



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL



JULIA TEIXEIRA PIMENTA

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS
SÓLIDOS URBANOS DE MINAS GERAIS**

TRABALHO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

Ouro Preto, 2021

JULIA TEIXEIRA PIMENTA

**ANÁLISE ESTATÍSTICA DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DOS RESÍDUOS
SÓLIDOS URBANOS DE MINAS GERAIS**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro Ambiental.

Orientadora: Livia Cristina Dias Pinto

Ouro Preto, 2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto Escola de Minas
Curso de Engenharia Ambiental

ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA DE FINAL DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

Aos oito dias do mês de abril de dois mil e vinte e um, às quatorze horas, foi realizada a defesa de monografia de final de curso, requisito da disciplina AMB-108 - Trabalho de Graduação II, via plataforma virtual Google Meet, motivado pelo afastamento social, orientado pelo Ministério da Saúde brasileiro, como consequência da COVID19, pela aluna **Julia Teixeira Pimenta**, sendo a comissão avaliadora formada pela Professora Dra. Lívia Cristina Pinto Dias, do Departamento de Engenharia Ambiental - Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) (orientadora), Professora Dra. Marina de Medeiros Machado, do Departamento de Engenharia Ambiental – Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) e pelo Me. Eduardo Rocha Dias Santos, efetivo do Ministério do Meio Ambiente. Dando início aos trabalhos, a presidente, com base no regulamento do curso e nas normas que regem as sessões de defesa de monografia, concedeu a estudante Julia Teixeira Pimenta, 30 (trinta) minutos para apresentação do seu trabalho intitulado “*Análise estatística da composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos de Minas Gerais*”. Terminada a exposição, a presidente da comissão avaliadora concedeu a cada membro um tempo de 30 (trinta) minutos para perguntas e respostas a estudante sobre o conteúdo da monografia na seguinte ordem: primeiro o Eduardo Rocha Dias Santos, depois a Professora Marina de Medeiros Machado e, por último, Professora Lívia Cristina Pinto Dias. Dando continuidade, ainda de acordo com as normas que regem a sessão, a presidente solicitou aos presentes que se retirassem da sala virtual para que a comissão avaliadora procedesse à análise e decisão. A comissão avaliadora deliberou por unanimidade pela **aprovação** da candidata com a nota **8 (oito)**, concedendo-lhe o prazo de até 15 dias para incorporar no texto final as alterações determinadas/sugeridas pela banca. A aluna fará jus aos créditos e conceito de aprovação na disciplina AMB-108 (Trabalho de Graduação II) após a entrega da versão eletrônica definitiva da monografia defendida (com as assinaturas dos membros da banca) e ao Sistema de Bibliotecas e Informação (SISBIN) da UFOP dentro do prazo estabelecido pela PROGRAD para informação da nota do respectivo semestre. Para fins de registro, foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da comissão examinadora e pela discente.

Ouro Preto, MG, 08 de abril de 2021.

Lívia Cristina Pinto Dias
Departamento de Engenharia Ambiental – UFOP
Presidente da Comissão Avaliadora e Professora Orientadora

Eduardo Rocha Dias Santos
Ministério do Meio Ambiente
Membro da Comissão Avaliadora

Marina de Medeiros Machado
Departamento de Engenharia Ambiental – UFOP
Membro da Comissão Avaliadora

Júlia Teixeira Pimenta
Aluna do curso de Engenharia Ambiental – UFOP

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro aos meus pais que sempre garantiram o estudo em primeiro lugar em minha casa, deram condições para que eu chegasse até aqui e são minhas referências de dedicação e empatia.

A minha irmã Cynthia por ser um exemplo nos estudos e estar sempre correndo atrás de obter mais conhecimento, além de ser minha amiga e companheira nas horas vagas.

A minha família por serem presentes em todos os meus caminhos percorridos até aqui e por todos os momentos bons que me proporcionam.

Ao meu namorado João por ajudar nos meus projetos e por me incentivar a sempre ir atrás dos sonhos e desejos. Agradeço também por ser paciente e amoroso durante todo o processo de elaboração desse trabalho.

As minhas amigas da Engenharia Ambiental, Ana, Kesia, Carine e Livia por todos os momentos estressantes e alegres nos anos de curso e por compartilharem tantas memórias boas comigo e ao meu amigo Gustavo pelas parcerias no PET Ambiental e IC.

As minhas amigas Érica, Laís e Isabely por nunca deixarem faltar uma boa gargalhada mesmo nos momentos tristes e por serem minhas referências na Matemática, Direito e Jornalismo.

Aos meus amigos do curso e do IFMG por tantas memórias boas colecionadas.

A UFOP por ser uma instituição de ensino superior que me deu ferramentas para chegar até esse momento e me fez uma profissional ética e competente, mas nunca esquecendo da leveza.

Ao PET Ambiental por todo ensinamento passado pelos tutores e colegas.

Por último e não menos importante, à minha orientadora Prof^a Livia Dias por despertar em mim a vontade de usar ferramentas de programação na Engenharia Ambiental e por ser um exemplo e agora colega de profissão.

RESUMO

Mesmo 10 anos após a instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos, muitos municípios ainda não conseguiram extinguir os lixões, assim como ter um gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos que proporcione todo o seu aproveitamento antes da disposição final ambientalmente adequada. Para que isso ocorra, umas das características mais importantes para o gerenciamento é a composição gravimétrica que exprime as porcentagens de cada fração de resíduos, mas que ainda é um dado ausente na maioria dos municípios por seu estudo ser uma atividade dispendiosa e onerosa aos cofres públicos. Diante disso, as frações de orgânico e reciclável foram coletadas em 81 municípios de Minas Gerais, estado com maior número de municípios, e foram relacionadas com dados socioeconômicos e demográficos, a fim de, a partir desses dados, fazer uma previsão para municípios que não possuem composição gravimétrica. Os dados também foram submetidos a testes não paramétricos a fim de se provar estatisticamente a possibilidade de generalização para todo o estado. No final, se observa que os dados coletados não apresentam relações fortes com as variáveis socioeconômicas e demográficas, mas podem ser estatisticamente confiáveis para uma generalização do estado. Assim, fica de sugestão a coleta de dados de mais municípios mineiros para assim pensar em uma previsão da composição para auxiliar atividades de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos.

Palavras-chave: Minas Gerais, Resíduos Sólidos Urbanos, Gravimetria, Análise Estatística

ABSTRACT

Even 10 years after the establishment of the National Solid Waste Policy, many cities have still not managed to extinguish the dumpsite, as well as having a solid urban waste management that provides all its use before the environmentally appropriate final destination. For this to happen, one of the most important characteristics for waste management is the gravimetric composition that expresses the percentages of each fraction of waste, but which is still a missing data in most municipalities because its study is an expensive and costly activity for public coffers. Therefore, the organic and recyclable fractions were collected in 81 municipalities in Minas Gerais, the state with the largest number of municipalities, and were related to socioeconomic and demographic data, in order to make the state forecast for municipalities that do not have a gravimetric composition. The data were also subjected to non-parametric tests in order to prove statistically the possibility of generalization for the entire state. In the end, it is observed that the collected data do not present strong relations with the socioeconomic and demographic variables, but they can be statistically reliable for a generalization of the state. Thus, it is suggested to collect data from more municipalities in Minas Gerais in order to think of a composition forecast to assist urban solid waste management activities.

Keywords: Minas Gerais, Solid Waste, Gravimetry, Statistical Analysis.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – a) Geração de RSU no Brasil – Comparação entre 2017 e 2018; b) Coleta de RSU no Brasil - comparação entre 2017 e 2018.
- Figura 2 – Participação das regiões no total de RSU coletados
- Figura 3 – Distribuição dos municípios com iniciativas de coleta seletiva
- Figura 4 – Comparação entre os resultados obtidos *in loco* e com o modelo
- Figura 5 – Destinação dos RSU em Minas Gerais (2018) – Número de municípios por tipologia de destinação final
- Figura 6 – Distribuição dos municípios de origem dos dados com divisão entre dados coletados e usados
- Figura 7 – Comparação da média das composições gravimétricas de diferentes fontes.
- Figura 8 – Distribuição das frações gravimétricas coletadas
- Figura 9 – a) Distribuição da fração orgânica por conjuntos de mesorregiões; b) Distribuição da fração orgânica por conjuntos de mesorregiões
- Figura 10 – Regressão linear Médias dos Orgânicos x Renda *per capita*
- Figura 11 – Regressão linear Médias dos Recicláveis x Renda *per capita*
- Figura 12 – Regressão linear Média de Orgânico e IDH
- Figura 13 – Regressão linear Média de Reciclável e IDH
- Figura 14 – a) Distribuição da fração orgânica por grupo de habitantes; b) Distribuição da fração orgânica por grupo de habitantes
- Figura 15 – Regressão Linear Média do PIB e Orgânico
- Figura 16 – Regressão Linear Média do PIB e Reciclável
- Figura 17 – Regressão Linear Média do IDH e Orgânico
- Figura 18 – Regressão Linear Média do IDH e Reciclável

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Características das 12 mesorregiões do estado de Minas Gerais
- Tabela 2 – Divisão das atividades econômicas do estado de Minas Gerais por mesorregião
- Tabela 3 – Divisão dos municípios coletados por mesorregião
- Tabela 4 – Divisão dos municípios por número de habitantes
- Tabela 5 – Caracterização das mesorregiões em relação à média da fração orgânica e PIB
- Tabela 6 – Caracterização das mesorregiões em relação à média da fração reciclável e do PIB médio
- Tabela 7 – Média da fração orgânica e média do IDH de cada mesorregião
- Tabela 8 – Média da fração reciclável e média do IDH de cada mesorregião
- Tabela 9 – Média do IDH, do PIB, de Reciclável e de Orgânico por tamanho da população
- Tabela 10 – Teste de Mann-Whitney para relação entre localização do município e fração orgânica (o símbolo * indica as comparações onde não existe diferença estatisticamente significativa entre os dados da fração orgânica entre as mesorregiões)
- Tabela 11 – Teste de Mann-Whitney para relação entre localização do município e fração reciclável (o símbolo * indica as comparações onde não existe diferença estatisticamente significativa entre os dados da fração reciclável entre as mesorregiões)
- Tabela 12 – Teste de Mann-Whitney para relação entre tamanho do município e fração orgânica
- Tabela 13 – Teste de Mann-Whitney para relação entre tamanho do município e fração reciclável
- Tabela 14 – Teste de Kruskal-Wallis para relação entre mesorregiões e fração orgânica e reciclável
- Tabela 15 – Teste de Kruskal-Wallis para relação entre tamanho da população e fração orgânica e reciclável

LISTA DE SIGLAS

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

ATO – Arranjo Territorial Ótimo

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

FEAM – Fundação Estadual de Meio Ambiente

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

MMA – Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal

NBR – Norma Técnica

PIB – Produto Interno Bruto

PME – Pesquisa Mensal do Emprego

PNMA – Política Nacional do Meio Ambiente

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

RNA – Redes Neurais Artificiais

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SEMA – Secretaria Especial de Meio Ambiente

SIDRA – Sistema IBGE de Recuperação Automática

SISNAMA – Sistema Nacional de Meio Ambiente

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo geral	2
2.2. Objetivos específicos	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
3.1. Política Nacional de Resíduos Sólidos	4
3.2. Resíduos sólidos urbanos.....	7
3.3. Fatores identificados pela literatura relacionados com caracterização de RSU	10
3.4. Metodologias utilizadas para análise e predição de características gravimétricas de resíduos sólidos urbanos ou domésticos.....	12
4. METODOLOGIA.....	14
4.1. Área de estudo	14
4.2. Levantamento dos dados.....	17
4.3. Análise descritiva.....	18
4.4. Análise estatística	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1. Dados coletados	23
5.2. Análise descritiva.....	24
5.2.1. Total.....	24
5.2.2. Mesorregiões	25
5.2.3. Tamanho da população.....	32
5.3. Análise estatística	35
5.3.1. Análise da influência do tamanho da população	37

5.3.2. Análise da influência por mesorregião teste Kruskal-Wallis	38
5.3.3. Análise da influência do tamanho da população teste Kruskal-Wallis	39
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
APENDICE A	43
APÊDICE B.....	47

1. INTRODUÇÃO

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) são um subproduto do estilo de vida das pessoas e sua geração está em constante aumento devido a urbanização e o crescimento da economia (Chhay *et al.*, 2018). Entre os anos de 2000 e 2010, houve um aumento de 1,17% da população brasileira e uma média de 3,6% da renda *per capita* (IBGE, 2010). Conseqüentemente, houve aumento do consumo e da geração de resíduos para 79 milhões de tonelada (ABRELPE, 2018), o que contribuiu para o crescimento da preocupação com a gestão e destinação dos RSU.

No Brasil, o marco principal para esta preocupação é a Lei 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), mas que com a Lei nº 14.026/2020 sofreu alterações específicas, como nos prazos para a implementação da disposição ambientalmente adequada e nos mecanismos de cobrança pelos serviços de saneamento

É a PNRS responsável por reunir o conjunto de princípios, instrumentos, objetivos, diretrizes, metas e ações que devem ser adotadas pelo Governo Federal em parceria ou não com Estados e Municípios ou empresas visando a gestão integrada e o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos. A PNRS também define, no contexto do gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil, que se deve priorizar a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Essa Política também define rejeito como o resíduo sólido depois de esgotadas todas as suas possibilidades de aproveitamento. Assim, somente os rejeitos devem ser dispostos em aterro sanitário de forma ordenada evitando danos e riscos à saúde pública. Neste sentido, os países vêm adotando estratégias para melhorar o gerenciamento dos resíduos, o que deve começar pela sua caracterização para se ter compreensão sobre sua qualidade e quantidade (MENEZES, 2019).

Segundo a PNRS os estados devem ter instituídas suas próprias políticas estaduais. Já no Novo Marco do Saneamento (Lei nº 14.026/2020) estas políticas devem ser revisadas no período de 10 anos e estabelecer a destinação final ambientalmente adequada até o final de 2020, com exceção dos municípios que já possuíam mecanismo de cobrança que garantam sua sustentabilidade econômico-financeira

Ainda segundo a PNRS, é afirmado o que foi dito por Menezes (2016) sobre a importância da caracterização dos resíduos para o gerenciamento, quando em seu Art 23º define como conteúdo mínimo para a elaboração do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

informações sobre a origem, caracterização e volume gerados, bem como o prazo para destinação. Sendo assim, o estudo das características permite melhorar as estratégias de coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos (SOARES, 2011).

A caracterização gravimétrica, formada pelos teores de matéria orgânica, papel e papelão, metais, vidros, plásticos e outros, é uma importante ferramenta para dimensionar o poder calorífico dos resíduos sólidos e para entender como fatores sociodemográficos influenciam em sua composição (SOARES, 2011). Segundo Soares (2011), as características dos resíduos variam entre cidades e em função de diversos fatores, como porte da cidade, atividades, o hábito da população, clima e nível educacional, além de que variam com o decorrer dos anos com o crescimento das cidades e mudanças nos hábitos de consumo. Já para Aguiar e Silveira (2015), o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano) é a variável que melhor caracteriza o município por englobar: longevidade, educação e renda. Por isso, se faz importante o estudo das características dos resíduos sólidos urbanos em regiões e sua revisão periódica.

Visando prever os dados de composição gravimétrica para todos os 853 municípios de Minas Gerais, este estudo buscou correlacionar as frações de orgânico e reciclável com variáveis socioeconômicas e submetê-las a testes estatísticos, para poder, ao final obter ferramentas para um melhor gerenciamento de resíduos sólidos estadual.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Esse trabalho tem por objetivo analisar se existem fatores socioeconômicos capazes de fazer a previsão da composição gravimétrica para o estado de Minas Gerais e se os dados coletados podem ser generalizados para todo o estado.

2.2. Objetivos específicos

- Construir um banco de dados com o IDH (Índice de Desenvolvimento Humano), PIB (Produto Interno Bruto) e composição gravimétrica dos RSU para os municípios mineiros a partir de dados coletados nos Planos Municipais de Gestão Integrado de Resíduos Sólidos, Planos Municipais de Saneamento e trabalhos acadêmicos;
- Descrever o panorama geral relacionando a distribuição espacial dos municípios constantes no banco de dados, bem como verificar as características desses municípios;
- Descrever a relação entre o PIB, IDH e a composição gravimétrica testando as hipóteses de haver diferença entre mesorregiões ou grupos de municípios por tamanho da população.
- Analisar estatisticamente se os dados coletados são suficientes para generalizar para todo o estado.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Política Nacional de Resíduos Sólidos

O Brasil iniciou o século XXI produzindo 183,5 mil toneladas de resíduos por dia e com apenas 27,7% de seus 5.564 municípios destinando os resíduos para aterros sanitários (IBGE, 2002). Como o crescimento permanente dos resíduos sólidos exige dos órgãos públicos e dos geradores de resíduos uma gestão mais eficiente (NETO; MOREIRA, 2010), o fim do século XX e o início do século XXI foi marcado por discussões para estabelecer quais as vertentes das diretrizes políticas para a instrumentalização de um sistema de gestão para os resíduos sólidos urbanos no Brasil. Segundo Monteiro (2001), as 3 vertentes seriam:

“A primeira, de ordem política e econômica, estabelece as formas legais de institucionalização dos gestores do sistema e as formas de remuneração e cobrança dos serviços; A segunda, conformando um código de posturas, orienta, regula, dispõe procedimentos e comportamentos corretos por parte dos contribuintes e dos agentes da limpeza urbana, definindo ainda processos administrativos e penas de multa; A terceira vertente compõe o aparato legal que regula os cuidados com o meio ambiente de modo geral no país e, em especial, o licenciamento para implantação de atividades que apresentem risco para a saúde pública e para o meio ambiente (MONTEIRO, 2001, p. 20, grifos do autor).”

A terceira vertente está relacionada com o aparato legal nacional onde se encaixa a Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que tramitou 19 anos até sua aprovação (NETO; MOREIRA, 2010).

Muito antes da PNRS, durante o período colonial já existia uma preocupação jurídica com os recursos naturais brasileiros. No século XVIII, existiam normas para o corte de madeira no Código Penal, mas que ainda estava muito ligada aos interesses de expansão da Coroa. Foi só no século XX, principalmente em 1930, que iniciam ações governamentais de preocupação ambiental com a elaboração do Código Florestal Brasileiro, Código das Águas e Código da Pesca. Depois disso, as discussões legais ficaram 30 anos paradas e só voltaram em 1960 com a elaboração do Estatuto da Terra, do novo Código Florestal e da nova Lei de Proteção da Fauna (FRITSCH, 2000). Em 1972, as discussões ganharam um cunho global com a Conferência de Estocolmo, evento importante para a criação da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), Decreto nº. 73.030/73 (NETO; MOREIRA, 2010).

Segundo Fritsch (2000), o impulso das questões ambientais no Brasil se deu na década de 80 com a Lei nº. 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), a Lei nº. 7.347/85 que disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente e Constituição Federal de 1988 (CF88).

A PNMA foi responsável por conceber um sistema de gestão descentralizado e articulador das ações públicas na área ambiental por meio do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA) e o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Já a Lei que disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio ambiente (Lei nº. 7.347/85) se tornou um instrumento processual de proteção judicial dos interesses transindividuais e o Ministério Público responsável por acionar os causadores de dano. Da CF88, o marco mais importante para a área ambiental é o Art. 225, que define as incumbências do poder público e que:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1998, Art. 225).”

Com a CF88, se extingue a SEMA e se cria o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Cerca de 4 anos depois, há a criação do Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (MMA) sendo responsável pela definição de objetivos, metas e políticas ambientais no Brasil (MORAES; TUROLLA, 2004).

Após toda a construção do sistema ambiental se observou a dificuldade para a punição de crimes ambientais durante 10 anos, até a criação do Lei de Crimes Ambientais (Lei nº. 9.605/98), que definiu crime ambiental como “o ato de causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoque a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora” (NETO; MOREIRA, 2010).

No setor de saneamento, foi em 2007 que o país viu a necessidade de se criar a Lei nº. 11.445/07 - Política Federal de Saneamento Básico, marco da temática que deu diretrizes federais para estados e municípios, estabeleceu o conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, drenagem e manejo de águas pluviais e limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos como os elementos do Saneamento Básico. Ela foi o primeiro marco histórico para a melhoria do manejo de resíduos sólidos e por incentivar os consórcios públicos para a gestão do Saneamento Básico. Apesar disso, a Política Federal de Saneamento Básico não dá qualquer incentivo financeiro (NETO; MOREIRA, 2010).

Antes da PNRS, as normatizações em relação aos resíduos estavam dissolvidas em várias leis, decretos, portaria e resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). A situação dos

resíduos foi agravada com a intensa urbanização que ocorreu entre as décadas de 40 e 70, onde também se via um aumento do PIB. Foi assim que, na década de 80, o problema de disposição de resíduos sólidos entra nas discussões públicas e que surgem os primeiros programas de coleta seletiva. Mesmo assim, na esfera federal, o que se tinha com caráter de lei sobre resíduos era o Art. 23 da CF88, que definia a limpeza pública como de interesse local e de caráter essencial e a Lei de Crimes Ambientais, que constituiu a ferramenta pela qual o Ministério Público tem pautado a disposição inadequada de resíduos sólidos (NETO; MOREIRA, 2010). Só com a PNRS, sancionada em agosto de 2010, que se estabeleceu um marco regulatório na temática de resíduos sólidos.

A PNRS contém instrumentos para o avanço do país nas questões ambientais, econômicas e sociais e reúne os princípios, objetivos, diretrizes, instrumentos, metas e ações para a gestão integrada e gerenciamento ambientalmente correto dos resíduos sólidos. A PNRS define a ordem de prioridade na gestão de resíduos como não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos e sua disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010, Art. 9), ou seja, disposição ordenada em aterros obedecendo as normas operacionais. No seu texto também é definida a responsabilidade de cada ente federativo. Fica a cargo dos municípios a gestão integrada dos resíduos pertencentes ao território, dos estados promover a integração da organização, do planejamento e da execução das funções públicas de interesse comum relacionadas à gestão dos resíduos sólidos nas regiões metropolitanas, aglomerações urbanas e microrregiões, e controlar e fiscalizar as fontes geradoras de resíduos sujeitas a licenciamento ambiental. A União é responsável pela construção do Plano Nacional de Resíduos Sólidos com duração de 20 anos e atualização a cada 4 anos (BRASIL, 2010, Art. 10, 11, 15).

Um ponto importante abordado na PNRS é a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos entre os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos. A responsabilidade compartilhada tem como objetivo promover a logística reversa, ou seja, promover a inserção dos resíduos sólidos de volta a cadeia produtiva, compatibilizar interesses econômicos e sociais visando a sustentabilidade, reduzir a geração de resíduos para a minimização de danos ambientais, incentivar o uso de insumos menos agressivos e mais sustentáveis, proporcionar que as atividades produtivas sejam sustentáveis, estimular o mercado de materiais recicláveis e reciclados, e garantir a responsabilidade socioambiental.

Após 10 anos, muito ainda precisa ser feito para se alcançar a gestão adequada de resíduos, começando por pontos que são abordados e ainda não foram adotados pela maioria dos municípios brasileiros, como a extinção dos lixões e a inclusão de catadores na cadeia da logística reversa.

3.1.1. Política Estadual de Resíduos Sólidos

A PNRS estabelece que cada estado seja responsável pela elaboração da Política Estadual de Resíduos Sólidos.

No estado de Minas Gerais, a Lei 18.031 de 2009 institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos em consonância com as Políticas Estaduais De Meio Ambiente, educação ambiental, recursos hídricos, saneamento básico, saúde, desenvolvimento econômico, desenvolvimento urbano e promoção da inclusão social. Essa lei procura detalhar as diversas situações em que a destinação de resíduos está proibida e busca fortalecer o princípio colaborativo entre Estado e Municípios, assim como entre os próprios Municípios em forma de consórcio (MAGALHÃES e RIBEIRO, 2017).

3.2. Resíduos sólidos urbanos

Podemos aqui considerar duas definições para os resíduos sólidos. A primeira da PNRS, que define como:

“Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, Art. 3).”

A outra definição amplamente aceita é da NBR 10.004/2004, legislação técnica apresentada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT):

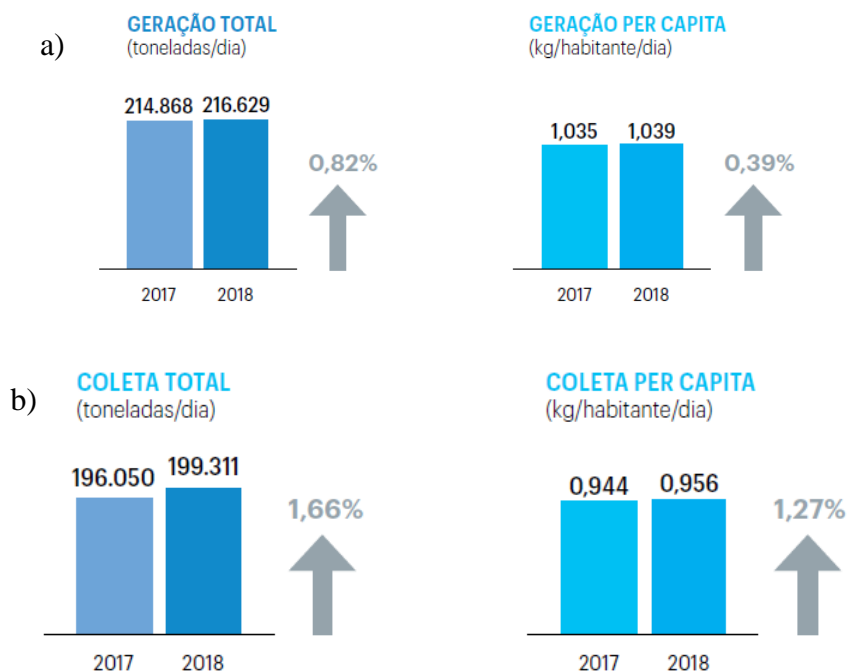
“Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de 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, 2004)”.

Não existe uma diferença substancial entre as duas definições do que é resíduo sólido, mas há diferença na classificação dos resíduos sólidos feita pelas duas. A PNRS classifica os

resíduos pela origem e pela periculosidade. Quanto a origem os resíduos podem ser: resíduos domiciliares, de limpeza urbana, sólidos urbanos, de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, dos serviços públicos de saneamento básico, industriais, de serviços de saúde, da construção civil, agrossilvopastoris, de serviços de transporte e de mineração. E quanto a periculosidade eles são divididos entre perigosos e não-perigosos. Já a NBR 10.004/2004 classifica os resíduos sólidos entre classe I (perigosos) e classe II (não- perigosos), sendo o último ainda divididos entre inertes e não-inertes.

Segundo Panorama de Resíduos Sólidos Urbanos do Brasil de 2018/2019, elaborado pela ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais), em 2018 foram produzidos 79 milhões de toneladas de resíduos, 0,82% a mais que em 2017 (Figura 1-a) e 92% dessa produção foi coletada pelos responsáveis, 1,66% a mais que em 2017 (Figura 2-b), mostrando que a coleta aumentou mais que a geração em comparação a esses dois anos.

Figura 1 – a) Geração de RSU no Brasil – Comparação entre 2017 e 2018; b) Coleta de RSU no Brasil – comparação entre 2017 e 2018.

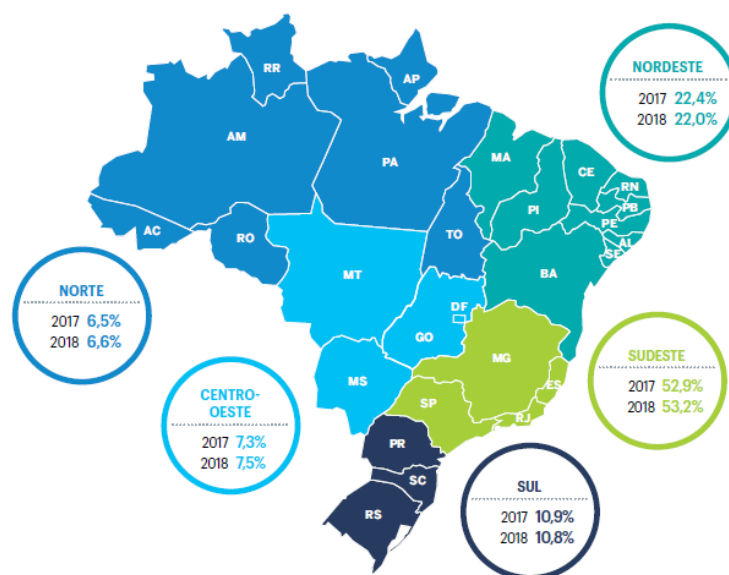


Fonte: ABRELPE, 2019

Nesse mesmo relatório ainda é apresentado que apenas 59,5% dos municípios depositam adequadamente os RSU nos aterros sanitários e o restante (40,5%), que abrange 3001 municípios, depositam inadequadamente. Esse dado mostra que mais da metade dos 5570 municípios brasileiros ainda fazem a disposição inadequada desse material, o que demonstra parte do problema de gestão que enfrentamos até os dias atuais.

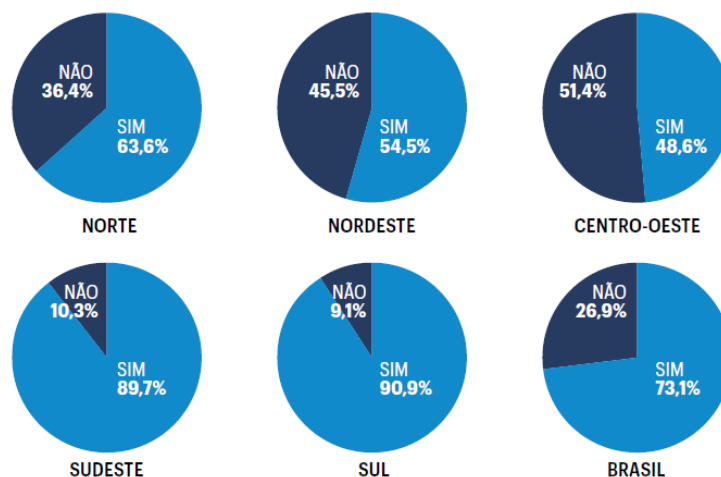
O Sudeste, onde está inserido o estado de Minas Gerais, é apresentado nesse relatório como a região com maior porcentagem de coleta de RSU e de coleta seletiva (Figuras 2 e 3).

Figura 2- Participação das regiões no total de RSU coletados



Fonte: ABRELPE, 2019

Figura 3- Distribuição dos municípios com iniciativas de coleta seletiva



Fonte: ABRELPE, 2019

Por fim, tendo por base os dados apresentados pelo Panorama, é possível verificar que o Brasil apresenta evolução bastante lenta tanto no que diz respeito à implementação da PNRS, quanto para o estabelecimento de uma gestão de resíduos sólidos eficaz e sustentável.

Esse trabalho se concentra nos RSU, que pela PNRS engloba os resíduos domiciliares e os de limpeza pública, especificamente na parte de sua caracterização e relação com fatores socioeconômicos como ferramenta de gestão para os gestores públicos e particulares do estado de Minas Gerais. Os RSU nesse trabalho serão apresentados por uma de suas características mais importantes que é composição gravimétrica. A composição gravimétrica representa a quantidade massa por massa de certa fração (ex: orgânica, reciclável e rejeito em relação ao total de resíduos e varia bastante dependendo de fatores socioeconômicos, culturais e climáticos (MONTEIRO *et al.*, 2001).

3.3. Fatores identificados pela literatura relacionados com caracterização de RSU

Por meio da análise hierárquica domiciliar e municipal para se obter as variáveis de maior poder preditivo dos principais determinantes da coleta domiciliar de RSU em Minas Gerais, Caldeira *et al.* (2009) relacionou a demanda e oferta de serviços com fatores socioeconômicos e demográficos. Os autores utilizaram as seguintes variáveis: presença de coleta domiciliar, renda agregada por domicílio, número de moradores por domicílio, anos de estudo do responsável, ligação a sistema de coleta de esgotamento sanitário, IDH municipal,

PIB per capita municipal, porte populacional do município e mesorregião de localização do município. Foi possível delinear o perfil das pessoas que não têm acesso ao serviço de coleta como a parcela mais pobre, menos escolarizada, com acesso limitado à saúde e moradora de periferias em grandes centros urbanos.

Ressaltando a importância de se fazer a caracterização gravimétrica dos RSU para o gerenciamento destes resíduos, pode-se dizer que esta análise também contribuiu para se compreender o poder de geração de renda com a venda de materiais recicláveis e a quantidade de matéria orgânica para compostagem. Com esse objetivo no “Estudo da análise estatística da composição gravimétrica na cidade de Juiz de Fora-MG”, foram propostas variáveis demográficas e econômicas, população, renda domiciliar e classe social como fortemente relacionadas com a composição gravimétrica (MENEZES *et al.*, 2019). É possível ver nos resultados desse estudo uma relação inversa entre a fração orgânica e renda, isto é, quanto maior a renda menor a quantidade de resíduos orgânicos. Já para a fração reciclável o contrário se torna verdadeiro.

Em estudo realizado por Dias *et al.* (2010) foram coletados de 3,1 mil domicílios em Belo Horizonte, além de dados e fatores socioeconômicos a partir da Pesquisa Mensal do Emprego (PME). Estes dados foram agrupados por cada regional administrativa e os fatores escolhidos para projeção de geração de RSU foram renda, classificação, tamanho e distribuição econômica da população estudada. O resultado obtido foi a comprovação da relação da produção per capita com classe econômica e a dimensão de cada classe, através de um modelo de regressão linear com coeficiente de determinação de 0,8525.

Na mesma vertente do trabalho anterior, Aguiar e Silveira (2015) utilizaram de Redes Neurais Artificiais (RNAs) – o método amplamente utilizado para variáveis que não possuem comportamento bem estabelecido – e definiram um modelo de predição da composição de RSU para a cidade de São Joaquim de Bicas- MG a partir do uso de uma variável conjuntural, o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Foi encontrado que o IDH impacta diretamente na caracterização gravimétrica do RSU.

Para Thomaz (2016), os fatores relacionados com a caracterização gravimétrica são: a faixa etária da população, pois se costuma produzir resíduos diferentes devido às necessidades diferentes; PIB e renda *per capita*, porque segundo o mesmo autor o consumo está diretamente ligado com a economia, logo a produção de resíduos também.

Sendo assim, segundo a bibliografia pesquisada, a quantidade de RSU produzida por um município está relacionada principalmente com a demografia e desenvolvimento econômico.

3.4. Metodologias utilizadas para análise e predição de características gravimétricas de resíduos sólidos urbanos ou domésticos

No estudo realizado por Menezes (2016) foi observada uma tendência de maior geração da fração reciclável em domicílios de maior poder aquisitivo e maior grau instrucional e uma tendência dos domicílios com menor poder aquisitivo e menor grau de instrução produzirem mais da fração orgânica. A metodologia utilizada nesse estudo foi testes estatísticos de hipótese à 5% de significância utilizando o software STATISTICA. Primeiro realizou-se o teste de normalidade Shapiro-Wilk com análise descritiva do conjunto de dados, sendo consideradas as frações de orgânicos e recicláveis de 7 regiões do município de Juiz de Fora. A intenção era verificar se a distribuição de dados se ajustaria a uma distribuição normal. Depois de verificada a normalidade, se realizou o teste paramétrico de análise de variância de classificação simples (Oneway ANOVA) que avaliou a existência de diferenças significativas entre as frações orgânicas e recicláveis com um nível de 95% de confiança. Para detalhar as diferenças, utilizou-se o método de comparação múltipla Tukey, estabelecendo diferentes valores de significância (α).

Para verificar a associação entre as frações orgânicas e recicláveis com a renda, esse mesmo estudo calculou o grau de relacionamento linear. Já para analisar as frações com as classes sociais utilizou-se o teste t-Student depois de se verificar se os dados seguiam a distribuição normal.

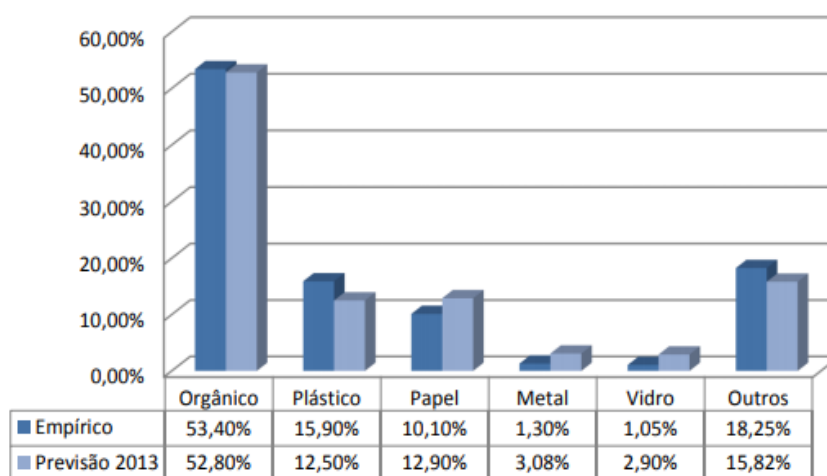
Aguiar e Silveira (2015) conseguiram prever a composição de resíduos utilizando a rede neural artificial (RNA) *Bayesian regulation backpropagation* utilizando a variável conjuntural IDH. A metodologia foi iniciada pela coleta de dados de IDH e composição gravimétrica de 85 municípios brasileiros variados. Em seguida, os autores interpolaram os valores de IDH de 1991, 2000 e 2010 utilizando o polinômio de Lagrange, para achar o valor de IDH do ano em que se fez a composição gravimétrica. No programa Matlab e usando a rede *Bayesian regulation backpropagation* foram realizadas as seguintes etapas:

- Inserção de todas as conexões com pesos aleatórios;
- Repetição do treinamento até que o erro se tornou satisfatório;

- Cálculo da resposta obtida;
- Confrontação com dados empíricos para validação do modelo.

Depois do treinamento do algoritmo o modelo foi treinado com dados *in loco* do município de São Joaquim de Bicas – MG para o ano de 2013. Os resultados da composição gravimétrica da previsão se mostraram semelhantes quanto foram comparados com os valores da composição gravimétrica medido em campo, conforme está apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Comparação entre os resultados obtidos *in loco* e com o modelo



Fonte: Aguiar e Silveira, 2015

Com esses dois trabalhos é possível observar que os modelos estatísticos e de redes neurais utilizados são suficientes para fazer uma análise entre os fatores socioeconômicos e a composição gravimétrica, assim como, ser capaz de prever a composição em cenários futuros, contribuindo para as ações de gestores municipais.

4. METODOLOGIA

4.1. Área de estudo

O estado de Minas Gerais foi escolhido para o estudo já que é o que possui o maior número de municípios no Brasil, sendo o total de 853 municípios. Este estado possui o nono maior IDH do país (0,731) e uma população de 19.597.330 pessoas (IBGE, 2010). A maior parte da população mineira se encontra entre os 30 e 39 anos e vive em zona urbana (85,3%), sendo apenas 14,7% moradores da zona rural (IBGE, 2010).

Segundo o IBGE, o estado é dividido em 12 mesorregiões, sendo elas a região Noroeste de Minas, Norte de Minas, Jequitinhonha, Vale do Mucuri, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, Central, Metropolitana de Belo Horizonte, Vale do Rio Doce, Oeste de Minas, Sul e Sudoeste de Minas, Campos das Vertentes e Zona da Mata. As características da população, PIB, taxa de urbanização e municípios polos de cada mesorregião estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Características das 12 mesorregiões do estado de Minas Gerais

Região	População 2010	PIB 2010 (%)	População Urbana 2010 (%)	Microrregiões
Campo das Vertentes	554.354	1,95	84,56	Barbacena, Lavras e São João del-Rei
Metropolitana	6.236.117	45,71	95,33	Belo Horizonte, Conceição do Mato Dentro, Conselheiro Lafaiete, Itabira, Itagura, Ouro Preto, Pará de Minas e Sete Lagoas
Norte	1.610.413	3,78	69,44	Bocaiúva, Grão Mogol, Janaúba, Januária, Montes Claros, Pirapora e Salinas
Central	412.712	1,54	87,31	Bom Despacho, Curvelo e Três Marias
Vale do Mucuri	385.413	0,90	67,70	Nanuque e Teófilo Otoni
Zona da Mata	2.173.374	7,81	80,80	Cataguases, Juiz de Fora, Manhuaçu, Muriaé, Ponte Nova, Ubá e Viçosa
Sul	2.438.611	11,11	81,2	Alfenas, Andrelândia, Itajubá, São Lourenço, Passos, Poços de Caldas, Pouso Alegre, Santa Rita do Sapucaí, São Sebastião do Paraíso e Varginha

Alto Paranaíba	2.144.482	14,66	91,40	Araxá, Frutal, Patos de Minas, Patrocínio, Ituiutaba, Uberaba e Uberlândia.
Oeste	955.030	3,75	88,23	Campo Belo, Divinópolis, Formiga, Oliveira e Piumhi
Noroeste de Minas	366.418	1,62	78,22	Paracatu e Unaí
Jequitinhonha	699.413	1,10	62,22	Almenara, Araçuí, Capelinha, Diamantina e Pedra Azul
Rio Doce	1.620.993	6,06	80,28	Aimorés, Caratinga, Governador Valadares, Guanhães, Ipatinga, Mantena e Peçanha

Fonte: Fundação João Pinheiro, IBGE, 2010

O nome dado ao estado vem de sua origem minerária no século XVI, a partir de quando houve o desbravamento pelos bandeirantes, em busca do ouro e pedras preciosas (Governo do Estado de Minas Gerais, 2019). A exploração minerária fez com que outras atividades econômicas de exportação não se desenvolvessem durante o período colonial. Esse fato se modificou no século XIX, com o crescimento do setor agropecuário, principalmente com a produção e exportação de café. A produção de café proporcionou o povoamento e desenvolvimento da infraestrutura de transporte no estado (Governo do Estado de Minas Gerais, 2019). Com a política de industrialização reforçada pela Proclamação da República foram se desenvolveram indústrias do ramo de laticínios, açúcar, têxteis e siderúrgicas.

Já no século XX, na década de 50, ocorre um declínio da mineração e com isso a indústria passa a ter relevância. Na década de 80, houve o crescimento de setores da indústria como, siderúrgico, automobilístico e de construção civil. Ao longo dos anos a economia mineira foi se desenvolvendo com a agropecuária e o parque industrial, sendo 39% do PIB representado pela indústria. A heterogeneidade dos setores da economia faz com que as mesorregiões tenham diferentes negócios (MEC, 2000).

O histórico da industrialização apresentado serve de base para entender o porquê de atualmente a região Central ser a detentora de 46,6% do PIB estadual, sendo regiões, como o Norte, Jequitinhonha e Rio Doce, detentoras de 12,2% juntas (Associação Mineira de Municípios, 2014).

Como mostrado anteriormente com dados do PIB, população e taxa de urbanização, as mesorregiões são bem diferentes entre si. Essa diferença também se faz presente nas atividades econômicas de cada mesorregião como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Divisão das atividades econômicas do estado de Minas Gerais por mesorregião

Região	Atividade Econômica
Central e Metropolitana	Metalurgia do alumínio, automóveis, bebidas, calçados, têxtil, mineração, produtos alimentares, metalurgia do zinco, autopeças, bens de capital, vestuário, siderurgia, refino de petróleo e turismo
Mata	Produção de suco de fruta, café, produtos alimentares, metalurgia do zinco, siderurgia e automóveis.
Sul de Minas	Café, pecuária leiteira, metalurgia do alumínio, mineração, agroindústria, eletroeletrônicos, helicópteros, autopeças, bebidas, têxtil e turismo.
Triângulo	Açúcar, álcool, pecuária, produção e processamento de grãos, processamento de carne, cigarros, fertilizantes, processamento de madeira, reflorestamento e comércio atacadista.
Alto Paranaíba	Agricultura, pecuária, cerâmica, produtos alimentares, mineração, metalurgia e turismo.
Centro-Oeste de Minas	Cerâmica, bebidas, calçados, minerais não metálicos, fogos de artifício, fundição, têxtil, artigos de vestuário e ferro-gusa.
Noroeste de Minas	Agricultura, pecuária e mineração
Jequitinhonha	Agropecuária, mineração, pedras ornamentais, pedras preciosas e reflorestamento.
Rio Doce	Produção de autopeças, têxtil, agropecuária, celulose, siderurgia, mecânica pesada, produtos alimentares e reflorestamento.

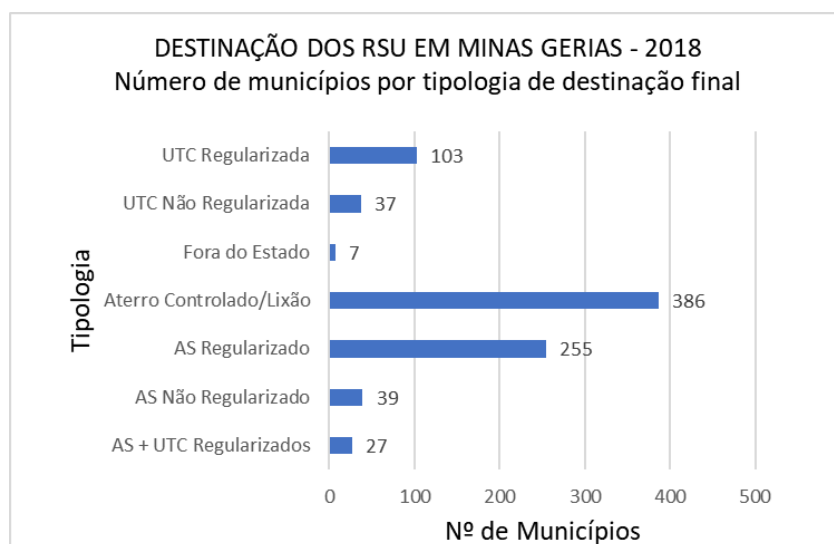
Fonte: Associação Mineira de Municípios, 2014

A disparidade entre regiões se faz presente também no PIB per capita, sendo o Triângulo Mineiro com o maior valor de R\$ 21 mil e a região do Jequitinhonha com um valor 4 vezes menor, de R\$ 5,2 mil (Associação Mineira de Municípios, 2014).

Quando o assunto é resíduo sólido, desde 2001, a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) implementa políticas públicas em relação a gestão de RSU do estado. Em 2003, foi lançado o programa Minas Sem Lixão, que tinha como principais metas para até 2011 finalizar com 80% dos lixões e fazer a disposição final adequada de 60% dos RSUs, devidamente licenciados pelo Conselho de Política Ambiental (COPAM). No último relatório da FEAM sobre a situação da gestão em 2018 (Figura 5), 61,87% da população urbana era atendida por um sistema de destinação final ambientalmente correto, correspondendo a 11.460.176

habitantes e no relatório ABRELPE, em 2016, a geração de RSU em Minas Gerais era de 18.751 t/dia, sendo a produção per capita de 0,816 kg/hab/dia.

Figura 5 - Destinação dos RSU em Minas Gerais (2018) – Número de municípios por tipologia de destinação final



Fonte: FEAM, 2019

Sendo, UTC = Unidade de Triagem e Compostagem e AS = Aterro Sanitário.

4.2. Levantamento dos dados

Foram feitas pesquisas na web com os termos “Planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos”, “Planos municipais de saneamento” e “Composição gravimétrica de cidades em Minas Gerais” buscando encontrar os planos e estudos que continham a composição gravimétrica de qualquer município mineiro por meio da NBR 10.007/2004 (Apêndice A). As frações da composição gravimétrica em cada Plano e estudo foram classificadas de formas diferentes, por isso se separou as frações em 3 grandes grupos: orgânicos (resto de comida e poda), recicláveis (papel e papelão, plástico, metal e vidro) e rejeito (todas as frações que não foram consideradas orgânicas ou recicláveis mais madeira e trapos). Dos 3 grupos foram escolhidas apenas as frações majoritárias, orgânico e reciclável, para se aprofundar nas análises.

Os dados socioeconômicos selecionados, como variáveis que influenciam nas características dos RSU, com base no referencial teórico, foram o PIB, devido a sua análise

anual e o IDH que consegue abranger longevidade, educação e renda. Estes dados foram coletados no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA).

Os dados socioeconômicos foram obtidos para o mesmo ano da descrição da composição gravimétrica. Como o IDH possui dados apenas para os anos de 1991, 2000 e 2010, a estimativa do IDH para o ano que se obteve a composição gravimétrica foi feita através de interpolação de Lagrange (Apêndice B) através da linguagem Python, no software Jupiter Notebook. Já o PIB foi obtido por mesorregião (considerando todos os municípios da mesorregião) no SIDRA e se calculou a média ao se juntar as mesorregiões vizinhas para análise.

Um dos problemas de se usar uma grande área de pesquisa é a generalização do comportamento. Para diminuir a generalização, os dados de gravimetria para os municípios identificados nesse trabalho foram divididos em dois grupos: análise por mesorregiões e análise por tamanho da população.

4.3. Análise descritiva

Os dados encontrados e compilados foram analisados de três modos previamente definidos. Primeiro, se fez uma análise descritiva dos dados de forma global, ou seja, numa visão ampla para todo o estado de Minas Gerais. Em seguida, os dados foram agrupados em mesorregiões (Tabela 3) e foram analisados dentro de cada grupo.

A divisão por mesorregiões obedeceu a divisão do IBGE para o estado de Minas Gerais, que tem 12 mesorregiões, sendo essas: a região Noroeste de Minas, Norte de Minas, Jequitinhonha, Vale do Mucuri, Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, Central, Metropolitana de Belo Horizonte, Vale do Rio Doce, Oeste de Minas, Sul e Sudoeste de Minas, Campos das Vertentes e Zona da Mata.

Tabela 3 – Divisão dos municípios coletados por mesorregião

Mesorregião	Cidades
Rio Doce - Zona da Mata	Andrelândia, Bugre, Caratinga, Coroaci, Dom Silvério, Guanhães, Maria da Fé, Passa Quatro, Simonésia, Timóteo e Viçosa.
Central - Metropolitana	Belo Horizonte, Betim, Congonhas, Contagem, Desterro de Entre Rios, Felixlândia, Fortuna de Minas, Itabira, Joaquim Felício, Mariana e Ouro Branco.
Noroeste - Norte	Bocaiúva, Coração de Jesus, Guarda-Mor, Indaiabira, Itacarambi, Janaúba, Japonvar, Juramento, Montes Claros, Salinas, Santo Antônio do Retiro, São Gonçalo do Abaeté, São João do Paraíso, Varjão de Minas, Vazante.

Jequitinhonha	Almenara, Bandeira, Divisópolis, Felisburgo, Jacinto, Jequitinhonha, Joáima, Jordânia, Mata Verde, Monte Formoso, Palmópolis, Presidente Kubitschek, Rio do Prado, Salto da Divisa, Santa Maria do Salto, Santo Antônio do Jacinto.
Sul – Campo das Vertentes	Andradas, Elói Mendes, Guaxupé, Ijaci, Ingaí, Luminárias, Maria da Fé, Nepomuceno, Passa Quatro, Ribeirão Vermelho e Varginha.
Oeste - Alto Paranaíba	Araporã, Canápolis, Cana Verde, Candeias, Carmo do Cajuru, Carmo do Paranaíba, Centralina, Cláudio, Coromandel, Gurtinhatã, Divinópolis, Ituiutaba, Monte Alegre de Minas, Nova Ponte, Prata, Serra do Salitre e Uberlândia.

Fonte: Autora.

As mesorregiões com menos de 10 municípios foram agrupadas com mesorregiões vizinhas para formar amostras maiores e mais representativas estatisticamente para alguns cálculos, sendo estas: Rio Doce com Zona da Mata, Central com Metropolitana, Noroeste com Norte, Sul com Campo das Vertentes e Oeste com Alto Paranaíba. Teve-se o cuidado de agrupar mesorregiões vizinhas já que provavelmente possuem características socioeconômicas semelhantes e, assim, ter uma composição gravimétrica com alguma semelhança.

Por fim, os dados foram agrupados por tamanho da população dos municípios e analisados dentro dos grupos. A divisão entre os municípios em relação a quantidade de habitantes foi feita considerando a divisão do IBGE (2000) com ajuste para que não houvesse grupos com menos de 10 municípios – já que um número maior de amostra permite a melhor condução de análises estatísticas. Assim, os dados foram agrupados em: até 10.000 habitantes, de 10.001 a 20.000 habitantes, de 20.001 a 50.000 habitantes e acima de 50.000 habitantes. Essa divisão será necessária para fazer inferências entre o porte do município, as características gravimétricas e socioeconômicas.

Na Tabela 4 está apresentada a divisão das cidades pela faixa de tamanho da população. É possível perceber que a maior parte dos dados foi coletado de municípios com até 10.000 habitantes seguido da classe de 10.001 a 20.000, considerados municípios de pequeno porte.

Tabela 4 – Divisão dos municípios por número de habitantes

Divisão	Cidades
Até a 10.000	Bugre, Fortuna de Minas, Joaquim Felício, Juramento, Monte Formoso, Pres. Kubitschek, Ribeirão Vermelho, Araporã,

	Bandeira, Cana Verde, Desterro de Entre Rios, Divisópolis, Dom Silvério, Felisburgo, Guarda Mor, Gurinhatã, Ijaci, Indaiabira, Japonvar, Luminarias, Mata Verde, Palmópolis, Rio do Prado, Salto da Divisa, Santa Maria do Salto, Santo Antônio do Retiro, São Gonçalo do Abaeté e Varjão de Minas.
10.001 a	Andrelândia, Canápolis, Candeias, Carmo do Paranaíba,
20.000	Centralina, Coroaci, Felixlândia, Itacarambi, Jacinto, Joáima, Jordânia, Maria da Fé, Monte Alegre de Minas, Nova Ponte, Passa Quatro, Rubim, Santo Antônio do Jacinto, Serra do Salitre, Siminésia e Vazante
20.001 a	Almenara, Andradas, Carmo do Cajuru, Cláudio, Coração de
50.000	Jesus, Coromandel, Eloi Mendes, Gunhães, Jequitinhonha, Nepomuceno, Ouro Branco, Prata, Salinas e São João do Paraíso.
Acima de	Bocaiúva, Caratinga, Congonhas, Guaxupé, Ingaí, Janaúba,
50.000	Mariana, Timóteo, Viçosa, Betim, Divinópolis, Itabira, Ituiutaba, Montes Claros, Varginha, Belo Horizonte, Contagem, Juiz de Fora e Uberlândia.

Fonte: Autora

Os dados de composição gravimétrica, agrupados em mesorregião e por tamanho da população foram correlacionados com os dados socioeconômicos através de uma Regressão Linear. A Regressão Linear busca estabelecer o valor de uma ou mais variáveis a partir de outras variáveis. A Regressão Linear Simples é definida por uma relação linear entre uma variável dependente e uma variável independente, onde vários pares ordenados (x_i, y_i) são relacionados por uma reta, sendo “x” a única variável independente (Portal Action, 2020).

As regressões lineares simples seguem a seguinte equação:

$$y = \alpha + \beta x$$

Sendo:

x = variável independente;

y = variável dependente;

β = Inclinação da reta;

α = Intercepto (Ponto em y quando $x = 0$).

O coeficiente de determinação (R^2) determina o quanto a variável x explica a variação em y, ou seja, o grau de relação existente entre essas duas variáveis. Este valor varia de 0 a 1, sendo que quanto maior, melhor a qualidade do ajuste numérico (Portal Action, 2020). É o coeficiente de determinação que foi responsável por analisar se as variáveis se ajustavam ao modelo de Regressão Linear ou não, ou seja, determinar se com o IDH ou PIB é possível prever a composição gravimétrica.

4.4. Análise estatística

A análise estatística se deu pela ferramenta XLSTAT do Excel e foi iniciada pelo teste da hipótese de normalidade da população (Shapiro-Wilk) de orgânicos e recicláveis. O teste de normalidade serve para estimar se a distribuição de probabilidade associada a um conjunto de dados pode ser aproximada pela distribuição normal (Portal Action, 2020).

A amostra de orgânicos segue a distribuição normal, mas a de recicláveis não, por isso se optou pelo uso de testes não-paramétricos para a análise dos dados. Os testes não-paramétricos são utilizados quando se trata de amostras heterogêneas em que não se sabe a distribuição ou que não segue a distribuição normal (Portal Action, 2020).

O primeiro teste não-paramétrico usado foi o de Mann-Whitney, que considera duas amostras independentes e pretende entender se uma população tende a ter valores maiores do que a outra, ou se elas têm a mesma mediana. Ao aplicar o teste se consideram duas populações P1 e P2 e suas funções de distribuição igual a F e G, neste caso, a hipótese nula é que $F(t) = G(t)$ para todo t, sendo assim as amostras pertenceriam a mesma população (Portal Action, 2020).

O teste utiliza o p-valor para verificar se a diferença entre as medianas é estatisticamente significativa. Se o p-valor for maior que o alfa (significância), a hipótese nula é rejeitada e a diferença entre as medianas é estatisticamente significativa, mas se o p-valor for menor que alfa, não há evidências de que as medianas são diferentes estatisticamente significativas e a hipótese nula não é rejeitada (JIN HEE KIM, 2019).

O segundo teste usado foi o Kruskal-Wallis, teste complementar ao de Mann-Whitney que compara várias amostras e testa a hipótese nula de que todas as populações possuem a mesma

função de distribuição, contra a hipótese de ao menos duas populações terem distribuições diferentes (Portal Action, 2020).

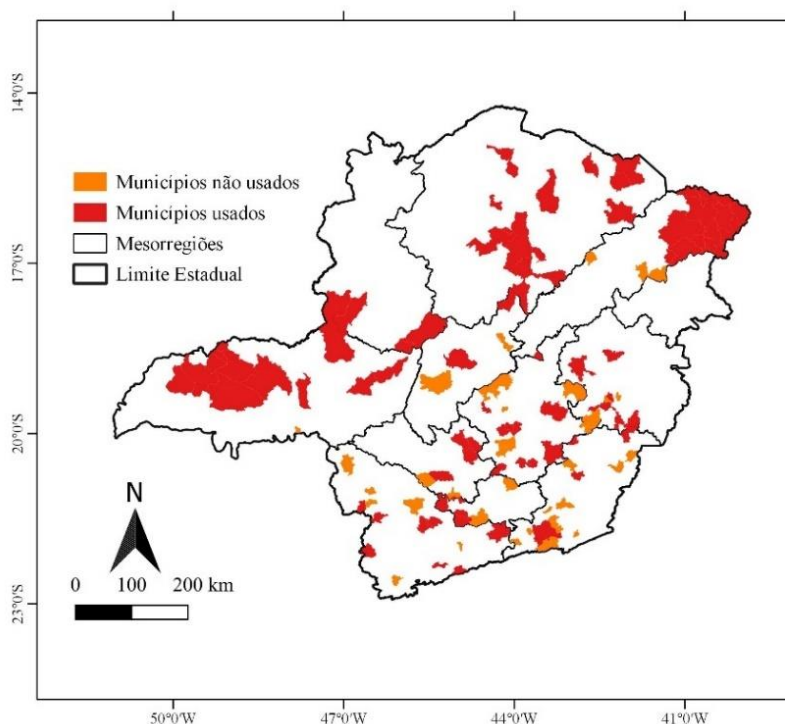
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Dados coletados

Os dados de composição gravimétrica dos municípios mineiros foram encontrados em vários planos de gestão de resíduos sólidos, planos de saneamento e trabalhos científicos. Na pesquisa foram encontrados ao todo 125 dados de composição gravimétrica (Apêndice A).

Como o PIB só começou a ser calculado a partir do ano de 1999, os municípios com composição gravimétrica estimada antes desse período foram excluídos. Assim, depois da filtragem e estruturação dos dados, ficaram apenas 81 municípios dos 125 coletados, cujas localizações estão apresentadas na Figura 6. Esse número apesar de ser baixo condiz com a dificuldade em se obter dados de qualidade dos municípios, assim como aconteceu com a FEAM (2017), que só aproveitou 170 municípios ao analisar a qualidade dos dados enviados para o órgão.

Figura 6 – Distribuição dos municípios de origem dos dados com divisão entre dados coletados e usados



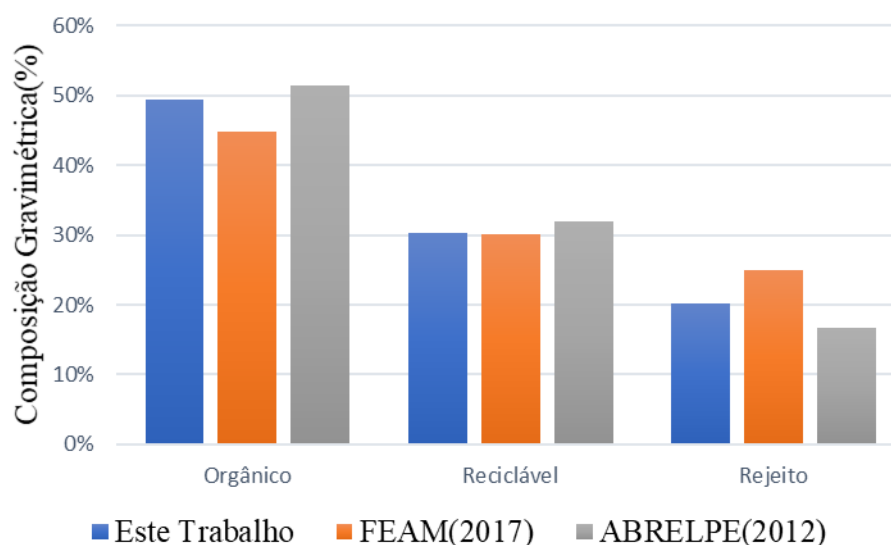
Fonte: Autora.

5.2. Análise descritiva

5.2.1. Total

A fração média encontrada para orgânicos é de 49,41% \pm 12,62%, enquanto a nacional é de 51,4% (ABRELPE, 2012). Comparando os valores os dados obtidos apresentam uma porcentagem menor que a média nacional. Comparada com a média calculada pela FEAM (2017) de 44,82%, a média encontrada é maior. A fração média dos materiais recicláveis teve resultado de 30,33% \pm 11,91%, valor médio se encontra abaixo da média nacional que é de 31,9% (ABRELPE, 2012) e é quase igual a estadual de 30,17% (FEAM, 2017). Enquanto a fração de rejeito que teve a média de 20,27% \pm 11,19%, valor que se encontra acima da média nacional de 16,7% (ABRELPE, 2012) e abaixo da estadual de 25,01% (FEAM, 2017). Esta comparação entre diferentes fontes se encontra na Figura 7.

Figura 7 – Comparação da média das composições gravimétricas de diferentes fontes.



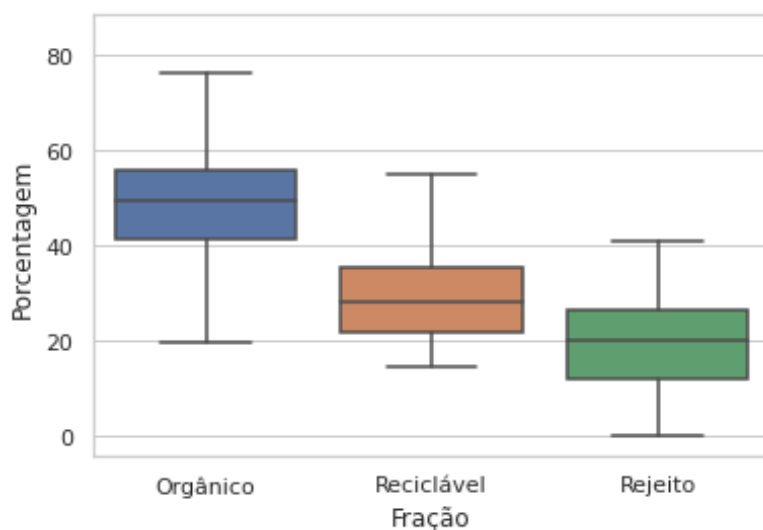
Fonte: Autora.

É possível observar que existe uma grande variação entre o mínimo e o máximo das frações dos resíduos (Figura 8), essa variação pode ser explicada pela variação existente nas características de cada cidade considerando que existem vários fatores locais que irão influenciar nessa composição das frações. Uma análise apenas nos dados totais seria

problemática por ser uma generalização, sendo que o estado de Minas Gerais possui uma grande área e regiões com características muito diferentes, principalmente econômica e socialmente.

Os dados apresentados de forma total podem não fornecer informações suficientes para uma generalização das outras cidades que não tem dados de gravimetria coletadas já que a variação da fração é grande (Figura 8). Por isso, as análises desse trabalho se concentraram na divisão dos dados em grupos nas próximas seções.

Figura 8 - Distribuição das frações gravimétricas coletadas



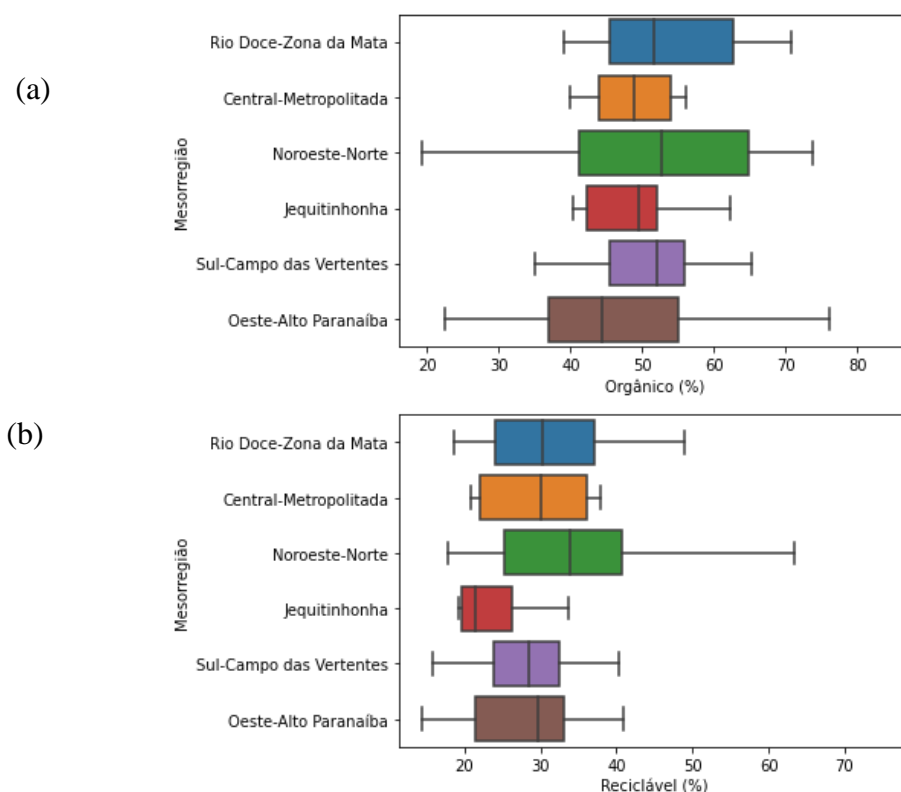
Fonte: Autora.

5.2.2. Mesorregiões

Nas Figuras 9a e 9b estão apresentadas as distribuições das frações orgânica e reciclável (que são as frações majoritárias) em cada grupo de mesorregião do estado, sendo a fração orgânica a que possui os maiores valores. Observa-se que, mesmo que as mesorregiões dividam o estado em 12 partes, a diferença da composição gravimétrica dentro delas é grande. Há uma grande diferença entre os máximos e mínimos para cada fração.

As mesorregiões do Noroeste-Norte são as que apresentam a maior variação da fração, tanto de orgânicos quanto de recicláveis, entre as frações das 15 cidades coletadas, sendo na fração orgânica o valor mínimo (19,4%) e o valor máximo (73,8%). Já o maior valor da fração orgânica encontrado foi nas mesorregiões Oeste-Alto Paranaíba com o valor de 76%. Na fração dos recicláveis as mesorregiões do Noroeste-Norte são as que apresentam maior valor da fração (75,6%) e o Oeste-Alto Paranaíba o menor (14,5%).

Figura 9 – Análise da composição gravimétrica por grupos de mesorregião considerando a a) fração orgânica e b) fração reciclável.



Fonte: Autora.

Segundo Thomaz (2016), existe uma correlação negativa entre o PIB de uma população e a quantidade de orgânicos na fração de RSU, ou seja, quanto maior o PIB menor a quantidade de resíduo orgânico gerado. Na Tabela 5 estão apresentados os dados da média da fração orgânica (calculada a partir dos dados coletados de cada cidade, para cada mesorregião) e a PIB médio calculado a partir dos dados das mesorregiões no SIDRA (2010).

Tabela 5 – Caracterização das mesorregiões em relação à média da fração orgânica e do PIB médio.

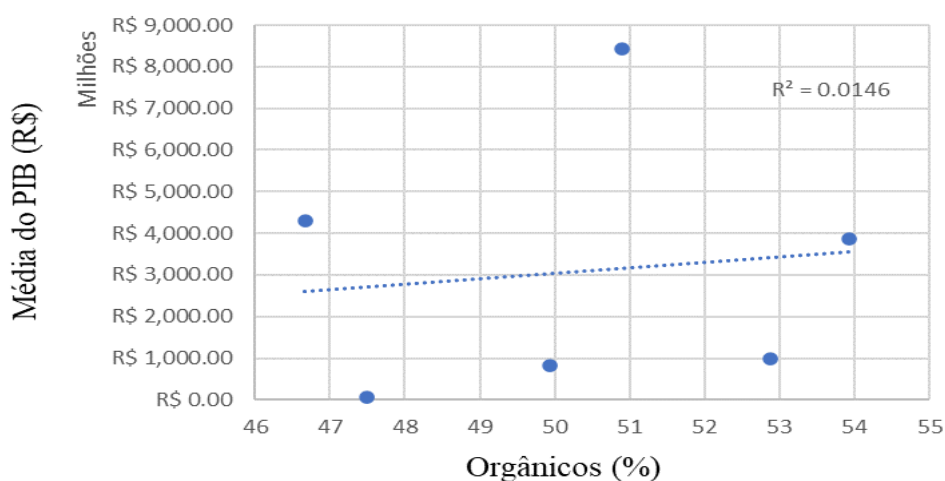
Mesorregiões	Número de municípios por Mesorregião	Média de Orgânico (%)	PIB médio (R\$)
Rio Doce – Zona da Mata	10	53,93	3,871 milhões

Central – Metropolitana	11	50,90	8,417 milhões
Noroeste - Norte	15	49,93	829 milhões
Jequitinhonha	17	47,50	75 milhões
Sul – Campo das Vertentes	11	52,88	975 milhões
Oeste – Alto Paranaíba	4	46,67	4.307 milhões

Fonte: Autora

Comparando o PIB médio com a fração orgânica não percebemos a correlação entre as duas variáveis. As mesorregiões possuem valores próximos de fração orgânica e a mesorregião do Jequitinhonha é a que teve um menor valor de fração orgânica (47,50 %) e o menor valor de PIB (R\$ 75 milhões), não sendo capaz de provar a afirmação de Thomaz (2016). Já ao avaliar se o modelo se ajusta a regressão linear se teve como coeficiente de determinação (R^2) igual a 0.01 (Figura 10), mostrando que as variáveis utilizadas explicam pouco da variância do modelo linear.

Figura 10 – Regressão linear Médias dos Orgânicos x PIB Médio



Fonte: Autora.

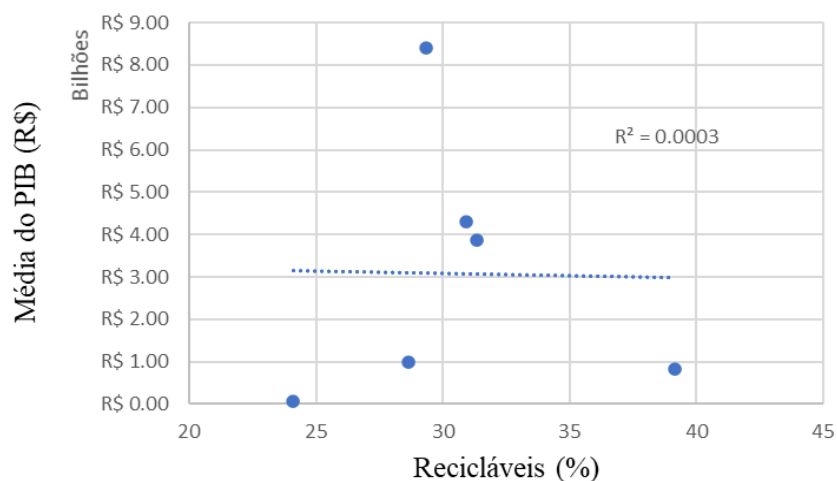
Na Tabela 6 estão apresentados os dados de fração reciclável e renda per capita das mesorregiões. Esperava-se que com o aumento do PIB também tivesse um aumento da fração reciclável (THOMAZ, 2016), mas em contradição ao esperado a mesorregião do Noroeste-Norte apresentou uma fração de recicláveis alta para um PIB médio mais baixo. Logo, na análise de correlação e a linearização dos dados teve um resultado positivo de R^2 , mas muito próximo de zero (Figura 11), mostrando que o modelo linear quase não explica a variabilidade dos dados.

Tabela 6 – Caracterização das mesorregiões em relação à média da fração reciclável e do PIB médio.

Mesorregiões	Número de municípios por Mesorregião	Média de Reciclável (%)	PIB médio (R\$)
Rio Doce – Zona da Mata	10	31,36	3,871 milhões
Central – Metropolitana	11	29,35	8,417 milhões
Noroeste - Norte	15	39,15	829 milhões
Jequitinhonha	17	24,11	75 milhões
Sul – Campo das Vertentes	11	28,64	975 milhões
Oeste – Alto Paranaíba	4	30,92	4.307 milhões

Fonte: Autora

Figura 11 – Regressão linear Médias dos Recicláveis x PIB Médio



Fonte: Autora

Segundo Aguiar e Silveira (2016), o IDH é a variável que melhor descreve a relação entre um fator socioeconômico e a fração de resíduos. Nesse trabalho, esperava-se a mesma relação apresentada pelo PIB: quanto maior o IDH, maior seria a fração reciclável e menor a fração orgânica. Essa tendência não foi encontrada como mostra a Tabela 7, um dos motivos que podem ter gerado esse resultado é que as frações orgânicas não são significativamente diferentes entre si.

Tabela 7 – Média da fração orgânica e média do IDH de cada mesorregião

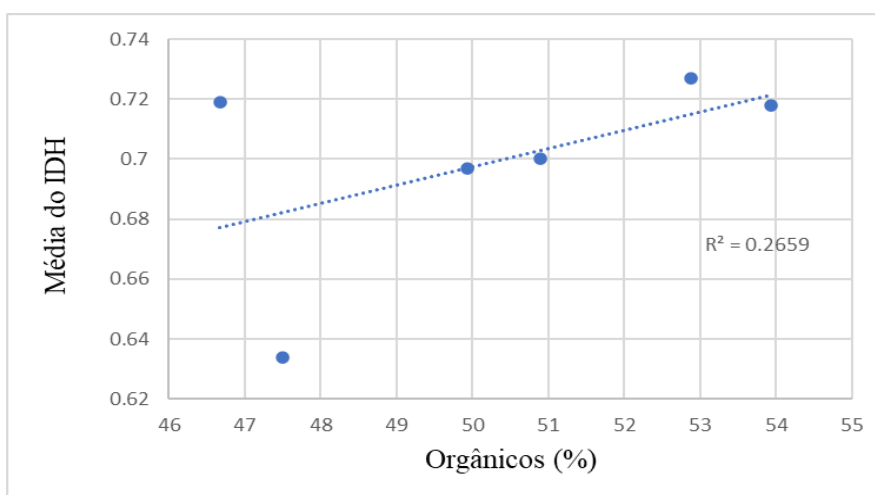
Mesorregiões	Número de municípios por Mesorregião	Média de Orgânico (%)	IDH médio
Rio Doce – Zona da Mata	10	53,93	0.718
Central – Metropolitana	11	50,90	0.700
Noroeste - Norte	15	49,93	0.697
Jequitinhonha	17	47,50	0.634
Sul – Campo das Vertentes	11	52,88	0.727

Oeste – Alto	4	46,67	0.719
Paranaíba			

Fonte: Autora

Uma análise de correlação e a linearização dos dados teve um resultado positivo de R^2 , mas próximo de zero (Figura 12). Isso mostra que o modelo linear quase não explica a variabilidade dos dados, ou seja, há tendência dos dados a não se ajustarem ao modelo linear. Assim, os dados desse estudo mostram que seria difícil estimar a fração de orgânicos a partir unicamente do IDH.

Figura 12 – Regressão linear Média de Orgânico e IDH



Fonte: Autora

Ao se observar os valores médios de IDH e a média da fração reciclável (Tabela 8), é possível notar que os valores de IDH são variados entre as mesorregiões (variou de 0,634 a 0,727), porém a fração de material reciclável variou de 24,11 a 31,36. A partir da regressão linear foi possível observar que não existe uma relação linear entre os dados sendo o $R^2 \approx 2$ (Figura 13).

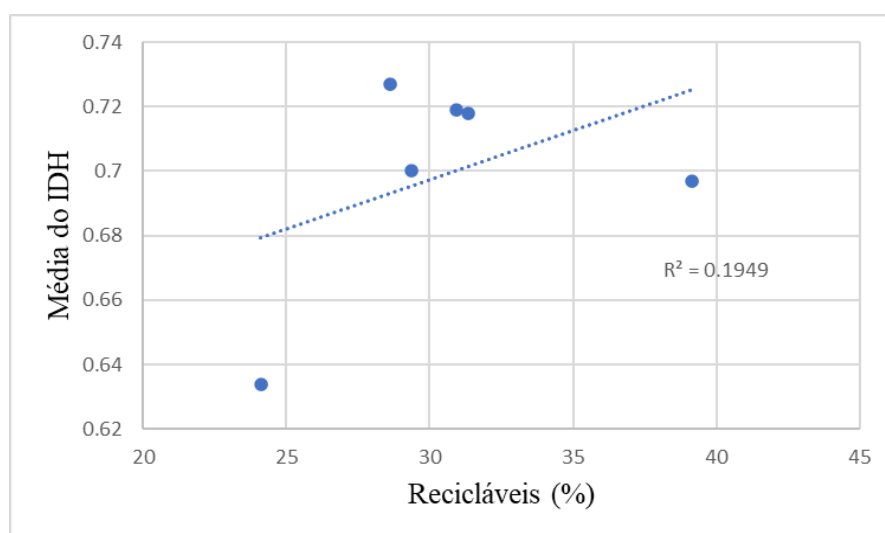
Tabela 8 – Média da fração reciclável e média do IDH de cada mesorregião

Mesorregiões	Número de municípios por Mesorregião	Média de Reciclável (%)	IDH médio
---------------------	---	--------------------------------	------------------

Rio Doce – Zona da Mata	10	31,36	0.718
Central – Metropolitana	11	29,35	0.700
Noroeste – Norte	15	39,15	0.697
Jequitinhonha	17	24,11	0.634
Sul – Campo das Vertentes	11	28,64	0.727
Oeste – Alto Paranaíba	4	30,92	0.719

Fonte: Autora

Figura 13 – Regressão linear Média de Recicláveis e IDH



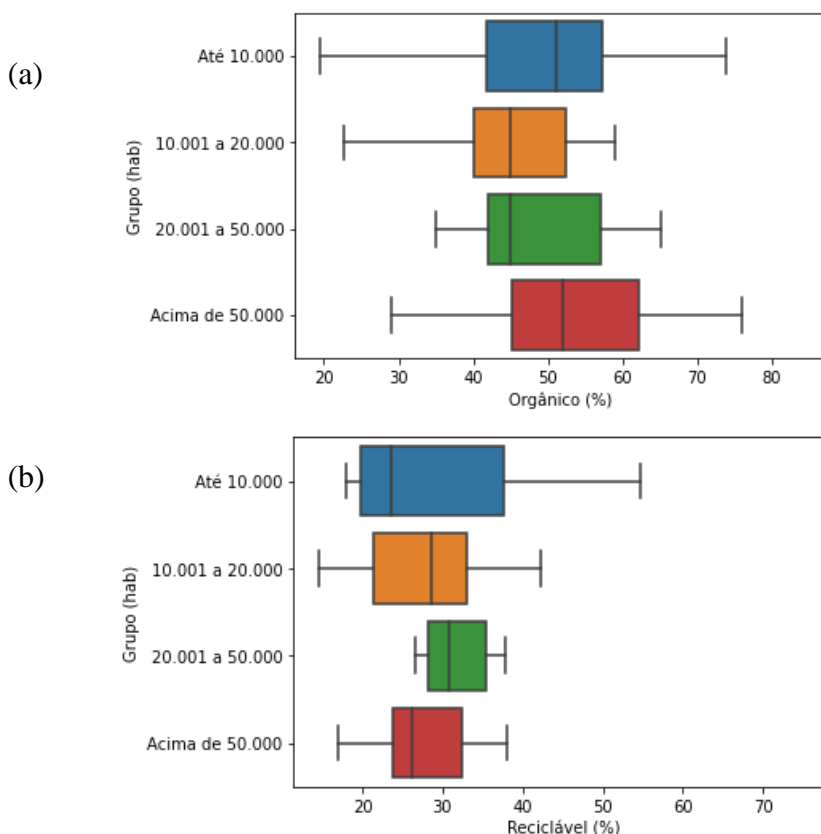
Fonte: Autora

Analisando a correlação entre as frações orgânicas e recicláveis com os dados socioeconômicos, PIB e IDH, foi possível observar que os dados não se ajustam ao modelo linear, sendo assim, não é possível se prever a composição gravimétrica com essas duas variáveis, como foi observado na revisão bibliográfica. Uma hipótese considerada para que a correlação seja diferente da apresentada na bibliografia é que os dados foram obtidos de forma secundária, não se sabendo a confiança dessa informação.

5.2.3. Tamanho da população

A distribuição das frações predominantes (orgânica e reciclável) em relação a população dos municípios mostra que – assim como a divisão dos dados por mesorregiões – existe uma grande variação dos valores da porcentagem de orgânicos (Figura 14a) e uma menor variação de recicláveis num mesmo grupo (Figura 14b).

Figura 14 – a) Distribuição da fração orgânica por grupo de habitantes; b) Distribuição da fração reciclável por grupo de habitantes



Fonte: Autora

Como mencionado anteriormente, se esperava que com o aumento do PIB haveria um aumento da fração reciclável e uma diminuição da fração orgânica. Na Tabela 9 se observa que os resultados por agrupamento de população deram ao contrário do esperado, ou seja, os agrupamentos com maior PIB e maior IDH têm a maior fração orgânica e a fração reciclável não tem grande diferença entre os grupos.

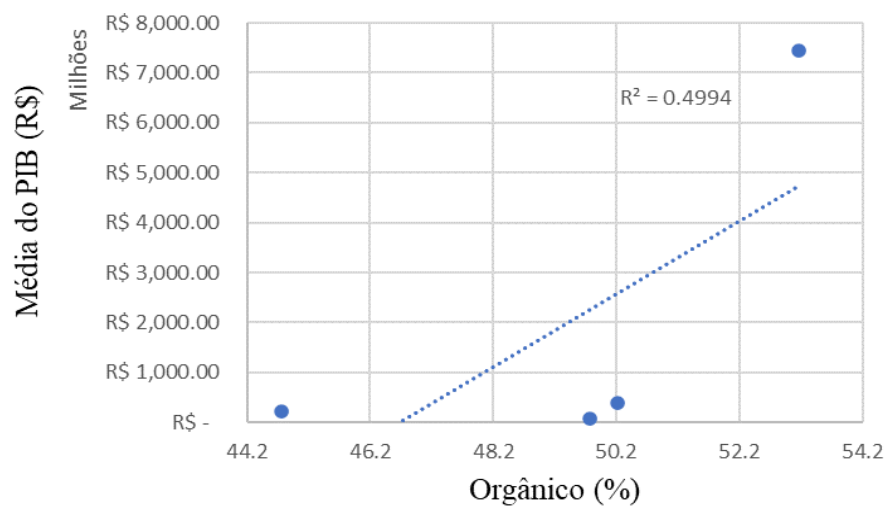
Tabela 9 – Média do IDH, do PIB, de Reciclável e de Orgânico por tamanho da população.

Tamanho da população	Média do IDH	Média do médio (R\$)	Média de Reciclável (%)	Média de Orgânico (%)
Até 10.000	0.664	90 milhões	29.67	49.78
10.001 até 20.000	0.693	223 milhões	30.41	44.76
20.001 até 50.000	0.7	403 milhões	31.03	50.23
Acima de 50.000	0.763	7.443 milhões	30.71	53.16

Fonte: Autora

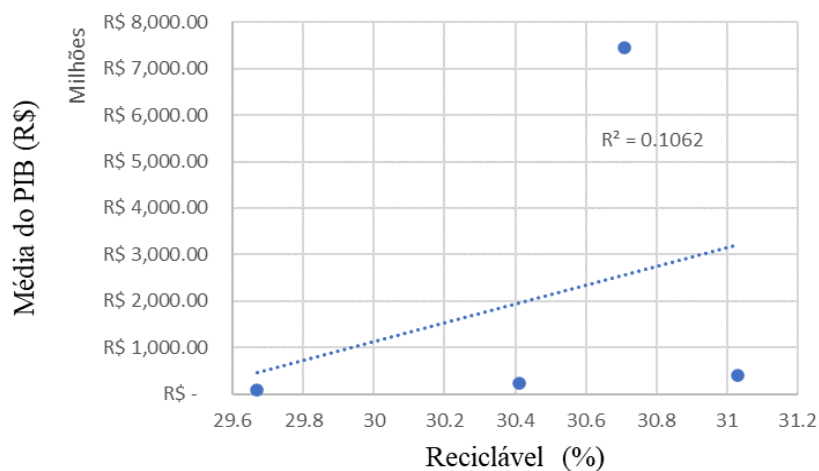
Ao analisar a correlação entre o PIB e as frações orgânicas e recicláveis obtemos os resultados da Figura 15 e 16.

Figura 15 – Regressão Linear Média do PIB e Orgânico.



Fonte: Autora

Figura 16 – Regressão Linear Média do PIB e Reciclável.

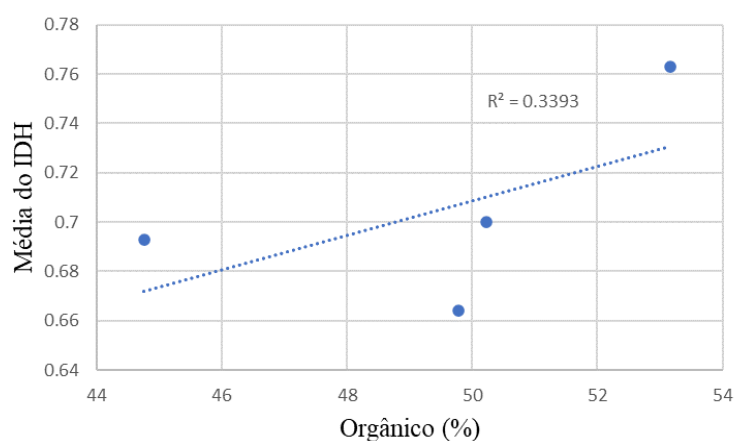


Fonte: Autora

Como observado na Tabela 9 o PIB tem uma relação positiva com a fração orgânica, diferentemente da revisão bibliográfica. Já a correlação entre o PIB e as frações orgânica e reciclável é baixa, conforme se observam os valores de R^2 .

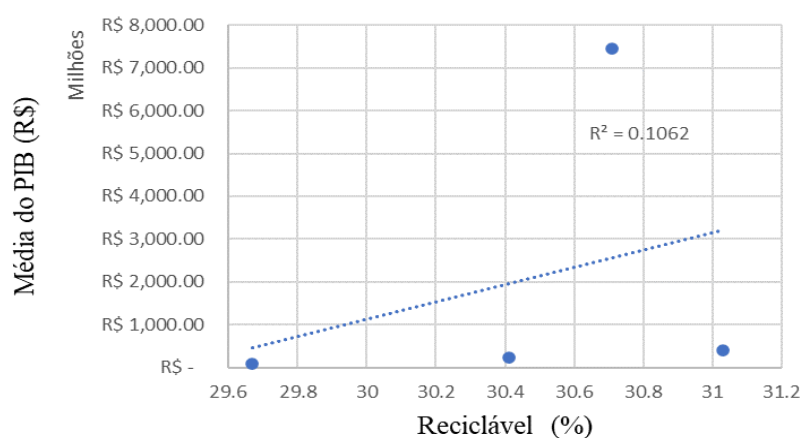
Ao analisa o IDH com as frações reciclável e orgânico chegamos nos resultados da Figura 17 e 18.

Figura 17 – Regressão Linear Média do IDH e Orgânico.



Fonte: Autora.

Figura 18 – Regressão Linear Média do IDH e Reciclável.



Fonte: Autora.

Como observado na Tabela 9 o IDH também tem uma relação positiva com a fração orgânica, diferentemente da revisão bibliográfica. Já a correlação entre o IDH e as frações orgânica e reciclável é baixa, conforme se observam os valores de R^2 .

As correlações através do coeficiente de correlação mostraram que os valores são próximos de zero, ou seja, não é possível fazer uma previsão da composição gravimétrica com os dados de PIB e IDH, mesmo os dados estando agrupados.

5.3. Análise estatística

O resultado do teste de Shapiro-Wilk mostrou que os dados totais da fração orgânica obedecem a distribuição normal, tendo um p-valor de 0,787, valor maior que o alfa (sendo $\alpha = 0,05$). Já a fração reciclável não obedece a distribuição normal, tendo um p-valor $< 0,0001$, valor menor que o alfa (sendo $\alpha = 0,05$), e por isso se foi necessário conduzir análises não paramétricas.

Na Tabela 10 são apresentados os valores de U e p-valor para o teste de Mann-Whitney analisando o agrupamento das mesorregiões com dados da fração orgânica testando a hipótese nula, ou seja, de que as amostras comparadas pertençam a mesma população. Já na Tabela 11 está apresentado o mesmo texto para o agrupamento das mesorregiões com os dados da fração reciclável.

Tabela 10 – Teste de Mann-Whitney para relação entre localização do município e fração orgânica (o símbolo * indica as comparações onde não existe diferença estatisticamente significativa entre os dados da fração orgânica entre as mesorregiões)

Mesorregião	Valor de U	p-valor
Jequitinhonha x Central-Metropolitana	72	0,698
Jequitinhonha x Norte-Noroeste	102	0,689
Jequitinhonha x Oeste-Alto Paranaíba	167,500	0,142
Jequitinhonha x Rio Doce-Zona da Mata	45	0,136
Jequitinhonha x Sul-Campo das Vertentes	65	0,452
Central-Metropolitana x Norte-Noroeste	65	0,784
Central-Metropolitana x Oeste-Alto Paranaíba	106	0,178
Central-Metropolitana x Rio Doce-Zona da Mata	32	0,315
Central-Metropolitana x Sul-Campo das Vertentes	46	0,796
Norte-Noroeste x Oeste-Alto Paranaíba	138	0,289
Norte-Noroeste x Rio Doce-Zona da Mata	53	0,547
Norte-Noroeste x Sul-Campo das Vertentes	66	0,829
Oeste-Alto Paranaíba x Rio Doce-Zona da Mata	34	0,031*
Oeste-Alto Paranaíba x Sul-Campo das Vertentes	47	0,084
Rio Doce-Zona da Mata x Sul-Campo das Vertentes	51,500	0,618

Fonte: Autora

Tabela 11 – Teste de Mann-Whitney para relação entre localização do município e fração reciclável (o símbolo * indica as comparações onde não existe diferença estatisticamente significativa entre os dados da fração reciclável entre as mesorregiões)

Mesorregião	Valor de U	p-valor
Jequitinhonha x Central-Metropolitana	34	0,014*
Jequitinhonha x Norte-Noroeste	52,5	0,012*
Jequitinhonha x Oeste-Alto Paranaíba	78	0,060
Jequitinhonha x Rio Doce-Zona da Mata	41	0,088
Jequitinhonha x Sul-Campo das Vertentes	46	0,080
Central-Metropolitana x Norte-Noroeste	54	0,371
Central-Metropolitana x Oeste-Alto Paranaíba	85	0,806
Central-Metropolitana x Rio Doce-Zona da Mata	49	0,780
Central-Metropolitana x Sul-Campo das Vertentes	57	0,631
Norte-Noroeste x Oeste-Alto Paranaíba	142	0,220
Norte-Noroeste x Rio Doce-Zona da Mata	80	0,305
Norte-Noroeste x Sul-Campo das Vertentes	96	0,138
Oeste-Alto Paranaíba x Rio Doce-Zona da Mata	74	0,923
Oeste-Alto Paranaíba x Sul-Campo das Vertentes	90	0,622
Rio Doce-Zona da Mata x Sul-Campo das Vertentes	50	0,720

Fonte: Autora

Os p-valores foram acima do alfa (sendo $\alpha = 0,05$) para quase todas as comparações feitas no Teste de Mann-Whitney para relação entre localização do município e fração orgânica. Ou seja, na maioria dos casos, a hipótese nula não foi rejeitada: não existe diferença estatisticamente significativa entre os dados da fração orgânica e as mesorregiões. As exceções foram as comparações da fração reciclável entre Jequitinhonha x Central-Metropolitana e Jequitinhonha x Norte-Noroeste, ou seja, a hipótese nula pode ser rejeitada pois existe estatisticamente uma diferença significativa entre as amostras.

Resultado semelhante foi obtido com o Teste de Mann-Whitney para relação entre localização do município e fração reciclável: praticamente todos os p-valores foram acima de alfa (sendo $\alpha = 0,05$), o que mostra que não existe diferença estatisticamente significativa entre os dados da fração reciclável e as mesorregiões. As exceções foram a comparação de orgânicos entre Oeste-Alto Paranaíba x Rio Doce-Zona da Mata, que apresentaram p-valor menor que o alfa, ou seja, a hipótese nula pode ser rejeitada pois existe estatisticamente uma diferença significativa entre as amostras.

Assim, fica estatisticamente provado que os dados das frações orgânicas e recicláveis das mesorregiões não são diferentes entre si, podendo os dados para todo o estado de Minas Gerais serem utilizadas para modelagem da composição gravimétrica.

5.3.1. Análise da influência do tamanho da população

Ao fazer o teste de Mann-Whitney com os dados separados por tamanho da população, os p-valores de todas as comparações foram acima do alfa (sendo $\alpha = 0,05$; Tabelas 12 e 13), ou seja, a hipótese nula não foi rejeitada: não existe diferença estatisticamente significativa entre os dados da fração orgânica ou reciclável entre as amostras.

Assim, é estatisticamente provável que os dados das frações orgânicas e recicláveis dos diferentes grupos de população não são diferentes entre si, podendo os dados para todo o estado de Minas Gerais serem utilizadas para modelagem da composição gravimétrica.

Tabela 12 - Teste de Mann-Whitney para relação entre tamanho do município e fração orgânica

Grupo de população	Valor de U	p-valor
Até 10.000 x 10.001 a 20.000	319,5	0,163
Até 10.000 x 20.001 a 50.000	204	0,419
Até 10.000 x Acima de 50.000	235,5	0,871
10.001 a 20.000 x 20.001 a 50.000	116	0,784
10.001 a 20.000 x Acima de 50.000	119,5	0,121
20.001 a 50.000 x Acima de 50.000	90	0,290

Fonte: Autora

Tabela 13 - Teste de Mann-Whitney para relação entre tamanho do município e fração reciclável

Grupo de população	Valor de U	p-valor
Até 10.000 x 10.001 a 20.000	288	0,489
Até 10.000 x 20.001 a 50.000	141	0,326
Até 10.000 x Acima de 50.000	174	0,112
10.001 a 20.000 x 20.001 a 50.000	92,5	0,242
10.001 a 20.000 x Acima de 50.000	149,5	0,523
20.001 a 50.000 x Acima de 50.000	137,5	0,423

Fonte: Autora

5.3.2. Análise da influência por mesorregião teste Kruskal-Wallis

Os dados se comparados por grupos de mesorregiões foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis (Tabela 14), onde foi testada a hipótese nula de que as amostras pertencem a uma mesma população. A hipótese nula não foi rejeitada já que o p-valor foi maior que o alfa (sendo $\alpha = 0,05$).

Tabela 14 - Teste de Kruskal-Wallis para relação entre mesorregiões e fração orgânica e reciclável

Fração	Valor de K	Valor de p-valor
Orgânico	10,337	0,066
Reciclável	6,275	0,280

Fonte: Autora

5.3.3. Análise da influência do tamanho da população teste Kruskal-Wallis

Ao se fazer o teste de Kruskal-Wallis comparando a influência do tamanho da população foi considerada também a hipótese nula de que as amostras comparadas pertencem a uma mesma população. Como todos os p-valor para a fração orgânica e reciclável analisando os municípios em grupos deram maiores que o alfa (sendo $\alpha = 0,05$; Tabela 15), a hipótese nula não foi rejeitada e é estatisticamente significativa a relação entre os dados, ou seja, as amostras pertencem a uma mesma população.

Tabela 15 - Teste de Kruskal-Wallis para relação entre tamanho da população e fração orgânica e reciclável.

Fração	Valor de K	Valor de p-valor
Orgânico	3,263	0,353
Reciclável	3,003	0,391

Fonte: Autora.

Com os resultados obtidos foi possível concluir que as amostras não se ajustam à regressão linear, e com isso a correlação medida entre PIB e IDH com as frações orgânica e reciclável é próxima de zero não sendo possível fazer uma previsão desses valores com os dados socioeconômico. As correlações foram diferentes das apresentadas na revisão bibliográfica pela amostra ser heterogênea e os dados serem secundários, não sabendo ao certo a sua confiabilidade.

Nos testes não-paramétricos as amostras analisadas por mesorregiões e por grupo não se mostraram estatisticamente diferentes e por isso podem ser consideradas como pertencentes a mesma população, ou seja, a amostra coletada é significativa para demonstrar as características do estado de Minas Gerais em relação à composição gravimétrica.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma das preocupações apresentadas no início do trabalho foi a ausência da composição gravimétrica sistemática e periódica nos municípios. Muito já se tem feito em analisar amostras tiradas de uma mesma região ou município, mas a retirada de amostras para generalizar e tentar prever informações sobre um estado, principalmente os de grande extensão como Minas Gerais, ainda não está sendo explorado com frequência na literatura. Esse trabalho procurou diminuir

a generalização dos resultados dividindo as amostras em grupos de mesorregiões e por tamanho dos municípios, para tentar achar resultados mais confiáveis que se aplicassem para os outros municípios e deixa de sugestão o uso dos 51 arranjos territoriais ótimos (ATO) estipulados pela FEAM no Plano Preliminar de Regionalização do Estado (2009).

Os testes de correlação entre as frações orgânica e reciclável com o PIB e IDH mostrou que não existe uma correlação entre as variáveis através da Regressão Linear. Com isso, não foi possível prever os dados para municípios que não possuem este dado. Possivelmente o modelo linear não foi suficiente pois os dados de composição gravimétrica são muito heterogêneos e as amostras podem não ter seguido a mesma técnica de cálculo.

Os testes não paramétricos mostraram que os dados das frações orgânicas e recicláveis dos 81 municípios coletados podem pertencer a uma mesma população, já que a hipótese nula não foi rejeitada, sendo possível considerar os dados como uma representação da realidade de todos os estados mineiros.

Apesar de que as análises estatísticas satisfizeram a hipótese de que os dados coletados podem ser estatisticamente significantes para toda a população e os dados de 81 municípios ainda serem suficientes para uma generalização das características dos RSUs do estado, é aconselhável a continuação desse trabalho principalmente pois algumas amostras, como Jequitinhonha x Central-Metropolitana, Jequitinhonha x Norte-Noroeste e Oeste-Alto Paranaíba x Rio Doce-Zona da Mata rejeitaram a hipótese nula.

Para futuros trabalhos se sugere a análise para a fração rejeito e a coleta de mais dados de municípios, somando com os 81 que já existem nesse trabalho para se obter resultados mais robustos afim de, no final, conseguir relacionar fatores socioeconômicos e demográficos com dados de composição gravimétrica. Além de se buscar relacionar a composição gravimétrica com outros dados socioeconômicos, como o Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal, que acompanha a situação anual dos municípios. E assim, ter dados confiáveis para a previsão da composição a curto, médio e longo prazo através de Redes Neurais para o estado de Minas Gerais, sendo possível para auxiliar gestores na análise de alternativas para a destinação do RSU.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE, 2012. “Caderno Informativo Recuperação Energética”. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. São Paulo, SP, Brasil.

- ABRELPE, 2019. “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil”. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. São Paulo, SP, Brasil.
- AGUIAR, P.; SILVEIRA, G. III-558 - Redes Neurais Artificiais: Um Método Confiável para a Determinação da Composição dos Resíduos Sólidos Urbanos - Estudo de caso no município de São Joaquim de Bicas / MG. n. 1, p. 1–14, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, p. 3
- ASSOCIAÇÃO MINEIRA DE MUNICÍPIOS. Caracterização econômica das regiões de planejamento. Disponível em: < <https://portalamm.org.br/caracterizacao-economica-das-regioes-de-planejamento/>>. Acesso em: 02 de dez. de 2020.
- BRASIL. Constituição Federal (1988). Brasília: Diário Oficial da União, 1988. Disponível em: Acesso em: maio de 2020.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 3 de agosto de 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm> Acesso em: 15 de jun. de 2020.
- BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. *Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados.* Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 15 de julho de 2020. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm> Acesso em: 21 de abril. de 2021.

- CALDEIRA, M.; HELLER, L.; BARROS, R. Estudo dos determinantes da coleta de resíduos sólidos urbanos em Minas Gerais. p. 391–400, 2009.
- CHHAY, L. *et al* Municipal solid waste generation in China: influencing factor analysis and multi-model forecasting. p., 2018.
- DIAS, D. M. *et al*. Model to domestic solid waste generation estimative in urban areas based on socioeconomic conjuncture variables Modelo para estimativa da geração de resíduos sólidos domiciliares em centros urbanos a partir de variáveis socioeconômicas conjunturais. p. 325–332, 2010.
- FUNDAÇÃO ESTUDUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM. Plano Preliminar de Regionalização da Gestão de Resíduos Sólidos para o Estado de Minas Gerais – Vol. 4 Plano Preliminar. Belo Horizonte, FEAM, 2009.
- FRITSCH, Ivânea Elisabete. Resíduos Sólidos e seus aspectos legais, doutrinários e jurisprudenciais. Porto Alegre: Secretaria Municipal de Cultura, 2000.
- GOVERNO DE MINAS GERAIS. Conheça Minas Gerais – História. Disponível em: < <https://www.mg.gov.br/conheca-minas/historia> >. Acesso em: 22 de junho de 2020.
- GUIA GERAIS. Mesorregiões. Disponível em: < https://www.guiagerais.com.br/minas-gerais/mesorregioes/#campo_das_vertentes >. Acesso em: 20 de junho de 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB). Rio de Janeiro, IBGE: 2002. Disponível em <www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/pnsb.pdf>. Acesso em maio de 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em <www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/pnsb.pdf>. Acesso em maio de 2020.
- KIM, V. J. H. Análise da composição gravimétrica dos resíduos domiciliares de São Carlos (SP). São Carlos. p. 81-82, 2019.
- MAGALHÃES, R.; RIBEIRO, K. Política Estadual de Gestão de Resíduos Sólidos – Uma Análise do “Minas Sem Lixões”, Minas Gerais, v. 7, n.1, p. 34-31. 2017.

- MENEZES, R. O. *et al.* Análise estatística da caracterização gravimétrica de resíduos sólidos domiciliares: estudo de caso do município de Juiz de Fora, Minas Gerais. p. 271–282, 2016.
- MINAS GERAIS. Lei nº 21.557, de 22 de dezembro de 2014. Acrescenta dispositivos à Lei nº 18.831, de 12 de janeiro de 2009 que dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos. Assembleia Legislativa de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2014. Disponível em: < <https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?num=21557&ano=2014&tipo=LEI> > Acesso em: 20 de jun. de 2020.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Indicadores Socioeconômicos. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/Indicadores%20Scio-econmicos.pdf> >. Acesso em: 25 de junho de 2020.
- MONTEIRO, J. H. P. *et al.* Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001. Disponível em: Acesso em: 29 de mai. de 2020
- MONTEIRO, José Henrique Penido (org.). Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.
- MORAES, Sandra Regina Ribeiro de; TUROLLA, Frederico Araújo. Visão Geral dos Problemas e da Política Ambiental no Brasil. Revista Informações Econômicas, São Paulo, v.34 n.4, p. 7-13. Abril, 2004.
- NETO, P. N.; MOREIRA, T. A. Política nacional de resíduos sólidos - reflexões acerca do novo marco regulatório nacional. p. 10–19, 2010.
- PORTAL ACTION. Teste de Kruskal Wallis. Disponível em: < <http://www.portalaction.com.br/tecnicas-nao-parametricas/teste-de-kruskal-wallis> >. Acesso em: 23 de junho de 2020.
- SOARES, E. Estudo da Composição Gravimétrica e Poder Calorífico dos Resíduos Sólidos Urbanos, Minas Gerais. p. 150, 2011.
- THOMAZ, I. Utilização de redes neurais artificiais (RNA) para previsão da composição gravimétrica e peso específico de resíduos sólidos urbanos (RSU). Rio de Janeiro. p.156, 2016.

APENDICE A

Materiais adquiridos como fonte de dados de composição gravimétrica para os municípios usados nesse trabalho.

Fonte	URL
Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos: Estudo de Caso para o Município de Andrelândia - MG	http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/Eduardo-TCC2_VERS%C3%83O-FINAL.pdf
Aplicação de Indicadores de Sustentabilidade de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Araguari - MG	https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/19607/1/Aplica%C3%A7%C3%A3oIndicadoresSustentabilidade.pdf
Caracterização dos Resíduos Sólidos de Belo Horizonte	http://www.blogdocancado.com/wp-content/uploads/2011/02/RELAT-CARACTERIZACAO-RESIDUOS-2004-BH.pdf
Composição Gravimétrica de Resíduos Sólidos Urbanos: Estudo de Caso - Município de Bocaiúva - MG	http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/composio-gravimetrica-de-resduos-slidos-urbanos-estudo-de-caso-municipio-de-bocaiuva-mg-26812
Avaliação da Ocorrência de Contaminação por Lixiviado no Depósito de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Bugre, Minas Gerais	https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/3796
Análise da Composição Gravimétrica de Resíduos Sólidos: Estudo de Caso do Aterro Sanitário de Caratinga - MG	http://dspace.doctum.edu.br:8080/handle/123456789/1155?mode=simple
Seminário de Apresentação do Diagnóstico e das Propostas para a Escolha da Alternativa a ser Adotada na Coleta Seletiva. Cássia- MG	https://www.cassia.mg.gov.br/arquivos/apresentacao_seminario_-_diagnostico_-_cassia_06080812.pdf
Seminário de Apresentação do Diagnóstico e das Propostas para a Escolha da Alternativa a ser Adotada na Coleta Seletiva. Caxambu- MG	http://www.caxambu.mg.gov.br/v2/wp-content/uploads/2019/06/1-5-Apresentacao-Seminario-Diagnostico.pdf
Caracterização Gravimétrica dos Resíduos Sólidos do Baixo Jequitinhonha/Minas Gerais - Instrumento para a Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos Sob Perspectiva Regional	https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/III-054.pdf
Caracterização Gravimétrica e Geração <i>Per Capita</i> dos Resíduos Sólidos Urbanos do Município de Guanhães- MG	https://www.ecodebate.com.br/2015/11/10/caracterizacao-gravimetrica-e-geracao-per-capita-dos-residuos-solidos-urbanos-do-municipio-de-guanhaes-mg/
Indicadores de Sustentabilidade de Resíduos Sólidos Urbanos: Aplicação no Município de Coromandel - MG	https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/19777/1/IndicadoresSustentabilidadeRes%C3%ADduos.pdf
Avaliação da Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Itabira (MG): Uma Ênfase na Coleta Seletiva	https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/10592
Análise Estatística da Caracterização Gravimétrica de Resíduos Sólidos Domiciliares: Estudo de Caso do Município de Juíz de Fora, Minas Gerais.	http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522019000200271

Determinação da Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) do Lixão do Município de Maria da Fé, Estado de Minas Gerais.	http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/33905
Composição Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos na Cidade de Nova Ponte (MG).	http://revistadae.com.br/site/artigo/1638-Composicao-gravimetrica-dos-residuos-solidos-urbanos-na-cidade-de-Nova-Ponte-MG-
Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Contagem.	
Plano Municipal de Saneamento Básico com inserção do Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://www.cbharaguari.org.br/uploads/2_a_bacia/mapas_e_estudos/planos_municipais_de_saneamento_basico/araxa/plano_trabalho.pdf
Plano Municipal de Resíduos Sólidos.	http://www.betim.mg.gov.br/portalservicos/arquivos/Plano_da_Politica_Municipal_de_Residuos_Solidos_BETIM.p
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do Município de Buritis – MG.	https://www.convales.mg.gov.br/publicacoes/uploads/anexos/6e120171bf45573507cd526bda0828f9.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://ceivap.org.br/saneamento/pmgirs-mineiros/pmgirs-coronel-pacheco.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://www.sigaceivap.org.br:8080/publicacoesArquivos/ceivap/arq_pubMidia_Processo_148-2014_P1.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://ceivap.org.br/saneamento/pmgirs-mineiros/pmgirs-mar-de-espanha.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://ceivap.org.br/saneamento/pmgirs-mineiros/pmgirs-matias-barbosa.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Minduri.	http://www.minduri.mg.gov.br/v1/download/leis_municipais/984.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://ceivap.org.br/saneamento/pmgirs-mineiros/pmgirs-pedro-teixeira.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://ceivap.org.br/saneamento/pmgirs-mineiros/pmgirs-piau.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://ceivap.org.br/saneamento/pmgirs-mineiros/pmgirs-pirauba.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://ceivap.org.br/saneamento/pmgirs-mineiros/pmgirs-rio-pomba.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://ceivap.org.br/saneamento/pmgirs-mineiros/pmgirs-rio-preto.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://ceivap.org.br/saneamento/pmgirs-mineiros/pmgirs-senador-cortes.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://ceivap.org.br/saneamento/pmgirs-mineiros/pmgirs-simao-pereira.pdf

Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos.	https://simonesia.mg.gov.br/ultimas-noticias/350-plano-municipal-de-gestao-integrada-de-residuos-solidos-urbanos-de-simonesia-mg
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://www.varginha.mg.gov.br/Pdfs_e_arquivos_de_leis/article/10027/Dec6560(AnexoPlanoMunicipalGIRS).pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://amigosdemaua.net/projetos/GT-CONAPAM/plano_municipal_de_gestao_de_residuos_solidos_no_municipio_de_virginia.pdf
Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://www.andradas.mg.gov.br/downloads/BrasilAmbientalPGIR SANDRADAS.pdf
Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.	http://www.divinopo.instarservidor.com.br/arquivos/39_planmung erintresidsolidos.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://www.sigaceivap.org.br:8080/publicacoesArquivos/ceivap/arq_pubMidia_Processo_144-2014_P1.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://ijaci.mg.gov.br/imagens/SINTESE.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://www.sigaceivap.org.br:8080/publicacoesArquivos/ceivap/arq_pubMidia_Processo_216-2014_P1.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://www.olaria.mg.gov.br/PMGIRS.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://www.passaquatro.mg.gov.br/upfiles/downloads/plano-saude-integrada.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://porteirinha.mg.gov.br/wp-content/uploads/2017/06/PLANO-MUNICIPAL-INTEGRADO-DE-RES% C3% 8DDUOS-S% C3% 93LIDOS-DE-PORTEIRINHA.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Serra do Salitre.	https://www.unaerp.br/documentos/1835-carvalho-marcelle-abrao-de-mestrado-tecnologia-ambiental/file
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://www.timoteo.mg.gov.br/adminsite/arquivos/impressa/downloaddiversos/a0010308.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://ceivap.org.br/saneamento/pmgirs-mineiros/pmgirs-aracitaba.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://ceivap.org.br/saneamento/pmgirs-mineiros/pmgirs-belmiro-braga.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	http://ceivap.org.br/saneamento/pmgirs-mineiros/pmgirs-chacara.pdf
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Ouro Preto - MG
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.	
Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Coroaci – MG.	http://www.cbhsuacui.org.br/wp-content/uploads/2015/07/P1_R0_COROACI.pdf
Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos do Município de Elói Mendes – MG.	https://eloimendes.mg.gov.br/download/247/plano-de-saneamento-basico/5927/pmsb-7.pdf

Gravimétrica dos Resíduos Sólidos Urbanos Domiciliares e Perfil Socioeconômico no Município de Salinas, Minas Gerais.	https://www.ifnmg.edu.br/mais-noticias-pirapora/113-pirapora-noticias-2013/4079-gravimetrica-dos-residuos-solidos-urbanos-domiciliares-e-perfil-socioeconomico-no-municipio-de-salinas-minas-gerais
Composição Gravimétrica dos Resíduos Gerados na Central de Abastecimento de Uberlândia – CEASA.	http://www.meioambientepocos.com.br/anais-2016/288.%20COMPOSI%C3%87%C3%83O%20GRAVIM%C3%89TRICA%20DOS%20RES%C3%8DDUOS%20S%C3%93LIDOS%20GERADOS%20NA%20CENTRAL%20DE%20ABASTECIMENTO%20DE%20UBERL%C3%82NDIA%20MG%20-%20CEASA.pdf
Análise de Sistemas de Valorização de Resíduos Via Compostagem e Reciclagem e sua Aplicabilidade nos Municípios Mineiros de Pequeno Porte.	http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/206M.PDF
Plano Intermunicipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos dos Municípios Consorciados ao CONSANE.	https://consane.mg.gov.br/wp-content/uploads/pmsb/pigirs_consane.pdf
Plano de Regionalização da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Para a Bacia do São Francisco.	
Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos no Norte de Minas Gerais: Estudo Relativo à Implantação de Unidades de Reciclagem e Compostagem a Partir de 1997.	https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/ENGD-679NTD
Composição Gravimétrica	Fundação Gorceix
Composição Gravimétrica	Fundação Gorceix
Composição Gravimétrica	Fundação Gorceix
Composição Gravimétrica	Fundação Gorceix
Composição Gravimétrica	Fundação Gorceix
Composição Gravimétrica	Fundação Gorceix

APÊDICE B

Interpolação dos valores de IDH de 1991, 2000 e 2010 utilizando o polinômio de Lagrange, para achar o valor de IDH do ano em que se fez a composição gravimétrica, usando a linguagem Python.

```
import numpy as np
import pandas as pd
df = pd.read_excel('dadosusados.xlsx', 'IDH')

idh = []
for i, linha in df.iterrows():
    print(f"Processando linha: {linha}")
    xi = np.array([1991,2000,2010], dtype='double')
    yi = np.array([linha['IDH-1991'], linha['IDH-2000'], linha['IDH-
2010']])
    A = np.array([xi**2,xi**1,xi**0]).transpose()
    a = np.linalg.inv(A).dot(yi)
    idh.append(np.polyval(a, linha['Ano']))

df['IDH-Interpol'] = idh
```