

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO -  
CAMPUS RIO VERDE.  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO.  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA APLICADA E  
SUSTENTABILIDADE.**

**ESTRATÉGIAS AMBIENTAIS PARA GESTÃO SUSTENTÁVEL DO  
INSTITUTO FEDERAL GOIANO CAMPUS RIO VERDE - GO**

Autor (a): Marcos Fernandes de Oliveira  
Orientador: Profº Drº Bruno de Oliveira Costa Couto  
Coorientador: Profº Drº Édio Damásio da Silva Júnior

Rio Verde-Go  
Outubro-2023

MARCOS FERNANDES DE OLIVEIRA

**ESTRATÉGIAS AMBIENTAIS PARA GESTÃO  
SUSTENTÁVEL DO INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
CAMPUS RIO VERDE - GO**

Dissertação apresentada, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade-PPGEAS, do Instituto Federal Goiano-Campus Rio Verde.

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Bruno de Oliveira Costa Couto

Coorientador: Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup> Édio Damásio da Silva Júnior

RIO VERDE-GO

Outubro- 2023

## FICHA CARTALOGRÁFICA

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

FOL48e Fernandes de Oliveira, Marcos  
ESTRATÉGIAS AMBIENTAIS PARA GESTÃO SUSTENTÁVEL DO  
INSTITUTO FEDERAL GOIANO CAMPUS RIO VERDE - GO /  
Marcos Fernandes de Oliveira; orientador Bruno De  
Oliveira Costa Couto; co-orientador Edio Damásio da  
Silva Junior. -- Rio Verde, 2023.  
134 p.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade) --  
Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2023.

1. Sustentabilidade. 2. Meio Ambiente. 3.  
Antrópicas. 4. Planejamento. 5. Inventário. I. De  
Oliveira Costa Couto, Bruno , orient. II. Damásio da  
Silva Junior, Edio , co-orient. III. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 n°2376

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

### IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado)                  | <input type="checkbox"/> Artigo científico              |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização)       | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação)                   | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Marcos Fernandes de Oliveira

Matrícula:

2021202331440008

Título do trabalho:

Estratégias Ambientais para Gestão Sustentável do Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde

### RESTRICÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

dois capítulos do estudo serão enviados para publicação em periódico, logo o mesmo estudo será disponibilizado somente após aceite pelo periódico.

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 01 /02 /2024

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;

- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento e entregue;

- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde

27 /10 /2023

Data

*Marcos Fernandes de Oliveira*

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)

gov.br

Documento assinado digitalmente  
BRUNO DE OLIVEIRA COSTA COUTO  
Data: 13/11/2023 13:15:38-0300  
Verifique em <https://validar.ifi.gov.br>



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,  
CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO**

**Ata nº 100/2023 - SREPG/CMPR/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO**

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO**

<b>Unidade do IF Goiano:</b>	<b>Campus Rio Verde</b>	
<b>Programa de Pós-Graduação:</b>	<b>Engenharia Aplicada e Sustentabilidade</b>	
<b>Defesa de:</b>	<b>Dissertação</b>	<b>Defesa de número: 70</b>
<b>Data: 19/10/2023</b>	<b>Hora de início: 15h00</b>	<b>Hora de encerramento: 18h30</b>
<b>Matrícula do discente:</b>	<b>2021202331440008</b>	
<b>Nome do discente:</b>	<b>Marcos Fernandes de Oliveira</b>	
<b>Título do trabalho:</b>	<b>Estratégias Ambientais para Gestão Sustentável do Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde - GO</b>	
<b>Orientador:</b>	<b>Bruno de Oliveira Costa Couto</b>	
<b>Área de concentração:</b>	<b>Engenharia Aplicada e Sustentabilidade</b>	
<b>Linha de Pesquisa:</b>	<b>Eficiência Energética e Sustentabilidade</b>	
<b>Projeto de pesquisa de</b>	<b>Estratégias Ambientais para Gestão Sustentável do Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde - GO</b>	

Vinculação	
Titulação:	Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade

Nesta data, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora, Prof. Dr. Bruno de Oliveira Costa Couto (Presidente da banca), Prof. Dr. Walter Ruggeri Waldman (Avaliador Externo), Prof. Dr. Carlos Frederico de Souza Castro (Avaliador Interno), Prof. Dr. Édio Damásio da Silva Junior (Coorientador) sob a presidência do primeiro, em sessão pública realizada de forma remota, para procederem a avaliação da defesa de dissertação, em nível de Mestrado, de autoria de **MARCOS FERNANDES DE OLIVEIRA**, discente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Bruno de Oliveira Costa Couto, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida o(a) autor (a) da dissertação para, em 40 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o(a) examinado(a), tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade, e procedidas às correções recomendadas, a dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM ENGENHARIA APLICADA E SUSTENTABILIDADE**. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGEAS da versão definitiva da dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, esta ata perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60** (sessenta) dias da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Tese em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação de mestrado, e foi lavrada a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora.

### Decisão da banca: Aprovada

Esta defesa é parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna do IF Goiano.

Documento assinado eletronicamente por:

- Walter Ruggeri Waldman, Walter Ruggeri Waldman - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500), em 23/10/2023 14:45:43.
- Edio Damasio da Silva Junior, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC0001 - CCMEAS-RV, em 23/10/2023 11:05:25.
- Carlos Frederico de Souza Castro, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 20/10/2023 14:19:47.
- Bruno de Oliveira Costa Couto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 20/10/2023 13:32:19.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 16/10/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 539205  
Código de Autenticação: a591a65b59





SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 77/2023 - SREPG/CMPR/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

ESTRATÉGIAS AMBIENTAIS PARA GESTÃO SUSTENTÁVEL DO INSTITUTO FEDERAL GOIANO  
CAMPUS RIO VERDE - GO

Autor: Marcos Fernandes de Oliveira  
Orientador: Dr. Bruno de Oliveira Costa Couto

TITULAÇÃO: Mestre em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade - Área de  
Concentração Engenharia Aplicada e Sustentabilidade

APROVADO em 19 de outubro de 2023.

Prof. Dr. Bruno de Oliveira Costa Couto (Presidente)

Prof. Dr. Walter Ruggeri Waldman (Avaliador Externo)

Prof. Dr. Carlos Frederico de Souza Castro (Avaliador Interno)

Prof. Dr. Édio Damásio da Silva Junior (Avaliador Interno)

Documento assinado eletronicamente por:

- **Walter Ruggeri Waldman, Walter Ruggeri Waldman - Professor Avaliador de Banca - Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde (10651417000500)**, em 23/10/2023 14:44:39.
- **Edio Damasio da Silva Junior, COORDENADOR(A) DE CURSO - FUC0001 - CCMEAS-RV**, em 23/10/2023 11:04:54.
- **Carlos Frederico de Souza Castro, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 20/10/2023 16:49:58.
- **Bruno de Oliveira Costa Couto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 20/10/2023 15:21:11.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 16/10/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 539284

Código de Autenticação: c371ff729d



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho ao grande Professor Waldeci Francelino da Silva (in memoriam), um amigo, um Mestre, uma pessoa grandiosa que tudo fez em prol do conhecimento científico, como filho e irmão, jamais pensou em si próprio, mas na família como um todo.

## AGRADECIMENTOS

Quero neste momento especial em minha vida, agradecer a Deus, meu Senhor, que me chamou e capacitou para esta tarefa colocando pessoas valorosas em minha vida, a minha esposa Iná Martins, minhas filhas Rebeca e Raquel, por todo seu apoio incondicional dado a mim durante esta trajetória, a minha mãe Erondina por estar sempre com seus joelhos dobrados para que seus filhos estivessem de pé;

Aos professores doutores Bruno Couto e Édio Damásio por todos os momentos bons e ruins que tivemos para a conclusão deste trabalho.

Ao digníssimo professor doutor Aristeu Gomes Tininis pelo apoio incondicional na parceria para realização do seguinte estudo.

Aos servidores técnico-administrativos e terceirizados por toda sua cooperação nas diversas entrevistas realizadas e necessárias a composição deste estudo.

Externar também meus agradecimentos ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Aplicada e Sustentabilidade do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano Campus Rio Verde, por todo trabalho organizacional para que eu pudesse estar aqui concluindo este projeto,

A CAPES, ao CNPQ pelo apoio financeiro sem o qual não haveria possibilidade na implementação deste projeto.

“Segurei minhas lágrimas  
Pois não queria demonstrar a emoção  
Já que estava ali só pra observar  
E aprender um pouco mais sobre a percepção  
Eles dizem que é impossível encontrar o amor  
Sem perder a razão  
Mas pra quem tem pensamento forte  
O impossível é só questão de opinião”.

(Alexandre Magno Abrão / Thiago Raphael Castanho)

## RESUMO

Na busca pelo crescimento sustentável, a educação em todos seus níveis possui extrema relevância social, o desenvolvimento propiciado através do conhecimento, da pesquisa e extensão são primordiais. Goiás responde por 177.39 alunos matriculados na rede privada de ensino superior, 61.406 na rede pública, sendo que os Institutos Federais ocupam a quarta colocação com 10% do contingente e crescimento médio de 9% ao ano. O Instituto Federal Goiano-Campus Rio Verde possui uma população acadêmica ativa na ordem de dois mil e oitocentos e trinta alunos matriculados, assistidos por cento e quarenta e seis servidores docentes, noventa e nove servidores técnico-administrativos, cinquenta servidores terceirizados, perfazendo um total de três mil cento e vinte cinco pessoas constantes em uso da unidade. Este contingente aglomerado propicia ao Campus uma geração de resíduos sólidos. O crescimento constante de resíduos sólidos advindos de atividades antrópicas somados a falta de informações sobre o quantitativo real dos resíduos sólidos no Campus Rio Verde, culminaram no problema central deste estudo, que pretendeu verificar: o tipo de material, a sazonalidade de geração, volume, origem, toxicidade, a forma de gestão atende por completo ao que se impõe pela legislação vigente no país quanto à possibilidade de reutilização, reciclagem e reaproveitamento de resíduos. Diante ao exposto, o presente trabalho teve por objetivo realizar um estudo avaliativo e quantitativo acerca da gestão dos resíduos no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. Com a caracterização dos resíduos sólidos quanto à volume e tipologia, almejou-se fornecer informações relevantes para melhoria da gestão dos resíduos, diminuindo o impacto ambiental, facilitando um planejamento de uso consciente, reaproveitamento, e reciclagem deste material. Foi o que se pretendeu mostrar com este estudo. A apresentação deste estudo se fará em três capítulos distintos, onde no primeiro capítulo se formaliza por uma revisão de literatura sobre resíduos, ferramentas e técnicas de gestão, no segundo, foi realizado um estudo gravimétrico quantitativo, precedido por aplicação de questionários e entrevistas sobre as fontes geradoras, ao final contrastados com a gravimetria para identificação do passivo gerado, e as formas de gestão e segregação. No terceiro capítulo foi realizado um Inventário de Ciclo de Vida direcionado para as emissões de CO<sub>2</sub> eq provenientes do processo de ensino aprendizagem. De posse destas informações, o planejamento por parte dos gestores do Campus pode ser otimizado, assim construiu-se a aspiração deste estudo.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade. Meio Ambiente. Antrópicas. Planejamento. Inventário.

## ABSTRACT

In the quest for sustainable growth, education at all levels is extremely important socially, and the development provided through knowledge, research and extension is paramount. Goiás accounts for 177,39 students enrolled in the private higher education network, 61,406 in the public network, with the Federal Institutes occupying fourth place with 10% of the contingent and average growth of 9% per year. The IFGoiano-Campus Rio Verde has an active academic population of around two thousand eight hundred and thirty enrolled students, assisted by one hundred and forty-six teaching staff, ninety-nine technical-administrative staff and fifty outsourced staff, making a total of three thousand one hundred and twenty-five people constantly using the unit. This crowded contingent generates solid waste for the campus. The constant growth of solid waste resulting from human activities, together with the lack of information on the actual quantity of solid waste at the Rio Verde Campus, led to the central problem of this study, which sought to verify: the type of material, the seasonality of generation, volume, origin, toxicity, the form of management, and whether it fully complies with the legislation in force in the country regarding the possibility of reusing, recycling and reusing waste. In view of the above, the aim of this study was to carry out an evaluation and quantitative study of waste management at the Federal Institute of Goiás - Rio Verde Campus. By characterizing solid waste in terms of volume and type, the aim was to provide relevant information for improving waste management, reducing environmental impact and facilitating planning for the conscious use, reuse and recycling of this material. This is what this study was intended to show. This study will be presented in three separate chapters, where the first chapter is formalized by a literature review on waste, management tools and techniques, in the second, a quantitative gravimetric study was carried out, preceded by the application of questionnaires and interviews on the generating sources, at the end contrasted with gravimetry to identify the liabilities generated, and the forms of management and segregation. In the third chapter, a Life Cycle Inventory was carried out, focusing on CO<sub>2</sub> eq emissions from the teaching-learning process. With this information, planning by campus managers can be optimized, thus building the aspiration of this study.

**Keywords:** Sustainability. Environment. Anthropic. Planning. Inventory.

## SUMÁRIO

CAPA.....	i
CONTRACAPA.....	ii
DEDICATÓRIA .....	iii
AGRADECIMENTOS.....	iv
RESUMO .....	vi
ABSTRACT .....	vii
SUMÁRIO.....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	xii
LISTA DE TABELAS .....	xiii
LISTA DE QUADROS .....	xiv
LISTA DE SIGLAS .....	xv
CAPITULO 1 .....	17
<b>1.INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
1.1-APRESENTAÇÃO DO ESTUDO .....	19
1.2. PROBLEMA.....	19
1.3. HIPÓTESE .....	20
1.4. JUSTIFICATIVA .....	20
1.5. OBJETIVOS .....	21
<b>1.5.1-Objetivos Gerais.....</b>	<b>21</b>
<b>1.5.2- Objetivos Específicos .....</b>	<b>21</b>
1.6. REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
<b>1.6.1- A geração de resíduos.....</b>	<b>21</b>
1.6.1.1- Gestão Sustentável de Resíduos e o conceito “Universidade Verde” .....	29
1.6.1.2-Objetivos de Desenvolvimento Sustentável .....	31
<b>1.6.2-Sustentabilidade para resíduos sólidos.....</b>	<b>32</b>
<b>1.6.3-A política nacional de resíduos sólidos e seus conceitos. ....</b>	<b>34</b>

<b>1.6.4-A geração de resíduos sólidos totais .....</b>	<b>35</b>
1.6.4.1-Resíduos Sólidos Urbanos .....	35
1.6.4.2-Resíduos Alimentares.....	35
1.6.4.3-Plásticos.....	36
<b>1.6.5-Tratamento de resíduos sólidos .....</b>	<b>36</b>
1.6.5.1-Reciclagem .....	36
1.6.5.2- Coleta Seletiva.....	37
1.6.5.3-Compostagem .....	39
1.6.5.4-Incineração de Resíduos.....	40
<b>1.6.6 -Disposição final de resíduos .....</b>	<b>42</b>
1.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
<b>CAPÍTULO 2 -ARTIGO 1 .....</b>	<b>54</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>54</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>55</b>
2.1-INTRODUÇÃO.....	56
2.2- REREFENCIAL TEÓRICO.....	57
2.3-OBJETO DE ESTUDO.....	61
2.4-MATERIAL E MÉTODOS .....	61
2.5-RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
<b>2. 6-CONCLUSÕES .....</b>	<b>69</b>
2.7-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
<b>CAPÍTULO 3 – ARTIGO 2.....</b>	<b>88</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>88</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>89</b>
3.1-INTRODUÇÃO .....	89
3.2-REFERENCIAL TEÓRICO .....	91
<b>3.2.1-Histórico e Evolução dos Sistemas de Gestão Ambiental .....</b>	<b>91</b>

3.2.2- <b>Análise do Ciclo de Vida</b> .....	94
3.2.3- <b>Análise do Ciclo de Vida na Gestão de Resíduos Sólidos</b> .....	95
3.2.3.1- <b>Escopos de protocolos de emissão</b> .....	96
3.2.4- <b>Medição de CO2 equivalente</b> .....	98
3.2.4.1- <b>Procedimento Metodológico</b> .....	101
3.2.4.2- <b>Objeto do estudo</b> .....	103
3.3- <b>OBJETIVO E ESCOPO DO ICV PARA O IF GOIANO CAMPUS RIO VERDE</b> .....	105
3.3.1- <b>Objetivo</b> .....	105
3.3.2- <b>Fluxograma do Processo</b> .....	105
3.3.3- <b>Coleta de dados</b> .....	106
3.4- <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	107
3.4.1- <b>Consumo de Energia</b> .....	107
3.4.2- <b>Consumo de Água</b> .....	108
3.4.3- <b>Combustíveis Fósseis</b> .....	108
3.4.4- <b>Papel A4, papel toalha e papel higiênico</b> .....	109
3.4.5- <b>Emissões de aparelhos de ar condicionado</b> .....	109
3.4.6- <b>Emissões por resíduos sólidos totais</b> .....	110
3.4.7- <b>Emissões provenientes de biomassa</b> .....	110
3.4.8- <b>Análise exploratória de captação de CO2 em área verde no interior do Campus</b> .....	114
3.5- <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	119
3.6- <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	120
<b>APENDICES</b> .....	126
<b>CRONOGRAMA</b> .....	126
<b>METAS</b> .....	126
<b>ORÇAMENTO</b> .....	127
<b>VIABILIDADE FINANCEIRA</b> .....	127

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Objetivos de desenvolvimento sustentável.....	32
Figura 2	-Geração de microplásticos .....	36
Figura 3	-Geração de emprego e renda na economia circular .....	38
Figura 4	-Fluxograma de Macroprocessos .....	60
Figura 5	-Metodologia de execução deste estudo .....	62
Figura 6	-Distribuição dos pontos de segregação e coleta de resíduos .....	63
Figura 7	-Cenários e escopos de emissão.....	97
Figura 8	-Inventário Brasileiro de emissões por setores .....	100
Figura 9	-Area a de estudo de emissões .....	104
Figura 10	- Area b do estudo de emissões.....	104
Figura 11	-Fluxograma das etapas deste estudo .....	106
Figura 12	-Area verde no interior do Campus.....	114
Figura 13	-Modelo simplificado para medição de altura .....	117

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - 22 anos de levantamento de Resíduos .....	24
Tabela 2 -Resíduos Gerados por Goiás no Quantitativo da Região Centro Oeste .....	26
Tabela 3 -Composição Gravimétrica de resíduos.....	27
Tabela 4 Investimento em coleta seletiva .....	38
Tabela 5- Material seco para reciclagem em kg.....	65
Tabela 6-Resíduos Gerados mês a mês nos PEVs.....	68
Tabela 7 - Roteiro sugerido para ACV .....	95
Tabela 8 Cálculo de estimativa de captação de carbono.....	117

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -Estudos sobre resíduos já realizados no IFGoiano.....	22
Quadro 2 -Parte do Arcabouço ambiental do Brasil.....	23
Quadro 3 Relação entre técnicas de segregação e redução de CO <sub>2</sub> .....	30
Quadro 5 - Histórico de Ferramentas de Gestão.....	91
Quadro 6. Utilizações do SGQ.....	92

## LISTA DE SIGLAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABIPLAST	Associação Brasileira das Indústrias de Plástico
ACV/LCA	Análise do Ciclo de Vida ( Life Cycle Analises)
AICV/LICA	Análise de Impacto do Ciclo de Vida ( Life Impact Cycle Analise)
BS	<i>Padrões Britânicos (British Standards)</i>
BSI	<i>Instituição Britânica de Padrões (British Standards Institution)</i>
COP	Conferência Entre as Partes
DPPGI	Diretoria de Pesquisa Pós-Graduação e Inovação
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESG	Ambiental, Social e Governança ( <i>Environmental, Social and Governance</i> )
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GEE/GHG	Gases de Efeito Estufa ( <i>Greenhouse gases</i> )
GWP	Potencial de Aquecimento Global ( <i>Global Warming Potential</i> )
INPEV	Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias
IPCC	Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas ( <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> )
IS	Padrão Indiano ( <i>Indian Standard</i> )
ICV	Inventário de Ciclo de vida
ISO	Organização Internacional para Padronização(Fundação Criada em 1947 em Genebra na Suíça)

IFGoiano	Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano
LCD	Tela de Cristal Líquido (Liquid Crystal Display)
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
OMC	Organização Mundial do Comércio
ONU	Organização das Nações Unidas
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PLANARES	Plano Nacional de Resíduos Sólidos
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
PEBDL	Polietileno de Baixa Densidade Linear
PET	Polietileno Tereftalato
PEV	Ponto de Entrega Voluntária
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
RS	Resíduos Sólidos
RECICLANIP	Associação Brasileira para Gestão de Logística Reversa de Produtos de Iluminação.
SGQ	Sistema de Gestão da Qualidade
SINS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
SUFRAMA	Superintendência da Zona Franca de Manaus

## CAPÍTULO 1

### 1.INTRODUÇÃO

Na busca pelo crescimento sustentável, a educação em todos seus níveis possui extrema relevância social, o desenvolvimento propiciado através do conhecimento, da pesquisa e extensão são primordiais. Estes aspectos são amplamente discutidos por (Broch *et al.*, 2020),mostrando em seu estudo a expansão do Ensino superior no Brasil, suas conquistas e os gargalos existentes, como também por (Pereira, 2019). Embora os autores em seus estudos demonstrem um crescimento tanto do número de Instituições, alunos matriculados e professores, o setor público ainda mostra crescimento pequeno em relação ao privado. São verdadeiras cidades em menor escala e com complementações específicas necessárias ao seu funcionamento como a experimentação científica.

Em estudo recente Almeida *et al.*, (2020), mostram este crescimento de instituições de ensino superior, vem atrelado a uma necessidade sugerida por organismos internacionais buscando mensurar a melhoria em pesquisa nos países pelo planeta. Por ser um país jovem, os Campus Universitários brasileiros existentes não possuem a população universitária como demonstram (Bahçelioğlu *et al.*, (2020); Magazzino *et al.*,( 2020); Ugwu *et al.*, 2020), muito embora seja expressivo o coeficiente de matriculados nos cursos de graduação presencial, nas especializações Strictu Sensu ou Lato Sensu mostra um patamar de nove milhões de concluintes entre 2009 e 2017 conforme citam (Marques, 2020) , e reafirmado por organismos educacionais.

O Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) , nos mostra em seu relatório de 2020(Brasil, 2022, págs., 11,15,19,21,27,30) este contingente acadêmico com predominância feminina 55%, onde os cursos de Bacharelado ocupam 67% desta preferência, seguidos por Licenciaturas com 17% e Tecnológicos com 15% , distribuídos em Universidades com 37% do total de matriculados , e o Institutos Federais ocupam a quarta colocação com 10% do contingente e crescimento médio de 9% ao ano, onde na região Centro Oeste , Goiás responde por 177.39 alunos matriculados na rede privada, e 61.406 na rede pública concentrados em cinco mesorregiões com uma taxa média de evasão 27% no ensino particular, 21,1% no ensino público e 43% na modalidade ensino a distância(EAD).

São números expressivos, e bem mais que números são pessoas que na busca por conhecimento e formação profissional, necessitam de um aporte lateral consistente disposto em transporte até o local de estudos, utensílios de apoio a seus estudos, edificações adequadas, ventiladas, iluminadas, instalações alimentares e sanitárias, laboratórios de suporte, transmissão

e recebimento de dados, enfim uma estrutura de alto consumo energético e de recursos naturais que acabam por romper as fronteiras do capital ambiental Kara *et al.*,( 2023) , colocando em desafiadora situação a noção de desenvolvimento.

Sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável, um conceito que tem se tornado cada vez mais constante e evidente. À medida que a população mundial cresce, e com isso suas necessidades por saneamento básico, água tratada, infraestrutura, mobilidade urbana, saúde e moradia, também crescem os impactos advindos deste crescimento e a importância de políticas públicas que respondam a estes anseios (da Silva *et al.*, 2021) , assim também o é na instituição de ensino em seus níveis existentes.

O consumo inerente de um aglomerado de pessoas em determinada localidade também precisa ser atendido e os resíduos gerados deste consumo tem se elevado muito derivando um novo problema, como gerir estes resíduos de forma sustentável.

O crescimento a nível local, regional e mundial deste passivo ambiental, especificamente a nível nacional requer um olhar mais crítico e amplo, com a participação ativa de todos os agentes geradores de resíduos sólidos nas escalas da conjuntura social do país, e esta tem sido a busca constante de autoridades ambientais e governantes pelo planeta.(ABABA *et al.*, 2017). Estados, municípios, comunidades, instituições de ensino têm conjuntamente esta responsabilidade civil e social a cumprir e desempenhar com as próximas gerações.

Considerando essa ambientação, dentro do universo educacional um projeto que tem tomado força com a gestão sustentável de resíduos gerados em Campus universitário é: “Universidade Verde” como descrevem GARLET *et al.*, (2019), em seu estudo, correlacionando o papel do conhecimento humano e científico com suas ações transformando cada agente gerador de resíduo em agente transformador ambiental, onde a universidade desempenha papel primordial por intermédio da transmissão do conhecimento ao acadêmico, mostrando a ele técnicas de gestão e ferramentas de controle e gestão sustentável.

Além disso, as ferramentas oferecidas pelos sistemas ISO em conjunto com normas técnicas internacionais auxiliam bastante no processo como relatam os autores, mas a transformação deixou de ser unilateral, onde apenas se consome e há o descarte deliberado do resíduo gerado, e passa a ser ambilateral, estipulando formas de segregação e gestão, comprometimento dos agentes consumidores, descarte adequado, recuperação energética, pois todos coexistem no planeta, e este deve ser o ponto norteador da pesquisa e desenvolvimento.

Neste ínterim, a importância da educação ambiental por parte da população ativa e em trânsito nas dependências do ambiente acadêmico, e as ferramentas de gestão aplicadas serão a busca deste estudo no Campus-Rio Verde do IFGoiano. A necessidade de mudança comportamental de consumo e geração de resíduos, a urgência de mitigar efeitos climáticos causados pela pegada ecológica de cada um utilizando técnicas conhecidas e formas de gestão já comprovadamente eficientes e as emissões de gases de efeito estufa diretas e indiretas geradas pelo Campus na prestação dos produtos oferecidos de forma intangível, são propulsores deste estudo com vistas que ações simples e concretas sejam tomadas para atenuar os efeitos.

Desta forma, o presente trabalho tem por objetivo realizar um estudo avaliativo e quantitativo acerca da gestão dos resíduos no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, visto que devido as suas diversas ações que contemplam atividades de ensino, pesquisa e extensão é responsável pela geração de resíduos de diferentes tipologias, e posteriormente um inventário de ciclo de vida de emissões de (CO<sub>2</sub> eq) dentro da cadeia de ensino, buscando auxiliar o campus em suas tomadas de decisões futuras.

## 1.2-APRESENTAÇÃO DO ESTUDO

A apresentação deste estudo se fará em três capítulos distintos, no qual o primeiro capítulo se formaliza por uma revisão de literatura sobre resíduos, ferramentas e técnicas de gestão, no segundo um capítulo o desenvolvimento do estudo fundamentado teoricamente sobre a gestão sustentável de resíduos sólidos e corroborado por estudo gravimétrico do material gerado no Campus, no terceiro, um Inventário de Ciclo de Vida direcionado para uma contabilidade de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub> eq.) por intermédio das emissões de gases de efeito estufa gerados durante o processo de ensino aprendizagem.

## 2. PROBLEMA

A falta de triagem do material gerado na origem, o crescimento constante de resíduos sólidos advindos de atividades antrópicas somados a falta de informações sobre o quantitativo real dos resíduos sólidos no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como: o tipo de material, a sazonalidade de geração, volume, origem, toxicidade, bem como a forma de gestão a qual não atende por completo ao que se impõe pela legislação vigente no país quanto à

possibilidade de reutilização, reciclagem e reaproveitamento de resíduos levantam uma questão primordial : Investir em gestão sustentável de resíduos é relevante para instituições de ensino, ou o passivo gerado pode ser mitigado apenas por educação ambiental ?

Vale ressaltar que as informações acerca dos resíduos gerados na instituição são de grande relevância, visto que as tipologias de atividades executadas no interior da instituição são das mais diversas possíveis, desde a atividade de administrativa, passando pelo ensino até o serviço de manutenção de equipamentos e instalações possui importante papel na estruturação da unidade de ensino, como também na geração de resíduos e consumo de recursos naturais.

### **3.HIPÓTESE**

H0: A caracterização dos resíduos sólidos quanto à volume e tipologia, fornece informações para melhoria da gestão dos resíduos.

### **4.JUSTIFICATIVA**

Por ser uma instituição de ensino, pesquisa e desenvolvimento, o acesso a tecnologias na gestão sustentável, recuperação de resíduos e diminuição do impacto causado ao meio ambiente são parte ativa do papel de relevância do Instituto Federal Goiano- campus Rio Verde junto a microrregião atendida pelo campus Rio Verde, e pela macrorregião coberta pelo IF Goiano. Para um assunto de grande importância como o é a gestão sustentável de resíduos sólidos, o papel de qualquer instituição de ensino deve ir mais além da produção acadêmica, concentrando-se também na formação de cidadãos formadores e transformadores.

A relevância desta pesquisa se concentra na informação que será gerada, buscando a fonte geradora de resíduos, seu volume de material, a sazonalidade deste, e suas características gerais como: material principal, possibilidade de reciclagem e não somente em estudo gravimétrico dos resíduos encontrados, no índice de gases de efeito estufa gerados durante o processo de ensino e nas possibilidades de neutralização deles.

A estrutura que hoje possui o IF Goiano campus Rio Verde em conjunto com a ausência de informações de geração, reutilização, reciclagem e destinação dos resíduos nos diferentes setores acarretam uma dificuldade de planejamento estratégico de ações para diminuir os efeitos causados pelos resíduos sólidos no campus e no meio ambiente. O repositório a ser gerado

adaptando a realidade do campus a metodologias já conceituadas fornecerá fonte de reprodutibilidade posterior, como também, uma visão pragmática dos gestores do Campus a realidade atual.

## 1.5. OBJETIVOS

### 1.5.1-Objetivos gerais

Levantar informações sobre o consumo de materiais necessários ao funcionamento das atividades do campus, somados ao consumo da população ativa em trânsito no interior do Campus e contrastá-los com o estudo gravimétrico adaptado a ser realizado nos pontos de coleta de resíduos e nos pontos de entrega voluntária (PEVs).

### 5.2-Objetivos específicos

- Realizar um levantamento aprofundado nos setores do IF Goiano campus Rio Verde (administrativo, laboratórios e refeitórios), observando cada um quanto ao consumo de materiais e geração de resíduos, formas de descarte e segregação;
- Verificar a existência e como os setores realizam a gestão dos resíduos;
- Analisar por intermédio de avaliação “*in locus*” e por composição gravimétrica em período maior, os volumes e características dos resíduos gerados e o papel de influência dos agentes para os resíduos comuns e aqueles depositados em Pontos de Entrega voluntário (PEVs), considerando a tipologia dos resíduos;
- Elaborar um Inventário de Ciclo de Vida de emissões de (CO<sub>2</sub> eq) gerados no Campus.

## 1.6. REFERENCIAL TEÓRICO

Apresenta-se nesta secção, a fundamentação teórica apontando técnicas de segregação, mitigação, reciclagem e reutilização energética de resíduos sólidos, bem como ferramentas de gestão a este passivo ambiental.

### 1. 6.1- A geração de resíduos

Conhecer as características do resíduo sólido (RS), seu volume constante e alternado, o tipo predominante de resíduo, a origem do material, a forma de segregação quer seja nas residências, no comércio, como também em instituições de ensino é de suma importância na busca de ferramentas que auxiliem este trabalho, o Quadro 1 abaixo descreve através dos estudos apontados a relevância do passivo ambiental gerado pelo crescimento dos resíduos sólidos.

Quadro 1 -Estudos sobre resíduos já realizados no IFGoiano

<b>Autor</b>	<b>Tipo de Estudo</b>	<b>Publicação /período</b>	<b>Escopo</b>
RIBEIRO et al.	Estudo de casos	Águas Subterrâneas/ 2022	Levantamento gravimétrico realizado no CampusRio Verde do IFGoiano
CARVALHO BARBOSA	TCC	Repositório IFGoiano/2020	Estudo gravimétrico de resíduos sólidos em PEVs
FILIMONOVA et al	Artigo Científico	Plataforma Elsevier/2021 <a href="https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.07.115">https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.07.115</a>	Relação do consumo de energia renovável com fatores econômicos, ambientais e institucionais na Europa. Relatórios de energia
ZHANG et al	Artigo Científico	Plataforma Elsevier/2022 <a href="https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2022.01.157">https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2022.01.157</a>	Avaliação da eficiência e sustentabilidade de três sistemas de eco-campus no noroeste da China usando uma estrutura de avaliação abrangente
TAVARES et al	Artigo Científico	Interação Práticas Extensionistas ISSN (2764–1058). /2021	Redução do desperdício em uma instituição de ensino superior: o impacto de um programa de extensão

Fonte: Elaborado pelo Autor

Conforme relatam RIBEIRO *et al.*, (2022), e CARVALHO BARBOSA (2020), em seus estudos gravimétricos realizados no objeto deste estudo, a composição dos resíduos encontrados pouco difere das demais, já FILIMONOVA *et al.*, (2021), e ZHANG *et al.*, (2022), aprofundam o debate do reaproveitamento energético do passivo gerado buscando a coexistência ser humano e recursos naturais, e por último em seu estudo TAVARES *et al* (2021), relatam um projeto bem sucedido na gestão de resíduos sólidos em um campus universitário na cidade de Bauru, o sucesso do projeto foi alcançado por intermédio da interação entre servidores docentes, técnicos administrativos e discentes do campus.

Estas constatações acendem um alerta para todos, principalmente aos orientadores dos novos formadores de opinião, e reforça a necessidade de maiores e contínuos debates acadêmicos sobre sustentabilidade em todas as atividades tanto curriculares quanto profissionais.

Esta interação se faz necessária, pois embora o artigo 9º da lei 12.305 e o artigo 3º do decreto 10.936 sobre a responsabilidade compartilhada e a busca pela economia circular como é sugerido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) deve ser compartilhada, logo para que esta sequência se elenque naturalmente, se faz necessária a construção de uma base legal para tais fins. O Quadro 2 abaixo faz referência ao arcabouço legal que corroboraram nas legislações supracitadas e que são de conhecimento relevante ao gestor público.

Quadro 2 -Parte do Arcabouço ambiental do Brasil

<b>Legislação</b>	<b>Escopo do Texto</b>
<a href="#"><u>Lei 6.938/81</u></a>	Esta lei, com fundamento nos incisos VI e VII do art. 23 e no art. 235 da Constituição, estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, constitui o Sistema Nacional do Meio Ambiente (Sisnama) e institui o Cadastro de Defesa Ambiental.
<a href="#"><u>Lei 9.605/98</u></a>	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
<a href="#"><u>Lei 5.940/06</u></a>	Estabelece a exigência de separação dos resíduos recicláveis dos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta, e sua destinação às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis;
<a href="#"><u>Lei 12.187/09</u></a>	Institui a Política Nacional de Mudanças Climáticas;
<a href="#"><u>Lei 12.305/2010</u></a>	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)
<a href="#"><u>Instrução Normativa 1/2010</u></a>	Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão (MPOG) – estabelece critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras na Administração Pública Federal;
<a href="#"><u>Decreto 7.746/2012</u></a>	determina a adoção de iniciativas, dentre elas a A3P, referentes ao tema da sustentabilidade pelos órgãos e entidades federais bem como suas vinculadas.

Fonte: <https://www.planalto.gov.br>

Observa-se que embora em grande número, o Brasil foi em espaço curto de tempo criando a estruturação necessária à gestão sustentável de resíduos, inclusive adotando iniciativas práticas tais como a criação da A3P através de seu decreto de nº 7.746 de 2012 que regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios e práticas para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional e pelas empresas estatais dependentes, e institui a Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública - CISAP.(BRASIL 2011)

Nesse contexto, uma cadeia lateral de suporte a administração pública de enorme relevância vem também sendo alavancada como a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE) que desde 1976 tem desempenhado um papel importantíssimo na consolidação de uma gestão responsável do passivo ambiental, juntamente com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) que se constitui no maior banco de dados do setor de saneamento do país, estes dois parceiros possuem informações de suporte atualizados sobre o setor de resíduos, seja através do Panorama ABRELPE e da Série histórica do SNIS, a elaboração de políticas públicas visando uma gestão sustentável de resíduos tem sido facilitada. A Tabela 1 abaixo elenca o trabalho que vem sendo desenvolvido por intermédio de relatórios anuais aos quais a ABRELPE denomina panoramas.

Tabela 1 - 22 anos de levantamento de Resíduos

Ano	Região Norte*	Nordeste*	Sudeste*	Centro Oeste*	Sul*	Ton/dia	Qtde ton/ano
2000	11.036,85	38.454,60	73.927,63	8.476,64	18.008,54	149.904,26	54.715,054
2001	11.313,23	39.042,41	75.216,36	8.671,15	18.298,96	152.542,11	55.677,870
2002	11.521,00	39.497,59	76.254,74	9.058,45	18.530,32	154.862,10	56.524,666
2003	11.057,00	41.558,00	141.616,80	9.220,71	19.874,00	223.326,51	81.514.176
2004	12.208,95	41.135,71	79.949,06	9.556,05	19.380,88	162.232,03	59.214.691
2005	12.569,00	46.623,00	81.139,00	9.743,00	19.643,00	142.849,77	52.140.167
2006							
2007	7.978,00	31.422,00	77.543,00	10.181,00	13.787,00	140.911,00	61.501,00
2008	8.919,00	36.577,77	73.639,69	11.800,20	22.646,67	153.583,33	52.933,30
2009	9.672,00	38.024,51	74.325,45	13.398,00	22.849,00	161.084,00	57.011,36
2010	12.920,00	50.045,00	96.134,00	15.539,00	20.452,00	195.090,00	71.207.850
2011	11.360,00	39.092,00	93.911,00	14.449,00	19.183,00	177.995,00	64.968.175
2012	11.585,00	40.021,00	95.142,00	14.788,00	19.752,00	181.288,00	66.170.120

2013	12.178,00	41.820,00	99.119,00	15.480,00	20.622,00	189.219,00	69.064.935
2014	12.458,00	43.330,00	102.572,00	15.826,00	21.047,00	195.233,00	71.260.045
2015	12.692,00	43.894,00	104.631,00	16.217,00	21.316,00	198.750,00	72.543.750
2016	12.500,00	43.355,00	102.620,00	15.000,00	20.987,00	195.452,00	71.339.980
2017	12.705,00	43.871,00	103.741,00	14.406,00	21.327,00	196.050,00	71.558.250
2018	13.069,00	43.763,00	105.977,00	14.941,00	21.561,00	199.311,00	72.748.515
2019	13.069,00	43.763,00	105.977,00	14.941,00	21.561,00	199.311,00	72.748.515
2020							
2021	4.982,40	16.575.614	40.294.087	5.780.820	8.491.375	359.300,00	76.079.836
2022	5.110.575	16.705.718	40.072.190	5.821.043	8.404.791	381.000,00	81.811.506

Fonte: Panorama Abrelpe 2000 a 2022 \*valores expressos em toneladas

Observa-se pela tabela 1 que:

- a) No início da série histórica em 2000 até 2003 há em todo país um crescimento na ordem de 2,8% na geração de resíduos, dos dados computados em aterros sanitários, com os maiores percentuais notados na região sudeste e sul, seguidos pelas regiões nordeste e centro oeste, ficando a região norte com o menor percentual nacional em função de sua densidade demográfica;
- b) Os valores de resíduo gerado, aumentam a cada ano, muito embora entre 2004 até 2010 que é o ano da publicação da Lei 12.305, o crescimento é lento com valores percentuais em três casas após a vírgula, chegando a quatro casas após a Política Nacional de Resíduos sólidos;
- c) De 2010 até 2019, sendo 2019 o início da pandemia do novo corona vírus e com isso uma série de mudanças no cotidiano das pessoas através do sistema de “lock down” pelo qual diversas cidades passaram, se percebe respostas imediatas à Política Nacional dos Resíduos Sólidos e suas formas de gestão.

Mediante estas constatações, é pública e notória a contribuição da gestão sustentável em todas as suas aplicações, principalmente quando se trata de resíduos sólidos.

Na busca por esta compreensão sobre resíduos sólidos DIAS *et al.*,(2012) , nos apresentam em seu estudo uma metodologia para melhor compreensão e construção da estimativa na geração de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) , onde o modelo desenvolvido compreende as variáveis: (i) a renda per capita média de cada estrato socioeconômico pesquisado, (ii) Quantitativo total produzido de resíduo sólido domiciliar por dia (kg/dia), (iii) População existente em cada estrato socioeconômico arbitrado na região considerada; (iv) Quantidade de faixas socioeconômicas arbitradas, variando de 1 a n, delimitada pela Equação 1 abaixo:

$$C = \sum_i^n p * (x^2 + ax + c) \quad (1)$$

Onde  $C$  = Quantitativo total produzido de resíduo sólido domiciliar por dia (kg/dia);

$x$  = Renda *per capita* mensal média de cada estrato socioeconômico arbitrado (R\$/mês);

$P$  = População existente em cada estrato socioeconômico arbitrado na região considerada;

$i$  = Quantidade de faixas socioeconômicas arbitradas, variando de 1 a  $n$ .

Dando seqüencia pontua-se que uma analogia semelhante é encontrada nos estudos de MAGAZZINO *et al.*, (2020b) ; e STERN, (2018),apontando que o desenvolvimento social e ambiental, estão diretamente interligados ao desenvolvimento econômico de determinada população pesquisada, onde a princípio os recursos naturais são o maior capital utilizado, e que a estabilidade econômica gera também estabilidade ambiental.

Uma das formas de se acompanhar as taxas crescimento na produção de resíduos é por meio da geração per capita, que remete a quantidade de resíduos produzida por uma pessoa em um dia. Esta quantificação é variável e acordo com o município ou mesmo no próprio estado, em função dos índices de desenvolvimento econômico e padrões de consumo de cada região. Esta quantificação per capita nos remete ao crescimento do resíduo sólido no país e mais especificamente na região centro oeste especificamente para Goiás. Como se é demonstrado pela Tabela 2 abaixo:

Tabela 2 -Resíduos Gerados por Goiás no Quantitativo da Região Centro Oeste

Ano	Coleta Região CO	Goiás/ton/dia	Per capita Goiás	(kg/hab./dia em Rio Verde)	Aterro Controlado %	Lixões a céu aberto%	Evolução coleta RSU
2000	8.476,64	2966,824					82,86%
2001	8.671,15	3034,9025					82,86%
2002	9.058,45	2,516236111					84,06%
2003	14.296,00	3,971111111		0,84	44,36%	55,64%	84,00%
2004	9.556,05	4.007,52			35%	65%	83,94%
2005	9.743,00	3.702,34	1,04	0,47			84,37%
2006							85,16%
2007	10.181,00	4.515,92	1,04		54,90%	45,10%	85,95%
2008	11.800,20	4484,076	1,12		55%	45%	90,36%
2009	13.398,00	5225,22	1,035		57%	43%	89,15%
2010	15.539,00	6060,21	1,245		57,60%	42,40%	89,88%

2011	14.449,00	5635,11	1,25		58,10%	41,90%	91,30%
2012	14.788,00	5767,32	1,251		79,90%	20,10%	91,30%
2013	15.480,00	6037,2	1,11		82,60%	17,40%	92,00%
2014	15.826,00	6172,14	1,114		58,40%	41,60%	92,50%
2015	16.217,00	6324,63	0,98		58,07%	41,03%	93,07%
2016	15.000,00	5850	0,979		78,40%	21,60%	94%
2017	14.406,00	5618,34	0,978		74,80%	25,20%	94%
2018	14.941,00	5826,99	0,99	0,766	77,20%	22,80%	94%
2019	14.941,00	5826,99	1,15		77,20%	22,80%	94%
2020							
2021	5.780.820	2.254,52	1,022				95%
2022	5.821.043	2.254,52	0,993				96,20%

Fonte: Panoramas Abrelpe-2000 a 2022

Entre 2000 e 2004 a ABRELPE não mostra o teor per capita/habitante/ dia, pois até aqui seu relatório baseava-se em metodologias compostas por outros parceiros laterais na coleta de informação, observando os dados da região centro oeste observa-se um constante alta de 1% ao ano no quantitativo de resíduo gerado, nota-se também um crescimento relevante quanto ao destino adequado dos resíduos, surgindo a unidade de aterro controlado junto com o aterro sanitário e diminuindo o percentual de lixões. Este crescimento também é corroborado pelo aumento da área pesquisada desde 2000 até 2022

Este resíduo gerado possui uma grande capacidade de gestão, recuperação, reutilização, reciclagem, como demonstra a Tabela 3 abaixo na composição gravimétrica encontrada em alguns estudos;

Tabela 3 -Composição Gravimétrica de resíduos

Pesquisador	Têxteis						Papel e papelão	Tetrapak	Rejeitos	outros
	Matéria orgânica	couros e borrachas	Metais	Vidro	Plásticos					
Abrelpe/2020	45,30%	5,60%	2,30%	2,70%	16,80%	10,40%	1,40%	14,10%	1,40%	
Sarmiento et al/2020	51,40%		2,90%	2,40%	13,50%	13,10%			16,70%	
Santana et al 2020	46,28%	2,33%	2,13%	1,49%	23,33%	16,24%		9,03%		
Drudi et al 2019	38,79%	8,94%			14,77%	11,12%		10,80%		

Fonte: (Drudi et al., 2019; Kfourri et al., 2022; Santana et al., 2022; Sarmiento et al., 2020)

A tabela 3 acima aponta por quatro fontes diferentes um crescimento de resíduos advindos de matéria orgânica de 0,8% ao ano, que somados ao índice de papelão e rejeitos,

elaboram um ambiente propício ao crescimento de microrganismos, formação de gases de efeito estufa, contaminação dos horizontes do solo.

Nesse cenário, o conhecimento da composição gravimétrica dos resíduos sólidos, somado a outros fatores antrópicos, fornecem uma base sólida de auxílio ao total de emissões de gases de efeito estufa que em tanto tem afetado o planeta com mudanças climáticas, perda de camadas de gelo, mudanças nas estações do ano, ondas de calor, frio intenso, tempestades tropicais sentidas por todo o globo terrestre (IPCC, 2022, págs.63 a 89).

Deve-se observar que a relevância das informações acima, reforça e demonstra o crescimento da geração de resíduos sólidos no país. Muitas informações nos são trazidas por este conjunto de estudos, como por exemplo o crescimento anual em 1,2%, fator este encontrado pelo coeficiente do ano anterior pelo posterior, e quando observa-se o percentual de cada região, o passivo se mostra maior em virtude de uma diversidade de situações observadas que têm tornado a gestão de resíduos. Ao verificar a região Cento Oeste, dela extraem-se diversos dados como por exemplo: (i) os valores demonstrados multiplicados pelo fator do (GWP) para carbono que é 0,277 obtém-se um valor médio por habitante da região de 554 toneladas de (CO<sub>2</sub> eq/ano/hab.) . E, quando olhamos para o estado de Goiás que corresponde a 37,8% do total gerado para uma população pesquisada de 16 milhões de pessoas, o valor chega a 780 toneladas de (CO<sub>2</sub> eq/ano/hab.), ou seja, uma expressividade relevante. Ao se dividir a participação de cada região pela quantidade total per capita ano encontra-se o fator que multiplicado pela população analisada da referida unidade tem-se a produção per capita anual pesquisada. De forma simplista o cálculo se relaciona da seguinte forma:

% Região/ % total gerado por ano de resíduos sólidos \* população analisada da região, conforme a Equação 2:

$$\% A = \left( \frac{\% r}{\% n} \right) * P \quad (2)$$

Onde  $A$  = total per capita gerado por ano,  $r$  é a região pesquisa,  $n$  é a variável nacional gerada e  $p$  a população da região pesquisada.

Em 2019, 34% (20 Giga toneladasCO<sub>2</sub>-eq) das emissões globais de GEE vieram do setor de energia, 24% (14 GtCO<sub>2</sub>-eq) da indústria, 22% (13 GtCO<sub>2</sub>- eq) da agricultura, silvicultura e outros usos da terra (AFOLU.), 15% (8,7 GtCO<sub>2</sub>-eq) de transportes e 5,6% (3,3 GtCO<sub>2</sub>-eq) de edifícios. Uma vez consideradas as emissões indiretas do uso de energia, as participações relativas das emissões da indústria e da construção sobem para 34% e 16%, respectivamente. O crescimento médio anual das emissões de GEE durante 2010–2019 desacelerou em relação à década anterior no fornecimento de energia (de 2,3% para 1,0%) e na indústria (de 3,4% para 1,4%, apenas emissões diretas), mas permaneceu aproximadamente constante em cerca de 2% ao ano - 1 no setor de transportes(IPCC, 2022).

Conforme aponta o WORLD ECONOMIC FORUM (2022), em seu relatório, a alteração climática é contínua e catastrófica: o "fracasso da ação climática" é o de mais impacto(Gunjál *et al.*, 2023), e segundo risco mais provável a longo prazo identificado na pesquisa de percepção de riscos globais (*Global Risks Perception Survey GRPS*). Bilhões de pessoas em todo o mundo estão em maior risco de falhar no futuro oportunidades económicas, e os benefícios de uma comunidade global resiliente.

Segundo a GRPS, "crises de subsistência" serão uma ameaça crítica durante os próximos dois anos, e o seu impacto é susceptível de continuar durante a década. FORUM ECONÓMICO MUNDIAL. *et al.*,(2021). Cria-se então o paradigma de necessidade da manutenção da biodiversidade e a busca pela sustentabilidade socioeconômica e cultural (SENAL *et al.*, 2022), para o “ato simples” de continuidade da vida, e o papel da pesquisa e desenvolvimento é crucial neste momento.

Embora biodiversidade e sustentabilidade sejam termos notáveis, seus conceitos axiomáticos LEÃO,(2022, p. 2,3,4,6), convergem a um objetivo comum e integrador MAIA ,(2021, p. 62, 63, 64, 65.), que é a busca por novas soluções que possam concatenar homem e natureza.

#### 1.6.1.1- Gestão sustentável de resíduos e o conceito “Universidade Verde”

Esta secção aborda sobre estratégias para a gestão sustentável dos resíduos sólidos considerando a redução nas emissões de GEEs, muito embora a amplitude do assunto necessite de um aprofundamento histórico, inicialmente o Quadro 3 abaixo relaciona técnicas de gestão e seu impacto na redução de CO<sub>2</sub> equivalente;

Quadro 3 Relação entre técnicas de segregação e redução de CO<sub>2</sub>

<b>Estudo</b>	<b>Campo</b>	<b>Autor</b>	<b>Parâmetros</b>	<b>Impacto na redução de CO<sub>2</sub></b>
<a href="#">Ghanaian inclination towards household waste segregation for sustainable waste management</a>	Segregação de resíduos	(Owusu-Ansah et al., 2022)	<a href="#">Separação dos resíduos sólidos em Gana.</a>	Disposição em segregar, disposição a triagem inicial.
<a href="#">Effects of replacing fly ash from municipal waste incineration with lime on the generation of a binding phase during the sintering process</a>	Incineração de resíduos	(Jiang et al., 2023)	<a href="#">As características da cinza volante fazem com que ela tenha boas propriedades de matéria-prima de sinterização.</a>	Por aglomeração, vários metais podem ter suas cinzas reaproveitadas.
<a href="#">Evolution of dissolved organic matter can reflect compost maturity: Insight into common composting technology and material composition</a>	Compostagem	(Kong et al., 2023)	<a href="#">Parâmetros físico-químicos que afetam a evolução deste procedimento</a>	As mudanças da técnica estão direcionadas ao ambiente do composto e a produção de ácido húmico.
<a href="#">The circular economy and the optimal recycling rate: a macroeconomic approach</a>	Reciclagem	(Bongers & Casas, 2022)	<a href="#">Relações entre a curva de Kuznest e a estabilidade gerada pela economia circular</a>	A cada kg de material reciclado, 0,420kg de CO <sub>2</sub> eq é reduzido.

Fonte: Autor

Conforme citam FARIA *et al.*, (2021), a discussão ambiental começa a tomar uma nova forma de comprometimento quando não só se observa a necessidade de mudanças comportamentais que englobem respeito ao ser humano e ao meio ambiente somados à conjuntura social em que vivemos. Esta ideia surge com a ideia do programa Ambiental social e governança, do acrônimo em inglês (Environmental Social and Governance) e sua sigla (ESG), um conjunto de amplo espectro de ações empresariais e institucionais com importante papel de modificação na gestão de passivos ambientais, necessidades socioeconômicas.

O padrão ou a padronização proposta pelo (ESG) nas discussões globais de países investidores mostram que se faz necessário uma alteração mais profunda na forma com que se

vive e ao mesmo tempo se compartilha a convivência no planeta. Esta modificação é demonstrada também por LI *et al.*, (2022), em seu estudo na China quando os autores relatam a valorização de empresas e suas ações de mercado por serem comprometidas com as propostas do modelo ESG e empresas engajadas com os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS).

O avanço dos tópicos ambientais, sociais e de governança das empresas, à medida que são aprimorados vão fortalecendo o mercado de capitais, aumentando a confiabilidade das empresas e em seu portfólio. Práticas sustentáveis são descritas por YANG *et al.* (2022), em seu estudo em diferentes empresas do ramo energético no G7 (Alemanha, Canadá, Estados Unidos, França, Itália Japão e Reino Unido), quando avalia o desempenho destas empresas que empregam as práticas do ESG. Os autores relatam que o papel construtivo destes três pilares torna estas empresas viáveis. A complexidade de ações que estão por trás dos pilares do ESG, são bem mais profundas, pois as mudanças englobam o conhecimento de cada item que compõe uma linha de produção antes de chegar ao depósito de insumos da empresa ou instituição.

Nesse cenário, a produção daquele insumo, seu consumo de recursos naturais, de combustível fóssil, seu impacto gerador de gases de efeito estufa (GEE), ou seja, a terminologia “do berço ao túmulo” como descreve bem a sequência de normas ISO que se iniciam com a ISO 9001 de 2015 que estabelece um padrão de gestão de qualidade até chegar a ISO 14.044 onde a gestão é aprimorada com algumas ferramentas de controle, dentre as quais a análise do ciclo de vida (LCA) e o impacto da análise do ciclo de vida (ILCA) que serão melhor discutidas mais à frente neste documento.

#### 1.6.1.2-Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Os objetivos de desenvolvimento sustentável, são uma busca por uma relação indivíduo, sociedade e natureza, firmados no respeito próprio, ao semelhante, e ao meio que nos cerca. As Nações Unidas em suas conferências entre as partes (COPs) trouxeram as aspirações mundiais, debateram e propuseram estes objetivos como forma de resgate socioeconômico.

Nas afirmações de CARVALHO (2015), a agenda 2030 traz uma proposta arrojada para o planeta, em linhas gerais o documento está fundamentado em três dimensões, a econômica, a social e a ambiental. Está é a base dos 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da agenda (Figura 2). Em seus ODS de 11 a 17, a sustentabilidade das cidades, padrões de consumo e produção, a proteção e recuperação do meio ambiente, e a promoção de sociedades pacíficas e inclusivas sustentavelmente mostram o quanto a agenda 2030 é um projeto valoroso e necessário conforme mostra a Figura 1 abaixo.

Figura 1 Objetivos de desenvolvimento sustentável



Fonte: CARVALHO (2015)

De acordo com MASUDA *et al.*, (2022), citam em sua revisão, que a transição sustentável para implementação dos ODS passa pelo papel extremamente relevante dos governos locais como facilitadores de parcerias público privadas entre setores da sociedade tais como: empresas, instituições de pesquisa, organizações voluntárias etc.

Conforme afirmam KIVIMAA *et al.*, (2019), percepção que estes atores intermediários citados a pouco podem contribuir com novas tecnologias visando a sustentabilidade é ponto crucial para a busca de crescimento econômico com respeito ao ser humano e ao planeta.

Já BONNEDAHL *et al.*, (2022), se posicionam de maneira diferente em seu estudo, quando citam que embora os esforços das nações unidas visando um desenvolvimento sustentável através dos ODS seja possível, a visão sistêmica de que o produto interno bruto de um país está tão somente ligado aos bens produzidos e não a degradação ambiental se tornam falhas. Os autores ainda citam as desigualdades econômica e social como empecilhos ao alcance de ODS.

De acordo com MENÉZES *et al.*, (2021), para que os ODS possam diminuir o espaço entre a teoria e a prática, pois embora o debate do desenvolvimento sustentável tenha conseguido muitos avanços ainda há uma lacuna a ser preenchida, e que a visão de desenvolvimento sustentável deve possuir várias óticas tais como: a econômica, social, política, cultural e sociológica e entre várias áreas do conhecimento.

### 1.6.2-Sustentabilidade para Resíduos Sólidos

A adoção de novas tecnologias se faz presente a cada momento pois o quantitativo de (RS) produzidos tem aumentado de forma gradativa e em contrapartida a gestão deste passivo ambiental torna-se mais complexa

Em seu estudo TSAI *et al.*, (2021), afirmam a responsabilidade de gestores políticos na hierarquia de tomada de decisões para gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos é fundamental, pois a dificuldade enfrentada nas relações Inter pessoais na gestão de resíduos é favorecida por processos delimitados pelos tomadores de decisões.

Os autores afirmam ainda que gerir resíduos tem se tornado uma questão crucial em virtude da explosão demográfica que as cidades têm sofrido, do alto índice de resíduos gerados, e da necessidade urgente de programas de recuperação deste material.

Conforme descrevem AZEVEDO *et al.*, (2021), a expansão dos centros urbanos trouxe consigo uma discussão constante e atual, seus resíduos gerados diariamente, as necessidades comuns ao ser humano no trabalho, estudos, alimentação, e atendimento de saúde, demandam limpeza constante dos (RS) gerados por cada um destes setores de extrema importância, a responsabilidade compartilhada pelo poder público nas suas três esferas com a infraestrutura financeira, humana.

Quando se fala em impactos antrópicos a que se pensar em todos os pontos do processo, a dependência de matriz energética não renovável, o alto consumo de energia para produção, a existência de programas de reciclagem e a baixa adesão a eles por parte da população, todos estes gargalos vão se aglutinando de tal forma a se tornar também um problema de saúde pública.(Dong *et al.*, 2018). São desafios que necessitam de enfrentamento mais pragmático dos agentes de todo o processo, indústrias, comércio, gestores políticos, consumidores.

Mudanças gradativas, muito embora de baixo impacto estão sendo elencadas. O interesse ambiental manifestado através da geração de (RS) é um fator econômico indiscutível, como demonstram SANTOS *et al.*, (2020), em estudo realizado na zona franca de Manaus (ZFM), através de questionário aplicado pela Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA).

De acordo com os autores para 94,4% dos empresários entrevistados em quatro setores produtivos, a importância de uma gestão adequada dos (RS) é enorme, pois é possível prever gastos, gerar economia e sustentabilidade, ainda, segundo os autores, 61% dos empresários apoia a criação de fóruns de debate ambiental visando a melhoria de gestão integrada do (RS) gerados no Polo Industrial de Manaus (PIM).

Muito embora pontuais, como também pouco holísticas, seu reflexo como em considerações no Dia de Sobrecarga do Planeta, que é um chamado do Fundo Mundial da Natureza do acrônimo(WWF), começam a serem sentidas não na proporção ideal, mesmo assim

estão acontecendo, fortalecidas e fundamentadas em técnicas e ferramentas que serão discutidas a seguir.

### **1.6.3- A Política Nacional de Resíduos Sólidos e seus conceitos**

Com a implantação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) através da Lei 12.305/2010 e do Decreto 7.404/2010. Em seu artigo 1º a PNRS cita as diretrizes de gestão integrada e o gerenciamento dos resíduos sólidos como instrumentos legais da política nacional de resíduos sólidos que são elencados no escopo do texto; como também em seu artigo 4º cita os objetivos da lei as formas de aplicação e as parcerias que podem ser formadas pelo governo federal para fortalecimento do documento. Uma base de apoio paralelamente surge para complementar as lacunas do processo de gerenciamento. Segundo a PNRS, entende-se por gerenciamento de resíduos sólidos:

*“conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei”; e continua em seu inciso XVII mostrando que: “a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos entre fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana”.*(BRASIL 2010)

Como a publicação desta política, surge dentre os seus instrumentos de execução: “o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS). Dentre os motores para o desenvolvimento desta política destacam-se as mudanças climáticas, ocasionadas pela grande emissão de gases de efeito estufa, principalmente aqueles provenientes dos sistemas de disposição irregular de resíduos (“os lixões”).

Vale ressaltar que um destes gases, o biogás, pode ser aproveitado para a geração de energia elétrica NASCIMENTO *et al.*, (2019), abordam em seu trabalho sobre reaproveitamento de biomassa e resíduos orgânicos na forma de biogás, a pesquisa teve como base o levantamento de dados oficiais dos organismos responsáveis pelo gerenciamento do (RS).

Compreende-se que Estados, municípios, comunidades, instituições de ensino têm conjuntamente esta responsabilidade civil e social a cumprir e desempenhar com as próximas gerações, com busca de parceiros nos diversos setores socioeconômicos para sanear o meio ambiente e implementar a sustentabilidade.

Entre estes parceiros de grande apoio no levantamento de informações sobre gestão sustentável de resíduos sólidos, podemos citar instituições relevantes, como o Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (INPEV), a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), a Associação Brasileira das Indústrias de Plástico (ABIPLAST), a RECICLANIP é a entidade que gerencia a logística reversa de pneus e RECICLUS que é a Associação Brasileira para gestão de logística reversa de produtos de iluminação.

### **1.6.4-A geração de resíduos sólidos totais**

#### 1.6.4.1-Resíduos Sólidos Urbanos

Conforme citam KHAN et al (2021), até 2050 3.5 bilhões de toneladas métricas de resíduo sólido (RS) serão lançadas em aterros sanitários sem qualquer tipo de tratamento, reutilização ou reciclagem. Análogo a isso, perda de potencial energético de papelão, plásticos e metais é imensa

Em sua revisão ESFILAR *et al.*, (2021), relatam a viabilidade de reaproveitamento do resíduo sólido (RS) para geração de energia renovável em um programa relevante e atual para tratar um passivo ambiental tão substancial e antigo. A reutilização ou utilização de fontes com baixa emissão de CO<sub>2</sub> eq. deve ser fonte de discussão constante e inovação. Os autores em seu trabalho mostram ainda que o gerenciamento de RS é um desafio constante, pois à medida que se inova na pesquisa, o risco de criação de um novo passivo ambiental tem que ser averiguado constantemente.

#### 1.6.4.2-Resíduos Alimentares

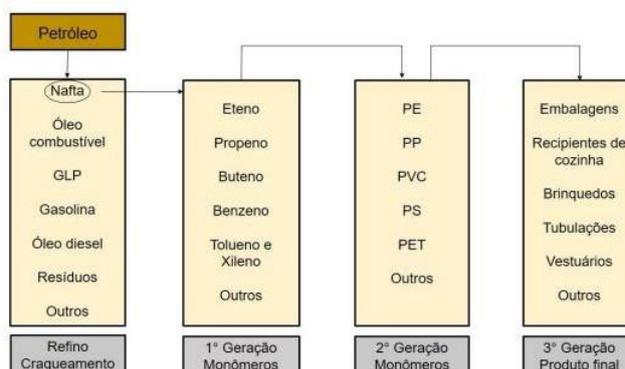
O desperdício alimentar do dia a dia, somatizado a percas de produção por transporte, armazenamento, manuseio inadequado são parte dos resíduos alimentares contaminantes dos resíduos sólidos urbanos. A matéria orgânica gerada pelos restos alimentares na composição do resíduo sólido é relevante, substancial e sem os devidos cuidados necessários produz um passivo ambiental de grandes proporções.

Em seu estudo na cidade de Wuhan na China ZHANG *et al.*, (2021), apontam o grande volume de desperdício de alimentos produzidos por estudantes universitários nesta cidade, segundo os autores estudantes do sexo feminino geram um desperdício da ordem de 0,722 Kg por dia enquanto os homens 0,492 kg por dia com uma variação de 0,123 kg a 0,290 kg por dia por refeição por dia, gerando um desperdício anual por aluno de 54 kg de alimentos.

### 1.6.4.2-Plásticos

Em sua revisão OLIVATTO *et al.*, (2018), descrevem a força da indústria do plástico, suas aplicações na economia atual, relatando também que no Brasil, estima-se que apenas 1% do total de plástico produzido é reciclado. A Figura 3 abaixo mostra a cadeia de produção destes polímeros.

Figura 2 -Geração de microplásticos



Fonte: OLIVATTO *et al.*, (2018)

Em estudos recentes ZAMAN *et al.*, (2021), relatam a extrema dependência do mundo moderno ao plástico em suas variações 92% termoplásticos, ou seja, fundíveis e 8% termo fixos, não fundíveis; os autores mostram que desde 1950 já foram geradas mais de 8,5 bilhões de toneladas com a reciclagem apenas de 9% deste percentual. Já SETIAWAN (2020), relata que a dificuldade de participação da população em coleta seletiva do resíduo sólido urbano (RSU), está diretamente ligada a três fatores: internos, externos e sociodemográficos, onde os fatores internos: atitudes, crenças e responsabilidade; os fatores externos tais como: a falta de locais para triagem do (RSU), e por último os fatores sociodemográficos: idade, crença, sexo, escolaridade têm grande interferência no destino final dos (RSUs).

## 1.6.5 – Tratamento de resíduos sólidos

### 1.6.5.1-Reciclagem

A ferramenta de gestão de resíduos reciclagem, surge como forma de refazer o ciclo produtivo de utensílios com grande impacto produtivo pela extração de recursos naturais finitos em sua matriz energética. Metais, materiais plásticos, papel, equipamentos e componentes eletroeletrônicos, resíduos orgânicos, borrachas, materiais inertes, todos passíveis de

recuperação, mas para que aconteça de forma eficiente é necessário a utilização da triagem e separação dos resíduos, e este é um ponto crucial no processo de gestão por reciclagem.

Os pesquisadores WANG *et al.*, (2021a) , apresentam em seu estudo a diminuição do índice de carbono na ordem de 31,8% da emissão de carbono após a implementação de triagem primária obrigatória, e um aumento de 99,5% na separação de resíduos alimentares , no entanto, esse sistema também gerou alguns resultados negativos, como o menor valor de recuperação do metal nas cinzas de fundo e o maior teor de cloreto nas cinzas volantes.

Ainda, nos aterros sanitários o maior volume considerável é de plásticos, são em grande diversidade, desde utensílios domésticos, peças ou fragmentos automotivos, a embalagens alimentares, recipientes de armazenamento em pequenos, médios e grandes volumes.

Esses são materiais derivados de petróleo, produzidos em altas pressões e temperaturas, normalmente inertes a produtos químicos e por possuírem alta tenacidade e maleabilidade, com um custo final de produtos mais baixo, muito embora sua durabilidade é o maior dos problemas pois sua dissolução é mais demorada. Surge um paradoxo pois o mesmo material de maior durabilidade no meio ambiente tem possibilidade de reciclagem e reuso imensas, gerando emprego e renda com atividades de coleta, triagem e recuperação.(SOMANI *et al.*, 2021).

#### 1.6.5.2- Coleta Seletiva

Dentro da Política Nacional de Resíduos Sólidos a coleta seletiva surge como uma alternativa viável para o processo de gestão sustentável de resíduos, não pode ser considerada como um assunto simples pois requer uma mudança comportamental na forma com a qual se enxerga o passivo gerado, a responsabilidade compartilhada na triagem e segregação corretas, bem como a disposição inerente ao agente gerador de participar do processo de gestão. Esta tarefa passa por um conjunto de fatores que englobam a educação ambiental, políticas públicas efetivas para o setor, a desmistificação de resíduos sólidos como um problema e sim uma fonte energética disponível.

O papel da triagem primária ou inicial é bem exposto por FRANCA *et al.*, (2018), em seu estudo na cidade do Rio de Janeiro quando os autores mostram o quantitativo gerado e o papel ativo da economia circular e a geração de emprego e renda deste setor que também é citado pelo panorama ABRELPE 2021 como aponta a Figura 2 abaixo

Figura 3 -Geração de emprego e renda na economia circular



Fonte: (ABRELPE, 2021)

A difusão da coleta seletiva no Brasil vem sendo bastante discutida pela literatura, nas academias e meios de comunicação e já obteve bons resultados como mostra em seu relatório anual a (ABRELPE 2021) .Ainda segundo a ABRELPE a coleta seletiva no Brasil está disposta da seguinte forma: Região Norte com 65,3% dos municípios, a Nordeste com 56,7%, a Centro Oeste com 50,5% a Sudeste com 90,6% e a região Sul com 91,2% de seus municípios assistidos com coleta seletiva. Outro dado do relatório que nos ajuda na compreensão dos investimentos em gerenciamento e manejo sustentável de resíduos sólidos é o gasto por habitante por mês nas cinco regiões do Brasil, conforme a Tabela 4 abaixo

Tabela 4 Investimento em coleta seletiva

Região	Valor Investido R\$
Região Norte	R\$8,56
Nordeste	R\$ 9,05
Centro Oeste	R\$ 6,75
Sudeste	R\$13,82
Sul	R\$ 8,48

Fonte: Panorama Abrelpe 2021

Comparando os números de produção de (RS) da região centro oeste com a região norte que possui uma densidade demográfica menor e observando os valores investidos por pessoa e a taxa de produção de (RS) das duas regiões, nota-se que os investimentos públicos são maiores na região norte e que notoriamente há uma deficiência no gerenciamento de

resíduos pelos responsáveis na região centro oeste, os índices de coleta seletiva também são maiores nas quatro regiões em relação a região centro oeste, o que demanda uma atenção maior dos agentes públicos face ao crescimento dos resíduos.

Segundo afirmam WANG *et al.*, (2021), em um estudo desenvolvido na China, a participação ativa dos moradores locais é de extrema importância na classificação dos (RS), pois a qualidade da triagem na fonte auxilia bastante no gerenciamento dos (RS), os autores relatam ainda que enquanto na Alemanha seguindo o processo de triagem obrigatória, obteve-se um aumento de 76% na separação de 14 categorias de recicláveis. Em contrapartida, na Grécia, com a prática “grosseira” de triagem de apenas 6 categorias de (RS) obtiveram uma taxa de recuperação de 19%.

Neste contexto, têm-se como agravante a falta de informação por parte da população nos processos de triagem e reciclagem, em seu trabalho, FOGT JACOBSEN *et al.*, (2022), mostraram barreiras e motivações que os consumidores possuem para auxiliar na triagem e reciclagem dos (RS) principalmente plásticos. Segundo os autores as embalagens plásticas correspondem a 40% do consumo global do mercado de plásticos; ainda relatam as grandes dificuldades da União Europeia para reciclagem, pois em 2017 países como: Malta, França, Hungria, Dinamarca, Áustria, Finlândia e Luxemburgo reciclaram menos de 17% do plástico recolhido.

A principal dificuldade enfrentada quando se discute sobre resíduos sólidos é o aumento da geração, fruto do consumo de produtos, o qual tem relação direta com os hábitos da população, influenciados pela questão econômica.

Considerando os aspectos relacionados à coleta seletiva têm-se com fundamental a ação das cooperativas de reciclagem e ação dos coletores informais.

Segundo afirmações de BOTELLO-ÁLVAREZ *et al.*, (2018), o trabalho dos coletores informais como facilitadores do processo de gestão sustentável de resíduos sólidos é crucial. Conforme os autores esta integração de coletores informais no processo de gestão de resíduos sólidos urbanos faz elevar substancialmente a oferta de materiais recicláveis ao setor de cadeias de valor de reciclagem.

#### 1.6.5.3-Compostagem

A geração constante de resíduos agropecuários provenientes das diversas culturas agrônômicas e da produção animal, alinhado ao crescimento populacional global, e pela toxicidade gerada por resíduos orgânicos como carcaças de animais, dejetos, podem ser tóxicos e quimicamente são considerados poluentes orgânicos persistentes (POPs). Quanto aos aspectos legais são tratados no artigo 3º da Lei 12.305/2010 incisos I, II, III, IV e V; abrindo um amplo espectro à recuperação destes na forma de energia limpa e biofertilizantes proporcionada pela compostagem orgânica.

Os pesquisadores WINQUIST *et al.*, (2019), aprimoram esta discussão mostrando a evolução da utilização do biogás em boa parte da União Europeia, as suas potencialidades comerciais, a redução dos custos de geração de energias e o atendimento às pequenas propriedades que tanto se utilizam da energia gerada quanto do subproduto da produção energética que são os biofertilizantes. Embora por falta de material para produção e ainda um baixo crescimento a produção energética já consegue descentralizar o setor de energia com sua produção.

Citam EBADOLLAHI *et al.*, (2022), utilizando o processo de multi geração do biogás, explorando mais ainda seu potencial para fornecimento energético a ambientes mais elaborados com segurança e diminuição de gases sulfídricos gerados no processo, estudo também realizado por (Abdellatif *et al.*, 2021) para potencializar a utilização desta energia limpa. SOUZA *et al.*, (2008), afirmam,  $1\text{m}^3$  de resíduos pode produzir 50 m de biogás ,ou seja,  $0,051\text{m}^3$  de biogás para cada Kg de dejetos, vale ressaltar que  $1\text{ m}^3$  de biogás corresponde a 0,66 L de diesel e 0,7 L de gasolina; esse montante substancial, conseguido por um processo biológico via digestão anaeróbica de microrganismos somente através da fermentação é do esterco suíno, controle de pH, agitação, e o tempo de retenção hidráulica que é o período necessário para a mistura alcançar a digestão e a produção máxima do gás.

#### 1.6.5.4-Incinerção de Resíduos

A incinerção é um processo utilizado para eliminar resíduos perigosos por meio de alta temperatura (de 900 a 1.250°C). Também pode ser incinerado tudo o que, sendo orgânico, já não é reutilizável ou reciclável. A queima do lixo reduz o volume a ser descartado e o impacto ambiental e prolonga a vida útil dos aterros sanitários.

Muito embora (CHEN *et al.*, 2019), demonstrem em seu estudo as características dos impactos causados pelo processo na formação de sub compostos altamente tóxicos, como também demonstrado por (WEI, 2015, fig. 4,5,6.), no tratamento de lixiviado de metais presentes em lodo orgânico.

Quando da formalização do acordo de Paris, pelos países signatários da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, acrônimo em inglês), durante a 21ª Conferência das Partes (COP21), a preocupação global quanto à emissão de gases de efeito estufa advindos da industrialização, e da incineração de resíduos sólidos, bem como de queimadas crescentes já se mostravam como um problema crescente. O governo brasileiro comprometeu-se em sua Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC, acrônimo em inglês) a reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 37% em 2025, com uma contribuição indicativa subsequente de redução de 43% em 2030, em relação aos níveis de emissões estimados para 2005. (BRASIL, 2015, p. 3-5;5-22;22-27).

Entretanto se observa que avanços pequenos são notados quanto a estes impactos atmosféricos, especificamente a incineração de resíduos sólidos urbanos libera hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PHAs). XIAO et al., (2022), causando alguns transtornos clínicos tais como o estresse oxidativo é causado por um desequilíbrio entre radicais livres e antioxidantes no corpo. Os radicais livres são moléculas contendo oxigênio com um número ímpar de elétrons. O número ímpar permite que eles reajam facilmente com outras moléculas, como DNA, proteínas e lipídios(Lahiri, 2022).

A incineração destes resíduos tem ocasionado alguns transtornos como relatam (C. Li et al., 2022) quando nos mostram a formação de Dioxinas como 7,5 dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD) e 1,3,5 dibenzofuranos policlorados (PCDF), dentre estes o 2,3,7,8-tetraclorodibenzeno-p-dioxina (TCDD) sendo o mais tóxico dos substitutos tetra clorados, e que provoca uma série de respostas antiestrogênicas no trato reprodutivo feminino. Muito embora a quantidade de compostos formados pela prática de incineração seja alta, também é substancial a taxa de crescimento deste processo pelo mundo.

A pirólise catalítica estudada por SANKARAN *et al.*, ( 2018), também por WU *et al.*, (2020),na produção de Bio-óleo, tem se colocado como uma alternativa à incineração por obter maior aproveitamento energético dos resíduos em sua totalidade com baixa emissão de gases de efeito estufa. A pirólise envolve o aquecimento do material na ausência de oxigênio e, para polímeros, leva à produção de óleos e gases, todos com potencial para reciclagem em outros produtos químicos ou usados como combustíveis. Para compósitos de matriz termo fixa , geralmente é realizado a menos de 500 °C. A pirólise foi investigada para a reciclagem de resíduos mistos de poliéster/estireno usando um reator de leito fixo a 450 °C (ZHOU *et al.*, 2016).

Em estudos recentes ZAMAN *et al.*, (2021), relatam a extrema dependência do mundo moderno ao plástico em suas variações 92% termoplásticos, ou seja, fundíveis e 8% termo fixos, não fundíveis; os autores mostram que desde 1950 já foram geradas mais de 8,5 bilhões de toneladas com a reciclagem apenas de 9% deste percentual.

Recentemente PALMER *et al.*, (2021), apontam em seus estudos o alto índice de embalagens plásticas, copos descartáveis, embalagens de refrigerantes, são fatores de proteção química, física e biológica de alimentos, embora em contrapartida de alto risco ativo ambiental. Sendo que sua prática mais comum de descarte ainda é o aterro sanitário, que ao longo do tempo tem perdido sua importância ambiental e se tornado em um problema sanitário.

### **1.6.6 -Disposição final de resíduos**

Segundo a ABRELPE (2022), em seu panorama anual, 39% do resíduo coletado em 2022 ainda é depositado em local inadequado, como lixões e aterros controlados, um percentual de 29,7 milhões de toneladas sendo descartadas desta maneira. Um dado expressivo e que remete a baixa efetividade alcançada pela política nacional de resíduos sólidos e sua regulamentação pelo Decreto 10.936/2022 e o Decreto 11.043/2022 que instituiu o Planares Plano Nacional de Resíduos Sólidos.

Apontam Bruhn *et al.*, (2023), em seu estudo a necessidade de contextualização da política nacional de resíduos sólidos brasileira à realidade regional visando aumento da taxa de reciclagem e paralelamente diminuir a situação de lixões e aterros ainda em funcionamento, auxiliando a gestão deste passivo que até 2050 projeta-se em 3,4 bilhões de toneladas por ano, ou seja, maior que o crescimento populacional projetado.

A verificação destas afirmações é corroborada por grandes depósitos de lixo, chamados de “lixões”, os quais mostram a distância existente entre consumo em grande escala e distribuição de renda, somada a dificuldade encontrada por países em desenvolvimento para conciliar crescimento econômico e sustentabilidade (Risk, 2020). Neste contexto, além do aspecto estético relacionado aos grandes depósitos de resíduos a céu aberto e a proliferação de vetores causadores de doenças, têm-se as contaminações do solo, águas superficiais e subterrâneas, originadas pelos processos de decomposição dos diferentes materiais que compõe estes depósitos, gerando um líquido percolado denominado por “chorume”.

Adicionalmente ao exposto acima, um outro ponto levantado por YU et al (2022), é a alta concentração de micro plásticos advindos de aterros sanitários, com capacidade de interações químicas que vão da interação microbiológica, ligação a compostos metálicos adsorvidos e percolados, a formação de biofilmes que tanto podem se ligar a metais pesados quanto a resíduos antibióticos.

Uma das formas de impedir tais contaminações é a disposição de resíduos por meio dos chamados Aterros Sanitários, que contemplam dentre outras técnicas a deposição de resíduos sobre uma base impermeabilizada. Em seu estudo AIR *et al.*, (2020), nos mostram formas de impermeabilização de solos em aterros sanitários com vistas a não permitir a percolação do chorume formado pelos resíduos ali dispensados. O primeiro processo é o de impermeabilização por camada compactada de argila e polietileno de baixa densidade para manutenção da condutividade hidráulica entre  $10^{-7}$  cm/s e  $10^{-9}$  cm /s, sendo  $10^{-8}$ cm/s o permissivo pela NBR13896/97 e 15849/2010. O outro processo é a adição de betonita sódica entre 3 a 4% de mistura no solo, com uma cobertura de solo sobre os resíduos para formação de uma célula. Todo processo para impedir a percolação do chorume no solo, mas isso não impede a formação de gases tais como metano e compostos orgânicos voláteis que surgem tanto da incineração, como por degradação natural.

Ao se debater sobre resíduos sólidos e sua gestão através de políticas públicas efetivas, não o é possível sem dissociar-se de crescimento socioeconômico, pois a interdisciplinaridade do assunto é relevante, nem tampouco é possível se excluir a metodologia proposta pela curva ambiental de Kuznets Brock *et al.*,(2010), a qual sugere que a medida que cresce a renda per capita de uma região o consumo de recursos naturais tende a diminuir, sem que autoridades ambientais tenham que impor seu poder moderador.

A gestão dos resíduos sólidos no patamar em que se encontram é um desafio a ser mitigado, visando uma segurança energética pautada na sustentabilidade e em aspectos socioeconômico culturais envolvidos no processo. Buscar e implementar a ideia de economia circular(Nimita Jebaranjitham *et al.*, 2022), requer mudança na filosofia” tomar-fazer-descartar” para uma abordagem “reduzir-reciclar-reparar-reutilizar-compartilhar. A ferramenta do índice de hierarquia de resíduos apresentada por (Pires & Martinho, 2019), e que tem sido utilizada de forma relevante no aprimorar da economia circular, embora não demonstre por meio de indicadores sua eficácia, sendo a taxa de reciclagem o indicador em maior uso conforme (Wuttke, 2018).

As variáveis acima apresentadas atestam o sério passivo ambiental advindo do descarte inadequado de resíduos sólidos, relacionando seu crescimento exponencial e em contrapartida um lento conjunto de ações eficazes e pragmáticas na gestão sustentável do mesmo. Avançando à discussão Badgett *et al.*, (2020), apresentam um sumário de técnicas e políticas dos EUA envolvendo organismos de controle federal, estadual e municipal para resíduos sólidos orgânicos não metálicos, onde o aterro que receber mais de 50 t/ano destes materiais sofre regulação do estado; paralelamente.

## 1.7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABABA, A., Shukla, P. R., Skea, J., van Diemen, R., Huntley, E., Pathak, M., Portugal-Pereira, J., Scull, J., & Slade, R. (2017). **IPCC Expert Meeting on Mitigation, Sustainability and Climate Stabilization Scenarios Meeting Report** (01 ed., Vol. 1). <http://www.ipcc-wg3.ac.uk/>
- ABDELLATIF, Y. M., Okonkwo, E. C., Bicer, Y., & AlAnsari, T. (2021). **A Multi-generation system in Sabkha-Tah operating with nanofluids and a novel RO unit**. *Computer Aided Chemical Engineering*, 50, 301–306. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88506-5.50048-6>
- ABRELPE. (2021). Panorama 2021. 54, disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2021/>, acesso em :06/05/2021
- ABRELPE. (2022). Panorama 2022, disponível em : <https://abrelpe.org.br/panorama-2022/> , acesso em 06/09/2023.
- AIR, A., Junior, S., Beatriz, S., Osten, F. von der, Henrique, E., Junior, V. D. O., Miyashiro, C. F., & Sauer, A. V. (2020). **Aterro sanitário : relevância e técnicas de impermeabilização do solo**. 142–153.
- ALMEIDA, N. A. S. de Rodas, S. E. R., & Marques, W. M. R. (2020). **Investimento em pesquisa e inovação tecnológica: um estudo de caso para o Brasil**. *Revista Estudo & Debate*, 27(1). <https://doi.org/10.22410/issn.1983-036x.v27i1a2020.2195>
- Antônio Souza dos Santos, M., Emílio Alves Miranda Sobrinho, P., Meireles Martins, C., Castro Gomes, S., Rosa Cabral, E., & Cezar Ferreira de Souza, C. (2020). **Gestão De Resíduos Sólidos No Polo Industrial De Manaus, Amazônia, Brasil**. 10. <http://lattes.cnpq.br/5834605575861342>

- AZEVEDO, B. D., Scavarda, L. F., Caiado, R. G. G., & Fuss, M. (2021). **Improving urban household solid waste management in developing countries based on the German experience.** *Waste Management*, 120, 772–783. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.11.001>
- BADGETT, A., & Milbrandt, A. (2020). **A summary of standards and practices for wet waste streams used in waste-to-energy technologies in the United States.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 117, 109425. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109425>
- BAHÇELIOĞLU, E., Buğdaycı, E. S., Doğan, N. B., Şimşek, N., Kaya, S. Ö., & Alp, E. (2020). **Integrated solid waste management strategy of a large campus: A comprehensive study on METU campus, Turkey.** *Journal of Cleaner Production*, 265, 121715. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121715>
- BONGERS, A., & Casas, P. (2022). **The circular economy and the optimal recycling rate: A macroeconomic approach.** *Ecological Economics*, 199, 107504. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107504>
- BONNEDAHL, K. J., Heikkurinen, P., & Paavola, J. (2022). **Strongly sustainable development goals: Overcoming distances constraining responsible action.** *Environmental Science & Policy*, 129, 150–158. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSCI.2022.01.004>
- BOTELLO-Álvarez, J. E., Rivas-García, P., Fausto-Castro, L., Estrada-Baltazar, A., & Gomez-Gonzalez, R. (2018). **Informal collection, recycling and export of valuable waste as transcendent factor in the municipal solid waste management: A Latin-American reality.** *Journal of Cleaner Production*, 182, 485–495. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.02.065>
- BRASIL. (2015). Acordo de Paris.
- BRASIL. (2022). **Censo da Educação Superior 2020.** [https://download.inep.gov.br/educacao\\_superior/censo\\_superior/documentos/2020/tabelas\\_de\\_divulgacao\\_censo\\_da\\_educacao\\_superior\\_2020.pdf](https://download.inep.gov.br/educacao_superior/censo_superior/documentos/2020/tabelas_de_divulgacao_censo_da_educacao_superior_2020.pdf)
- BROCH, C., Breschiliare, F. C. T., & Barbosa-Rinaldi, I. P. (2020). **A expansão da educação superior no Brasil: notas sobre os desafios do trabalho docente.** *Avaliação: Revista Da Avaliação Da Educação Superior (Campinas)*, 25(2), 257–274. <https://doi.org/10.1590/s1414-4077/s1414-40772020000200002>
- BROCK, W. A., & Taylor, M. S. (2010). **The Green Solow model.** *Journal of Economic Growth*, 15(2), 127–153. <https://doi.org/10.1007/s10887-010-9051-0>

- BRUHN, N. C. P., Viglioni, M. T. D., Nunes, R. F., & Calegario, C. L. L. (2023). **Recyclable waste in Brazilian municipalities: A spatial-temporal analysis before and after the national policy on solid waste.** *Journal of Cleaner Production*, 421, 138503. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138503>
- CARVALHO Barbosa, L. (2020). **Coleta seletiva de resíduos sólidos recicláveis: estudo de casos em PEVs no IFGoiano-Rio Verde.**
- CARVALHO, A. P. de. (2015). **Objetivos do desenvolvimento sustentável.** *GV-Executivo*, 14(2), 72. <https://doi.org/10.12660/gvexec.v14n2.2015.56854>
- CHEN, Z., Yu, G., Wang, Y., Liu, X., & Wang, X. (2019). **Research on synergistically hydrothermal treatment of municipal solid waste incineration fly ash and sewage sludge.** *Waste Management*, 100, 182–190. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.09.006>
- DA SILVA, R. F., Moura, L. de L., Gavião, L. O., Pontes, A. T., Lima, G. A. B., & Bidone, E. D. (2021). **Interdependências e trade-offs entre os objetivos do desenvolvimento sustentável: avaliação de municípios brasileiros pelas três dimensões da sustentabilidade.** *Interações (Campo Grande)*, 637–652. <https://doi.org/10.20435/inter.v22i2.2720>
- DIAS, D. M., Martinez, C. B., Barros, R. T. V., & Marcelo, L. (2012). **Modelo para estimativa da geração de resíduos sólidos domiciliares em centros urbanos a partir de variáveis socioeconômicas conjunturais.** *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 17(3), 325–332. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522012000300009>
- DONG, H., Geng, Y., Yu, X., & Li, J. (2018). **Uncovering energy saving and carbon reduction potential from recycling wastes: A case of Shanghai in China.** *Journal of Cleaner Production*, 205, 27–35. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.08.343>
- DRUDI, K. C. R., Drudi, R., Martins, G., Antonio, G. Colato., & Leite, J. Tofano. C. (2019). **Statistical model for heating value of municipal solid waste in Brazil based on gravimetric composition.** *Waste Management*, 87, 782–790. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.03.012>
- EBADOLLAHI, M., Amidpour, M., Pourali, O., & Ghaebi, H. (2022). **Flexibility concept in design of advanced multi-energy carrier systems driven by biogas fuel for sustainable development.** *Sustainable Cities and Society*, 86, 104121. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2022.104121>

- ESFILAR, R., Bagheri, M., & Golestani, B. (2021). **Technoeconomic feasibility review of hybrid waste to energy system in the campus: A case study for the University of Victoria.** *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 146, 111190. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2021.111190>
- FARIA, R. da S., Souza, R. G. de, de Freitas, J. G., & Vieira, I. L. (2021). **Estimating the generation of waste electrical and electronic equipment in organizations: The case of a Brazilian federal agency.** *Cleaner Engineering and Technology*, 5, 100294. <https://doi.org/10.1016/J.CLET.2021.100294>
- FILIMONOVA, I. v., Nemov, V. Y., Komarova, A. v., Mishenin, M. v., & Kozhevin, V. D. (2021). **Relationship of renewable energy consumption to economic, environmental and institutional factors in Europe.** *Energy Reports*, 7(May), 358–365. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.07.115>
- FOGT Jacobsen, L., Pedersen, S., & Thøgersen, J. (2022). **Drivers of and barriers to consumers' plastic packaging waste avoidance and recycling – A systematic literature review.** *Waste Management*, 141(January), 63–78. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.01.021>
- FORO ECONÓMICO MUNDIAL., Marsh & McLennan., SK Group., & Zurich Insurance Group. (2021). **The global risks report 2021 insight report.** World Economic Forum.
- FRANCA, L. S., Rocha, M. S. R., & Ribeiro, G. M. (2018). **Carbon Footprint of Municipal Solid Waste Considering Selective Collection of Recyclable Waste.** *Environmental Carbon Footprints: Industrial Case Studies*, 79–112. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812849-7.00004-0>
- GARLET, V., Reis Favarin, R., Antonio Beuron, T., Rejane da Rosa Gama Madruga, L., Castilhos de Freitas Terra, C., & da Rosa Borges, G. (2019). **Correlações entre Comportamentos e Competências: a busca de uma universidade verde** *Correlations between Behaviors and Competencies: a search for a green university.* 17, 73–87. <https://doi.org/10.21714/1679>
- GROUMPOS, P. P. (2021). **A Critical Historical and Scientific Overview of all Industrial Revolutions.** *IFAC-PapersOnLine*, 54(13), 464–471. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.10.492>
- GUNJAL, A., Gupta, S., Nweze, J. E., & Nweze, J. A. (2023). **Chapter 4 - Metagenomics in bioremediation: Recent advances, challenges, and perspectives.** In V. Kumar, M. Bilal, S. K. Shahi, & V. K. Garg (Eds.), *Metagenomics to Bioremediation* (pp. 81–102). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-96113-4.00018-4>

- IPCC. (2022). **Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change**. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.1017/9781009157926.002>
- JIANG, Z., Dong, K., Wang, H., Zhou, Y., Tian, B., Li, X., & Zhu, R. (2023). **Effects of substituting municipal waste incineration fly ash for lime on generating a bonding phase during the sintering process**. *Journal of Cleaner Production*, 382, 135022. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135022>
- KARA, S., Herrmann, C., & Hauschild, M. (2023). **Operationalization of life cycle engineering. Resources, Conservation and Recycling**, 190, 106836. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106836>
- KFOURI, T., Fernandes, A. C., Bernardo, G. L., Proença, L. C., Uggioni, P. L., Rodrigues, V. M., & Pacheco da Costa Proença, R. (2022). **Sustainable solid waste management in restaurants: The case of the Ecozinha Institute, Brazil**. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 27, 100464. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100464>
- KHAN, A. H., López-Maldonado, E. A., Khan, N. A., Villarreal-Gómez, L. J., Munshi, F. M., Alsabhan, A. H., & Perveen, K. (2021). **Current solid waste management strategies and energy recovery in developing countries - State of art review**. *Chemosphere*, 133088. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2021.133088>
- KONG, X., Luo, G., Yan, B., Su, N., Zeng, P., Kang, J., Zhang, Y., & Xie, G. (2023). **Dissolved organic matter evolution can reflect the maturity of compost: Insight into common composting technology and material composition**. *Journal of Environmental Management*, 326, 116747. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116747>
- LAHIRI, S. S. (2022). **Fly ash: Safety and health issues**. *Handbook of Fly Ash*, 77–224. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817686-3.00001-3>
- LEÃO, M. (2022). **Avaliação Química da Água como Subsídio à Avaliação de Patologias na Estrutura de Concreto de uma Barragem**. <https://www.researchgate.net/publication/362684312>
- LI, C., Yang, L., Wu, J., Yang, Y., Li, Y., Zhang, Q., Sun, Y., Li, D., Shi, M., & Liu, G. (2022). **Identification of emerging organic pollutants from solid waste incinerations by FT-ICR-MS and GC/Q-TOF-MS and their potential toxicities**. *Journal of Hazardous Materials*, 428, 128220. <https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2022.128220>

- Li, X., Xu, F., & Jing, K. (2022). **Robust enhanced indexation with ESG: An empirical study in the Chinese Stock Market.** *Economic Modelling*, 107, 105711. <https://doi.org/10.1016/J.ECONMOD.2021.105711>
- MAGAZZINO, C., Mele, M., & Schneider, N. (2020a). **The relationship between municipal solid waste and greenhouse gas emissions: Evidence from Switzerland.** *Waste Management*, 113, 508–520. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.05.033>
- MAGAZZINO, C., Mele, M., & Schneider, N. (2020b). **The relationship between municipal solid waste and greenhouse gas emissions: Evidence from Switzerland.** *Waste Management*, 113, 508–520. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.05.033>
- MARQUES, F. T. (2020). **The return to higher education of dropout students in Brazil.** *Cadernos de Pesquisa*, 50(178), 1061–1077. <https://doi.org/10.1590/198053147158>
- MASUDA, H., Kawakubo, S., Okitasari, M., & Morita, K. (2022). **Exploring the role of local governments as intermediaries to facilitate partnerships for the Sustainable Development Goals.** *Sustainable Cities and Society*, 103883. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2022.103883>
- MENÊZES, A. K. M. de, & Martins, M. de F. (2021). **Conexões entre as temáticas Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Municipal Sustentável: Uma revisão sistemática da literatura contemporânea.** *Research, Society and Development*, 10(5), e57810515309. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.15309>
- MOLINARI, C. A. J. (2021). **Los aportes críticos de Antonio Gramsci para la comprensión del fordismo taylorismo.** Una contralectura de la Teoría de la Gestión. *Vorágine Revista Interdisciplinaria de Humanidades y Ciencias Sociales*, 3(2425–5022), 39–59. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5528313>
- NASCIMENTO, M. C. B., Freire, E. P., Dantas, F. de A. S., & Giansante, M. B. (2019). **Estado da arte dos aterros de resíduos sólidos urbanos que aproveitam o biogás para geração de energia elétrica e biometano no Brasil.** *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 24(1), 143–155. <https://doi.org/10.1590/s1413-41522019171125>
- NIMITA JEBARANJITHAM, J., Selvan Christyraj, J. D., Prasannan, A., Rajagopalan, K., Chelladurai, K. S., & Gnanaraja, J. K. J. S. (2022). **Current scenario of solid waste management techniques and challenges in Covid-19 – A review.** *Heliyon*, 8(7), e09855. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09855>

- OLIVATTO, G. P., Carreira, R., Tornisielo, V. L., & Montagner, C. C. (2018). **Microplastics: Contaminants of global concern in the Anthropocene.** *Revista Virtual de Quimica*, 10(6), 1968–1989. <https://doi.org/10.21577/1984-6835.20180125>
- OWUSU-ANSAH, P., Obiri-Yeboah, A. A., Nyantakyi, E. K., Woangbah, S. K., & Yeboah, S. I. I. K. (2022). **Ghanaian inclination towards household waste segregation for sustainable waste management.** *Scientific African*, 17, e01335. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01335>
- PALMER, S., Herritt, C., Cunningham-Sabo, L., Stylianou, K. S., & Prescott, M. P. (2021). **A Systems Examination of Food Packaging and Other Single-Use Item Waste in School Nutrition Programs.** *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 53(5), 380–388. <https://doi.org/10.1016/J.JNEB.2021.01.009>
- PEREIRA, R. B. (2019). **University expansion and labor market: Consequences in the field of law.** *Cadernos de Pesquisa*, 49(171), 34–59. <https://doi.org/10.1590/198053145788>
- PIRES, A., & Martinho, G. (2019). **Waste hierarchy index for circular economy in waste management.** *Waste Management*, 95, 298–305. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2019.06.014>
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. (2010). **Lei N° 12.305, 2 de agosto de 2010.** 1–28.
- RIBEIRO, B. T., Mello, J. A. de, Oliveira, M. F. de, Areis, J., Jr, F. B., & Gomes, A. (2022). **Estudos de Caso e Notas Inventário dos Resíduos Sólidos Produzidos no Campus do IF Goiano Rio Verde Inventory of solid waste produced on the IF Goiano Rio Verde campus .** 1–9.
- RISK, D. (2020). **Brundtland Report Disasters in Social , Cultural and Politi- cal Context The Principles and Practice of Sustainable Economic Development.**
- SANKARAN, R., Show, P. L., Nagarajan, D., & Chang, J. S. (2018). **Exploitation and biorefinery of microalgae. Waste Biorefinery: Potential and perspectives,** 571–601. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63992-9.00019-7>
- SANTANA, M. S. A. de, Jucá, J. F. T., Callado, N. H., Carvaho, E. C. de, & Pontes, L. A. G. de B. (2022). **Caracterização dos resíduos sólidos urbanos de um aterro consorciado no agreste alagoano: uma abordagem metodológica por regionalização.** *Research, Society and Development*, 11(13), e35111335240. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i13.35240>

- SARMENTO, É. B., Rodrigues, D. S., Almeida, R. de Toneli, J. T. de C. L., & Antonio, G. C. (2020). **Estudo do potencial energético dos resíduos sólidos domiciliares brasileiros a partir da sua composição gravimétrica**. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 9, 616. <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e02020616-630>
- Selma Oliveira Maia -Bibliotecário -CRB, M. (2021). *Revista Desenvolvimento Intelectual* N° 07. Mensal *Revista Desenvolvimento Intelectual*, 7(7).
- SENAL, M. I. S., Iversen, B. v, Petersen, S. O., & Elsgaard, L. (2022). **Heterogeneity of nitrate reduction indicators across a tile drained agricultural catchment in East Jutland, Denmark**. *Geoderma Regional*, e00579. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2022.e00579>
- SETIAWAN, R. P. (2020). **Factors determining the public receptivity regarding waste sorting: A case study in Surabaya city, Indonesia**. *Sustainable Environment Research*, 30(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s42834-019-0042-3>
- SOMANI, P., Navaneethan, R. D., & Thangaiyan, S. (2021). **Integrated solid waste management in urban India: A mini review**. *Journal of Physics: Conference Series*, 1913(1), 0–6. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1913/1/012084>
- SOUZA, C. de F., Campos, J. A., dos Santos, C. R., Bressan, W. S., & Mogami, C. A. (2008). **Methane volumetric yield - swine wastes**. *Ciencia e Agrotecnologia*, 32(1), 219–224. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542008000100032>
- STERN, D. I. (2018). **The Environmental Kuznets Curve ☆. In Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences**. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09278-2>
- TAVARES, B. A. C. D. H. J. (2021). **Waste reduction in a higher education institution: the impact of an extension program**. *Interação Práticas Extensionistas* 2764105, 01(2764–1058).
- TSAI, F. M., Bui, T. D., Tseng, M. L., Lim, M. K., Wu, K. J., & Mashud, A. H. M. (2021). **Assessing a hierarchical sustainable solid waste management structure with qualitative information: Policy and regulations drive social impacts and stakeholder participation**. *Resources, Conservation and Recycling*, 168, 105285. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2020.105285>

- UGWU, C. O., Ozoegwu, C. G., & Ozor, P. A. (2020). **Solid waste quantification and characterization in university of Nigeria, Nsukka campus, and recommendations for sustainable management.** *Heliyon*, 6(6), e04255. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04255>
- WANG, Y., Shi, Y., Zhou, J., Zhao, J., Maraseni, T., & Qian, G. (2021a). **Implementation effect of municipal solid waste mandatory sorting policy in Shanghai.** *Journal of Environmental Management*, 298, 113512. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2021.113512>
- WANG, Y., Shi, Y., Zhou, J., Zhao, J., Maraseni, T., & Qian, G. (2021b). **Implementation effect of municipal solid waste mandatory sorting policy in Shanghai.** *Journal of Environmental Management*, 298, 113512. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2021.113512>
- WEI, N. (2015). **Leachability of Heavy Metals from Lightweight Aggregates Made with Sewage Sludge and Municipal Solid Waste Incineration Fly Ash.** *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(5), 4992–5005. <https://doi.org/10.3390/ijerph120504992>
- WINQUIST, E., Rikkonen, P., Pyysiäinen, J., & Varho, V. (2019). **Is biogas an energy or a sustainability product? - Business opportunities in the Finnish biogas branch.** *Journal of Cleaner Production*, 233, 1344–1354. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.06.181>
- WORLD ECONOMIC FORUM. (2022). **The Global Risks Report 2022 17th Edition.**
- WU, L., Qi, Z., Wang, Y., & Zheng, L. (2020). **Multi-objective Optimization of Co-processing of Bio-oil and Vacuum Gas Oil: a Survey of Gasoline Selling Price and Bio-oil Co-processing Ratio.** *Computer Aided Chemical Engineering*, 48, 1717–1722. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823377-1.50287-1>
- WUTTKE, J. (2018). **The Circular Economy Package of the European Union** (pp. 251–262). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-50079-9\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-50079-9_15)
- XIAO, Q., Lü, Z., Zhu, Z., Zhang, D., Shen, J., Huang, M., Chen, X., Yang, J., Huang, X., Rao, M., & Lu, S. (2022). **Exposure to polycyclic aromatic hydrocarbons and the associations with oxidative stress in waste incineration plant workers from South China.** *Chemosphere*, 303, 135251. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2022.135251>
- YANG, Q., Du, Q., Razzaq, A., & Shang, Y. (2022). **How volatility in green financing, clean energy, and green economic practices derive sustainable performance through ESG**

- indicators? A sectoral study of G7 countries.** *Resources Policy*, 75, 102526. <https://doi.org/10.1016/J.RESOURPOL.2021.102526>
- YU, F., Wu, Z., Wang, J., Li, Y., Chu, R., Pei, Y., & Ma, J. (2022). **Effect of landfill age on the physical and chemical characteristics of waste plastics/microplastics in a waste landfill sites.** *Environmental Pollution*, 119366. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2022.119366>
- ZAMAN, A., & Newman, P. (2021). **Plastics: are they part of the zero-waste agenda or the toxic-waste agenda?** *Sustainable Earth*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s42055-021-00043-8>
- ZHANG, C., Yang, X., Yi, M., Yang, Y., & Chen, Y. (2022). **Assessing the efficiency and sustainability of three eco-campus systems in Northwestern China using a comprehensive evaluation framework.** *Energy Reports*, 8, 187–204. <https://doi.org/10.1016/J.EGYR.2022.01.157>
- ZHANG, H., Li, S., Wei, D., He, J., Chen, J., Sun, C., Vuppaladadiyam, A. K., & Duan, H. (2021). **Characteristics, environmental impact, and reduction strategies of food waste generated by young adults: Case study on university canteens in Wuhan, China.** *Journal of Cleaner Production*, 321, 128877. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.128877>
- ZHOU, X., Broadbelt, L. J., & Vinu, R. (2016). **Mechanistic Understanding of Thermochemical Conversion of Polymers and Lignocellulosic Biomass.** *Advances in Chemical Engineering*, 49, 95–198. <https://doi.org/10.1016/BS.ACHE.2016.09.002>

## CAPÍTULO 2 -ARTIGO 1

### AVALIAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA DE RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS NO IFGOIANO- RIO VERDE

#### RESUMO

Em um Campus universitário a diversidade dos tipos de resíduos é substancialmente relevante, pois são aulas teóricas e práticas, ensaios laboratoriais e de campo, manutenção de móveis, utensílios e instalações, somados à uma comunidade pulsante que em boa parte do seu dia se utiliza do espaço do campus de forma intensa, inclusive com sua alimentação. Diante do exposto o presente trabalho destinou-se a realizar um inventário qualitativo e quantitativo sobre os resíduos sólidos gerados nas dependências do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, com os procedimentos metodológicos sugeridos pela NBR 10004/2004 com adaptações para o Campus, foram avaliados nove pontos de coleta, enumerados de um a nove, sendo três pontos de entrega voluntária (PEVs), identificados como 1,5 e 7. Os seis restantes distribuídos pelo campus em áreas próximas a laboratórios e salas de aula. O período de avaliação ocorreu de fevereiro a outubro de 2022 com duas coletas mensais, sempre em dias anteriores aos conhecidos de coleta do serviço público municipal. A pesquisa foi dividida em duas etapas, na primeira buscou-se aplicar questionários avaliativos de consumo e geração de resíduos, levantando o tipo de material gerado, a frequência de descarte, o destino deste material e formas de acondicionamento para segregação. Seguida de levantamento gravimétrico de nove pontos de coleta identificados e mapeados. Esperou-se, identificar o perfil dos agentes produtores de resíduos, o quantitativo gerado, segregado e encaminhado a reciclagem, o que é destinado ao aterro municipal e sua possibilidade de recuperação. Foram levantados 5.008,34 kg de resíduos sólidos, sendo deste montante 23,4% de termoplásticos, 11,8% de papelão, 13% de resíduos alimentares, e 28,9% do montante é coletado em pontos de entrega voluntária por cooperativa de reciclagem. O estudo verificou também que nos pontos 2,3,6 e 8, os volumes de termoplástico e papelão são superiores aos descartados nos (PEVs), demonstrando que embora haja uma percepção sobre a relevância de reciclar, a mesma ainda é deficitária. projetando para um ano com base no montante encontrado, na área utilizada do Campus, obteve-se um montante de 0,22t/hab/ano de geração de resíduos sólidos.

**Palavras-chave:** Gestão de resíduos sólidos. Inventário de emissões de gases. Resíduos sólidos em Instituição de Ensino.

## ABSTRACT

On a university campus, the diversity of types of waste is substantially relevant, as there are theoretical and practical classes, laboratory and field tests, maintenance of furniture, utensils and installations, in addition to a pulsating community that uses the campus space intensively for much of its day, including its food. In view of the above, this study aimed to carry out a qualitative and quantitative inventory of the solid waste generated on the premises of the Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, using the methodological procedures suggested by NBR 10004/2004 with adaptations for the campus. Nine collection points were evaluated, listed from one to nine, three of which were voluntary drop-off points (PEVs), identified as 1, 5 and 7. The remaining six were distributed around the campus in areas close to laboratories and classrooms. The evaluation period ran from February to October 2022, with two monthly collections, always on days before the municipal public service's known collection times. The research was divided into two stages, the first of which was to apply questionnaires assessing consumption and waste generation, surveying the type of material generated, the frequency of disposal, the destination of this material and forms of packaging for segregation. This was followed by a gravimetric survey of nine identified and mapped collection points. The aim was to identify the profile of waste-producing agents, the amount generated, segregated and sent for recycling, what is sent to the municipal landfill and its possibility of recovery. A total of 5,008.34 kg of solid waste was collected, of which 23.4% was thermoplastics, 11.8% cardboard, 13% food waste, and 28.9% was collected at voluntary drop-off points by recycling cooperatives. The study also found that at points 2, 3, 6 and 8, the volumes of thermoplastics and cardboard are higher than those disposed of at the PEVs, demonstrating that although there is a perception of the importance of recycling, it is still deficient. projecting for one year based on the amount found, in the area used by the Campus, an amount of 0.22t/inhab/year of solid waste generation was obtained

**Keywords:** Solid waste management. Inventory of gas emissions. Solid waste in Educational Institution.

## 2.1-INTRODUÇÃO

A gestão dos resíduos sólidos é um desafio a ser mitigado, visando uma segurança energética pautada na sustentabilidade e em aspectos socioeconômico culturais envolvidos no processo. Buscar e implementar a ideia de economia circular (Nimita Jebaranjitham *et al.*, 2022), requer mudança na filosofia “tomar-fazer-descartar” para uma abordagem “reduzir-reciclar-reparar-reutilizar-compartilhar. A ferramenta do índice de hierarquia de resíduos apresentada por (Pires & Martinho, 2019), e que tem sido utilizada de forma relevante no aprimorar da economia circular, embora a mesma não demonstre por meio de indicadores sua eficácia, sendo a taxa de reciclagem o indicador em maior uso conforme (Wuttke, 2018).

Quando se trata de gestão sustentável de resíduos sólidos, os desafios vão além dos impactos ambientais gerados, e entram no campo econômico, técnicas como a ACV - Avaliação do Ciclo de Vida (Mulya *et al.*, 2022a), a AICV - Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida (Woon *et al.*, 2016), o custo gerado pela implantação correta de sistemas incineradores de resíduos e a redução de poluentes primários e secundários (Gu *et al.*, 2022), a avaliação do desperdício de alimentos e sua perda energética (J. Wang *et al.*, 2021).

Para ERDEM (2022), os desafios da gestão sustentável de resíduos sólidos urbanos estão intimamente ligados a rápida urbanização, e a necessidade de se desenvolver um sistema de reciclagem de resíduos sólidos urbanos buscando inseri-los como commodities secundárias de valor agregado. (SILVA DE SOUZA LIMA CANO *et al.*, (2022). Não há como desvincular um inventário de resíduos sem a observação da responsabilidade antrópica sobre os mesmos, seus impactos ecossistêmicos, o consumo energético, interligados à urbanização das cidades e a necessidade de políticas que atendam a estes anseios.

Portanto os setores de pesquisa e desenvolvimento, como também o meio acadêmico tem e desempenha papel crucial na busca por perspectivas eficazes na gestão . técnicas de remediação de contaminação, reaproveitamento energético de resíduos, como forma de não somente proteção ambiental, mas também de fortalecimento de uma economia circular onde os resíduos passem a se tornar commodities.

Em seu estudo BORGES *et al.*, (2021), citam algumas ações as quais o campus universitário precisa elaborar para alcançar uma gestão sustentável de resíduos sólidos gerados em suas dependências, tais como: implementação de educação ambiental nos cursos de graduação e pós-graduação, não só para base curricular, mas também visando a formação de cidadãos conscientes de suas responsabilidades com o planeta, inventário de resíduos, análise

de vida útil, caracterização do material, planejamento de gestão . Os autores citam também a dificuldade de implementação deste tipo de trabalho por ser o campus universitário um representativo em menor escala do município como um todo, mas com uma população ativa, constante e diversa.

Nesse sentido, a convivência no meio acadêmico, a troca de experiências constantes a cada disciplina, fazem do campus universitário um laboratório ideal para condução de experimento buscando conhecer os resíduos sólidos gerados em seu interior, que proposições podem surgir quanto a forma de segregar quanto a sua reutilização na forma de novos produtos.

Diante do exposto o presente trabalho destina-se a realizar um inventário qualitativo e quantitativo sobre os resíduos sólidos gerados nas dependências do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde e um estudo de análise de ciclo de vida de resíduos sólidos, a pesquisa foi dividida em etapas onde foram levantados procedimentos metodológicos na literatura sobre o assunto, as ferramentas de gestão apropriadas, e adaptadas à realidade da Instituição.

Foram aplicados questionários em loco levantando o tipo de material gerado, a frequência de descarte, o destino deste material e formas de acondicionamento para segregação. E um estudo gravimétrico amplo em todos os pontos de segregação e coleta dentro do Campus.

## 2.2- REFERENCIAL TEÓRICO

É preciso também distinguir se a preocupação com resíduos sólidos é baseada na perda da atividade econômica ou pela necessidade de preservação ambiental (HALLAK *et al.*,2021),. Como também é necessário que uma argumentação bem fundamentada sobre como se proceder frente a um assunto de tão grande relevância socioeconômica, conhecendo os pontos críticos, as técnicas e ferramentas disponíveis para gerir o passivo e sua aplicação para diminuir os desperdícios através de estratégias amplas.

Essa discussão, seguida de ações efetivas, partem do princípio básico (Lei 12.305/2010), do Decreto 7.746 de 2012, que regulamenta o art. 3º da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, para estabelecer critérios e práticas para a promoção do desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pela administração pública federal direta, autárquica e fundacional e pelas empresas estatais dependentes, e institui a Comissão

Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública - CISAP. e suas alterações realizadas pelo Decreto 9.178 de 2017, e também do Decreto 10.936 de 2022.

Bem como, de conhecimento sobre como agir, como conclamar ao público em geral o compartilhar da responsabilidade legal do passivo ambiental gerado pela constante alta de resíduos sólidos em todas as cidades absorvendo espaço, investimentos do poder público e pessoal, documentos estes corroborados pela associação brasileira de normas técnicas(ABNT), quando através de suas câmaras e conselhos componentes formulam as normas brasileiras de regulamentação(NBR) com ênfase à NBR 10004/ 2004 que se dispõe em seu escopo à identificação, análise, catalogação e classificação dos resíduos sólidos e líquidos, os ativos de maior risco ao ser humano e ao meio ambiente.

Classificado pela NBR 10004/2004 como:

- a) Resíduos classe I – Perigosos;*
- b) resíduos classe II – Não perigosos; –*
  - Resíduos classe II A – Não inertes. –*
  - Resíduos classe II B – Inertes.*

Para a classe I a NBR 10004/2004 classifica os resíduos quanto as seguintes características distintas:

- a) Quanto a toxicidade: Propriedade potencial que o agente tóxico possui de provocar, em maior ou menor grau, um efeito adverso em consequência de sua interação com o organismo;*
- b) Quanto a corrosividade: ser aquosa e apresentar pH inferior ou igual a 2, ou, superior ou igual a 12,5, ou sua mistura com água, na proporção de 1:1 em peso, produzir uma solução que apresente pH inferior a 2 ou superior ou igual a 12,5;*
- c) Quanto a Inflamabilidade: ser líquida e ter ponto de fulgor inferior a 60°C, determinado conforme ABNT NBR 14598 ou equivalente, excetuando-se as soluções aquosas com menos de 24% de álcool em volume;*
- d) Quanto a reatividade: produto altamente instável, altamente reativo com água, formando misturas potencialmente explosivas;*
- e) Quanto a patogenicidade: Um resíduo é caracterizado como patogênico se uma amostra representativa dele, obtida segundo a ABNT NBR 10007, contiver ou se houver suspeita de conter, microrganismos patogênicos, proteínas virais, ácido desoxirribonucleico (ADN) ou ácido ribonucleico (ARN) recombinantes, organismos geneticamente modificados,*

*plasmídeos, cloroplastos, mitocôndrias ou toxinas capazes de produzir doenças em homens, animais ou vegetais.*

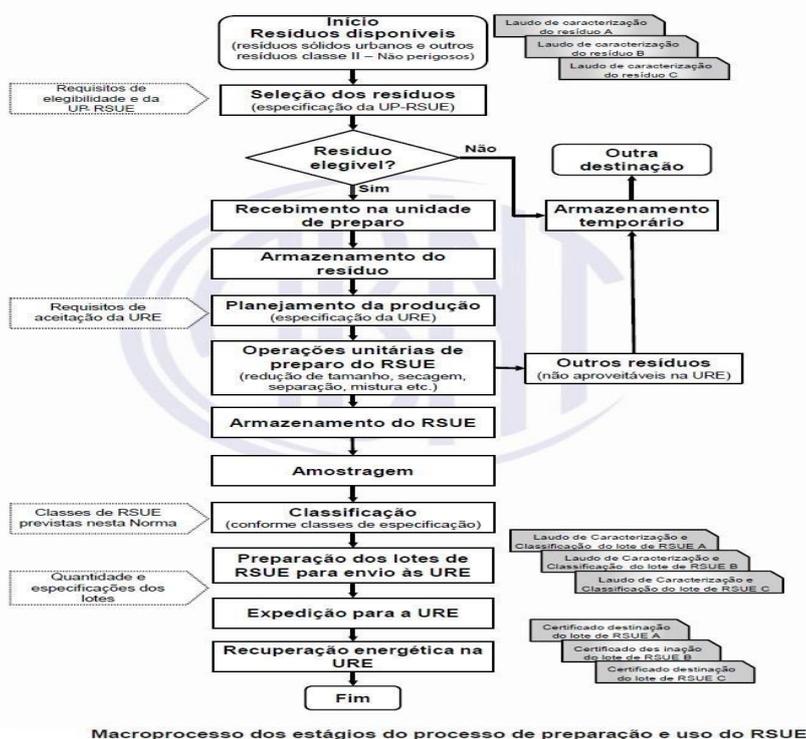
Os resíduos da Classe II A não inertes e da Classe II B inertes englobam o material de menor grau de poluição direta ambiental, embora são os responsáveis pelo consumo de recursos naturais para sua produção, necessitam cada vez mais de áreas maiores para sua segregação, altos custos de transporte, coleta e manutenção, ou seja, um problema crescente e desafiador para gestores públicos.

Como apresentam SONI *et al.*, (2022), gerir de forma sustentável resíduos sólidos tem se tornado uma questão primordial ao redor do planeta em função dos problemas que vem sendo gerados pelo acúmulo crescente deste passivo ambiental nas cidades, fazendo que a gestão pública busque, através de legislações aplicáveis e conhecimento tecnológico, formas de reaproveitamento de materiais.

Os metais raros que são recuperáveis em utensílios eletroeletrônicos (NUNES *et al.*, 2021), (D'ADAMO *et al.*, 2019) e (XU *et al.*, 2021), a recuperação energética de resíduos alimentares (Bhatnagar *et al.*, 2022), (Winqvist *et al.*, 2019b), (Souza *et al.*, 2008), são estudos, discussões e exemplos bem sucedidos que necessitam de uma atenção mais voltada não somente à academia, mais também as possibilidades socioeconômicas que sugerem na busca de sustentabilidade.

A NBR 16849/2020 no Brasil traz uma visão mais ampla sobre os resíduos sólidos urbanos para fins energéticos (RSUE), um procedimento mais lato para a questão de gestão sustentável de materiais, como mostra a Figura 4 abaixo.

Figura 4 -Fluxograma de Macroprocessos



Fonte NBR/ABNT 16849/2020

Segundo afirmam UGWU *et al.*, (2020), o trabalho do Campus Universitário na redução dos (RS) através de sua caracterização, segregação, reciclagem, são os primeiros passos para uma gestão responsável e posterior sustentabilidade. Embora seja um trabalho árduo e demorado para elaboração e efetivação, se deve com todos os agentes do processo.

Quando verificados os tipos de resíduos gerados, quantificando, e iniciando o processo de gestão integradas dos resíduos sólidos do Campus, a conscientização e a coleta seletiva são os próximos passos junto com o processo de análise de vida útil de eletroeletrônicos para formação consciente de um acadêmico cidadão (ROCHA *et al.*, 2019).

De acordo com as informações de POMPEU (2011), as características distintas de um campus universitário são idênticas a pequenos centros urbanos, com atividade constante de pessoas, e uma geração de resíduos sólidos em sua maioria não perigosos, mas com grande potencial de recuperação.

A utilização do campus do Instituto Federal Goiano em Rio Verde como área de estudo para realizar este inventário de resíduo sólido produzidos, nos traz uma ideia comportamental quanto ao modo de tratamento de uma determinada faixa da população com questões aparentemente simples, mas que dizem muito sobre como estaremos conduzindo a forma de

consumo, à maneira do descarte de materiais, a disposição pessoal em contribuir com um gerenciamento sustentável de resíduos sólidos, e o que pode ser complementado por proposta ao final deste estudo.

### 2.3-OBJETO DE ESTUDO

O Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano, se encontra nas coordenadas: 17° 48'04' longitude sul e 50°54'28'. A Instituição oferece 9 cursos técnicos, 13 cursos de graduação, 2 cursos de Proeja - Ensino Médio Integrado ao Técnico, 2 cursos de especialização, 7 cursos de mestrado, 2 cursos de doutorado. Ainda conforme apresenta (Fonseca, 2019) a área total do campus é de 221ha, com uma área de maior concentração de 2.613,14 m<sup>2</sup> (Google Earth, 2022) utilizados por 146 servidores docentes, 99 servidores técnico administrativos, e 50 servidores terceirizados, com 2.830 alunos matriculados, em um somatório de 3.125 pessoas em constante uso das instalações.

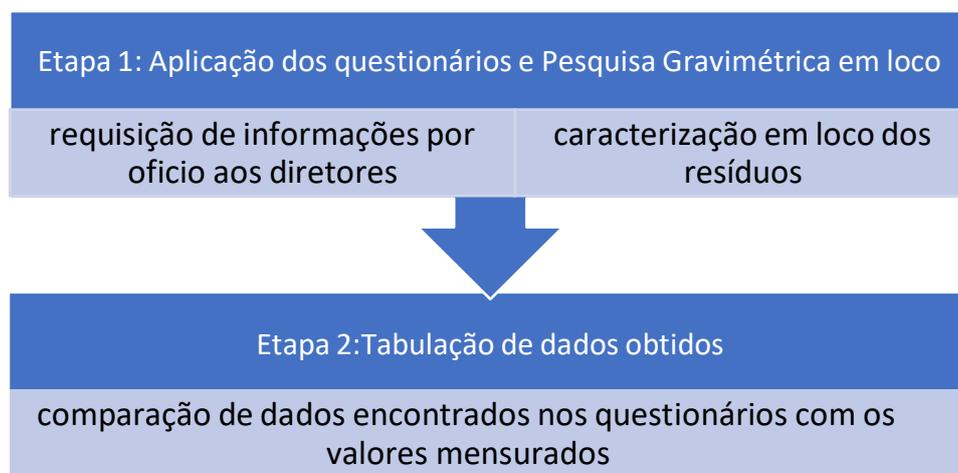
Com todas as informações pertinentes inicia-se a avaliação dos dados encontrados e processamentos deles visando não só a análise, mas também propostas que visem contribuir na gestão dos resíduos gerados e seu melhor reaproveitamento.

### 2.4-MATERIAL E MÉTODOS

A discussão preliminar do presente estudo relaciona-se ao procedimento metodológico a ser adotado logo após de pesquisa bibliográfica acurada sobre o assunto, de modo que as informações coletadas não fossem apresentadas apenas como dados sem significância e que gerem impacto de modo a se colocar como uma ferramenta adicional no gerenciamento de resíduos.

Visando a busca de um estudo que retrate a produção de resíduos sólidos do Campus Rio Verde, optou-se por seguir a metodologia proposta pela NBR 10004/2004 com adaptações para construção deste estudo que comporta não somente um inventário, mas também uma proposta de gerenciamento destes resíduos, a ser apresentada em momento posterior a este documento. A metodologia de execução do trabalho é dividida em duas etapas, conforme mostra a Figura 5 abaixo:

Figura 5 -Metodologia de execução deste estudo



Fonte: Autor

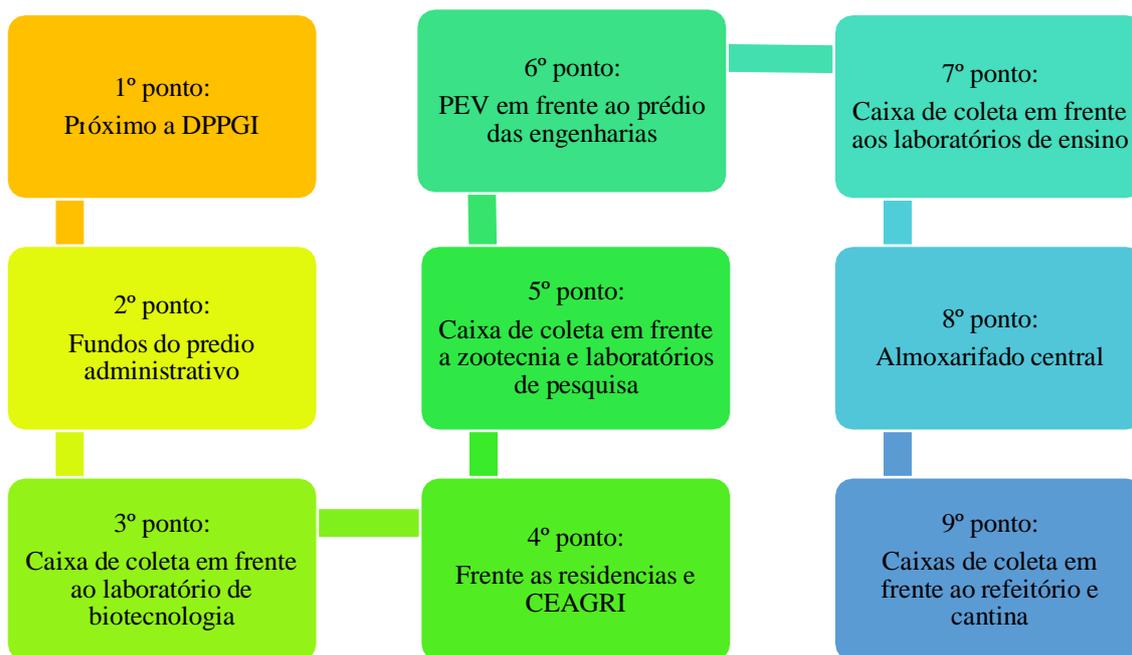
Logo após a pesquisa referencial e a escolha da metodologia adequada, em uma segunda etapa foram solicitadas informações diretamente aos diretores responsáveis por cada setor, mediante ofício encaminhado pelo professor orientador deste estudo Também foram visitados os departamentos e verificados o consumo destes materiais e seu descarte; por último foi visitada a empresa terceirizada que forneceu informações mediante entrevista das formas utilizadas

De posse destes os dados duas vezes por mês por um período de seis meses. Para esta caracterização serão utilizados os seguintes recursos:

- Uma balança digital de capacidade de 25 kg;
- Luvas de látex para proteção;
- Máscaras;
- Embalagens plásticas para novo acondicionamento após caracterização e pesagem.
- 20 m<sup>2</sup> de lona para disposição dos resíduos, e posterior acondicionamento.

A Figura 6 abaixo apresenta a forma e locais de onde foram feitas as coletas

Figura 6 -Distribuição dos pontos de segregação e coleta de resíduos



Fonte : Elaborado pelo autor

A logística de mapeamento e coleta de resíduos adotada neste estudo segue orientações das NBRs 10004/2004 e 10007/2004, com adaptações, pois o intuito como já referenciado anteriormente é do conhecimento do índice de geração de resíduos por setor, e não somente de sua composição gravimétrica total como sugere a metodologia das NBRs; antes das coletas foi realizada entrevista com a coordenação da empresa terceirizada visando conhecer e entender seu procedimento de limpeza e manutenção da instituição, a mesma informou que sua logística inicia-se pelo prédio administrativo, diretoria de pós graduação, seguido de salas de aula e laboratórios do Campus até as 9:00 da manhã, sendo que as coletas da empresa do município é realizada as terças, quintas e sábados.

No primeiro ponto de coleta, que é um ponto de entrega voluntária (PEV) está coberta a área correspondente a diretorias dentro do campus, núcleos com característica de baixa geração residual em função de trabalhos mais coordenativos a nível de graduação e pós-graduação. No segundo ponto a área de abrangência é um pouco maior e de concentração mais ativa de serviços pois este ponto de coleta recebe o material do setor administrativo do campus, do setor de manutenção e obras e de um laboratório de pesquisa e qualidade de sementes.

O ponto 3 é recente, recebe resíduos tanto do complexo de laboratórios no prédio de biotecnologia, quanto do vizinho edifício da ciência da computação. O ponto 4 é um local um pouco mais complexo pois recebe tanto resíduos de duas residências ocupadas por servidores técnico-administrativos, como também da empresa júnior CEAGRI, e em função das residências tem um potencial constante na geração de resíduos.

O ponto de coleta 5, abrange a área onde estão laboratórios de solos, de alimentos, e outros laboratórios de pesquisa, além do prédio do curso de zootecnia, salas de aula próximas, também do setor de mecanização e laboratórios ali instalados.

O ponto 6 recebe resíduos de salas de aula, e dos laboratórios ali instalados. Os pontos 7 e 8 estão a uma proximidade de 30 metros muito embora recebam resíduos de laboratórios e do almoxarifado central, o PEV tem utilidade respeitada e entendida assim como nos PEVs anteriores pela comunidade em trânsito no Campus; por último o ponto 9 recebe resíduos tanto do refeitório, quanto da cantina e também dos banheiros da instituição.

A metodologia proposta pela NBR 10007/2004 para amostragem sugere que amostra composta: Soma de parcelas individuais do resíduo a ser estudada, obtidas em pontos, profundidades e/ou instantes diferentes, através dos processos de amostragem. Estas parcelas devem ser misturadas de forma a se obter uma amostra homogênea. Para este estudo por haverem mais pontos de coleta e por não haver um volume acumulado no interior do campus sugere aqui a primeira adaptação no roteiro proposto. Outra adaptação utilizada foi quanto a homogeneização das amostras proposta em (Item 2.2), no caso do presente estudo a busca era por quantidades contabilizadas em cada setor para que um plano de gerenciamento futuro tenha subsídios sobre os (RS). Ainda sobre amostragens os itens 2.3; 2.4 e 2.8 não foram utilizados no presente estudo.

## 2.5-RESULTADOS E DISCUSSÃO

O diagnóstico quantitativo dos resíduos gerados no Campus Rio Verde encontrado através do estudo gravimétrico, foi relevante como demonstra a Tabela 4 abaixo.

resíduos coletados	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	total	total de resíduos	%
termoplásticos	107,5	60	166,1	166	73,5	123,4	202,9	163,2	112,2	1174,8	5008,34	23,45%
papelão	52	39,9	97,6	108,6	48,5	76,6	61,6	92,8	14,5	592,1	5008,34	11,8%
restos alimentares	57	67,6	113,5	62,7	62	89,3	78,6	88,44	58,5	677,64	5008,38	13,5%
frascos de vidro	9	0	0	59,8	0	0	6	0	0	74,8	5008,34	1,5%
folhagens e restos de frutos	62	48,7	92,4	65,4	42,2	0	35,5	88,8	105,2	540,2	5008,34	10,78%
embalagens alimentares	54	74	117,9	105	108,1	122,6	181,8	132,2	123	1018,6	5008,34	20,33%
material advindo de sanitários	34,5	43,7	41,2	32,2	35	37,1	25,6	25,6	27,9	302,8	5008,34	6%
subtotal	376	333,9	628,7	599,7	369,3	449	592	591,04	441,3	4380,94		
resíduo úmido	82,5	72,2	167,7	119,9	77,1	0	38,5	9,6	63,8	631,3	5008,34	12,6%
% resíduo úmido	21,9%	21,6%	26,7%	20%	20,8%	0	6%	1,6%	14,4%	14,4%		

Tabela 4-Estudo gravimétrico

Fonte: O autor

Durante o período do estudo verificou-se que do total de cinco toneladas coletadas, 23% são termoplásticos, 11,8% papelão, 13% como restos alimentares, 20% de embalagens alimentares, mostrando uma mistura entre termoplásticos e materiais derivados de petróleo, 0,6% de rejeitos e 10% de folhas e frutos coletados em estágio inicial, médio ou final de decomposição. Chama a atenção o percentual de resíduo úmido nos cinco primeiros meses de estudo ficando em média de 20%. Adicionando discussão proposta por este estudo, a Tabela 5 abaixo apresenta uma visão mais aprofundada por cada ponto pesquisado

Tabela 5- Material seco para reciclagem em kg

pontos	resíduos	fevereiro	março	abril	maio	junho	julho	agosto	setembro	outubro	subtotal	total
PEV P 1	T.p	18	6,5	19	27	8,8	24	39,2	23	16,2	181,7	479,6
	Pp	18	4	5,3	8	4,8	6,3	11,7	14	6,3	78,4	265,5
PEV P 5	T.p	11	5	20	19,3	4	26,5	25	20	14,8	145,6	
	Pp	12	6,9	22	25	6,7	14,3	25	17,9		129,8	
PEV P 7	T.p	11	13	24,2	27,8	8	10,3	23,3	22,3	12,4	152,3	
	Pp		4,2	11,5	21,6		15	5			57,3	
P 2	T.p	12	4	22	21	6,7	8,5	23,6	26	11,5	135,3	684,3
	Pp		3,3	5,7				10	8		27	274,3
P3	R.a	11	15,8	5,7	9	8,2	11	18,3	9,3	7	95,3	562,9
	E.a	6	6	20	12,8	7	10	18	14	10,2	104	702
	T.p	16	4	1,8	13,3	12,5	19,8	23,6	17,7	14	122,7	

	Pp	4	3,7	8,8	3	4	6,2	29,7			
	R.a	14	9,2	13,3	16	10,8	15,4	16,8	15,5	126,5	
	E.a	8	9,1	20	21	8	18,8	21	6,5	122,9	
P4	T.p	18	6	13	15,1	8,8	18,2	16,3	11,6	4	111
	Pp	7	3	7,5	25	6,7	14,3	4,7			68,2
	R.a	10	10,2	12		7	8,1	10,8	9	8,5	75,6
	E.a	11	8	18	12,3	8	18,8	26	9	8,7	119,8
P 6	T.p	5,5	8	17,5	20,8	14	9	14,8	18,2	9,7	117,5
	Pp		8,8	8,7	10		11		10		48,5
	R.a		6,3	8,8	7,3	12,7	13	14,7	8,8	12,3	83,9
	E.a	4	8,3	10	12	17,1	13	21	18,5	13	116,9
P 8	T.p	5	9	12,8	8,5	4,2		15,1	12,6	7	74,2
	Pp	3	9	19	21	13		10,3			75,3
	R.a		6,7	8,7	8,4	5	4,8	7	6,7	6,7	54
	E.a	8	9,7	9,3	22	5,7	15,1	9	9,2	9,2	97,2
P 9	T.p	11	4,5	18,6	30	6,5	16,4	2,2	11,8	22,6	123,6
	Pp		1,5	9,1	11			4			25,6
	R.a	22	9,1	14,6	11,1	18,3	25	11	8	8,5	127,6
	E.a	9	9,2	16,5	22	13,5	16,9	24,8	11	18,3	141,2

Fonte : O autor

T.p= Termoplástico, Pp = papelão, R.a= resíduo alimentar, E.a= embalagem alimentar

Quando se observa os pontos de entrega voluntária (PEVs), e utilizando o princípio da hierarquia de reciclagem proposta por (Pires & Martinho, 2019), de onde se fundamenta a retirada de material úmido, rejeitos, resíduos de poda e roçagem, conclui-se que como citado anteriormente neste estudo, o aproveitamento do Campus de material reciclado é bom , mais pode ser melhorado sensivelmente, pois do total levantado de 5 toneladas de fevereiro a outubro de 2022, ainda são descartados 684,3 kg de material plástico passivo de reciclagem nos seis pontos de coleta restantes, e 274,3 kg de papelão. Durante o período do levantamento gravimétrico não foram encontradas nos (PEVs) caixas de madeira ou caixas de papelão cartonado normalmente utilizado em embalagens de equipamentos.

Os pontos 2, 3,6 e 9 apresentaram um volume de 499,1kg de termoplásticos, e 206,1kg de papelão passíveis de reciclagem, de onde se concluir que sobre a informação de gestão adequada de resíduos, triagem e segregação são bem conhecidas haja vista o volume descartado nos PEVs , embora não são totalmente aplicadas pelos agentes ali atuantes. Os maiores volumes de termoplásticos estão diretamente relacionados aos pontos 6 e 9 por estarem em áreas próximas aos pavilhões pedagógicos ( ponto 6), laboratórios de pesquisa(ponto 6) e cantina e refeitório (ponto 9). Certamente estes pontos aqui citados fortalecem a discussão de melhor

gestão dos resíduos sólidos do Campus, e podem em muito auxiliarem na busca de uma redução relevante dos resíduos na Instituição.

A relação dos laboratórios de pesquisa e a geração de resíduos é bem presente, haja vista acondicionamento de amostras quer seja em embalagens plásticas de material virgem, ou por filmes plásticos, somados a embalagens de alimentos em filme plástico tipo Beo-pp( muito utilizada em salgadinhos industrializados), copos descartáveis de água, embalagens diversas de alimentos prontos. O volume e a sazonalidade destes resíduos é conforme apontado pela tabela linear com leve aumento ao final do semestre letivo.

O ponto de coleta de número quatro se tornou bastante desafiador a este estudo, pois embora somente duas famílias possuam residência no Campus e as outras duas instalações estejam sendo utilizadas como laboratórios e uma empresa júnior, optou-se pelo cômputo de seus dados apenas para fins de registro pois seus resultados apesar de mostrar resíduos gerados no interior do Campus, não refletem em um todo o intuito desta pesquisa.

O desperdício alimentar encontrado é relevante, pois são 677,64kg correspondendo a 13% do resíduo total gerado, assemelhando-se ao exposto por (BOITEAU *et al.*, 2023) em seu estudo, quando os autores mostram valores de 17% de desperdício alimentar para o setor de varejo alimentar. As implicações são imensas quando se trata deste tópico, pois o destino geralmente são aterros sanitários controlados ou não, facilitando a proliferação de vetores de alto impacto em saúde pública.

O índice de termoplásticos em 23,4% também necessita de um olhar mais acurado, principalmente quando a estes adicionam-se 20,3% de embalagens alimentares que vão desde filmes plásticos 0,05%, garrafas pet 5,2%, garrafas de material reciclável 3,2%, marmitas térmicas 11,6%, todos com potencial de recuperação energética alto e embora as discussões em sala junto com a corrente de informação tem proporcionado uma pequena alteração na forma de descarte como mostra a tabela a seguir quando retrata os (PEVs), ainda não se nota a aplicação de uma hierarquia de reciclagem, como também um índice de material a ser reciclado baixo quando se observa o potencial per capita relatado anteriormente neste estudo.

De posse que o total de pessoas que convivem no Campus é de aproximadamente 3.125 pessoas e estas geraram 5.008 mil quilos de resíduos durante nove meses, chega-se ao fator de 0,624 kg/dia de resíduos gerados, projetando-se para 365 dias encontra-se 227,26 kg/hab/ano, ou 0,22t/ano mostrando-se dentro dos pontos encontrados por (He *et al.*, 2023), utilizando-nos da maior área do concentração do Campus que é de 2.613,14 m<sup>2</sup> e dividindo a população ativa

por este valor obtém-se a densidade demográfica de 1,19 hab/m<sup>2</sup>, ou seja, uma densidade igual a de Bangladesh mas com uma geração de resíduos menor.

A Tabela 5 a seguir mostra a evolução mês a mês e também a quantidade encontrada nos pontos de entrega voluntária (PEV's), com seu percentual em relação ao material coletado.

Tabela 6-Resíduos Gerados mês a mês nos PEVs

Planilha de total de resíduos gerados mês a mês em kg (Fev/Out - 2022)										
Total em kg	458,5	406,5	796,4	720,3	446,4	449	630,5	595,64	505,1	5008,34
	114	130,4	214,3	209	96	158,2	198,8	216,5	111	1448,2
% PEVs/% total	24,8%	32,%	26,%	29%	21%	35%	31%	36%	21%	28,9%

Fonte: O autor

Quando se observa a média de 28,9% já é um valor relevante para o quantitativo de resíduos gerados no Campus, mas um olhar mais aprofundado mostra um crescimento 0,7% em descarte nos dois primeiros meses, uma queda de 1,23% no mês de março, seguida de posterior crescimento de 0,9%, chegando à média acima citada no descarte adequado à utilização dos (PEVs).

Valores próximos foram encontrados por BORGES et al (2021), em seu diagnóstico no Centro de Ciências Naturais e Tecnológicas da Universidade do estado do Pará e por RIBEIRO et al (2022), muito embora os dados encontrados por RIBEIRO *et al.*, (2022) em seu estudo de casos tenha acontecido em apenas uma semana , já (ROHRICH *et al.*, (2019), nos mostram em seu estudo que a sustentabilidade ambiental em ambiente de ensino superior tem tomado proporções satisfatórias embora em período de 2006 a 2015 apenas 36 publicações distribuídas em 15 periódicos. Os autores ainda relatam a necessidade de criação de periódico específico para este fim como se contempla na literatura internacional. Ainda segundo os autores a gestão sustentável de resíduos e a sustentabilidade em campus universitário são um campo vasto de pesquisa e aprimoramento.

Avançando à discussão Badgett et al (2020), apresentam um sumário de técnicas e políticas dos EUA envolvendo organismos de controle federal, estadual e municipal para resíduos sólidos orgânicos não metálicos, onde o aterro que receber mais de 50 t/ano destes materiais sofre regulação do estado; paralelamente, foi implementado ainda em 2014 um

programa de hierarquia de alimentos, visando mitigar o desperdício, atuando na redução dos resíduos na fonte, alimentação de pessoas necessitadas, alimentação de animais. Também apresentam os autores o fortalecimento e o incentivo à compostagem em estados americanos, onde o programa [www.biocycle.net](http://www.biocycle.net), além de outros pontos fornece selos de qualidade e rastreabilidade em bioinsumos advindos de compostagem, e o governo isenta a carga tributária destes produtores.

## 2.6-CONCLUSÕES

Inferese que a hipótese levantada no referencial teórico deste estudo, é satisfatória para a problematização levantada, e sua representação quanto a origem e tipologia dos resíduos gerados no Campus pode ter papel importante em planejamentos futuros na gestão de resíduos, pois a adaptação citada na metodologia no caso específico do IFGoiano-Campus Rio Verde, pode demonstrar e contrastar com dados coletados da geração de resíduos, da sazonalidade e tipologia dos mesmos nos pontos coletados, diferente do que propõe a norma com uma amostragem única.

Frente ao observado por entrevistas em loco junto aos servidores efetivos e terceirizados, observou-se que existe uma geração de resíduos sólidos diretamente ligados à comunidade acadêmica, mas também outras fontes são contabilizadas pela cadeia lateral existente no Campus que se evidenciam claramente em períodos de menor trânsito acadêmico. São laboratórios produzindo pesquisa em constante atividade, serviços de manutenção, limpeza e conservação de instalações, serviços administrativos, que consomem recursos físicos e naturais e que serão melhor discutidos em capítulo posterior deste estudo.

Chamou a atenção o volume de resíduos na forma de biomassa, pois em meados de agosto até a segunda quinzena de novembro há um relevante recolhimento deste material na forma de folhas, galhos de palmeiras e coqueiros, frutos provenientes de um pomar no interior do campus, material proveniente de no mínimo quatro podas do gramado realizadas de novembro a março que não possuem um aproveitamento energético definido, sendo em sua maioria dispensados no ecoponto próximo ao Campus.

Evidencia-se também que o potencial de recuperação energética dos resíduos gerados é baixo ou quase nulo, sendo sua maior utilização em sistema de compostagem para formação de bio insumo presente nas mudas em formação para plantio no jardim botânico do Campus a ser efetivado, sendo que a referida produção já havia se encerrado antes do término deste estudo, e

resíduos alimentares em conjunto com material de podas e roçagem são descartados em ecopontos da cidade sem projeção atual ou futura para sua reutilização energética.

Observou-se também que nos pontos de entrega voluntária (PEVs), ao contrário do que se constata em outros locais, há um grau satisfatório de material descartado, mostrando consciência real quanto ao tipo de material a ser reciclado e sua importância.

Materiais plásticos e papelão são recolhidos por cooperativa de reciclagem municipal, no período de duração deste estudo foram contabilizados 1.448,2 kg de resíduos coletados, ou seja 28,9% do que foi gerado, mostrando que o destino correto tem sido respeitado, nos (PEVs) não foram encontrados outros tipos de material alheio ao seu propósito, nem tampouco, produtos diferentes aos utilizados nos processos internos do campus.

Um desafio enfrentado neste estudo foi a coleta de dados aprofundados da geração de resíduos e sua forma de descarte, foram distribuídos questionários que estão em anexo a este estudo e o índice de respostas foi exageradamente baixo, como também, não foi encontrada portaria ou memorando interno que especifique a empresa terceirizada que cuida da manutenção do Campus formas, protocolos, ou quaisquer métodos específicos para descarte de material. Some-se ao fato de não haverem informações precisas e disponíveis a consulta sobre materiais de consumo nos diversos departamentos presentes no Campus, o que chama a atenção para a necessidade latente de um sistema interno de controle de consumo.

A Direção junto com as estruturas de governança existentes no organograma institucional tem elencado esforços para estruturação de modelos de gestão mais participativa e efetiva, prova disto se faz através de total abertura e apoio a consolidação deste e de outros estudos pesquisados no interior do Campus, nota-se que gargalos surgidos foram contornados e discutidos buscando soluções para melhor gestão, muito embora o campo da sustentabilidade necessite de maiores esforços conjuntos de todos os agentes integrantes do processo. Infere-se também que estudos posteriores e com maior aprofundamento são necessários para auxiliar os gestores da instituição na implementação de técnicas e ferramentas já disponíveis ao meio acadêmico na busca de gestão sustentável de resíduos.

## 2.7-REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

## CAPÍTULO 3 – ARTIGO 2

### INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA AVALIADO NO INSTITUTO FEDERAL GOIANO-CAMPUS RIO VERDE

#### RESUMO

A ferramenta de gestão análise do ciclo de vida, propicia subsídios importantes na implantação de uma economia circular. Trata-se de um arcabouço investigativo de todo processo produtivo, quer seja tangível ou intangível, elencando os impactos ambientais diretamente ligados a todos insumos e serviços laterais na cadeia produtiva. Frente ao exposto o objetivo deste estudo está na realização de um inventário de ciclo de vida, na instituição IF Goiano-Campus Rio Verde, contabilizando as emissões totais de carbono equivalente pelos diversos setores laterais de suporte no interior da instituição. A metodologia da pesquisa tem por base a NBR 14.040 de 2009 com adaptações, a fronteira determinada foi temporal, o tamanho da unidade funcional necessitou derivar a área de estudos em duas menores, a escopo do estudo e a determinação das emissões seguiu o padrão de organismos internacionais, os fatores de emissão de produtos e insumos foram os que estão em aplicação pelo painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, e parte relevante de apoio a este órgão pelo índice do potencial de aquecimento global e do protocolo de gases de efeito estufa. Fez-se necessário um breve estudo avaliativo e exploratório, sem a pretensão de se interpor como um inventário florestal, pois não havia tempo, recursos e pessoal suficiente para tal, onde o intuito foi a realização de estimativa de captação de CO<sub>2</sub> por área verde secundária existente junto a área (a) deste estudo. Os resultados encontrados são relevantes, foram contabilizadas 181.559,72 toneladas de emissões de CO<sub>2</sub> equivalente geradas no Campus Rio Verde em 2022, sendo que 38,53% advindo do consumo elétrico, 32,90% do consumo de combustíveis e 25% provenientes de resíduos sólidos, com a análise exploratória da área do bosque somada ao gramado existente, estimaram-se 236,33ton/CO<sub>2</sub>/ano capturados pelo bosque do Campus, somadas a 3,06 ton/CO<sub>2</sub>/ano capturadas pelo gramado existente perfazendo 239,39ton/CO<sub>2</sub>/ano, gerando um balanço positivo de 57,83t ton/CO<sub>2</sub>/ano. Finda-se propondo a adoção de dispositivos de controle para uso de água e também para iluminação externa de edificações da instituição, estudo posterior para implementação de sistema de biodigestor visando reaproveitamento de biomassa, campanhas de educação e incentivo aos departamentos na instalação de coleta seletiva, como ações imediatas buscando mitigar emissões.

**Palavras-chave:** Gestão. Economia circular. Emissões. Carbono equivalente.

## ABSTRACT

The life cycle analysis management tool provides important support for the implementation of a circular economy. It is an investigative framework for the entire production process, whether tangible or intangible, listing the environmental impacts directly linked to all inputs and side services in the production chain. In view of the above, the aim of this study is to carry out a life cycle inventory at the IF Goiano-Campus Rio Verde institution, accounting for total carbon equivalent emissions by the various lateral support sectors within the institution. The research methodology is based on NBR 14.040 of 2009 with adaptations, the boundary determined was temporal, the size of the functional unit meant that the study area had to be divided into two smaller ones, the scope of the study and the determination of emissions followed the standards of international organizations, the emission factors for products and inputs were those applied by the Intergovernmental Panel on Climate Change, and a relevant part of support for this body was the global warming potential index and the greenhouse gas protocol. It was necessary to carry out a brief evaluative and exploratory study, without intending to be a forest inventory, as there was not enough time, resources and personnel to do so, with the aim of estimating CO<sub>2</sub> capture by secondary green areas in the area (a) of this study. The results found are significant: 181. 559.72 tons of CO<sub>2</sub> equivalent emissions generated at the Rio Verde Campus in 2022, with 38.53% coming from electricity consumption, 32.90% from fuel consumption and 25% from solid waste, with the exploratory analysis of the woodland area added to the existing lawn, 236.33 tons/CO<sub>2</sub>/year captured by the campus woodland were estimated, added to the 3.06 tons/CO<sub>2</sub>/year captured by the existing lawn, totaling 239.39 tons/CO<sub>2</sub>/year, generating a positive balance of 57.83 tons/CO<sub>2</sub>/year. We end by proposing the adoption of control devices for water use and also for external lighting in the institution's buildings, a further study into the implementation of a biodigester system to reuse biomass, education campaigns and incentives for departments to install selective collection, as immediate actions to mitigate emissions.

**Key words:** Management. Circular economy. Emissions. Carbon equivalent.

## 3.1-INTRODUÇÃO

A análise do ciclo de vida é um conjunto de ações coordenadas que monitoram a produção tangível ou intangível de um produto ou serviço, levando em conta além dos insumos consumidos pelo processo, seu impacto direto ao meio ambiente na forma de CO<sub>2</sub> eq, seu tempo de vida útil, sua capacidade energética e seu consumo de recursos em sua elaboração.

A ferramenta Análise do Ciclo de Vida (ACV) segundo a NBR 14.040/2009, pode subsidiar oportunidades de implementar uma economia circular, fornecer aos tomadores de opinião públicos e privados pontos críticos de passivos ambientais, além do marketing positivo de produtos e serviços que seguem princípios sustentáveis.

A construção de uma análise do ciclo de vida (ACV) leva em conta fatores diversos compreendidos entre a manufatura do produto, contabilizando sua utilização, o capital

ambiental, humano e econômico consumido, além das emissões de (GEEs), bem como o (CO<sub>2</sub> eq) produzido e seu impacto ao meio ambiente. O CO<sub>2</sub> eq nada mais é do que uma unidade padrão para todos gases atmosféricos gerados em emissões além do próprio CO<sub>2</sub>, e está diretamente relacionado ao Potencial de aquecimento global do acrônimo em inglês (GWP) que é uma unidade de medida, onde o carbono recebe o índice 0,2727, ou seja, seu correspondente na molécula de CO<sub>2</sub>.

Vale considerar que é uma relação até certo ponto desafiadora quando se pensa em uma peça de alumínio ou de vidro, sendo seu entendimento facilitado quando vem em mente compostos que possuem carbono em sua composição, como também uma unidade facilitadora ao poluidor pagador, pois as relações de gasto energético diretos e indiretos nas emissões de gases de efeito estufa também auxiliam na compreensão sobre o CO<sub>2</sub> eq gerado nas diversas operações diárias no planeta que consomem recursos naturais e geram gases de efeito estufa.

Os pontos pesquisados, as variáveis que constroem este conceito, o papel dos organismos internacionais como o Painel Intergovernamental de mudança climática(IPCC), o Potencial de aquecimento global (GWP) constroem a compreensão tanto da emissão de CO<sub>2</sub>, quanto de seu potencial negativo ao meio ambiente, além de ferramentas para quantificar, e resultados com confiabilidade para a implementação tanto de um inventário de emissões quanto da análise de ciclo de vida de determinado produto e seu potencial de emissão de CO<sub>2</sub> eq.

Averigua-se que a gestão industrial é favorecida pela ferramenta ACV e as normatizações Nacionais e Internacionais, não somente visando uma produção em escala, mas os custos de produção, os impactos gerados pela mesma (sejam sociais, ambientais e econômicas), resultam em uma discussão que leva à procura de objetivos e a um modelo de gestão mais complexo e abrangente (Lee *et al.*, 2020).

Partindo desta premissa,(Getzinger *et al.*, 2019) apontam o protagonismo das universidades na gestão sustentável de resíduos que tem e devem sempre estar na vanguarda da difusão do conhecimento através de pesquisa, desenvolvimento, e adequação de metodologias que apontem seu papel socioeconômico regional e também aplicando de forma prática os conceitos difundidos aos acadêmicos.

Atente-se que o produto aqui analisado é intangível, a saber transferência de conhecimento aos clientes chave que são os discentes da instituição de ensino. Muito embora para que aconteça, são necessários um conjunto complexo de agentes e sistemas interligados e estes por sua vez têm sim geração de passivos ambientais os quais necessitam e devem receber

atenção. As características iniciais da ferramenta de gestão (ACV) “do berço ao túmulo”, neste estudo não caberá aplicação, pois o processo de ensino aprendizagem é contínuo e agregador a cada etapa galgada, o que não exclui a não geração de impactos ambientais ao processo por conta dos diversos agentes envolvidos na construção de saberes, na aquisição de competências e habilidades, através dos sistemas laterais que dão suporte.

Frente ao exposto, o objetivo deste estudo é de não é apenas estruturar um documento de repositório mas sim adequar-se à realidade atual, buscando sustentabilidade, adequando metodologias existentes, colocar na prática os conhecimentos atuais que são repassados aos acadêmicos, implementando um Inventário de Ciclo de Vida no Campus Rio Verde do IF Goiano, com vistas ao aprofundar no conhecimento de ferramentas de gestão, sua inserção em banco de dados para pesquisas futuras, buscando os campos aplicáveis, a estruturação necessária, a facilitação de elaboração, aplicação com o uso de softwares, a linguagem utilizada, seguida de uma contabilidade do (CO<sub>2</sub> eq), gerado na instituição.

### 3. 2-REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.2.1-Histórico e Evolução dos Sistemas de Gestão Ambiental

Inicialmente é necessário o conhecimento histórico de normatizações internacionais que levaram à construção do arcabouço que hoje possuímos e facilitam a consolidação do trabalho investigativo tanto na gestão sustentável de resíduos, quanto em posteriores desdobramentos que atualmente denominamos ferramentas de gestão. O Quadro 4 abaixo demonstra de forma coerente e concatenada os seguintes acontecimentos citados anteriormente:

Quadro 4 - Histórico de Ferramentas de Gestão

<b>Histórico</b>	<b>País</b>	<b>Publicação</b>	<b>Escopo</b>
Criação da IEC*	Inglaterra	1906	Criação do (International Electrotechnical Commission)
Criação da ISA	Inglaterra	1926	Criação da (International Federation of Standardizing Associations)
Economic Control of Manufactured Products	EUA	1931	Estabelecia controle de qualidade de material bélico
ISO	Inglaterra	1944	Fusão entre ISA e UNSCC criando a ISO
Comitê Técnico TC-176	Suíça	1979	Estabelecimento de padrões de Qualidade
<b>Norma</b>	<b>País</b>	<b>Publicação</b>	<b>Escopo</b>
BS 5750	Inglaterra	1979	Primeira norma de padronização para ferramentas e produtos metálicos

ISO 9000	Suíça	1987	Padronização de Qualidade
BS 7750	Inglaterra	1992	Padrão para Sistema de Gerenciamento Ambiental
ISO 9000	Suíça	2000	1ª Revisão da norma
ISO 9000	Suíça	2007	2ª Revisão da norma
ISO 9001	Suíça	2015	Padrões de qualidade para construção civil, meio ambiente, mobilidade, processos e produtos.
ISO 14000	Suíça	2015	Gestão ambiental, sistemas de gestão ambiental, Análise do Ciclo de Vida (ACV)
ISO 14.040	Suíça	2014	Gestão ambiental, avaliação do ciclo de vida, princípios e estrutura.

Fonte: Produzido pelo autor (2023)

Segundo Rugero Peres *et al.*, (2010), o pioneirismo do Instituto Britânico de Normatização (British Standards Institution BSI), após a criação em 1976 da norma BS 5750, foi um precursor para um conjunto de ferramentas de gestão de qualidade. Conforme descrito pelos autores, através da BS 5750 que normatizava bens, serviços e produtos para comercialização. Essas ferramentas de gestão trazem junto o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) que absorve o papel de gerenciador do processo de elaboração e certificação aglutinado aos organismos internacionais, através das normas de gestão de qualidade adotadas pela União Europeia, pela América, Ásia, Continente Africano e Oceania.

Os estudos de Nicodemo *et al.*, (2021), mostram claramente que a busca pela certificação de qualidade e gestão sustentável tem se tornado crescentes com o apoio das normas mundiais de qualidade, gestão e produção advindo das discussões e conclusões das Conferências entre as partes (COPs), gerando inicialmente as normas do Instituto Britânico de Normatização (British Standards Institution (BSI), dentre elas, a de grande relevância que é a BS 7750 que inicia o trabalho de gestão ambiental, sendo precursora da ISO 14.000 que em suas ferramentas de gestão, constroem a estrutura da técnica de análise do ciclo de vida de produtos (de Cicco, 1994).

A abrangência dos sistemas de gestão de qualidade vai mais além do que se imaginava quando da implementação da BS 7750. O Quadro 5 abaixo demonstra bem seu raio de ação.

Quadro 5. Utilizações do SGQ

<b>Campo</b>	<b>Autor</b>	<b>Discussão</b>
Sustentabilidade	Joers O, et al (2021),	Gestão sustentável de recursos naturais

Saúde	Clark et al. (2022), Wensu et al. (2022),	Impacto por biomarcadores em mães na fase de aleitamento, manutenção de P.A* em residentes próximos a áreas recuperadas.
Descarbonização energética	Myllyviita <i>et al.</i> ,(2022),	Descarbonização de resíduos de construção civil.
Agricultura	Koul <i>et al.</i> , (2022), Babu <i>et al.</i> , (2022),	Produção limpa, reaproveitamento de resíduos, produção de biogás e biofertilizantes.
Desconstrução	K. <i>et al.</i> , (2022),	Efeitos positivos através da desconstrução na redução de CO <sub>2</sub> eq.
Economia e Produção	Tafesse <i>et al.</i> , (2022),	Efeitos diretos nos custos de produção em virtude de falta de gestão de recursos.

Fonte: Produzido pelo autor

(\*) Pressão arterial

Em linhas gerais ,os caminhos abertos pelo sistema de gestão da qualidade através do histórico abordado e mostrado no quadro anterior mostram as contribuições imensas à criação e implementação de sistemas posteriores que são pilares ao crescimento socioeconômico como um todo.

Uma discussão relevante é levantada por Sarpong *et al.*, (2022) em seu estudo quando elencam a importância das instituições de ensino provocadas pela governança e pela necessidade da inovação e na constante busca através da pesquisa e desenvolvimento de soluções, não só acadêmicas, mais efetivas para responder às necessidades tanto de produtos e serviços que atendam a transição entre o analógico e o digital. Os autores evidenciam a importância da ciência, tecnologia e do desenvolvimento aliados por uma constante motivação de resposta a questões urgentes, além do bem estar social e ecológico como um todo, não se esquecendo de garantir crescimento econômico sustentável.

Corroboram também Raihan *et al.*, (2022) apresentando por meio de um modelo empírico, a ambiguidade existente entre a urbanização sustentável como forma de redução das emissões de (GEEs) e a industrialização como forma de promoção de crescimento econômico e atendimento a questões levantadas pelos (ODS demonstrados em secção anterior deste estudo. Os autores descrevem a metodologia de seu estudo embasada no Produto interno bruto (PIB) per capita de Bangladesh, relacionando seu crescimento em conjunto com o acréscimo de emissões, e propõem de cientificamente a utilização de energias renováveis como forma de mitigar estes efeitos, além de uma urbanização “verde” como proposta para absorver estas emissões.

Diante ao exposto, se faz latente apresentar que gestão da qualidade discutida em câmaras técnicas de apoio aos organismos de certificação, e que derivaram os objetivos de desenvolvimento social (ODS), como também sua derivação em ambiental social e governança do acrônimo em inglês (ESG) já discutidos e apresentados no capítulo um deste estudo, se apoiam em ferramentas facilitadoras que serão melhor discutidas na próxima secção, dentre elas a Análise do Ciclo de Vida e o arcabouço legal derivado para sua normatização.

### **3.2.2- Análise do Ciclo de Vida**

Afirmam (Lee *et al.*, 2020) que a análise do ciclo de vida é um método avaliativo de impactos ambientais de diversas vias, buscando através do conhecimento gerado pela metodologia “do berço ao túmulo”, dirimir os gargalos e passivos ambientais gerados pela produção em série e visando por intermédio de tecnologias físicas, químicas, biológicas e microbiológicas o controle do resíduo gerado no processo. A principal finalidade da ACV é fornecer uma visão abrangente dos principais impactos de uma determinada atividade, tanto positivos quanto negativos, de maneira a definir e auxiliar a tomada de decisões sustentáveis. Vale ressaltar que esta ferramenta pode ser utilizada nas mais diversas atividades, conforme exemplificado nos parágrafos seguintes.

Visando reduzir as emissões marítimas Kallis et al (2022) apontam em seu estudo a importância da ferramenta de análise do ciclo de vida (ACV) na mistura gasosa de motores marítimos. Por meio da ferramenta (ACV), os autores descrevem o papel da turbina do motor da embarcação sendo responsável por 10,1% das próprias emissões e propõem um retorno desta potência na ordem de 110 KW para redução de índice de emissões. Em seus estudos MELE et al (2021) relatam sobre fatiamento adaptativo para impressoras 3D por intermédio de manufatura aditiva, apontando que a utilização do algoritmo para cálculo do ciclo de vida da peça se mostra satisfatório. As peças montadas tem sensível redução de custos operacionais, embora os parâmetros de sustentabilidade não sofrem alteração significativa, pois mesmo com a redução de altura dos componentes de LCDs após o término do ciclo de vida o resíduo permanecerá.

Conforme afirmam XU *et al.*, (2021), a intensa aquisição de aparelhos de tela plana, mais comumente em monitores de cristal líquido tem aumentado a procura por In (Índio) e o qual é um ótimo semicondutor de componentes elétricos, ligas e soldas, possuem excelentes propriedades de transparência óptica, condutividade elétrica e resistência. O fosfeto de Índio

possui a propriedade de aumentar significativamente a velocidade e a distância de transmissão de dados.

### 3.2.3-Análise do Ciclo de Vida na Gestão de Resíduos Sólidos

Na Europa WANG *et al.*, (2022), estudaram os impactos positivos da combinação dos modelos de análise do ciclo de vida (ACV) com a análise do fluxo de materiais (MFA), junto a implementação pela União Europeia da Diretiva UE2008/98/CE, na mitigação de emissões geradas por aterros sanitários, e pelo lixiviado nestes locais de alto impacto ambiental. Ainda bastante utilizados pelos europeus, os autores mostram em seu estudo uma crescente adesão à diretiva citada, com a adoção de medidas efetivas após os resultados obtidos pela combinação das técnicas de gestão, com sensível diminuição de resíduos nos aterros e transferência do material passivo de reciclagem para o devido fim.

Em Mumbai SHARMA *et al.*, (2021) demonstram por meio da inserção do custo operacional na ACV, que dentre os modelos disponíveis de compostagem, reaproveitamento energético por biogás, reciclagem, incineração e disposição em aterros para uma metrópole que gera diariamente 9 toneladas de resíduo sólido urbano, o menor custo é o da reciclagem com valor de U\$ 19 por tonelada, seguido pela compostagem com U\$ 22 por tonelada, sendo a incineração o maior valor encontrado com U\$ 38 por tonelada.

Em Sorocaba PAES *et al.*, (2020), demonstram como base o ano de 2014, analisando por meio da ferramenta de ACV combinada com o custeio do ciclo de vida (LCC), a taxa de reaproveitamento de resíduos secos que obteve um resultado de 70% de forma positiva. Segundo os autores no ano de 2017 a cidade produziu 166 mil toneladas de resíduos sólidos, sendo que 63% deste total foi aterrado, 18% descartados a céu aberto e apenas 5,4% tratados por triagem, compostagem e reciclagem. Em seus relatos os autores demonstram a metodologia utilizada em oito partes para abranger de forma objetiva o estudo, onde foram feitas conforme a Tabela 7 abaixo

Tabela 7 - Roteiro sugerido para ACV

Item	Ação desenvolvida
i	Escolha do caso e caracterização do resíduo
ii	Coleta de dados e informações para subsidiar um modelo de gestão representativo
iii	Diagnóstico e avaliação dos impactos causados
iv	Proposta e especificação de cenários de análise

v	Análise de desempenho ambiental destes cenários por meio da identificação de impactos ambientais e definição de indicadores ambientais exclusivos para cada cenário
vi	Exame do desempenho econômico de cada cenário com base em seus custos operacionais, de investimento, e custos de externalidades ambientais
vii	Integração dos indicadores ambientais e econômicos pertinentes a cada cenário, de forma a avaliar simultaneamente a influência dessas dimensões no desempenho do sistema de gerenciamento,
viii	Propostas de diretrizes voltadas à melhoria do sistema e que auxiliem a formulação de políticas públicas

Fonte: PAES *et al.*, (2020).

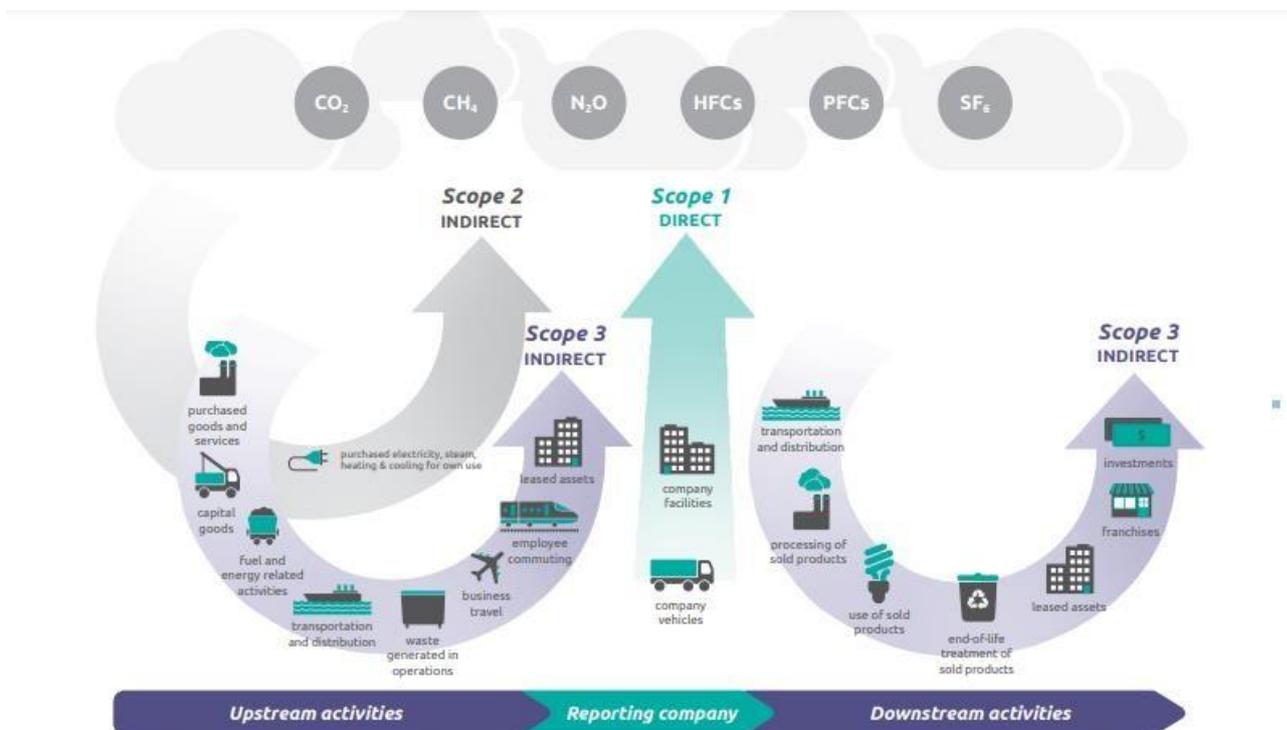
Segundo MULYA *et al.*, (2022), a produção de resíduos no planeta até 2050 terá um salto de 70% alcançando 3,4 bilhões de toneladas. Neste contexto, a ferramenta de análise de ciclo de vida (ACV) tem sido bastante utilizada por diversos autores, buscando uma forma de adequação ambiental as necessidades de adequação produtiva e do consumo de recursos naturais que diretamente impactam ao meio ambiente sendo necessário sempre a comparação de métodos de tratamento, ou análises de tecnologias ambientais existentes e políticas ambientais de interesse dos autores MULYA *et al.*, (2022).

### 3.2.3.1-Escopos de protocolos de emissão

Conhecer os tipos de abrangência na geração de gases de efeito estufa, auxiliam de forma relevante na elaboração deste inventário. Fontes diretas de emissão de gases estão diretamente ligadas ao uso do solo, emissões por combustão móvel, quer seja por transporte ou na utilização de combustíveis fósseis para geração elétrica em períodos de interrupção, emissões fugitivas diretas de sistemas antropogênicos como por exemplo equipamentos de refrigeração e aparelhos de ar condicionado e por último emissões estacionárias de combustão.

Emissões indiretas estão caracterizadas em Indiretas de transporte para deslocamento de servidores, colaboradores, palestrantes, corpo discente, e as emissões indiretas de importação de energia, caracterizadas pelas perdas do sistema elétrico, utilização associada em edifícios, ao bombeamento de suprimentos necessários à manutenção dos setores. A Figura 7 abaixo aponta fontes de emissão e gases gerados.

Figura 7 - Cenários e escopos de emissão



Fonte: (Callahan *et al.*, 2011)

Também se faz necessário na observação de abrangência dos escopos propostos pelo protocolo de gases de efeito estufa, sendo que o escopo 1 são as emissões liberadas para a atmosfera como resultado direto das operações da própria empresa. Todos os combustíveis que produzem emissões de gases de efeito estufa, devem ser incluídos no escopo 1, já para o escopo 2 são as emissões indiretas, provenientes da energia elétrica adquirida para uso da própria companhia. Ou seja, todas as emissões de gases de efeito estufa na atmosfera a partir do consumo de eletricidade, vapor, calor e refrigeração a combustão dos veículos pertencentes ou controlados pela empresa ou instituição.

Por último o escopo 3 engloba todas as emissões indiretas não incluídas no escopo 2 que ocorrem na cadeia de valor da empresa. Em outras palavras, são emissões ligadas às operações da companhia, como matéria-prima adquirida, viagens de negócios e deslocamento dos colaboradores, descartes de resíduos, transporte e distribuição. O Quadro 6 abaixo traz as informações.

Quadro 6 Enquadramento do Campus Rio Verde GHG procol.

Escopo	Tipos de emissão	Definição	Emissões do escopo	Enquadramento do Campus Rio Verde
Escopo 1	Emissões Diretas	Emissões de GEEs diretamente das operações que pertencem ou são controladas pela empresa relatora	Utilização de energia no local (por exemplo, aquecimento do espaço) Refrigerantes para construção Veículos da empresa Combustível consumido por veículos próprios e alugados	Se enquadra
Escopo 2	Emissões indiretas	Emissões indiretas de GEE provenientes da geração de eletricidade, vapor, aquecimento ou resfriamento adquiridos ou adquiridos consumidos pela empresa relatora	Compra de eletricidade, vapor, aquecimento e resfriamento para uso próprio	Se enquadra
Escopo 3		Todas as emissões indiretas (não incluídas no escopo 2) que ocorrem na cadeia de valor da empresa relatora, incluindo tanto as emissões a montante quanto as emissões a jusante	Bens e Serviços Adquiridos, Bens de capital; Transporte e Distribuição Upstream e Downstream; Viagens de negócios (incl. Trabalho remoto) Comutação de funcionários Ativos arrendados Resíduos Gerados em Operações	Se enquadra

Fonte: elaborado pelo autor (2023)

O próximo passo a ser discutido é o (CO<sub>2</sub> eq) gerado no processo de emissões de (GEEs) e sua mensuração.

### 3. 2.4- Medição de CO<sub>2</sub> equivalente

Embora frequentemente usados de maneira sinônima, "efeito estufa" e "aquecimento global" se referem a conceitos diferentes, porém relacionados., entende-se que efeito estufa é um fenômeno natural que propicia a vegetação o calor necessário ao seu desenvolvimento através de seus processos naturais, dentre eles a fotossíntese, descrita pela equação 4 abaixo:



Por outro lado, o aquecimento global como descreve FUMIÃ *et al.*, (2022), demonstra a energia solar recebida pelo planeta causado por diversas alterações climáticas é provocado

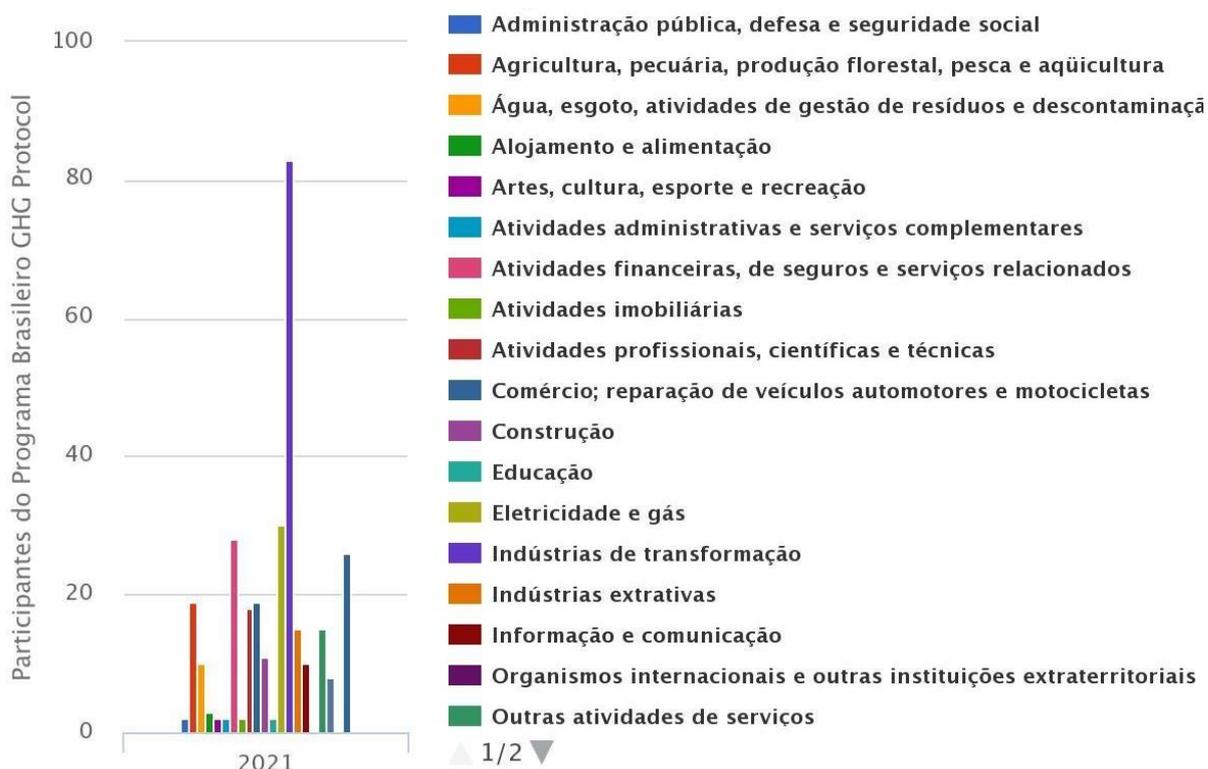
por uma gama de fatores, dentre estes, a perda de cobertura vegetal por meio do desmatamento, emissões antrópicas, ou seja, causadas pelo homem pelo acúmulo de resíduos advindos do consumo, baixa na evapotranspiração que ajuda na regulação do ciclo da água, consumo energético e de combustíveis fósseis em constante aumento, por unidade de tempo.

Em seu estudo OMRI *et al.*, (2020), apresentam uma discussão salutar do papel do empreendedorismo nas emissões de (CO<sub>2</sub> eq), mostram que o modo informal de empreender causou aumento nas emissões dos gases, enquanto o modo formal inclusive constituído em instituições de ensino superior tem maior responsabilidade na busca por crescimento sustentável. Os autores discutem também que estas emissões foram atenuadas em função da pandemia da corona vírus, retomando seu crescimento após a abertura de fronteiras.

Em seu conjunto de grupos de trabalho, o painel intergovernamental de mudanças climáticas emite um relatório destacando a importância das emissões de (CO<sub>2</sub>) e sua atuação nas mudanças climáticas sentidas pelos habitantes do planeta, e a necessidade de neutralização das mesmas, principalmente por meio da manutenção de florestas, uso de energias alternativas, quer seja para transporte, suprir as linhas de produção, geração de serviços

Mas permanecem os questionamentos, como avaliar o (CO<sub>2</sub> eq), qual sua importância nas constantes alterações climáticas que vem acontecendo no planeta, como mensurar este composto para produtos que não possuam a molécula de carbono em sua composição química e qual a importância da equivalência deste composto nestas avaliações tão relevantes. Visando ilustrar este cenário, a Figura 8 abaixo nos traz um demonstrativo publicado de Fundação Getúlio Vargas (FGV) com um inventário de emissões no ano de 2021.

Figura 8 -Inventário Brasileiro de emissões por setores



Fonte: <https://registropublicodeemissoes.fgv.br/estatisticas/inventarios-por-setor>

Conforme a figura acima, a indústria de transformação chegou ao patamar em 2021 de 83 milhões de toneladas de (CO<sub>2</sub>), seguida por eletricidade e gás, indústria extrativista, construção civil, comércio e reparo automotivo. Chama a atenção o setor de educação com 2 milhões de toneladas métricas de (CO<sub>2</sub>) e o setor de atividades profissionais, científicas e técnicas com 18 milhões de toneladas métricas de (CO<sub>2</sub>) superando a construção civil com 11 milhões de toneladas métricas.

Até o presente momento anotam-se grandes volumes de resíduos gerados, com percas relevantes de potencial energético: (ZHOU *et al.*, (2021a), (Zhou *et al.*, 2021b) , relatando 80 mil toneladas ano de resíduos alimentares que poderiam gerar 850 KW/h de energia limpa através de 2,500 m<sup>3</sup> de CH<sub>4</sub>, (D'ADAMO *et al* (2019), e (Xu *et al.*, 2021)mostrando a necessidade de modelos atualizados para economia circular de metais encontrados em resíduos eletrônicos, (KHAN *et al.*, 2019), (LIM *et al.*, 2022), (WANG *et al.*, (2021), (DUMBILI *et al.*, 2020), (AJENDRAN *et al.*,(2019), evidenciando em seus estudos o latente lapso que vem ocorrendo em virtude da falta de um processo de gestão sustentável eficaz, aumentando em muito as emissões de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub> eq) no planeta

Discutem HÖRTENHUBER et al.,(2022)e (Derwent, 2023) em seus estudos a relação entre as métricas disponíveis para inventário de emissões de GEEs, um é o método GWP100 que se monta nas emissões radiativas de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> pelo período de 100 anos, o que para alguns pesquisadores apresenta falhas, já que a vida útil dos gases referidos é menor e não há certeza na contribuição temporal no aquecimento; outra métrica citada pelos autores é o GTP que se refere à mudança na temperatura média global da superfície após um tempo especificado de uma emissão de pulso de um GEE e relaciona isso ao efeito de uma emissão de pulso equivalente de (CO<sub>2</sub> eq).

#### 3.2.4.1-Procedimento Metodológico

Seguindo orientações da NBR ISO 14.040 e 14.044 no direcionamento do escopo deste estudo, um Inventário de ciclo de vida, doravante (ICV), foi realizado nas dependências do IF Goiano -Campus Rio Verde, direcionado em duas áreas de estudo que traçam um perfil de emissões de (CO<sub>2</sub> eq) , pois se dividem em: (a) área de maior concentração da população ativa no Campus, envolvendo discentes, servidores docentes e servidores técnico administrativos; (b) área de menor concentração populacional no interior da instituição, embora com a maior concentração de salas de aula, laboratórios didático pedagógicos e laboratórios de pesquisa com sua central analítica.

Definidos a área de estudo, abrangência, adequações realizadas como a definição da fronteira temporal, em virtude da pandemia do nova corona vírus estar em declínio do número de casos, como também de óbitos no país, e por já estar parte da população imunizada com pelo menos duas doses da vacina, por conseguinte as atividades normais já estivessem gradativamente sendo retomadas. Optou-se pela exclusão dos parâmetros de emissão das edificações mais antigas da unidade funcional, conforme NBR 17.170 de dezembro de 2022.

Por não haver subsídio orçamentário para execução do mesmo, não foram comprados direitos de utilização de softwares de banco de dados de inventários de ciclo de vida, muito embora este (ICV) firmou-se em padrões dos mecanismos internacionais de referência já citados anteriormente, logo todos os dados foram obtidos por solicitação via Ofício solicitados ao Orientador deste estudo que os encaminhou aos responsáveis diretos hierárquicos dentro da unidade funcional. Visitas em loco, entrevistas diretas com coordenadores de setor. E por ter o propósito de mensurar emissões geradas no oferecimento do “produto intangível” da unidade

funcional, insere-se como inovação aos instrumentos já publicados, entretanto este estudo se utiliza de base comum nas emissões diretas e indiretas nos escopos já existentes de outros estudos.

Para os maiores fatores de emissão que são energia e transportes, foram enviados Ofícios aos coordenadores de setor solicitando dados de consumo e utilização destes insumos para o período de 2022 mês a mês, observando-se o período letivo, férias estudantis, de onde pode-se observar a implicação direta dos agentes nas emissões de (CO<sub>2</sub> eq).

Em relação à energia elétrica, a qual, teve sua mensuração, assim como os combustíveis em planilha de relatório de consumo mês a mês, o que possibilitou o cálculo de emissões com o abatimento da energia fotovoltaica injetada no sistema da unidade funcional, muito embora a mesma não com os inversores ligados em rede, sendo os dados informados uma perspectiva informada pela concessionária do serviço.

O consumo de água foi mensurado mediante informações em loco do volume dos reservatórios existentes no campus, a programação de tempo de reabastecimento dos reservatórios em horas pela vazão da tubulação. Para as emissões indiretas vindas de aparelhos de ar condicionado foi realizada pesquisa quantitativa dos aparelhos existentes e qualitativa quanto ao volume dos Hidrofluorcarbonos que é o principal componente e comercialmente é conhecido por R410.

Para a área gramada da unidade funcional com 18.000m<sup>2</sup>, foram extraídas amostras após o serviço de poda em áreas quadradas de 10m<sup>2</sup> com uma altura de poda de 10 cm de sua base, coletadas amostras, pesadas e também com auxílio de um tambor com volume específico encontrada a massa específica de biomassa produzida no período de poda que normalmente é entre novembro e março.

Para os combustíveis fósseis utilizados, foram solicitados relatórios junto ao setor de transportes que informou de pronto o volume gasto e o tipo de combustível durante todo o ano de 2022. Materiais como papel A4 e demais papéis utilizados na unidade funcional tiveram dados fornecidos pelo almoxarifado central. Estas informações coletadas e que foram utilizadas no estudo gravimétrico apresentado no capítulo anterior foram utilizadas para elencar as emissões provenientes de sua cadeia de produção.

Foi também realizada uma análise exploratória de uma área verde plantada no interior do Campus, localizada próxima a área (a) deste estudo. Não houve a pretensão, os recursos

humanos e técnicos para transformar a referida busca de informação em um inventário florestal, e sim uma estimativa de captação de CO<sub>2</sub>, muito embora os cálculos alométricos e dendométricos seguiram o padrão de inventário.

Os cálculos foram realizados de forma direta observando os fatores globais de emissão propostos e já utilizados pelo (IPCC) e também pelo (GWP), para se encontrar os volumes de emissão total da unidade funcional. O Campus, que é o objeto deste estudo, foi dividido em duas áreas como será melhor apresentado na próxima seção. Estas áreas são de maior concentração da população ativa da unidade funcional, e não houve total participação dos setores do campus no fornecimento de dados necessários à estruturação total deste inventário, setores diretamente ligados a laboratórios de pesquisa não forneceram dados de consumo de reagentes e por tal motivo os mesmos não faram parte deste (ICV), bem como seus resíduos gerados.

#### 3.2.4.2-Objeto do estudo

O Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano, se encontra nas coordenadas: 17° 48'04' longitude sul e 50°54'28'. A Instituição oferece 9 cursos técnicos, 13 cursos de graduação, 2 cursos de Proeja - Ensino Médio Integrado ao Técnico, 7 cursos de mestrado e 1 curso de doutorado. Ainda conforme apresenta (Fonseca, 2019) a área total do campus é de 221ha, com uma área de maior concentração de 2.613,14 m<sup>2</sup> (Google Earth,2022) utilizados por 146 servidores docentes ,99 servidores técnico administrativos e 50 servidores terceirizados. Com 2.860 alunos matriculados, em um somatório de 3.150 pessoas em constante uso das instalações.

São salas de aula, laboratórios de pesquisa e desenvolvimento, laboratórios didático-pedagógicos, uma central analítica instrumental, laboratórios de informática, de engenharia civil, biotecnologia, sementes, de solos, de física , além de áreas destinadas a experimentos , estufas com controle de temperatura e umidade para experimentos, fortalecendo a missão do campus que é de “promover educação profissional de qualidade, visando à formação integral do cidadão para o desenvolvimento da sociedade”. Tendo também como visão “Consolidar-se como instituição de referência nacional na promoção de educação profissional verticalizada”.

A área A compreende o Pavilhão pedagógico 1, o prédio direcionado a salas de professores, o edifício utilizado pela ciência da computação, almoxarifado central, ginásio de

esportes, refeitório, cantina, pavilhão pedagógico 4, as instalações da DPPGI, prédio administrativo e laboratório de sementes. A área B, compreende os laboratórios de pesquisa, laboratórios de ensino, edifício da ciência da computação, biotecnologia com seus laboratórios, pavilhões pedagógicos mais recentes, pavilhão da zootecnia, mecanização e seus laboratórios, engenharias e seus laboratórios. As Figuras 9 e 10 abaixo capturadas pelo Google Earth mostram as áreas de estudo, sendo A 43.532 m<sup>2</sup> e B 122,970 m<sup>2</sup>

Figura 9 -Area a de estudo de emissões



Figura 10 - Area b do estudo de emissões



Fonte: Google Earth (2023).

### 3.3-OBJETIVO E ESCOPO DO ICV PARA O IF GOIANO CAMPUS RIO VERDE

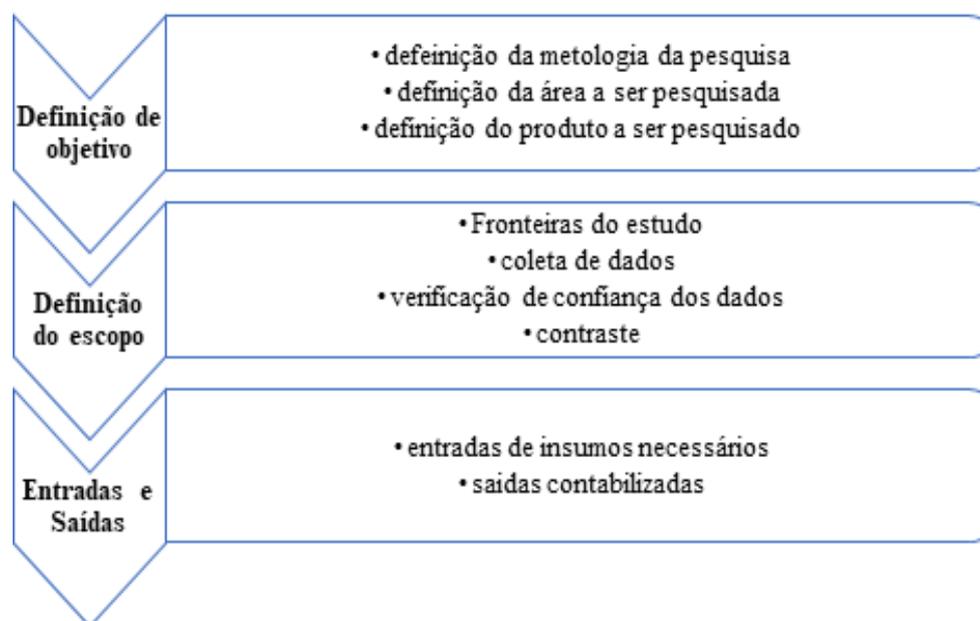
#### 3.3.1-Objetivo

- Quantificar emissões de CO<sub>2</sub> eq no processo do produto intangível, a saber a transferência de conhecimento nos níveis adotados pela instituição de ensino;
- Destacar o papel relevante da Instituição de ensino superior na busca por alternativas mitigantes para emissão de (GEEs).

#### 3.3.2-Fluxograma do Processo

Aqui foram definidos o objeto de estudo que é a unidade funcional do IFGoiano-Campus Rio Verde, observando-se as áreas de maior concentração da comunidade acadêmica e da comunidade de servidores de todas as áreas do Campus, passando pelo administrativo, a assistência estudantil, a Coordenação de Registros Escolares, almoxarifado central, as diretorias de apoio, os servidores terceirizados, buscando que as informações solicitadas e coletadas fundamentassem a confiabilidade deste inventário de ciclo de vida como se apresenta na Figura 11 abaixo.

Figura 11 -Fluxograma das etapas deste estudo



Fonte: Arquivo pessoal

O passo de maior desafio foi a definição da fronteira no escopo do estudo, pois a literatura traz uma certa divergência a respeito, pois (Soares *et al.*, 2022) tratam as fronteiras em três dimensões distintas e interligadas ao sistema principal, onde estão incluídas as fronteiras entre os sistemas e o ambiente, as fronteiras físicas e temporais ao sistema principal, já (Liu *et al.*, 2021), trazem um conceito mais amplo na delimitação de fronteiras envolvendo conceitos socioeconômicos culturais dispostos nos objetivos de desenvolvimento sustentável já discutidos anteriormente.

Por ser este o primeiro estudo realizado no interior do campus Rio Verde, houve uma adaptação em estipular a fronteira temporal como componente principal do sistema por ser composta das exemplificações supracitadas anteriormente, podendo ser alterada em estudos posteriores.

### 3.3.3- Coleta de dados

Os dados foram obtidos por meio de visitas em loco, fotos, entrevistas com gestores, mediante resposta a ofícios e aplicação dos questionários que fazem parte dos apêndices deste estudo, onde também estarão dados complementares sobre o consumo de energia elétrica.

Os dados de entrada se referem ao consumo realizado de serviço ou produto pelo período de um ano, os fatores de emissão são expressos em toneladas de CO<sub>2</sub> ou por metro cúbico, volume em litros de combustível, quilowatts de energia e peso de papel utilizado pela unidade funcional. Os fatores de emissão são os definidos pelo (GWP/2020) e do relatório do painel intergovernamental de mudanças climáticas (IPCC).

## 3.4-RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 3.4.1-Consumo de Energia

Trazendo a discussão para dentro do Campus Rio Verde do IF Goiano, no período de 2022 o consumo de energia elétrica na unidade funcional deste estudo foi de 853.081,73 KW/h, extraídos 252.000,00 KWh produzidos por energia fotovoltaica, multiplicados pelo fator 0,0817 kg/KWh elencado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia que se embasa nas ferramentas de controle do Relatório da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre o clima do acrônimo (UNFCCC), obtém-se um volume de emissões para o período de 2022 de 69,969 ton./CO<sub>2</sub> eq. Os dados de consumo de energia são influenciados pelas condições climáticas, além da sazonalidade do calendário escolar, principalmente em períodos de férias.

Tabela 6 Consumo elétrico/ emissão de CO<sub>2</sub> eq

Planilha de Consumo elétrico no Campus Rio Verde em 2022						
Mês	Cons. em Kw/h	Geração fotovoltaica	Cons. - fotovoltaica	Variaç. Cons. em Kw/h	Fator CO <sub>2</sub> /MCT em tCO <sub>2</sub>	Varia. mensal kg/Kw/h
Janeiro	89.292,63	21.000,00	68.292,63		5579,507871	
Fevereiro	96.172,44	21.000,00	75.172,44	6.879,81	6141,588348	562,080477
Março	90.013,77	21.000,00	69.013,77	-6.158,67	5638,425009	-503,163339
Abril	107.681,70	21.000,00	86.681,70	17.667,93	7081,89489	1443,469881
Maio	93.847,95	21.000,00	72.847,95	-13.833,75	5951,677515	-1130,217375
Junho	87.547,32	21.000,00	66.547,32	-6.300,63	5436,916044	-514,761471
Julho	80.735,13	21.000,00	59.735,13	-6.812,19	4880,360121	-556,555923
Agosto	83.274,24	21.000,00	62.274,24	2.539,11	5087,805408	207,445287
Setembro	69.771,86	21.000,00	48.771,86	-13.502,38	3984,660962	-1103,144446
Outubro	98.415,03	21.000,00	77.415,03	28.643,17	6324,807951	2340,146989
Novembro	106.030,47	21.000,00	85.030,47	7.615,44	6946,989399	622,181448
Dezembro	102.299,19	21.000,00	81.299,19	-3.731,28	6642,143823	-304,845576
	1.105.081,73	252.000,00	71.090,14		5808,064778	
		853.081,73	69696,78			

Fonte: Elaborado pelo Autor

### 3.4.2-Consumo de Água

O consumo de água no Campus é substancial, pois toda a estrutura edificada da instituição é abastecida por poços artesianos para atender a bebedouros, sanitários, laboratórios, as unidades experimentais da fazenda, a saber setores de bovinos, suínos e pequenos animais, bem como as estufas de experimentos e a limpeza e manutenção das instalações.

O Campus não possui um sistema de medição da água utilizada, em levantamento com o chefe do setor de manutenção, o mesmo informou que a unidade funcional possui dois poços artesianos, sendo um de 68 metros e o segundo de 65 metros, onde a eles são acopladas duas bombas de 10 CV trifásica com conexões para 2 polegadas, que alimentam um reservatório de 80 m<sup>3</sup> de volume a cada 5 horas do dia, perfazendo um volume diário de consumo de água 384m<sup>3</sup> de água em períodos letivos e 200 m<sup>3</sup> diários em períodos de férias estudantis dos Campus, implementando uma redução de consumo de 184 m<sup>3</sup> por dia , que em produto direto pelo fator de emissão 0,0176 KgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> geram uma emissão de 3,2384 KgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>/ dia no Campus Rio Verde.

### 3.4.3- Combustíveis Fósseis

Dentre os poluentes provenientes da queima de combustíveis fósseis em fontes móveis, o gás carbônico e o metano têm papel importante no aumento da temperatura média do planeta (IPCC, 2017).(Oliveira & Junger, 2020) citam em sua revisão que a mistura complexa de hidrocarbonetos composta de enxofre, nitrogênio , oxigênio e outros metais recebe o nome de petróleo bruto, os autores mostram ainda que seu beneficiamento passa por diversas etapas físicas e químicas com alto consumo de recursos naturais e relevante nível de emissão de CO<sub>2</sub> e CO.

As emissões de CO<sub>2</sub> geradas pelo setor de transportes tem aumentado no planeta em função da dependência desta matriz energética. O Campus Rio Verde enfrenta este passivo, pois a maioria de suas atividades necessita de locomoções a pequenas, médias e grandes distâncias para complementar os processos de ensino -aprendizagem.

Segundo o setor de transportes são realizados mais de dois mil deslocamentos anuais consumindo só em 2022 61.693,58 litros de óleo diesel e 10.545,67 litros de gasolina, perfazendo respectivamente um total de 51.822,60 kg de emissões de CO<sub>2</sub> para o diesel e 7.824,88 kg de CO<sub>2</sub>, estes valores foram respectivamente multiplicados pelos fatores 0,84 kg/ um de CO<sub>2</sub> para diesel e 0,742 kg/ um de CO<sub>2</sub> para gasolina.

#### **3.4.4-Papel A4, papel toalha e papel higiênico**

Conforme apontam (De *et al.*, 2020), em seu estudo, a indústria do setor de papel e celulose responde por 1,3% do PIB nacional, com um acréscimo de produção nos últimos anos de 12,3%, embora o setor em franco crescimento, também é responsável pelo elevado consumo energético mensurado em toneladas equivalentes de petróleo (tep), cerca de 12,8 milhões de toneladas de petróleo (Mtep). Desta forma, o setor é responsável direto por 4,2 milhões de toneladas de dióxido de carbono equivalente (MtCO<sub>2</sub> eq), ou seja 3% das emissões industriais.

No campus Rio Verde, segundo informações do almoxarifado central, foram consumidos em 2022 1.415,00 kg de papel A4, 2.448,00 kg de papel toalha e 53,7 kg de papel higiênico que multiplicados diretamente pelo fator do (GWP) de 0,7 kg por unidade de CO<sub>2</sub>, foram responsáveis diretos pela emissão de 990,5 kg de CO<sub>2</sub> eq, 1.713,6 kg de CO<sub>2</sub> eq e 37,59 kg de CO<sub>2</sub> eq somente no consumo de papel, ou 2,74 tCO<sub>2</sub> eq.

#### **3.4.5-Emissões de aparelhos de ar condicionado**

Contribuição relevante nos fornecem Woods *et al.*, (2022), quando nos apresentam que as emissões de aparelhos de ar condicionado representam 4% das emissões totais de (CO<sub>2</sub> eq) no planeta, e também detêm a responsabilidade pelo consumo de 10% da energia consumida no planeta. Os autores também demonstram em seu estudo que estas emissões se dão de três maneiras distintas, (i) emissões do uso de energia operacional, (ii) incorporadas durante o processo de fabricação, (iii) por vazamento de gás refrigerante 1.950 milhões de toneladas de (CO<sub>2</sub> eq) em função do (GWP) dos gases de efeito estufa dos aparelhos que tem o fator 2.088.

Um comparativo direto pode ser feito ao (GWP) do (CO<sub>2</sub>) que possui fator 1, ainda elevando o passivo, os autores relatam a retirada do vapor de água do ar onde para que o resfriamento aconteça, para cada grama de ar são liberados 2.500 J de energia na forma de gases de efeito estufa.

O Campus Rio Verde possui na unidade funcional 483 aparelhos em funcionamento distribuídos para 3.150 pessoas, que mensalmente consomem de 4.100 Kwh a 8.200 Kwh mês de energia, este consumo energético já é responsável por um fator médio de emissões de 502,455 kg de (CO<sub>2</sub> eq) por mês, que projetados para doze meses obtém-se 6.029, 460 kg de (CO<sub>2</sub> eq)/ano, somados ao tipo e volume do gás refrigerante R410A com um volume de carga por aparelho de 0,830 kg e seu (GWP) de 2,088 gerando mais 1.733,04 kg (CO<sub>2</sub> eq)/ano, que projetados para 283 aparelhos obtém-se 490.450,32 toneladas de (CO<sub>2</sub> eq)/ano; já para o caso do gás R22 com um volume de 0,790 kg por aparelho, seu (GWP) de 1.780 gerando anualmente

por aparelho 1.406,20 kg de (CO<sub>2</sub> eq)/ano, de mesma forma projetados para 200 aparelhos chega-se ao patamar de 281.240,00 toneladas de (CO<sub>2</sub> eq)/ano, perfazendo o relevante volume de emissões de 771.690,32 toneladas de (CO<sub>2</sub> eq)/ano.

Muito embora os dados que foram aproveitados neste inventário, são somente o volume de emissões diretas por utilização de energia que são 502,455 kg de (CO<sub>2</sub> eq)/ano, pois o setor de manutenção, o setor de patrimônio, e a empresa terceirizada contratada para manutenção preventiva nos aparelhos não conseguiram informar a tempo hábil para este estudo o quantitativo discriminada da quantidade de aparelhos que utilizam os gases R410A e R22 respectivamente.

### **3.4.6-Emissões por resíduos sólidos totais**

Segundo Luiz et al,(2021) nos apresentam em sua avaliação, do volume de emissões em três cenários diferentes, onde no primeiro cenário apenas existe o descarte de resíduos em aterro sanitário, com um volume relevante de emissões, no segundo há a inserção de ferramentas de gestão tornando o índice de emissões ainda alto mas em queda, e em um terceiro cenário visando redução no quantitativo emissões e com a implementação de mais ferramentas e técnicas de gestão do passivo, o volume de emissões passa a se tornar negativo.

A premissa da investigação holística infere que cada componente gravimétrico de uma amostragem de resíduos sólidos urbanos seja separado e seu (GWP) demonstrado matematicamente, muito embora saiba-se que em aterros sanitários os principais gases gerados são o CO<sub>2</sub> com seu respectivo (GWP) igual a 1, o CH<sub>4</sub>, onde seu (GWP) é 21, para que não haja fuga do estudo e também diante das características gravimétricas apresentadas no capítulo dois deste estudo, apenas estes dois gases serão analisados.

Partindo do pressuposto acima e trazendo a discussão ao Campus Rio Verde, onde no período de um ano foram geradas 5 toneladas de resíduo, e deste quantitativo 28,9% são destinados a cooperativa de reciclagem da região, onde restam 3.500 kg de resíduos e destes segundo a literatura consultada em (Li *et al.*, 2022), como também em (da Silva *et al.*, 2020), apresentam a formação de metano entre 40 a 60% e dióxido de carbono entre 30 a 40%, utilizando os patamares mais altos temos 44.100 kg de (CO<sub>2</sub> eq) e 1.400 kg respectivamente de emissões por resíduos sólidos sob a responsabilidade do Campus Rio Verde.

### **3.4.7-Emissões provenientes de biomassa**

Definem (Hussin *et al.*, 2023) a biomassa como um conjunto de recursos renováveis essenciais para aumentar a segurança energética por meio de processos térmicos e químicos.

Aprofundam a discussão (Hosseini, 2019), quando em seu estudo apresentam o reaproveitamento energético por intermédio de biocombustíveis elaborados a partir de biomassa, como também (Agrela *et al.*, 2019), apresentando um modelo de recuperação energética do material como componente a ser utilizado na engenharia civil.

O fato é que a produção de biomassa por campos e áreas de bosques têm influência direta no fator de captação de carbono como também de emissão. Sendo um recurso de fácil ignição como afirmam (Mularski *et al.*, 2023), também como potenciador redutos de CO<sub>2</sub> como demonstrado por (Raza *et al.*, 2023) , muito embora com desafios a serem vencidos, principalmente em sua gaseificação como discutem (Cortazar *et al.*, 2023) , principalmente pela sazonalidade da biomassa, onde o maior volume provém da poda do gramado entre os meses de novembro até maio, e a biomassa advinda de folhas e frutos obtém seu pico em outubro.

As gramíneas segundo (Kato *et al.*, 2022), são plantas C<sub>4</sub>, e conforme a anatomia de Kranz (onde o CO<sub>2</sub> é fixado em fosfoglicerato) possuem dois tipos de células fotossintéticas, mesófilo (M) e bainha de feixes (BS), onde as células (M) circundam as (BS). Sendo classificadas em três subtipos bioquímicos quanto a descarboxilação enzimática, NADP-málica (ME), NAD-ME, fosfo-enolpiruvato carboxiquinase. A depender do tipo de metabólito, malato ou aspartato, a descarboxilação e a geração associada de NADPH, podem estar ligadas as células (BS), ou no caso do aspartato ao citosol e a mitocôndria. Em sua proteção contra o estresse, o ácido abscísico promove o movimento agregativo dos cloroplastos da parte periférica em direção as células (BS).

Em estudo recente (Song *et al.*, 2023), apresentam as gramíneas energéticas perenes (PEGs) como indivíduos de alto valor energético, forte adaptabilidade, nenhuma competição direta com culturas alimentares e grande potencial na produção de biogás, além de possuírem potencial neutro de carbono muito embora a formação de estruturas recalcitrantes como os altos teores de lignocelulose. Os autores em função dos gargalos existentes testaram associações da biomassa a esterco animal, lodo , resíduos alimentares, resíduos sólidos urbanos, detectando que mesmo embora o rendimento energético oscila de 218 a 311mLg<sup>-1</sup> de metano produzido ainda existem lacunas a serem preenchidas.

No momento atual a humanidade atravessa um período de transição ecológica, que exige reavaliação de conceitos e, certamente, mudanças de procedimentos e técnicas, em especial na agropecuária. Nesse sentido, é de extrema importância conceber um paradigma produtivo baseado em uma racionalidade ambiental, que promova ações práticas cada vez mais

sustentáveis . Com isso, a agroecologia apresenta modelos sustentáveis, que fornecem os princípios ecológicos básicos para os sistemas produtivos.

Desta forma, segundo(Vidal *et al.*,2023) o uso de tecnologias associadas aos bioinsumos são uma realidade no Brasil. Há para além da necessidade clara do setor de orgânicos, uma utilização em grande escala pela agricultura e pecuária convencional. De forma a incentivar e consolidar o movimento para a implantação dos bioinsumos no Brasil, em de 26 de maio de 2020 foi realizado pelo MAPA, o lançamento do Programa Nacional de Bioinsumos, por meio do Decreto Federal nº 10.375 estabelecidas pelo MAPA, que contém produtos e processos permitidos para uso na produção orgânica.

Aumentam a discussão (Heinrich *et al.*, 2023), utilização de biomassa advinda de gramíneas visando a produção de Biochar na Alemanha em área de baixo cultivo e alta produção de biomassa, a visão dos autores amplia ainda mais potencialidades deste material e pressupõe implementação de sumidouros de carbono.

Um estudo desafiador em função de sua profundidade na estrutura de organização do Campus Rio Verde, pois apesar de como mostrado no capítulo dois deste, que o índice de recuperação de resíduos do Campus é bom, sua estruturação com base nos dados obtidos ainda é deficitária. A tabela 7 abaixo irá auxiliar na compreensão de gargalos que necessitam ser mitigados para diminuir o índice de emissões de (CO<sub>2</sub> eq).

Tabela 7 Emissões verificadas no Campus Rio Verde

<b>Item gerador de emissões</b>	<b>Quantidade consumida</b>	<b>Fator GWP</b>	<b>Emissões verificadas</b>	<b>Emissão % de cada item</b>
Energia elétrica	853.081,73 KW/h	0,0817 kg/KWh	69,969 ton./CO <sub>2</sub> eq/ano	38,53%
Combustível diesel	61.693,58 Lt	0,84 kg/ und. de CO <sub>2</sub>	51,822 kg de CO <sub>2</sub> eq/ano	28,6%
Combustível Gasolina	10.545,67 Lt	0,742 kg/ und. de CO <sub>2</sub>	7.824,88 kg de CO <sub>2</sub> eq/ ano	4,3%
Aparelhos de Ar condicionado (elétrica)	6.150KWh	0,0817Kg/KWh	502,455 kg de (CO <sub>2</sub> eq) /mês	0,28%
Consumo de água	184m <sup>3</sup>	0,0176 kg de CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	3.238,4 kg de CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	1,78%

Tabela 7-Continuação tabela 7

Consumo de papel A4	1.415kg	0,7 kg/und de CO <sub>2</sub>	990,5 kg de CO <sub>2</sub> /ano	0,54%
Consumo de papel toalha	2.448 kg	07 kg/und de CO <sub>2</sub>	1.713,6 kg de CO <sub>2</sub> /ano	0,98%
Consumo de Papel higiênico	5,7 kg	0,7 kg/und de CO <sub>2</sub>	37,5 kg de CO <sub>2</sub> /ano	0,02%
Emissões diretas por resíduos sólidos (CO <sub>2</sub> )	1400 kg	1	1.400kg de CO <sub>2</sub> /ano	0,8%
Emissões diretas de resíduos sólidos (CH <sub>4</sub> )	3500 kg	21	44.100 kg de CH <sub>4</sub> /ano	24,2%
<b>Emissões Totais</b>			<b>181,559 toneladas de CO<sub>2</sub> eq/ano</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor

Para os aparelhos de ar condicionado somente foram levadas em conta suas emissões diretas por consumo de energia, pois não foram disponibilizados os quantitativos de aparelhos, seu tempo de funcionamento e o tipo de gás utilizado o que impediu o estudo de detalhamento mais acurado.

Os resíduos eletroeletrônicos têm se tornado um relevante gargalo na gestão sustentável pelo planeta pois apenas a União Europeia possui uma legislação especificada para descarte e recuperação deste material, muito embora com pouca efetividade, no Brasil a NBR 16156/2013 estabelece padrões para manufatura reversa deste passivo, sustentada na Lei 12.305 de 2010 e em sua regulamentação através do Decreto 7.404/2010, entretanto o sistema de fornecimento de insumos a órgãos públicos formalizado nos parâmetros da Lei 4.717/1965 os bens móveis e imóveis patrimoniados, o que dificulta a aplicação referida no art 3º da lei 12.305/2010, colocando assim um desafio a este inventário e a gestão sustentável. Para o Campus Rio Verde a informação também é idêntica pois só se tem o quantitativo de aparelhos em uso no setor de patrimônio.

Chama a atenção o consumo de energia mesmo sendo relatado no decorrer deste estudo que existe uma geração de energia fotovoltaica com um percentual de 21.000 KWh/mês. E mesmo assim o Campus possui um gerador movido a combustível fóssil para suprir as demandas energéticas de seus laboratórios de pesquisa.

As emissões geradas pelo consumo de combustíveis fósseis, somam 32,9% do total do Campus, quase se equiparando a emissões geradas pelo consumo energético, que juntas respondem por 71,4% do total, apontando um passivo relevante ao Campus Rio Verde na busca por sustentabilidade. Por fim o consumo de papel, responsável por emissões indiretas, somam apenas 1,54% do total emitido pelo Campus.

### 3.4.8- Análise exploratória de captação de CO<sub>2</sub> em área verde no interior do Campus

A Figura 12 capturada pelo Google Earth mostra importante parte do IFGoiano Campus Rio Verde, um bosque implementado 21/09/1998 com 79.985m<sup>2</sup> de área plantada, um relevante serviço prestado à comunidade na busca de produção de carbono tão necessário ao planeta.

Figura 12 -Area verde no interior do Campus



Fonte: Google Earth (2023).

Somente este estudo da área verde do Campus já demandaria um único capítulo para sua investigação e explanação, pois levantar o sistema de uso da terra, classificá-lo quanto a abordagem se temporário ou contínuo, quanto ao detalhamento se exploratório ou detalhado, a estruturação estatística das parcelas para mapeamento, os dados levantados em campo e laboratório sobre o carbono da serrapilheira e o mesmo existente no solo, já apresentariam material relevante e vasto a ser explorado. Entretanto este estudo não teve por finalidade a construção de um inventário florestal na área verde plantada no Campus Rio Verde, muito embora para estruturação da pesquisa, critérios foram seguidos na análise dendométrica se embasando em princípios .

- Adoção de medidas diretas para construção do estudo;

- Além do padrão estabelecido pelo SI, os estabelecidos pela União Internacional de Organizações de Pesquisa Florestal do acrônimo em inglês (IUFRO), para os símbolos mais utilizados ;
- Adoção do inventário de exploração ou diagnóstico;
- Levantamento bibliográfico dos indivíduos existentes na área pesquisada, e sua estimativa em outros estudos de captação de carbono;
- Padronização dos cálculos para estimativa de captação de carbono com equações alométrica consultadas na literatura inclusive com seus fatores constantes tais como : cálculo de biomassa de árvores (BA), biomassa do fuste com casca (BFcc), carbono do fuste com casca(CFcc), biomassa de galhos com casca(BGcc), biomassa das folhas(BFO), biomassa das raízes(BR) biomassa acima do solo( AGB).

As respectivas equações são direcionadas abaixo:

$$(BFcc) = 0,033430 * DAP^{(2,397902)} * Hf^{(0,426536)} \quad (6)$$

$$(CFcc) = 0,013840 * DAP^{(2,437632)} * Hf^{(0,428609)} \quad (7)$$

$$(BGcc) = 0,2596 * BFcc \quad (8)$$

$$BFO = 0,4445 * BFcc \quad (9)$$

$$BR = 0,24 * BFcc \quad (10)$$

$$AGB = BFcc + BGcc + BFO \quad (11)$$

$$(BA) = 0,1184 * DAP^{2,53} \quad (12)$$

Para o bosque do campus que tem uma área total de 79.985 m<sup>2</sup>, foram verificadas a altura do peito (DAP), encontradas as circunferências de altura do peito (CAP), como também a medição da copa das árvores de uma área dentro do bosque com cem (100) metros quadrados, onde além dos parâmetros supra citados, foi também feita uma pesquisa qualitativa dos espécimes existentes, sua produção de fotossíntese, e captura de carbono. Onde neste espaço foram encontrados onze indivíduos adultos com (CAP) respectivo calculado pela equação alométrica genérica.

$$CAP \times \pi^2 = DAP \times 0,5 \quad (13)$$

Neste sentido, para as áreas verdes gramadas na unidade funcional, foram calculados o quantitativo de biomassa produzida por poda conforme citado anteriormente. As árvores componentes do bosque o parâmetro de diâmetro da altura do peito (DAP), circunferência de altura do peito (CAP), altura (H), assim como a biomassa de árvores adultas (BA).

O potencial de captação de CO<sub>2</sub> do bosque existente é bem complexo, pois o mesmo tem em formação indivíduos não somente do cerrado (Batista et al, 2010), como também árvores que se adaptaram as condições climáticas existentes (Yuquilema et al, (2023), formando assim um parâmetro de massa de carbono diferente e abrangente. Logo se fez necessário conhecer sua definição legal através da Lei 12.651 de 25 de maio de 2012 que estabelece em seu Artigo 3º Inciso XX:

*XX - área verde urbana: espaços, públicos ou privados, com predomínio de vegetação, preferencialmente nativa, natural ou recuperada, previstos no Plano Diretor, nas Leis de Zoneamento Urbano e Uso do Solo do Município, indisponíveis para construção de moradias, destinados aos propósitos de recreação, lazer, melhoria da qualidade ambiental urbana, proteção dos recursos hídricos, manutenção ou melhoria paisagística, proteção de bens e manifestações culturais;*

E sua classificação conforme parâmetros da Resolução Conama número 1 de 31 de janeiro de 1994, § 1º alínea “c” e “i” :

*c) alturas das plantas lenhosas estão situadas geralmente entre 1,5m e 8,0m e o diâmetro médio dos troncos à altura do peito (DAP = 1,30m do solo) é de até 10cm, apresentando pequeno produto lenhoso, sendo que a distribuição diamétrica das formas lenhosas apresenta pequena amplitude:*

*i) as espécies vegetais mais abundantes e características, além das citadas no estágio pioneiro, são: cambará ou candeia (Gochnatia polymorpha), leiteiro (Peschiera fuchsiaefolia), maria-mole (Guapira spp.), mamona (Ricinus communis), arranha-gato (Acacia spp.), falso ipê (Stenolobium stans), crindúva (Trema micrantha), fumo-bravo (solanum granuloso-lebrosus), goiabeira (Psidium guaiava), sangra d'água (Croton urucurana), lixinha (Aloysia virgata), amendoim-bravo (Pterogyne nitens), embaúbas (Cecropia spp.), pimenta-de-macaco (Xylopia aromatica), murici (Byrsonima spp.), mutambo (Guazuma ulmifolia), manacá ou jacatirão (Tibouchina spp. e Miconia spp.), capororoca (Rapanea spp.), tapiás (Alchornea spp.), pimenteira brava (Schinus terebinthifolius), guaçatonga (Casearia sylvestris), sapuva (Machaerium stipitatum), caquera (cassia sp.);*

No bosque do Campus, inicialmente demarcou-se a área amostral com uma parcela de 10m X 10m, foram contados dez indivíduos nesta unidade amostral, em seguida foram medidos os (CAP) a altura padrão de 1,3m de altura do solo, os cálculos foram executados conforme padrão de inventários florestais onde o DAP=CAP/3,14.

Também se fez necessário calcular um fator de proporcionalidade para o bosque inteiro a partir da área amostral utilizando a equação  $F = A/a$ , onde A= área de 1 (ha) e a= unidade da área amostral, conforme os cálculos abaixo:

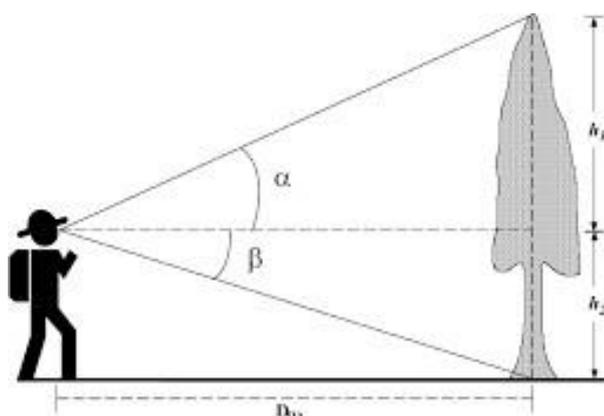
$$F = 11.000/100 = 100 \text{ (14)}$$

Após a determinação do fator de proporcionalidade, o número de plantas por hectare (NP) é obtido pela contagem do número de plantas na área amostral (np) multiplicando-se por F:  $NP = np \times F$ :

$$NP = 10 \times 100 = 1000; (15)$$

A mensuração da altura dos indivíduos pesquisados, foi calculada de forma “analógica”, mas bem eficaz, um cabo de madeira dos utilizados em utensílios de limpeza foi colocado na base de uma árvore, o operador se afastou por até uma distância de 22 mts onde pode observar a altura da copa e com auxílio de uma régua simples foram aplicadas as medições da copa até o ponto onde estava o cabo como demonstra a Figura 13 abaixo, e seus dados anotados na Tabela 8 a seguir.

Figura 13 -Modelo simplificado para medição de altura



Fonte : Domínio público

Tabela 8 Cálculo de estimativa de captação de carbono

Indivíduos	CAP / π	DAP	Altura H	(BA)	C kg/	BFcc	BGcc	BFO	BR	AGB	CFcc
1	117cm	37,26 cm	8,5 mts	377,766	188,883	3.041,43	789,55	135,34	729,94	3.966,3	232,21
2	251cm	79,93 cm	10,5mts	7.712,71	3.856,35	3.328,30	864,02	1.479,43	798,792	5.671,75	1.647,91
3	137cm	43,63 cm	9,2 mts	1.677,27	838,63	736,66	191,24	327,45	176,80	1.255,35	355,97
4	271cm	86,30 cm	11,2mts	9.340,22	4.670,11	4.111,78	1.061,41	1.827,68	986,82	7.000,87*	2.042,32
5	132cm	42,03 cm	8,9 mts	1.516,9	758,450	664,07	172,39	295,18	153,38	1.131,64	320,40
6	84cm	26,75 cm	7,8mts	483,59	241,79	212,43	55,15	94,43	50,98	413,00	100,64
7	40cm	12,73 cm	4 mts	73,88	36,94	26,93	6,99	11,96	6,46	45,78	12,36

Tabela 8- Continuação Tabela 8

8	84cm	26,75 cm	7,9mts	438,59	241,79	213,59	55,44	94,94	51,26	363,97	101,2
9	77cm	24,52 cm	6,5 mts	388,00	194,00	159,51	41,41	70,95	38,28	271,90	74,93
10	154cm	49,04 cm	9,8mts	2.241,01	1.120,56	3.220,09	835,93	1.431,33	772,82	5.487,35	486,32
Total captado em ton de CO <sub>2</sub>				24.149,93	12.074,968	15.714,79	4.073,53	5.768,69	3.765,53	25.607,91	5.374,26

Fonte: O autor

Tomando como base a biomassa acima do solo ( AGB), e utilizando o fator do (IPCC) de 0,47 para o cálculo do carbono, chega-se à equação 16 abaixo:

$$Fc * AGB * \text{tempo de vida do bosque} * (NP=1000) / 1 \text{ (ha)} \quad (16)$$

Substituindo os dados

$(0,47 \text{ ton CO}_2 / \text{ton biomassa}) * (25.607,91 \text{ ton CO}_2) * (27 \text{ anos}) / (11.000 \text{ m}^2) = 29,54 \text{ ton/CO}_2 / (\text{ha}) / \text{ano}$ ; onde ampliando para a área total do bosque de 8 hectares obtém-se 236,33 ton/CO<sub>2</sub>/(ha)/ano.

As amostragens mostram indivíduos ainda em crescimento, pois o DAP indica o quanto o diâmetro da árvore diminui ao longo de sua altura. Como relatado anteriormente não é a intenção deste estudo ser um inventário florestal, logo as equações alométrica de Spurr e Schumacher não foram utilizadas para calcular o volume dos indivíduos analisados previamente por não haver estrutura necessária para tal, levando então a utilização de padrões de captura de CO<sub>2</sub> presentes na literatura para áreas verdes secundárias como já citado acima neste estudo.

adotando-se o valor médio 29,54 ton/ha/ano, perfazendo um total de 236,33 ton/CO<sub>2</sub>/ha/ano capturadas, que somadas aos 18.000 m<sup>2</sup> ou 1,64ha de gramado existentes da variedade (*paspalum notatum*) com uma geração de carbono de 0,766ton/ha multiplicado por quatro podas anuais obtendo-se o valor relevante de 3,06ton/CO<sub>2</sub>/ ano chegando ao patamar capturado de 239,39 toneladas de CO<sub>2</sub>.

Diante ao exposto neste estudo, observam-se em emissões 181,559 toneladas de (CO<sub>2</sub> eq) em 2022, muito embora 239,39 toneladas de CO<sub>2</sub> foram capturadas pelo Campus em 2022 através da área verde do Campus, a responsabilidade direta pela população ativa no Campus no ano de 2022 foi de 57,63 kg (CO<sub>2</sub> eq) emitido. O Campus ainda teve um balanço de carbono positivo ao seu favor de 57,83 ton/CO<sub>2</sub> eq emitido/ano.

### 3. 5-CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se embora seja uma análise exploratória que o papel de captação de CO<sub>2</sub> no balanço de emissões geradas no Campus é substancial e necessita de um trabalho mais aprofundado sobre o tema, englobando outras áreas existentes e seu potencial como sumidouro de carbono na Instituição e na microrregião em que se encontra.

Visto que a principal problemática trabalhada que foi verificar sobre :Investir em gestão sustentável de resíduos é relevante para instituições de ensino, ou o passivo gerado pode ser mitigado apenas por educação ambiental? Este questionamento possibilitou demonstrar as possibilidades e investimentos estratégicos necessários à uma gestão ambiental do Campus do IFGoiano-Campus Rio Verde, para este tempo.

Nessa perspectiva, os laboratórios de pesquisa por meio de seus coordenadores, necessitam começar um trabalho de seleção de resíduos encaminhados para descarte, se alinhando ao processo de hierarquia de reciclagem já citado anteriormente neste estudo, esta simples ação projeta um aumento mínimo de 30% a mais em materiais recicláveis por parte da cooperativa parceira do Campus.

Existem diversos gargalos a serem mitigados pelos gestores do IFGoiano-Campus Rio Verde, o desperdício alimentar é relevante, a dificuldade de acesso à informação real sobre o consumo da unidade em todas as suas necessidades, a falta de um programa de gestão mais pragmático de recuperação energética tanto de biomassa, quanto utilização de recursos naturais e solos, por fim de mais e contínuas campanhas de educação e conscientização da população ativa sobre a necessidade de preservação ambiental, quer seja em economia energética, de água e outros recursos finitos.

Em síntese, uma atitude direta pode estar na adoção por parte dos setores administrativos de sensores eletrônicos tanto para utilização da água no Campus em todas as suas dependências, tanto para iluminação noturna e externa de suas edificações, pois a instituição conta com serviços de segurança 24 horas e possui iluminação nas ruas de seu interior muito bem cuidadas.

Um estudo complementar pela instituição para instalação de sistema de produção de energia por biodigestor, possibilitaria uma sensível redução de emissões diretas pelo consumo de energia elétrica, pois os quantitativos levantados de biomassa por este estudo junto com resíduos orgânicos apresentam potencial energético para tal fim. Uma adoção de climatizadores

de ar ao invés aparelhos de ar condicionado salvo quando a utilização dos condicionadores de ar fosse imprescindível, proporcionaria outra redução substancial no volume de emissões diretas e indiretas de (CO<sub>2</sub> eq).

A busca realizada demonstrou que o crescimento do Campus é gradativo e exponencial, logo para momentos futuros fazem-se necessários planejamentos de edificações mais sustentáveis em atenção principalmente ao planeta. Apesar de tantos pontos a serem dirimidos, os gestores da unidade funcional têm conseguido em conjunto com os agentes do processo avanços substanciais no balanço de carbono, a projeção para o Campus com a implementação do Jardim Botânico ainda em 2023 irá indexar/ capturar bem mais (CO<sub>2</sub> eq) nos próximos anos, muito embora outras atitudes necessitem de uma visão mais holística por parte dos gestores tomadores de decisão.

A interdisciplinaridade do tema gestão sustentável de resíduos, emissão de gases de efeito estufa, recuperação energética é bem mais abrangente do que se imagina e bem mais relevante. Com isso a comunidade acadêmica tem e detém através de suas grades curriculares as ferramentas para modificar este cenário, promovendo crescimento socioeconômico real e contínuo.

É imprescindível ressaltar que os dados levantados no estudo gravimétrico, mostram que o Campus não possui material plástico suficiente para implementação de um reator pirolítico, destinado a produção de oleofinas, muito embora a biomassa advinda dos serviços de roçagem, poda e da queda natural alimentam de forma satisfatória a instituição com energia limpa, gerando como subproduto bioinsumos de altíssima qualidade.

Por fim, é praxe ressaltar que este estudo dentro de suas limitações buscou, através de incansável pesquisa bibliográfica, como também visitas em loco mostrar a realidade existente na instituição, existem problemas a serem dirimidos, mais há que ressaltar também conquistas realizadas pela instituição através de seus gestores.

## 6- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRELA, F., Cabrera, M., Morales, M. M., Zamorano, M., & Alshaaer, M. (2019). **Biomass fly ash and biomass bottom ash**. In *New Trends in Eco-efficient and Recycled Concrete* (pp. 23–58). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102480-5.00002-6>

BATISTA Lopes, R., & Tatiane Bueno Miola, D. (2010). **Sequestro de carbono em diferentes fitofisionomias do cerrado**. In SynThesis Revista Digital FAPAM. [www.fapam.edu.br/revista](http://www.fapam.edu.br/revista)

CALLAHAN, W., James Fava, S. A., Wickwire, S., Sottong, J., Stanway, J., & Ballentine, M. (2011). Corporate Value Chain (Scope 3) **Accounting and Reporting Standard Supplement to the GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard GHG Protocol Team**.

CARVALHO Vidal, M., & Pereira Dias, R. (2023). **Bioinsumos a partir das contribuições da agroecologia**. Revista Brasileira de Agroecologia, 18(1), 171–192. <https://doi.org/10.33240/rba.v18i1.23735>

CORTAZAR, M., Santamaria, L., Lopez, G., Alvarez, J., Zhang, L., Wang, R., Bi, X., & Olazar, M. (2023). **A comprehensive review of primary strategies for tar removal in biomass gasification**. Energy Conversion and Management, 276, 116496. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.116496>

da SILVA, N. F., Schoeler, G. P., Lourenço, V. A., de Souza, P. L., Caballero, C. B., Salamoni, R. H., & Romani, R. F. (2020). **First order models to estimate methane generation in landfill: A case study in south Brazil**. Journal of Environmental Chemical Engineering, 8(4), 104053. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104053>

D'ADAMO, I., Ferella, F., & Rosa, P. (2019). **Wasted liquid crystal displays as a source of value for e-waste treatment centers: a techno-economic analysis**. Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry, 19, 37–44. <https://doi.org/10.1016/J.COCS.2019.05.002>

DE, C., Borges, B., Antonio, E., Coorientador, U.-G., Ricardo, M., & Passini, J. (2020). **Perspectivas para a aplicação da tecnologia beccs para a captura de co2 na indústria de papel e celulose no brasil** [Trabalho de Conclusão de Curso ]. Universidade Federal de São Carlos .

DE CICCIO, F. (1994). **A iso 9000 e outras exigências da maior potência econômica do mundo**.

DERWENT, R. G. (2023). **Global warming potential (GWP) for hydrogen: Sensitivities, uncertainties and meta-analysis**. International Journal of Hydrogen Energy, 48(22), 8328–8341. <https://doi.org/10.1016/J.IJHYDENE.2022.11.219>

Dumbili, E., & Henderson, L. (2020). **The challenge of plastic pollution in Nigeria.** *Plastic Waste and Recycling*, 569–583. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817880-5.00022-0>

FONSECA, D. B. (2019). **Bacharelado em Administração** - Rio Verde.

FUMIÃ, H. F., & da Silva, S. L. L. (2022). **Fourier revisitado:** um modelo simplificado para o efeito estufa. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 44. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2021-0103>

GETZINGER, G., Schmitz, D., Mohnke, S., Steinwender, D., & Lindenthal, T. (2019). Treibhausgasbilanz von Universitäten in Österreich: Methode und Ergebnisse der Bilanzierung und Strategien zur Reduktion der Treibhausgasemissionen. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 28(4), 389–39. <https://doi.org/10.14512/gaia.28.4.13>

HEINRICH, T., Park, H., Orozco, R., Ding, Z., Álvarez-López, V., Mosquera-Losada, M. R., Steinbeis, L., & Hoffmann, T. (2023). **Biochar production from late-harvest grass – Challenges and potential for farm-scale implementation.** *Sustainable Production and Consumption*, 37, 256–267. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.02.019>

HÖRTENHUBER, S. J., Seiringer, M., Theurl, M. C., Größbacher, V., Piringer, G., Kral, I., & Zollitsch, W. J. (2022). **Implementing an appropriate metric for the assessment of greenhouse gas emissions from livestock production:** A national case study. *Animal*, 16(10), 100638. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2022.100638>

HOSSEINI, M. (2019). **A Perspective on Bioprocessing for Biofuels, Bio-Based Chemicals, and Bioproducts.** In *Advanced Bioprocessing for Alternative Fuels, Biobased Chemicals, and Bioproducts* (pp. 1–11). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817941-3.00001-2>

HUSSIN, F., Hazani, N. N., Khalil, M., & Aroua, M. K. (2023). **Environmental life cycle assessment of biomass conversion using hydrothermal technology:** A review. *Fuel Processing Technology*, 246, 107747. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2023.107747>

IPCC. (2017). **Chapter outline of the working group i contribution to the ipcc sixth assessment report (AR6).**

K., S. S., T.P., T., & Siva, S. K. (2022). **Implementing construction waste management in India: An extended theory of planned behaviour approach.** *Environmental Technology & Innovation*, 27, 102401. <https://doi.org/10.1016/J.ETI.2022.102401>

KALLIS, G., Roumpedakis, T. C., Pallis, P., Koutantzi, Z., Charalampidis, A., & Karellas, S. (2022). **Life cycle analysis of a waste heat recovery for marine engines Organic Rankine Cycle**. *Energy*, 257, 124698. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2022.124698>

KATO, Y., Tsukaguchi, T., Yata, I., Yamamura, R., Oi, T., & Taniguchi, M. (2022). **Aggregative movement of mesophyll chloroplasts occurs in a wide variety of c4 plant species**. *Flora*, 294, 152133. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2022.152133>

KHAN, J. A., Sayed, M., Khan, S., Shah, N. S., Dionysiou, D. D., & Boczkaj, G. (2019). **Advanced oxidation processes for the treatment of contaminants of emerging concern**. *Contaminants of Emerging Concern in Water and Wastewater: Advanced Treatment Processes*, 299–365. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813561-7.00009-2>

KOUL, B., Yakoob, M., & Shah, M. P. (2022). **Agricultural waste management strategies for environmental sustainability**. *Environmental Research*, 206, 112285. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2021.112285>

LEE, U., Benavides, P. T., & Wang, M. (2020). **Life cycle analysis of waste-to-energy pathways**. *Waste-to-Energy*, 213–233. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816394-8.00008-2>

LI, S., Xie, S., Zhang, S., Miao, S., Tang, S., Chen, H., & Zhan, Q. (2022). **Global patterns and controls of the soil microbial biomass response to elevated CO<sub>2</sub>**. *Geoderma*, 428, 116153. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116153>

LIM, J., Ahn, Y., Cho, H., & Kim, J. (2022). **Optimal strategy to sort plastic waste considering economic feasibility to increase recycling efficiency**. *Process Safety and Environmental Protection*, 165, 420–430. <https://doi.org/10.1016/J.PSEP.2022.07.022>

LUIZ, B., & Aurélio Suski, C. (2021). **Avaliação da geração de gases de efeito estufa em diferentes tratamentos de resíduos domiciliares**. *Metodologias e Aprendizado*, 4, 89–98. <https://doi.org/10.21166/metapre.v4i.1489>

MELE, M., & Campana, G. (2021). **Advancing towards sustainability in Liquid Crystal Display 3D printing via adaptive slicing**. *Sustainable Production and Consumption*. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.12.024>

MULARSKI, J., Lue, L., & Li, J. (2023). **Development of a numerical method for the rapid prediction of ignition performance of biomass particles**. *Fuel*, 348, 128520. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.128520>

MULYA, K. S., Zhou, J., Phuang, Z. X., Laner, D., & Woon, K. S. (2022). **A systematic review of life cycle assessment of solid waste management: Methodological trends and prospects.** *Science of The Total Environment*, 831, 154903.

<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2022.154903>

NICODEMO, G., Vizcaino, W., Martins, C., & Peixoto, S. (2021). **A influência da iso 14001 na política ambiental mundial.**

OLIVEIRA, R. C. de, & Junger, A. P. (2020). **Utilização de combustíveis fósseis no Brasil e suas consequências ambientais.** *Research, Society and Development*, 9(9), e466997537. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i9.7537>

OMRI, A., & Afi, H. (2020). **How can entrepreneurship and educational capital lead to environmental sustainability?** *Structural Change and Economic Dynamics*, 54, 1–10. <https://doi.org/10.1016/J.STRUECO.2020.03.007>

PAES, M. X., de Medeiros, G. A., Mancini, S. D., Bortoleto, A. P., Puppim de Oliveira, J. A., & Kulay, L. A. (2020). **Municipal solid waste management: Integrated analysis of environmental and economic indicators based on life cycle assessment.** *Journal of Cleaner Production*, 254, 119848. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.119848>

RAIHAN, A., Muhtasim, D. A., Farhana, S., Pavel, M. I., Faruk, O., Rahman, M., & Mahmood, A. (2022). **Nexus between carbon emissions, economic growth, renewable energy use, urbanization, industrialization, technological innovation, and forest area towards achieving environmental sustainability in Bangladesh.** *Energy and Climate Change*, 100080. <https://doi.org/10.1016/J.EGYCC.2022.100080>

RAZA, S., Orooji, Y., Ghasali, E., Hayat, A., Karimi-Maleh, H., & Lin, H. (2023). **Engineering approaches for CO2 converting to biomass coupled with nanobiomaterials as biomediated towards circular bioeconomy.** *Journal of CO2 Utilization*, 67, 102295. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2022.102295>

RUGERO Peres, W., Moreira Bahadian, S., Carneiro Vieira, A., & Rodrigues da Silva, E. (2010). **As normas da série iso 14.000: contexto histórico e análise crítica.**

SARPONG, D., Boakye, D., Ofosu, G., & Botchie, D. (2022). **The three pointers of research and development (R&D) for growth-boosting sustainable innovation system.** *Technovation*, 102581. <https://doi.org/10.1016/J.TECHNOVATION.2022.102581>

SHARMA, B. K., & Chandel, M. K. (2021). **Life cycle cost analysis of municipal solid waste management scenarios for Mumbai, India**. *Waste Management*, 124, 293–302. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2021.02.002>

SONG, Y., Pei, L., Chen, G., Mu, L., Yan, B., Li, H., & Zhou, T. (2023). **Recent advancements in strategies to improve anaerobic digestion of perennial energy grasses for enhanced methane production**. *Science of The Total Environment*, 861, 160552. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160552>

TAFESSE, S., Girma, Y. E., & Dessalegn, E. (2022). **Analysis of the socio-economic and environmental impacts of construction waste and management practices**. *Heliyon*, 8(3), e09169. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2022.E09169>

WANG, C., Chu, Z., & Gu, W. (2021). **Participate or not: Impact of information intervention on residents' willingness of sorting municipal solid waste**. *Journal of Cleaner Production*, 318, 128591. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.128591>

WANG, D., Tang, Y. T., Sun, Y., & He, J. (2022). **Assessing the transition of municipal solid waste management by combining material flow analysis and life cycle assessment**. *Resources, Conservation and Recycling*, 177, 105966. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2021.105966>

WENSU, Z., Wenjuan, W., Fenfen, Z., Wen, C., & Li, L. (2022). **The effects of greenness exposure on hypertension incidence among Chinese oldest-old: a prospective cohort study**. *Environmental Health*, 21(1), 66. <https://doi.org/10.1186/s12940-022-00876-6>

WOODS, J., James, N., Kozubal, E., Bonnema, E., Brief, K., Voeller, L., & Rivest, J. (2022). **Humidity's impact on greenhouse gas emissions from air conditioning**. *Joule*, 6(4), 726–741. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2022.02.013>

XU, L., Xiong, Y., Wang, L., Tian, Y., Tong, B., You, J., & Zhao, Z. (2021). **A novel method for selective recovery of indium from end-of-life liquid crystal displays by 15-crown-5 ether and its derivatives**. *Hydrometallurgy*, 202, 105601. <https://doi.org/10.1016/J.HYDROMET.2021.105601>

YUQUILEMA, D. F. C., & Verdugo, D. F. F. (2023). **Estimacion de la capacidad de captura de carbono de quatro espécies arbóreas predominantes de las riberas del rio Manchágara, Cuenca-Ecuador [Trabalho de Conclusão de Curso]**. *Universidad Politecnica Salesiana* .

ZHOU, H., Yang, Q., Gul, E., Shi, M., Li, J., Yang, M., Yang, H., Chen, B., Zhao, H., Yan, Y., Erdoğan, G., Bartocci, P., & Fantozzi, F. (2021a). **Decarbonizing university campuses through the production of biogas from food waste: An LCA analysis.** *Renewable Energy*, 176, 565–578. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2021.05.007>

ZHOU, H., Yang, Q., Gul, E., Shi, M., Li, J., Yang, M., Yang, H., Chen, B., Zhao, H., Yan, Y., Erdoğan, G., Bartocci, P., & Fantozzi, F. (2021b). **Decarbonizing university campuses through the production of biogas from food waste: An LCA analysis.** *Renewable Energy*, 176, 565–578. <https://doi.org/10.1016/J.RENENE.2021.05.007>

## APENDICES

### CRONOGRAMA

Ações	Início	Avaliação	Andamento	Término
Escolha do tema	Agosto/2021	Setembro/2021	75%	Junho/2023
Pesquisa sobre o tema	Agosto/2021	Semanal	80%	Abril/2023
Discussão metodológica	Agosto/2021	Setembro/2021	90%	Junho/2022
Escrita do projeto	Agosto/2021	Semanal	80%	Junho/2023
Aplicação de questionários	Maiio/2022	Mensal	50%	Agosto/2022
Defesa do projeto	Maiio/2022	Semanal	50%	Agosto/2022
Pesquisa em loco	Setembro/2022	Mensal	0%	Maiio/2023
Escrita final	Abril/2023	Semanal	0%	Maiio/2023
Defesa	Agosto/2023			

### METAS

Ações	Início	Avaliação	Andamento	Término
-------	--------	-----------	-----------	---------

Escolha do tema	Agosto/2021	Setembro/2021	75%	Junho/2023
Pesquisa sobre o tema	Agosto/2021	Semanal	80%	Abril/2023
Discussão metodológica	Agosto/2021	Setembro/2021	90%	Junho/2022
Escrita do projeto	Agosto/2021	Semanal	80%	Junho/2023
Aplicação de questionários	Maio/2022	Mensal	50%	Agosto/2022
Defesa do projeto	Maio/2022	Semanal	50%	Agosto/2022
Pesquisa em loco	Setembro/2022	Mensal	0%	Maio/2023
Escrita final	Abril/2023	Semanal	0%	Maio/2023
Defesa	Agosto/2023			

## ORÇAMENTO

Itens	Quantidades	Valor unitário	Valor total
Luvas jardinagem tamanho grande	16 pares	R\$ 8,00	R\$ 128,00
Máscaras descartáveis	50 unidades	R\$ 3,00	R\$ 150,00
Sacos de lixo 30 litros	100 unidades	-----	R\$ 16,00
Balança digital <sup>1</sup> 25 kg	01 unidade	-----	R\$ 2.000,00
20 m <sup>2</sup> de lona	01 unidade	-----	R\$ 80,00
Impressões dos questionários	30 unidades	R\$ 0,50	R\$ 15,00
Total Geral	-----	-----	R\$ 2.389,00

1: a balança digital já existe;

2: a lona também já está de posse dos pesquisadores

## VIABILIDADE FINANCEIRA

A viabilidade financeira desta pesquisa se mostra através dos seguintes fatores:

- Enquadramento da Instituição nos parâmetros legais de sustentabilidade;
- Baixo custo de implementação;
- Fornecimento de dados reais dos quantitativos de resíduos sólidos produzidos pela Instituição;
- Possibilidade real de mudança na gestão de resíduos sólidos;

- Facilitação de planejamento orçamentário em função de gastos gerados por materiais de uso comum e de uso em pesquisa e desenvolvimento;
- Implementação concreta de gestão sustentável de resíduos sólidos;
- Colocar a Instituição como parceiro relevante na reciclagem destas commodities;
- Cumprir o papel da Instituição na formação de cidadãos;
- Cumprir seu papel na difusão de objetivos de desenvolvimento sustentável.