



MAGNO DEYVISSON ARCANJO BATISTA

**MINIMIZAÇÃO DA EMISSÃO DE CARBONO PELA COLETA
SELETIVA EM SALINAS-MG EM DIFERENTES CENÁRIOS**

**LAVRAS-MG
2022**

MAGNO DEYVISSON ARCANJO BATISTA

**MINIMIZAÇÃO DA EMISSÃO DE CARBONO PELA COLETA SELETIVA EM
SALINAS-MG EM DIFERENTES CENÁRIOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, área de concentração em Geotecnia e Saneamento Ambiental, para a obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Camila Silva Franco
Orientadora

**LAVRAS-MG
2022**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Batista, Magno Arcanjo.

Minimização da emissão de carbono pela coleta seletiva em Salinas-MG
em diferentes cenários / Magno Arcanjo Batista. - 2022.

57 p. : il.

Orientador(a): Camila Silva Franco.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Resíduos Sólidos Urbanos. 2. Análise de Ciclo de Vida. 3. Gases de
Efeito Estufa. I. Franco, Camila Silva. II. Título.

MAGNO DEYVISSON ARCANJO BATISTA

**MINIMIZAÇÃO DA EMISSÃO DE CARBONO PELA COLETA SELETIVA EM
SALINAS-MG EM DIFERENTES CENÁRIOS
MINIMIZING CARBON EMISSIONS BY SELECTIVE COLLECTION IN SALINAS-
MG IN DIFFERENT SCENARIOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, área de concentração em Geotecnia e Saneamento Ambiental, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 10 de dezembro de 2022.
Dra. Camila Silva Franco-UFLA
Dra. Jaíza Ribeiro Mota e Silva -Min.Def
Dra. Rosângela F. de P. V. Marques -UNICOR

Profa. Dra. Camila Silva Franco
Orientadora

**LAVRAS-MG
2022**

Sempre acreditaram em mim e me apoiaram, a minha família, a Priscila, a Larissa, meus amigos e a Virgem Mãe de Deus, sob título de Guadalupe Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos Professores do curso de Pós-graduação em Engenharia Ambiental pela dedicação e apoio em todos os momentos desta jornada acadêmica. A professora Camila Franco que tive a felicidade de conhecer desde o início da graduação e trabalhar com a mesma. Sendo uma pessoa muito humana e verdadeira. Agora ao fim da defesa da dissertação tenho a minha sincera admiração pelo trabalho realizado. Ao professor Coutinho por ter sido o meu primeiro orientador e pelo seu amor à docência e a vida. Aprendi valiosas lições que vão muito além da academia.

Agradeço a Priscila Maia que me incentivou a ingressar na pós-graduação e pelo seu exemplo de dedicação ao trabalho e a família. Aqui gostaria de agradecer aos colegas de república, Mateus, Diego, Jean, Júlia e Beatriz que muito contribuíram ao final da escrita, aos meus amigos em Lavras o Sr. Antônio Domingos e seus familiares, Dona Graça e família, minha amiga Rosângela Marques e minha querida amiga Maria.

Agradeço a minha família por sempre ter acreditado em mim e me apoiado. Meu pai Delvani por ter sido meu exemplo de ser humano e masculinidade. Meu irmão Mádson que esteve comigo no início da jornada acadêmica e pelas batalhas que vencemos juntos. Meu irmão e sócio Miller pelo companheirismo e apoio. A minha mãe Ivani, sem as suas orações eu não teria chegado até aqui. Ter sido a âncora para o meu desenvolvimento como pessoa.

Ao meu Terapeuta Neto por ter me ajudado nessa fase final do mestrado, está me ajudando a lidar com o TDAH e entender como minha mente funciona. Descobrir que antes da condição mental (que por vezes me limitou) existe o ser humano. Não poderia esquecer aqui o João (psicólogo da UFLA) que primeiro me auxiliou com o meu ingresso no PADNEE no fim na graduação que possibilitou chegar até aqui. Minha namorada Larissa pela compreensão e apoio. Antes de tudo, a fé, sem ela a vida perde o sentido. Sem mim nada podeis fazer (Jo 15:5). Agradeço ao Senhor Jesus Cristo, pela graça da existência. Agradeço a Nossa Senhora de Guadalupe, Senhora do meu destino. A minha fé Católica que foi o meu amparo nas horas mais sombrias.

RESUMO

O município de Salinas-MG está localizado no Vale do Jequitinhonha, uma região com grandes deficiências no saneamento básico. O município possui coleta seletiva e Associação de Catadores, porém o percentual de aproveitamento no cenário atual é baixo, 1,95% do total de Resíduos Sólidos Urbanos, RSU, e atendendo a 29,6% das vias da coleta convencional. O trabalho teve por objetivo avaliar o impacto ambiental da emissão de Gases de Efeito Estufa dos RSU nos cenários de ampliação da coleta seletiva aos níveis de 5%, 10% e 20% de aproveitamento de RSU da Coleta Convencional pela Coleta Seletiva em um horizonte de 20 anos, sendo esses percentuais patamares escolhidos por serem atingíveis no total dos Recicláveis integrantes da Coleta Convencional. A metodologia consistiu nas previsões de crescimento populacional e de geração per capita de RSU. Foram calculadas as massas de materiais recicláveis conforme o Sistema Nacional de Informações de Saneamento. O intervalo estudado foi do ano 2023 ao 2042. A metodologia foi de acordo o manual de gerenciamento de RSU da FUNASA e IBGE e teve como resultados a previsão de uma geração per capita em 2042 de $0,9 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ e uma população de 48.205 habitantes. A massa de RSU acumulada foi de 263.528,73 toneladas, equivalentes a $1.14.0817 \text{ m}^3$. Dentre esse montante, o percentual da massa de RSU que poderia ser reciclado é 40,1% da Coleta Convencional de RSU correspondente a 105.675 toneladas de RSU. Após o cálculo das massas de materiais recicláveis no período de tempo pontuado, foram analisados os quantitativos de massa de recicláveis estratificados conforme o estudo gravimétrico de aproveitamento da Coleta Seletiva em plásticos, papelão, vidro e metais ferrosos. O software GABI versão 9.1 utilizando o método CML 2001 realizou a Análise do Ciclo de Vida parcial, ACV, dos Resíduos Recicláveis a fim de avaliar o CO_2 equivalente que deixaria de ser emitido pelo aterro nos cenários de ampliação da coleta seletiva para patamares 5%, 10% e 20% dos materiais recicláveis, conforme metodologia adaptada de LEME (2010). Nesses cenários avaliados de coleta seletiva nos níveis de 5%, 10% e 20% observou-se um potencial de aumento em relação ao cenário atual (1,95% de coleta seletiva) de 8.037,63; 21.214,06 e 47.566,94 toneladas de RSU que seriam reaproveitadas e/ou recicladas, respectivamente da Coleta Convencional pela Coleta Seletiva. Já os potenciais de redução dos GEE seriam de 9.076,09; 23.954,92 e 53.712,58 toneladas de CO_2 equivalentes, respectivamente. Por conclusão, tem-se que o acréscimo da coleta seletiva possibilitará ganhos ambientais na redução da emissão de GEE, econômicos no aumento da renda gerada pelo acréscimo dos materiais comercializados e sociais pela valorização dos catadores de materiais recicláveis no município de Salinas-MG.

Palavras chave: Avaliação do ciclo de vida, Resíduos Sólidos Urbanos, Gases de Efeito Estufa

ABSTRACT

The City of Salinas-MG is in the Jequitinhonha Valley, a region with major deficiencies in basic sanitation. The city has a selective collection system and an association of collectors. However, selective collection covers approximately 29.6% of the conventional collection routes, and the percentage of recycling/reuse is low, only 1.95% of the total urban solid waste (USW). The objective of this work was to evaluate the environmental impact of the emission of Greenhouse Gases from USW in scenarios of expansion of selective collection, considering levels of 5%, 10% and 20% of use of USW from Conventional Collection by Selective Collection in a period of 20 years. These percentages were chosen because they are achievable in the total amount of recyclable materials, which are in the Conventional Collection. The methodology consisted of forecasts of population growth and of generation of USW per capita. The masses of recyclable materials were calculated according to the National Sanitation Information System. The period studied was from the year 2023 to 2042. The methodology was in accordance with the FUNASA and IBGE USW management manual, and resulted in the forecast of a per capita generation in 2042 of $0.9 \text{ kg.inhab}^{-1}.\text{day}^{-1}$ for a population of 48,205 inhabitants. The mass of USW accumulated was 263,528.73 tons, equivalent to $1,14,0817 \text{ m}^3$. The percentage of the mass of USW that could be recycled from that amount is 40.1% of the Conventional Collection of USW, which corresponds to 105,675 tons of USW. After calculating the masses of recyclable materials in the specified period of time, the quantitative of mass of Recyclable materials stratified were analyzed according to the gravimetric study of the use of Selective Collection of plastics, paper, glass, and ferrous metals. GABI software version 9.1 using the CML 2001 method was used to carry out a partial Life Cycle Analysis (LCA) of Recyclable Waste in order to evaluate the equivalent CO_2 that would no longer be emitted by the landfill in the scenarios of expanding selective collection at levels of 5%, 10% and 20% of recyclable materials, according to the methodology adapted from LEME (2010). In these evaluated scenarios of selective collection at the levels of 5%, 10% and 20%, a potential increase was observed in relation to the current scenario (1.95% of selective collection) of 8,037.63; 21,214.06, and 47,566.94 tons of USW, respectively, which could be reused and/or recycled from the Conventional Collection by Selective Collection. The potential reduction in Global Warming Potential was of 9,076.09; 23,954.92, and 53,712.58 tons of CO_2 equivalent, respectively. In conclusion, it is assumed that the addition of selective collection will enable environmental gains by decreasing GWP emissions, economic gains by increasing population income generated by the increase in commercialization of materials, and social gains by valuing recyclable material collectors in the city of Salinas-MG.

Keywords: Life cycle analysis, Urban Solid Waste, Global Warming Potential

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Divisão do estado de MG em territórios para gestão do Saneamento.....	20
Figura 2-Municípios com coleta seletiva no Território de Saneamento do Rio Jequitinhonha TS-2.....	22
Figura 3-Fases de uma ACV.....	24
Figura 4- Localização do município de Salinas-MG na Bacia do Rio Jequitinhonha.....	27
Figura 5- Localização do município de Salinas-MG em relação à Belo Horizonte e Montes Claros.....	28
Figura 6- Localização do aterro controlado de Salinas – MG.....	29
Figura 7-Local de instalação do futuro aterro sanitário de Salinas, MG.....	30
Figura 8-A esquerda a varrição e coleta dos Resíduos de Limpeza Pública e a direita Aterro Controlado.....	31
Figura 9- Composição Gravimétrica dos RSU de Salinas em 2017.....	31
Figura 10-Catadores operando o carrinho manual adaptado para coleta seletiva em novembro de 2022.....	32
Figura 11-Gráfico do percentual de massa recuperada anualmente pela coleta seletiva em Salinas-MG.....	33
Figura 12-Limites da ACV.....	37
Figura 13-Fluxograma dos cenários aplicados ao Gabi com inventários correspondentes a cada um dos cenários.....	38
Figura 14-Gráfico do crescimento populacional versus a Geração de RSU em Toneladas, eixo horizontal os anos, vertical a esquerda os RSU e a direita a população.....	41
Figura 15-Evolução das massas reaproveitadas em cada cenário pelo aumento da coleta seletiva no intervalo de 20 anos.....	42
Figura 16-Emissões de CO ₂ equivalentes em toneladas 2023-2042 por material....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Geração per capita em alguns países e a respectiva destinação.....	16
Tabela 2- Emissões de CO ₂ equivalentes no Brasil em 2021, por material reciclado.....	18
Tabela 3- Massa coletada per capita kg.hab ⁻¹ .dia ⁻¹ .por macrorregiões em 2019 e média nacional.....	19
Tabela 4-Divisão do estado de MG em territórios para gestão do Saneamento.....	21
Tabela 5-ACV aplicada à coleta seletiva de resíduos sólidos.....	26
Tabela 6-Dados censitários de Salinas, MG.....	34
Tabela 7 - Composição Gravimétrica do Município de Salinas em 2017.....	36
Tabela 8 - Composição Gravimétrica da Coleta Seletiva do Município de Salinas segundo o SNIS em 2020.....	36
Tabela 9-Prognóstico da geração de RSU em Salinas, MG e massa Total de RSU.....	39
Tabela 10 - Massa da Coleta Convencional de RSU estimada em toneladas no intervalo de 2023-2042.....	40
Tabela 11- Massas em toneladas estimadas de RSU que poderiam ser aproveitadas no intervalo de 20 anos pela Coleta Seletiva.....	40
Tabela 12- Total de massas destinadas ao aterro em cada cenário de Aproveitamento da Coleta Seletiva.....	43
Tabela 13 - Valores pagos em reais por kg de material reciclável por região em 2021 no Brasil.....	43
Tabela 14 - Massas de RSU de acordo a gravimetria que serão destinadas ao aterro em vinte anos em toneladas.....	45
Tabela 15- Emissões de CO ₂ equivalentes no estimadas do aterro municipal de Salinas no intervalo 2023-2042 em toneladas.....	45
Tabela 16- Cenários da Coleta Seletiva estimados, massa total dos RSU, massa de emissões em toneladas equivalentes de CO ₂ , e valores estimados que foram reduzidos pela Coleta Seletiva.....	45
Tabela 17 - CO ₂ equivalente por material reciclado de acordo a calculadora de ACV do ministério do desenvolvimento regional e do software Gabi em toneladas de CO ₂ equivalentes.....	46
Tabela 18- População, geração per capita, taxa de coleta convencional e massa de anual de RSU em toneladas.....	53

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública
ACV	Análise do Ciclo de Vida
ASCASAL	Associação de Catadores de Material Reciclável de Salinas
C.S	Coleta Seletiva
COBRAPE	Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos
COMAR	Consórcio Público Multifinalitário do Alto Rio Pardo
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DN COPAM	Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Meio Ambiente
FEAM	Fundação Estadual de Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GEE	Gases do Efeito Estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IPCC	Painel intergovernamental de Mudanças Climáticas
NBR	Norma Técnica Brasileira
ONU	Organização da Nações Unidas
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PNRS	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
RDO	Resíduos Sólidos Domiciliares
RPU	Resíduos de Limpeza Pública
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos (RDO+RPU)
SEPLAG	Secretaria Estadual de Planejamento e Gestão do Estado de Minas Gerais
SNIS	Sistema Nacional de Informações de Saneamento
TS-2	Território de Saneamento do Rio Jequitinhonha
UFLA	Universidade Federal de Lavras

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 Geral.....	14
2.2 Específicos.....	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1 Resíduos Sólidos.....	15
3.2 Avaliação do Ciclo de Vida aplicada a RSU.....	22
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
4.1 Caracterização da área de Estudo.....	27
4.2 Gerenciamento de RSU em Salinas – MG.....	28
4.3 Coleta Seletiva em Salinas- MG.....	32
4.4 Projeção do crescimento populacional e geração de RSU.....	33
4.5 Cenário da Coleta Seletiva.....	36
4.6 Avaliação do Ciclo de vida.....	37
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5.1. Projeção da geração de RSU em Salinas.....	39
5.2. Coleta Seletiva e Cenários.....	41
5.3. ACV da Coleta Seletiva.....	44
6 CONCLUSÃO.....	48
REFERÊNCIAS.....	49
ANEXOS.....	54

1 INTRODUÇÃO

A gestão dos resíduos sólidos (RS) gerados em atividades antrópicas representa um desafio, todavia o advento da urbanização e da revolução industrial tornou ainda mais urgente o alargamento de alternativas para o bom gerenciamento dos resíduos. O ideário arcaico de afastamento dos resíduos deu lugar à preocupação com a destinação ambientalmente correta, uma vez que a gestão dos resíduos apresenta riscos à saúde e ao meio ambiente e também oportunidades econômicas e sociais.

Os impactos ambientais gerados pela destinação inadequada dos Resíduos Sólidos Urbanos são diversos, compreendendo desde a contaminação do solo e da água por nutrientes, matéria orgânica, metais pesados e poluentes orgânicos persistentes até a poluição atmosférica por gases resultantes da decomposição da matéria orgânica, como o metano, dióxido de carbono, gás sulfídrico enxofre e amônia. A proliferação de vetores como o mosquito *Aedes aegypti*, transmissor de doenças como Dengue, Zika e Chikungunya, também é um impacto indireto da destinação inadequada dos RSU.

A avaliação dos impactos ambientais causados pela geração e diferentes formas de gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) gera dados precisos e auxilia na tomada de decisão quanto aos tratamentos e destinos mais adequados para cada tipo de material. A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) utilizada para gerar tais dados de impactos ambientais, uma vez que é realizado um inventário de entradas (insumos) e saídas de determinado produto ou serviço desde sua concepção à sua finalização. Na indústria, esta ferramenta vem sendo largamente aplicada, todavia, na gestão pública, em especial de pequenos municípios, a falta de qualificação técnica inibe o uso da ACV (MOURA et al., 2016).

A coleta seletiva é uma das formas de reduzir o volume de RSU dispostos em aterros sanitários, o que pode representar ganhos ambientais como a redução da emissão de Gases do Efeito Estufa, e financeiros pela geração de renda oriunda da venda dos materiais recicláveis. Neste contexto, a aplicação da ACV em diferentes cenários de coleta seletiva em um município de pequeno porte pode gerar dados que justifiquem o investimento em metas mais ambiciosas de segregação de recicláveis.

Neste contexto, o município de Salinas, localizado no semiárido mineiro, na bacia do Rio Jequitinhonha, com área de 1.862,117 km², considerada uma das regiões mais pobres e carentes em Saneamento Básico do Brasil enfrenta dificuldades no gerenciamento da coleta seletiva da população urbana. A aplicação da ACV na gestão dos RSU do município pode

subsidiar a tomada de decisões uma vez que ilustra os impactos ambientais causados pela forma atual da gestão utilizada e apresenta as possibilidades de melhoria da mesma com vistas à redução dos impactos ambientais.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar os impactos ambientais causados pela geração de RSU no município de Salinas-MG quanto a emissão de Gases de Efeito Estufa em um horizonte de 20 anos. Avaliar diferentes cenários de impactos ambientais na emissão de dióxido de carbono através da melhoria do gerenciamento da coleta seletiva no município através da aplicação da ferramenta ACV.

2.2 Específicos

- Projetar a geração de RSU no município de Salinas-MG, para 20 anos;
- Calcular as massas de RSU a serem desviadas da disposição em aterro sanitário em três diferentes cenários de coleta seletiva em respectivamente 5,10 e 20% de aproveitamento da coleta convencional de RSU;
- Avaliar os impactos na emissão de CO₂ equivalentes em diferentes cenários de coleta seletiva no município de Salinas, MG por meio da aplicação de ACV.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Resíduos Sólidos

A Política Nacional de Resíduos Sólidos define como Resíduo Sólido:

Todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade 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 técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010b).

Os Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), são divididos em resíduos sólidos domiciliares (RDO) e resíduos sólidos de limpeza urbana ou de limpeza pública (RPU). Os RDO são resultantes das atividades domiciliares ou atividades comerciais cujas características sejam similares aos resíduos domiciliares. Já os RPU são resultantes das atividades de varrição, roçada, capina e raspagem de vias e logradouros públicos, desobstrução de bocas de lobo, limpeza de praias e/ou margens de rios e córregos, poda da arborização pública, e outros (MINAS GERAIS, 2022).

Os Resíduos Sólidos têm diversas classificações quanto às características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. Os RSU em questão que são objetos deste trabalho são classificados como resíduos Inertes II-B que segundo a NBR 10.004/2004 são definidos como:

Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G (ABNT 10.004/2004).

A geração de RSU é, portanto, dependente das atividades desenvolvidas, classe econômica e hábitos da população, clima da localidade, dentre outros fatores e vem sendo gerido e destinado de formas distintas no mundo e no Brasil.

Atualmente, estima-se que 2 bilhões de toneladas de RSU são gerados globalmente, dos quais quase 33% permanecem sem coleta por municípios. Aproximadamente, uma média de 0,74 kg de resíduos é gerada per capita por dia (ATLAS DE RESÍDUOS 2018 apud NANDA; BERRUTI, 2020). De acordo com o Banco Mundial, a expansão dos resíduos sólidos urbanos deve subir para 3,4 bilhões de toneladas até 2050 (BANCO MUNDIAL 2020 apud NANDA;

BERRUTI, 2020). A Tabela 1 apresenta o trabalho de Yay (2013) sobre os tipos de destinação em alguns países.

Tabela 1- Geração per capita em alguns países e a respectiva destinação.

Países	kg.hab ⁻¹ . dia ⁻¹ .	Aterro Sanitário%	Incineração%	Compostagem%	Reciclagem%
Japão	0,96	1	76	0	19
Canadá	1,07	72	4	7	18
UE 27	1,37	37	23	15	25
Grécia	1,36	82	0	3	15
Alemanha	1,64	1	37	17	45
Itália	1,47	49	17	13	21
Bulgária	1,03	94	0	3	3
Espanha	1,45	58	9	18	15
Suiça	1,88	0	50	16	35
Reino Unido	1,42	49	12	14	25
EUA	2,00	54	12	8	26
Coreia	0,99	17	24	1	58
México	1,04	95	0	0	5

Fonte: Yay (2013).

O ritmo de geração de resíduos é ainda maior que o crescimento populacional. Segundo Bhata e Hoornweg (2012), em 2025 a população mundial provavelmente aumentará para 4,3 bilhões de residentes urbanos, gerando cerca de 1,42 kg.hab.⁻¹dia. de resíduos sólidos urbanos (2,2 bilhões de toneladas por ano). O crescimento exponencial da população e da urbanização, e o desenvolvimento da economia social, aliado à melhoria do padrão de vida, resultarão em um aumento na quantidade de geração de Resíduos Sólidos Urbanos em todo o mundo (KARAK; BHAGAT; BHATTACHARYYA, 2011).

O advento da urbanização maciça do século XX e início do XXI, a diversificação econômica, a ascensão industrial de países em desenvolvimento e o consumismo tornaram a gestão e o gerenciamento dos RSU um desafio. O advento do consumismo augura uma era de “obsolescência embutida” dos bens oferecidos e assinala um aumento na indústria de remoção do lixo¹ (BAUMAN, 2008). De acordo Santos et. al. (2021), em relação a geração de resíduos sólidos, a crescente industrialização, juntamente com a obsolescência programada de materiais, bem como itens descartáveis, aliado com o crescimento da população e os hábitos de consumo contribuem para o crescimento do volume de resíduos gerados.

A pandemia da COVID-19 agravou a situação da geração dos RSU devido à maior demanda por embalagens e o isolamento social. Segundo Felisardo e Santos (2021), o aumento

da geração de resíduos sólidos é devido principalmente aqueles vindos da produção de materiais de proteção individual e de alimentos em várias partes do mundo. Como lembra Lima et al. (2021), na pandemia da COVID-19 muitas mudanças ocorreram na sociedade, especialmente no espaço de trabalho como o aumento do *home-office*, gerando maior quantidade de Resíduos Sólidos Domésticos. De acordo a ABRELPE (2021) geração de RSU no país sofreu influência direta da pandemia no ano de 2020, tendo alcançado um total de aproximadamente 82,5 milhões de toneladas geradas, ou 225.965 toneladas diárias com a geração per capita de, $1,07 \text{ kg.hab}^{-1}\text{dia}^{-1}$.

Cinco países em desenvolvimento, como China, Índia, Brasil, Indonésia e México, estão entre as dez nações que geram resíduos sólidos municipais por causa de populações urbanas significativas que estão prosperando rapidamente e adotando estilos de vida de alto consumo semelhantes aos países desenvolvidos (NANDA; BERRUTI, 2020).

Como lembra Karak et al. (2012), ao estudar a geração de RSU em todo mundo e as suas formas de disposição, afirma que em países em desenvolvimento a média de geração e RSU é de $109,5 \text{ kg.hab}^{-1}\text{ano}^{-1}$ a $525,6 \text{ kg.hab}^{-1}\text{ano}^{-1}$, nos países desenvolvidos essa média é de $521,95$ a $759,2 \text{ kg.hab}^{-1}\text{ano}^{-1}$.

A taxa de crescimento de RSU em países desenvolvidos é de 3,2 a 4,5% ao ano e países em desenvolvimento de 2 a 3% (SUOCHENG et al., 2001). Na América Latina com uma população de aproximadamente 360 milhões de habitantes estima-se que a geração per capita anual de $335,5 \text{ Kg.hab}^{-1}$ e a geração anual de 120,45 milhões de toneladas de RSU (KARAK et al., 2012). Como lembra Nanda e Beirute (2020), o Brasil é um dos maiores geradores mundiais de resíduos sólidos.

Segundo o Panorama da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública, ABRELPE (2021) 354 mil toneladas de materiais recicláveis secos recuperados foram capazes de contribuir para redução de 174 mil toneladas de CO_2 equivalente em relação aos materiais virgens em 2019 no Brasil. A Tabela 2 apresenta por material a massa de dióxido de carbono equivalente.

Tabela 2- Emissões de CO₂ equivalentes no Brasil em 2021, por material reciclado.

Material	Volume coletado Toneladas	Percentual em relação ao total da massa	Ton. de CO₂ equivalente	Emissão de CO₂ eq. em % do total
PEAD	15.445	3,9	16.710	9,6
PEBD	23.613	5,9	33.253	19,1
PET	23.452	5,9	29.049	16,7
PP + PS	11.831	2,9	8.761	5,0
Plástico	74.341	18,6	87.773	50,4
Alumínio	3.217	0,8	27.022	15,5
Aço	27.914	7,0	35.451	20,3
Metal	31.131	7,8	62.473	35,8
Papel	190.822	47,6	22.827	13,1
Vidro	104.204	26,0	1.235	0,7
Total	400.498	100%	174.308	100%

Fonte: ABRELPE (2021).

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública (ABRELPE, 2017), “foram gerados anualmente 78,4 milhões de toneladas de RSU no país no ano de 2017. Segundo a mesma fonte: 40,9% dos resíduos coletados foram destinados a locais inadequados, dos quais, 29 milhões de toneladas de RSU em 2017 foram dispostos em lixões e aterros controlados, causando diversos danos ambientais”.

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento (SNIS, 2020), que contou com a participação de 4.589 municípios brasileiros, dos quais 3.712 responderam o questionário da gestão de RSU. Foram coletadas 65,11 milhões de toneladas de RSU em 2019 e a geração per capita foi de 0,99 kg.hab⁻¹.dia⁻¹ e a estimada em 2020 de 1,01 kg.hab⁻¹.dia⁻¹.

O Brasil é um país de dimensões continentais, com 5.570 municípios (IBGE, 2022), destes, 4.589 responderam à pesquisa do SNIS, entretanto o questionário sobre os RSU que aborda sobre a gravimetria dos RSU foi respondido por 3.712 municípios. Existindo também as peculiaridades na geração de RSU entre os grandes e os médios e pequenos municípios.

Por outro lado, encontram-se os 5.456 municípios com populações de até 250 mil habitantes (faixas 1, 2 e 3) em que é coletada a quantidade total de 31,5 milhões de toneladas para 90,5 milhões de habitantes urbanos. Em percentuais, 49,1% da quantidade total é coletada em um conjunto de 98,0% dos municípios brasileiros (mas que possuem 50,9% da população urbana do país) (SNIS, 2020).

A Tabela 3 abaixo apresenta a quantidade de municípios presentes nas macrorregiões que participaram da amostra da massa de RSU per capita coleta por dia e a média nacional.

Tabela 3- Massa coletada per capita $\text{kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ por macrorregiões em 2019 e média nacional.

Macrorregião	Municípios	Participantes da amostra	Massa coletada per capita RSU ($\text{kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$)
Norte	450	239	0,97
Nordeste	1.794	859	1,21
Sudeste	1.668	1.304	0,94
Sul	1.191	996	0,85
Centro-Oeste	467	314	1,05
Total - 2019 (média)	5570	3.712	0,99

Fonte: SNIS (2020).

A disposição no solo dos RSU quando há mau gerenciamento podem causar diversos danos ambientais, sociais, financeiros e com perdas de vidas humanas. As consequências adversas da disposição de resíduos envolvem duas questões fundamentais: uma relativa à migração dos contaminantes e outra que trata da estabilidade dos locais usados para sua disposição (BORBA, 2016). Um dos exemplos dos riscos da má disposição no solo de RSU é a tragédia do Morro do Bumba. Local que inicialmente era um vazadouro a céu aberto e posteriormente foi ocupado e urbanizado de maneira inadequada. O rompimento provocou a morte de duzentas e sessenta e sete pessoas e deixou dez mil desabrigados (CHAVES et al., 2018).

Segundo o SNIS (2020), “as 1.325 unidades de triagem existentes no país coletaram 1,9 milhão de toneladas, sendo 1,07 milhão de toneladas recuperadas pela coleta seletiva, representando 1,6% da coleta de RSU”.

Ademais, para cada 10 kg de resíduos disponibilizado para a coleta, apenas 374 gramas são coletadas de forma seletiva, fato que conduz à conclusão de que a prática da coleta seletiva no país, embora apresente alguns avanços, ainda se encontra num patamar muito baixo. A coleta seletiva precisa ser incentivada, uma vez que emprega 35,7 mil catadores em todo país e 36,3% dos municípios possuem coleta seletiva (SNIS, 2020).

Neste contexto, a Política Nacional de Meio Ambiente foi estabelecida pela Lei federal 6.938 de 1981 tendo por objetivo a recuperação, preservação e melhoria da qualidade ambiental (BRASIL, 1981). Como desmembramento, a Lei federal nº 12.305/2010 instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, alterando a Lei federal nº 9.605/1998. A mesma atribuiu as responsabilidades pela elaboração de gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos aos estados e

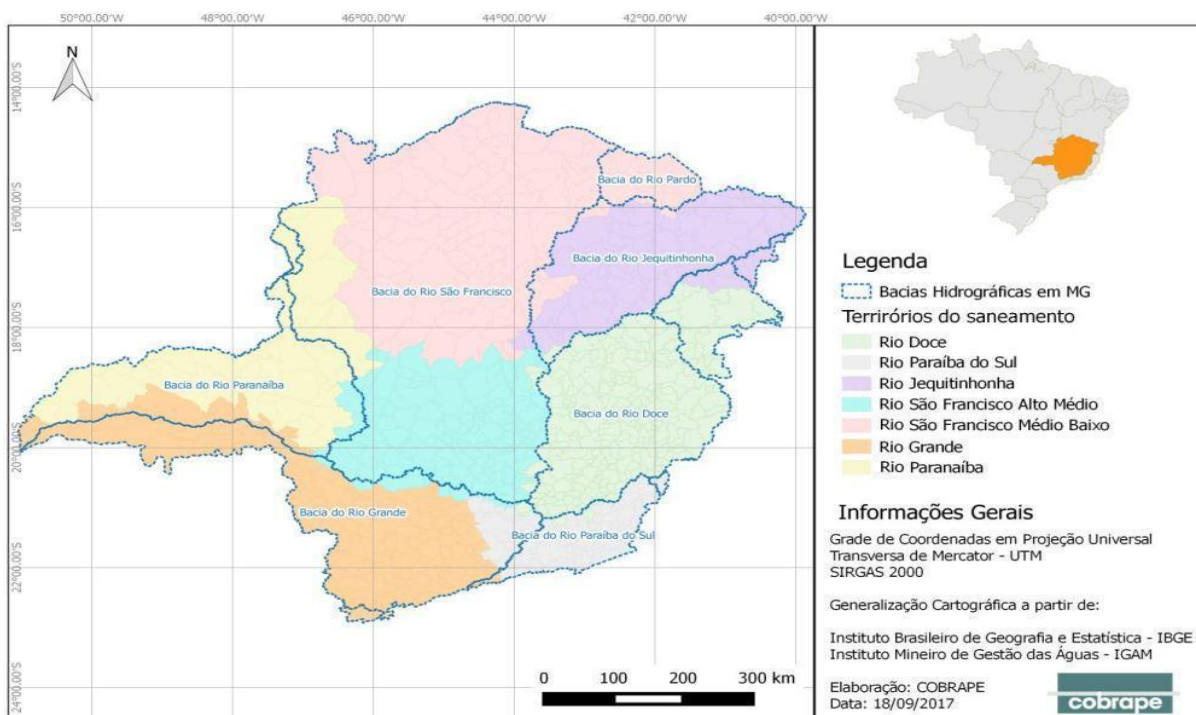
municípios em seu artigo 16º pelo instrumento de elaboração dos planos de resíduos sólidos em níveis federais, estaduais, intermunicipais, municipais e empresariais:

A Lei Federal 14.026/2020 aprimorou as condições estruturais do saneamento básico no País, alterando algumas normas jurídicas vigentes e atraindo a iniciativa privada para o setor, redefiniu prazos para disposição de rejeitos. Segundo o mesmo, “para Municípios com população inferior a 50.000 (cinquenta mil) habitantes no Censo 2010 o prazo é até 2 de agosto de 2024” (BRASIL, 2020).

Resíduos Sólidos em Minas Gerais

Segundo o SNIS (2020), o estado de Minas Gerais tem uma geração média de 0,80 kg.hab⁻¹.dia⁻¹ de RSU. O estado é muito heterogêneo para a elaboração do Plano Estadual de Saneamento Básico, motivo pelo qual, foram divididas as regiões do estado em sete Territórios de Saneamento. A Figura 1 abaixo apresenta o mapa do estado de Minas Gerais com as divisões por Território de Saneamento e a tabela 4 apresenta os municípios integrantes, a sede de cada Território, a população estimada no ano de 2022 e a previsão para o ano de 2041.

Figura 1-Divisão do estado de MG em territórios para gestão do Saneamento.



Fonte: SEMAD (2022).

Tabela 4-Divisão do estado de MG em territórios para gestão do Saneamento.

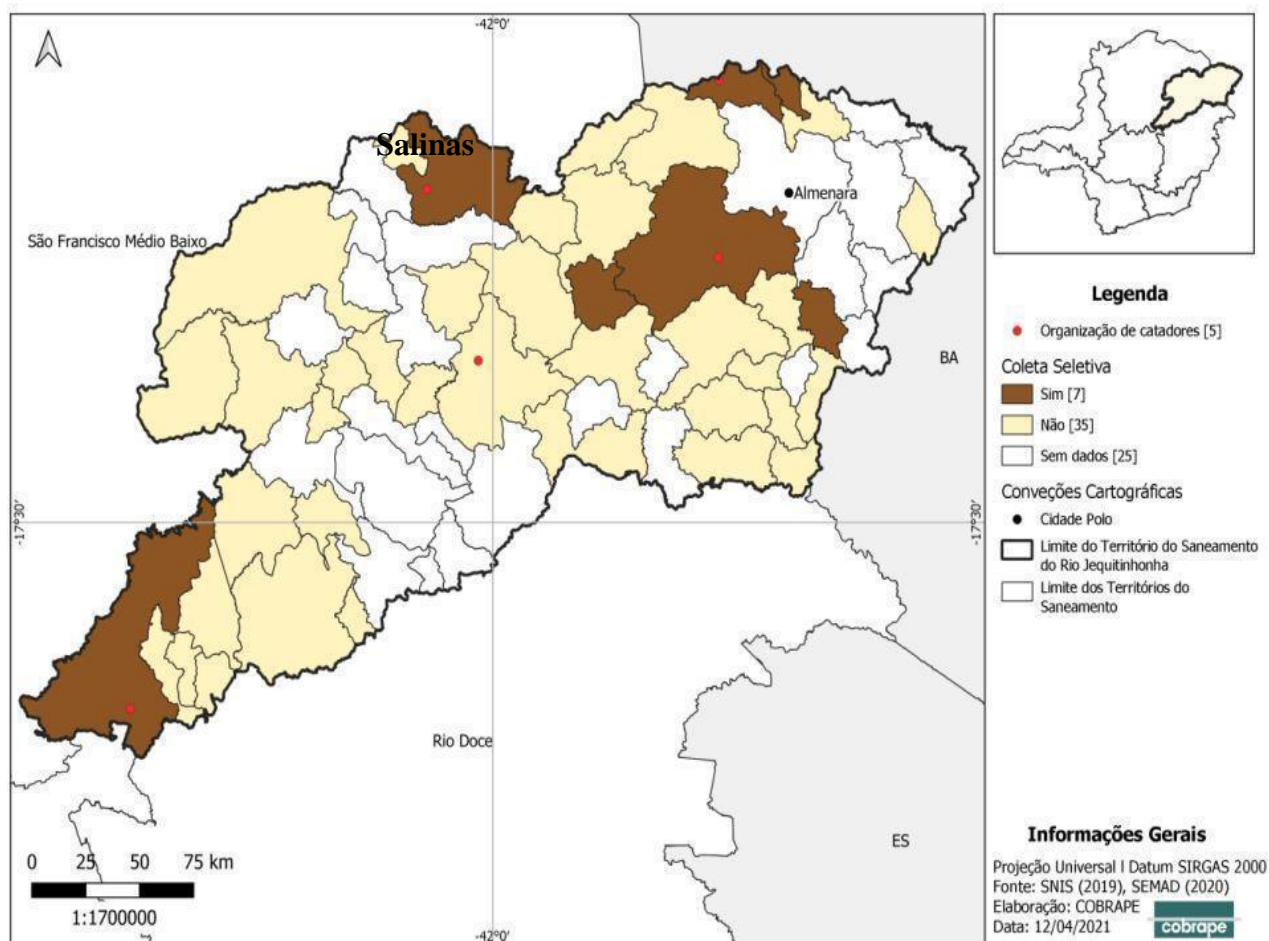
Território do Saneamento	Cidade pólo	Municípios integrantes	Projeção Populacional	
			2022	2041
Rio São Francisco Alto Médio – TS1	Belo Horizonte	139	7.737.700	8.791.071
Rio Jequitinhonha – TS2	Almenara	67	874.343	897.572
Rio São Francisco Médio Baixo – TS3	Montes Claros	97	1.834.680	1.957.203
Rio Paranaíba – TS4	Uberlândia	46	1.952.380	2.178.472
Rio Grande – TS5	Poços de Caldas	182	3.623.209	3.973.027
Rio Paraíba do Sul – TS6	Juiz de Fora	101	1.830.054	1.964.686
Rio Doce – TS7	Governador Valadares	221	3.799.969	4.081.748
Minas Gerais	-	853	21.652.334	23.843.78

Fonte: SEPLAG (2016); COBRAPE (2020).

O Território do Saneamento da Bacia do Rio Jequitinhonha, (TS2) corresponde a aproximadamente 4% da população total do estado. Sendo caracterizado pela baixa aplicação da Coleta Seletiva (MINAS GERAIS, 2022). Existem diferentes combinações para redução da geração de RSU como a reciclagem, recuperação energética e em última opção a disposição em aterros sanitários (LEME et.al, 2014) O Quadro-1 com os municípios participantes, encontra-se no Apêndice-2.

O município é integrante do Território de Saneamento do Rio Jequitinhonha TS-2. Participando dos sete municípios que têm coleta seletiva no território do total de 64 integrantes. A coleta seletiva apresenta muitas limitações no Território, a maioria dos municípios ou não possui coleta seletiva ou sequer dados. Apenas quatro municípios possuem associação de catadores de materiais recicláveis, Diamantina, Divisópolis, Jequitinhonha e Salinas. A Figura 2 apresenta a distribuição espacial destes municípios no TS-2.

Figura 2-Municípios com coleta seletiva no Território de Saneamento do Rio Jequitinhonha TS-2.



Fonte: SEMAD, 2021

A Política Estadual de Reciclagem de Materiais tem como promover incentivos fiscais, financeiros à reutilização, à reciclagem e ao tratamento de resíduos sólidos, em parceria com as organizações de catadores entre outros (MINAS GERAIS, 2001). O Apêndice 2, apresenta a legislação correlata sobre os Resíduos Sólidos do estado de Minas Gerais.

Diante dos impactos causados pelos resíduos sólidos gerados nas atividades humanas e das perspectivas de benefícios relacionados à implantação de sistemas de coleta seletiva e reciclagem de parte destes resíduos nos municípios, a avaliação de impactos tem se mostrado uma ferramenta útil para estimar, direcionar e justificar ações de melhor gestão de RSU.

3.2 Avaliação do Ciclo de Vida aplicada a RSU

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta prevista na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) utilizada analisar os impactos ambientais, uma vez que é realizado

um inventário de entradas (insumos) e saídas de determinado produto ou serviço desde sua concepção à sua finalização.

A ACV estuda os aspectos ambientais e os impactos potenciais ao longo da vida de um produto (isto é, do “berço ao túmulo”), desde a aquisição da matéria-prima, passando por produção, uso e disposição. As categorias gerais de impactos ambientais que necessitam ser consideradas incluem o uso de recursos, a saúde humana e as consequências ecológicas (ABNT, 2009)

Os Requisitos e Orientações da ACV foram definidos pela NBR 14044 de 2009 e corrigida em 2014. Um estudo de ACV que é composto por quatro fases:

- a) Definição de objetivo e escopo: função, unidade funcional, fluxo de referência e limites do sistema;
- b) Análise de inventário; coleta de dados e revisão literatura, utilização de tabelas, definição das entradas e saídas do sistema de água, energia e poluentes;
- c) Avaliação de impactos: esgotamento de recursos naturais, saúde pública, alterações climáticas ecológicas;
- d) Interpretação: revisão metodológica, análise de sensibilidade (ABNT, 2009).

A aplicação da ACV em diferentes cenários de coleta seletiva em um município de pequeno porte pode gerar dados que justifiquem o investimento em metas mais ambiciosas de segregação de recicláveis. A coleta seletiva apresenta-se como uma possível medida de reincorporação do material passível de reciclagem no setor produtivo, e a metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) pode ser aplicada para identificar os indicadores ambientais categóricos da eficácia e da viabilidade do gerenciamento de RSU (NÓBREGA et al., 2019 apud BOVEA et al., 2010; IBÁÑEZ-FORÉS et al., 2018). A Figura 3 abaixo apresenta o fluxo da aplicação de uma ACV, tendo como aplicações de políticas públicas, melhorias no gerenciamento de resíduos, dentre outras.

Figura 3-Fases de uma ACV



Fonte: NBR 10.004/2009

A NBR ISO 14040/2009 que trata dos Princípios e Estruturas da Análise do Ciclo de Vida, ACV, apresenta suas características chave como a flexibilidade na condução dos estudos de ACV e a abordagem sistemática adequada ao sistema de matéria prima desde a disposição final (ABNT, 2001).

Na indústria, a ACV vem sendo largamente aplicada, em especial para redução de custos e geração de vantagens competitivas como o marketing verde. Análise de Ciclo de Vida está sendo amplamente utilizada e reconhecida por técnicos e pesquisadores para avaliação ambiental das cadeias de produção, permitindo várias aplicações nos sistemas produtivos (CLAUDINO; TALAMINI, 2013).

Na gestão pública, em especial de pequenos municípios, a falta de qualificação técnica inibe o uso da ACV. A aplicação da ACV em sistemas de gerenciamento de RSU tem duas formas: a primeira a aplicação dos RSU em sua totalidade com a fins de incineração e a segunda a aplicação parcial de RSU em sistemas de reciclagem (SUNDQVIST, 1999). Leme (2010) estudou opções tecnológicas para geração de energia a partir de RSU em um Aterro Sanitário em Betim-MG. O Pesquisador avaliou o poder calorífico dos Resíduos Sólidos e testou quatro diferentes alternativas para transformação da energia química presente nos materiais para energia térmica através da incineração. O mesmo realizou a Análise do Ciclo de Vida, ACV,

através do software SIGMA PRO 8.0 para cálculo de CO₂ equivalente, que corresponde a uma medida adotada de equivalência do dióxido de carbono com os demais GEE. O presente trabalho difere de LEME (2010), pois é analisada somente a fração de RSU disponível para a reciclagem e não a sua totalidade conforme o trabalho do pesquisador. O programa para ACV também difere, o pesquisador usou o Software SIMAPro, aqui é utilizado o software GABI versão 9.1.

A coleta seletiva é uma das etapas cruciais do gerenciamento de RSU, porque com a separação dos materiais é possível haver a destinação adequada a cada tipo de resíduo, mitigando assim os impactos ambientais como a emissão de Gases do Efeito Estufa, GEE. Segundo Paschoalin et al (2014), a implementação de ações de reciclagem dos resíduos, inicialmente deve-se pensar em programas de coleta seletiva eficazes, facilitando dessa forma a destinação dos resíduos gerados.

A degradação dos RSU nos aterros é uma fonte emissora de GEE, especialmente a matéria orgânica, porém esta não é objeto do trabalho. A fabricação (processos industriais), plantio (queimadas, revolvimento do solo etc), prestação de serviços (transportes, como a queima de combustíveis) das atividades antrópicas geram resíduos. Estas atividades devem ser incluídas nos inventários da Análise do Ciclo de Vida para o cálculo correto das quantidades de GEE que são geradas, especialmente as quantidades de GEE que deixam de ser emitidas quando os resíduos são reaproveitados, aumentando a sua vida útil ou, reciclados, reduzindo a pressão sobre os recursos naturais. Segundo Vilaysouk e Babel (2012), “os gases causadores do efeito estufa emitidos por aterros de RSU correspondem por 3% do total dos Gases do Efeito Estufa”.

O ECO 92, reunião da Organização das Nações Unidas realizada no Brasil em 1992, que entre outras deliberações, atentou para as mudanças climáticas pela emissão de GEE. E o protocolo de Kyoto que foi ratificado por 195 países, por último a Rússia em 2004. Formaram as bases do Mercado de Carbono, no qual uma tonelada de CO₂ equivalente é igual a um crédito de carbono. O Banco Mundial e o Banco do Brasil firmaram um memorando de entendimento para formalizar a parceria entre as duas instituições com o objetivo de promover no país a redução da emissão e a remoção de gases de efeito estufa (GEE) (ONU, 2022). A intenção é destinar os recursos para empresas, agricultores e projetos de infraestrutura, a fim de promover atividades capazes de reduzir GEE e/ou gerar créditos de carbono de alta qualidade (ONU, 2022). A Tabela 5 apresenta o trabalho de vários autores empregando a ACV ao gerenciamento de RSU e C.S, nos quais observa-se que a preocupação com a emissão de GEE pelos aterros

Tabela 5-ACV aplicada à coleta seletiva de resíduos sólidos.

Local	Método	Conclusão	Autor
João Pessoa –PB Brasil,2014	ACV aplicada à coleta seletiva através análise dos impactos de eutrofização, GEE, oxidação fotoquímica, destruição a camada de ozônio <i>Software</i> utilizado SIMA pro 8.0	A quantidade de GEE emitidos pelo aterro sanitário é considerável quanto às emissões fugitivas de CH ₄ em 30% do total de gases emitidos	Nobrega et al. (2019)
Sakarya, Turquia	Utilização da ACV para melhoria do gerenciamento de RSU com avaliação em diferentes cenários.	As maiores causas de emissão de metano e foto oxidação advindos de aterros sanitários.	Yay (2015)
Nápoles, Itália	Analisar diferente estratégias de gerenciamento de RSU	Especificidades locais (instalações, matriz energética, composição dos resíduos, etc) e simplificação da ACV podem levar a erros no processo de decisão. No caso de Nápoles, a inexistência de coleta seletiva levou aos maiores impactos ambientais	Ripa et al. (2017)
Zhangqiu, China	Avaliar a sustentabilidade de cenários para a tomada de decisão para o gerenciamento de RSU	O cenário com recuperação de material, compostagem e aterro sanitário é preferível ao cenário com incineração e aterro sanitário	Li et al. (2015)
Cardiff, Gales	Análise de cenários para avaliar o desempenho ambiental quanto à emissão de gases do efeito estufa no gerenciamento de RSU	A ACV pode fornecer informações valiosas sobre o desempenho ambiental no gerenciamento de RSU, podendo ser utilizada pelos gestores para tomada de decisão. A maior emissão de gases do efeito estufa ocorreu nos cenários com a disposição de resíduos em aterro sanitário	Turner et al. (2016)

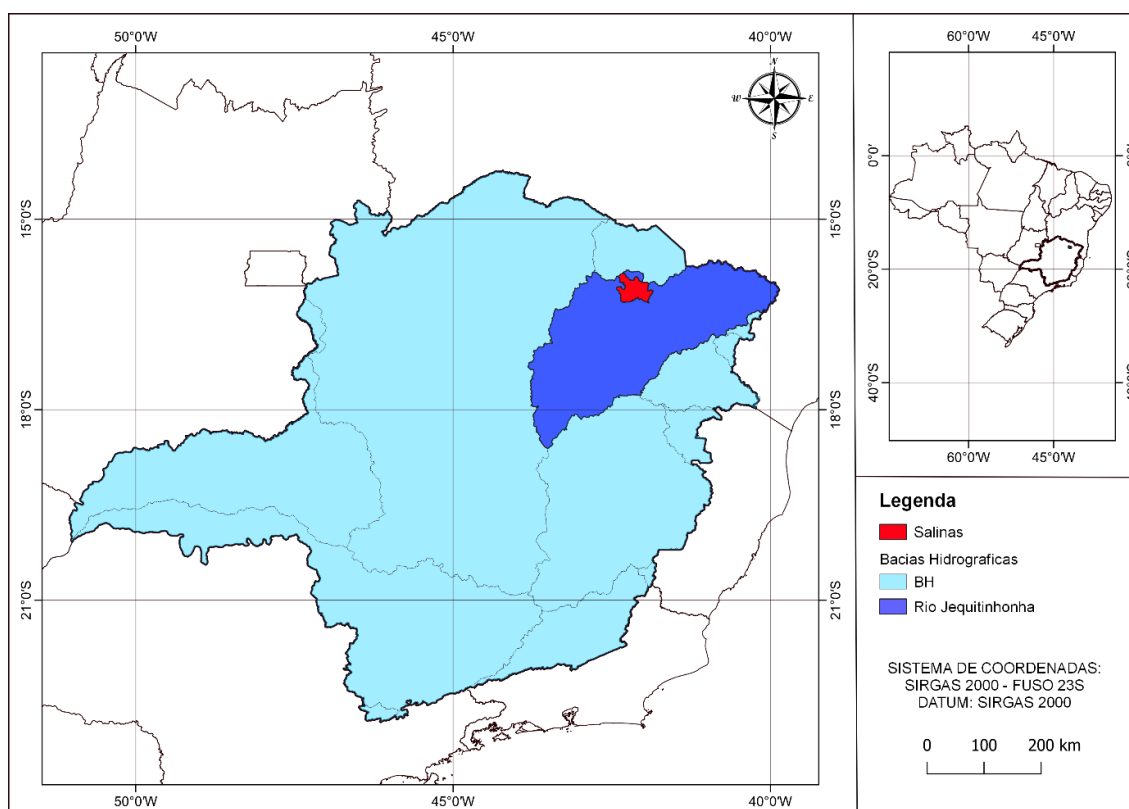
Fonte: Do autor (2022) e Mersoni e Reichert (2017).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização da área de Estudo

O município de Salinas está inserido na mesorregião do Norte de Minas Gerais, na Latitude $16^{\circ} 10' 19''$ Sul e Longitude $42^{\circ} 17' 30''$ Oeste (MENEZES et al.,2019). O clima varia de subúmido a semiárido, classificado predominantemente, segundo a classificação Köppen como sendo Aw, com inverno seco e verão chuvoso (MARTINS et al.,2018). Caracterizado com longos períodos de estiagem, elevadas temperaturas e com o período pluviométrico concentrado predominantemente nos meses de novembro, dezembro e janeiro (DA SILVA, 2020). O município apresentou precipitação total de 877,2 mm segundo a Normal Climatológica de 1981 - 2010 (INMET, 2021). Localizado na bacia hidrográfica do Rio Jequitinhonha, conforme apresenta a figura 4.

Figura 4- Localização do município de Salinas-MG na Bacia do Rio Jequitinhonha.

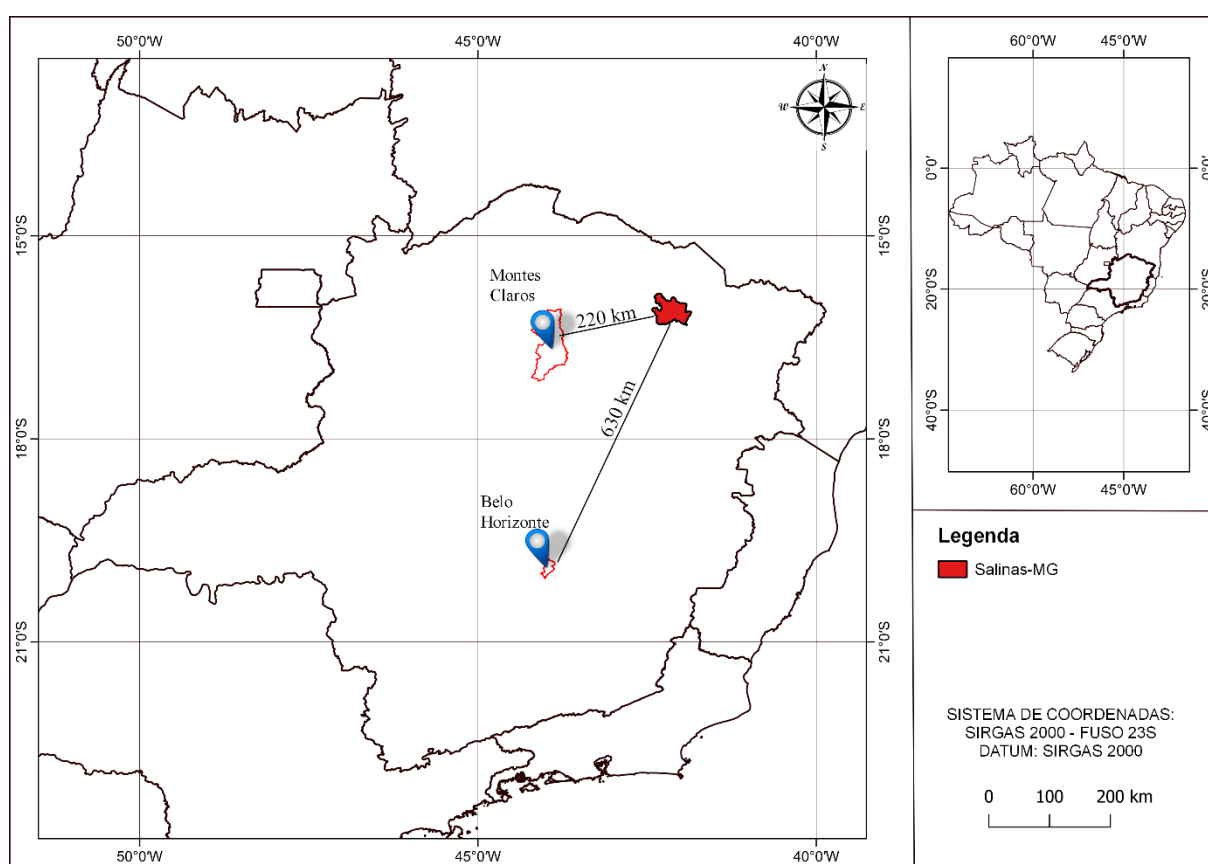


Fonte: Do autor, 2022.

A economia do município é voltada para a agropecuária, criação de gado de corte e produção de cachaça, sendo reconhecida nacionalmente. Os setores de comércio, serviços e educacional estão em franco crescimento. Segundo o IBGE (2022), a área do município é

1.862,117 km², IDH (2010) 0,679 e renda média per capita anual (2019) de R \$13.741,53 e a população de 41864 habitantes. A mineração de lítio está iniciando suas pesquisas no município, com previsão de investimento na ordem de 35 milhões de dólares australianos em projetos no país, sendo um deles em Salinas (BIANCHI,2022). A Figura 5 abaixo apresenta a distância dos principais centros urbanos, os Resíduos do Serviço de Saúde são destinados a Montes Claros, não sendo objeto deste trabalho.

Figura 5- Localização do município de Salinas-MG em relação à Belo Horizonte e Montes Claros.

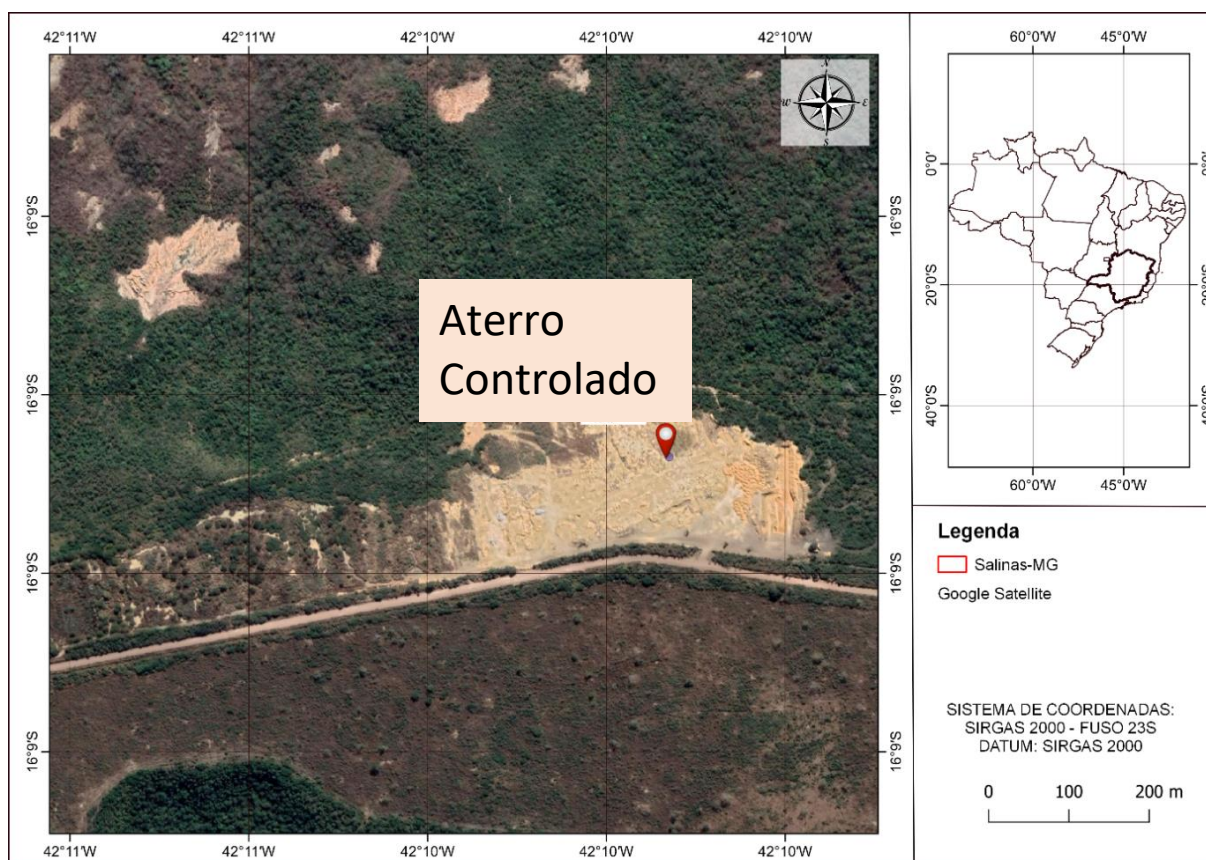


Fonte: Do autor, 2022.

4.2 Gerenciamento de RSU em Salinas - MG

A gestão dos RSU em Salinas - MG é feita pela Prefeitura Municipal. O município não possui aterro sanitário, este estando em processo de elaboração de projetos. Foi desapropriada uma área para a implantação do aterro sanitário. Atualmente os RSU são destinados a uma área de transbordo a 4 km da sede em seguida destinada a aterro controlado e distando 22 km da sede do município, próximo ao distrito de Nova Fátima. A área do aterro controlado possui solo argiloso e profundo. A Figura 6 abaixo apresenta a área do aterro controlado

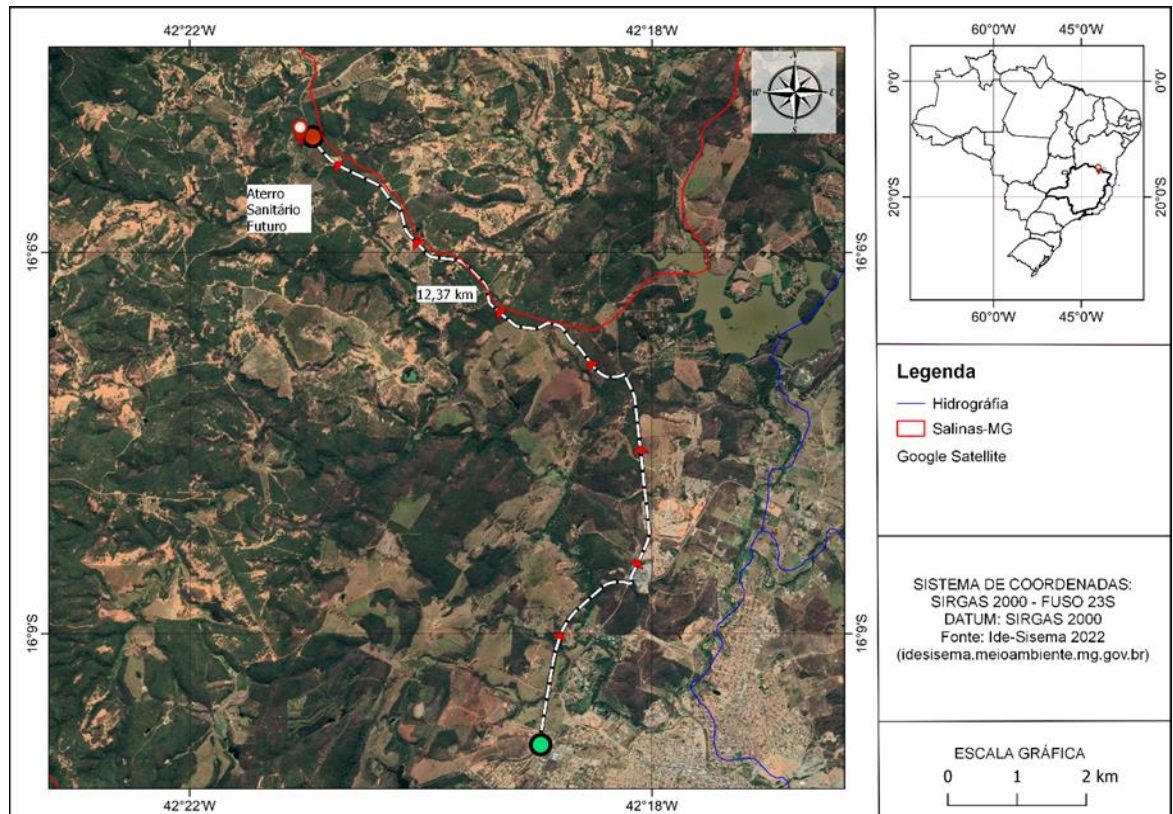
Figura 6- Localização do aterro controlado de Salinas – MG.



Fonte: Do autor, 2022.

A definição de área para construção de aterro sanitário é um trabalho que exige perícia uma vez que necessário atender a várias diretrizes como a DN COPAM 118/2008 (MINAS GERAIS, 2008) a Resolução CONAMA 04/1995 (Brasil 1995) e a NBR 13986/97 (ABNT, 1997). No ano de 2021 o município procurou áreas para construção do aterro sanitário, porém não obteve êxito (SALINAS, 2021). Em 2022, pelo o decreto municipal nº de 10.072, de 08 de agosto de 2022, foi desapropriada uma área de 53,35 hectares próxima a cidade de Novorizonte (SALINAS, 2022). A Figura 7 abaixo apresenta a área onde se pretende construir o aterro sanitário municipal.

Figura 7-Local de instalação do futuro aterro sanitário de Salinas, MG.



Fonte: Do autor, 2022.

A infraestrutura utilizada para o serviço da coleta de RSU é composta por dois caminhões compactadores e um basculante. Cada veículo de coleta é composto por um motorista e três garis. A coleta e transporte é realizado em três turnos, com o compartilhamento dos equipamentos e esse resíduo após coletado é encaminhado para uma área de transbordo e em seguida para a disposição final em aterro controlado. A Figura-8 apresenta um funcionário da limpeza pública coletando os Resíduos de Limpeza Pública, RPU.

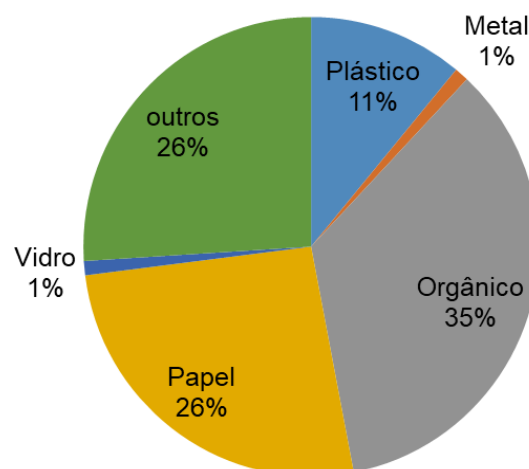
Figura 8-A esquerda a varrição e coleta dos Resíduos de Limpeza Pública e a direita Aterro Controlado.



Fonte: Do autor 2022.

A composição gravimétrica dos RSU foi realizada em 2017 pela Prefeitura Municipal obtendo a composição apresentada na Figura 9, na qual observa-se a predominância de material orgânico e o potencial de reciclagem de papel e plástico. A realização do estudo gravimétrico foi em agosto de 2017 e obedeceu a metodologia simplificada da Fundação Estadual de Meio Ambiente, FEAM (SALINAS, 2017). A metodologia da FEAM busca a maior representatividade da composição gravimétrica dos RSU através da coleta dos dados em bairros de diferentes estratos (MINAS GERAIS, 2015).

Figura 9- Composição Gravimétrica dos RSU de Salinas em 2017.



Fonte: Prefeitura Municipal de Salinas (2017).

A Lei municipal nº 2.510, de 07 de dezembro de 2016, instituiu o serviço público de coleta seletiva dos Resíduos Sólidos Urbanos no município de Salinas (SALINAS, 2016). Segundo o SNIS 2020 o município possui Plano de Gestão Integrado de Resíduos Sólidos.

4.3 Coleta Seletiva em Salinas- MG

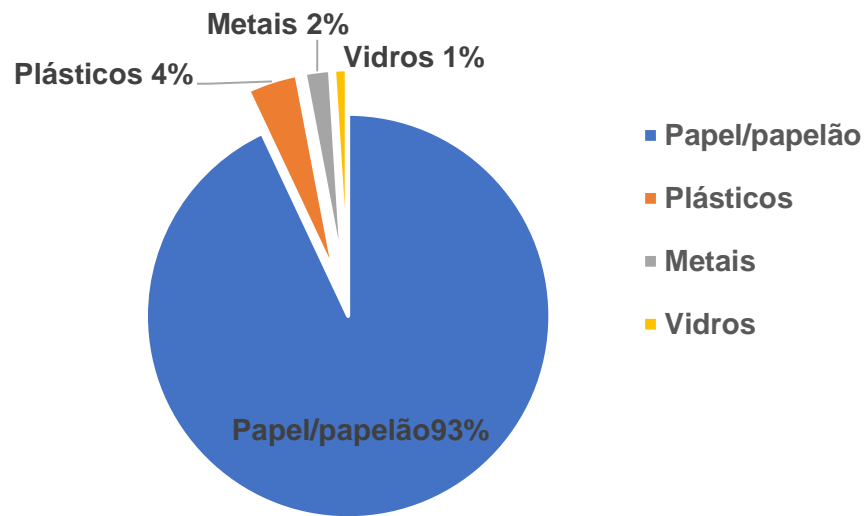
Atualmente a Coleta Seletiva em Salinas é realizada pela Associação de Catadores de Material Reciclável de Salinas (ASCASAL), uma associação sem fins lucrativos que atua na coleta, triagem e comercialização dos materiais recicláveis de Salinas. A ASCASAL conta com 12 catadores, funcionando em galpão cedido pela prefeitura. A associação não possui veículo específico para a coleta, dispondo de um caminhão caçamba duas vezes por semana, cedido pela prefeitura. A maior parte do transporte de materiais é feita por carrinhos manuais adaptados e em triciclos não motorizados de segunda a sexta. O carrinho é empurrado por dois catadores, uma vez que a cidade tem relevo acidentado. A Figura 10 abaixo apresenta o carrinho utilizado pela coleta seletiva, já próximo à ASCASAL.

Figura 10-Catadores operando o carrinho manual adaptado para coleta seletiva em novembro de 2022.



Fonte: Do autor 2022

Figura 11-Gráfico do percentual de massa recuperada anualmente pela coleta seletiva em Salinas-MG.



Fonte: do Autor, (2022).

4.4 Projeção do crescimento populacional e geração de RSU

A projeção populacional com horizonte em 20 anos foi realizada por meio do método de estimativa do IBGE, o qual se baseia no intervalo de crescimento da população de acordo o intervalo de dois Censos realizados a cada 10 anos. Tendo em vista que censo de 2020 houve atraso em virtude da pandemia do COVID 19, foram adotados os dados do censo do ano 2000 e do ano 2010. (equação 1 e 2), utilizando dados censitários do IBGE dos anos de 2000 e 2010.

$$P_t = P_0 * e^{(t-t_0)ka} \quad \text{Eq(1)}$$

Onde:

$$Ka = \frac{\ln \ln (P_n) - \ln (P_0)}{t_n - t_0} \quad \text{Eq (2)}$$

P_n e t_n - Dados referentes ao último dado de 2010;

P_0 e t_0 - Dados referentes a população do primeiro dado censitário de 2000 ;

P_t - População em 2042 e ano ao qual se deseja fazer a projeção;

Ka - Coeficiente (razão), calculado pela equação (2).

Os dados de crescimento populacional foram calculados através do software Excel versão 2010 . Sendo a População estimada do ano de 2023 até o ano de 2042 , calculadas e

organizadas em tabelas. A Tabela 6 abaixo apresenta os dados de população dos Censos 2000 e 2010.

Tabela 6-Dados censitários de Salinas, MG.

Dados do IBGE	
Ano	População
2000	36720
2010	39178

Fonte: IBGE 2022.

Após calculada a população estimada do intervalo de 2023-42, foi calculada e estimada a geração per capita de RSU por habitante no mesmo intervalo temporal. O município não dispunha de dados da taxa de crescimento de geração de RSU, somente a geração per capita do ano de 2020, $0.72 \text{ kg.hab}^{-1}.\text{dia}^{-1}$ (SNIS 2020). A taxa adotada para crescimento da geração de RSU foi de 1% baseando-se no Plano Estadual de Saneamento Básico (MINAS GERAIS, 2020). A taxa de crescimento da coleta foi de 0,3% estimando-se que ao final do ano de 2042, todo município seja atendido pela coleta de RSU tanto a população rural quanto urbana. A taxa de crescimento da coleta segundo a ABRELPE para o ano de 2017 no Brasil foi de 0,55%.

$$GP_t = GP_0 * TC^{(t-t_0)} \quad \text{Eq(3)}$$

$$TC = \left(\frac{GP_n}{GP_0} \right)^{\left(\frac{1}{tn-t_0} \right)} \quad \text{Eq(4)}$$

A massa per capita de cada ano do intervalo de 2023-42, foi calculada conforme as equações 3 e 4,

Onde:

GP_t – Geração per capita do ano de interesse, calculada pela equação (3) ($\text{kg hab}^{-1}\text{dia}^{-1}$);

t – Ano ao qual se quer determinar a geração per capita até 2042;

GP_0 – Geração per capita inicial, do ano de 2020;

t_0 – Ano referente à Geração per capita inicial 2010;

TC – Taxa de crescimento, calculada pela equação (%) (4);

GP_n – Último valor de geração per capita conhecido,

tn – Ano referente ao último valor de geração per capita conhecido em 2020.

Após calculada a massa per capita de RSU do intervalo de 2023 a 2042, foi calculada a massa anual de RSU. Multiplicando-se os valores de geração per capita pela população atendida pela coleta de RSU pelo total de dias do ano e em seguida dividindo o valor por mil para transformar em toneladas ano conforme as equações 5 e 6.

$$Massa\ de\ RSU\ (ton/ano) = \frac{(GP * Pt * \% \text{população atendida} * 365)}{1000} \quad Eq(5)$$

Onde:

Massa de RSU(ton/ano) - massa de RSU (RDO+RPU) em toneladas por ano;

GP— Geração per capita de RSU para cada ano, calculada pela equação (kg.hab⁻¹.dia⁻¹);

Pt- População referente ao ano calculado;

%população atendida- percentual da coleta convencional;

365- dias no ano;

1000- fator de correção para toneladas.

$$GT = \sum_{ai}^{an} GPt \quad Eq(6)$$

A massa total estimada da coleta de RSU gerada pelo município de Salinas no intervalo de 2023-2042 foi calculada através do software Excel 2016 através da equação 6 Onde:

GT- Geração Total de RSU em toneladas de 2023 a 2042

an-massa de RSU do ano final da coleta de RSU ,2042.

ai – massa de RSU do ano inicial da coleta de RSU, 2023.

GPt- massa anual de RSU coletada.

Após calculada a massa total dos RSU estimada para o intervalo de 20 anos, a mesma foi estratificada conforme o estudo gravimétrico realizado no município em 2017 e as suas respectivas massas de RSU organizadas em tabelas conforme a equação (7)

$$GPt(2023-2042)*PCGR \quad Eq(7)$$

Onde

GPt(2023-2042)- é a massa total de RSU no intervalo de 2023-2042 (ton)

PCGR-Percentual de cada material na composição gravimétrica do RSU(ton)

A Tabela 7 abaixo são os percentuais dos materiais que compõem a Convencional do município de Salinas.

Tabela 7 - Composição Gravimétrica do Município de Salinas em 2017.

Composição Gravimétrica RSU Coleta Convencional				
Plástico	Metal	Orgânico	Vidro	Papel/Papelão
11%	1%	35%	1%	26%

Fonte: SNIS (2020).

4.5 Cenário da Coleta Seletiva

Após os cálculos das massas dos RSU da coleta convencional conforme a gravimetria da tabela 7, foram calculadas as massas dos RSU reaproveitadas pela coleta seletiva tanto no padrão atual da Coleta Seletiva e também nos três cenários de reaproveitamento 1,95% (atual), 5% (cenário 1), 10% (cenário 2), 20% (cenário 3). A massa total do Resíduos Recicláveis pela C.S, foi estratificada pela composição gravimétrica da coleta seletiva conforme a tabela 8 segundo o (SNIS 2020)

Tabela 8 - Composição Gravimétrica da Coleta Seletiva do Município de Salinas segundo o SNIS em 2020.

Gravimetria da C.S em Salinas-MG,			
Plástico	Metal	Vidro	Papel/Papelão
4%	2%	1%	93%

Fonte: SNIS (2020).

Após os cálculos das massas de RSU reaproveitados de acordo os cenários, atual e os três cenários propostos conforme a gravimetria da Tabela 8, as massas dos três cenários propostos (5%), (10%) e (20%) foram subtraídas do percentual atual com vistas a obtenção das massas de RSU que são passíveis de reaproveitamento conforme a Equação (9)

$$\Sigma MR = \Sigma \text{Massa de RSU} \times \% \text{recuperada coleta seletiva} \times IN \quad \text{Eq(9)}$$

Onde:

Σ Massa de RSU - Massa total RSU coletadas em toneladas.

% recuperada coleta seletiva- Massa de RSU recuperada pela coleta seletiva em toneladas.

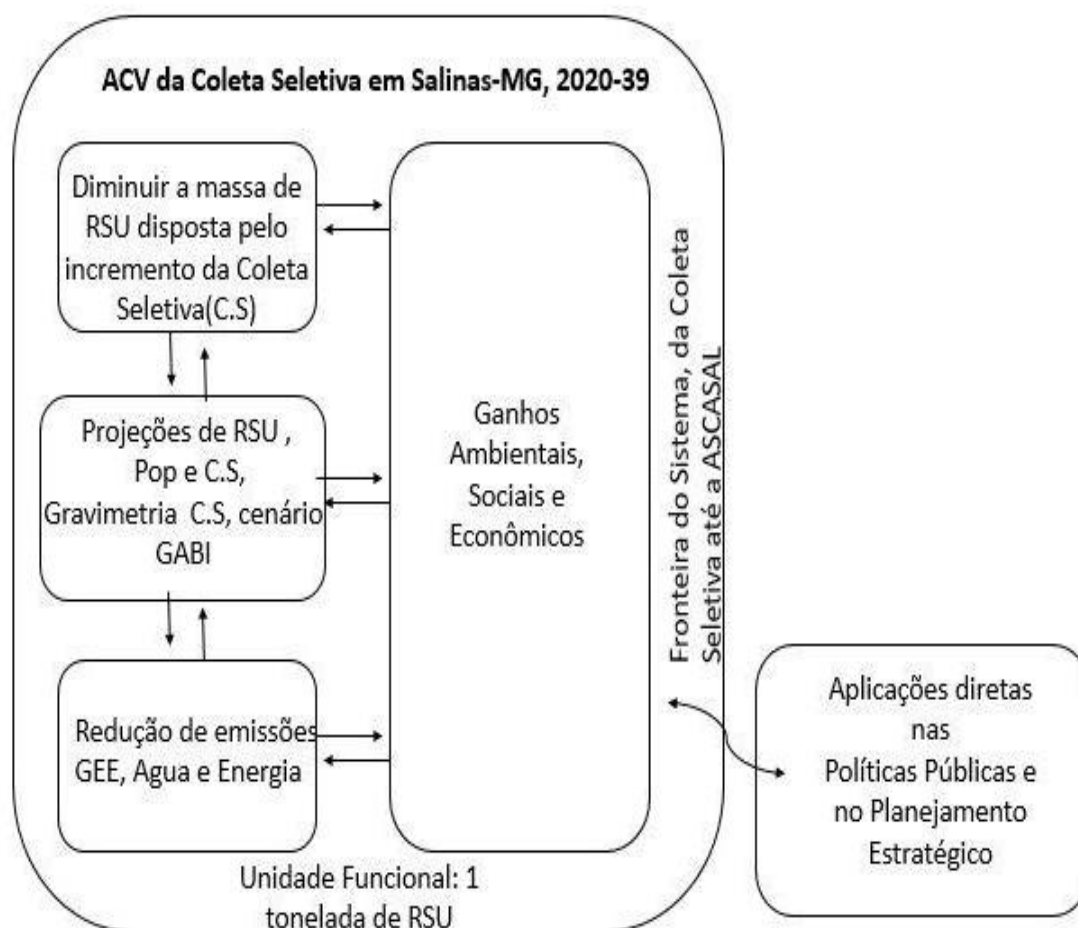
IN – percentual do material de interesse recuperado de acordo a gravimetria da coleta seletiva no município subtraído do cenário atual (1,95%).

4.6 Avaliação do Ciclo de vida

As massas de RSU de cada cenário foram organizadas em tabelas e estratificadas pela sua composição gravimétrica em seguida os dados foram inseridos no software GABI para a análise da ACV de cada material e a geração equivalente em toneladas de dióxido de carbono.

Os limites da ACV foram delimitados a aplicação do gerenciamento dos RSU no município de Salinas, suas fronteiras são a coleta seletiva até a segregação na ASCASAL. A Figura 12 abaixo apresenta o fluxograma da ACV realizada.

Figura 12-Limites da ACV



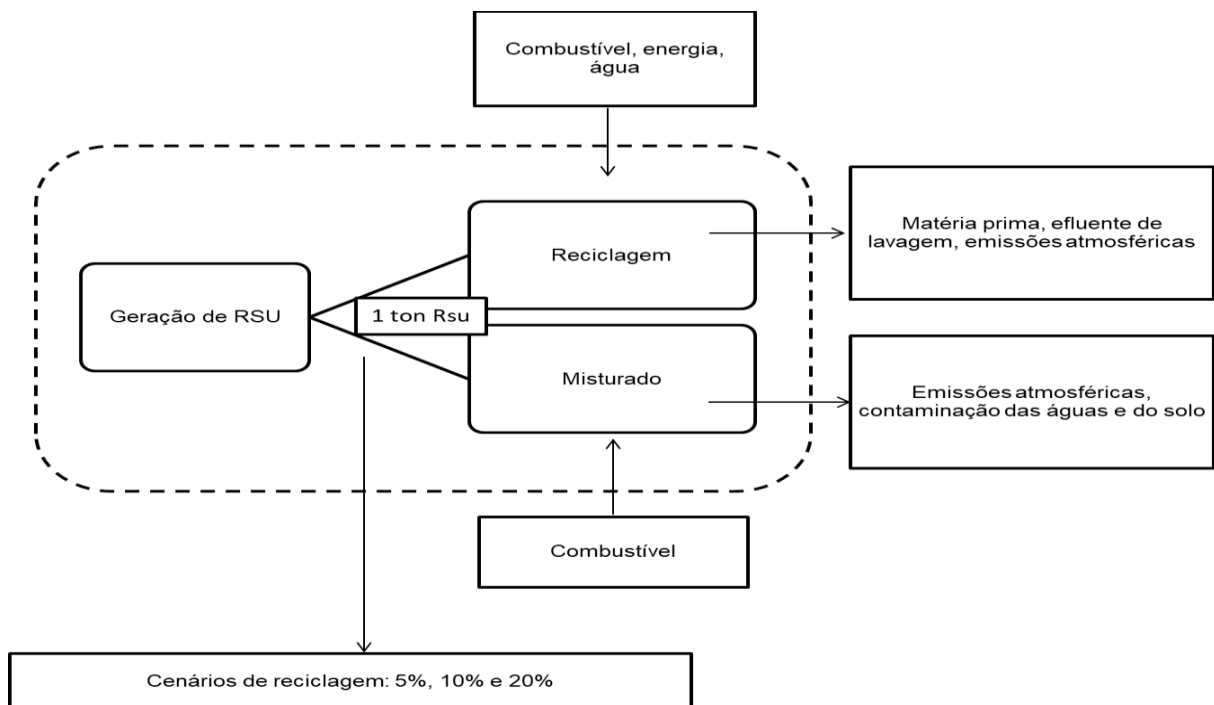
Fonte: Do autor 2022, Adaptado NBR 10040/2009.

Os valores de massa dos materiais a serem recuperados no intervalo de 20 anos foram inseridos no software Gabi ® versão 9.2, da empresa Thinkslep AG com licença cedida à UFLA, no qual foi possível observar impactos da Emissão por GEE destes materiais se

dispostos no solo. A unidade de referência utilizada foi uma tonelada de RSU, a base de dados usada pelo GABI foi o método CML 2001.

O método das categorias de impactos ambientais causados por estes materiais foi definido conforme estudos de Guinée et al. (2002), e os inventários destes são selecionados conforme categoria de impacto ambiental (CML, 2016). A categoria escolhida foi a emissão de gases causadores do efeito estufa (GEE). O modelo de caracterização foi desenvolvido pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) o qual expressa potencial de aquecimento global em emissão de quilogramas de dióxido de carbono no horizonte de 100 anos kg CO₂. A Figura 13 abaixo apresenta o funcionamento do GABI, as entradas e saídas do processo.

Figura 13-Fluxograma dos cenários aplicados ao Gabi com inventários correspondentes a cada um dos cenários.



Fonte: Do autor, 2022

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Projeção da geração de RSU em Salinas

A Tabela 9 e a Figura 14 apresentam as previsões mais conservadoras para o município quanto ao crescimento econômico e o crescimento da massa de RSU no município no ano de 2042. A taxa de crescimento da geração de RSU de 1% e a taxa do crescimento da coleta convencional de 0,3% são valores aquém da literatura. Segundo a ABRELPE (2017) a taxa de crescimento da geração de RSU da região sudeste foi de 4,1% e a taxa de crescimento da coleta foi de 0,55%.

Segundo Yay (2013), a geração per capita média de RSU na Itália era de $1,47 \text{ kg.hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$; na Espanha $1,45 \text{ kg.hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ e nos EUA $2 \text{ kg.hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$. Considerando o mais conservador dos cenários é plenamente possível que em 2042 o município de Salinas-MG tenha uma geração per capita de RSU superior a $0,9 \text{ kg.hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$. O motivo da adoção de valores mais conservadores é não superestimar as projeções aumentando assim a sua credibilidade. Um fator que não pode ser desconsiderado é a preocupação destes países com o gerenciamento dos seus RSU, especialmente com a aplicação da coleta seletiva, segundo Yay (2013) a Itália recicla 21% dos seus RSU.

A Tabela 9 apresenta a população estimada em 2023 e no ano de 2042 e, geração per capita de RSU em $\text{kg.hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ do ano diagnóstico e do Prognóstico e na última coluna o total da massa de RSU gerado no intervalo de 20 anos (2023-2042).

Tabela 9-Prognóstico da geração de RSU em Salinas, MG e massa Total de RSU.

	Diagnóstico -2023	Prognóstico-2042	Massa Total de RSU em ton. em 20 anos
População Estimada	42.621	48.205	-
Geração per Capita $\text{kg.hab}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$	0,74	0,9	263.528,73

Fonte: Do autor 2022.

Tendo em vistas que o município pretende construir um aterro sanitário deve-se considerar que caso o aterro sanitário tenha uma vida útil de 20 anos, que é o usual, o seu enquadramento de acordo a DN COPAM 217/2017 será de médio porte. A Massa Total de RSU em toneladas é superior a 110.000 toneladas de capacidade de aterramento final, caso o tempo de vida útil seja de 10 anos, que é o tempo mínimo para o dimensionamento do aterro sanitário,

este valor também é superado mesmo com a subtração o percentual de Aproveitamento da Coleta Seletiva.

A composição gravimétrica da Coleta Convencional é um importante fator no dimensionamento da Coleta Seletiva, a Tabela 10 abaixo apresenta as massas estimadas de RSU de plásticos, papel/papelão, vidro e metal.

Tabela 10 - Massa da Coleta Convencional de RSU estimada em toneladas no intervalo de 2023-2042

Geração de RSU pela composição Gravimétrica em toneladas estimada em 20 anos			
Plástico	Papel/Papelão	Vidro	Metal
28.988,16	68.517,47	2.635,29	2.635,29

Fonte: do autor (2022).

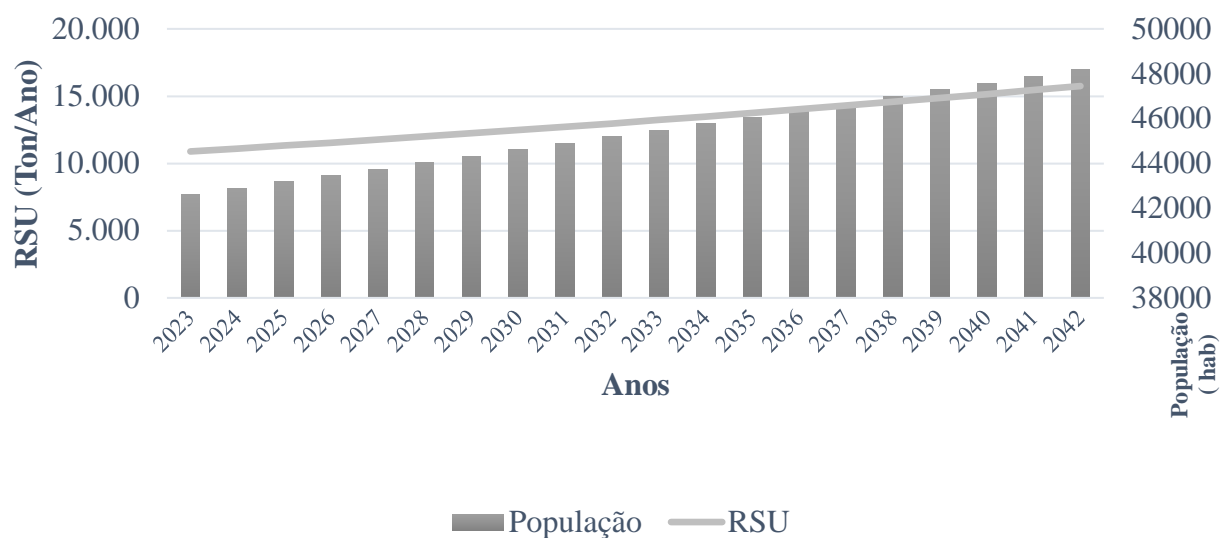
A Tabela 11 abaixo apresenta as massas dos RSU destinadas a Coleta Seletiva conforme a sua gravimetria de aproveitamento dos RSU, sendo 93% papel/papelão, 4% plásticos, 1% vidro e 2% metais.

Tabela 11- Massas em toneladas estimadas de RSU que poderiam ser aproveitadas no intervalo de 20 anos pela Coleta Seletiva.

Massa de RSU por gravimetria de aproveitamento da C.S estimada em 20 anos em ton					
Cenários	Plástico(4%)	Papel/Papelão(93%)	Vidro(1%)	Metal(2%)	Total
1,95%(atual)	205,55	4.779,09	51,39	102,78	5.138,81
5%(1)	527,06	12.254,09	131,76	263,53	13.176,44
10%(2)	1054,11	24.508,17	263,53	527,06	26.352,87
20%(3)	2108,23	49.016,13	527,06	1.054,11	52.705,75

Fonte: do autor (2022).

Figura 14-Gráfico do crescimento populacional versus a Geração de RSU em Toneladas, eixo horizontal os anos, vertical a esquerda os RSU e a direita a população.



Fonte: Do Autor 2022.

Conforme lembra Norberto et al (2020), ao estudar a relação entre o Produto Interno Bruto, PIB, e a geração de RSU na região sudeste encontrou uma correlação de 0,86. Há expectativas de crescimento do PIB municipal e conforme este trabalho o crescimento da geração de RSU, das atuais 0,74 kg.hab⁻¹. dia⁻¹ para 0,9 kg.hab⁻¹. dia⁻¹ em 2042. Para tanto o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, PMGIRS, deve ser revisto e aperfeiçoado.

5.2. Coleta Seletiva e Cenários

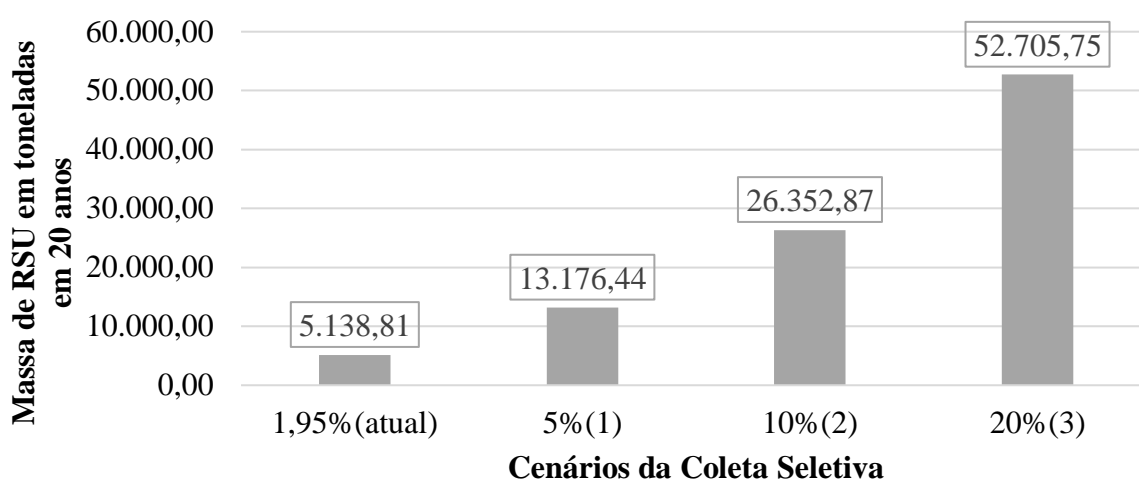
A taxa de cobertura da coleta Seletiva porta a porta em relação a população urbana é de 29,36% das vias atendidas pela coleta convencional. A massa recuperada per capita por ano foi de 6,12 kg/hab (SNIS 2022). Os materiais recuperados são respectivamente papel/papelão 93%, plásticos 4%, metais 2% e vidro 1%.

Nem todos RSU que são coletados pela coleta seletiva estão aptos à reciclagem, sendo o rejeito presente nos mesmo reenviado por meio da coleta convencional para a disposição no aterro sanitário pela coleta convencional. O percentual de aproveitamento da C.S no município de Salinas é 95,32% conforme (SNIS 2020). Do total da massa de RSU coletada pela coleta convencional, 40,1% (ABRELPE 2017) são passíveis de reciclagem.

Considerando o percentual de RSU passível de reciclagem (40,1%) da coleta convencional. A massa de RSU passíveis de reciclagem e reaproveitamento é de 105.675,02

do total de 263.528,73 toneladas dos vinte anos de projeção. A Figura 15 apresenta os dados dos cenários, da coleta seletiva atual e do total de RSU por composição gravimétrica do que será destinado ao Aterro e o total de RSU com geração prevista. Cenário atual (1,95%) 5.138,81 ,o cenário 1 (5%) 13.176,44 , o cenário 2 (10%) 26.352,87 e o cenário 3 (20%) seja de 52.705,75 toneladas de RSU reaproveitados e ou reciclados que deixariam de serem destinados ao aterro sanitário e reduzirem a emissão de GEE.

Figura 15-Evolução das massas reaproveitadas em cada cenário pelo aumento da coleta seletiva no intervalo de 20 anos.



Fonte: Do autor 2022.

O município está analisando áreas para a construção do aterro sanitário. Segundo as informações da composição gravimétrica dos RSU, da geração per capita dos RSU, crescimento populacional e percentual da população atendida pela coleta convencional, será necessário que aterro comporte 258.389,92 toneladas de RSU até 2042. Este valor corresponde a 98,05% dos RSU gerados no município em 20 anos, uma vez que, o percentual de aproveitamento atual da coleta seletiva é de 1,95% dos RSU da coleta convencional.

O volume de RSU estimado que será gerado no município até 2042 é de $1,1 \times 10^6$ metros cúbicos, considerando massa específica dos RSU de 231 kg/m^3 (SILVA e SANTOS, 2013) uma vez que este dado não consta na planilha do SNIS (2020) do município e foi usado um dado de literatura.

Caso a coleta seletiva atingisse o aproveitamento de 5% dos RSU do total coletado no município o valor disposto ao aterro sanitário seria de 250.352,3 toneladas, desviando assim o total de 8.037,63 toneladas a mais de materiais recicláveis em 20 anos que seriam destinados

ao aterro. Estes materiais têm o valor econômico e também reduziram os impactos da emissão do CO₂. Para o raciocínio análogo se a coleta seletiva fosse 10% os valores serão 237.175,86 toneladas destinadas ao aterro e 21.214 desviadas. No terceiro cenário com a estimativa de 20%, os valores serão 210.822,99 toneladas e 47.566,94 toneladas de materiais recicláveis desviados pela coleta seletiva.

Tabela 12- Total de massas destinadas ao aterro em cada cenário de Aproveitamento da Coleta Seletiva.

Cenários	Atual(1,95%)	Cen 1(5%)	Cen 2(10%)	Cen3(20%)
Massa destinada (ton)	258.389,92	250.352,30	237.175,86	210.822,99
Massa reciclada (ton)	5.138,81	13.176,44	26.352,87	52.705,75
Volume do Aterro m ³	1.118.571,10	1.083.776,18	1.026.735,33	912.653,63

Fonte: Do Autor 2022

Considerando o preço do kg do papelão em R\$ 0,25 (ABRELPE 2022). Há uma perda anual no Brasil de aproximadamente de R\$ 14 bilhões com a disposição de recicláveis em aterros e vazadouros que poderiam incrementar a renda de catadores (ABRELPE, 2019). A Tabela 13 abaixo apresenta os valores atuais dos materiais recicláveis em R\$.

Tabela 13 -Valores pagos em reais por kg de material reciclável por região em 2021 no Brasil.

Região	Papel	Plástico	Alumínio	Outros metais	Vidro	Outros
Norte	0,25	0,85	2,20	0,35	0,15	0,26
Nordeste	0,34	1,02	3,78	0,38	0,10	1,22
Centro Oeste	0,33	0,76	2,97	0,35	0,02	0,31
Sudeste	0,46	1,06	3,55	0,56	0,09	0,91
Sul	0,41	0,99	2,68	0,37	0,08	0,29
Brasil	0,39	0,92	3,05	0,41	0,08	0,54

Fonte: ABRELPE (2022).

O índice de atendimento da coleta seletiva no município é de 29,6% das vias, deve-se especialmente a ASCASAL ter disponível dois dias por semana um caminhão cedido pela prefeitura para realizar a coleta seletiva. Nos demais, os catadores utilizam os carrinhos

adaptados e triciclos não motorizados. Há avanços significativos na associação como a aquisição de prensas por meio do governo estadual. Conforme lembra Monteiro et al. (2001), “a implantação da coleta seletiva é um processo contínuo que é ampliado gradativamente”.

A aquisição de um veículo próprio e o itinerário das rotas que atendam às necessidades da ASCASAL não é algo simples, pois é necessário o traçado das rotas de coleta seletiva para a maximização da carga e redução do percurso. A formulação matemática do problema de roteamento de veículos não é um problema trivial (GOLDBARG E PACCA LUNA, 2000).

Uma das possíveis formas de aquisição de veículo pela ASCASAL é a participação de editais pela Fundação Nacional de Saúde, FUNASA (2010), que tem um programa de ação diferenciado para municípios com até 50.000 habitantes. O município é integrante do Consórcio Multifinalitário do Alto Rio Pardo, COMAR, participando parcialmente do mesmo na área de RSU. Outra alternativa seria a elaboração de projetos para a inserção da ASCASAL no mercado de carbono. O belo trabalho realizado pelos catadores está inserido na Agenda 2030 da Nações Unidas. Contemplando os seguintes itens: água potável e saneamento, 11: cidades e comunidades sustentáveis; 13: Ação Contra a Mudança Global do Clima.

Os catadores de material reciclável têm uma importante função ambiental e social. A coleta seletiva possibilita vários benefícios por meio da inserção social do catador por meio da geração de trabalho e renda, esta ação respalda a favor da perspectiva ambiental e da sustentabilidade (ZAMBRA et. al, 2016).

Para o aumento do percentual da coleta seletiva é necessário a colaboração da população e o instrumento para tal é ampliação das políticas públicas de educação ambiental e a cobrança de taxas conforme resolução da ANA (BRASIL, 2021). É urgente a promoção da educação ambiental para a formação e mudança de valores individuais e sociais (FREDE, 2019).

5.3. ACV da Coleta Seletiva

A Tabela 14 abaixo apresenta a massa de RSU que poderão ser desviados do aterro sanitário no intervalo de vinte anos, as massas de CO₂ equivalentes, após a realização da ACV pelo software GABI 9.1 .

Tabela 14 - Massas de RSU de acordo a gravimetria que serão destinadas ao aterro em vinte anos em toneladas

Cenários	Plástico(11%)	Papel/Papelão(26%)	Vidro(1%)	Metal(1%)
1,95%(atual)	28.782,61	63.738,38	2.583,90	2.532,51
5%(1)	28.461,10	56.263,38	2.503,52	2.371,76
10%(2)	27.934,05	44.009,30	2.371,76	2.108,23
20%(3)	26.879,93	19.501,13	2.108,23	1.581,17

Fonte: Do Autor 2022.

Tabela 15- Emissões de CO₂ equivalentes no estimadas do aterro municipal de Salinas no intervalo 2023-2042 em toneladas.

Cenários	Plástico(11%)	Papel/Papelão(26%)	Vidro(1%)	Metal(1%)
1,95%(atual)	2.014,78	77.123,44	25,84	126,63
5%(1)	1.992,28	68.078,69	25,04	118,59
10%(2)	1.955,38	53.251,25	23,72	105,41
20%(3)	1.881,60	23.596,37	21,08	79,06

Fonte: do Autor 2022 utilizando o software GABI 9.1.

Deve-se considerar que a matéria orgânica não foi objeto do estudo, sendo idêntica nos quatro cenários, sendo equivalente a 92.235,06 toneladas e geração de CO₂ equivalente a 69.176,29 toneladas. A Tabela 16 abaixo apresenta o total de emissões de CO₂ equivalentes em toneladas que poderiam ser reduzidas em cada cenário da Coleta Seletiva.

Tabela 16- Cenários da Coleta Seletiva estimados , massa total dos RSU, massa de emissões em toneladas equivalentes de CO₂, e valores estimados que foram reduzidos pela Coleta Seletiva.

Cenários	Massa Total de RSU	Emissões de CO₂ equiv	Reduzidas pela C.S
Bruto	263.528,73	154.269,72	-
1,95%(atual)	258.389,92	148.466,98	5.802,74
5%(1)	250.352,30	139.390,88	14.878,84
10%(2)	237.175,86	124.512,06	29.757,66
20%(3)	210.822,99	94.754,40	59.515,33

Fonte: Do Autor 2022.

Segundo a ABRELPE (2021), das 400.498 toneladas de materiais reciclados coletados ao se realizar a ACV obtiveram 174.308 de CO₂ equivalentes. A Tabela 17 apresenta a os valores por material de CO₂ equivalentes conforme os cálculos realizados Giegrich (2021) e por Guinné et al. (2002).

Tabela 17 - CO₂ equivalente por material reciclado de acordo a calculadora de ACV do ministério do desenvolvimento regional e do software Gabi em toneladas de CO₂ equivalentes

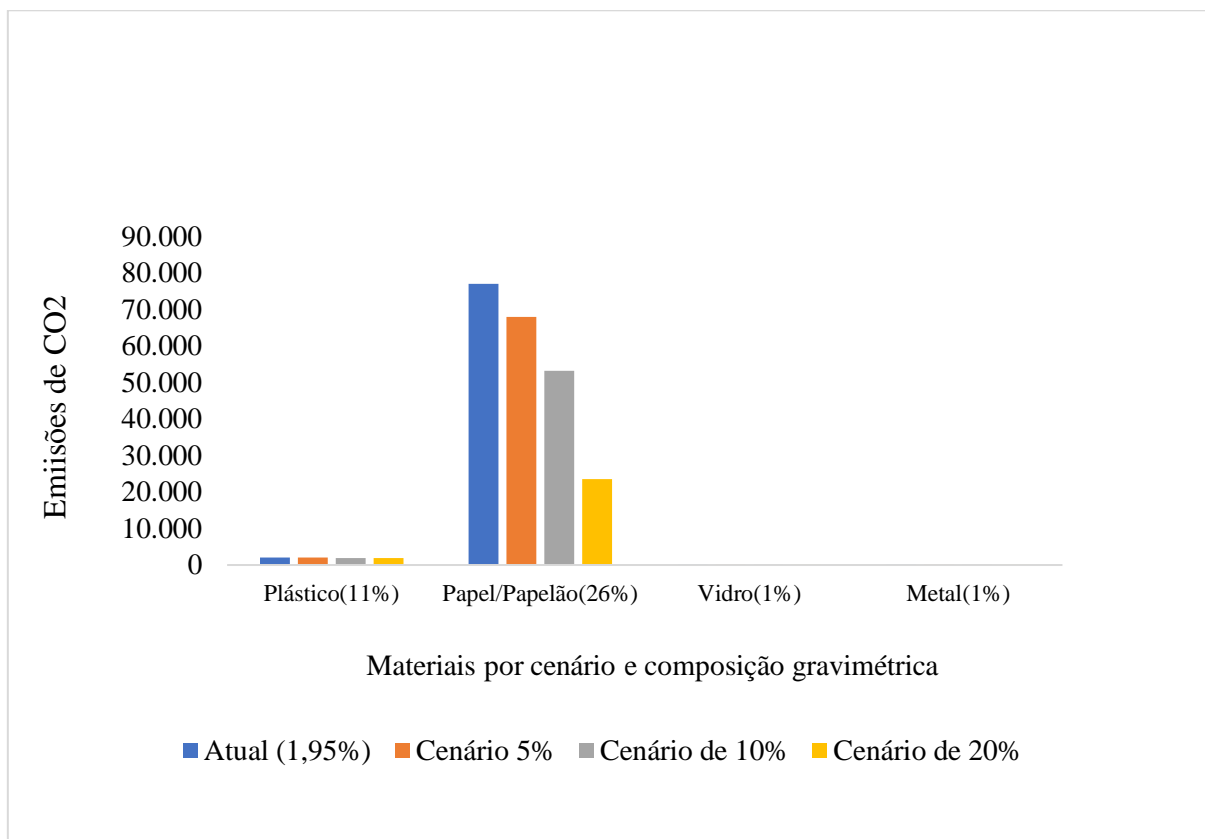
Toneladas CO₂ eq/t Resíduos	Papel e Papelao	Vidro	Metais Ferrosos	Alumínio	Plásticos
Giegrich (2021)	1,256	0,483	0,064	0,697	0,410
Guiné et al (2002)	1,21	0,010	0,050	-	0,07

Fonte: Giegrich (2021) e Guiné (2002).

Uma das prováveis explicações para isto são os inventários que foram usados em cada processo e as fronteiras do sistema, podendo alterar significativamente o resultado da ACV. Além da incerteza agregada aos resultados finais da ACV, as distintas metodologias de cálculo adotadas pelos métodos de avaliação de impacto refletem diferentes valores e informações, com diferentes princípios de priorização de impactos (BAUMANN e TILLMAN 2004). A Figura 16 apresenta a massa de CO₂ equivalente a por cada material de interesse do Software Gabi que é baseado nos dados de inventário segundo Guinné et al. (2002).

A figura 16 apresenta as emissões de toneladas de CO₂ equivalentes por material coletado após os resultados do software GABI segundo o método CML 2001, baseado nos dados de inventário de emissões de Gases de Efeito Estufa de acordo o trabalho de Guinné et al (2002).

Figura 16-Emissões de CO₂ equivalentes em toneladas 2023-2042 por material.



Fonte: Do Autor 2022.

O aumento da Coleta Seletiva reduziria a geração de CO₂ equivalentes, podendo converter-se em créditos de carbono. Para cada tonelada de papelão reciclada há diminuição de 9,8 toneladas CO₂ equivalentes a produção de papelão de matéria prima virgem. Entre 2000 e 2006, atividades humanas contribuíram com o lançamento de 4,1 bilhões de toneladas de carbono na atmosfera (PIRES, SANTOS E SILVA, 2012).

Das três metas da Organização das Nações Unidas deste trabalho a de maior destaca-se a meta 13 com os seus objetivos; aumento da resiliência para adaptar-se às mudanças climáticas, a integração estratégica, a melhoria da consciência e educação ambiental, a implementação de compromissos assumidos e suporte financeiro e por último e não menos importante: a promoção de mecanismos para promoção da gestão eficaz que contemple jovens, mulheres e comunidades marginalizadas (ONU, 2022).

6 CONCLUSÃO

A geração de RSU no município de Salinas nos próximos vinte anos é de 263.528,73 toneladas com um volume estimado de 1.140.817 m³ de RSU e a emissão de GEE estimada em 154.269,72 toneladas de CO₂. A Coleta Seletiva nos patamares atuais aproveitaria 5.138,81 toneladas de Materiais do total de 105.675,02 toneladas de RSU passível de reciclagem e/ou reaproveitamento e reduziria a emissão de GEE em 5.802,74 toneladas de CO₂ equivalentes.

As massas de RSU desviadas do aterro nos três cenários propostos de reaproveitamento da C.S de 5%, 10% e 20% de seriam respectivamente 13.176,44; 26.352,87 e 52.705,75 toneladas. O impacto da redução de GEE são respectivamente 14.878,84; 29.757,66 e 59.515,33 toneladas de CO₂ equivalentes. A aumento da coleta seletiva é possível e urgente para a melhoria do gerenciamento de RSU no município com a fins ao cumprimento da agenda 2030 das Nações Unidas, em especial a redução da pobreza e emissão de GEE. A ACV para que seja mais específica é aconselhável realização de mais estudos, como um novo estudo da composição gravimétrica do município.

REFERÊNCIAS

ABRELPE, **Panorama 2017**. Disponível em:

https://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf. Acesso em 22 de nov.2022

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004: **Resíduos sólidos - Classificação**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2004. 77 p.

AUAD, G.A et al. Gerenciamento de resíduos sólidos em uma empresa com atividade na manufatura reversa de refrigeradores e condicionadores de ar. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 20, n. 2, p.43-58, 2021.

AUAD, G.A. et al. Reflexões sobre a política nacional de resíduos sólidos e a pandemia do COVID-19: Gerenciamento adequado. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento** , v. 10, n. 10, p. e42101018653-e42101018653, 2021.

BAUMAN, Z. **Vida para consumo: a transformação das pessoas em mercadoria**. Rio de Janeiro: Zahar, 2007, 199 p.

BAUMANN H, TILLMAN A The Hitch Hiker's Guide to LCA: na orientation in life cycle assessment methodology and application. Londres, **Studentlitteratur**. 2004.

BHADA-TATA, P HOORNWEG, D. A. Que desperdício?: uma revisão global da gestão de resíduos sólidos. 2012.

BORBA, W. F. **Vulnerabilidade natural à contaminação da água subterrânea em área ocupada por aterro sanitário em Seberi - RS**. 2016. 174 p. Tese (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.

BRASIL. **Decreto-lei nº 200, de 25 de fevereiro de 1967**. Dispõe sobre a organização da Administração Federal, estabelece diretrizes para a Reforma Administrativa, e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0200.htm. Acesso em: 11 ago. 2022.

BRASIL. **Lei Federal 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 serviços técnicos especializados. 2020. Disponível em: <https://legis.senado.leg.br/norma/32462863/publicacao/32491972> . Acesso em: 06 set. 2020.

BRASIL. **Lei Federal 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. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Lei/112305.htm. Acesso em: 10 ago. 2022.

BRASIL. **Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981**. Lei da Política Nacional do Meio Ambiente de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências. Brasília, 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm. Acesso em: 9 nov. 2022.

CHATTOPADHYAY, S.; DUTTA, A.; RAY, S. Municipal solid waste management in Kolkata, India: A review. **Waste Management**, v. 29, n. 4, p.1449-1458. 2009.

CLAUDINO, E. S.; TALAMINI, E. Análise do Ciclo de Vida (ACV) aplicada ao agronegócio: uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 77-85, 2013.

DA SILVA, L. L. S. *et al.* Uso de Espécies Exóticas em Praças Públicas de Salinas-Mg e o Paralelismo Climático em Questão. **Biofix Scientific Journal**, v. 5, n. 2, p. 246-252, 2020.

DE MARCOS, L. B. G. *et al.* Use of geotechnologies in the selection of suitable areas for implementation of landfill in Lavras-MG. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 3, p. 2243-22452, 2022. DOI:10.34117/bjdv8n3-440

DEUS, R.M.; BATTISTELLE, R.A.G.; SILVA, G.H.R. (2017) Scenario evaluation for the management of household solid waste in small Brazilian municipalities. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 19, n. 1, p. 205-214

FELISARDO, R. J. A.; SANTOS, G. N. Aumento da geração de resíduos sólidos com a pandemia do COVID-19: desafios e perspectivas para a sustentabilidade. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 3, n. 3, p. 030-036, 2021.

FRIEDE, R *et al.* Coleta seletiva e educação ambiental: reciclar valores e reduzir o lixo. **Educação & Formação**, v. 4, n. 11, p. 117-141, 2019.

GALLARDO, S. M. A. G. O Manejo dos Resíduos Sólidos nos Municípios Brasileiros e a Situação Observada no Estado de São Paulo. **Cadernos**, v. 1, n. 1, p. 41-49, 2017.

GIEGRICH, J. Ferramenta de Cálculo de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) no Manejo de RSU para o Brasil – Metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), disponível em www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/protegeer/copy_of_ManualdaFerrar. Acesso em: 25 nov. 2022

GOLDBARG, M.C.; PACCA LUNA, H. Otimização combinatória e programação linear. **Editora CAMPUS, Rio de Janeiro**, 2000.

GUINÉE, Je. Manual de avaliação do ciclo de vida — guia operacional para os padrões ISO. **O jornal internacional de avaliação do ciclo de vida**, v. 6, n. 5, p. 255-255, 2001.

GUINÉE, Jeroen B. (Org.). Manual de avaliação do ciclo de vida: guia operacional para as normas ISO. Springer Science & Business Media, 2002.

INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL SCIENCES (CML). (2016) Database CML-IA Characterisation Factors. CML. Disponível em: <https://www.universiteitleiden.nl/en/research/research-output/science/cml-iacharacterisation-factors>. Acesso em: 9 nov. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET, **Normais Climatológicas do Brasil, 1981-2010**. Disponível em <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em 18 de nov. de 2020.

KARAK, T.; BHAGAT R. M.; BHATTACHARYYA, P. Municipal Solid Waste Generation, Composition, and Management: The World Scenario, Critical Reviews in **Environmental Science and Technology**, v. 42, n. 15, p.1509-1630, 2012.

LEME, M. M. V. *et al.* Techno-economic analysis and environmental impact assessment of energy recovery from Municipal Solid Waste (MSW) in Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**. v. 87, p. 8-20, 2014.

LEME, M.M.V. *et al.* Análise técnico-econômica e avaliação do impacto ambiental da recuperação energética de Resíduos Sólidos Municipais (RSU) no Brasil. **Recursos, Conservação e Reciclagem**, v. 87, p. 8-20, 2014.

LI, H; NITIVATTANANON, V; LI, P. Desenvolver um modelo de avaliação de sustentabilidade para analisar a estratégia de melhoria da gestão de resíduos sólidos municipais da China. **Sustentabilidade**, v. 7, n. 2, p. 1116-1141, 2015.

LIMA, L. L. P.; FALCÃO, M. G.; SILVA, A. B. S. **Resíduos sólidos e Covid-19: desafios e impactos na gestão**. Recife: EDUFRPE, 2021. 426 p.

MARTINS, F. B. *et al.* Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: cenário atual e projeções futuras. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, 2018.

MAZZA, V. M. S. *et al.* Gestão de resíduos sólidos em propriedades rurais de municípios do interior do estado do Rio Grande do Sul. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 7, n. 3, 2014.

MENEZES, E. S. *et al.* Crescimento de mudas de *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. sob interferência de plantas espontâneas e forrageiras. **Biofix Scientific Journal**, v.4, n.2, p.153-159, 2019.

MERSONI, C.; REICHERT, G. A. Comparação de cenários de tratamento de resíduos sólidos urbanos por meio da técnica da Avaliação do Ciclo de Vida: o caso do município de Garibaldi, RS. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 863-875, 2017.

MONTEIRO, J. H. P. *et al.* Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro: **Instituto Brasileiro de Administração Municipal**, 2001.

MOURA, A. M. M.; ROMA, J. C.; SACCARO JUNIOR, N. L. Problemas econômicos, soluções ambientais. *Boletim Regional Urbano e Ambiental*, Brasília, p. 33-43, 2016.

NANDA, S.; BERRUTI, F. Municipal solid waste management and landfilling technologies: a review. **Environmental Chemistry Letters**. v. 19, p. 1433-1456, 2020

NASCIMENTO, V. F. *et al.* Evolução e desafios no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Revista Ambiente e Água: An Interdisciplinary Journal of Applied Science**. ISSN 1980-993X, 2015. Disponível em: http://www.ambiagua.net/seer/files/Ambi_Agua_V10_N2.pdf Acesso em 03 de maio de 2023.

NEVES, E. M. S. Geração de resíduos sólidos e vazão de esgoto durante a pandemia de covid-19 em uma residência no sul de Minas Gerais. **Revista Augustus** v.26, n. 53, p. 11-23, 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, **Relatório Banco Mundial, 2022**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/183307-banco-mundial-e-banco-do-brasil-assinam-acordo-sobre-mercado-de-carbono> Acesso em: 25 nov 2022

PASCHOALIN FILHO, J. A. et al. Comparação entre as massas de resíduos sólidos urbanos coletadas na cidade de São Paulo por meio de coleta seletiva e domiciliar. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 3, p. 19-33, 2014.

RIPA, M.; F, G.; VACCA, V.; ULGIATI, S. The relevance of site-specific data in Life Cycle Assessment (LCA). The case of themunicipal solid waste management in the metropolitan city of Naples (Italy). **Journal of Cleaner Production**, v. 14, n.2, p. 445-460, 2017.

SALINAS. **Lei nº 2.510, de 07 de dezembro de 2016**. Institui o Serviço Público de Coleta Seletiva dos Resíduos Sólidos e dá outras providências. Salinas: Câmara Municipal. Dispo em: https://www.salinas.mg.gov.br/publicos/Lei_n_2510_de_07122016_06082954.pdf Acesso em 01 ago 2022.

SILVA, M. C; SANTOS, G. O. Densidade aparente de resíduos sólidos recém coletados. **V Connepi**, n. 1, p. 5, 2010.

SILVA, R. ; SANTOS, F. S. dos; PIRES, M. Uso de materiais recicláveis na determinação gravimétrica de CO₂ no ar ambiente e tratamento dos resíduos de laboratório gerados. **Química Nova**, v. 35, p. 2067-2071, 2012.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES DE SANEAMENTO. **Manejo de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-residuos-solidos>. Acesso em: 10 ago. 2022.

SOUZA NORBERTO, A et al. Estudo da relação entre a geração de resíduos sólidos urbanos e o Produto Interno Bruto (PIB) per capita no Brasil. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento** , v. 10, n. 1, p. e3910111429-e3910111429, 2021.

SUOCHENG, D.; TONG, K.W.; YUPING, W. Municipal solid waste management in China: using commercial management to solve a growing problem. **Utilities Policy**. v. 10, n. 1, p. 7-11. 2001.

TURNER, D. A.; WILLIAMS, I. D.; KEMP, S. Análise combinada de fluxo de materiais e avaliação do ciclo de vida como ferramenta de apoio à tomada de decisão na gestão de resíduos sólidos. **Jornal de produção mais limpa** , v. 129, p. 234-248, 2016.

VILAYSOUK, Xaysackda; BABEL, Sandhya. Benefícios da melhoria da gestão municipal de resíduos sólidos na redução de gases de efeito estufa em Luangprabang, Laos. **Tecnologia ambiental** , v. 38, n. 13-14, p. 1629-1637, 2015.

YAY, A.S.E. Aplicação da avaliação do ciclo de vida (LCA) para gestão de resíduos sólidos municipais: um estudo de caso de Sakarya. **Journal of Cleaner Production** , v. 94, p. 284-293, 2015.

ZAMBRA, E. M. et al. Gerenciamento municipal de resíduos sólidos urbanos: o papel estratégico de um centro de triagem em São Paulo. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**. v. 6, n. 2, 2016

ANEXOS**ANEXO 1 -Tabela 18- População, geração per capita, taxa de coleta convencional e massa de anual de RSU em toneladas**

Ano	População	GPd (kg.hab⁻¹.dia⁻¹);	Coleta%	Massa anual de RSU (ton)
2023	42621	0,74	94,34	10.887,61
2024	42899	0,75	94,63	11.101,17
2025	43177	0,76	94,91	11.318,92
2026	43458	0,76	95,20	11.540,94
2027	43741	0,77	95,48	11.767,32
2028	44025	0,78	95,77	11.998,14
2029	44311	0,79	96,06	12.233,48
2030	44599	0,80	96,34	12.473,44
2031	44889	0,80	96,63	12.718,11
2032	45181	0,81	96,92	12.967,58
2033	45475	0,82	97,21	13.221,94
2034	45770	0,83	97,50	13.481,29
2035	46068	0,84	97,80	13.745,72
2036	46367	0,84	98,09	14.015,35
2037	46669	0,85	98,38	14.290,26
2038	46972	0,86	98,68	14.570,57
2039	47277	0,87	98,98	14.856,37
2040	47585	0,88	99,27	15.147,78
2041	47894	0,89	99,57	15.444,90
2042	48205	0,90	99,87	15.747,86

Fonte: Do autor 2022.

ANEXO 2- Quadro 1 dos Municípios TS2

Número	Município	Número	Município	Número	Município
1	Águas Formosas	24	Francisco Badaró	47	Novorizonte
2	Almenara	25	Fronteira dos Vales	48	Padre Carvalho
3	Angelândia	26	Fruta de Leite	49	Padre Paraíso
4	Araçuaí	27	Grão Mogol	50	Palmópolis
5	Aricanduva	28	Itacambira	51	Pedra Azul
6	Bandeira	29	Itamarandiba	52	Ponto dos Volantes
7	Berilo	30	Itaobim	53	Rio do Prado
8	Bertópolis	31	Itinga	54	Rubelita
9	Botumirim	32	Jacinto	55	Rubim
10	Cachoeira de Pajeú	33	Jenipapo de Minas	56	Salinas
11	Capelinha	34	Jequitinhonha	57	Salto da Divisa
12	Caraí	35	Joáima	58	Santa Helena de Minas
13	Carbonita	36	Jordânia	59	Santa Maria do Salto
14	Chapada do Norte	37	José Gonçalves de Minas	60	Santo Antônio do Jacinto
15	Comercinho	38	Josenópolis	61	São Gonçalo do Rio Preto
16	Coronel Murta	39	Leme do Prado	62	Senador Modestino Gonçalves
17	Couto de Magalhães de Minas	40	Machacalis	63	Setubinha
18	Crisólita	41	Mata Verde	64	Turmalina
19	Cristália	42	Medina	65	Umburatiba
20	Diamantina	43	Minas Novas	66	Veredinha
21	Divisópolis	44	Monte Formoso	67	Virgem da Lapa
22	Felício dos Santos	45	Novo Cruzeiro	-	
23	Felisburgo	46	Novo Oriente de Minas	-	

ANEXO 3 - Lista da Legislação de Minas Gerais sobre Resíduos Sólidos

- ✓ Lei nº 7.772, de 8 de setembro de 1980 – dispõe sobre a proteção, conservação e melhoria do meio ambiente no Estado de Minas Gerais.
- ✓ Lei nº 11.720, de 28 de dezembro de 1994 – Dispõe sobre a Política Estadual de Saneamento Básico.
- ✓ Lei nº 13.766, de 30 de novembro de 2000 – Dispõe sobre a Política Estadual de apoio e incentivo à coleta seletiva de resíduos sólidos e altera dispositivo da Lei nº 12.040, de 28 de dezembro de 1995.
- ✓ Lei nº 13.796, de 20 de dezembro de 2000 - Dispõe sobre o controle e o licenciamento dos empreendimentos geradores de resíduos perigosos no Estado.
- ✓ Lei nº 14.128, de 19 de dezembro de 2001 – Dispõe sobre a Política Estadual de Reciclagem de Materiais.
- ✓ Lei nº 15.972, de 12 de janeiro de 2006 - Altera a estrutura orgânica dos órgãos e entidades da área de meio ambiente que especifica e a Lei nº 7.772, de 8 de setembro de 1980, que dispõe sobre a proteção, conservação e melhoria do meio ambiente, e dá outras providências.
- ✓ Lei nº 18.031, de janeiro de 2009 – Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos.
- ✓ Lei nº 19.823, de 22 de novembro de 2011 – Dispõe sobre a concessão de incentivo financeiro a catadores de materiais recicláveis – Bolsa Reciclagem.
- ✓ Lei nº 20.011, de 05 de janeiro de 2012 – Dispõe sobre a Política Estadual de coleta, tratamento e reciclagem de óleo e gordura de origem vegetal ou animal de uso culinário e dá outras providências.
- ✓ Lei nº 23.304 de 30 de maio de 2019 - Estabelece a estrutura orgânica do Poder Executivo do Estado de Minas Gerais.
- ✓ Decreto nº 44.264, de 24 de março de 2006 – Institui a Comissão Interinstitucional de Educação Ambiental do Estado
- ✓ Decreto nº 45.181, de 25 de setembro de 2009 – Regulamenta a Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009, e dá outras providências.
- ✓ Decreto nº 45.975, de 04 de junho de 2012 – Estabelece normas para a concessão de incentivo financeiro a catadores de materiais recicláveis – Bolsa Reciclagem, de que trata a Lei nº 19.823, de 22 de novembro de 2011.

- ✓ Decreto nº 47.383, de 032 de março de 2018 - Estabelece normas para licenciamento ambiental, tipifica e classifica infrações às normas de proteção ao meio ambiente e aos recursos hídricos e estabelece procedimentos administrativos de fiscalização e aplicação das penalidades.
- ✓ Decreto nº 47.760, de 20 de novembro de 2019 – Contém o Estatuto da Fundação Estadual do Meio Ambiente e dá outra providência.
- ✓ Decreto nº 47.772, de 02 de dezembro de 2019 - Cria o Programa Estadual de Conversão de Multas Ambientais.
- ✓ Decreto nº 47.787, de 13 de dezembro de 2019 - Dispõe sobre a organização da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.
- ✓ Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. - Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
- ✓ Deliberação Normativa COPAM nº 118, de 27 de junho 2008 - Estabelece novas diretrizes para adequação da disposição final de RSU no Estado, e dá outras providências.
- ✓ Deliberação Normativa COPAM nº 154, de 25 de agosto de 2010 - Dispõe sobre o Coprocessamento de resíduos em fornos de clínquer.
- ✓ Deliberação Normativa COPAM nº 171, de 22 de dezembro de 2011 - Estabelece diretrizes para sistemas de tratamento e disposição final adequada dos RSS no Estado de Minas Gerais, altera o anexo da Deliberação Normativa COPAM nº 74, de 09 de setembro de 2004, e dá outras providências
- ✓ Deliberação Normativa COPAM nº 217 de 06 de dezembro de 2017 - Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências.
- ✓ Deliberação Normativa COPAM nº 232, de 27 de fevereiro de 2019 - Institui o Sistema Estadual de Manifesto de Transporte de Resíduos e estabelece procedimentos para o controle de movimentação e destinação de resíduos sólidos e rejeitos no Estado de Minas Gerais e dá outras providências.

- ✓ Portaria FEAM nº 361, de 23 de outubro de 2008, aprova nota técnica sobre transporte e disposição dos RSS em aterros sanitários no Estado de Minas Gerais.