

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS - UFMG

INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS – ICA

CAMPUS MONTES CLAROS

Thiago Paz de Almeida

**ESTUDO DE CASO SOBRE A COLETA DE RESÍDUOS DE SÓLIDOS
ELETRÔNICOS NA CIDADE DE MONTES CLAROS-MG ENTRE OS ANOS DE
2016 A 2021**

Montes Claros – MG

fevereiro de 2022

Thiago Paz de Almeida

**ESTUDO DE CASO SOBRE A COLETA DE RESÍDUOS DE SÓLIDOS
ELETRÔNICOS NA CIDADE DE MONTES CLAROS-MG ENTRE OS ANOS DE
2016 A 2021**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientador: Professor Dr. Sidney Pereira

Montes Claros – MG

fevereiro de 2022

FOLHA DE APROVAÇÃO

ATA DE DEFESA DE MONOGRAFIA / TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)

Aos trinta e um dias do mês de janeiro de 2022, às 15h 00min, o estudante Thiago Paz de Almeida, matrícula 2016069079, defendeu o Trabalho intitulado “Estudo de caso sobre a coleta de resíduos de sólidos eletrônicos na cidade de Montes Claros - MG entre os anos de 2016 a 2021” tendo obtido a média (86,7) oitenta e seis pontos e sete décimos.

Participaram da banca examinadora os abaixo indicados, que, por nada mais terem a declarar; assinam eletronicamente a presente ata.

Nota: 90 (noventa)

Orientador(a): Sidney Pereira

Nota: 85 (oitenta e cinco)

Examinador(a): Flávio Pimenta de Figueiredo

Nota: 85 (oitenta e cinco)

Examinador(a): Rodolpho César dos Reis Tinini



Documento assinado eletronicamente por **Sidney Pereira, Professor do Magistério Superior**, em 11/02/2022, às 11:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rodolpho Cesar dos Reis Tinini, Professor do Magistério Superior**, em 11/02/2022, às 19:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Flavio Pimenta de Figueiredo, Professor do Magistério Superior**, em 12/02/2022, às 10:12, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1247331** e o código CRC **CADEDE79**.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter concedido a mim saúde e coragem para realização deste estudo. Em segundo momento, quero agradecer a minha família pela compreensão em entender os vários momentos que estive ausente, pela ajuda emocional nos dias de estresse e medo, além de estarem sempre comigo escutando e opinando em várias partes desse trabalho. Quero deixar meus agradecimentos e profunda gratidão também ao meu Orientador Professor Dr. Sidney Pereira pelas dicas imprescindíveis para realização e conclusão deste estudo, além da prontidão em aceitar o convite para me acompanhar nessa jornada. Sobretudo, agradeço a UFMG por todo aprendizado colhido ao longo de minha caminhada como discente da universidade e dizer que todo conhecimento absorvido nesse período foi essencial para meu crescimento profissional e pessoal.

RESUMO

A quantidade de resíduo eletrônico produzida no mundo cresce cada vez mais devido ao grande avanço tecnológico e as práticas consumistas empregadas em meio a sociedade. Entretanto, estes contêm materiais que podem ser reciclados e reutilizados e dessa forma proporcionar ao meio ambiente menos impactos com novas explorações em busca de elementos químicos e minerais. Além disso, quando descartados em locais inapropriados, os resíduos se transformam em grandes vilões com potenciais poluidores perigosos à saúde humana. Portanto, com a intenção de minimizar a degradação ambiental em busca de matéria junto com a necessidade do descarte correto para menor contaminação, se faz necessário a gestão dos resíduos de sólidos eletrônico. Dessa forma, o presente estudo trata-se de evidenciar o desenvolvimento e aplicação dos processos de logística reversa na cidade de Montes Claros através de uma empresa responsável por esse serviço no município, mostrando de forma qualitativa e quantitativa os materiais que foram coletados anualmente entre os anos de 2016 a 2021 e com isso diagnosticando o potencial ecológico da cidade.

Palavras-chave: Resíduo eletrônico. Logística Reversa. Descarte Correto. Saúde Humana.

ABSTRACT

The amount of electronic waste produced in the world grows more and more due to the great technological advance and the consumerist practices employed in society. However, these contain materials that can be recycled and reused and thus provide the environment with less impact with new explorations in search of chemical and mineral elements. In addition, when discarded in inappropriate places, waste becomes great villains with potential polluters that are dangerous to human health. Therefore, with the intention of minimizing environmental degradation in search of material along with the need for correct disposal for less contamination, it is necessary to manage electronic solid waste. In this way, the present study is to highlight the development and application of reverse logistics processes in the city of Montes Claros through a company responsible for this service in the municipality, showing in a qualitative and quantitative way the materials that were collected annually between the years from 2016 to 2021, thus diagnosing the ecological potential of the city.

Keywords: Electronic waste. Reverse logistic. Discard Correct. Human Health.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01 - Classificação de Equipamentos Eletroeletrônicos	11
Figura 02 - Local onde foi feita a coleta de dados	16
Figura 03 - Informacional virtual da empresa colaboradora identificando os resíduos que podem ser coletados por ela	29
Figura 04 - Marketing da empresa colaboradora informando seu “dique coleta”	29
Figura 05 - Educação ambiental infantil de coleta seletiva de resíduos sólidos, realizada pela Lax	30
Figura 06 - Educação ambiental do fundamental 2 para coleta adequada de resíduo de sólido eletrônico realizada, pela lax	30

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 - Exemplificação dos valores coletados em 2016	19
Gráfico 02 - Exemplificação dos valores coletados em 2017	20
Gráfico 03 - Relação 2016 x 2017 dos resíduos destaques	21
Gráfico 04 - Exemplificação dos valores coletados em 2018	22
Gráfico 05 - Exemplificação dos valores coletados em 2019	23
Gráfico 06 - PIB brasileiro de 2020 e três primeiros trimestres de 2021	24
Gráfico 07 - Exemplificação dos valores coletados em 2020	25
Gráfico 08 - Comparação de 2020 com os anos antecedentes	25
Gráfico 09 - Exemplificação dos valores coletados em 2021	26
Gráfico 10 - Relação entre todos os anos estudados	27
Gráfico 11 - Crescimento populacional de Montes Claros – MG	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Composição média de uma placa de circuito impresso	12
Tabela 02 - Elementos presentes em equipamentos eletroeletrônico	13
Tabela 03 - Substâncias encontradas nos aparelhos eletrônicos e seus malefícios à saúde humana	14
Tabela 04 - Resíduo coletados em 2016	18
Tabela 05 - Resíduo coletados em 2017	19
Tabela 06 - Resíduo coletados em 2018	21
Tabela 07 - Resíduo coletados em 2019	22
Tabela 08 - Resíduo coletados em 2020	24
Tabela 09 - Resíduo coletados em 2021	26
Tabela 10 - Lâmpadas coletadas entre 2016 e 2021	31

SUMÁRIO

1 Introdução	09
2 Referencial Teórico	11
2.1 Lixo Eletrônico	11
2.2 Elementos tóxicos encontrados nos equipamentos eletroeletrônicos	12
2.3 Logísticas Reversa	14
2.4 PNRS	15
3 Matérias e Métodos	16
3.1 Metodologia	16
3.2 Análise dos dados	17
4 Resultados e Discussão	18
4.1 – Análise de dados para o ano de 2016	18
4.2 – Análise de dados 2017	19
4.3 – Análise de dados 2018	21
4.4 – Análise de dados 2019	22
4.5 – Análise de dados 2020	23
4.6 – Análise de dados 2021	26
4.7 – Lâmpadas Fluorescentes	31
5 Conclusão	32
6 Sugestões para trabalhos futuros	32
7 Referências	33

1- INTRODUÇÃO

Segundo a Lei da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual organiza a forma com que o país lida com o lixo, exigindo dos setores públicos e privados transparência no gerenciamento de seus resíduos, protocolada através da numeração 12.305/10, define em seu Art. 3º, Inciso XVI que resíduo sólido é:

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

Nesta perspectiva, são considerados resíduos sólidos eletroeletrônicos todos e qualquer produto de origem tecnológica, desde televisores, rádios, telefones celulares, pilhas e baterias, equipamentos de informática, filmadoras, lâmpadas fluorescentes, brinquedos eletrônicos até milhares de outros produtos criados para facilitar a vida moderna. (LAVNITCK et al., 2017).

Diante dessa diversidade de produtos, a PNRS tem como ponto fundamental a aplicação da obrigatoriedade da logística reversa a fim de que esses materiais não sejam descartados e nem manuseados de maneira inadequada, objetivando desse modo o tratamento e reaproveitamento dos resíduos, além de ser uma tentativa de minimizar os impactos ambientais provenientes tanto do descarte irregular, quanto da maior exploração mineral para construção de novos produtos da tecnologia atual. (BRASIL, 2010).

O consumo de bens eletroeletrônicos teve um crescimento considerável nas últimas décadas. A variedade de produtos foi ampliada e os modelos oferecidos aos consumidores também. O mercado passou a oferecer produtos novos a todo instante e, por isso, a troca de produtos acontece de maneira mais veloz. (CARVALHO et al., 2008).

Segundo o terceiro relatório Global E-Waste Monitor, realizado pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2019, o Brasil se encontra como o maior produtor de resíduos eletrônicos da América Latina e em segundo lugar em toda América, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. (Baldé, 2018). Além disso, em um ranking mundial, o país se encontra em 7º lugar geral com uma produção média anual de 1,5 mil toneladas de resíduos sólidos eletrônicos apontados pelo relatório de 2019.

Entretanto, apesar de existirem, no país, grandes empresas de destinação adequada dos resíduos sólidos, as informações e dados provenientes dessa reciclagem ainda são muito

escassos, como também aponta o relatório da ONU. Junto a isso, as taxas de reciclagem se tornam insignificantes quando comparadas ao aumento do consumo de produtos eletrônicos, os quais têm tendência em aumentar gradativamente ao longo do tempo. (FERREIRA e FERREIRA, 2008).

Com o intuito de buscar melhorias no cenário sustentável do país e por práticas ambientais corretas, a logística reversa destaca-se dentro da Política Nacional de Resíduos Sólidos como instrumento que busca garantir a execução dos processos firmados pela lei, dessa forma gerando renda para os trabalhadores e lucro às empresas. (KARASKI, *et al*, 2016; BARBOSA, 2018).

Em relação ao reaproveitamento dos resíduos sólidos eletroeletrônicos em forma de geração de lucro para as empresas, há uma diversa gama de setores onde os recicláveis podem ter uma nova utilidade e se tornarem um novo produto. Como por exemplo, o que é mostrado no site da REICLUS (<https://reciclus.org.br>), empresa situada em São Paulo – SP que desempenha de modo conjunto o processo de reciclagem, logística reversa e destinação final para todo tipo de lâmpada encontrada em nosso país. A reciclagem do vidro e do pó fosfórico, oriundo das lâmpadas, são utilizados na fabricação de cerâmicas e vitrificação de azulejos. Já os metais retirados são encaminhados para as indústrias de fundição e automotivas. E por fim, os plásticos encontrados são granulados e revendidos para os mais diferentes segmentos industriais. Com isso, evidenciando parte dos lucros que podem ser obtidos através da aplicação da logística reversa e ambientalmente mostrando o potencial que a reciclagem pode proporcionar no reaproveitar de materiais já utilizados e existentes, contribuindo tanto financeiramente com o empresário quanto ecologicamente correto à natureza.

Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a potencialidade da coleta e destinação dos resíduos de sólidos eletrônicos na cidade de Montes Claros entre o período de 2016 a 2021, e assim verificar a sustentabilidade deste setor na cidade.

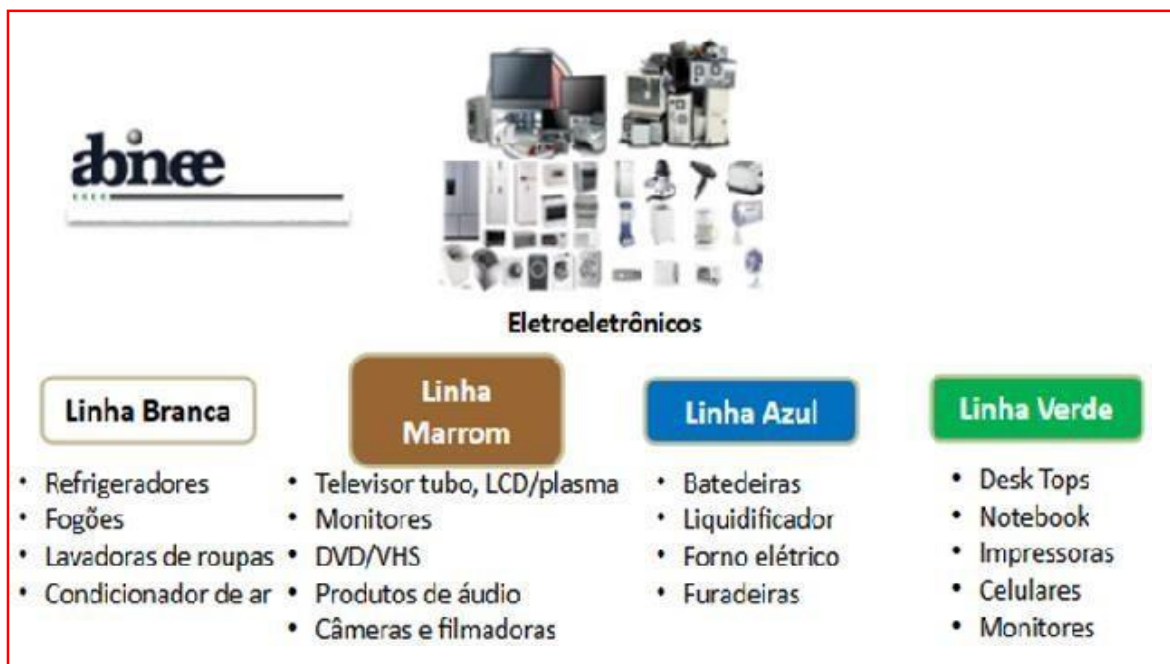
2- REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Lixo Eletrônico

O mundo moderno tem sofrido por vários impactos ambientais. Dentre estes podemos destacar os impactos relacionados aos resíduos de sólidos eletrônicos, mais conhecidos com lixo eletrônico. Esse tipo de lixo é composto por equipamentos que utilizam corrente elétrica e são formados por circuitos eletrônicos, como os eletrodomésticos, equipamentos e componentes eletrônicos obsoletos. Esses resíduos são classificados em quatro grupos: Linha Branca – grandes eletrodomésticos; Linha Azul – pequenos eletrodomésticos; Linha Verde – produtos de telecomunicações e informática; Linha Marrom – produtos de áudio, televisores e câmeras. (SARAIVA, 2012).

A figura 01 mostra a classificação dos equipamentos eletroeletrônicos segundo a ABINEE (-Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica).

Figura 01: Classificação de Equipamentos Eletroeletrônicos.



Fonte: www.abinee.org.br

O lixo eletrônico é considerado um resíduo sólido especial de coleta obrigatória. (BRASIL, 2010). Isso, pois, contém em sua essência elementos químicos constituintes que oferecem perigo à saúde humana como por exemplo o mercúrio, cádmio, berílio e o chumbo, denominados vilões silenciosos. Além disso, esses resíduos são normalmente descartados em

lixões e acabam contribuindo, de maneira negativa, com o meio- ambiente e com a contaminação dos catadores que sobrevivem da venda de materiais coletados nos lixões. (SIQUEIRA e MORAES, 2009).

2.2 Elementos tóxicos encontrados nos equipamentos eletroeletrônicos

Presentes em praticamente todos os equipamentos eletrônicos estão as placas de circuito impresso, as quais carregam todas as informações e características que o equipamento eletrônico irá desenvolver. Essas placas estão divididas entre placas marrons (mais velhas) e placas verdes (mais novas). Várias frações de materiais valiosos estão contidas nos equipamentos eletrônicos, onde a maioria destas substâncias encontram-se nas placas de circuito impresso.

A tabela 01 mostra a composição média de elementos presentes na fabricação de uma placa de circuito impresso (PCI).

Tabela 01: Composição média de uma placa de circuito impresso.

Componentes da placas de circuito impresso		Quantidade	
		METAIS	VALORES
		Cu	14%
		Fe	6%
		Ni	2%
		Zn	2%
		Sn	2%
		Ag	0,30%
		Au	0,04%
		Pd	0,02%
	28%		
Plástico			19%
Bromo			4%
Materiais Cerâmicos, vidro e Óxidos			49%

Fonte: (GERBASE, *et al*, 2012).

Diante dessa percentagem de elementos contidos, o descarte irregular desse resíduo em locais inapropriados se torna um perigo, no meio-ambiente, os resíduos eletrônico, ao serem encaminhados para os aterros sanitários, podem causar danos à saúde. (FERREIRA *e col*, 2008). Isso ocorre devido a contaminação por parte do resíduo ao lençol freático e por

bioacumulação atinge o ser humano, que posteriormente poderá utilizar tanto da água contaminada ou vegetais que absorveram essas substâncias tóxicas. Fonseca (2008) cita que, a desestruturação de uma placa eletrônica pode gerar 22 mg/litro de Cádmio e 133 mg/litro de Chumbo, enquanto o ser humano suporta respectivamente 0,5 mg/litro e 5mg/litro desses elementos. Junto a isso, a OMS diz que taxas acima de 14 mg de mercúrio por quilo podem causar danos neurológicos no ser humano.

A tabela 02 e a tabela 03 especificam as principais substâncias utilizadas na fabricação dos aparelhos eletroeletrônicos, sendo correlacionados com seus principais danos à saúde, através do ponto de vista de duas literaturas PALLONE 2008; FERREIRA *e col*, 2008, respectivamente.

Tabela 02: Elementos presentes em equipamentos eletroeletrônicos.

Os vilões presentes nos eletrônicos			
Substância	Origem	Tipo de Contaminação	Efeito
Mercúrio	Computador, monitor, televisão de tela plana	Inalação e toque	Problemas de estômago, distúrbios renais e neurológicos, alterações genéticas e no metabolismo
Cádmio	Computador, monitor de tubo e baterias de laptops	Inalação e toque	Agente cancerígeno, afeta o sistema nervoso, provoca dores reumáticas, distúrbios metabólicos e problemas pulmonares
Arsênio	Celulares	Inalação e toque	Agente cancerígeno, afeta o sistema nervoso e cutâneo
Zinco	Baterias de celulares e laptops	Inalação	Provoca vômitos, diarreias e problemas pulmonares
Manganês	Computador e celular	Inalação	Anemia, dores abdominais, vômito, seborreia, impotência, tremor nas mãos e perturbações emocionais.
Cloreto de Amônia	Baterias de celular e laptops	Inalação	Acumula-se no organismo e provoca asfixia
Chumbo	Computador, celular e televisão	Inalação e toque	Irritabilidade, tremores musculares, lentidão de raciocínio, alucinação, insônia e hiperatividade
PVC	Usado em fios para isolar correntes	Inalação	Problemas respiratórios

Fonte: PALLONE, 2008 (adaptado).

Tabela 03: Substâncias encontradas nos aparelhos eletrônicos e seus malefícios à saúde humana.

Material	Localização	Malefícios a Saúde
Mercúrio	Computadores, monitores e TV de plasma	Danos no cérebro e fígado
Cádmio	Computadores, monitores de tubo e baterias de laptops	Envenenamento, problemas nos ossos, rins e pulmões
Arsênio	Celulares	Podem causar câncer no pulmão, doenças de pele e prejudicar o sistema nervoso
Berílio	Computadores e celulares	Causar câncer no pulmão
Retardantes de Chamas	Usados em diversos eletrônicos para prevenir incêndios	Problemas hormonais, no sistema nervoso e reprodutivo
Chumbo	Computadores, celular e televisão	Causa danos ao sistema nervoso e sanguíneo
Bário	Lâmpadas fluorescentes e tubos	Edema cerebral, fraqueza muscular, danos ao coração, fígado e baço
PVC	Usado em fios para isolar correntes	Se inalado, pode causar problemas respiratórios.

Fonte: Ferreira *e col*, 2008.

Segundo PRINCE *e col*, 2006, cerca de 25% das substâncias presentes em equipamentos de informática podem ser recuperadas, 72% são passíveis de reciclagem e outras 3% são substâncias contaminantes. Considerando essa composição, o lixo eletrônico passa de vilão a uma valiosa oportunidade de empreendimento ecologicamente correto. Ou seja, diante de um meio ambiente exausto de tanta exploração, a aplicação da logística reversa se faz mais que necessária e de um valor econômico e ambiental muito importante para toda sociedade.

2.3 Logística Reversa

A logística reversa é uma ação que se promove através de procedimentos de coleta e devolução dos resíduos sólidos à empresa de origem, para que assim as empresas reaproveitem o produto através de outros ciclos ou uma destinação correta e adequada para estes fins. Logo, a logística reversa vem tomando espaço no âmbito empresarial, sendo de grande importância no planejamento das operações e no controle de fluxo, agregando valor de natureza legal, ecológico, econômico e na imagem corporativa da organização.

Considerando o grande consumo, o elevado nível de matéria-prima e a conscientização com o meio ambiente, as empresas necessitam restaurar seus processos logísticos, implantando e planejando a cadeia da logística reversa dentro da organização. Com isso, é importante levar em consideração o descarte apropriado e a reciclagem dos produtos que são consumidos, pois as empresas atualmente fabricam produtos que ao serem descartados de forma incorreta, trazem diversos riscos ao meio ambiente, como as lâmpadas, agrotóxicos e pilhas.

Muitas empresas já realizam processos de reciclagem de matéria-prima e utilizam a Logística Reversa para reutilizá-las na sua produção. Conforme WILLE, 2015, BALLOU, 2015, P.27, “o processo de planejamento, implantação e controle do fluxo eficiente e eficaz de mercadorias, serviços e das informações relativas desde o ponto de origem até o ponto de consumo é um propósito de atender às exigências dos clientes”.

2.4 PNRS (Política Nacional de Resíduos Sólidos)

No ano de 2010, foi promulgada a Lei 12.305, que determina a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelos poderes públicos, com vista à prevenção e redução dos resíduos sólidos gerados no Brasil através da prática de atividades de consumo sustentável e um conjunto de princípios que incentivam a reciclagem e reutilização dos resíduos sólidos e/ou sua destinação correta. (BRASIL, 2010).

O ponto fundamental da PNRS é a obrigatoriedade de implantação de programas de Logística Reversa para o gerenciamento dos seguintes resíduos: pneus, resíduos e embalagens de agrotóxicos, medicamentos, baterias e pilhas, lâmpadas fluorescentes, equipamentos eletroeletrônicos e óleos lubrificantes. Através da responsabilidade, compartilha, pelo ciclo de vida dos produtos, entre governo, empresas e consumidores, impulsionar o retorno dos resíduos às indústrias após o consumo dos produtos, obrigando o poder público a realizar planos para o gerenciamento do lixo, possibilitando, assim, o tratamento, reaproveitamento e descarte ambientalmente correto. (BRASIL, 2010; WOLFF e CONCEIÇÃO, 2003).

3.2 Análise dos dados

Os resíduos que compõem esse estudo e os quais tiveram analisadas suas coletas entre os anos de 2016 a 2021 são os tubos CRT, plástico, ferro, cobre, alumínio, vidro, pilhas e placas de circuitos elétricos.

As informações foram cedidas pelo setor administrativo da empresa colaboradora. Os dados obtivos foram apresentados em forma de gráficos e tabelas confeccionados pelo autor, para determinar e identificar, de forma quantitativa, crescimentos ou decréscimos nos valores coletados em quilogramas (Kg) dos resíduos. Nessa etapa, ainda, além de registrar o total de material que foi coletado, também foi realizada uma descrição qualitativa, ou seja, os materiais foram descritos e identificados, para que dessa forma possa conhecer a quantidade e que tipo de material foi recolhido. Diante disso, e seguindo dentro da análise qualitativa, a qual também envolve a identificação de elementos químicos presentes em meio aos resíduos eletrônicos, permitiu estimar os impactos que seriam causados ao meio ambiente se tais equipamentos continuassem sendo destinados a lugares impróprios.

Paralelo ao estudo desses resíduos foi realizada também uma análise quantitativa das lâmpadas fluorescentes recolhidas, que se deu no período entre 2017 a 2021, a fim de poder mensurar a massa de mercúrio reutilizada na cidade.

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 – Análise de dados para o ano de 2016

Para o ano de 2016 os valores coletados pela empresa referente aos resíduos “Tubo CRT”, “Plástico”, “Ferro”, “Cobre”, “Alumínio”, “Vidro”, “Pilhas” e “Placas de Circuito Elétricos” estão sintetizados na tabela 04, juntamente com suas respectivas quantidades em quilos.

Tabela 04: Resíduos coletados em 2016.

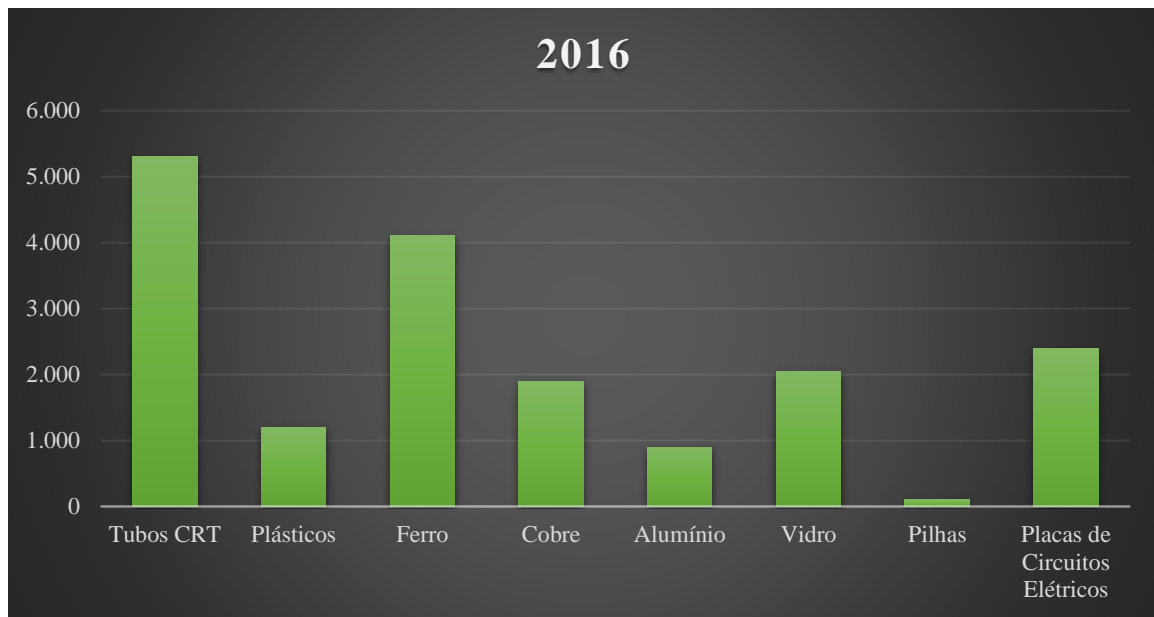
Resíduo	Quantidade (Kg)
Tubos CRT	5.300
Plásticos	1.200
Ferro	4.100
Cobre	1.900
Alumínio	900
Vidro	2.050
Pilhas	100
Placas de Circuitos Elétricos	2.400
Total	17.950

Fonte: Empresa colaboradora.

Com base nas informações da tabela 04, pode-se identificar que houve, no ano de 2016, uma coleta referente a mais de 17 mil quilos de resíduos eletroeletrônicos. Além disso, os materiais “Tubo CRT”, “Ferro” e “Vidro” foram os que tiveram maior destaque nesse processo. Entretanto, um outro resíduo, as “Placas de Circuito Elétricos”, de constituição mais leve, não menos poluidor e de grande potencial reciclável, teve destaque na coleta. As placas de circuitos impressos (PCI) como também são conhecidas as placas de circuitos elétricos, apresentaram um total de 2.400 quilogramas coletados, dessa forma foram responsáveis por cerca de 13,3 % do total de resíduo coletado no ano de 2016.

Em comparação a todo o período nesse trabalho estudado, 2016 apresenta os menores valores coletados. Isso pode ter como causa a baixa abrangência de infraestrutura instalada, onde na cidade não havia empresa responsável que oferecia ou informava locais de coleta seletiva adequada. Segundo ABRELPE (2016), 41,6% dos resíduos sólidos gerados no ano de 2016 ainda eram dispostos em lixões ou aterros controlados, que são considerados formas de disposição inadequada e ecologicamente prejudicial ao meio ambiente.

O Gráfico 01 exemplifica os referentes valores do ano de 2016 e evidencia os potenciais coletados.

Gráfico 01: Exemplificação dos valores coletados em 2016.

Fonte: Elabora pelo autor.

4.2 – Análise de dados para o ano de 2017

No ano de 2017 todos os valores de resíduos coletados tiveram aumento em relação ao ano de 2016. Entretanto, alguns materiais tiveram crescimentos bem maiores em relação a outros. Isso pode ser explicado pela modernização e aplicação de projetos dentro da empresa na cidade e que, ao longo do tempo foi conseguindo aumentar sua capacidade logística e de infraestrutura a fim de suportar a demanda do município.

A Tabela 05 traz os resultados da quantidade de resíduos coletados no ano de 2017.

Tabela 05: Resíduos coletados em 2017.

Resíduo	Quantidade (Kg)
Tubos CRT	8.100
Plástico	4.700
Ferro	7.500
Cobre	3.300
Alumínio	2.300
Vidro	4.800
Pilhas	120
Placas de Circuitos Elétricos	3.500
Total	34.320

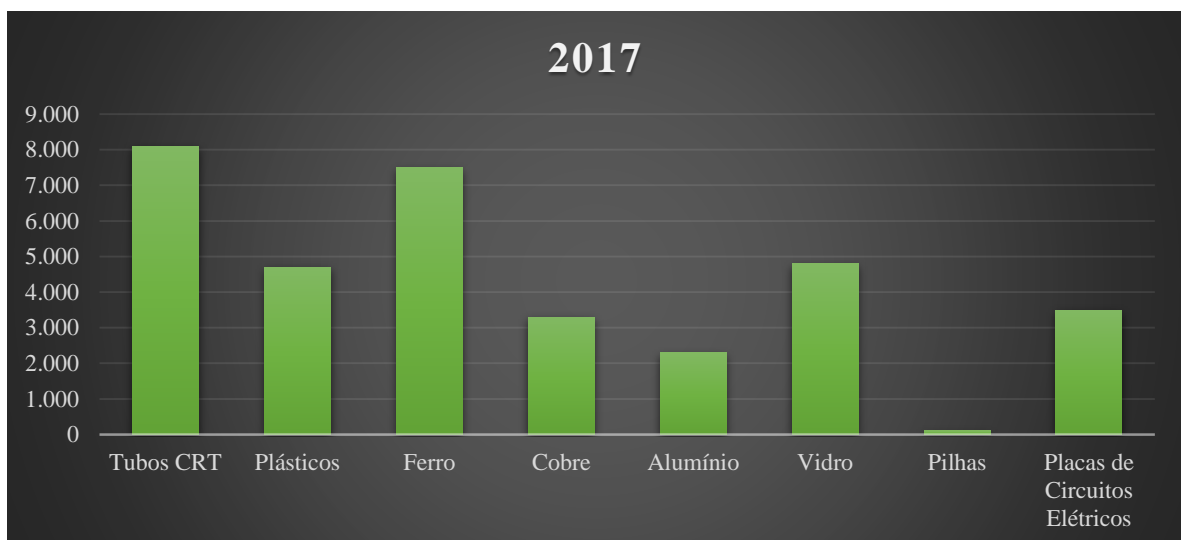
Fonte: Empresa colaboradora.

Pode-se observar que o total de resíduo coletado no ano de 2017 é aproximadamente o dobro da quantidade total coletada no ano de 2016.

Os “Tubos CRT” continuaram sendo o material com maior expressão dentro da empresa. Por outro lado, três materiais chamaram a atenção para o expressivo aumento na coleta. Foram eles o “plástico”, o “alumínio” e o “vidro” que embora a quantidade no gráfico 02 não seja tão significativa com relação aos outros resíduos, esses materiais foram responsáveis por cerca de 391,6 %, 255,5% e 234,1% de aumento, respectivamente, do próprio resíduo em relação ao ano anterior.

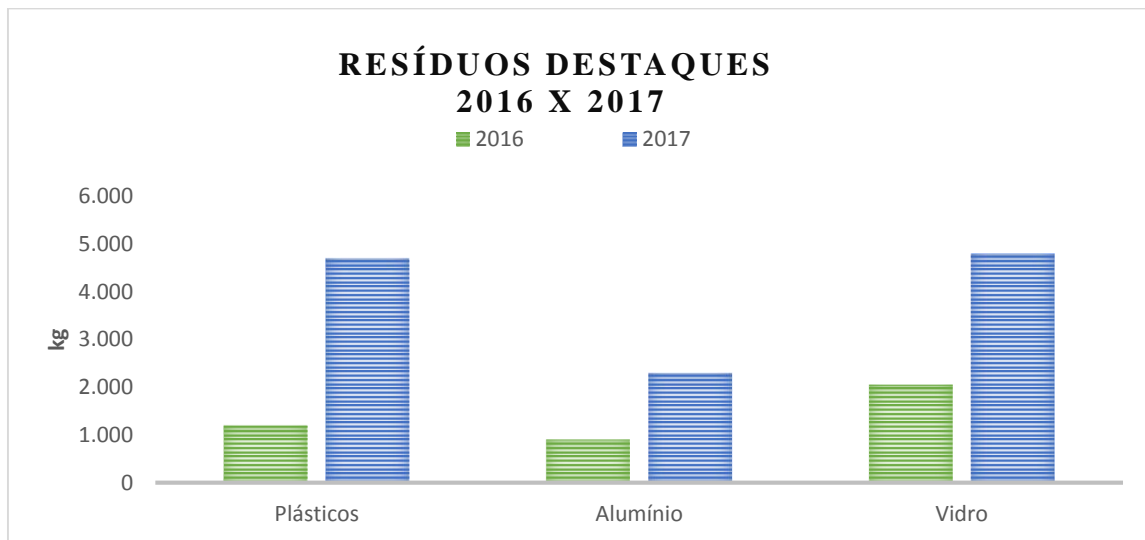
Para JAMES WRIGHT, 2004, a reciclagem de plástico e vidro no Brasil crescerá em função de serem fontes de matérias-primas e pela redução do custo final de obtenção dessas mesmas matérias. Além disso ressalta que é uma importante meta de todos os setores empresariais pela perspectiva futura de escassez de insumos e também devido a maior conscientização quanto à necessidade de reduzir os impactos locais.

Gráfico 02: Exemplificação dos valores coletados em 2017.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O Gráfico 03 mostra o aumento obtido dos três materiais que se destacaram entre os anos de 2016 e 2017.

Gráfico 03: Relação 2016 x 2017 dos resíduos destaques.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 – Análise de dados para o ano de 2018

Em 2018 foi observado, novamente, que as taxas de coleta dos resíduos em Montes Claros apresentaram crescimento. Todos os materiais que a empresa colaboradora é responsável por coletar, tiveram aumentos em sua quantidade anual em relação ao ano anterior, 2017. No ano vigente, em três resíduos distintos foi possível constatar uma produção de coleta com mais de 10 toneladas recicladas de cada material. Os “Tubos de CRT” juntamente com o “Plástico” e o “Ferro” foram responsáveis, juntos, por mais de 30.000 kg de resíduos coletados no ano de 2018. A tabela 06 mostra esse resultado.

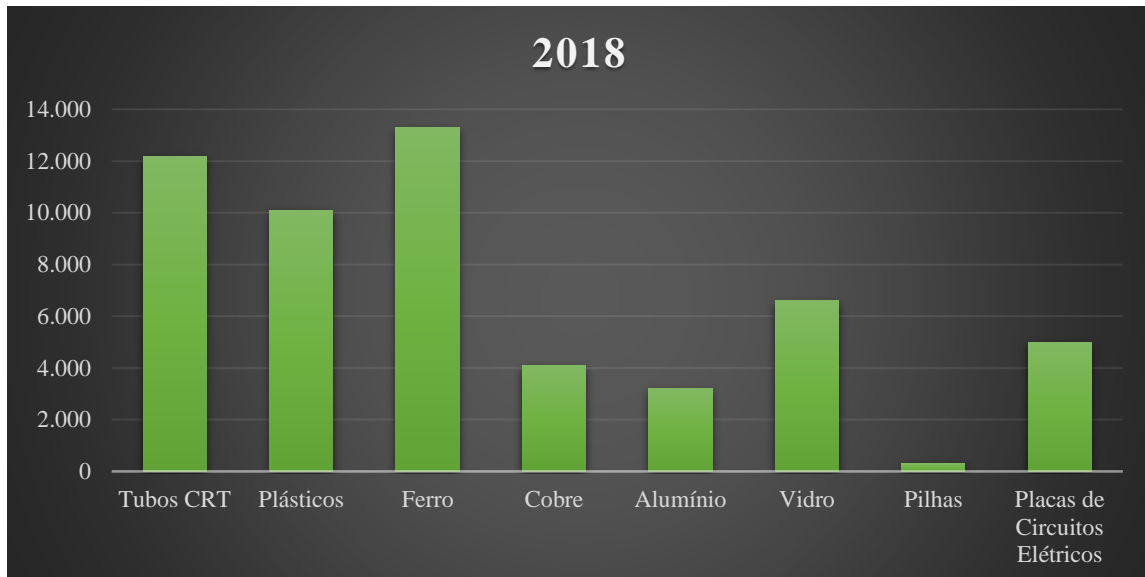
Tabela 06: Resíduos coletados em 2018.

Resíduo	Quantidade (Kg)
Tubos CRT	12.200
Plástico	10.100
Ferro	13.300
Cobre	4.100
Alumínio	3.200
Vidro	6.600
Pilhas	320
Placas de Circuitos Elétricos	5.000
Total	54.520

Fonte: Empresa colaboradora.

A produção total de 2018 foi de 54.520 quilos coletados, ou seja, mais de 50 toneladas destinadas corretamente. No gráfico 04 pode-se observar a diferença entre os três resíduos que tiveram a produção maior que 10 toneladas e os outros resíduos que ainda não atingiram essa faixa.

Gráfico 04: Exemplificação dos valores coletados em 2018.



Fonte: Empresa Colaboradora.

4.4 – Análise de dados para o ano de 2019

A quantidade de resíduo coletado no ano de 2019 estão representados abaixo pela Tabela 07.

Tabela 07: Resíduos coletados em 2019.

Resíduo	Quantidade (Kg)
Tubos CRT	18.600
Plástico	14.800
Ferro	22.000
Cobre	5.000
Alumínio	3.500
Vidro	9.200
Pilhas	432
Placas de Circuitos Elétricos	7.000
Total	80.532

Fonte: Empresa colaboradora.

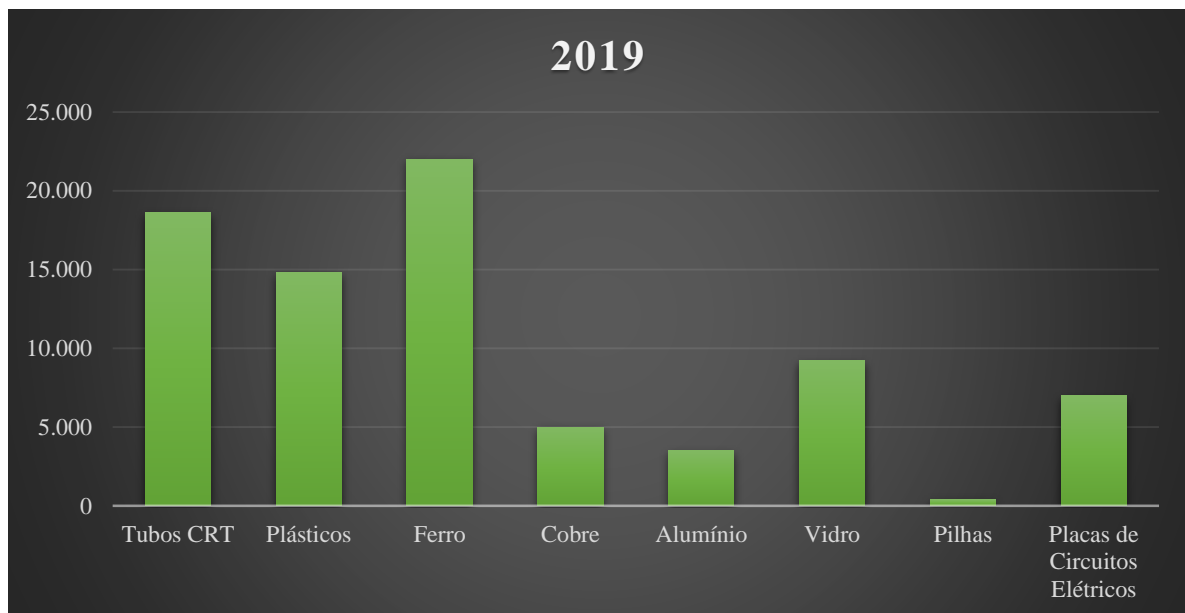
Através da Tabela 07 identifica-se que o “ferro” ultrapassou os “tubos CRT” em quantidade coletada. Entretanto, no ano de 2018 o mesmo material, “Ferro”, já havia obtido números melhores que os demais materiais coletados. Por outro lado, foi o primeiro ano em que teve maior relevância, ficando cerca de 4 toneladas e 18% a frente do segundo material

mais recolhido e dessa forma sendo responsável por 27,32% do total de recolhimento do ano de 2019.

Esse crescimento na coleta do “ferro” pode ser explicado pela expansão territorial de abrangência da empresa colaboradora dentro da cidade, uma vez que devido a divulgação de seus serviços a população e o setor industrial tiveram conhecimento do descarte regular e correto desse tipo de material. Em uma outra análise, a substituição de televisores e monitores de tubos CRT, mais pesados, por televisores e monitores de LCD ou tela plana, mais leves, fizeram com que os números de tubo CRT coletados diminuíssem e dessa forma proporcionasse ao “ferro” lugar mais alto nos valores coletados, em quilos, a partir de 2019.

O Gráfico 05 mostra os valores coletados no ano de 2019.

Gráfico 05: Exemplificação dos valores coletados em 2019.



Fonte: Empresa colaboradora

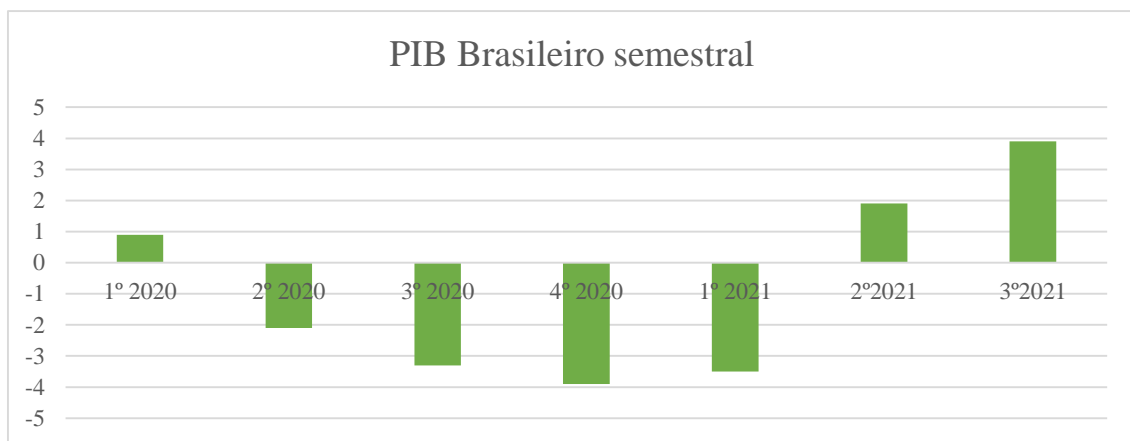
4.5 - Análise de dados para o ano de 2020

O ano de 2020 foi um período atípico no decorrer do tempo estudado nesse trabalho, pois a cidade se mostrava em ascensão de acordo com os índices apresentados ao longo dos anos, porém em relação a 2019 teve seus níveis de coleta bem abaixo do esperado. Isso pode ter como causa a pandemia do Covid-19, que assolou o mundo inteiro e trouxe vários problemas dificultando a ação da coleta na cidade.

O proprietário da empresa colaboradora conseguiu diminuir o contingente de funcionários para que a coleta não parasse no município e dessa forma a destinação correta dos materiais recolhidos continuassem. Porém, com os decretos de *lockdown* realizados, praticamente, em todo o país e também na cidade de Montes Claros, os índices de material coletado sofreram com as baixas. Isso porque houve uma diminuição drástica na circulação de pessoas e também no funcionamento de empresas e fábricas da cidade. A OMS, com a intenção de diminuir os impactos potenciais relacionados ao avanço da Covid-19, determinou o isolamento de pessoas, o impedimento de realizações de aglomerações, fechamentos de fronteiras e alguns estabelecimentos, além de outros cuidados sanitários. (OMS,2020a).

Com base nas estatísticas do IBGE, o ano de 2020 apresentou queda de 3,9 % no PIB anual, pela baixa condição de produtividade, locomoção e obtenção de matérias-primas, dessa forma acumulando valores mais baixos de semestre a semestre como pode ser observado no Gráfico 06.

Gráfico 06: PIB brasileiro de 2020 e três primeiros trimestres de 2021.



Fonte: IBGE, 2021

A Tabela 08 mostra a quantidade de material que foi possível coletar em 2020.

Tabela 08: Resíduos coletados em 2020.

Resíduo	Quantidade (Kg)
Tubos CRT	11.800
Plástico	7.300
Ferro	14.100
Cobre	3.500
Alumínio	2.900
Vidro	7.000
Pilhas	180
Placas de Circuitos Elétricos	2.800
Total	49.580

Fonte: Empresa colaboradora

Com o Gráfico 07 é possível identificar os baixos índices coletados no ano de 2020 em relação ao ano de 2019, evidenciando os prejuízos que a pandemia proporcionou para o setor.

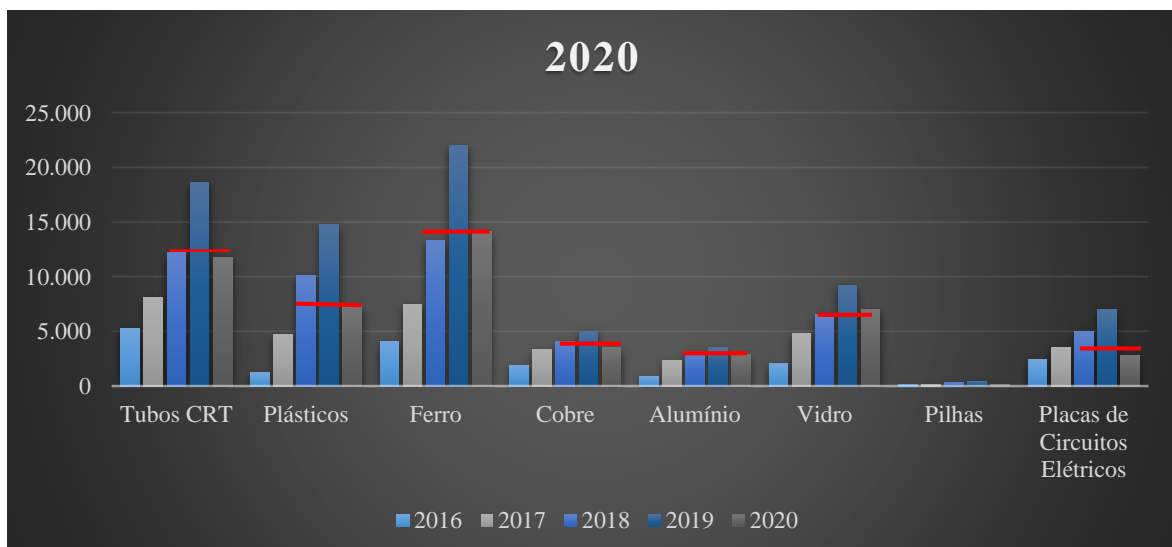
Gráfico 07: Relação entre os resíduos coletados de 2019 e 2020.



Fonte: Elaborado pelo autor

As quantidades coletadas no ano de 2020 sofreram decréscimos quando comparadas a 2019. Entretanto, não podem ser considerados níveis ruins de quantidade reciclada, uma vez que apesar de toda dificuldade encontrada ao longo do ano os parâmetros de recolhimento de resíduos podem ser comparados com o ano de 2018, o qual teve cerca de 54 toneladas de resíduos coletadas e o ano de 2020 aproximadamente 50 toneladas recolhidas. Isso pode ser identificado no Gráfico 08, abaixo.

Gráfico 08: Comparação de 2020 com os anos antecedentes e identificação com ano de 2018.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.6 – Análise de dados para o ano de 2021

Em 2021 pode-se observar o que se esperava para o ano de 2020. Os valores retornaram a ter uma ascensão e os índices de coleta aumentaram. Pelo Gráfico 06 nota-se que a partir do primeiro semestre do ano de 2021 é interrompida a diminuição do PIB, e a partir desse momento a economia volta a crescer. A Tabela 09 destaca as quantidades coletadas e evidencia a retomada do crescimento de acordo com os materiais recolhidos nesse trabalho.

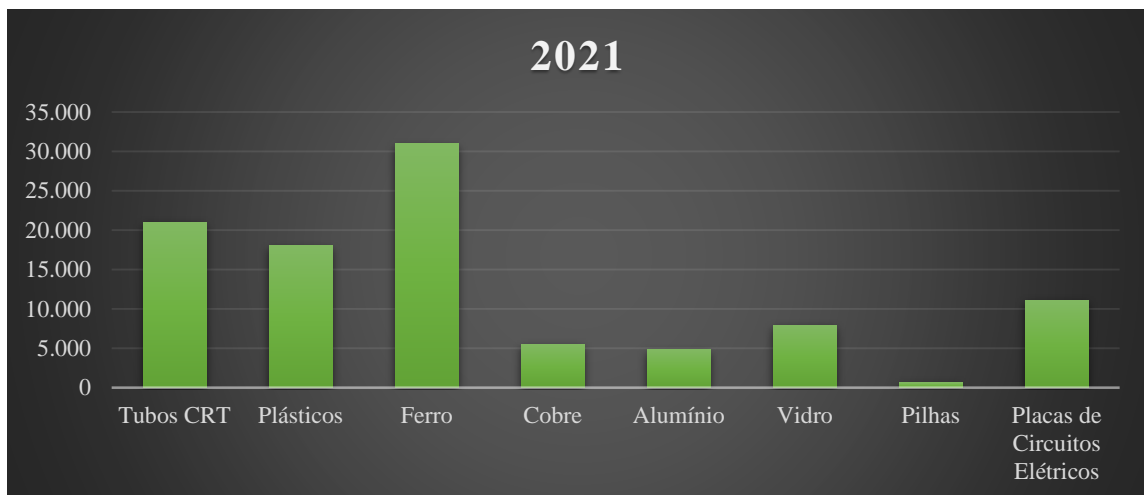
Tabela 09: Resíduos coletados em 2021.

Resíduo	Quantidade (Kg)
Tubos CRT	21.000
Plástico	18.000
Ferro	31.000
Cobre	5.500
Alumínio	4.800
Vidro	7.900
Pilhas	678
Placas de Circuitos Elétricos	11.100
Total	99.978

Fonte: Empresa colaboradora

O Gráfico 09 exemplifica os valores da tabela 09.

Gráfico 09: Exemplificação dos valores coletados em 2021.



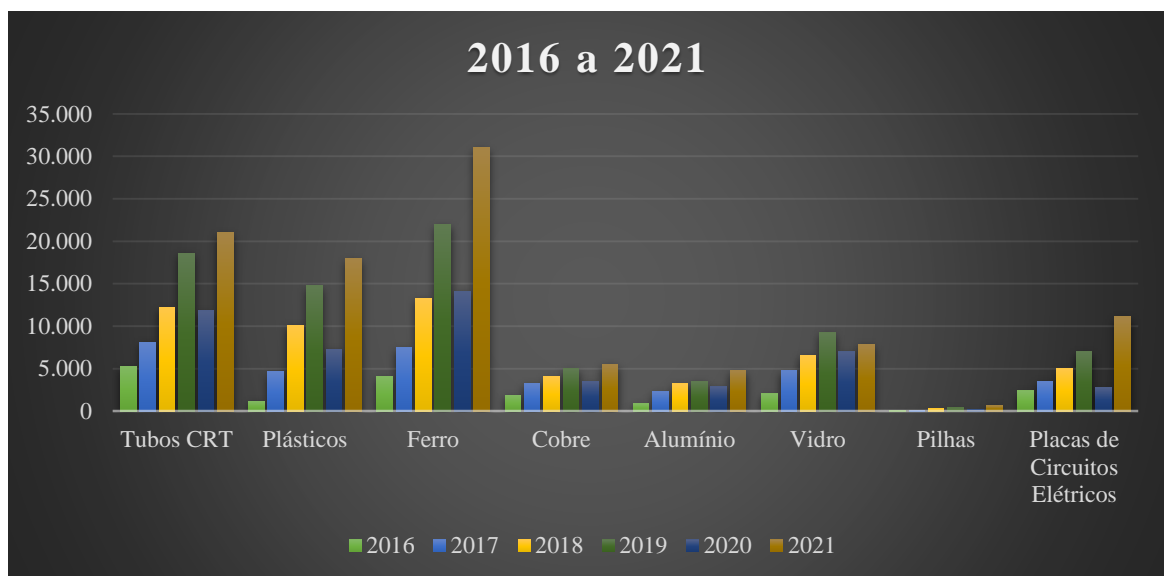
Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao longo dos seis anos estudados por esse trabalho, 2021 é o ano com a maior quantidade coletada, totalizando um montante de 99.978 quilos de resíduos anuais recolhidos.

Entre 2016 e 2021 foi possível observar uma curva de crescimento interrompida pelo ano de 2020, o qual foi uma exceção nos resultados obtidos, já que a pandemia dificultou a coleta de materiais pela cidade. Fora isso, não houve material que não obteve crescimento ano após ano. É válido lembrar também, que houve um aumento de 82.028 quilos de resíduos coletados do primeiro ano até o último ano estudado, o que representa 556,98% de crescimento entre a coleta total de 2016 e a coleta realizada em 2021. Com isso, 2021 demonstra uma boa ampliação no sistema de coleta de resíduo de sólido eletrônico para a cidade, correspondendo a 29,65% do total de material reciclado de todos os anos abordados.

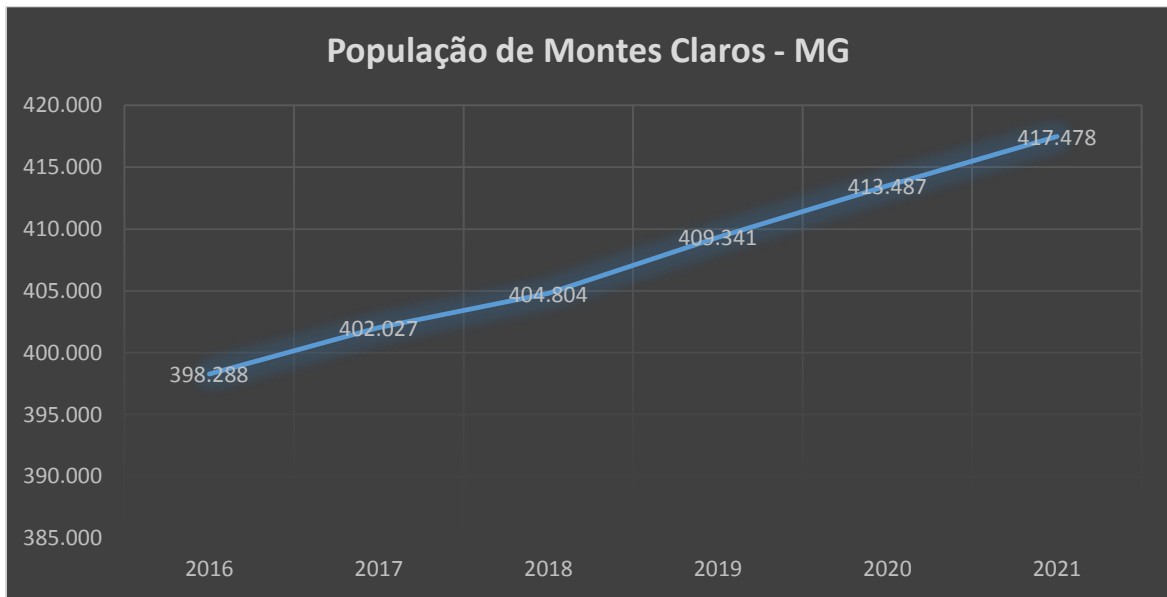
O gráfico 10 mostra a curva de crescimento observada entre o ano de 2016 até o ano de 2021.

Gráfico 10: Relação entre todos os anos estudados.



Fonte: Elaborado pelo autor

É possível ainda relacionar o gráfico 09 a dois outros fatores a serem analisados. A cidade de Montes Claros apresentou aumento de 4% em sua população entre os anos de 2016 a 2021, o que representa 19.190 habitantes a mais no município e que pode ser identificado no Gráfico 11. Esse valor indica uma média de aproximadamente 3.200 novas pessoas por ano. Entretanto, esse crescimento populacional não traz significância para este estudo, uma vez que o crescimento nas taxas de coleta de resíduo é bem mais expressivo.

Gráfico 11: Crescimento populacional de Montes Claros – MG.

Fonte: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579>

O fator de significância determinante para o aumento das taxas de coleta de resíduos sólidos é a abrangência maior que a empresa colaboradora se dispôs a assumir nesse período. Dessa forma, aumentou seu campo de atuação na cidade com aplicação de mais ecopontos destinados a recolher maiores volumes da própria população a qual não tinha uma referência de local para destinar seu resíduo eletrônico. Foi responsável também por disseminar informação em suas redes sociais (Figura 03 e Figura 04) além de ir em escolas, a fim de educar ecologicamente o maior número de pessoas de todas as faixas etárias (Figura 05 e Figura 06). Dessa forma, a empresa teve o compromisso de expandir sua infraestrutura e alcance para conseguir garantir e suportar a demanda que Montes Claros necessita.

Figura 03: Informativa virtual da empresa colaboradora identificando os resíduos que podem ser coletados por ela.



Fonte: @lax.ambiental

Figura 04: Marketing da empresa colaboradora informando seu “dique coleta”.



Fonte: @lax.ambiental

Figura 05: Educação ambiental infantil de coleta seletiva de resíduos sólidos, realizada pela Lax.



Fonte: @lax.ambiental

Figura 06: Educação ambiental do fundamental 2 para coleta adequada de resíduo de sólido eletrônico realizada, pela lax.



Fonte: @lax.ambiental

4.7 Lâmpadas Fluorescentes

Outro resíduo estudado por esse trabalho foram as lâmpadas fluorescentes, que obtiveram os seguintes valores de coleta, como é mostrado na tabela 10.

Tabela 10: Lâmpadas coletadas entre 2016 e 2021

Resíduo	Unidades de lâmpadas por ano						Total
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Lâmpada	0	1.100	12.000	18.900	11.350	19.000	62.350

Fonte: Empresa Colaboradora

É possível identificar o mesmo padrão dos outros resíduos coletados em relação às lâmpadas fluorescente, uma vez que houve crescimento anual interrompido apenas pelo ano da pandemia, 2020. Não houve coleta em 2016 pois não havia autorização para esse tipo de serviço, apenas no ano de 2017 que foi adquirida a permissão e a partir desse momento deu-se início a coleta de lâmpadas no município.

Segundo a U.S.EPA (*United States Environmental Protection Agency*), (2008), a quantidade média de mercúrio em cada lâmpada fluorescente é de 21 mg. Diante disso, com um total de 62.350 unidades coletadas foi possível, em Montes Claros dentro do período estudado, destinar corretamente 1.309.350 mg ou 1.309,35 g ou ainda 1,3 kg de mercúrio.

5- CONCLUSÃO

O estudo permitiu concluir que a cidade de Montes Claros – MG tem um grande potencial para a preservação ambiental quando se refere à coleta e destinação de resíduos de sólidos eletrônicos. Pode-se afirmar também que a falta de conhecimento por parte da população juntamente com a falta de infraestrutura empresarial responsável pelo serviço, atrasou o município a descobrir seu potencial ecológico.

Conclui-se também que houve, entre os anos de 2016 e 2021, crescimento no setor de coleta bem expressivo, o qual não foi justificado pelo crescimento populacional e sim pela melhora e expansão da empresa que realiza esse tipo de trabalho local. Diante disso, enfatiza-se que em Montes Claros já havia oferta, demanda e necessidade deste serviço na cidade.

Diante disso, a coleta dos resíduos estudados evidenciam que a cidade busca crescer de maneira harmônica com o meio ambiente proporcionando cuidados à saúde humana, uma vez que a destinação correta de resíduos de sólidos eletrônicos vem sendo bem realizada e com isso evitando a poluição ambiental e a contaminação do homem.

6- SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se que, para uma posterior pesquisa, seja feita a análise sistêmica dos dados abrangendo todos os municípios que a empresa colaboradora conseguiu alcançar até o presente momento, correlacionando a microrregião do norte de Minas, avaliando os potenciais de cidades ao entorno de Montes Claros e deduzindo se as mesmas obtiveram resultados semelhantes aos encontrados nesse trabalho, já que são atendidas pela mesma empresa que colaborou com esse estudo.

É possível analisar também a coleta de forma separada entre resíduos coletados de núcleo familiar e resíduos coletados de núcleo industrial, podendo dessa forma identificar qual tipo de resíduo é mais reciclado e destinado corretamente entre esses dois setores de coleta.

Além disso, esperasse a aquisição de novas licenças a fim de poder coletar novos tipos de materiais eletrônico e dessa forma trabalhos futuros poderão inclui-los dentro de uma pesquisa como esta realizada.

7- REFERÊNCIAS

ABINEE, **Associação brasileira da indústria eletroeletrônica**. Disponível em:<
<http://www.abinee.org.br/>> Acesso em: 26.nov.2021.

ABRELPE. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **PANORAMA DO RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL**. São Paulo: Abrelpe, 2016. Anual. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>>. Acesso em: 24 jan. 2022.

BALDÉ, C. P. *et al.* **The Global E-waste Monitor–2017**, United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna. Bonn/Geneva/Vienna, 2018.

BARBOSA, Tailine Silva Pinheiro. **A Logística Reversa como Instrumento de Vantagem Competitiva**. Revista Terceiro Setor & Gestão-UNG-Ser, v. 11, n. 1, p. 05-23, 2018.

BRASIL. **Lei nº 12305, Política Nacional de Resíduos Sólidos**, de 02 de agosto de 2010.

BRASIL - **CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA**. Resolução nº 401, de 4 de novembro de 2008. Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado, e dá outras providências. Considerando a necessidade de minimizar os impactos negativos causados ao meio ambiente pelo descarte inadequado de pilhas e baterias; Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=589>> Acesso em: 30 abril 2021.

CEMPRE: **Compromisso Empresarial para Reciclagem. Apresenta informações sobre reciclagem**. Disponível em:< <http://www.cempre.org.br/>>. Acesso em: 29.nov.2021.

CEMPRE: **Compromisso Empresarial para Reciclagem. Apresenta informações sobre reciclagem**. Disponível em:< <http://www.cempre.org.br/>>. Acesso em: 30.nov.2021.

CIMÉLIA, **Reciclagem de eletro-eletrônicos**. (www.cimelia.com.br ou www.cimeliaglobal.com). Disponível em < http://idgnow.uol.com.br/computacao_pessoal>. Acesso em: 29.nov.2021.

FERREIRA, J. M, B.; FERREIRA, A. C. **A Sociedade da Informação e o Desafio da Sucata Eletrônica**. Revista de Ciências Exatas e Tecnologia. Vol.III, nº 3, P. 157-170, 2008.

GERBASE, A. E; OLIVEIRA, C. R. **Reciclagem do lixo de informática: uma oportunidade para a química**. Quim. Nova, Vol. 35, No. 7, 1486-1492, 2012.

GUEDES, A. C; OLIVEIRA. R. L; LIMA, R. S. **Lixo eletrônico e logística reversa: um estudo de caso em uma associação de catadores de materiais recicláveis**. (2010)

IBGE. ESTIMATIVA DE POULAÇÃO. **SIDRA.COM**, 2021. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6579>>

JÚNIOR, W. A. D; WINDMOLLER, C. C. **A Questão do Mercúrio em Lâmpadas Fluorescentes.** (2008)

KITAJIMA, L. W; GURDA, G. F.; DALSTON. C. R. **A Educação Ambiental como instrumento na administração dos problemas do lixo eletrônico: uma proposta.**

Disponível em: < <https://periodicos.unifesp.br/index.php/revbea/article/view/2660>>

LEITE, P. R. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade.** São Paulo: 2. Ed. Editora Pearson Prentice Hall, 2009.

MMA, **Ministério do Meio Ambiente.** Disponível em:<

<http://www.mma.gov.br/index.php/comunicacao/agencia-informma?view=blog&id=2640>>

Acesso em: 26.nov.2021.

OMS. **Q&A on coronaviruses (COVID-19): How does COVID-19 spread?,** 2020a.

Disponível em: <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/q-a-coronaviruses>. Acesso em: 24 jan. 2022

ROGERS, D. S.; TIBBEN-LEMBKE, R. S. **Going Backwards: Reverse Logistics Trends and practices.** Reno: Universidade de Nevada, 1999.

SARAIVA, A. L. **Construindo a sustentabilidade a partir da logística reversa dos resíduos de equipamentos eletrônicos – REEE’s e o impacto socioambiental desta ação.**

In: II SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE RESÍDUOS DE EQUIPAMENTOSELETRÔNICOS. Recife. 2012

WRIGHT, J. T. C; GIOVINAZZO, R. A. **Crescimento sustentável da indústria de plásticos criando estratégias de ação.** Disponível em

<https://www.scielo.br/j/ram/a/J9wbC5L76ZXty5WSLg8jN8j/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 24 jan 2022