geotécnico;

- ✓ Característica da área – proximidade de núcleos habitacionais, proximidades de corpos de água, vida útil da área e restrições legais ao uso do solo;
- ✓ Outras informações – presença de catadores, queima de resíduos, ocorrência de moscas e odores, presença de aves e animais, recebimento de resíduos não autorizados, recebimento de resíduos industriais e estruturas e procedimentos (CETESB,2019).

Cada subitem possui um peso pré-determinado que é multiplicado pela resposta fornecida, como “suficiente” e “insuficiente”, ou “adequada” e “inadequada”. Ao final, todos os subitens são somados para classificação do AS como “adequado” ou “inadequado” (CETESB, 2019), em função da nota calculada, conforme apresentado no Anexo A.

Na presente pesquisa, foi aplicado o IQR para avaliação dos AS no Território de Desenvolvimento Mata. A escolha por esse Território ocorreu devido a localização estratégica da região de Juiz de Fora, que se encontra entre as três maiores capitais do Sudeste do país: Belo Horizonte, Rio de Janeiro e São Paulo. Além disso, o Território Mata também faz parte do eixo industrial, em especial siderúrgicas e pequenas centrais hidrelétricas (PCH), das cidades próximas à BR040 e BR116. Ao todo, o Território conta com quatro AS regularizados e um não regularizado. É importante ressaltar que a escolha dos AS para aferição do IQR foram aqueles que se encontravam em situação adequada. Essa seleção foi feita baseada no relatório da FEAM, do ano de 2019. Porém, durante a visita do AS de um dos municípios, identificado como município D no Quadro 3, foi apresentada a licença ambiental indeferida do aterro. Assim, foi decidido manter o AS na pesquisa, apesar da sua situação irregular.

A aplicação dos índices foi realizada *in loco* para todos AS regularizados, com exceção de um que se encontrava em obras e, portanto, não pôde receber visitação. Assim, no total, a aplicação do IQR foi feita em quatro AS, sendo dois de municípios de médio porte, um de grande porte e um de pequeno porte. Dentre os AS, dois são de administração pública, e dois de administração privada, regionalizados e não consorciados, com a data das visitas indicadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Municípios com AS no Território de Desenvolvimento Mata

Município	Porte	Situação	Administração	Porte do AS	Consórcio	Data da Visita
A	Médio	Regularizado	Pública	Pequeno	Não	13/11/2019
B	Grande	Regularizado	Privada	Grande	Sim	11/09/2019
C	Médio	Regularizado	Privada	Grande	Sim	13/11/2019
D	Pequeno	Não Regularizado	Pública	Pequeno	Não	09/10/2019

4.2. TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

No tratamento estatístico dos dados, estabeleceu-se o objetivo de avaliar uma possível relação entre os indicadores com o gerenciamento de RSU. Em um primeiro momento, foram determinados indicadores chave em função da sua abrangência de dados dentro do conceito da sustentabilidade e da relação de cada um com a gestão de RSU. A escolha dos indicadores foi fundamentada em pontos relevantes para análise dos aspectos de gerenciamento de RSU, como custo e arrecadação com o manejo de RSU, a taxa de cobertura de coleta nos municípios e a taxa de recuperação de recicláveis. Associados a eles, foram considerados aspectos fundamentados na sustentabilidade, como o desenvolvimento municipal com dados de educação, saúde e renda da população; a eficácia da gestão fiscal das prefeituras; e a aderência dos municípios às diretrizes da PNRs. Destaca-se, ainda, que a disponibilização e acesso aos dados foi um ponto importante na seleção, conferindo maior consistência e robustez no banco de dados do trabalho. Assim, foram selecionados os indicadores IFDM, IFGF, ISLU, IN006, IN011, IN016 e IN031.

Foram considerados, ainda, dados agrupados por Território de Desenvolvimento. Os tratamentos estatísticos foram realizados pelo uso dos softwares Statistica 8 e Microsoft Excel 2006.

4.2.1. Análise Descritiva

Selecionados os indicadores chave, os mesmos foram submetidos a uma análise estatística descritiva, dividida em medidas de tendência central, com os valores de média, mediana,

moda, além de valores máximo e mínimo, e medidas de dispersão, com os valores de desvio padrão e coeficiente de assimetria.

A análise dos dados dos agrupamentos foi realizada através de séries temporais, de 2009 a 2018, através do gráfico boxplot, de maneira a evidenciar possíveis tendências, sazonalidades, assim como avaliar a presença de *outliers*, medidas que extrapolam os valores padrão em cada agrupamento.

4.2.2. Testes de Hipóteses

A inferência estatística foi feita com o teste de aderência de Shapiro-Wilk, de forma a determinar se os agrupamentos seguiam uma distribuição normal, a um nível de significância de 5%.

Identificada a não normalidade dos dados pelo teste de aderência, os agrupamentos foram submetidos a testes não paramétricos de hipóteses para comparações simples e comparações múltiplas, além de uma análise de regressão em painel, de forma a analisar possíveis correlações entre os indicadores, considerando a série temporal objeto do estudo.

Os testes de hipótese para comparação podem ser simples, contemplando duas variáveis; ou múltipla, quando contemplam mais de duas variáveis. O teste Mann-Whitney é usado para a comparação simples, uma avaliação entre medianas, parâmetro de tendência central utilizado para verificar se as amostras pertencem a mesma população. O teste de Kruskal Wallis, considerado uma extensão do Mann-Whitney, é usado para comparações múltiplas entre amostras independentes. Como pressupostos para aplicação dos testes, as amostras devem ser aleatórias e independentes, possuir a mesma variabilidade e a mesma distribuição (ZAROS & MEDEIROS, 2011).

Assim, de forma a realizar um comparativo entre as regiões para cada indicador, aplicou-se o teste não paramétrico de Kruskal Wallis de comparações múltiplas, a fim de testar a hipótese nula em que as medianas das populações são iguais e, portanto, não apresentam diferenças significativas, contra a hipótese alternativa na qual ao menos duas das amostras possuem medianas diferenças com desvios significativos.

4.2.3. Análise em Painel

A análise em painel consiste em um modelo de regressão, em que os dados amostrais variam em dimensões espaciais e temporais. O uso de dados em painel aumenta o tamanho da amostra comparado a uma regressão linear múltipla em que se desconsidera uma série temporal, e são mais adequados para análise da dinâmica de mudanças das amostras e variáveis, além de admitir modelos comportamentais mais complexos. O painel é considerado balanceado se a quantidade de dados da amostra for igual ao número de períodos de tempo. Para tratamento dos dados em painel, consideram-se duas possibilidades: modelo de efeitos fixos e modelo de efeitos aleatórios, extraíndo os valores aleatoriamente de uma população. Caso a quantidade de dados seja maior que o número de períodos de tempos, é considerado painel curto e, caso a quantidade de dados seja menor que o número de períodos de tempo, é considerado painel longo (GUJARATI & PORTER, 2011).

Para validação dos dados em painel, algumas verificações e pressupostos precisam ser considerados. A primeira é o fator de inflação de variância, que reflete a presença de multicolinearidade que, por sua vez, evidencia possíveis problemas de correlação entre duas variáveis ou entre uma delas e as demais incluídas na equação de um modelo. Portanto, o fator de inflação de variância é um indicador de multicolinearidade que, quanto maior for o seu valor, mais colinear será a variável (GUJARATI & PORTER, 2011).

Outro ponto a ser considerado são os erros de regressão de heterocedasticidade e autocorrelação. A heterocedasticidade, indica se o modelo não possui a mesma variância em sua distribuição. A heterocedasticidade pode ocorrer como resultado da presença de *outliers*, ou pela assimetria na distribuição do modelo. A autocorrelação trata-se da correlação entre integrantes de séries de observação ordenadas no tempo ou espaço, encontrando, por exemplo, padrões de repetições. Para o caso de ocorrência de autocorrelação, é necessário verificar se há omissão de variável e, nesse caso, estimar os erros padrão robustos e viáveis mínimos quadrados, técnica aplicada para corrigir essa omissão (CANDEA et al., 2016). Portanto, corrigindo a heterocedasticidade e a autocorrelação, o modelo se torna mais robusto e mais confiável para a análise dos dados em estudo (GUJARATI & PORTER, 2011).

Assim, a análise em painel foi utilizada no estudo com a finalidade de analisar o nível de dependência entre os indicadores de sustentabilidade e os indicadores específicos de gerenciamentos de RSU, como mostradas nas Equações (1), (2) e (3).

$$\text{Equação (1): } IFGF = \beta_0 + \beta_1 IN006 + \beta_2 IN011$$

$$\text{Equação (2): } IN011 = \beta_0 + \beta_1 IN006 + \beta_2 IN023$$

$$\text{Equação (3): } IN031 = \beta_0 + \beta_1 IFDM + \beta_2 IFGF$$

Para a Equação (1) tem-se o índice IFGF como variável dependente e os indicadores IN006 e IN011, de forma a verificar o grau de dependência entre a gestão fiscal dos municípios com o custo e receita arrecada com o manejo de RSU. Essa equação partiu da hipótese da existência de dependência a gestão fiscal sustentável de um município com o custo e receita arrecada com o manejo de RSU.

Na Equação (2), tem-se como variável dependente o indicador IN011 e variáveis independentes os indicadores IN006 e IN023, analisando como hipótese inicial o grau de dependência entre a receita arrecada com os custos associados ao manejo de RSU.

E, por fim, na Equação (3), o modelo tem por objetivo verificar a dependência entre a taxa de recuperação de recicláveis com o indicador IN031, como variável dependente, com o desenvolvimento municipal e gestão fiscal dos municípios com os índices IFDM e IFGF. Essa equação analisa a hipótese inicial que com o desenvolvimento de um município, o manejo de RSU se torna mais eficaz, aumentando a porcentagem de recuperação de resíduos recicláveis.

A análise em painel foi feita no software Stata Versão 12.

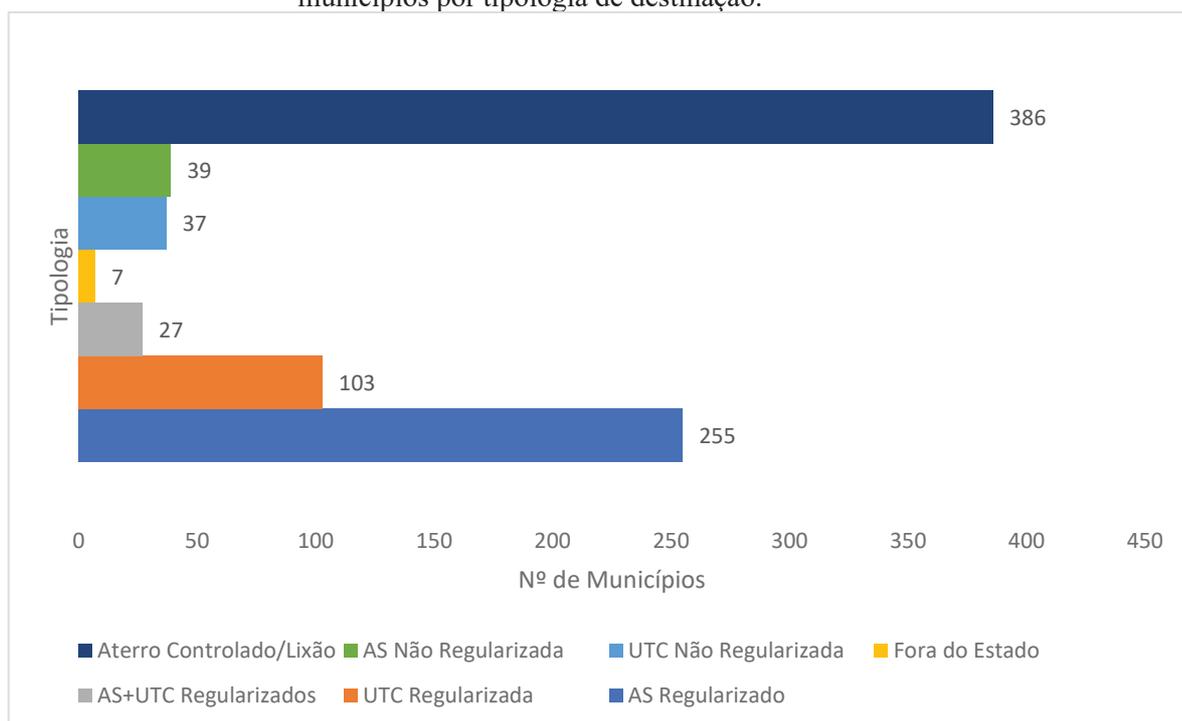
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. ESTADO DE MINAS GERAIS: GERENCIAMENTO DE RSU

No Brasil, o percentual de cobertura de coleta em relação a população urbana é de 86,6% (SNIS, 2019), enquanto no estado de Minas Gerais esse percentual é de 87,15% (FEAM, 2019). É notório que, percentualmente, a realidade do estado mineiro acompanha o cenário nacional, demonstrando problemas desde a coleta de resíduos até a operação dos locais de disposição final. Faria (2002), Barros Junior *et al.* (2007), Cunha e Silva (2007) e Pereira e Curi (2017) demonstraram problemas semelhantes em alguns municípios dos estados do Rio de Janeiro, Paraná, São Paulo e Paraíba, respectivamente.

O estado de Minas Gerais possui 21.168.791 habitantes em um território de 586.521,123 km² (IBGE, 2019). Em 2018, 61,87% da população urbana foi atendida por serviços de disposição final de RSU ambientalmente corretos, representando 392 municípios mineiros, 45,8%, do total de 854, dentre os quais 289 municípios são atendidos por aterros sanitários e 130 municípios por UTC, considerando que 27 municípios são atendidos por ambos. Da porcentagem da população que não é atendida por destinação regularizada de RSU, 25,28% dispõem seus resíduos em aterros controlados ou lixões, e 12,85% em AS ou UTC não regularizados (FEAM, 2019). Na Figura 4 é apresentado o número de municípios por tipologia de disposição final, considerando que 386 municípios dispõem seus RSU em aterros controlados ou lixões, 39 em AS não regularizados, 37 em UTC não regularizadas, 7 em AS fora do estado de Minas Gerais, 27 em AS e UTC regularizados, 103 por UTC regularizadas e 255 em AS regularizados:

Figura 5 - Destinação de RSU em Minas Gerais - Ano base 2018. Número de municípios por tipologia de destinação.



Fonte: FEAM, 2019.

Essas características incluem a quantidade de municípios por território, a participação do PIB estadual e a parcela da população que se encontra em situação de pobreza, ou seja, possui renda mensal *per capita* menor ou igual a um salário mínimo, como é mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Características socioeconômicas dos Territórios de Desenvolvimento

Território de Desenvolvimento	Nº de municípios	População urbana (hab.)	Participação PIB estadual (%)	Pop. em situação de pobreza (%)
Alto Jequitinhonha	24	211,382	0.6	77.70
Caparaó	55	511,020	2	41.77
Central	17	27,297	0.9	49.41
Mata	93	1,491,441	5.7	37.8
Médio e Baixo Jequitinhonha	31	315,316	0.7	94
Metropolitano	90	6,147,940	41	31.5
Mucuri	29	320,568	1	79.7

Tabela 1 - Características socioeconômicas dos Territórios de Desenvolvimento (cont.)

Noroeste	30	576,238	3.2	41
Norte	86	1,249,193	4	78
Oeste	56	1,185,679	5.2	26
Sudoeste	34	516,243	3	39.3
Sul	119	1,865,025	10.1	32.8
Triângulo Norte	30	1,228,395	9	24
Triângulo Sul	27	724,954	5.5	23.8
Vale do Aço	33	745,999	3.4	45
Vale do Rio Doce	49	549,842	1.7	62.4
Vertentes	50	655,928	3	60

Fonte: SEPLAG, 2015; IBGE, 2017.

Analisando os valores da Tabela 1 e observando o mapa dos Territórios de Desenvolvimento, é possível perceber que as diferenças socioeconômicas são concentradas espacialmente. Territórios mais ao Norte e distantes dos grandes centros concentram a maior parcela da população em situação de pobreza. Nota-se, por exemplo, que os Territórios Alto Jequitinhonha, Médio e Baixo Jequitinhonha e Mucuri possuem a maior proporção de população em situação de pobreza, localizados na região Nordeste do estado de Minas Gerais. Enquanto isso, o Território Metropolitano, onde se localiza a capital mineira Belo Horizonte, possui a maior adensamento populacional e a terceira menor concentração de população em situação de pobreza do estado. O Triângulo Sul possui a menor concentração de população em situação de pobreza, seguido pelo Triângulo Norte, ambos localizados no extremo oposto dos Territórios mais pobres do estado de Minas Gerais. A situação econômica favorável desses dois Territórios pode ser explicada por concentrar seis polos industriais, ter a maior produção de lavouras do estado mineiro, além de possuir um forte apelo turístico na região (SEPLAG, 2015). Dessa forma, é notório que as desigualdades socioeconômicas norteiam as dimensões geográficas e espaciais. Em uma análise mais abrangente, é possível comparar essas mesmas informações socioeconômicas com as condições heterogêneas de atendimento de saneamento básico da população.

Neste mesmo diagnóstico, foi divulgada a porcentagem da população que é atendida por rede de abastecimento de água, esgotamento sanitário e coleta de lixo. Além disso, em

2019, a FEAM publicou um panorama em que foi possível quantificar os RSU destinados às áreas de disposição final adequada, como é mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 - População atendida pelos serviços de saneamento básico por Território de Desenvolvimento.

Território de Desenvolvimento	Abastecimento de água (%)	Esgotamento sanitário (%)	Coleta de RSU (%)	Disposição final regularizada (%)
Alto Jequitinhonha	69,5	50,3	60,1	7,7
Caparaó	68,2	64,9	72,7	39,8
Central	84,5	64,7	82,8	32,5
Mata	86	82	90	89,33
Médio e Baixo Jequitinhonha	68	48	64	8,5
Metropolitano	95,3	88	95,9	85
Mucuri	73	63	69	10
Noroeste	81,2	71,9	82,5	11,8
Norte	83	39	91	43,9
Oeste	89,1	87,2	91,8	21
Sudoeste	83,6	86,2	90,3	30
Sul	80,8	81,4	91,2	60,8
Triângulo Norte	91,7	87,2	93,2	70,5
Triângulo Sul	89,4	91,2	92,8	80
Vale do Aço	79	81	88	15
Vale do Rio Doce	79	75	76,1	14
Vertentes	83,4	75,9	85,8	70,5

Fonte: SEPLAG, 2015; FEAM, 2019.

No Brasil, em 2018, 83,62% da população tem acesso a rede de abastecimento de água tratada, 53% a esgotamento sanitário (TRATA BRASIL, 2020) e 92,1% a coleta de RSU. Do total de RSU coletados, 75,6% tiveram sua disposição final adequada, segundo o reportado no SNIS para o ano base de 2019 (SNIS, 2019). É plausível dizer que os mesmos Territórios que possuem as melhores condições socioeconômicas, dispõem de

atendimento dos serviços de saneamento básico em condições superiores à média nacional, enquanto os Territórios com as piores condições socioeconômicas encontram-se com indicadores abaixo da média nacional. Nesse último caso, inclusive, evidenciam-se quadros preocupantes, como o caso dos Territórios Alto Jequitinhonha e Médio e Baixo Jequitinhonha, que apresentam taxas de abastecimento de água tratada inferiores a 70% e menos de 10% de RSU coletados dispostos adequadamente, fato que representa risco à saúde da população dessas regiões.

Também é importante ressaltar que há uma alta discrepância entre as porcentagens de coleta de RSU e disposição final adequada em quase todos os Territórios de Desenvolvimento. Esses dados confirmam que muito dos RSU coletados, são dispostos de maneira inadequada, como em aterros controlados e lixões, além de evidenciar que serviços que impactam diretamente o dia-a-dia da população, como o caso da coleta, são alvo de maior pressão popular e tendem a ser menos negligenciados pelo poder público. Observando, primeiramente, a análise descritiva com os valores das medianas para cada indicador apresentadas na Tabela 4, é possível notar a relação entre os indicadores de sustentabilidade selecionados com as características dos Territórios de Desenvolvimento do estado de Minas Gerais, como o PIB e concentração de população em situação de pobreza, apresentadas na caracterização da área de estudo.

Tabela 3 - Medianas dos indicadores

Territórios de Desenvolvimento	IFDM	IFGF	ISLU	IN006	IN011	IN016	IN031
Metropolitano	0,7452	0,5910	0,6815	73,51	14,12	100	1,96
Triângulo Sul	0,7452	0,5910	0,6815	73,51	14,12	100	1,96
Vertentes	0,7244	0,4163	0,6745	42,00	8,17	100	4,40
Triângulo Norte	0,7522	0,5847	0,6105	60,21	75,48	100	3,50
Sul	0,7380	0,5385	0,6770	60,84	7,34	100	7,35
Caparaó	0,7741	0,7556	0,6720	81,21	34,71	100	10,00
Noroeste	0,7525	0,6407	0,6725	69,34	6,55	100	19,28

Como a maior parte das amostras apresentaram distribuição não normal, o dado comparativo escolhido foi a mediana, medida de tendência central mais adequada para análise nesse tipo de distribuição (ZAROS & MEDEIROS, 2011). Analisando os indicadores IFDM e IFGF que representam, respectivamente, o desenvolvimento municipal e gestão fiscal, os Territórios que apresentam as maiores medianas são Caparaó

(0,7741 e 0,7556), Noroeste (0,7525 e 0,6407), Triângulo Norte (0,7522 e 0,6147) e Triângulo Sul (0,7528 e 0,5941), enquanto o Território Vertentes possui a segunda menor mediana para ambos os indicadores (0,7244 e 0,4163). Esses dados confirmam os altos índices de desenvolvimento dos territórios Triângulo Sul e Triângulo Norte, que possuem alto valor do PIB, 5,5% e 9,0% respectivamente, e menor concentração da população em situação de pobreza, 23,8% e 24,0% respectivamente. Entretanto, os indicadores não confirmam esses mesmos dados para o Território Mata, que possui maior participação do PIB (5,7%) e menor concentração de população em situação de pobreza (37,8%) em comparação com Territórios como Vertentes (3,0% e 60,0%) e Noroeste (3,2% e 41,0%), tendo esse último, apresentado a segunda maior mediana para os indicadores IFDM e IFGF. O Território Caparaó apresentou as maiores medianas para ambos os indicadores (0,7741 e 0,7556), enquanto seu PIB representa 2,0% do total do estado mineiro e sua concentração de população em situação de pobreza representa 41,77% do total da população do Território de Desenvolvimento.

Analisando o indicador ISLU, que considera dados socioeconômicos, como IDH, arrecadação fiscal, recuperação de resíduos e taxa da população atendida pelos serviços de manejo de RSU, os Territórios que apresentaram as maiores medianas foram, respectivamente, Metropolitano (0,6815), Triângulo Sul (0,6815) e Sul (0,6770), enquanto Triângulo Norte teve a menor mediana do índice (0,6105). Os valores das medianas dos Territórios Metropolitano e Triângulo Sul confirmam os valores de atendimentos aos serviços de saneamento básico apresentados como coleta de RSU (95,9% e 92,8%) e disposição regularizada de resíduos (85,0% e 80,0%), enquanto o ISLU do Território Triângulo Norte contrasta com os valores obtidos na coleta de RSU, 93,2%, segunda maior porcentagem entre os Territórios, e quarta maior porcentagem de disposição regularizada de resíduos, 70,5%. O Território Caparaó apresentou o terceiro menor ISLU, 0,6720, enquanto apresentou a menor cobertura de coleta, 72,7%, e a segunda menor disposição regularizada de resíduos, 39,8%.

Para uma análise mais detalhada dos indicadores, foi realizada a análise da série temporal dos mesmos para cada Território de Desenvolvimento, com os gráficos apresentados no Apêndice B-Série Temporal. Nessa análise não foi considerada a variação da inflação ao longo dos 10 anos.

Os indicadores IN006, IN011 e IN031, representam, respectivamente, a despesa e receita com os serviços de manejo de RSU e a taxa de recuperação de recicláveis. A análise desses indicadores são relevantes para a compreensão dos dados dos territórios em estudo. O Triângulo Sul e Metropolitano possuem as menores (ambos com 1,96), contrastando para com os valores do ISLU (ambos com 0,6815). O território Caparaó possui a segunda maior mediana do IN006 (81,21), do IN011 (34,71), e do IN031 (10,0). Em contrapartida, o Território Metropolitano possui a menor mediana do IN031 (1,96) enquanto possui o maior ISLU (0,6815). Noroeste possui a segunda menor mediana do IN011 (6,55), porém possui a maior mediana do IN031 (19,28). Os indicadores devem ser analisados em conjunto com outros dados dos Territórios, como o número de habitantes, por exemplo, que justificaria de despesas e arrecadações proporcionais, entretanto, em uma análise preliminar, os indicadores dos territórios Caparaó e Noroeste apresentaram-se conflitantes, uma vez que os mesmos possuem algumas características socioeconômicas semelhantes em número de habitantes, 511.020 e 576.238 respectivamente, e concentração de população em situação de pobreza, 41,77% e 41% respectivamente.

No Território de Desenvolvimento Caparaó, que obteve resultados divergentes nas análises anteriores, o indicador IN006, que indica o custo *per capita* com o manejo de RSU, aumentou sensivelmente ao longo dos anos, uma vez que em 2009 o indicador apontava valor um pouco maior que R\$ 80,00/hab., e em 2018 o indicador apontou o valor R\$ 160,00/hab. Por outro lado, o indicador IN011, que apresenta a receita arrecada, em 2009 apresenta o valor próximo a R\$ 10,00/hab. e, em 2018, R\$ 50,00/hab. Comparando os indicadores é notório que o valor da receita arrecada não acompanha o valor do custo para o Território. Para o indicador IN031, que representa a taxa de recuperação de recicláveis, no ano de 2009 o valor estava ligeiramente acima de 20% do total coletado, em 2018 essa taxa caiu para menos que 5%.

No Território de Desenvolvimento Metropolitano, o indicador IN006, no ano de 2009 estava na ordem de R\$ 60,00/hab. e no obteve aumento gradual ao longo dos anos até 2018, na ordem de R\$ 90,00/hab. Por outro lado, o indicador IN011, no ano de 2009, era da ordem de R\$ 10,00/hab. e, em 2018, na ordem de R\$ 20,00/hab. Essa diferença entre custo e arrecadação pode, entre outros fatores, explicar os baixos índices do indicador IN031 que variou entre 4%, em 2010, e 1%, em 2018, do total coletado no Território.

No Território de Desenvolvimento Noroeste, o indicador IN006 variou da ordem de R\$ 20,00/hab. a R\$ 60,00/hab., enquanto o indicador IN011 R\$ 2,00/hab. a R\$ 8,00/hab. O indicador IN031, entretanto, variou negativamente de 2009 a 2018 na ordem de 30% a 10% do total coletado. Esse fato pode estar relacionado aos índices socioeconômicos, como o índice de população em situação de pobreza, 41%, a baixa contribuição do PIB, 3%, com a precariedade da gestão de RSU, uma vez que a ineficiente gestão de RSU pode contribuir para graves problemas urbanos (MOH & MALAF, 2014). O mesmo ocorreu com o Território de Desenvolvimento Triângulo Sul, que obteve o indicador IN006 variando de R\$ 20,00/hab. a R\$ 100,00/hab., o indicador IN011 entre R\$ 5,00/hab. a R\$ 60,00/hab. e o indicador IN031, que variou negativamente de 15% a 5%, entre 2009 e 2018.

No Território de Desenvolvimento Sul, o indicador IN006 variou de R\$ 30,00/hab. a R\$ 60,00/hab. entre os anos 2008 e 2019, o indicador IN011 de R\$ 5,00/hab. a R\$ 14,00/hab., IN031 de 6% a 8%. No Território de Desenvolvimento Vertentes, IN006 R\$ 40,00/hab. a R\$ 100,00/hab., IN011 de R\$ 5,00/hab. a R\$ 10,00/hab., IN031 de 2% a 14%. Vale ressaltar que a recuperação de recicláveis, na maioria dos Territórios, não ultrapassa 15% do total coletado. Entretanto, a reciclagem está presente nas diretrizes da PNRS, além de gerar emprego e renda para os trabalhadores atuantes neste serviço (FEITOSA *et al.*, 2020).

É importante ressaltar que o aumento do custo com manejo de RSU ao longo dos anos é esperado, uma vez que fatores como aumento do número de habitantes, aumento da população urbana e aumento do consumo também aumentam a cada ano e interferem diretamente na quantidade de RSU produzidos (LIMA *et al.*, 2017). Porém, o que se nota é que a arrecadação não acompanha o crescimento do custo, assim como a taxa de recuperação de recicláveis, na maioria dos Territórios de Desenvolvimento.

De maneira geral, a taxa de recuperação de recicláveis é muito pequena em comparação com o total coletado, que apresenta porcentagem máxima em todos os Territórios. Esse fato pode estar atrelado a diferença apresentada entre custo e receita com o manejo de RSU, uma vez que as prefeituras não dispõem de uma estrutura suficiente para a coleta e tratamento dos recicláveis, não gerindo este serviço de forma eficaz com o total que é arrecado, resultando em uma cadeia produtiva deficiente (FEITOSA *et al.*, 2020).

Avaliando as amostras dos Territórios de Desenvolvimento para cada indicador através do Kruskal Wallis, apenas o indicador ISLU não apresentou o valor de p menor que 0,05 ($p=0,2993$) e, portanto, não apresentou diferenças significativas entre os Territórios de Desenvolvimento. Para os indicadores em que foi identificada alguma diferença significativa entre os Territórios de Desenvolvimento, foi gerado uma matriz de comparação múltipla dois a dois para a identificação das diferenças.

Analisando as matrizes de comparação dos indicadores IFDM, IFGF, IN006, IN011, IN016 e IN031, apresentadas no Apêndice C – Matriz de comparações múltiplas, foi possível apontar as diferenças significativas entre os Territórios de Desenvolvimento em para cada indicador. Dentre os indicadores avaliados com o teste de Kruskal Wallis, a maioria das diferenças significativas se apresentaram para os Territórios Metropolitano e Sul, o que pode estar relacionado ao número de dados disponíveis de gerenciamento de RSU e, conseqüentemente, maior capacidade técnica de lidar com este serviço.

Com o teste de Kruskal Wallis evidenciando os Territórios de Desenvolvimento que possuem diferenças significativas para cada indicador ($p\text{-valor} < 0,05$), foi proposta uma modelagem de análise em painel de forma a avaliar o grau de dependência entre as variáveis, conforme apresentado no tópico 4.2.3.

5.1.1. Território de Desenvolvimento Mata

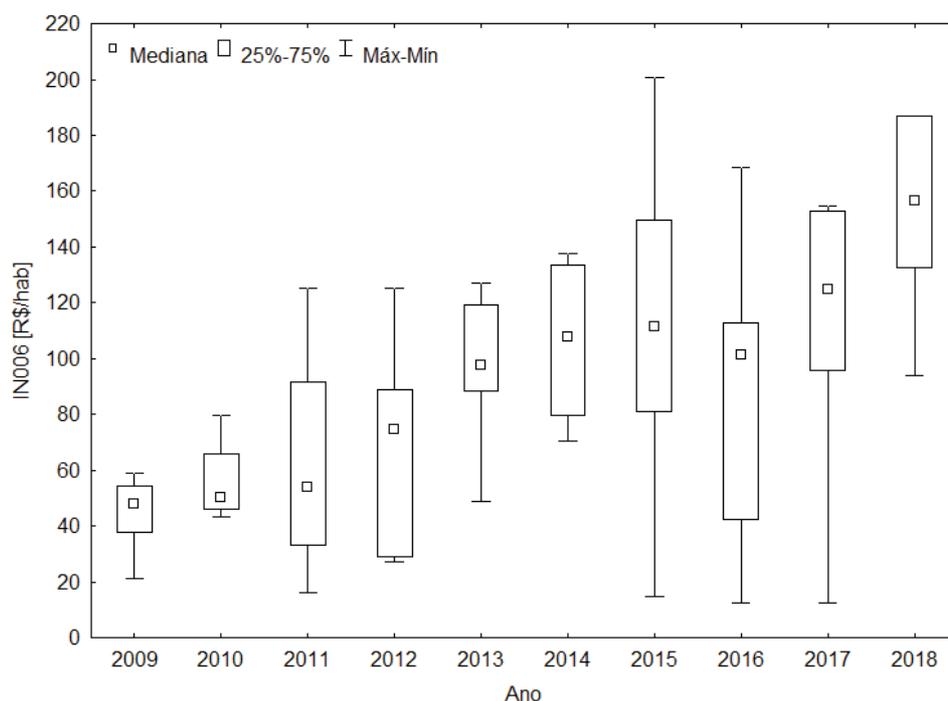
Devido a relevância do Território de Desenvolvimento Mata, que faz parte do eixo industrial e das cidades próximas à BR040 e BR116, o mesmo foi escolhido para uma análise mais aprofundada do gerenciamento de RSU, sendo incluída a avaliação dos locais de disposição final de resíduos. Assim, além das etapas de análise descritiva e série temporal, também foi realizada a avaliação dos AS do Território pelo IQR com dados primários em pesquisa de campo, a fim de complementar a discussão de resultados sobre o gerenciamento de RSU. Os indicadores de RSU analisados até o momento, estão pautados nos aspectos financeiros, cobertura de coleta e recuperação de recicláveis, não sendo possível avaliar os locais de disposição final e, portanto, foi utilizado o IQR para este fim.

Analisando, primeiramente, a análise descritiva no Apêndice A, o Território Mata possui as menores medianas dos índices IFDM e IFGF (0,7024 e 0,3666). O Território possui a segunda maior mediana do custo, IN006, igual a R\$ 96,65/hab. e a terceira menor receita,

IN011, igual R\$ 8,41/hab., ou seja, o território possui uma despesa de manejo de RSU superior a arrecadação, podendo contribuir negativamente para a mediana dos indicadores ISLU (0,6680) sendo o segundo menos dentre os Territórios. A taxa de recuperação de recicláveis, IN031, apresentou a mediana de 4,97%, sendo a segunda maior mediana dos Territórios. O percentual pouco abaixo de 5% na taxa de recuperação de recicláveis resulta em uma maior demanda para os AS, uma vez que resíduos recicláveis que poderiam ter destinação alternativa e tratamentos com foco na reciclagem, partem para destinação em locais de disposição final. Assim, é importante considerar se a operação dos AS no Território está sendo satisfatória (SILVA *et al.*, 2014).

Para uma análise aprofundada dos indicadores de gerenciamento de RSU, foi feita a série temporal de cada um no período de 2009 a 2019. Os gráficos boxplot das Figuras 6, 7 e 8 representam a série temporal do Território Mata para os indicadores IN006, IN011 e IN031, respectivamente.

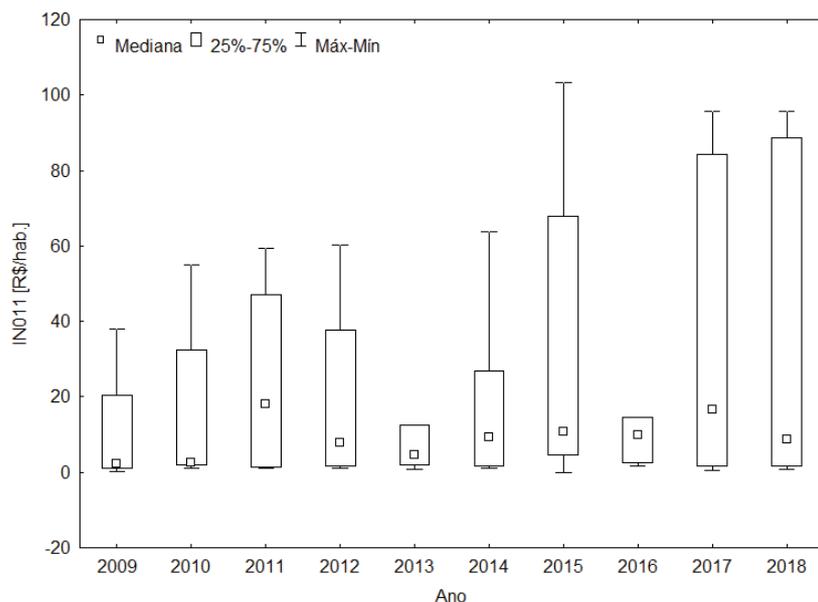
Figura 6 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Mata - Indicador IN006



Na Figura 6 é possível perceber que o custo *per capita* com o manejo de RSU passou da ordem de R\$ 40,00/hab. para R\$ 150,00/hab. ao longo desses 10 anos desde a criação da PNRs. Na Figura 7, é possível perceber que o indicador IN011, que representa a receita arrecadada *per capita*, apresenta valores da ordem de zero a R\$ 10,00/hab., no mesmo período. É interessante comparar o custo e arrecadação ao longo dos anos, mostram uma

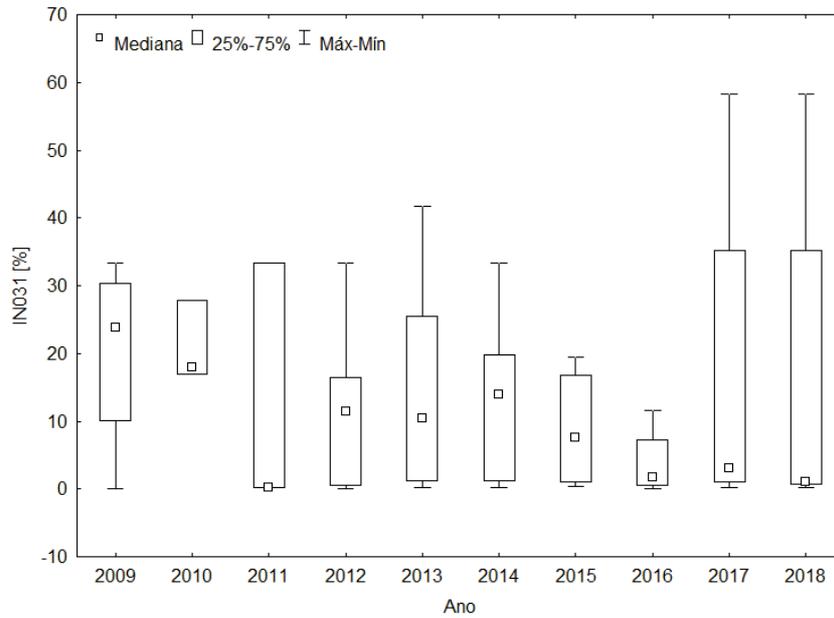
discrepância entre os dados, confirmando as medianas da análise descritiva. Uma vez que cobrança de taxas específicas pela coleta dos resíduos sólidos urbanos e tratamento adequado permitem viabilizar economicamente sua implementação (FEITOSA *et al.*, 2020), os presentes dados podem indicar uma possível dificuldade no gerenciamento de RSU.

Figura 7 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Mata - Indicador IN011



Na Figura 8 é mostrada a série temporal do Território de Desenvolvimento Mata para o indicador IN031, que é a taxa de recuperação de materiais recicláveis. Analisando esse gráfico, é possível perceber que houve um decréscimo no indicador nestes 10 anos de estudo. Vale ressaltar que a nível nacional, do ano de 2017 para 2020, o total de resíduos destinados à reciclagem foi de 84.303 para 138.040 toneladas (ANCAT, 2017, 2020). Dessa forma, a fim de compreender o decréscimo do indicador, foi realizado o teste de Mann-Whitney, e foi verificada que os indicador não apresentou diferença significativa a um nível de confiança de 95% entre os anos de 2009 e 2018.

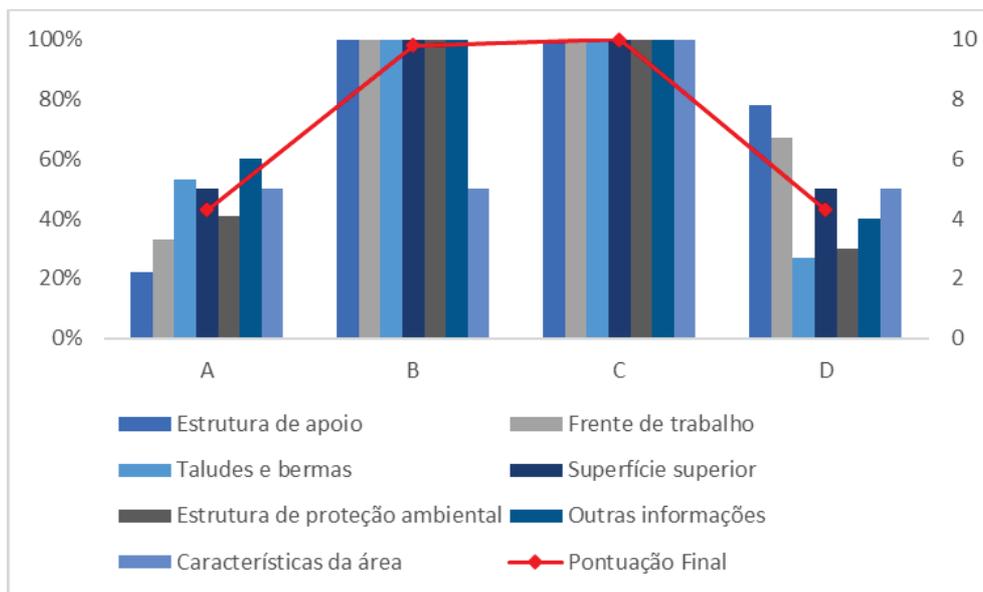
Figura 8 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Mata - Indicador IN031



Com isso, com a análise dos dados secundários do gerenciamento de RSU e indicadores socioeconômicos e ambientais, foi realizada a avaliação dos AS do Território Mata com os dados primários obtidos *in loco*.

Os AS dos municípios foram avaliados conforme formulário do IQR, de acordo com os critérios de Estrutura de apoio, Frente de trabalho, Taludes e bermas, Superfície superior, Estrutura de proteção ambiental, Outras informações e Características da áreas, conforme os resultados mostrados na Figura 9.

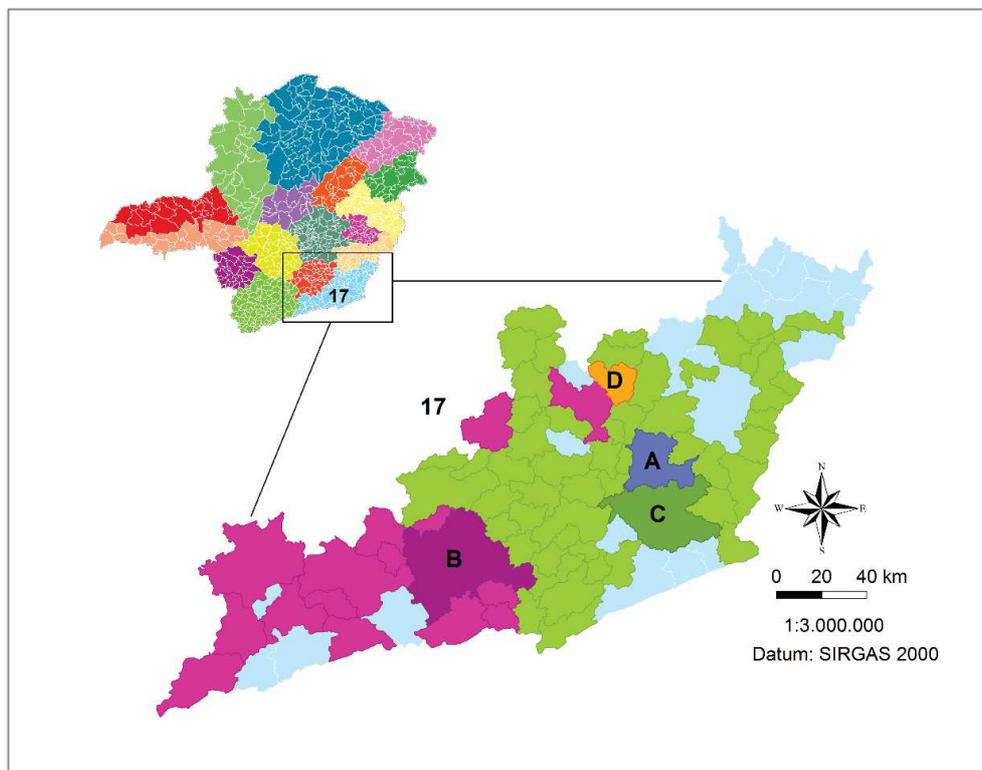
Figura 9 - Porcentagem e pontuação final de atendimento dos municípios aos critérios avaliados



Fonte: Autoria própria (2020)

O IQR foi aplicado nos municípios A, B, C e D, como são mostrados na Figura 9. Também são mostrados os municípios que destinam seus RSU para os municípios C e D, que possuem AS regionalizados, sendo possível notar que esses dois AS são responsáveis pelo aterramento de resíduos da maior parte do Território de Desenvolvimento Mata.

Figura 10 - Municípios com AS no Território de Desenvolvimento Mata



Fonte: Autoria própria

Também foram analisados sob alguns índices econômicos, sociais e ambientais, como é mostrado na Tabela 3.

Tabela 4 - Características dos municípios

Município	A	B	C	D
População (IBGE, 2019)	75.123 hab.	568.873 hab.	52.587 hab.	42.564 hab.
Território (IBGE, 2019)	491,767 km ²	1.435,749 km ²	943,077 km ²	243,351 km ²
PIB <i>per capita</i> (IBGE, 2017)	R\$21.059,58	R\$28.355,07	R\$19.468,36	R\$26.962,77
IDH (IBGE, 2010)	0,751	0,778	0,726	0,709
IFDM (FIRJAN, 2016)	0,7603	0,7954	0,7428	-
ISLU (SELUR, 2018)	0,709	0,696	0,674	0,649
IQR	4,3	9,8	10	4,3

(continua)

Tabela 4 - Características dos municípios (cont.)

Coleta de RSU (SNIS, 2018)	100%	99,60%	99,30%	100%
Abastecimento de água (SNIS, 2018)	84,50%	94,10%	74,70%	75,20%
Coleta de esgoto (SNIS, 2018)	56,54%	74,60%	-	14,40%
Tratamento de esgoto (SNIS, 2018)	0%	5,56%	-	0%

O município A é o segundo mais populoso dos municípios em estudo. Seus índices IDH (0,751) e IFDM (0,7603) são os segundo maiores, enquanto o PIB (R\$ 21.059,58/hab.) é o segundo menor. Apesar dos indicadores socioeconômicos não se destacarem, o município A apresenta a melhor pontuação no ISLU (0,709), além de uma cobertura total de coleta de RSU, e segunda maior porcentagem de abastecimento de água (84,50%) e coleta de esgoto (56,45%). O município não possui Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), e portanto todo esgoto produzido é lançado diretamente em corpos hídricos. Os índices do município contrastam com o AS do município A, que teve pontuação de 4,3 no IQR,. O AS opera no mesmo local do antigo lixão da cidade desde 2012, e possui vida útil até 2028. Recebe cerca de 32 t/dia de RSU com coleta realizada por sete caminhões diariamente no município. Porém, a pesagem dos caminhões é feita semestralmente, não sendo possível saber com exatidão a quantidade recebida diariamente, considerando a sazonalidade e outras questões específicas. O AS já teve acidentes envolvendo animais em propriedades vizinhas devido a problemas em seu isolamento físico. Também há curso d'água em proximidade inferior a 200m do AS. O AS ainda apresentou problemas no recobrimento dos RSU, na proteção vegetal das camadas inferiores, na drenagem de águas pluviais, monitoramento geotécnico e de águas subterrâneas, na ocorrência de odores e presença de animais.

O município B é o maior dos avaliados pelo IQR. O município é um dos mais desenvolvidos e influentes no Território de Desenvolvimento Mata, possuindo o maior IDH (0,778) e IFDM (0,7954) dentre os municípios estudados e maior PIB (R\$ 28.355,07/hab.). Porém, é importante ressaltar que, apesar dos altos índices socioeconômicos, os indicadores de saneamento básico não acompanham os demais. O município B possui a segunda maior pontuação do ISLU (0,696) dentre os quatro municípios avaliados e a segunda menor cobertura de coleta de RSU (99,60%). Porém, destaca-se pelo maior índice de abastecimento de água (94,40%), coleta (74,60%) e tratamento de esgoto (5,56%), ainda que os mesmos estejam distantes do considerado ideal

para a universalização dos serviços, que é acima de 95%, segundo Plano Nacional do Saneamento Básico (BRASIL, 2007). O AS do município B recebe resíduos do próprio município, que representa 73,2% do total recebido, e de outros 15 municípios do Território Mata. O AS obteve pontuação final 9,8 e, portanto, possui boas condições de operação. Entretanto, verificou-se que o local está a uma proximidade inferior a 200m do curso d'água mais próximo, sendo o único item descontado em seu formulário, em desacordo com a ABNT NBR 15.849:2010.

O município C possui índices mais socioeconômicos mais baixos, como IFDM (0,7428) e IDH (0,726), que os outros comentados anteriormente, destacando-se, inclusive, o menor PIB (R\$ 19.468,36/hab.) dos quatro municípios. O município também possui o segundo menor ISLU (0,674), a menor cobertura de coleta de RSU (99,30%) e abastecimento de água (74,70%). Contudo, o AS do município C não apresentou nenhum item com problemas de operação, obtendo nota máximo no IQR. O AS recebe resíduos do próprio, representando 11,5% do total recebido, e de mais 53 municípios do Território. Com início das operações em 2015, o AS possui vida útil até 2035 e recebe uma média de 236 t/dia de RSU. É importante ressaltar que os AS dos municípios B e C são administrados por empresas privadas, recebendo, juntos, RSU de 63 municípios, cerca de 68% do total de 93 municípios do Território de Desenvolvimento Mata. Esse fato pode explicar a discrepância entre os índices do município C e o valor obtido no IQR.

O município D é o menor dos quatro municípios do estudo. O município tem o IDH (0,709) mais baixo dentre os quatro, e ainda não possui avaliação do IFDM, porém, vale destacar que o município possui segundo maior PIB (R\$ 26.962,77/hab.) dos quatro municípios. O ISLU (0,649) também é o menor em comparação, assim como a coleta de esgoto (14,4%). O município D não possui ETE, atende 100% de sua população em cobertura de RSU e possui a segunda menor porcentagem em abastecimento de água (75,20%). O AS do município D opera desde 2001, porém não possui licença de operação vigente. Recebe uma média de 26 t/dia de RSU, porém os caminhões são pesados semestralmente, não sabendo ao certo a quantidade recebida diariamente. Não é feita nenhuma cobrança à população para a operação do AS ou pelos serviços de coleta, que é realizada três vezes na semana por quatro caminhões no município. O AS também apresentou problemas no recobrimento dos RSU, na proteção vegetal, no tratamento do lixiviado, monitoramento geotécnico e de águas subterrâneas, na ocorrência de odores e presença de animais.

Os AS de A e D recebem RSU apenas dos próprios municípios e são administrados por suas respectivas prefeituras. Nenhum dos AS recebe resíduos industriais, e nenhum dos AS realiza triagem dos RSU com fins de reciclagem.

5.2. ANÁLISE EM PAINEL

Para a análise em painel, foi considerado o estado de Minas Gerais como um todo, não mais com a separação em Territórios de Desenvolvimento. Essa adequação foi necessária devido ao próprio modelo de análise, que necessita de uma maior quantidade de dados para melhor desempenho, uma vez que em alguns Territórios a quantidade de dados apresentaram-se insuficientes.

Na análise em painel, foram verificadas a modelagem entre variáveis independentes em função de uma variável dependente. Foram verificados nos modelos o fator de inflação de variância e a presença de variáveis omitidas, quando $\text{Prob}>F>0,05$, a uma confiança de 95% e significância de 5%. Os modelos de regressão também foram comparados a fim de verificar a adequabilidade em cada análise, entre os modelos de efeitos aleatórios ou efeitos fixos. Para análise, foram considerados os indicadores considerados econômicos e técnicos.

Na Figura 11 é mostrado o modelo que tem o índice de gestão fiscal IFGF como variável dependente e os indicadores de custo e receita arrecadada IN006 e IN011 como variáveis independentes. No modelo, há relação significativa entre IFGF e IN006 ($p < 0,05$), porém, essa relação é inversa, ou seja, quanto maior a despesa com o manejo de RSU, menor o IFGF. Entre os indicadores IFGF e IN011 não há relação significativa ($p = 0,203$). Considerando que a cobrança de tarifas no Brasil não está associada diretamente a uma ideia de equivalência, mas à existência de uma atividade desenvolvida em favor do contribuinte (RIBAS & PINHEIRO, 2018), é plausível que os indicadores não estejam relacionados de forma direta e significativa com o IFGF.

Figura 11 - Análise em painel em modelo de efeitos fixos da Equação (1)

ifgf	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
in006	-.0009513	.0003232	-2.94	0.005	-.0015982	-.0003044
in011	-.000637	.000495	-1.29	0.203	-.0016278	.0003538
_cons	.6484654	.0305785	21.21	0.000	.5872558	.709675
sigma_u	.19572909					
sigma_e	.10226972					
rho	.78553792 (fraction of variance due to u_i)					

Na Figura 12 é mostrado o modelo que tem o indicador IN011 como variável dependente e os indicadores IN006 e IN023 como variáveis independentes, sendo o último o custo unitário com a coleta de RSU. É possível notar que não há relação significativa entre ambos os indicadores ($p > 0,05$), IN006 IN023. As correlações são inversas entre os indicadores e, portanto, entre custos e receita, como esperado. Essa relação entre os indicadores são explicadas por meio da adoção de taxas, tarifas e outros preços públicos cobrados para a limpeza urbana e manejo de RSU como instrumentos essenciais à promoção de sustentabilidade ambiental, conforme ratificado pela Lei Federal 14.026 (BRASIL, 2020). As receitas garantem financiamento dos serviços de manejo de resíduos sólidos, ao liberar uma parte considerável dos recursos municipais, que anteriormente eram destinados ao financiamento deste serviço, para outras áreas de interesse público (RIBAS & PINHEIRO, 2018).

Figura 12 - Análise em painel da Equação (2)

in011	Robust		t	P> t	[95% Conf. Interval]	
	Coef.	Std. Err.				
in006	.0528274	.0532131	0.99	0.325	-.053544	.1591988
in023	.0190553	.0199075	0.96	0.342	-.0207392	.0588498
_cons	13.57129	3.343878	4.06	0.000	6.886971	20.25561
sigma_u	21.357634					
sigma_e	19.327125					
rho	.54978434 (fraction of variance due to u_i)					

Na Figura 13 é mostrado o modelo com variável dependente o indicador da taxa de recuperação de recicláveis IN031 e variáveis independentes o desenvolvimento municipal IFDM e a gestão fiscal do município IFGF. Os indicadores não apresentam correlação

significativa ($p > 0,05$). Considerando que em um planejamento municipal, cria-se um encadeamento de processo em lidar a gestão de resíduos como uma problemática pública, analisando as competências relativas à reciclagem de resíduos (SILVA et al., 2017), é razoável indicar que a taxa de recuperação de recicláveis tende a crescer com o desenvolvimento e gestão fiscal sustentável do município, fato evidenciado pela relação direta entre as variáveis independentes e dependente apresentada pelo modelo proposto.

Figura 13 - Análise em painel da Equação (3)

in031	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ifdm	18.40002	25.32489	0.73	0.469	-31.77316	68.5732
ifgf	12.07188	7.795516	1.55	0.124	-3.372443	27.5162
_cons	-10.75218	17.87125	-0.60	0.549	-46.15835	24.65398
sigma_u	10.29344					
sigma_e	8.1613491					
rho	.61400879	(fraction of variance due to u_i)				

Os resultados obtidos na análise em painel destacam, especialmente, os aspectos econômicos que permeiam o gerenciamento de RSU. Considerando que os Territórios que possuíram as melhores condições socioeconômicas, dispõem das maiores taxas de atendimento dos serviços de saneamento básico, conforme apresentado no tópico 5.1., é razoável dizer que o saneamento atua como um indicativo de desenvolvimento de um município, uma vez que o saneamento auxilia na compreensão de questões sociais e econômicas (NGUYEN-VIET *et al.*, 2009).

6. CONCLUSÃO

Foram analisados indicadores de gestão de RSU e de desenvolvimento socioeconômico dos municípios do estado de Minas Gerais, para melhor compreensão e avaliação do desenvolvimento da gestão de RSU nos 10 anos de PNRS. Em um primeiro momento, foram selecionados os municípios que possuíam ao menos um dado de cada indicador nos últimos 10 anos e, dessa forma, dos 17 Territórios de Desenvolvimento do estado de Minas Gerais, 8 foram selecionados para o estudo. Como primeiro passo do tratamento estatístico, foi realizada a análise descritiva, de forma a realizar um comparativo entre os indicadores a partir do valor das medianas. Nessa análise, foi possível perceber que algumas das características dos territórios presentes na literatura foram confirmados, como os indicadores socioeconômicos IFDM e IFGF e os valores de PIB e população em situação de pobreza.

Após isso, foram analisadas as séries temporais dos Territórios de Desenvolvimento para cada indicador. Nas séries temporais foi constatado o aumento do custo com manejo de RSU ao longo dos anos, sendo esse resultado razoável, uma vez que fatores como aumento do número de habitantes e aumento do interferem diretamente na quantidade de RSU produzidos. Porém, os indicadores de arrecadação e taxa de recuperação de recicláveis não acompanharam esse crescimento na maioria dos Territórios de Desenvolvimento. Esses resultados evidenciam a realidade do manejo de RSU administrado pelas prefeituras sem disporem de uma estrutura suficiente para a coleta e tratamento de resíduos.

Na análise em painel foram realizados modelos de regressão a partir dos indicadores econômicos (IFGF) de gestão (IFDM) e desempenho do gerenciamento de RSU (IN006, IN011, IN023 e IN031), considerando o estado de Minas Gerais como um todo. Os resultados obtidos mostram a associação entre os custos e receitas, e destes indicadores com a gestão fiscal do município, evidenciando a correlação entre os indicadores econômicos.

Especificamente sobre o IQR, a aplicação do indicador no Território de Desenvolvimento Mata permitiu constatar a discrepância da eficácia entre as administrações públicas e privadas dos aterros sanitários, complementando os resultados obtidos nos tratamentos estatísticos. Esse fato pode indicar, entre outros fatores, na dificuldade de prefeituras arcarem com o custo de operação de um AS, assim como de contar com uma equipe

qualificada para o mesmo. No caso dos AS sob administração privada, o valor obtido pelo indicador demonstra o alto nível de operação que esses locais são submetidos.

Conforme foi observado o caminho percorrido pelas regulamentações específicas de limpeza urbana e manejo de RSU, é notória a dificuldade por parte dos órgãos responsáveis, de compreender a complexa rede multiprofissional que este serviço está atrelado. O gerenciamento de RSU é uma ação de responsabilidade compartilhada. Dada a dificuldade da população em separar e acondicionar adequadamente seus resíduos e da prefeitura de coletar, transportar, tratar e dispor esses resíduos e rejeitos, ao mesmo tempo que órgãos federais vão de encontro a natureza das autarquias responsáveis pelas regulamentações da gestão de RSU, percebe-se uma divergência de ações, tornando o cenário de resíduos sólidos ainda crítico, com um futuro preocupante.

6.1. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros, a sugestão de tornar o IQR um índice de avaliação anual no estado de MG, com objetivo de criar de série histórica, facilitando assim acompanhamento das operações e infraestrutura dos AS, verificar possíveis progressos e fragilidades inerentes a tais equipamentos de disposição final ambientalmente adequada de RSU. Propõe-se também a criação de um novo índice, considerando os aspectos socioeconômicos, ambientais e de gerenciamento de RSU, a partir dos tratamentos estabelecidos, e/ou a adaptação de um índice já existente, contemplando as esferas da sustentabilidade dentro do gerenciamento de RSU, abrangendo as particularidades do estado. Por fim, destaca-se que o fato de o presente estudo ter sido conduzido, em sua grande parte, durante o período de pandemia do novo coronavírus, as visitas técnicas a AS ficaram restritas, sendo um ponto a ser explorado em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

- AGAMUTHU. P.; KHIDZIR. K.M.; FAUSIAH. S.H.; Drivers of sustainable waste management in Asia. **Waste Management and Research**. n. 27. p. 625-633. 2009.
- ALBERTIN. R. M.; MORAES. E.; ANGELIS NETO. G.; ANGELIS. B. L. D.; SCHMIDT. C. A. P.; Avaliação da disposição final de resíduos sólidos urbanos no município de Cianorte, Paraná. **Tecno-Lógica**. Santa Cruz do Sul. v. 15. n. 2. p. 53-61. 2011.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE CATADORES E CATADORAS DE MATERIAIS RECICLÁVEIS. **Anuário da reciclagem 2017-2018**. São Paulo. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2018/2018**. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8.419. **Apresentação de projetos de aterros sanitários e resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro. 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004:2004 Resíduos Sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro. 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.489:2010 Resíduos sólidos urbanos - Aterros sanitários de pequeno porte - Diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento**. Rio de Janeiro. 2010.
- BARROS. R.; SILVEIRA A.; Uso de indicadores de sustentabilidade para avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos na Região Metropolitana de Belo Horizonte. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.24. n.2. p. 411-423. Belo Horizonte. Março/abril. 2019.
- BARROS JÚNIOR. C.; TAVARES. C. R. G.; BARROS. S. T. D.; Diagnóstico sobre a disposição final dos resíduos sólidos urbanos da cidade de Maringá, Estado do Paraná, Brasil. **Acta Scientiarum Technology**. Maringá. v. 26. n. 2. p. 79-84. 2004.
- BONJARDIM. E. C.; PEREIRA. R. S.; GUARDABASSIO. E. V.; Análise bibliométrica das publicações em quatro eventos científicos sobre gestão de resíduos sólidos urbanos a

partir da Política Nacional de resíduos Sólidos – Lei nº 12.305/2010. **Desenvolvimento Meio Ambiente**. v. 46, p. 313-333. agosto. 2018.

BRASIL. **Lei nº 12.305, 02 de agosto de 2010**. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília. DF. 2010.

BRASIL. **Lei nº 14.026, 15 de julho de 2020**. Marco Legal do Saneamento Básico. Brasília. DF. 2020.

CALLAN. S. J.; THOMAS. J. M.; The impact of state and local policies on the recycling effort. **Eastern Economic Journal**. v. 23. n. 4. p. 411-423. 1997.

CARVALHO JUNIOR. F. H. **Estudos de indicadores de sustentabilidade e sua correlação com a geração de resíduos sólidos urbanos na cidade de Fortaleza – CE**, Tese (doutorado em Engenharia Civil), Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 4ª edição. São Paulo. 2018.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 404**. Brasília. 2008.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADOS DE SÃO PAULO. **Inventário estadual de resíduos urbanos 2018**. 2018.

CONTRERA. J. M. A. D.; ALMEIDA. F. S.; SANTOS. A. C.; ANDRADE. T. A. G.; Análise da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos nos Municípios do Estado do Rio de Janeiro e o Papel dos Aterros Sanitários na Diminuição dos Impactos Ambientais. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**. v. 41 n. 3. p. 178-185. 2018.

CUNHA. M. E. G.; SILVA. M. F.; Análise de instrumentos de gestão ambiental visando a melhoria contínua do Índice de Qualidade de Aterro de – IQR do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. n. 6. p. 9-13. abril. 2007.

FACHINE. R.; MORAES. L. R. S.; Matriz de indicadores de sustentabilidade de coleta seletiva com a utilização do método Delphi. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**. v. 10. n. 1. p. 22-35. 2015.

FAGUNDES. P.; CASTRO. S.; BORGES. J. P.; CASTRO. F.; CARVALHO. G.; Avaliação da qualidade do aterramento de resíduos sólidos urbanos: um retrato preliminar do gerenciamento em Minas Gerais – MG. **VI Congresso de Engenharia Civil**. maio 2019.

FARIA. F. S. **Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos Sólidos**. 2002. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2002.

FEITOSA. A. K.; BARDEN. J. E.; KONRAD. O.; MATOS. M. A. A.; Avaliação da gestão de resíduos sólidos urbanos em um município do Nordeste brasileiro. **Journal of Social, Technological and Environmental Science**. v.9. n.1. p. 293-315. Janeiro/abril. 2020.

FERNANDES. V.; MALHEIROS. T. F.; PHILIPPI JR. A.; SAMPAIO. C. A. C.; Metodologia de Avaliação Estratégica de Processo de Gestão Ambiental Municipal. **Saúde Soc**. v. 21. p.128 -143. São Paulo. 2012.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Panorama da destinação dos resíduos sólidos urbanos no estado de Minas Gerais em 2018**. Belo Horizonte, 2019.

GALLOPIN. G. C. Environmental and sustainability indicators and the concept of situational indicators. **A system approach. Environmental Modelling and Assessment**. n. 1, p. 101-117. 1996.

GANDELINI. L.; CAIXETA FILHO. J. V.; Otimização dos aterros sanitários. **Revista Economia contemporânea**. Rio de Janeiro. v. 11. n. 3. p. 509-523. setembro/dezembro. 2007.

GODOY. M. R. B. Dificuldades para aplicar a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil. **Caderno de Geografia**. v. 23. n. 39. 2013.

GUJARATI. D. N. PORTER. D. C. **Econometria Básica**. Quinta Edição. AMGH Editora Ltda. 2011.

HARDI. P. BARG. S. **Measuring sustainable development: review of current practice**. Winnipeg: IISD. 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO MUNICIPAL. **Manual Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**. 2001.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do saneamento**. 2020.

LAKHAN. C. Exploring the relationship between municipal promotion and education investments and recycling rate performance in Ontario. **Resources, Conservation and Recycling**. n. 92. p. 222-229. Canadá. 2014.

LIMA. J. R.; SANTOS. E. L. N.; MEDEIROS. J. P.; Saneamento e saúde pública: análise das relações entre indicadores no estado do Rio Grande do Norte. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**. São Paulo. v. 7. n. 2. p. 134-151. maio/agosto. 2017.

LIMA. P. G.; TAMARINDO. U. G. F.; FORTI. J. C.; BRAGA JUNIOR. S. S.; Avaliação de um aterro sanitário por meio do Índice de Qualidade de Resíduos Sólidos, **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v. 11(1), p. 88-106, 2017.

MARCHI. C. M. D. F. Novas perspectivas na gestão do saneamento: apresentação de um modelo de destinação final de resíduos sólidos urbanos. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**. v. 7. n. 1. p. 91-105. 2015.

MARTINS. W. A.; ARAÚJO. E. C. S.; SILVA. V. S.; Análise do ciclo de vida dos resíduos sólidos no município de Campina Grande-PB. **Revista Digital para Estudantes de Geografía y Ciencias Sociales**. v. 11. n. 125. p. 76-98. 2020.

MENDES. J. S.; BECK. C. G.; Desafios das administrações municipais na implementação da Política Nacional dos Resíduos Sólidos: o caso do Curimataú Paraibano. **Revista Principia**. n. 37. p. 42-52. 2017.

MENEZES. R. O.; CASTRO. S. R.; SILVA. J. B. G.; TEIXEIRA. G. P.; SILVA. M. A.; M. Análise estatística da caracterização gravimétrica de resíduos sólidos domiciliares: estudo de caso do município de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.24 n.2. p. 271-282. mar/abr. 2019.

MILANEZ, B. **Resíduos sólidos e sustentabilidade: princípios, indicadores e instrumentos de ação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos. 2002.

MINAS GERAIS. **Lei nº 18.031, 12 de janeiro de 2009**. Política Estadual de Resíduos Sólidos. Belo Horizonte/MG. 2009.

MOH. Y. C.; MANAF. L. A.; Overview of household solid waste recycling policy status and challenges in Malaysia. **Resources, Conservation and Recycling**. n. 82. p. 50-61. 2014.

MONTEIRO. A. A.; BEZERRA. J. P.; SILVA. J. L. A.; BARBOSA FILHO. C. M.; LEITE. J. M. B.; Análise da correlação entre os indicadores de geração de resíduos sólidos domiciliares e consumo de água tratada e energia elétrica no estado do Ceará. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais-IBEAS. **X Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental** Fortaleza/CE. 04 a 07/11/2019.

NGUYEN-VIET. H.; ZINSSTAG. J.; SCHERTENLEIB. R.; ZURBRUGG. C.; OBRIST. B.; MONTANGERO. A.; SURKINKUL. N.; KONE. D.; MOREL. A.; CISSE. G.; KOOTTATEP. T.; BONFOH. B. TANNER. M.; Improving Environmental Sanitation, Health, and Well-Being a Conceptual Framework for Integral Interventions. **EcoHealth**. v. 6, p.180-191, 2009.

OBRACZKA. M.; PINTO. S. O. M.; MARQUES. C. F.; OHNUMA JUNIOR. A. A.; Emprego de indicadores na avaliação do saneamento – Região Hidrográfica Médio Paraíba do Sul. **Revista Internacional de Ciências**. v. 09. n. 01. p. 3-21. janeiro/abril. 2019.

OLIVEIRA. E. G.; VALÉRIO FILHO. M.; MENDES. R. M.; Política Nacional de Resíduos Sólidos e sua gestão nos municípios do litoral Norte do estado São Paulo. **Revista Univap**. v. 25. n. 49. dezembro. 2019.

PEREIRA. C. D.; FRANCO. D.; CASTILHOS JR. A. B.; Implantação de Estação de Transferência de Resíduos Sólidos Urbanos utilizando Tecnologia SIG. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. n. 27. 2013.

PEREIRA. S. S.; CURI. R. C.; Aplicação do índice de qualidade de aterros de resíduos sólidos urbanos no Aterro Sanitário de Puxinanã/PB. **Sustentabilidade em Debate**. v. 8. n.1. p. 108-124. 2017.

PIRETE. L. M.; OLIVEIRA. B. F. F.; VASCONCELOS. M. G.; Avaliação da área de disposição final de resíduos sólidos urbanos no município de Araguari utilizando o Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos – IQR. **Revista Agrogeoambiental**. Edição Especial. n. 2. 2014.

POLAZ. C. N. M. **Indicadores de sustentabilidade para gestão de resíduos sólidos urbanos**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade de São Carlos. São Carlos. 2008.

PRADO FILHO. J. F.; SOBREIRA. F. G.; Desempenho operacional e ambiental de unidades de reciclagem e disposição final de resíduos sólidos domésticos financiados pelo ICMS ecológico de Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 2. n. 1. p. 52-61. 2007.

PUNA. J. F. B.; BAPTISTA. B. S.; A gestão integrada de resíduos sólidos urbanos – perspectiva ambiental e económico energética. **Química Nova**. n. 31. v. 3. p. 645-654. 2008.

RÉUS. L. ANDION. C. Gestão Municipal e Desenvolvimento Sustentável: Panorama dos Indicadores de Sustentabilidade nos Municípios Catarinenses. **Desenvolvimento em Questão**. v. 16. n. 45. 2018.

RIBAS. L. M.; PINHEIRO. H.; Taxa de resíduos sólidos como instrumento para promoção do direito fundamental ao meio ambiente equilibrado. **Revista Direito Economia Socioambiental**. v. 10. n. 2. p. 233-260. 2019.

RIBEIRO. H.; BUQUE. L.; Legislação e quadro legal da gestão de resíduos sólidos urbanos em Moçambique. **Revista de Direito Sanitário**. v. 14. n. 3. p. 132-147. São Paulo. nov. 2013/ fev. 2014.

RIBEIRO. J. C.; HELLER. L.; Indicadores Ambientais para países em desenvolvimento. (s.d.). Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/junque.pdf>. Acesso em 01 jul. 2019.

ROSSETO. A. M.; ORTH. D. M.; ROSSETTO. C. R.; Gestão ambiental integrada ao desenvolvimento sustentável: um estudo de caso em Passo Fundo (RS). **Revista de Administração Pública**. n. 40. v. 5. 2006.

SABEDOT. S.; PEREIRA NETO. T. J.; Desempenho ambiental dos catadores de materiais recicláveis em Esteio (RS). **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 22. n.1. p. 103-109. 2017.

SALIMENA. T.; PANTOJO. F.; DIAS. E.; CASTRO. S.; Evolução do saneamento básico no Brasil: uma análise crítica dos serviços de resíduos sólidos com base na experiência do SNIS. **Revista de Engenharia da Universidade Católica de Petrópolis**. v. 13. n. 1. 2019.

SANTIAGO. L. S.; DIAS. S. M. F.; Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.17. n.2. p. 203-212. Abril/junho. 2012.

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DE MINAS GERAIS (SEPLAG). **Plano mineiro de desenvolvimento integrado 2016-2027**. Perfis territoriais. Volume 3. 2015.

SILVA. C.; SCHOENHALS. S. M.; CORNELI. V. M.; Aplicação do Índice de Qualidade de Aterros de Resíduos da CETESB na área de disposição de resíduos sólidos urbanos de Peabirú – PR. Acessado em 15 de junho de 2019.

SILVA. C. L.; BIERNASKI. I.; Políticas públicas de resíduos sólidos urbanos: uma análise de três metrópoles brasileiras. **Revista Direito Empresarial**. n.12. p.11-33. 2015.

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**. n. 9. v. 2. p. 276-292. 2017.

SILVA. C. L.; FUGII. G. M.; SANTOYO. A. H.; BASSI. N. S.; VASCONCELOS. M. C.; Gestão de resíduos sólidos urbanos em capitais brasileiras – Alternativas para um modelo de gestão. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**. n. 33. 2014.

SILVA. R. C.; DONAIRE. D.; A gestão de resíduos sólidos urbanos: um estudo de caso na prefeitura de São Paulo. **Revista Administração e Diálogo**. v. 9. n. 1. p. 121-143. 2007.

SIQUEIRA. I. M.; REIS. A. O.; FRAGA. M. S.; FERREIRA. E. P.; AMARAL. N. L.; Eficiência na alocação de recursos em saneamento básico: correlações com saúde, educação, renda e urbanização nos municípios mineiros. **Contabilometria - Brazilian Journal of Quantitative Methods Applied to Accounting**. v. 5. n. 1. p. 1-16. 2018.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **17º Diagnóstico do manejo de Resíduos Sólidos Urbanos 2018**. Brasília. 2019.

SOARES. L. S.; MADUREIRA. A. S.; Cenários que desafiam a implementação emergencial da Política Nacional de Resíduos Sólidos: uma questão ambiental e de saúde. **Revista de Direito e Sustentabilidade**. v. 4. n. 2. p. 74–89. 2018.

SOBRAL. M. F. F.; SOBRAL. A. I. G. P.; Casos de dengue e coleta de lixo urbano: um estudo na Cidade do Recife, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**. v. 24. n. 3. p. 1075-1082. 2019.

SOUTO. V. S. A.; LOPES. R. L.; Indicadores de gestão de resíduos sólidos e sua observância obrigatória para o estado do Rio Grande do Norte - Brasil. **Holos**. n. 35. v.8. 2019.

STATA 12. Disponível em: <http://www.stata.com>. Acesso em: 15 de janeiro de 2021.

TACHIZAWA. T.; POZO. H.; Modelo de planejamento socioambiental alicerçado em base de dados de indicadores de sustentabilidade no contexto do desenvolvimento local. **Revista de Turismo y Patrimonio Cultural**. v. 12. n. 4. p. 791-805. 2014.

TEIXEIRA. J. C.; GOMES. M. R.; SOUZA. J. A.; Associação entre cobertura por serviços de saneamento e indicadores epidemiológicos nos países da América Latina: estudo com dados secundários. **Revista Panamericana Salud Publica**. v. 32. n. 6. p. 419-25. 2012.

TEIXEIRA J. C.; GUILHERMINO. R. L.; Análise da associação entre saneamento e saúde nos estados brasileiros, empregando dados secundários do naco de dados Indicadores e Dados Básicos para a Saúde – IDB 2003. **Revista Engenharia Ambiental e Sanitária**. v.11. n. 3. p. 277-282. 2006.

THIMÓTEO. A. C. A.; GARCEZ. M. P.; HOURNEAUX JUNIOR. F.; O uso e a importância dos indicadores de sustentabilidade nas organizações – estudos de casos em empresas de energia elétrica. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. v. 4, n. 3. 2015.

THOMAS. B.; MCDOUGALL. F.; International expert group on life cycle assessment for integrated waste management. **Journal of Cleaner Production**. n. 13. v. 3. p. 321-326. 2005.

TOSTES. J. A.; FERREIRA. J. F. C.; Indicadores de sustentabilidade para aferir impactos ambientais e urbanos em Macapá e Santana, cidades médias da Amazônia. **Revista Política e Planejamento Regional**. v. 2. n. 1. p. 91-110. 2015.

ZAROS. L. G.; MEDEIROS. H. R.; **Bioestatística**. 2ª edição. Natal/RN. 2011.

ZUEBRÜGG. C. Urban solid waste management in low-income countries of Asia how to cope with the garbage crisis. In Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). **Urban Solid Waste Management Review Session**. p. 1-13. Durban. South Africa. 2003.

APÊNDICE A – Análise descritiva

Tabela A 1 - Análise Descritiva Território de Desenvolvimento Mata

Território de Desenvolvimento Mata							
	IFDM	IFGF	ISLU	IN006	IN011	IN016	IN031
Média	0,7150	0,4120	0,6626	106,5079	21,6562	97,3306	13,3842
Mediana	0,7024	0,3666	0,6680	96,6500	8,4050	100,0000	4,9700
Modo	-	-	0,7090	-	-	100	33,330
Desvio padrão	0,0718	0,2324	0,0477	86,5845	29,1388	11,2457	248,4161
Mínimo	0,5508	0,0096	0,5440	12,2300	0,0500	21,4800	0,0300
Máximo	0,8476	0,9054	0,7740	488,2800	103,3000	100,0000	58,2500
N	102,0000	77,0000	39,0000	80,0000	76,0000	104,0000	69,0000
Aderência a dist. Normal	Não (p=0,0650)	Não (p=0,0075)	Sim (p=0,2294)	Não (p=0,0000)	Não (p=0,0000)	Não (p=0,0000)	Não (p=0,0000)

Tabela A 2 - Análise descritiva Território de Desenvolvimento Metropolitanano

Território de Desenvolvimento Metropolitanano							
	IFDM	IFGF	ISLU	IN006	IN011	IN016	IN031
Média	0.7441	0.5693	0.6741	81.7137	51.3917	97.3661	4.8534
Mediana	0.7452	0.5910	0.6815	73.5100	14.1200	100.0000	1.9600
Modo	-	0.6184	0.7100	68.91	-	100	13.33
Desvio padrão	0.0048	0.1708	0.0345	45.7167	299.6283	11.7018	9.0810
Mínimo	0.6097	0.1246	0.5510	2.0500	0.1100	0.1000	0.0400
Máximo	0.8801	0.9076	0.7210	226.9200	3138.7500	100.0000	66.6700
N	142.0000	104.0000	56.0000	125.0000	109.0000	150.0000	102.0000
Aderência a dist. Normal	Não (p=0,0000)	Sim (p=0,1747)	Não (p=0,0005)	Não (p=0,0000)	Não (p=0,0000)	Não (p=0,0000)	Não (p=0,0000)

Tabela A 3 - Análise descritiva Território de Desenvolvimento Triângulo Sul

Território de Desenvolvimento Triângulo Sul							
	IFDM	IFGF	ISLU	IN006	IN011	IN016	IN031
Média	0.7528	0.5941	0.6688	83.2813	32.1348	99.6868	8.0192
Mediana	0.7579	0.6060	0.6780	80.7950	25.3300	100.0000	6.0800
Modo	-	0.5412	-	-	6.33	100	29.75
Desvio padrão	0.0570	0.1542	0.0745	41.4951	28.9325	1.0297	9.5614
Mínimo	0.6229	0.2411	0.4240	25.3300	2.9000	95.2600	0.0700
Máximo	0.8485	0.8589	0.7350	185.2300	79.5000	100.0000	29.7500
N	39.0000	30.0000	16.0000	30.0000	21.0000	40.0000	25.0000
Aderência a dist. Normal	Sim (p=0,234)	Sim (p=0,4875)	Não (p=0,0003)	Não (p=0,0199)	Não (p=0,0031)	Não (p=0,0000)	Não (p=0,0001)

Tabela A 4 - Análise descritiva Território de Desenvolvimento Vertentes

Território de Desenvolvimento Vertentes							
	IFDM	IFGF	ISLU	IN006	IN011	IN016	IN031
Média	0,7226	0,4195	0,6764	70,5551	8,7240	99,1542	8,2100
Mediana	0,7244	0,4163	0,6745	42,0000	8,1700	100,0000	4,4000
Modo	-	#N/D	0,6610	-	1,11	100	2,73
Desvio padrão	0,0581	0,1202	0,0332	61,4421	9,2639	1,9643	8,2931
Mínimo	0,5593	0,0943	0,6080	12,2500	0,3100	90,8100	0,2100
Máximo	0,8755	0,6206	0,7390	271,8500	40,6900	100,0000	30,7100
N	47,0000	34,0000	16,0000	35,0000	25,0000	45,0000	37,0000
Aderência a dist. Normal	Sim (p=0,4601)	Sim (p=0,2082)	Sim (p=0,8156)	Não (p=0,0001)	Não (p=0,0001)	Não (p=0,0000)	Não (p=0,0000)

Tabela A 5 - Análise descritiva Território de Desenvolvimento Triângulo Norte

Território de Desenvolvimento Triângulo Norte							
	IFDM	IFGF	ISLU	IN006	IN011	IN016	IN031
Média	0,7506	0,6147	0,6190	61,3714	75,4800	99,4989	4,4580
Mediana	0,7522	0,5847	0,6105	60,2100	75,4800	100,0000	3,5000
Modo	-	-	-	-	-	100	-
Desvio padrão	0,0277	0,0770	0,0415	21,5196	-	1,0601	6,0815
Mínimo	0,7119	0,5470	0,5840	29,1900	75,4800	97,0100	0,0900
Máximo	0,7828	0,7372	0,6710	96,4300	75,4800	100,0000	14,8800
N	7,0000	6,0000	4,0000	7,0000	1,0000	9,0000	5,0000
Aderência a dist. Normal	Sim (p=0,3912)	Sim (p=0,1554)	Sim (p=0,3507)	Sim (p=0,9407)	-	Não (p=0,0000)	Não (p=0,0473)

Tabela A 6 - Análise descritiva Território de Desenvolvimento Sul

Território de Desenvolvimento Sul							
	IFDM	IFGF	ISLU	IN006	IN011	IN016	IN031
Média	0,7476	0,5229	0,6778	64,0526	27,3520	97,9492	10,2476
Mediana	0,7380	0,5385	0,6770	60,8400	7,3400	100,0000	7,3450
Modo	-	0,5381	0,6790	23,94	17,56	100	10
Desvio padrão	0,0643	0,1855	0,0396	33,5326	154,9756	10,8955	10,9690
Mínimo	0,5862	0,0672	0,5870	7,3500	0,2100	17,6800	0,0600
Máximo	0,8704	0,8510	0,8240	167,3100	1643,5400	100,0000	74,2900
N	151,0000	114,0000	51,0000	121,0000	112,0000	156,0000	124,0000
Aderência a dist. Normal	Não (p=0,0005)	Não (p=0,0053)	Não (p=0,0173)	Não (p=0,0032)	Não (p=0,0000)	Não (p=0,0000)	Não (p=0,0000)

Tabela A 7 - Análise descritiva Território de Desenvolvimento Caparaó

Território de Desenvolvimento Caparaó							
	IFDM	IFGF	ISLU	IN006	IN011	IN016	IN031
Média	0,7584	0,6724	0,6850	112,0521	34,6207	99,9750	10,6018
Mediana	0,7741	0,7556	0,6720	81,2100	34,7100	100,0000	10,0000
Modo	-	-	0,6720	-	-	100	20
Desvio padrão	0,0481	0,1753	0,0231	67,4276	32,9066	0,1061	10,3419
Mínimo	0,6817	0,3964	0,6710	41,5700	1,0300	99,5500	1,9100
Máximo	0,8227	0,8504	0,7250	232,8100	95,2800	100,0000	43,3300
N	15,0000	11,0000	5,0000	14,0000	15,0000	18,0000	17,0000
Aderência a dist. Normal	Sim (p=0,1267)	Não (p=0,011)	Não (p=0,0133)	Não (p=0,0108)	Não (p=0,0410)	Não (p=0,0000)	Não (p=0,0011)

Tabela A 8 - Análise descritiva Território de Desenvolvimento Noroeste

Território de Desenvolvimento Noroeste							
	IFDM	IFGF	ISLU	IN006	IN011	IN016	IN031
Média	0,7418	0,5878	0,6727	62,4136	6,9840	98,9213	16,1982
Mediana	0,7525	0,6407	0,6725	69,3400	6,5500	100,0000	19,2800
Modo	-	-	-	-	-	100	6,46
Desvio padrão	0,0390	0,1865	0,0417	24,5410	3,6037	4,0599	11,0186
Mínimo	0,6311	0,3127	0,6220	25,9100	1,6700	83,7100	3,2700
Máximo	0,7948	0,8581	0,7300	105,5000	12,1800	100,0000	34,6100
N	15,0000	12,0000	6,0000	11,0000	10,0000	16,0000	11,0000
Aderência a dist. Normal	Não (p=0,0313)	Sim (p=0,3534)	Sim (p=0,6956)	Sim (p=0,7803)	Sim (p=0,5254)	Não (p=0,0000)	Sim (p=0,1240)

APÊNDICE B – Série Temporal

Figura B 1 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Caparaó - Indicador IN006

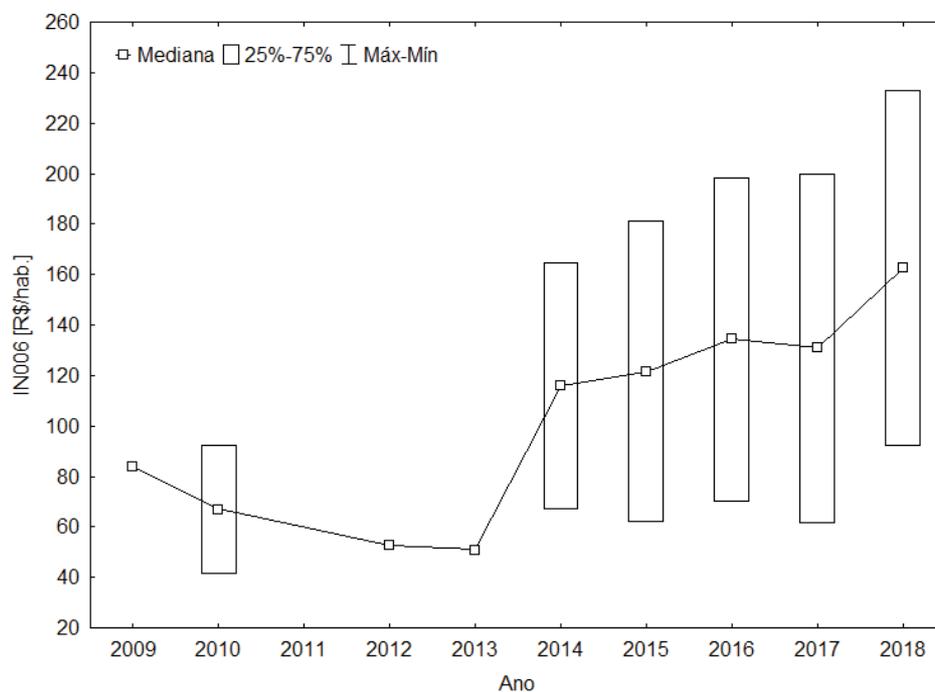


Figura B 2 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Caparaó - Indicador IN011

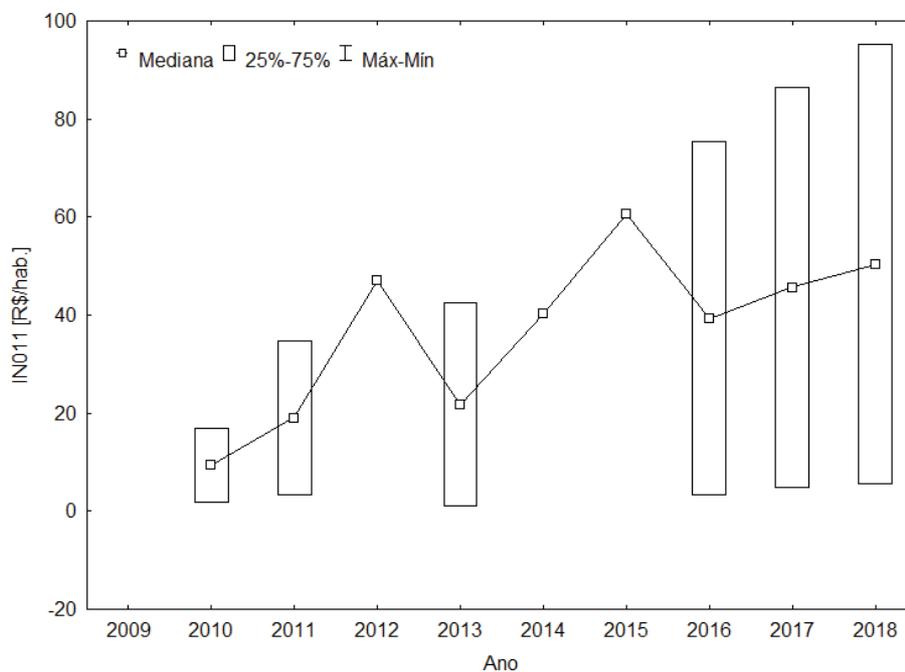


Figura B 3 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Caparaó - Indicador IN031

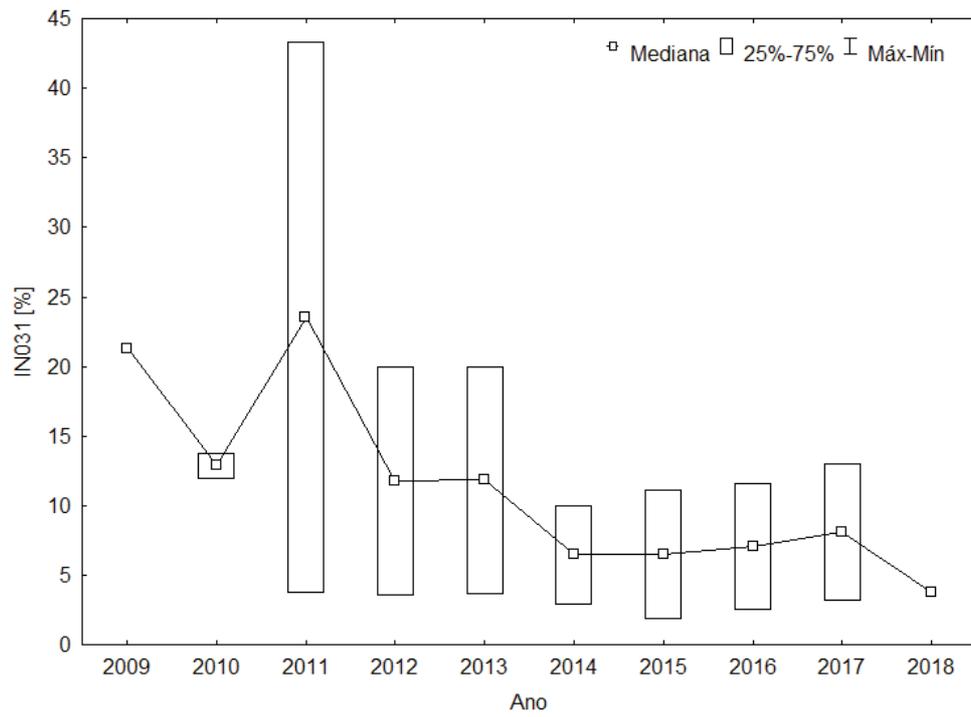


Figura B 4 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Metropolitano - Indicador IN006

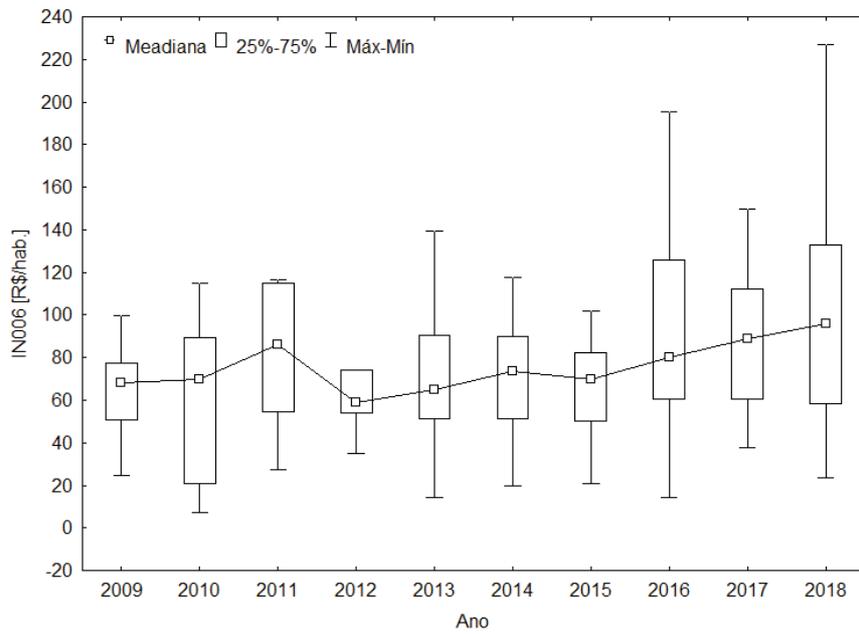


Figura B 5 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Metropolitano - Indicador IN011

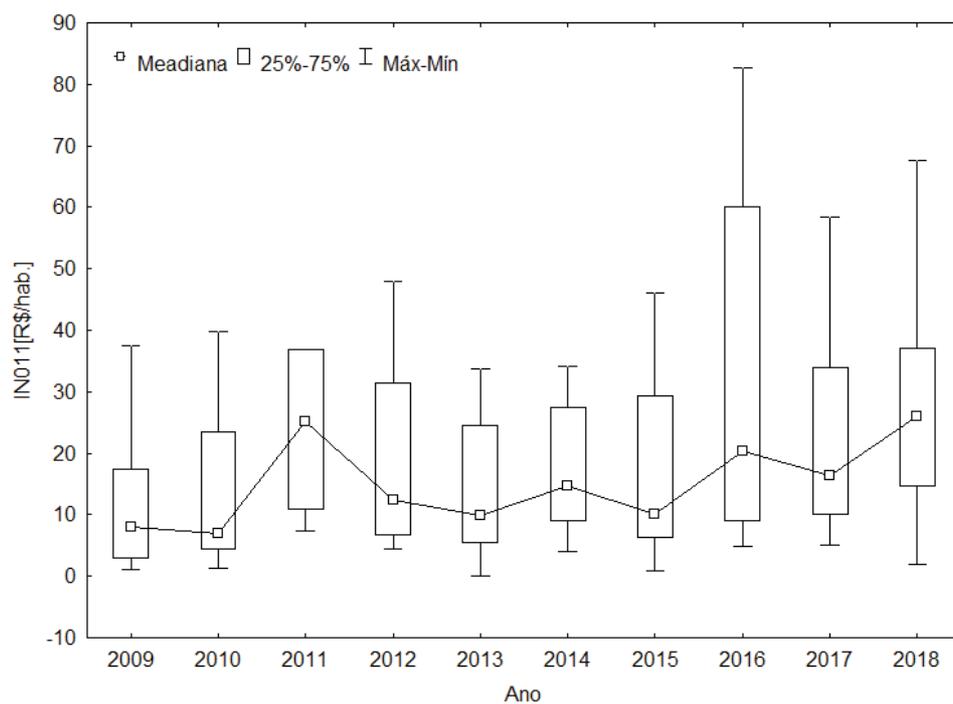


Figura B 6 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Metropolitano - Indicador IN031

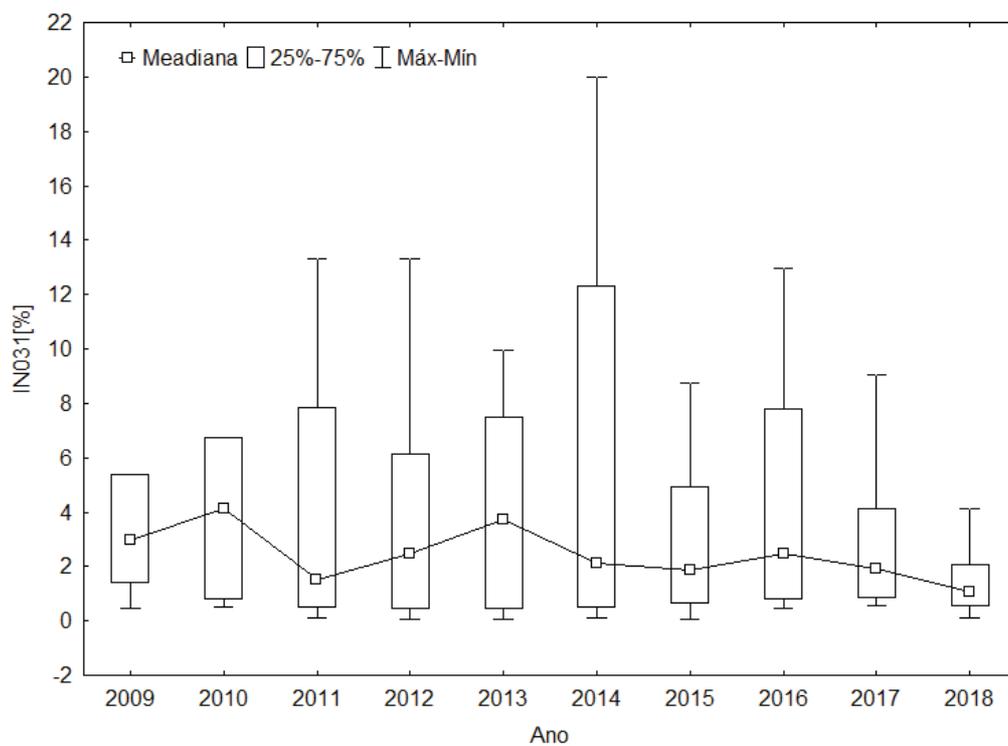


Figura B 7 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Noroeste - Indicador IN006

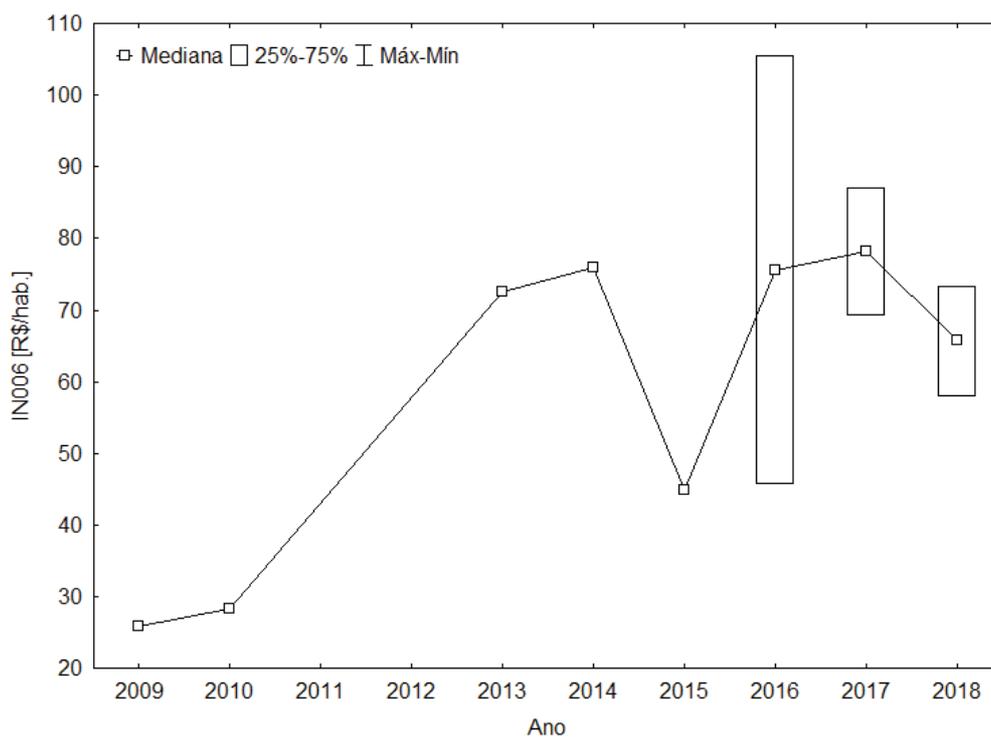


Figura B 8 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Noroeste - Indicador IN011

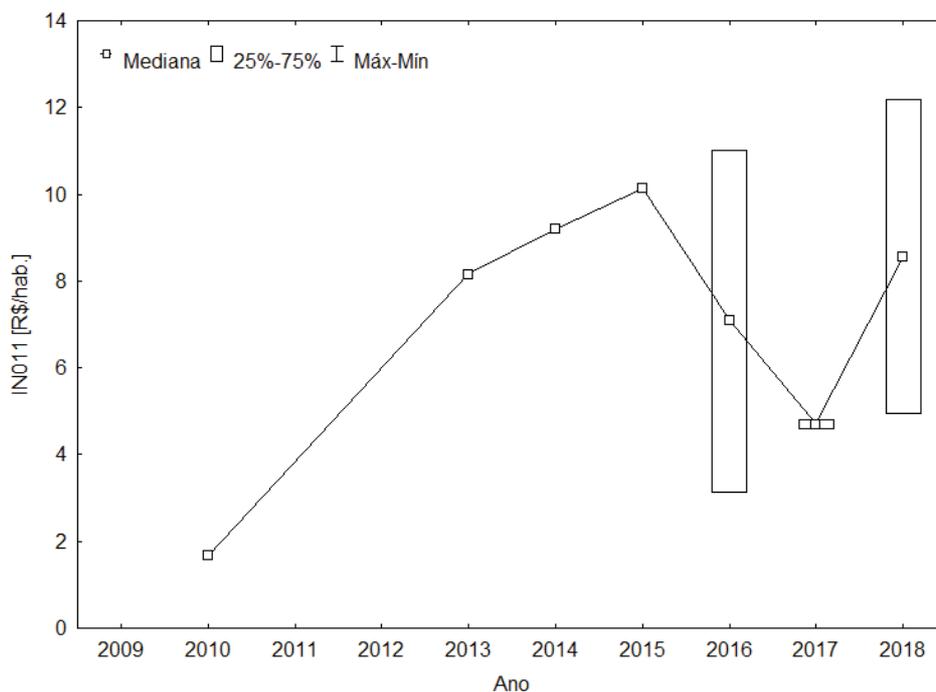


Figura B 12 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Noroeste - Indicador IN031

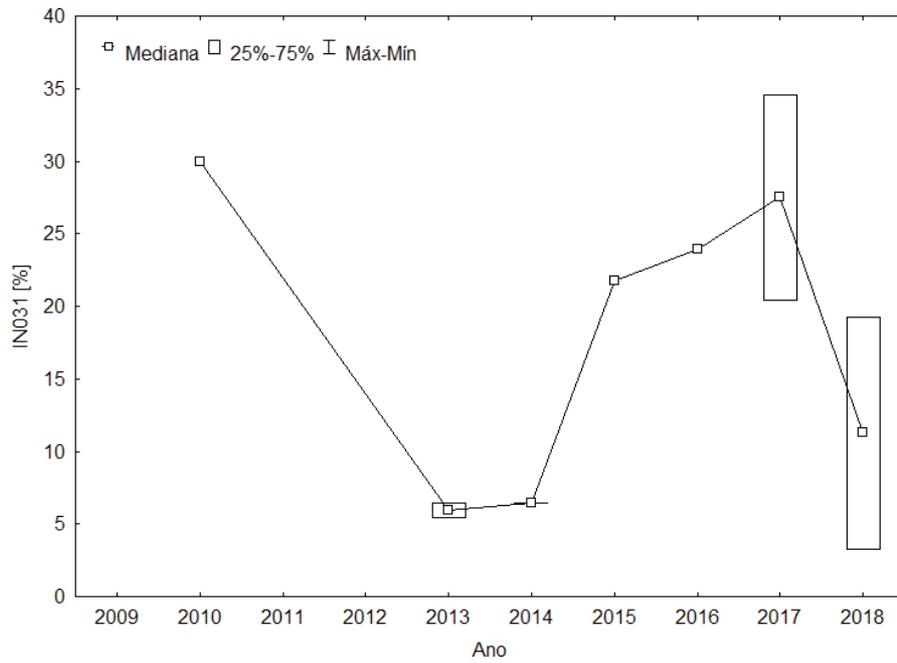


Figura B 13 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Sul - Indicador IN006

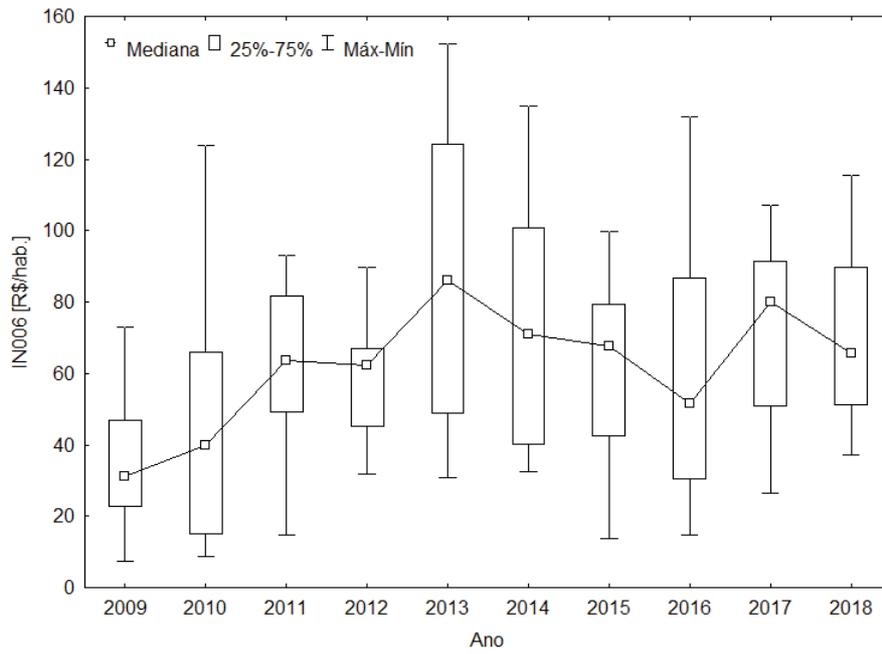


Figura B 14 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Sul - Indicador IN011

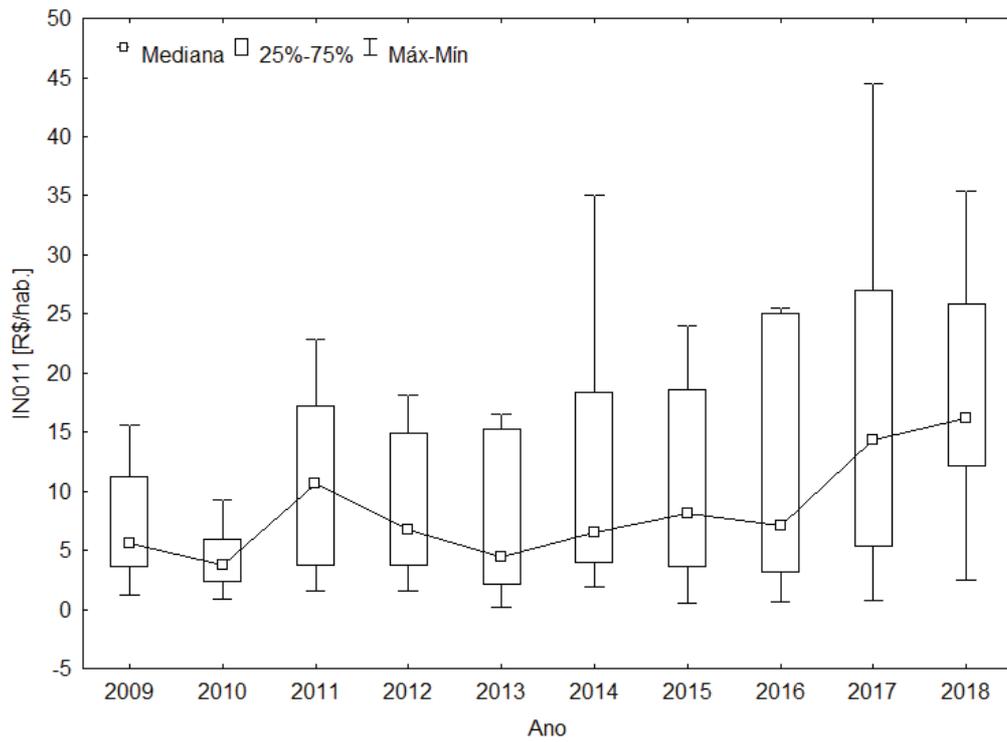


Figura B 16 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Sul - Indicador IN031

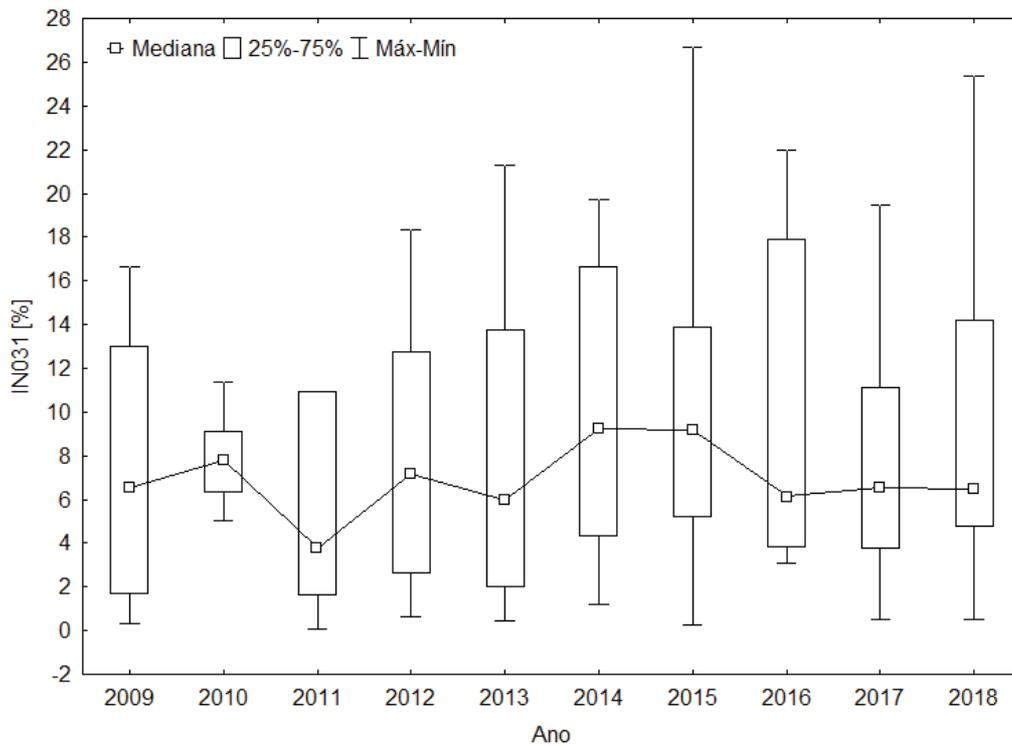


Figura B 19 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Triângulo Sul - Indicador IN006

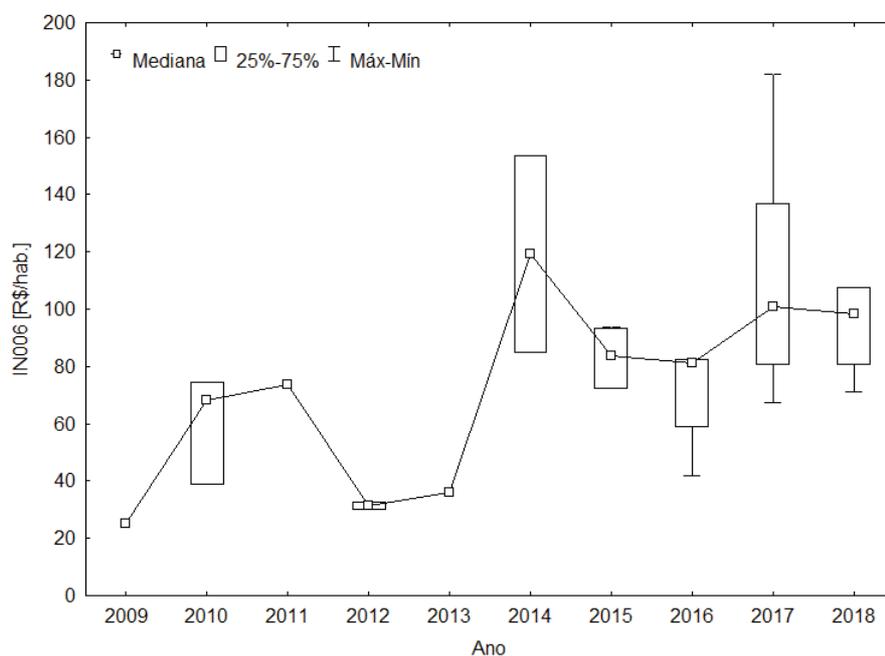


Figura B 20 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Triângulo Sul - Indicador IN011

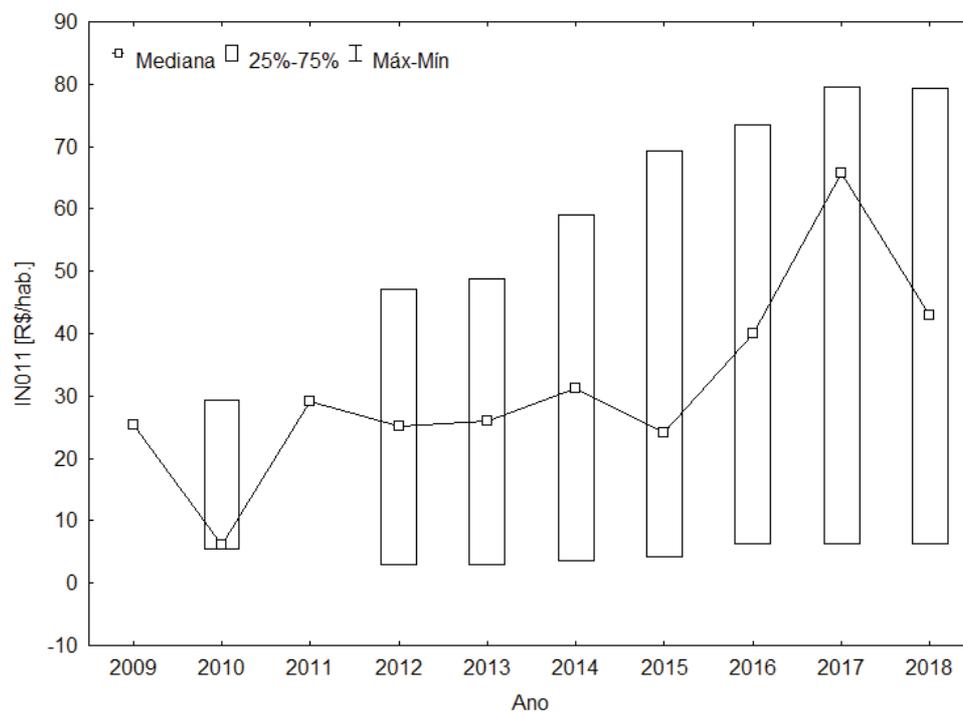


Figura B 21 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Triângulo Sul - Indicador IN031

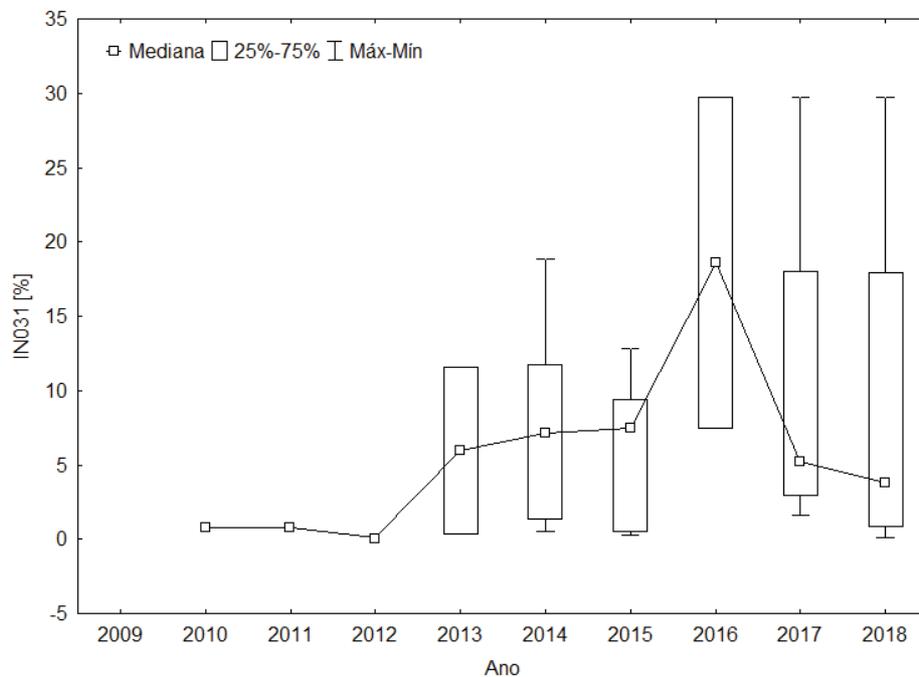


Figura B 22 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Vertentes - Indicador IN006

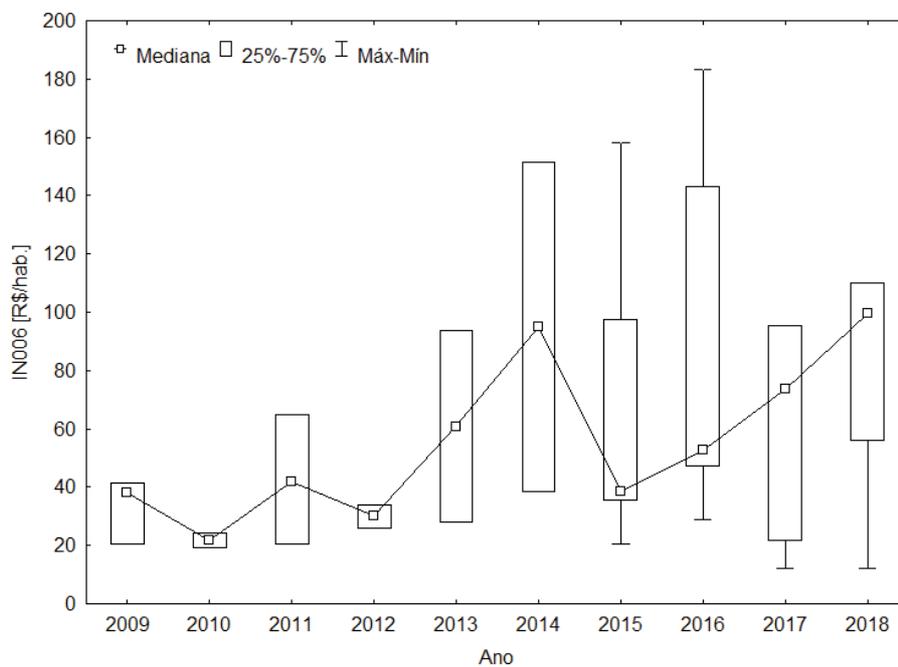


Figura B 23 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Vertentes - Indicador IN011

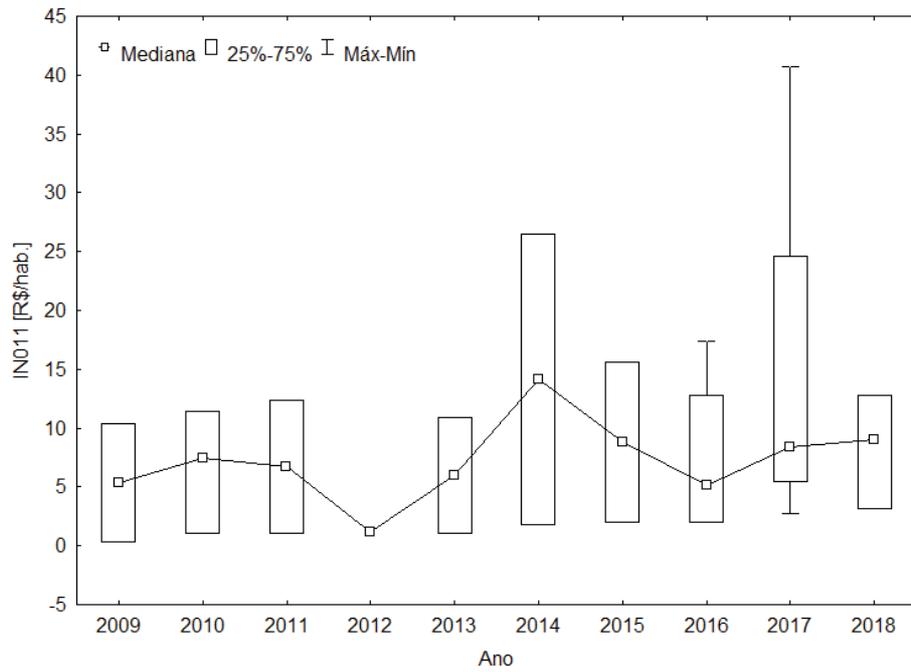
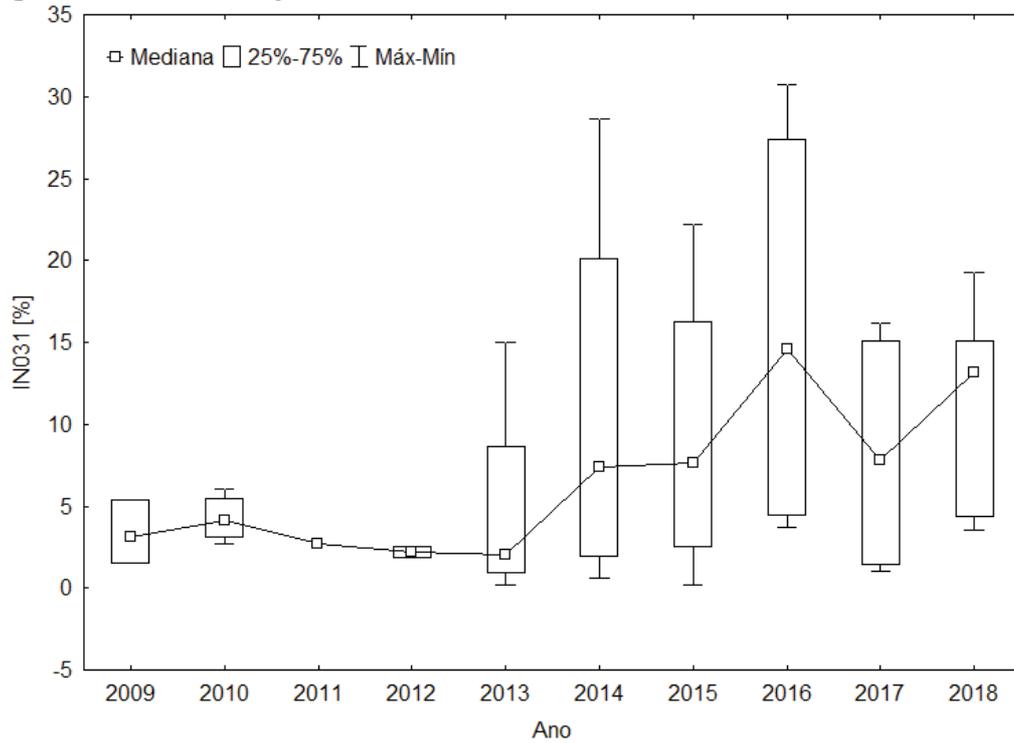


Figura B 25 - Série Temporal Território de Desenvolvimento Vertentes - Indicador IN031



APÊNDICE C – Matriz de Comparação Múltipla

Figura C 1 - Teste de Kruskal-Wallis para o indicador IFDM

Multiple Comparisons z' values; IFDM (Dados por indicador para todos T.D.sta)								
Independent (grouping) variable: T.D.								
Kruskal-Wallis test: H (7, N= 526) =20,35075 p =,0049								
Depend.: IFDM	Mata R:212,72	Metropolitano R:274,65	Triângulo Sul R:293,57	Vertentes R:229,65	Triângulo Norte R:296,88	Sul R:282,76	Caparaó R:305,19	Noroeste R:275,75
Mata		3,153014	2,855540	0,637284	1,508629	3,611088	2,264092	1,543319
Metropolitano	3,153014		0,696134	1,775090	0,402487	0,458187	0,762167	0,027446
Triângulo Sul	2,855540	0,696134		1,964720	0,056061	0,400307	0,258294	0,396477
Vertentes	0,637284	1,775090	1,964720		1,158302	2,110844	1,721748	1,050808
Triângulo Norte	1,508629	0,402487	0,056061	1,158302		0,255966	0,126306	0,320988
Sul	3,611088	0,458187	0,400307	2,110844	0,255966		0,561357	0,175563
Caparaó	2,264092	0,762167	0,258294	1,721748	0,126306	0,561357		0,547821
Noroeste	1,543319	0,027446	0,396477	1,050808	0,320988	0,175563	0,547821	

Figura C 2 - Teste de Kruskal-Wallis para o indicador IFGF

Multiple Comparisons z' values; IFGF (Dados por indicador para todos T.D.sta)								
Independent (grouping) variable: T.D.								
Kruskal-Wallis test: H (7, N= 388) =50,89458 p =,0000								
Depend.: IFGF	Mata R:140,10	Metropolitano R:222,71	Triângulo Sul R:238,30	Vertentes R:130,19	Triângulo Norte R:252,67	Sul R:197,07	Caparaó R:285,09	Noroeste R:235,33
Mata		4,899500	4,068525	0,428975	2,368109	3,443618	4,010965	2,736162
Metropolitano	4,899500		0,670907	4,175719	0,636263	1,686067	1,754440	0,369288
Triângulo Sul	4,068525	0,670907		3,848320	0,286445	1,791800	1,183659	0,077445
Vertentes	0,428975	4,175719	3,848320		2,466234	3,051562	3,981807	2,792081
Triângulo Norte	2,368109	0,636263	0,286445	2,466234		1,183638	0,569662	0,309109
Sul	3,443618	1,686067	1,791800	3,051562	1,183638		2,485996	1,124316
Caparaó	4,010965	1,754440	1,183659	3,981807	0,569662	2,485996		1,062875
Noroeste	2,736162	0,369288	0,077445	2,792081	0,309109	1,124316	1,062875	

Figura C 3 - Teste de Kruskal-Wallis para o indicador IN006

Multiple Comparisons z' values; IN006 (Dados por indicador para todos T.D.sta)								
Independent (grouping) variable: T.D.								
Kruskal-Wallis test: H (7, N= 427) =33,39302 p =,0000								
Depend.: IN006	Mata R:261,01	Metropolitano R:225,03	Triângulo Sul R:233,83	Vertentes R:169,99	Triângulo Norte R:174,00	Sul R:177,68	Caparaó R:270,80	Noroeste R:178,18
Mata		2,047226	1,030458	3,646455	1,789723	4,711072	0,282154	2,088768
Metropolitano	2,047226		0,351075	2,334464	1,064887	3,020574	1,357815	1,207494
Triângulo Sul	1,030458	0,351075		2,079397	1,155066	2,232620	0,947251	1,279372
Vertentes	3,646455	2,334464	2,079397		0,078564	0,325340	2,647107	0,192138
Triângulo Norte	1,789723	1,064887	1,155066	0,078564		0,076817	1,713616	0,070086
Sul	4,711072	3,020574	2,232620	0,325340	0,076817		2,757671	0,012803
Caparaó	0,282154	1,357815	0,947251	2,647107	1,713616	2,757671		1,890629
Noroeste	2,088768	1,207494	1,279372	0,192138	0,070086	0,012803	1,890629	

Figura C 4 - Teste de Kruskal-Wallis para o indicador IN011

Multiple Comparisons z' values; IN011 (Dados por indicador para todos T.D.sta)								
Independent (grouping) variable: T.D.								
Kruskal-Wallis test: H (7, N= 372) =32,24161 p =,0000								
Depend.: IN011	Mata R:165,72	Metropolitano R:219,65	Triângulo Sul R:232,81	Vertentes R:136,56	Triângulo Norte R:350,00	Sul R:167,99	Caparaó R:227,37	Noroeste R:140,95
Mata		3,375564	2,534290	1,178092	1,702704	0,142601	2,031262	0,685315
Metropolitano	3,375564		0,513719	3,487681	1,206689	3,587303	0,260571	2,216003
Triângulo Sul	2,534290	0,513719		3,023877	1,064769	2,536816	0,149725	2,223401
Vertentes	1,178092	3,487681	3,023877		1,946363	1,322311	2,585640	0,109110
Triângulo Norte	1,702704	1,206689	1,064769	1,946363		1,685212	1,104228	1,853611
Sul	0,142601	3,587303	2,536816	1,322311	1,685212		2,009483	0,762089
Caparaó	2,031262	0,260571	0,149725	2,585640	1,104228	2,009483		1,968511
Noroeste	0,685315	2,216003	2,223401	0,109110	1,853611	0,762089	1,968511	

Figura C 5 - Teste de Kruskal-Wallis para o indicador IN016

Multiple Comparisons z' values; IN016 (Dados por indicador para todos T.D.sta)								
Independent (grouping) variable: T.D.								
Kruskal-Wallis test: H (7, N= 543) =26,70250 p =,0004								
Depend.: IN016	Mata R:269,22	Metropolitano R:238,15	Triângulo Sul R:299,66	Vertentes R:259,64	Triângulo Norte R:271,67	Sul R:295,74	Caparaó R:320,05	Noroeste R:283,75
Mata		1,558535	1,053345	0,342676	0,044828	1,340372	1,299457	0,344989
Metropolitano	1,558535		2,226076	0,806561	0,622546	3,219965	2,144458	1,105412
Triângulo Sul	1,053345	2,226076		1,181281	0,484676	0,142562	0,468370	0,343982
Vertentes	0,342676	0,806561	1,181281		0,209849	1,360421	1,407279	0,527849
Triângulo Norte	0,044828	0,622546	0,484676	0,209849		0,447576	0,762131	0,184837
Sul	1,340372	3,219965	0,142562	1,360421	0,447576		0,638074	0,291099
Caparaó	1,299457	2,144458	0,468370	1,407279	0,762131	0,638074		0,681918
Noroeste	0,344989	1,105412	0,343982	0,527849	0,184837	0,291099	0,681918	

Figura C 6 - Teste de Kruskal-Wallis para o indicador IN031

Multiple Comparisons z' values; IN031 (Dados por indicador para todos T.D.sta)								
Independent (grouping) variable: T.D.								
Kruskal-Wallis test: H (7, N= 393) =49,58111 p =,0000								
Depend.: IN031	Mata R:209,03	Metropolitano R:138,36	Triângulo Sul R:180,40	Vertentes R:202,03	Triângulo Norte R:130,40	Sul R:228,30	Caparaó R:240,31	Noroeste R:288,77
Mata		4,008397	1,081691	0,303248	1,495306	1,136441	1,041874	2,164452
Metropolitano	4,008397		1,658439	2,920580	0,152945	5,934057	3,510504	4,172480
Triângulo Sul	1,081691	1,658439		0,735391	0,898485	1,924692	1,706025	2,636825
Vertentes	0,303248	2,920580	0,735391		1,323379	1,235816	1,172620	2,223672
Triângulo Norte	1,495306	0,152945	0,898485	1,323379		1,889719	1,913918	2,584925
Sul	1,136441	5,934057	1,924692	1,235816	1,889719		0,419229	1,692730
Caparaó	1,041874	3,510504	1,706025	1,172620	1,913918	0,419229		1,114878
Noroeste	2,164452	4,172480	2,636825	2,223672	2,584925	1,692730	1,114878	

Figura C 7 - Teste de Kruskal-Wallis para o indicador ISLU

Multiple Comparisons z' values; ISLU (Dados por indicador para todos T.D.sta)								
Independent (grouping) variable: T.D.								
Kruskal-Wallis test: H (7, N= 193) =8,392304 p =,2993								
Depend.: ISLU	Mata R:86,667	Metropolitano R:100,40	Triângulo Sul R:108,25	Vertentes R:101,13	Triângulo Norte R:31,375	Sul R:100,04	Caparaó R:113,50	Noroeste R:95,583
Mata		1,178984	1,301489	0,871847	1,885380	1,125438	1,011292	0,364012
Metropolitano	1,178984		0,495644	0,045674	2,387686	0,033534	0,502386	0,200813
Triângulo Sul	1,301489	0,495644		0,360779	2,461905	0,512984	0,183445	0,473694
Vertentes	0,871847	0,045674	0,360779		2,233728	0,067836	0,432406	0,207241
Triângulo Norte	1,885380	2,387686	2,461905	2,233728		2,367420	2,191696	1,780771
Sul	1,125438	0,033534	0,512984	0,067836	2,367420		0,514230	0,184828
Caparaó	1,011292	0,502386	0,183445	0,432406	2,191696	0,514230		0,529703
Noroeste	0,364012	0,200813	0,473694	0,207241	1,780771	0,184828	0,529703	

APÊNDICE D – Análise em Painel

Figura D 1 - Fator de Inflação de Variância e Variáveis Omitidas – Equação (1)

```
. estat vif
```

Variable	VIF	1/VIF
in006	1.01	0.985799
in011	1.01	0.985799
Mean VIF	1.01	

```
. estat ovtest
```

Ramsey RESET test using powers of the fitted values of ifgf
Ho: model has no omitted variables
F(3, 202) = 2.98
Prob > F = 0.0327

Figura D 2 - Validação Autocorrelação - Equação (1)

```
Wooldridge test for autocorrelation in panel data  
H0: no first-order autocorrelation  
F( 1, 36) = 1.241  
Prob > F = 0.2726  
.
```

Figura D 3 - Validação de Heterocedasticidade - Equação (1)

```
. xttest3
```

Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity
in fixed effect regression model
H0: $\sigma(i)^2 = \sigma^2$ for all i
chi2 (59) = 2.7e+33
Prob>chi2 = 0.0000

Figura D 4 - Modelo de efeitos fixos - Equação (1)

```
. xtreg ifgf in006 in011, fe robust
```

Fixed-effects (within) regression
 Group variable: territorio

Number of obs = 208
 Number of groups = 59

R-sq: within = 0.0659
 between = 0.0018
 overall = 0.0001

Obs per group: min = 1
 avg = 3.5
 max = 6

corr(u_i, Xb) = -0.2549
 F(2,58) = 5.33
 Prob > F = 0.0075

(Std. Err. adjusted for 59 clusters in territorio)

ifgf	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
in006	-.0009513	.0003232	-2.94	0.005	-.0015982	-.0003044
in011	-.000637	.000495	-1.29	0.203	-.0016278	.0003538
_cons	.6484654	.0305785	21.21	0.000	.5872558	.709675
sigma_u	.19572909					
sigma_e	.10226972					
rho	.78553792	(fraction of variance due to u_i)				

Figura D 5 - Fator de Inflação de Variância e Variáveis Omitidas – Equação (2)

```
. estat vif
```

Variable	VIF	1/VIF
in006	1.28	0.782018
in023	1.28	0.782018
Mean VIF	1.28	

```
. estat ovtest
```

Ramsey RESET test using powers of the fitted values of in011
 Ho: model has no omitted variables
 F(3, 249) = 4.12
 Prob > F = 0.0071

Figura D 6 - Validação Autocorrelação - Equação (2)

```
Wooldridge test for autocorrelation in panel data
```

H0: no first-order autocorrelation
 F(1, 33) = 1.594
 Prob > F = 0.2156

Figura D 7 - Validação de Heterocedasticidade - Equação (2)

```
. xttest3

Modified Wald test for groupwise heteroskedasticity
in fixed effect regression model

H0: sigma(i)^2 = sigma^2 for all i

chi2 (63) =      8.7e+36
Prob>chi2 =      0.0000
```

Figura D 8 - Análise em Painel Modelo de Efeitos Fixos - Equação (2)

```
. xtreg in011 in006 in023, fe robust

Fixed-effects (within) regression           Number of obs   =       255
Group variable: territorio                 Number of groups =        63

R-sq:  within = 0.0183                    Obs per group:  min =         1
        between = 0.0044                    avg =         4.0
        overall = 0.0025                    max =         9

corr(u_i, Xb) = -0.1388                    F(2,62)         =         2.60
                                                Prob > F         =         0.0821

                                         (Std. Err. adjusted for 63 clusters in territorio)
```

	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
in011						
in006	.0528274	.0532131	0.99	0.325	-.053544	.1591988
in023	.0190553	.0199075	0.96	0.342	-.0207392	.0588498
_cons	13.57129	3.343878	4.06	0.000	6.886971	20.25561
sigma_u	21.357634					
sigma_e	19.327125					
rho	.54978434	(fraction of variance due to u_i)				

Figura D 9 - Fator de Inflação de Variância e Variáveis Omitidas – Equação (3)

```
. estat vif
```

Variable	VIF	1/VIF
ifdm	1.34	0.748739
ifgf	1.34	0.748739
Mean VIF	1.34	

```
. estat ovtest

Ramsey RESET test using powers of the fitted values of in031
Ho: model has no omitted variables
F(3, 171) =      0.76
Prob > F =      0.5159
```

Figura D 10 - Validação Autocorrelação e Heterocedasticidade - Equação (3)

```
. xtserial in031 ifdm ifgf, output
```

Linear regression

Number of obs = 107
 F(2, 50) = 2.41
 Prob > F = 0.1000
 R-squared = 0.0776
 Root MSE = 10.268

(Std. Err. adjusted for 51 clusters in municipio)

D.in031	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ifdm						
D1.	.407592	19.48884	0.02	0.983	-38.73689	39.55207
ifgf						
D1.	21.24485	10.39578	2.04	0.046	.3643107	42.12538

Wooldridge test for autocorrelation in panel data
 H0: no first-order autocorrelation
 F(1, 35) = 9.362
 Prob > F = 0.0042

Figura D 11 - Análise em Painel Modelo de Efeitos Fixos - Equação (3)

```
Fixed-effects (within) regression
```

Number of obs = 177
 Number of groups = 62

Group variable: municipio

R-sq: within = 0.0351
 between = 0.1846
 overall = 0.0874

Obs per group: min = 1
 avg = 2.9
 max = 4

corr(u_i, Xb) = -0.6414

F(2,61) = 3.02
 Prob > F = 0.0559

(Std. Err. adjusted for 62 clusters in municipio)

in031	Coef.	Robust Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
ifdm	18.40002	19.23596	0.96	0.343	-20.06465	56.86469
ifgf	12.07188	9.235872	1.31	0.196	-6.396387	30.54015
_cons	-10.75218	12.1421	-0.89	0.379	-35.03181	13.52744
sigma_u	10.29344					
sigma_e	8.1613491					
rho	.61400879	(fraction of variance due to u_i)				

ANEXO A – Questionário IQR

ÍNDICE DA QUALIDADE DE ATERROS DE RESÍDUOS - IQR				
MUNICÍPIO:			DATA:	
LOCAL:			AGÊNCIA:	
BACIA HIDROGRÁFICA:			UGRH:	
LICENÇA: L.I.: <input type="checkbox"/> L.O.: <input type="checkbox"/>			TÉCNICO:	

ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	
ESTRUTURA APÓDIO	1. PORTARIA, BALANÇA E VIGILÂNCIA	SIM / SUFICIENTE NÃO / INSUFICIENTE	2 0		
	2. ISOLAMENTO FÍSICO	SIM / SUFICIENTE NÃO / INSUFICIENTE	2 0		
	3. ISOLAMENTO VISUAL	SIM / SUFICIENTE NÃO / INSUFICIENTE	2 0		
	4. ACESSO À FRENTE DE DESCARGAS	ADEQUADO INADEQUADO	3 0		
FRONTAL	5. DIMENSÕES DA FRENTE DE TRABALHO	ADEQUADAS INADEQUADAS	5 0		
	6. COMPACTAÇÃO DOS RESÍDUOS	ADEQUADA INADEQUADA	5 0		
	7. RECOBRIMENTO DOS RESÍDUOS	ADEQUADO INADEQUADO	5 0		
TABELAS	8. DIMENSÕES E INCLINAÇÕES	ADEQUADAS INADEQUADAS	4 0		
	9. COBERTURA DE TERRA	ADEQUADA INADEQUADA	4 0		
	10. PROTEÇÃO VEGETAL	ADEQUADA INADEQUADA	3 0		
SUPERFÍCIE	11. AFLORAMENTO DE CHORUME	NÃO / RAROS SIM / NUMEROSOS	4 0		
	12. NIVELAMENTO DA SUPERFÍCIE	ADEQUADO INADEQUADO	5 0		
ESTRUTURA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	13. HOMOGENEIDADE DA COBERTURA	SIM NÃO	5 0		
	14. IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO	SIM/ADEQUADA (N PREENCHER ITEM 15) NÃO/INADEQUADA (PREENCHER ITEM 15)	10 0		
ESTRUTURA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL	15. PROF. LENÇOL FREÁTICO (P) X PERMEABILIDADE DO SOLO (k)	P ≥ 3 m, k < 10-6 cm/s 1 < P <= 3 m, k < 10-6 cm/s CONDIÇÃO INADEQUADA	4 2 0		
	16. DRENAGEM DE CHORUME	SIM / SUFICIENTE NÃO / INSUFICIENTE	4 0		
	17. TRATAMENTO DE CHORUME	SIM / ADEQUADO NÃO / INADEQUADO	4 0		
	18. DRENAGEM PROVISÓRIA DE ÁGUAS PLUVIAIS	SUFICIENTE / DESNECES NÃO / INSUFICIENTE	3 0		
	19. DRENAGEM DEFINITIVA DE ÁGUAS PLUVIAIS	SUFICIENTE / DESNECES NÃO / INSUFICIENTE	4 0		
	20. DRENAGEM DE GASES	SUFICIENTE / DESNECES NÃO / INSUFICIENTE	4 0		
	21. MONITORAMENTO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	ADEQUADO INADEQUADO / INSUFIC. INEXISTENTE	4 1 0		
	22. MONITORAMENTO GEOTÉCNICO	ADEQUADO / DESNECES INADEQUADO / INSUFICEN. INEXISTENTE	4 1 0		
	SUBTOTAL 1			86	

ITEM	SUB-ITEM	AVALIAÇÃO	PESO	PONTOS	
OUTRAS INFORMACOES	23. PRESENÇA DE CATADORES	NÃO SIM	2 0		
	24. QUEIMA DE RESÍDUOS	NÃO SIM	2 0		
	25. OCORRÊNCIA DE MOSCAS E ODORES	NÃO SIM	2 0		
	26. PRESENÇA DE AVES E ANIMAIS	NÃO SIM	2 0		
	27. RECEBIMENTO DE RESÍDUOS NÃO AUTORIZADOS	NÃO SIM	2 0		
	28. RECEBIMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS	SIM (Preencher item 29) NÃO (ir p item 30)			-
	29. ESTRUTURAS E PROCEDIMENTOS	SUFICIENTE / ADEQUADO INSUFICIENTE / INADEQ	10 0		
	SUBTOTAL 2.1			10	
	SUBTOTAL 2.2			20	
CARACTERÍSTICA	30. PROXIMIDADES DE NÚCLEOS HABITACIONAIS	≥ 500m < 500m	2 0		
	31. PROXIMIDADES DE CORPOS DE ÁGUA	≥ 200m < 200m	2 0		
	32. VIDA ÚTIL DA ÁREA	<= 2 ANOS 2 < x <= 5 ANOS > 5 ANOS	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		-
	33. RESTRIÇÕES LEGAIS AO USO DO SOLO	SIM NÃO	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		-
	SUBTOTAL 3			4	

TOTAL MÁXIMO (100)	TOTAL MÁXIMO (110)
TOTAL MÁXIMO 2.1 sem recebimento de resíduos industriais	TOTAL MÁXIMO 2.2 com recebimento de resíduos industriais
IQR-SOMA DOS PONTOS/10 sem recebimento de resíduos industriais	IQR-SOMA DOS PONTOS/11 com recebimento de resíduos industriais

Cálculo do IQR	
(sem receb.resíduos industriais) IQR = (SUBTOTALS 1+2.1+3)/10 = 10,0	
(com receb.resíduos industriais) IQR = (SUBTOTALS 1+2.2+3)/11 = 10,0	

IQR	AVALIAÇÃO
0,0 a 7,0	CONDIÇÕES INADEQUADAS
7,1 a 10,0	CONDIÇÕES ADEQUADAS

DISPÕEM EM:

Fonte: CETESB, 2019.