



UFOP



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

Universidade Federal de Ouro Preto

Escola de Minas – Departamento de Engenharia Ambiental

Curso de Graduação em Engenharia Ambiental



Valber de Souza Azevedo

Gestão de Resíduos Sólidos e Efluentes em Construção de Subestações de Alta Tensão (138kV)

Ouro Preto

2022

Gestão de Resíduos Sólidos e Efluentes em Construção de Subestações de Alta
Tensão (138kV)

Valber de Souza Azevedo

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito para a
obtenção do Grau de Engenheiro
Ambiental na Universidade Federal de
Ouro Preto.

Data da aprovação: 04/11/2022

Área de concentração: Engenharia Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Guilherme José Cunha Gomes– UFOP

Ouro Preto

2022

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

A994g Azevedo, Valber de Souza.
Gestão de resíduos sólidos e efluentes em construção de subestações de alta tensão (138kV). [manuscrito] / Valber de Souza Azevedo. - 2022.
66 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Guilherme José Cunha Gomes.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.
Escola de Minas. Graduação em Engenharia Ambiental .

1. Resíduos sólidos. 2. Política Nacional de Resíduos Sólidos (PLRS). 3. Resíduos - Caracterização. 4. Energia elétrica - Distribuição - Alta tensão. 5. Resíduos industriais. I. Gomes, Guilherme José Cunha. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 502:504

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Valber de Souza Azevedo

Gestão de Resíduos Sólidos e Efluentes em Construção de Subestações de Alta Tensão (138kV)

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental

Aprovada em 04 de Novembro de 2022

Membros da banca

Prof. Dr. Guilherme José Cunha Gomes - Orientador(a) (Universidade Federal de Ouro Preto)
Profa. Dra. Lívia Cristina Pinto Dias (Universidade Federal de Ouro Preto)
MSc. Marllus Henrique Ribeiro de Paiva (Universidade Federal de Ouro Preto)

[Guilherme José Cunha Gomes, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 02/02/2023



Documento assinado eletronicamente por **Guilherme Jose Cunha Gomes, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 02/02/2023, às 22:22, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0468531** e o código CRC **FC1D1A6B**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a primeiramente a Deus, pela oportunidade de estar estes últimos anos em uma instituição de ensino de qualidade e gratuita fornecidos pela Universidade Federal de Ouro Preto e nossa gloriosa e honrosa Escola de Minas, da qual sempre foi um sonho fazer parte. Sem a Pró-Reitoria de Assuntos Comunitários e Estudantis-PRACE e a Fundação Gorceix, não seria possível estar eu aqui escrevendo, onde durante o período de 2015 a 2021, pude ser bolsista e desenvolver atividade remunerada junto ao restaurante universitário tornando possível estudar de forma contínua.

Agradeço à Beatriz Ferreira Gomes, hoje minha esposa, sem ela eu não teria sido admitido e muito menos concluído o curso de Engenharia Ambiental.

Minha Mãe, Maria Aparecida de Souza Cabaline, a quem sempre esteve comigo, juntamente com meus irmãos e meu padrasto, Vander Luis de Souza Azevedo, Vandreso de Souza Azevedo e Edes Cabaline respectivamente, como alicerce, quando em situações delicadas estiveram presentes.

Não podendo deixar de citar meus queridos companheiros de moradia, Marcos Rafael da Silva, Tiago Marcos, Jean Yvis, Lucas Dimas e Guilherme Ferreira. A caminhada sempre fica mais fácil quando encontramos companheiros.

Ao professor Guilherme José Cunha Gomes, pela orientação neste período de desenvolvimento deste trabalho do qual prestou todo o suporte necessário e a professora Livia Cristina Pinto Dias por toda orientação e conselho durante todo o período acadêmico. Ao professor Frederico Garcia Sobreira, José Francisco Prado Filho, Alberto de Freitas Castro Fonseca, Aníbal Santiago, Lia Porto, Eneida Eskinazi, Hubert Mathias Peter Roeser o meu sincero obrigado e gratidão por toda a vida.

RESUMO

O uso da energia elétrica é essencial para garantir qualidade de vida e progresso econômico. No entanto, em obras de construção e montagem de subestações de energia, que viabilizam a distribuição de energia elétrica, diversos resíduos são pouco reportados na literatura e necessitam de uma correta destinação. Este trabalho objetiva mapear os resíduos sólidos e efluentes de todas as fases de implantação de uma subestação de energia em no estado de Minas Geais. Para tanto, o inventário e o potencial de reciclagem dos resíduos gerados por uma empresa responsável pela construção e montagem de uma subestação de energia de 138 kV foram analisados. Os resultados mostram que 80% dos resíduos gerados são não perigosos (50% Classe II-A e 30% Classe II-B). Observou-se que há um grande potencial para reaproveitamento de resíduos da construção civil e madeira. Em 4 meses de análise, 3 toneladas de resíduos de construção civil e 1,8 toneladas de sucatas foram gerados. A dimensão de dados obtidos no inventário pode facilitar uma maior interação entre associações de reciclagem de comunidades locais e empresas ligadas à construção e operação de subestações de energia.

Palavras-chaves: Resíduos sólidos e efluentes; Política Nacional de Resíduos Sólidos; Caracterização de resíduos; Subestação de energia.

ABSTRACT

The use of electrical energy is essential to ensure quality of life and economic progress. However, the construction and assembly works of energy substations enable the distribution of electric energy, several few reported in the literature and energy management of a correct destination. This work aims to map the solid waste and effluents of all phases of implementation of a power substation in the state of Minas Gerais. To this end, the inventory and the recycling potential of those generated by a company responsible for the construction and assembly of a 138 kV power substation were analyzed. The results show that the results generated are not hazardous (50% Class II-A and 30% Class II-B). Note that there is great potential for reuse of construction waste and wood. In 4 months of analysis, 3 tons of civil construction waste and 1.8 tons of scrap were generated. The dimension of data obtained in the inventory can facilitate an interaction between recycling organizations in local communities and companies involved in the construction and operation of energy substations.

Keywords: Solid waste and effluents; National Solid Waste Policy; Waste characterization; Energy substation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Responsáveis legais	16
Figura 02 – Fluxograma da metodologia.....	22
Figura 03 – Gráfico NBR Nº 10004 / 2004	31
Figura 04 – Gráfico CONAMA Nº307 / 2002	32
Figura 05 – Fase de escavação e terraplenagem	34
Figura 06 – Fase de terraplenagem e compactação	34
Figura 07 – Malha de aterramento	35
Figura 08 – Canaleta.....	36
Figura 09 – Rede de drenagem.....	37
Figura 10 – Cerca divisória.....	38
Figura 11 – Transformador posicionado sob o sistema coletor de óleo	39
Figura 12 – Banheiros químicos sendo succionados por caminhão limpa fossa.....	40
Figura 13 – Teste de opacidade.....	41
Figura 14 – Termo de doação de madeira	43
Figura 15 – Gráfico resíduos destinados a reciclagem	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Classificação de resíduos - NBR 10004/2004	06
Tabela 02 – CONAMA Nº 307, De 5 De Julho De 2002.....	08
Tabela 03 – Composição dos resíduos de construção civil.....	11
Tabela 04 – Resíduos de usinas	14
Tabela 05 – Resíduos gerados em subestação	29
Tabela 06 – Resíduos gerados nas atividades e seu potencial de reciclagem	42
Tabela 07 – Quantitativo de resíduos.....	44
Tabela 08 – Principais resíduos destinados	45

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

EPI – Equipamento de proteção individual

ETC – Estações Transformadoras de Consumidor

ETD – Estações Transformadoras de Distribuição

ETT – Estações Transformadoras de Transmissão

ICB – Industry Classification Benchmark

MTR – Manifesto de Transporte de Resíduos

NBR – Norma Brasileira

NR – Norma Regulamentadora

PGRS – Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos

PVC – Policloreto de Vinila

PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos

RCC – Resíduos Sólidos Na Construção Civil

SE – Subestação

SINIR – Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos

SISNAMA – Sistema Nacional do Meio Ambiente

SINIMA – Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente

SINISA – Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico

SNVS – Sistema Nacional de Vigilância Sanitária

SUASA – Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVO GERAL	3
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1	POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS.....	4
3.1.1	Classificação de resíduos - NBR 10004/2004.....	5
3.1.2	Classificação de Resíduos Resolução CONAMA 307 / 2002.....	7
3.1.3	Princípios e Instrumentos da PNRS.....	9
3.2	RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL – RCC.....	11
3.2.1	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Efluentes - PGRS 12	
3.2.2	O Setor elétrico e a gestão de resíduos.....	13
	Tabela 04: Resíduos de usinas	14
3.2.3	Responsáveis legais	15
3.3	CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DE UMA SUBESTAÇÃO	17
3.3.1	Subestações de energia das concessionárias:	17
3.3.2	Subestações de energia dos consumidores:.....	18
3.3.3	Obra civil:	19
3.3.4	Montagem eletromecânica:	19
4	MÉTODOS	21
4.1	FLUXOGRAMA DO DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....	21
5	RESULTADOS.....	24

5.1	GERENCIAMENTO INTERNO DE RESÍDUOS	24
5.1.1	Gestão:.....	24
5.1.2	Acondicionamento:.....	24
5.1.3	Armazenamento temporário:.....	24
5.1.4	Coleta e Transportes Externos:.....	25
5.1.5	Disposição Final:.....	25
5.1.6	Identificação:	25
5.1.7	Segregação.....	25
5.1.8	Transporte Interno.....	26
5.2	IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO	27
5.2.1	Gráfico NBR nº 10004 / 2004.....	31
5.2.2	Gráfico CONAMA nº307 / 2002.....	32
5.3	CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS EM CADA FASE DA CONSTRUÇÃO.....	33
5.3.1	Escavação e terraplanagem.....	33
5.3.2	Malha de aterramento	35
5.3.3	Canaletas	36
5.3.4	Rede de drenagem	36
5.3.5	Cerca divisória	37
5.3.6	Sistema coletor de óleo.....	38
5.3.7	Efluente Sanitário.....	39
5.3.8	Efluentes gasosos.....	40
5.4	POTENCIAL DE RECICLAGEM DOS PRINCIPAIS RESÍDUOS PRESENTES	42
5.5	INVENTÁRIO DE RESÍDUOS	44
5.5.1	Quantidade de resíduos gerada.....	44

5.5.2 Principais resíduos gerados.....	45
5.5.3 Destinados a reciclagem.....	46
6 CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

Uma subestação (SE) é um conjunto de equipamentos de manobra e/ou transformação e ainda eventualmente de compensação de reativos usado para dirigir o fluxo de energia em sistema de potência e possibilitar a sua diversificação através de rotas alternativas, possuindo dispositivos de proteção capazes de detectar os diferentes tipos de faltas que ocorrem no sistema e de isolar os trechos onde estas faltas ocorrem (DUAILIBE, 1999).

Boa parcela dos avanços tecnológicos alcançados deve-se ao uso da energia elétrica. O desenvolvimento dos países leva à maior necessidade de aumento de produção de energia, que pode ser usada para a geração de luz, para o funcionamento de aparelhos elétricos, eletrônicos e motores, entre tantas outras aplicações importantes para a sociedade. Nesse sentido, é cada vez mais urgente a disponibilidade de eletricidade no mundo, de modo que estudiosos, empresas e governos têm se debruçado na busca por e no desenvolvimento de tecnologias de produção de energia elétrica por diferentes fontes (OLIVEIRA et al.2021).

De acordo com Pichtel (2005), é possível definir resíduo sólido como um material sólido com valores econômicos negativos, cujo descarte pode ser mais barato do que seu uso. Contudo, essa definição entra em contradição com as normas brasileiras, que ressaltam o valor econômico dos resíduos, como observado na Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, regulamentada pelo decreto 7.404, de 23 de dezembro de 2010, que dispõe sobre a Política Nacional dos Resíduos Sólidos – PNRS no Brasil e define resíduos sólidos.

A PNRS trata de questões não só necessárias, como difíceis da vida em sociedade. A produção, a comercialização, a distribuição e o consumo de produtos, que poderão ser resíduos, reutilizando-se ou reciclando-se, ou que acabam sendo rejeitos, tendo que ser descartados, são etapas da vida econômica e social que precisam do suporte ambiental e da ética da publicidade (YOSHIDA et al.2012).

Para Almeida Leite et al. (2018), o gerenciamento adequado dos Resíduos Sólidos da Construção Civil - RCC encontra obstáculos pelo desconhecimento da natureza dos resíduos e pela ausência de cultura de separação, entre outros. Dessa

forma, conhecer e diagnosticar os resíduos gerados possibilita o melhor encaminhamento para o plano de gestão e o gerenciamento dos RCCs.

A determinação de dados quantitativos dos resíduos, como a quantidade nacional gerada, os locais de produção e sua periculosidade, é de grande importância para a sua localização dentro do cenário econômico, social e político do local onde ele é gerado. Os inventários de resíduos são certamente as fontes mais fáceis de obtenção destas informações, mas nem sempre eles existem ou estão disponíveis (ÂNGULO et al.2001).

Considerando a extensão territorial brasileiro proporcionalmente ligado ao potencial de construção de subestações de energia elétrica, notam-se poucos ou até mesmo a inexistência deste tema, fazendo-se necessário a elaboração deste trabalho, abordando a contextualização de gerenciamento de resíduos e sólidos e efluentes em construção de subestação de energia elétrica.

2 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal do presente trabalho consiste em apresentar o cenário de gerenciamento dos resíduos sólidos das fases de implantação de uma obra de construção de subestação de alta tensão energia elétrica.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e contextualizar os resíduos sólidos em construção civil.
- Apresentar as principais fases de construção de uma subestação de energia elétrica e as medidas de controle de resíduos e efluentes adotadas.
- Caracterizar, classificar e avaliar o potencial de reciclagem dos resíduos na construção de uma subestação de energia elétrica.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Do consumo indiscriminado, a geração de resíduos é consequência imediata e de significativo impacto para o meio ambiente. Assim, sob o ponto de vista jurídico, na esteira do que consagra a Constituição Federal, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída após 21 anos de tramitação pela Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010, regulamentada pelo Decreto 7.404, de 23 de dezembro de 2010, consubstancia verdadeiro marco normativo nacional que, numa visão holística, trata dos princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes aplicáveis à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, como também da responsabilidade dos geradores e dos instrumentos econômicos aplicáveis (VIEIRA, 2016).

Segundo Yoshida et al. (2012), a PNRS prioriza e compartilha com o poder público das diferentes esferas, setor econômico e segmentos sociais como os catadores de produtos e embalagens recicláveis, a responsabilidade pela gestão integrada e pelo gerenciamento ambientalmente adequados dos resíduos sólidos e, se utiliza para tanto, de instrumentos “além do comando e controle”, como os acordos setoriais, as diversas modalidades de planos e os instrumentos econômicos. Institui um modelo participativo ímpar de implementação da responsabilidade compartilhada no sistema de logística reversa, priorizando os acordos setoriais e, sucessivamente, os termos de compromisso e os regulamentos.

De acordo com a PNRS, a destinação consiste na reutilização, compostagem, reciclagem, aproveitamento energético e outras soluções admitidas pelos órgãos competentes do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, do Sistema Nacional de Vigilância Sanitária - SNVS e do Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária – SUASA. Entre elas a disposição final, desde que respeitadas normas operacionais que evitem danos à saúde e a segurança pública, minimizando os impactos ambientais adversos. Conforme a PNRS, a disposição final é ainda a distribuição ordenada dos rejeitos em aterros sanitários, observando as normas operacionais específicas, esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação com tecnologias disponíveis e economicamente viáveis

3.1.1 Classificação de resíduos - NBR 10004/2004

A classificação de resíduos envolve a identificação do processo ou atividade que lhes deu origem, seus constituintes, as características e a comparação destes constituintes com listagens de resíduos e substâncias com impacto conhecido à saúde e ao meio ambiente. A identificação dos constituintes a serem avaliados na caracterização do resíduo deve ser criteriosa e estabelecida de acordo com as matérias primas, os insumos e o processo que lhe deu origem (NBR 10004/2004).

Os Resíduos Classe I – Perigosos: são aqueles que representam periculosidade por um resíduo que, em função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas, podem apresentar risco à saúde pública, provocar mortalidade, incidência de doenças ou até mesmo acentuar os índices de doenças e trazer riscos ao meio ambiente, quando o resíduo for gerenciado de forma inadequada. Outra forma de um resíduo se enquadrar como Classe I – Perigosos consiste em apresentar uma das características apresentadas no item 4.2.1.1 a 4.2.1.5 que são inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, respectivamente.

Os Resíduos Classe II – Não perigosos: são todos aqueles que não se encaixam na Classe I, pois não apresentam em suas composições características consideradas como perigosas. Entretanto, mesmo não apresentando periculosidade, os Resíduos Classe II devem ser descartados corretamente. Eles são divididos em: Resíduos Classe II A - Não inertes: são os resíduos que não podem ser classificados como corrosivos, inflamáveis, patogênicos ou tóxicos e não se enquadram nas classificações de Resíduos Classe I – Perigosos ou de Resíduos Classe II B – Inertes. Não inertes podem ter propriedades e características como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Resíduos Classe II B – Inertes: este é o grupo de resíduos que apresentam uma baixa capacidade de reação, podendo ser reciclados ou destinados para aterros sanitários de maneira ambientalmente segura. Pois, os resíduos inertes não mudam suas composições com o passar do tempo e quando são expostos à água destilada ou deionizada em temperatura ambiente, mostram-se indiferentes (NBR 10004/2004).

A Tabela 01 elenca de forma exemplificada a classificação dos resíduos segundo a NBR 10004/2004:

Tabela 01: Classificação de resíduos - NBR 10004/2004

CLASSE I – Perigosos	Inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade	
CLASSE II – Não Perigosos	IIA – Não Inertes	Apresentam características como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
	IIB – Inertes	Possuem propriedades estáveis, ou seja, que não são biodegradáveis, nem inflamáveis ou solúveis em água que devem ser reciclados, reutilizados, beneficiados ou dispostos em destinos ambientalmente licenciados.

Fonte: (NBR 10004/2004)

3.1.2 Classificação de Resíduos Resolução CONAMA 307 / 2002

A Resolução nº 307 /2002 serve como base para a definição da legislação de todo país. Foi a partir dela que surgiu a responsabilidade do gerador pelo resíduo. O que antes era apenas por contratação de caçambas de entulhos passou a ter a necessidade de desenvolver uma logística na geração, gestão e transporte desses resíduos até seu destino final. Sendo que há a existência das classes dependendo de suas características. Essas classes são citadas abaixo e exemplificadas pela Tabela 02:

Classe A – Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados:

De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem. De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento, etc.), argamassa e concreto. De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos,tubos,meios-fios,etc.) produzidas nos canteiros de obras.

Classe B - Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros.

Classe C - Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso.

Classe D - Resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde (CONAMA, 2002).

Tabela 02: CONAMA Nº 307, de 5 De julho De 2002

CLASSE A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: resíduos de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, produzidas nos canteiros de obras.
CLASSE B	Plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e gesso;
CLASSE C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação;
CLASSE D	Tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados provenientes de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Fonte: (CONAMA Nº 307/2002)

3.1.3 Princípios e Instrumentos da PNRS

Foram estabelecidos na PNRS, onze princípios, são eles:

Art. 6º - São princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

I - A prevenção e a precaução;

II - O poluidor-pagador e o protetor-recebedor;

III - A visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública;

IV - O desenvolvimento sustentável;

V - A ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta;

VI - A cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade;

VII - A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

VIII - O reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania;

IX - O respeito às diversidades locais e regionais;

X - O direito da sociedade à informação e ao controle social;

XI - A razoabilidade e a proporcionalidade.

Além da instauração dos princípios e objetivos, a PNRS também estabelece dezenove instrumentos os quais se destinam a proporcionar a exequibilidade da Lei 12.305/2010, são eles:

I - Os planos de resíduos sólidos;

II - Os inventários e o sistema declaratório anual de resíduos sólidos;

III - A coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

IV - O incentivo à criação e ao desenvolvimento de cooperativas ou de outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;

V - O monitoramento e a fiscalização ambiental, sanitária e agropecuária;

VI - A cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado para o desenvolvimento de pesquisas de novos produtos, métodos, processos e tecnologias de gestão, reciclagem, reutilização, tratamento de resíduos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos;

VII - A pesquisa científica e tecnológica;

VIII - A educação ambiental;

IX - Os incentivos fiscais, financeiros e creditícios;

X - O Fundo Nacional do Meio Ambiente e o Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico;

XI - O Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR);

XII - O Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (Sinisa);

XIII - Os conselhos de meio ambiente e, no que couber, os de saúde;

XIV - Os órgãos colegiados municipais destinados ao controle social dos serviços de resíduos sólidos urbanos;

XV - O Cadastro Nacional de Operadores de Resíduos Perigosos;

XVI - Os acordos setoriais;

XVII - No que couber, os instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente, entre eles:

a) os padrões de qualidade ambiental;

b) O Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais;

c) O Cadastro Técnico Federal de Atividades e Instrumentos de Defesa Ambiental;

d) A avaliação de impactos ambientais;

e) O Sistema Nacional de Informação sobre Meio Ambiente (SINIMA);

f) O licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras;

XVIII - Os termos de compromisso e os termos de ajustamento de conduta;

XIX - O incentivo à adoção de consórcios ou de outras formas de cooperação entre os entes federados, com vistas à elevação das escalas de aproveitamento e à redução dos custos envolvidos

3.2 RESÍDUOS SÓLIDOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL – RCC

Conforme mostrado na Tabela 03, é possível notar que o resíduo de construção e demolição possui diferenças em suas características das quais NAGALLI (2014) apresenta a mudança do perfil de consumo dos materiais. No intervalo de 22 anos há uma queda no consumo de argamassa e material cerâmico, e em contrapartida aumentou o uso de concreto e rochas. Por ser gerado em um setor em que há uma grande diferença de técnicas e métodos de manuseio, há a influência de características de cada composição e quantidade produzida. Isso se deve aos materiais usados por cada empreendimento. Tais resíduos também são chamados de entulhos pela comunidade. Este processo de consumo e apropriação de recursos pode estar ligado ao estilo de vida da sociedade atual, levando a expansões territoriais, aumento de moradias, infraestruturas urbanas e industriais.

Tabela 03: Composição dos resíduos de construção civil

Material	Pinto(1987)(1)	ZordanePaulon (1997) (2)	Macedoetal. (2009)(3)
Argamassa	64,4%	37,6%	26,5%
Concreto	4,8%	21,2%	42,9%
Material Cerâmico	29,4%	23,4%	8,2%
Rochas/Outros	1,4%	17,8%	22,4%

(1) Local: São Carlos (SP), Brasil.

(2) Local: Ribeirão Preto (SP), Brasil.

(3) Local: Recife (PE), Brasil.

Fonte: (NAGALLI, 2014)

A indústria da construção civil é responsável por impactos ambientais, sociais e econômicos consideráveis, em razão de possuir uma posição de destaque na economia brasileira. Apesar do número elevado de empregos gerados, da viabilização de moradias, renda e infraestrutura, faz-se necessário uma política abrangente para o correto destino dos resíduos gerados (KARPINSK et al., 2009).

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (2021), os números referentes à geração de

Resíduos Sólidos Urbanos revelam um total de 390 kg por habitante durante o ano, sendo mais de 82 milhões de toneladas no país. Em razão deste valor de resíduos gerados, o art. 9º da lei 12.305/2010, na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observado a seguinte ordem de prioridade:

- Não geração
- Redução
- Reutilização
- Reciclagem
- Tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Os impactos ecológicos não eram considerados nas sociedades primitivas, pois a produção de resíduos era pequena e a assimilação ambiental era grande. Somente após o desenvolvimento tecnológico da revolução industrial no mundo, é que esta preocupação veio à tona. A partir desta constatação, começam a surgir as primeiras preocupações e questionamentos relativos ao efeito estufa e conseqüentemente o aumento do consumo de energia, a destruição da camada de ozônio, a poluição do ar e as chuvas ácidas, o consumo desmedido de matérias-primas não renováveis, a geração de resíduos, dentre outros. E é justamente a partir daí que surge o termo desenvolvimento sustentável (BRASILEIRO & MATOS, 2015).

A construção civil, nos moldes como ela é hoje conduzida, apresenta-se como grande geradora de resíduos. No Brasil, onde boa parte dos processos construtivos é essencialmente manual e cuja execução se dá praticamente no canteiro de obras, os resíduos de construção e de demolição, além de potencialmente degradadores do meio ambiente, ocasionam problemas logísticos e prejuízos financeiros (NAGALLI, 2014).

3.2.1 Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Efluentes - PGRS

No PGRS apresenta-se a classificação, quantificação e as formas para a correta identificação e segregação na origem dos resíduos gerados na obra. A sua elaboração tem como um dos principais objetivos diagnosticar possíveis pontos de geração excessiva de resíduos, propor medidas de redução e reciclagem, orientar a correta segregação dos mesmos, evitando que os resíduos sejam depositados ou

destinados de forma inadequada aumentando os custos de destinação. Além de diagnosticar e criar indicadores de desempenho e desperdício de matéria prima ao longo das etapas da obra, de forma que possibilite identificar as possíveis falhas no processo de gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

A PNRS fortalece os princípios da gestão integrada e sustentável de resíduos. Propõe medidas de incentivo à formação de consórcios públicos para a gestão regionalizada com vistas a ampliar a capacidade de gestão das administrações municipais. Isso ocorre por meio de ganhos de escala e redução de custos no caso de compartilhamento de sistemas de coleta, tratamento e destinação de resíduos sólidos. Inova no país ao propor a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a logística reversa de retorno de produtos, a prevenção, precaução, redução, reutilização e reciclagem, metas de redução de disposição final de resíduos em aterros sanitários e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos em aterros sanitários. No aspecto de sustentabilidade socioambiental urbana, cria mecanismos de inserção de organizações de catadores nos sistemas municipais de coleta seletiva e possibilita o fortalecimento das redes de organizações de catadores e a criação de centrais de estocagem e comercialização regionais (JACOBI & BESEN, 2011).

3.2.2 O Setor elétrico e a gestão de resíduos

A transmissão é o transporte da energia elétrica gerada até os centros consumidores. Tradicionalmente, o sistema de transmissão é dividido em redes de transmissão e subtransmissão. A rede primária é responsável pela transmissão de grandes “blocos” de energia, visando o suprimento de grandes centros consumidores e a alimentação de eventuais consumidores de grande porte. A rede secundária, denominada de subtransmissão, é basicamente uma extensão da transmissão, objetivando o atendimento a pequenas cidades e consumidores industriais de grande porte. A subtransmissão faz a realocação dos grandes blocos de energia, recebidos de subestações de transmissão, entre as subestações de distribuição (FIGUEIREDO, 2009).

Na fase de geração, as usinas geradoras de energia elétrica convertem energia mecânica, química e/ou de fissão em energia elétrica, cada modalidade de geração

com seus respectivos processos empregados para produzir eletricidade, como termelétricas a carvão, turbinas eólicas, células solares fotovoltaicas, entre outros (NETO & CARVALHO, 2012).

A Tabela 04 (adaptada de FTSE RUSSELL, 2021), resume os principais fluxos de resíduos encontrados no setor elétrico, bem como os diferentes setores potencialmente envolvidos na destinação de cada tipo de resíduo de acordo com a lista do *Industry Classification Benchmark* (ICB) (FTSE RUSSELL, 2021). De fato, as organizações têm responsabilidade não apenas pelos impactos que causam diretamente, mas também pelos impactos para os quais contribuem ou que estão diretamente ligados a eles por meio de suas relações comerciais com fornecedores ou clientes.

Tabela 04: Resíduos de usinas

Tipos de resíduos	Usinas de eletricidade					
	Carvão	Gás natural	Nuclear	Hidroelétrica	Eólica	Fotovoltaicas
Resíduos pós consumo	Cinzas, escória e Lama	Lama Radioativa	Rejeito nuclear	-	-	-
Gestão e armazenamento	Lagoas de tratamento de efluentes	-	Piscina de combustíveis usados - PUCs	-	-	-
Insumos <i>in situ</i>	Pilhas de carvão	Em tanques ou tubos (gasoduto)	Varas / Tubos à base de ZR	Rios represados	-	-
Casa de força	Geradores, turbinas, caldeiras, bombas, etc...	Geradores, turbinas, caldeiras, bombas, etc.	Geradores e bombas	Geradores, hidroturbinas e bombas	Geradores, pás, nacelle, etc.	Painéis fotovoltaicos
Transmissão e distribuição e conversão de tensão	Cabos, fiação, torres de transmissão, cabos subterrâneos, inversores e transformadores	Cabos, fiação, torres de transmissão, postes, inversores e transformadores	Cabos, fiação, torres de transmissão, postes, inversores e transformadores	Cabos, fiação, inversores e transformadores	Cabos, fiação, inversores e transformadores	Cabos, fiação, inversores e transformadores

Recicláveis	Aço e cobre	Aço e cobre	Aço e cobre	Aço e cobre	Aço, cobre e fibra de vidro	Aço, cobre e fibra de vidro
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-----------------------------	-----------------------------

Fonte: (FTSE RUSSELL, 2021)

3.2.3 Responsáveis legais

De acordo com o com o artigo 22 da lei nº 12.305/2010, o PGRS - Plano de Gerenciamento de Resíduos e o correto gerenciamento dos mesmos deverão ser acompanhados através de responsável técnico devidamente habilitado.

Para Lippert (2010), o PGRS deve ser atualizado sempre que ocorram modificações operacionais, que resultem na ocorrência de novos resíduos ou na eliminação destes, e deverá ter parâmetros de avaliação visando ao seu aperfeiçoamento contínuo.

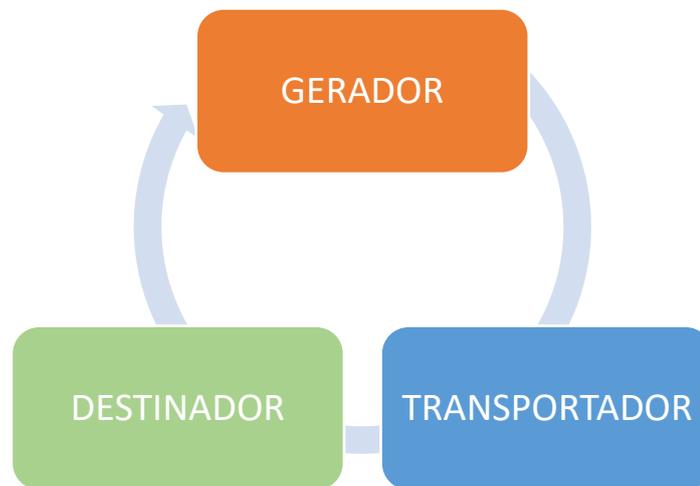
Envolvidos e suas responsabilidades: (SINIR, 2022).

Gerador: O gerador de resíduos gerencia os resíduos desde a geração até a destinação final com a adoção de métodos, técnicas, processo de manejo compatível com as suas destinações ambientais, sanitárias e economicamente desejáveis.

Transportador: O prestador de serviço e / ou transportador tem como objetivo fazer cumprir as determinações normativas que disciplinam os procedimentos e operações do processo de gerenciamento de resíduos sólidos.

Destinador: O destinatário da área para recebimento de resíduos deve cumprir e fazer cumprir as determinações normativas que disciplinam os procedimentos e operações de aterros sanitários, industriais e outros tratamentos de forma que todos estejam sempre envolvidos como é possível observar na Figura 01.

Figura 01: Responsáveis legais



Fonte: Elaborado pelo autor, (2022)

Para tanto, se faz necessária a visão ética do desenvolvimento sustentável, incorporando mudanças nos planos sociais e ambientais a partir do desenvolvimento humano. Algumas estratégias de análise podem ser eficazes para demonstrar que o conceito de construção civil sustentável é viável e contribui para a preservação do meio ambiente. Atualmente o cenário referente à preocupação ambiental das empresas sofreu inúmeras alterações, e a questão ambiental tornou-se objeto de atenção para as organizações, devido a prioridade de investimentos do mercado nacional e internacional em investir em organizações socialmente responsáveis (FERREIRA, 2018).

Com o objetivo de tornar a obra sustentável em todas as frentes, a preservação da saúde pública, dos recursos naturais e do meio ambiente, o gerenciamento de resíduos deve constituir um conjunto de procedimentos de gestão com os princípios básicos, em ordem de prioridade, conforme estabelecido pela Lei nº 12.305/2010:

I - Proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;

II - Não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos;

III - Estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;

IV - Adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais.

3.3 CONSTRUÇÃO E MONTAGEM DE UMA SUBESTAÇÃO

Todo sistema de potência é constituído de três diferentes segmentos: geração, transmissão e distribuição. Para que a energia gerada no primeiro segmento chegue ao seu destino final, que é o consumidor que está ligado no sistema de distribuição, é necessário também que exista em cada um desses segmentos uma subestação que possa elevar e reduzir a tensão em diferentes níveis. Assim, as usinas elétricas, sejam elas hidráulicas, térmicas, eólicas ou fotovoltaicas, geram energia em baixos níveis de tensão (FILHO, 2021).

Costa (2017) compreende como subestação, as instalações elétricas e edificações destinadas a abrigar todo o equipamento utilizado para medir, proteger e transformar a energia alterando os valores de tensão e corrente do fornecimento para valores de uso. Devendo enquadrar-se às necessidades de fornecimento de energia elétrica das instalações da qual está irá alimentar, permitindo flexibilidade constante nas manobras, acesso para manutenção, confiabilidade na proteção e operação e segurança para o sistema, equipamentos e profissionais envolvidos em suas tarefas. Subestações de energia das concessionárias e subestações de energia dos consumidores são dois tipos de subestações das quais estas possuem objetivos diferentes, que são estes:

3.3.1 Subestações de energia das concessionárias:

As subestações existentes nas concessionárias têm objetivos de elevar a tensão no setor de geração e rebaixar na fase de transmissão e distribuição. Na fase de transmissão as subestações são chamadas de Estações Transformadoras de Transmissão– ETT, e normalmente, atuam com tensão em corrente alternada nos níveis de 69 kV, 88 kV, 138 kV, 230 kV, 345 kV, 440 kV, 500 kV e 750 kV. Também existe no Brasil o nível de tensão de 600 kV em corrente contínua (GEDRA & BORELLI, 2014).

3.3.2 Subestações de energia dos consumidores:

De acordo com Gedra & Borelli (2014), no setor de distribuição as subestações são chamadas de Estações Transformadoras de Distribuição - ETD, as quais rebaixam o valor da tensão distribuindo-a pelos postes existentes nas ruas. Os valores de tensão de saída da ETD são definidos pela distribuidora local e normalmente são: 3,8 kV, 11,9 kV, 13,2 kV, 13,8 kV, 20 kV, 23,5 kV e 34,5 kV.

A subestação de consumidor (unidade consumidora) tem a função de abaixar os valores de tensão para a alimentação de equipamentos existentes em sua instalação. Essas subestações são conhecidas como Estações Transformadoras de Consumidor - ETC. As ETCs são conectadas em tensão primária de distribuição inferior a 69 kV, nas situações em que a carga instalada na unidade consumidora for superior a 75 kW e sua demanda contratada atingir o limite máximo de 2.500 kW. A tensão primária de distribuição de 69 kV ou superior deve ser utilizada no fornecimento de energia elétrica em que a unidade consumidora possui uma demanda contratada de valor superior a 2.500 kW.

Em qualquer um dos pontos de conexão, cabe ao responsável pela unidade consumidora a construção de uma subestação capaz de receber a energia elétrica no nível de tensão contratado e realizar os processos de transformações necessários até a tensão de utilização (GEDRA & BORELLI, 2014).

Em subestações, mesmo que em menores proporções existem inúmeras atividades de impacto ambiental, como movimentação de terra, produção de resíduos, liberação de grandes áreas para construção da subestação e linhas de transmissão, entre outros. A importância da avaliação do impacto ambiental como estratégia para garantir a sustentabilidade econômica, social e ambiental reflete diretamente no meio ambiente e na sociedade. Neste contexto, diversas ferramentas começaram a ser desenvolvidas com a finalidade de diminuir o impacto ambiental, auxiliando as empresas a identificar, priorizar e gerenciar seus riscos ambientais (FERREIRA, 2018).

3.3.3 Obra civil:

No processo de construção ou ampliação de uma subestação têm-se diversas etapas, que vão desde obras civis como base de equipamentos, escavações, muro, demolições até a montagem eletromecânica de pórticos, equipamentos e barramentos e instalação e ou adequação de sistemas de proteção, controle e automação (SOUSA, 2017).

Sousa (2017) ainda destaca que, esta etapa é de suma importância, pois é ela que irá determinar boa parte do andamento da obra, a vida útil da subestação também passa pela execução correta. Nesta etapa deve-se evitar no projeto civil canaletas com deformações, bases com rachaduras e má compactação do solo que podem causar eventos acidentais durante a construção e operação. A partir disso vem a necessidade de executar a obra de forma adequada em todas as fases da obra civil sendo: escavação, terraplenagem, malha aterramento, canaletas, cerca divisória, casa de controle (sala de controle) e abrigo para extintor, bases para equipamentos/pórticos, sistema de drenagem, sistema coletor de óleo, parede corta-fogo, pavimentação e urbanização.

3.3.4 Montagem eletromecânica:

Uma subestação para interconectar os equipamentos nos pátios de transmissão e promover o escoamento de energia necessita dos materiais de montagem eletromecânica. A nomenclatura “eletromecânica” ilustra que além da transmissão de energia elétrica em alta ou média tensão, estes materiais possuem esforços significativos, devido à tração de cabos, peso de equipamentos entre outras finalidades (ARANHA, 2022).

Um projeto civil bem executado é um facilitador à montagem eletromecânica, equipamentos, e a montagem elétrica, que fica mais direcionado a montagem dos painéis de proteção e controle e a passagem dos cabos (DALROSSO, 2011).

De acordo com Filho (2021), nas obras de montagens eletromecânicas, todo o equipamento deve ser adequadamente nivelado sem forçar qualquer componente, dos quais não podem sofrer esforços para que sua remoção ou substituição não seja

comprometida, desta forma cada fase da montagem há sobras de cortes de materiais necessários para todo o processo.

Na parte da montagem dos equipamentos há também as instalações de eletrodutos rígidos e flexíveis, com o auxílio de curvas e luvas. Na fase de comissionamento da SE, quando for executada, a ligação dos cabos aos transformadores, chaves seccionadoras, disjuntores, barramentos e de outros equipamentos, deverá ser feita sem provocar curvas que prejudiquem o isolamento do cabo ou force os terminais dos equipamentos. Quando não há um correto manuseio e expertise para execução no processo de montagem eletromecânica, há geração de resíduos (SOUSA, 2017).

4 MÉTODOS

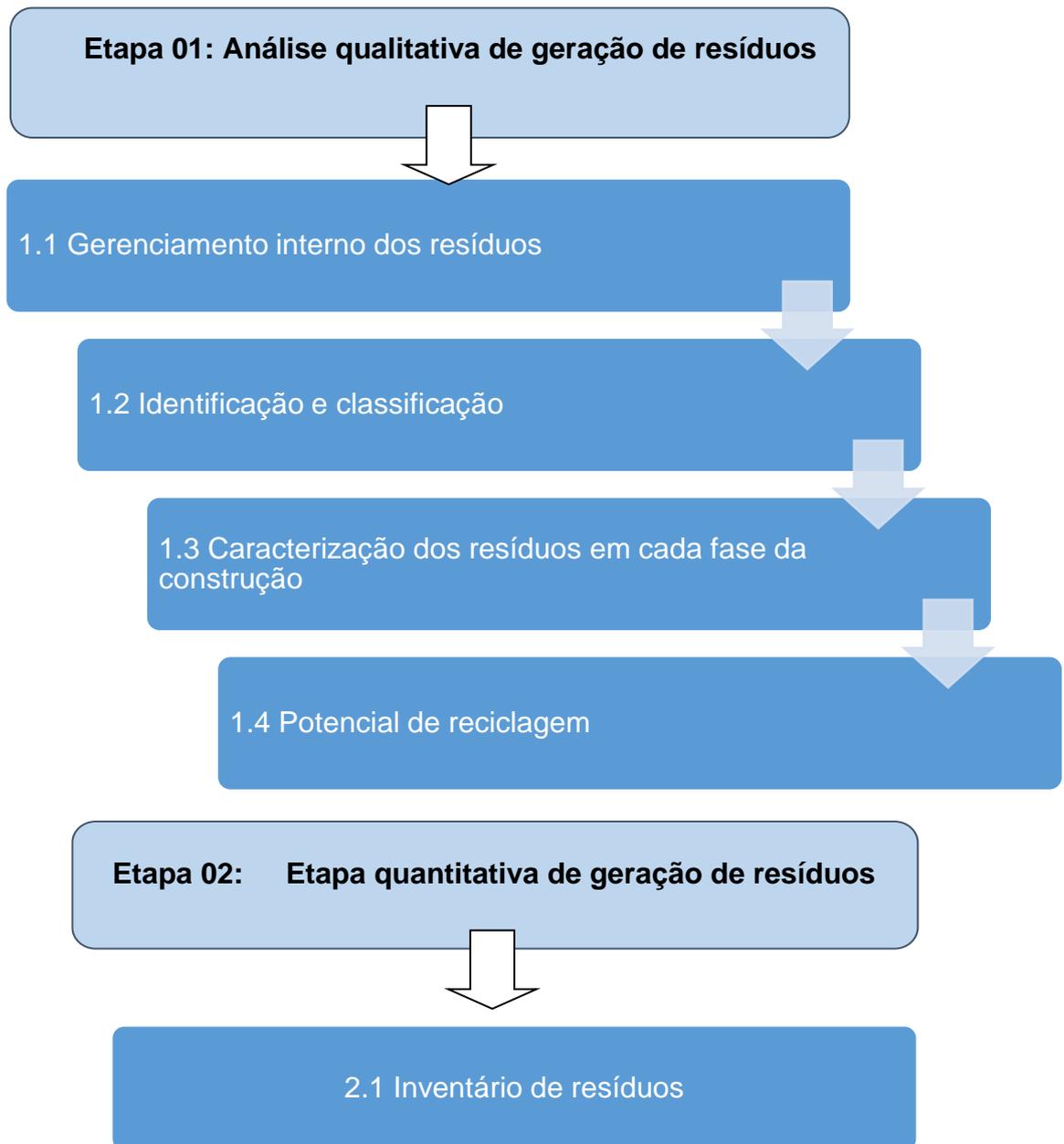
4.1 FLUXOGRAMA DO DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Neste tópico, detalhar-se-á a forma metodológica adotada, inspirada no trabalho de Lima (2018). Para se chegar aos resultados, foram realizados o mapeamento e inventário dos resíduos gerados em uma obra de subestação de energia de elétrica de 138kV entre setembro de 2020 a janeiro de 2021 no estado de Minas Gerais. A pesquisa foi desenvolvida e estruturada em duas etapas, nas quais as ações foram desenvolvidas para o alcance dos objetivos específicos. Cada etapa foi subdividida em fases, conforme passos apresentados no fluxograma da Figura 02.

A coleta de dados ocorreu através de duas maneiras:

1. Através da análise das documentações geradas durante o período de 04 meses, possibilitando a identificação de cada procedimento e histórico diário dos materiais gerados em todo o processo e com o auxílio de outros documentos que são comumente gerados e inseridos em um *databook* memorial de obra.
 - **Fase qualitativa:** Gerenciamento interno dos resíduos, identificação e classificação dos resíduos, caracterização dos resíduos em cada fase da construção, potencial de reciclagem.
2. Análise *in loco* com a avaliação dos resíduos gerados permitindo que cada fase de gestão fosse acompanhada em campo. Esta vivência possibilitou visualizar e evidenciar através de fotografias os pontos relacionados às etapas de manejo dos resíduos sólidos e de efluentes de acordo com as exigências contratuais, desde sua geração até o destino final de cada material possibilitando a segunda parte da metodologia que foi a fase quantitativa.
 - **Fase quantitativa:** Inventário de resíduos.

Figura 02: Fluxograma da metodologia



Fonte: Adaptado de LIMA, (2018)

ETAPA 1 – Análise qualitativa da geração de resíduos

Fase 1.1 – Gerenciamento interno dos resíduos

Nesta fase inicial do trabalho, foram obtidas informações coletadas no dia a dia durante 4 meses de construção da SE. Fotografias são comumente utilizadas como forma de evidenciar a realização de cada atividade em campo, criando um acervo fotográfico.

Fase 1.2 – Identificação e classificação

Esta fase ocorreu através da análise do histórico de geração de resíduos da obra. Com base nos Manifestos de Transporte de Resíduos - MTR's entre setembro de 2020 a janeiro de 2021. Considerou-se a descrição neste momento de resíduos conforme a ABNT NBR 10.004/2004 e a Resolução CONAMA nº 307/2002.

Fase 1.3 – Caracterização dos resíduos em cada fase da construção

Nesta fase, através de registros fotográficos é apresentado a origem dos resíduos em cada fase, a fim de facilitar o entendimento da dinâmica de construção da SE.

Fase 1.4 – Potencial de reciclagem

O objetivo consiste em enviar o mínimo possível de resíduos para aterros sanitários e, evidentemente, não os descartar em locais inadequados, e sim reutilizá-los ou reciclá-los.

ETAPA 2 – Análise quantitativa da geração de resíduos

Fase 2.1 – Inventário de resíduos

Através da consulta ao *databook*, que contém todas as informações e evidências da obra, obtiveram-se valores em tonelada para fins de futuras comparações. Assim, foi possível analisar qual o potencial de geração de resíduos da construção de uma SE, e comparar com outras modalidades de construção.

5 RESULTADOS

5.1 GERENCIAMENTO INTERNO DE RESÍDUOS

5.1.1 Gestão:

A gestão dos resíduos sólidos de uma forma geral é entendida como a ação de gerenciar os resíduos em seus aspectos internos e externos, desde a geração até a disposição final, incluindo as seguintes etapas, onde o correto manejo dos resíduos, no âmbito interno dos estabelecimentos, deve obedecer a critérios técnicos que conduzam à minimização do risco à saúde pública e à qualidade do meio ambiente.

5.1.2 Acondicionamento:

Consiste no ato de manter temporariamente os resíduos segregados em sacos, tambores, caçambas ou recipientes (triagem e transbordo) que evitem vazamentos (bacia de contenção) e resistam às ações de desestabilização. A capacidade dos recipientes de acondicionamento deve ser compatível com a geração diária de cada tipo de resíduo.

Com o intuito de garantir a coleta seletiva dos resíduos gerados, deve ser providenciada a disposição sistemática de coletores nas áreas internas dos canteiros de obras e frentes de obras, de acordo com os tipos de resíduos a serem gerados em cada locação.

5.1.3 Armazenamento temporário:

Armazenamento temporário dos recipientes de resíduos até a realização da etapa de coleta externa, em ambiente construído exclusivamente para o acesso fácil dos caminhões que realizarão a coleta. No armazenamento externo não é permitida a manutenção dos sacos de resíduos fora dos recipientes, para não ficarem sujeitos a desestabilização dos não inertes e acúmulo de insetos e roedores. Assim, deve ser definido um local para armazenamento externo. O local de armazenamento temporário deve possuir um material isolante entre o solo e o recipiente.

5.1.4 Coleta e Transportes Externos:

O transporte dos resíduos do local de armazenamento dos resíduos até a unidade de tratamento ou disposição final, utilizando-se técnicas que garantam a preservação das condições de acondicionamento e a integridade dos trabalhadores, da população e do meio ambiente. O transporte dos resíduos deve estar de acordo com as legislações vigentes.

5.1.5 Disposição Final:

Os procedimentos que visam a destinação ambientalmente correta dos resíduos em consonância com as exigências ambientais. A disposição final deverá ser realizada de acordo com as características e classificação, podendo ser objeto de tratamento (reprocessamento, reciclagem, descontaminação, coprocessamento, rerrefino, incineração) ou disposição em aterros sanitários ou industriais.

5.1.6 Identificação:

A identificação deve seguir as simbologias baseadas nas normas NBR de 7500 a 7504 e também na resolução CONAMA nº 275/01, procurando sempre orientar quanto ao risco de exposição. A identificação se baseia no conjunto de medidas que garantam a segregação realizada nos locais de geração, permitindo o reconhecimento dos resíduos nos sacos e recipientes, fornecendo informações sobre o correto manejo dos resíduos. É imprescindível que estejam presentes nas embalagens, contêineres, locais de armazenamento bem como nos veículos de transporte interno e externo.

5.1.7 Segregação

Consiste na separação dos resíduos por classe conforme NBR 10004 e CONAMA nº 307/02, identificando-os no momento e local de sua geração, de acordo com as características físicas, químicas e biológicas, o seu estado físico para evitar

mistura de resíduos incompatíveis. O objetivo da segregação é buscar formas para acondicioná-los adequadamente.

5.1.8 Transporte Interno

Compreende a operação de transferência dos resíduos acondicionados do local de geração para o armazenamento temporário e/ou tratamento interno (descontaminação, reprocessamento, etc.), com a finalidade de apresentação para coleta.

5.2 IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO

Através dos registros de indicadores mensais de resíduos da obra que teve início em setembro de 2020, finalizando em janeiro de 2021 foi possível criar a Tabela 05. Nela, nota-se em quais fases da obra da construção da SE houve maior incidência de geração de resíduos, permitindo a classificação em periodicidade em para cada tipo de resíduos. Sua confecção facilita a compreensão de quais fases irão ser necessárias para a determinação das orientações adequadas para sua correta destinação ou tratamento.

A Tabela 05 apresenta quatro notas de coeficientes de geração, das quais são relacionadas com seu uso em cada etapa, sendo elas:

0 – Inexistente

1 – Raro

2 – Eventualmente

3 – Contínuo

O coeficiente atribuído como zero, são os resíduos que em momento algum se fez presente em determinada fase, conforme é possível notar os resíduos “entulho de construção civil” que é inexistente na fase da malha de aterramento. Vale destacar que neste projeto especificamente não houve a necessidade de retrabalho nesta fase, pois o mesmo não houve manutenção que necessitasse demolição.

Um pouco mais presente que o coeficiente anteriormente citado ocorre com raridade, então é atribuído a nota 01 para estes, esse valor pode ser por conta da adoção de políticas internas, que é o caso das pilhas e baterias que em todas as fases foi um resíduo raro por conta do uso de pilhas recarregáveis.

Os resíduos que são gerados eventualmente são atribuídos ao coeficiente 02, esse dependerá exclusivamente das fases e do tempo em que durará a obra, por conta do período de vida útil do produto, que é o caso das lâmpadas.

O coeficiente 03 está ligado diretamente ao cotidiano da obra, a sua presença em todas as etapas de construção, como é possível notar na geração de efluentes

sanitários, e banheiros químicos, e orgânicos que desde a mobilização do canteiro já é necessário possuir em campo.

Em vermelho é destacado a somatória dos coeficientes, sendo assim os valores 35 e 36 onde as fases que envolvem construção de alvenaria geram uma maior diversidade de resíduos.

Os menores coeficientes são identificados na fase inicial da obra (escavação e terraplenagem), uma vez que nesta fase basicamente utiliza-se maquinário, tapumes e mobilização do canteiro para se preparar para iniciar as obras.

Tanto pilhas e óleos lubrificantes utilizados não se aplicam às NBR's e CONAMA nº 307 de 2002, pelo motivo de ambas terem legislação própria, dispostas na resolução CONAMA nº 401, de 4 de novembro de 2008 e nº 362, de 23 de junho de 2005, respectivamente. No caso das lâmpadas, está previsto na PNRS 12.305/2011 a devida aplicação da logística reversa.

Nas Figuras 03 e 04, foram obtidos os gráficos a partir da tabela 05, que foi realizado o detalhamento da geração de resíduos nas fases de construção de uma subestação. É possível encontrar dados que geraram resultados capazes de identificar as principais classes de resíduos de acordo com a NBR nº 1004 e a resolução CONAMA nº 307/02.

Tabela 05: Resíduos gerados em subestação

Resíduo	Resíduos Gerados											NBR nº 10004/2004	CONAMAC ONAMAnº30 7/2002
	Escavação e Terraplenagem	Malha de aterramento	Cerca divisória	Casa de controle	Abrigo de extintor	Bases para equipamentos pórticos	Canaletas eletrodutos	Rede de drena gem	Sistema coletor de óleo	Parede corta fogo	Pavimentação e urbanização		
Entulho da construção civil	1	0	3	3	3	3	2	3	3	3	3	IIA–Não inerte	A
Madeira	2	1	1	3	3	1	3	1	3	1	2	IIB–inerte	B
Pilha / Bateria	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Não se aplica	Não se aplica
Orgânico	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	IIA–Não inerte	-
Sucata metálica	2	3	3	3	3	3	3	2	2	1	3	IA–Não inerte e IIB– inerte	B
Papel / papelão	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	IIA–Não inerte	B
Plástico	1	1	3	2	2	2	3	2	2	3	3	IIB–inerte	B
Vidro	0	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1	IIB–inerte	B
Lâmpada	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	Não se aplica	Não se aplica
Óleo lubrificante	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Não se aplica	Não se aplica

usado														
Epi's, panos de limpeza descartados (contaminados)	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	I-Perigoso	D
Resíduos contaminados com óleo e graxa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	I-Perigoso	D
Efluente Sanitário - Tanque Séptico	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	IIA-Não inerte	-
Efluentes dos banheiros químicos	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	IIA-Não inerte	-
Total	26	27	33	35	36	32	33	30	32	30	33			

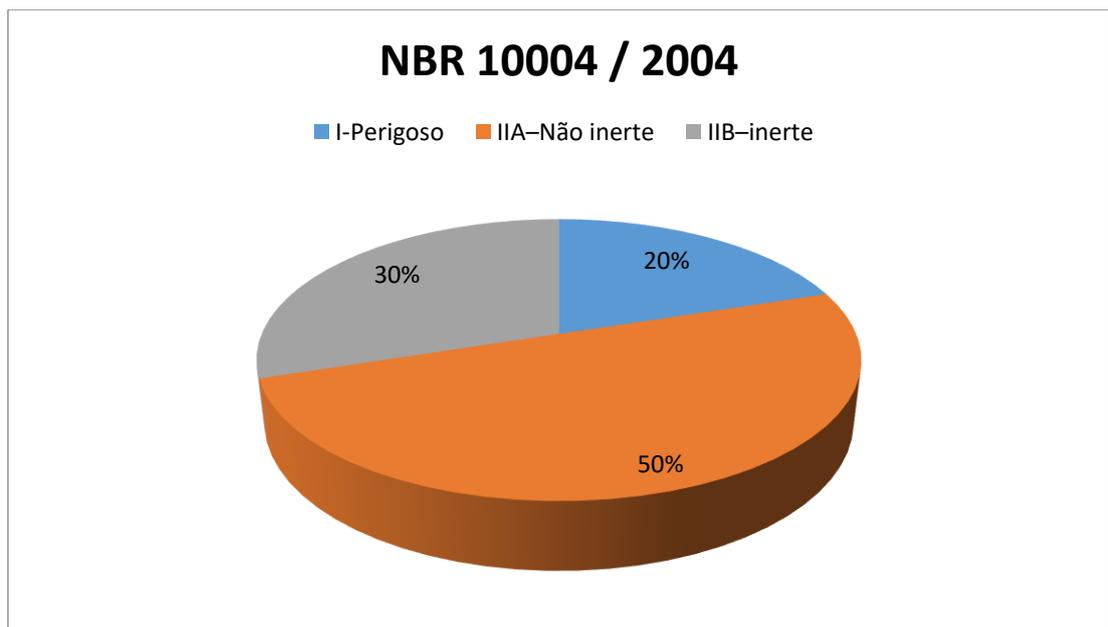
Fonte: Elaborado pelo autor, (2022)

5.2.1 Gráfico NBR nº 10004 / 2004

A Figura 03 apresenta o gráfico gerado a partir da classificação de cada resíduo à luz da NBR 10004/2004, onde este é dividido em três categorias das quais é possível visualizar no gráfico seguindo a ordem crescente de:

- I-Perigoso - 20%: Esse valor baixo encontrado é diretamente associado ao baixo potencial de geração de resíduos perigosos neste segmento de construção de subestação e energia elétrica.
- IIB-Inerte - 30%: São resíduos estáveis que não apresentam riscos diretos e que não sofrem alterações físico-químicas, onde se mantêm na sua forma por um longo período de tempo, não trazendo risco no curto prazo.
- IIA-Não Inerte – 50%: Impulsionados por resíduos que estão presentes em etapas importantes da obra, esse tipo de resíduos apresenta uma maior parcela de presença em fases da construção como as etapas de alvenaria e os resíduos efluentes, o que faz com que este represente a principal categoria de resíduos gerados.

Figura 03: Gráfico NBR nº 10004 / 2004



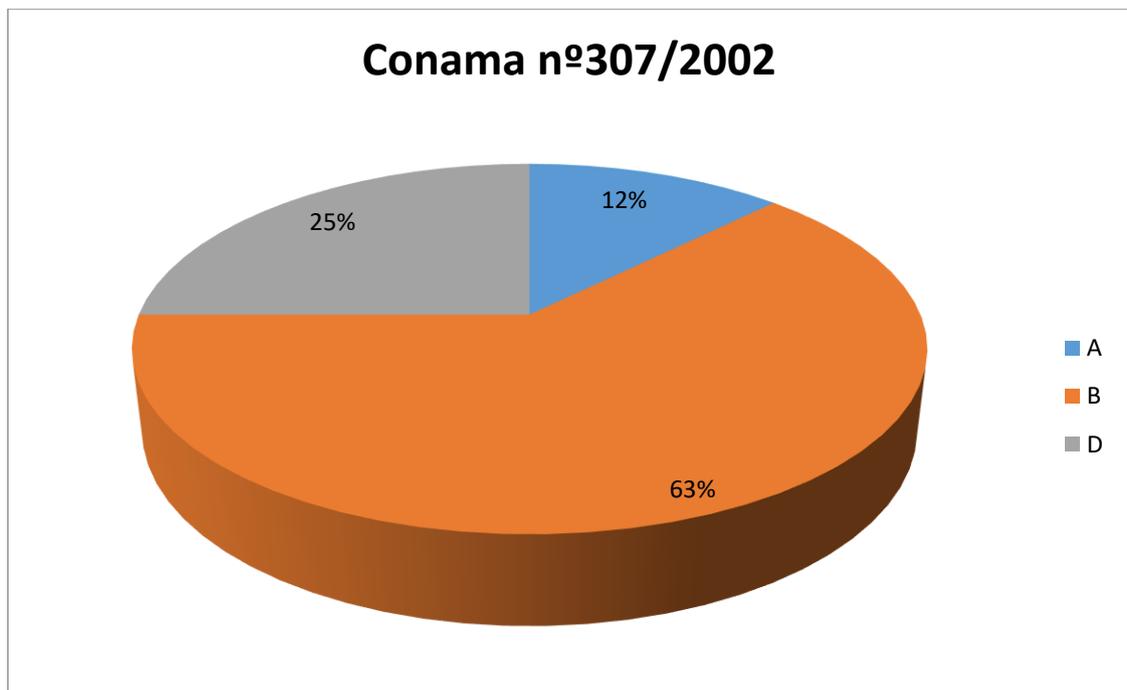
Fonte: Elaborado pelo autor, (2022)

5.2.2 Gráfico CONAMA nº307 / 2002

A Figura 04 que apresenta o gráfico dos resíduos gerados sob a luz da Resolução CONAMA 307/2002 onde divide as classificações em A, B, C e D, que seguem a seguinte ordem crescente:

- Classe A - 12%: Esses resíduos são presentes apenas em entulhos de construção civil quando se lê a Tabela 05, do qual não está presente apenas na fase da malha de aterramento.
- Classe B – 25%: Em segundo lugar, em residência de geração de resíduos, é possível notar os resíduos de classe b, dos quais divergem entre os resíduos IIA – não inerte e IIB inerte, como é possível notar os resíduos de papel / papelão e plástico respectivamente.
- Classe D – 63%: Com maior percentual destacam-se os resíduos classe D, que possuem o maior potencial poluidor, como é o caso dos Equipamentos de Proteção Individual - EPI, panos de limpeza descartados”.

Figura 04: Gráfico CONAMA nº307 / 2002



Fonte: Elaborado pelo autor, (2022)

5.3 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS EM CADA FASE DA CONSTRUÇÃO

5.3.1 Escavação e terraplanagem

Quase todos os canteiros em que os componentes de infraestrutura são projetados precisam de algum serviço de terraplanagem devido suas características topográficas. Este serviço é executado através de escavações ou regularização do terreno, podendo ser escavado em um dado momento ou adicionado uma certa massa de terra. Este trabalho permite oferecer uma referência de nível para a edificação, um corredor no qual uma faixa de rodagem será construída.

Abaixo na Figura 05, é possível identificar na fotografia uma motoniveladora patrol utilizada para executar o serviço de terraplanagem feito na região de construção da subestação. A atividade de escavação e terraplanagem é precedida de supressão de vegetação, remoção de vegetação rasteira, raízes e qualquer material orgânico presente no solo.

Em relação aos materiais removidos, de acordo com a Norma Regulamentadora – NR 18 de 2020 estabelece que a área de trabalho deva ser previamente limpa, devendo ser retirados ou escorados solidamente árvores, rochas, equipamentos, materiais e objetos de qualquer natureza, quando houver risco de comprometimento de sua estabilidade durante a execução de serviços dos quais todos os materiais removidos devem ser depositados em área fora do terreno, em local adequado.

Figura 05: Fase de escavação e terraplenagem



Fonte: Acervo pessoal, (2021)

Figura 06: Fase de terraplenagem e compactação



Fonte: Acervo pessoal, (2021)

5.3.2 Malha de aterramento

O solo, como condutor, permite que o fluxo das cargas elétricas flua através dele, difundindo-se em função da sua resistividade. Para que isso ocorra, há a necessidade de um elemento que realize essa função, denominado sistema de aterramento, que deve obedecer à capacidade adequada de conduzir a corrente elétrica de falta e manter um baixo valor de resistência de aterramento mesmo diante das descargas atmosféricas proporcionadas pelas variações climáticas. Os materiais utilizados em sua construção não devem sofrer corrosão nem afrouxamento nas conexões de soldas. O sistema de aterramento, ou malha de aterramento é constituído por cabo de cobre nu enterrado sob o solo, interligando todos os pontos que necessitam de aterramento, inclusive malhas de aterramento específicas. Caso existam malhas de aterramento específicas, elas devem ser interligadas à malha geral de aterramento, constituindo parte integrante da malha de aterramento única.

Nesta fase há sobras de cobre mesmo as emendas sendo evitadas, plásticos que contém a pólvora aplicada na solda exotérmica e também os carretéis de bobinas de cabos que são confeccionados de madeira sendo este comumente aplicada a logística reversa.

Figura 07: Malha de aterramento



Fonte: Acervo pessoal, (2021)

5.3.3 Canaletas

Na Figura 08 vêem-se as canaletas de comando e força externas sendo construídas, onde elas são usadas para passagem de cabos no pátio da SE, onde devem ser construídas em bloco de concreto ou alvenaria de tijolo cerâmico, gerando resíduos de construção civil. Observa-se o uso de tubos de Policloreto de Vinila - PVC para manterem o cabeamento e o fundo da canaleta sem contato direto.

Figura 08: Canaleta



Fonte: Acervo pessoal, (2021)

5.3.4 Rede de drenagem

Tradicionalmente, a drenagem se trata do conjunto de elementos, interligados em um sistema, que são destinados a realizar o escoamento das águas pluviais precipitadas sobre uma determinada região, conduzindo-as, de forma segura, a um destino final. Mais modernamente, pode-se acrescentar a esse conjunto de atividades de coleta e condução também a infiltração.

O sistema que é utilizado para a construção da drenagem presentes em das áreas de subestações dependerá de qual tipo de solo será encontrado no local. Na Figura 09 encontrou-se um solo arenoso, que há facilidade de percolação, e foi

adotada a utilização de tubo dreno com brita juntamente com manta geotêxtil, das quais geram sobras de cortes de PVC, retalhos da manta como exemplos de resíduos gerados nesta fase.

Figura 09: Rede de drenagem



Fonte: Acervo pessoal, (2021)

5.3.5 Cerca divisória

Acerca divisória é composta de material concreto pré-moldado e tela galvanizada com base de concreto. A mesma também possui arame farpado em volta de toda a SE para evitar a entrada de invasores ou animais. É obrigatório o aterramento da cerca divisória, do arame farpado e também dos portões de entrada da subestação. Na Figura 10 é possível observar a estrutura que engloba toda a SE, esta etapa é caracterizada pela geração de resíduos de concretos, arames galvanizados, malhas e hastes de cobre para aterramento.

Figura 10: Cerca divisória



Fonte: Acervo pessoal, (2021)

5.3.6 Sistema coletor de óleo

Quando ocorre um derramamento de óleo isolante do transformador, o mesmo é contido na bacia de contenção construída abaixo do transformador de potência, e, através de uma tubulação de ferro fundido ou galvanizado, ou ainda de concreto armado que suporte altas temperaturas, é conduzido à caixa separadora de água e óleo. Como o óleo tem menor densidade do que a água, à medida que penetra na cuba principal da caixa separadora o óleo transborda para a cuba de acumulação, onde o óleo é separado da água evitando que o mesmo seja despejado na natureza.

Na fase de construção do sistema coletor temos um exemplo de controle contra eventos ambientais, sendo que o transformador possui óleo mineral isolante elétrico. Na Figura 11 é possível identificar a parte superior do sistema coletor onde fica o transformador. Nesta etapa há toda movimentação de alvenaria gerando resíduos de armações metálicas, restos de tijolos, tábuas, pregos denominados resíduos de construção civil.

Figura 11: Transformador posicionado sob o sistema coletor de óleo



Fonte: Acervo pessoal, (2021)

5.3.7 Efluente Sanitário

Durante toda a obra, seja na fase civil ou montagem eletromecânica há a presença de trabalhadores, logo é necessário que em todas as fases da construção haja o uso de banheiros conforme a Figura 12 ocorrendo a coleta de resíduos não inertes dos quais não devem ser lançados in natura sem tratamento ou não ocorrendo o uso de banheiros químicos. Os banheiros químicos devem haver um correto procedimento operacional garantindo o seu controle de acordo com os parâmetros definidos na NR-18 de 2020, e evidenciado através de registros fotográficos e sem deixar de exigir toda a documentação como Manifesto de Transportes de Resíduos- MTR, licenças, alvarás, etc; em caso de optar por empresa terceirizada a destinação.

Figura 12: Banheiros químicos sendo succionados por caminhão limpa fossa



Fonte: Acervo pessoal, (2021)

5.3.8 Efluentes gasosos

Com o objetivo de minimizar o lançamento sem controle de fumaça preta acima do limite permitido pela legislação brasileira, foi adotado em todas os canteiros de obra o monitoramento de particulados através do teste de opacidade de todos os equipamentos e máquinas movidos a diesel. Trimestralmente um colaborador com a metodologia da Escala Ringelmann, onde seu método é normatizado na legislação ambiental brasileira pela NBR 6.016/1986 e pela Portaria IBAMA nº 85 de 14 de julho de 1996, escala gráfica para avaliação colorimétrica de densidade de fumaça, numerados de 0 a 5 é recomendado que não ultrapasse o padrão 2, realizar este monitoramento que é possível constatar através da Figura 13. Em caso de algum equipamento ou máquina ultrapassar o valor padrão, este é retirado da obra e enviado para manutenção imediatamente.

Figura 13: Teste de opacidade



Fonte: Acervo pessoal, (2021)

5.4 POTENCIAL DE RECICLAGEM DOS PRINCIPAIS RESÍDUOS PRESENTES

A Tabela 06 mostra uma exemplificação das alternativas possíveis que podem ser buscadas para a reciclagem dos resíduos sólidos gerados nas duas fases principais da construção de uma subestação de energia elétrica, onde há uma integralização das comunidades locais como alternativa de destinação, uma vez que o que é resíduo para o empreendimento, pode haver valor junto às comunidades.

Tabela 06: Resíduos gerados nas atividades e seu potencial de reciclagem

Resíduo	Origem	Destino
Entulho da construção civil	Obra civil	Uso em pavimentação estradas vicinais, destino a reaproveitamento em fabricação de outros materiais de construção civil
Madeira	Obra civil	Doação para uso em propriedades próximas às construções, combustão ou reaproveitamento em outras obras
Pilha, bateria, vidro e lâmpada	Obra civil e eletromecânica	Reciclagem
Sucata metálica, papelão e plástico	Obra civil e eletromecânica	Reciclagem
Óleo	Obra civil e eletromecânica	Coprocessamento

Fonte: Elaborado pelo autor, (2022)

Na Figura 14 é possível visualizar um termo de doação que ocorreu durante o projeto com sobras de madeira. Nele foi buscada uma solução alternativa para reaproveitamento do material, ao invés de ser destinado para aterro, o mesmo utilizou das sobras de madeira para realizar a ajudar na reforma do seu curral que se localizava próximo a obra.

Figura 14: Termo de doação de madeira

TERMO DE DOAÇÃO DE RESÍDUOS OBRAS E SERVIÇOS		Página 1 de 1 Nº01/2021
		DATA: 15/01/2021
DADOS DO DOADOR		
NOME:	[REDACTED] MONTAGEM LTDA	
CNPJ:	03.514. [REDACTED]	
ENDEREÇO:	[REDACTED] snº Zona Rural , Brumadinho MG	
DADOS DO RECEBEDOR		
NOME:	ROBSON [REDACTED]	
CPF/CNPJ:	[REDACTED]	
ENDEREÇO:	[REDACTED] SNO ZONA RURAL - Sítio do [REDACTED]	
DESCRIÇÃO DO RESÍDUO		
CLASSE:	II MADEIRA	
VOLUME/QUANTIDADE:	3m³	
DESTINAÇÃO:	UTILIZAÇÃO E REUSO DO SÍTIO (DEGRADAÇÃO E REFORMA CURRAL)	
Responsável Meio Ambiente da [REDACTED]	Responsável Meio Ambiente subcontratada	
Data:	[REDACTED]	
Assinatura do receptor	[REDACTED]	

Fonte: Acervo pessoal, (2021)

5.5 INVENTÁRIO DE RESÍDUOS

5.5.1 Quantidade de resíduos gerados

Com os dados fornecidos pela empresa responsável pela obra, juntamente com os manifestos de transporte de resíduos – MTR emitidos pelo sistema de controle da Fundação Estadual de Meio Ambiente – FEAM, no estado de Minas Gerais foi possível apresentar os dados da Tabela 07, num período de 04 meses de setembro de 2020 até janeiro de 2021.

Tabela 07: Quantitativo de resíduos

Resíduo	Gerado (t)	Destinado (t)
Entulho da construção civil	3	0
Madeira	1m ³	0
Pilha	0,05	0,05
Orgânico	Restos de alimento	Destinados a compostagem
Sucata metálica	1,872	1,872
Papel / papelão	0,048	0,048
Plástico	0,051	0,051
Vidro	0,06	0,06
Óleo	0,022	0,022
EPI's contaminados	0,016	0,016
Cartucho e Toner	0,003	0,003
Resíduos contaminados com óleo e graxa	0,033	0,033
Efluentes dos banheiros químicos	6,845	6,845

Fonte: Elaborado pelo autor, (2022)

5.5.2 Principais resíduos gerados

Na Tabela 08, foi obtida outra tabela com os valores mais expressivos divididos por classes sendo possível classificá-los de acordo com a ABNT NBR 10004/2004, divididas em classe I, classe II A e classe II B. Vale destacar que a sucata metálica quase sempre há reciclagem devido seu alto valor de mercado, entretanto deve-se destacar o fato de que esses podem estar contaminado, fazendo-se necessário a alteração de sua classe ao emitir o MTR, por isso que o mesmo está dividido em duas fases da Tabela 08.

Tabela 08: Principais resíduos destinados

Classe I		
Resíduo	Quantidade (t)	Destinação e tratamento
Recipientes contaminados com óleos e solventes	0,022	Aterro Classe I
Resíduos de embalagens; absorventes, panos de limpeza, materiais filtrantes e vestuário de proteção	0,016	Aterro Classe I
Solos e rochas contaminados com gotejamento de óleo de caminhões e máquinas	0,033	Aterro Classe I
Classe IIA		
Resíduo	Quantidade (t)	Destinação e tratamento
Sucata metálica	1,23	Reciclagem
Plástico	0,051	Reciclagem
Papel	0,048	Reciclagem

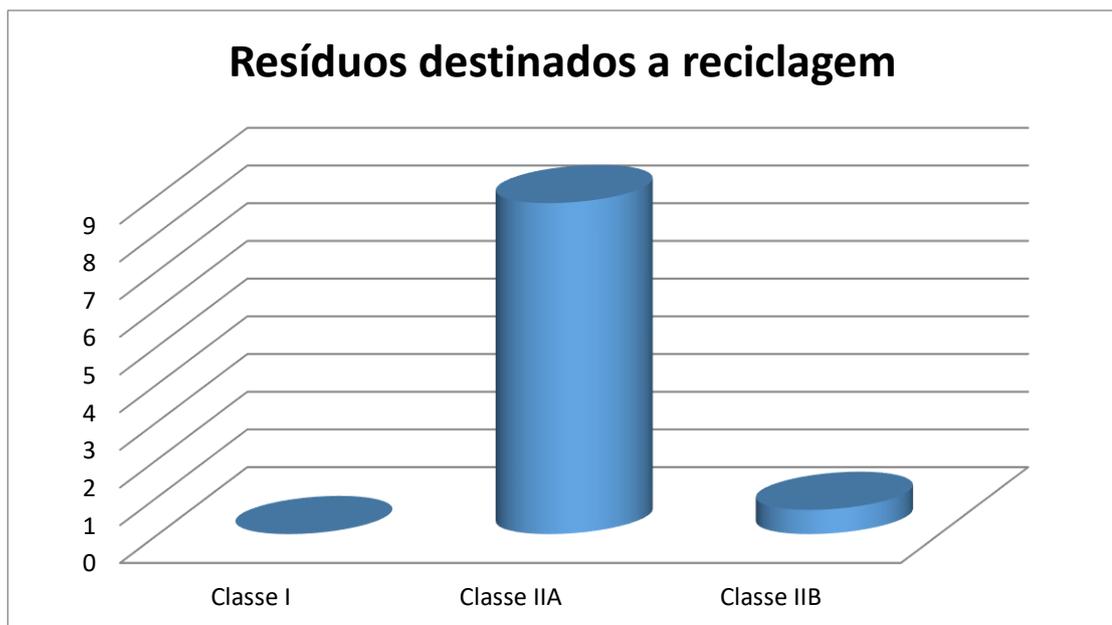
Efluentes Sanitário	6,8	Tratamento de efluentes
Classe IIB		
Resíduo	Quantidade (t)	Destinação e tratamento
Sucata metálica contaminada	0,642	Reciclagem

Fonte: Elaborado pelo autor, (2022)

5.5.3 Destinados a reciclagem

O gráfico obtido na Figura 15 mostra a comparação de destinação de cada classe, de acordo com a NBR 10004/2004. Este gráfico foi confeccionado de acordo com a quantidade gerada e sendo classificado de acordo com o MTR, considerando que a obra foi realizada no estado de Minas Gerais. Quando se compara o gráfico de reincidência de resíduos na (Figura 03), e o total de resíduos gerados (Figura 15), é visível as suas semelhanças.

Figura 15: Gráfico de resíduos destinados a reciclagem



Fonte: Elaborado pelo autor, (2022)

6 CONCLUSÃO

Neste presente trabalho, a vivência em campo permitiu a aplicação diária da Engenharia Ambiental para uma análise quantitativa e qualitativa do aprimoramento e constante aprendizado dentro da área de atuação. É nítido que a atividade que possui um maior potencial gerador de resíduos, é sempre onde há obra civil. Vale destacar que no período de comissionamento em que as montagens eletromecânicas estão sendo finalizadas, todo o canteiro passa por ajustes inerentes à reparação, dos quais ainda geram resíduos de construção.

Sabendo da incidência de cada resíduo em cada fase da obra é possível que faça uma projeção do que esperar de cada uma, por exemplo, a fase de urbanização, que trabalha a ambiência da SE, realizando trabalhos de preenchimento de lacunas ou alterações que não foram previstas no projeto inicial.

Algumas falhas podem ocorrer fazendo com que cada etapa dure mais tempo que o previsto, aumentando o prazo de entrega, gerando mais resíduos que o necessário. Em uma obra de construção de uma subestação, mesmo sendo ela uma ampliação ou desde a fase inicial do projeto, irá apresentar suas singularidades que dizem respeito a todas as atividades das quais não se pode ignorar todo o controle ambiental.

Sendo assim, analisando e relacionando todos os dados coletados para o desenvolvimento deste trabalho, conclui-se que o volume de geração de resíduos em uma construção de uma subestação de energia elétrica possui um potencial gerador apresentados nos resultados deste trabalho, sendo que sua gestão é totalmente possível, quando aplicada corretamente, seguindo todos os procedimentos previamente inseridos em seu PGRS.

Para trabalhos futuros, sugere-se faça a aplicação da metodologia em construção de subestações de 230KV e 500KV devido suas características diferentes, seja de efetivo de trabalhadores, quantidade de materiais ou até mesmo de extensão da obra, sempre aplicando o conceito dos 3 R's, minimizando os desperdícios de insumos e utilizando materiais adequados, aumentando assim a vida útil da construção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil- 2020**. São Paulo: ABRELPE, 2021. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em 08 Jun 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: **Resíduos sólidos: classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. Disponível em <<https://analiticaqmcredutos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>>. Acesso em 14 Out 2022.

ÂNGULO, Sérgio Cirelli; ZORDAN, Sérgio Edurado; JOHN, Vanderley Moacyr. **Desenvolvimento sustentável e a reciclagem de resíduos na construção civil**. São Paulo: SP, 2001. Disponível em:<<http://ecoinovar.com.br/cd2014/arquivos/relatos/ECO49.pdf>. Acesso em :21 jun 2022.

ARANHA, Bruno Gomes. **Gerenciamento de projetos de subestações de alta tensão em parques eólicos: Estudo de caso**. 2022. São Paulo: Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/236069> >. Acesso em: 26 Out 2022.

BRASIL, Resolução CONAMA 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**. P Publicada no DOU nº 215, de 5 de novembro de 2008, Seção 1, página 108-109. Disponível em:<http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=570> . Acesso em: 05 Ago 2022.

BRASIL. Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT. NBR 6016: 1986. **Gás de escapamento de motor Diesel - Avaliação de teor de fuligem com a escala de Ringelmann**. Disponível em: <<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/04-monitoramento-de-emissoes-atmosfericas-ferrovias.pdf>>. Acesso em: 25 Jun 2022.

BRASIL. INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA PORTARIA Nº 85, DE 17 DE OUTUBRO DE

1996. **Dispõe Sobre Monitoramento de Emissões Atmosféricas.** Disponível em:<<https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/04-monitoramento-de-emissoes-atmosfericas-ferrovias.pdf>>. Acesso em: 25 Jun 2022.

BRASIL, RESOLUÇÃO CONAMA nº 362, de 23 de junho de 2005. **Dispõe sobre o recolhimento, coleta e destinação final de óleo lubrificante usado ou contaminado.** Publicada no DOU no 121, de 27 de junho de 2005, Seção 1, páginas 128-130. Disponível em:<http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=457> . Acesso em: 05 Ago 2022.

BRASIL, Redação dada pela Portaria SEPRT n.º 3.733, de 10 de fevereiro de 2020. **NR 18 - Condições de Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção.** Disponível: < <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-18-atualizada-2020.pdf/@@download/file/NR-18-atualizada-2020.pdf>>. Acesso em: 15 Set 2022.

BRASILEIRO, L. L. E MATOS, J. M. E. **Reutilização de Resíduos da Construção e Demolição na Indústria da Construção Civil.** 2015, v. 61, n. 358 , pp. 178-189. Teresina – PI. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0366-69132015613581860>>. Acesso em: 10 Agosto 2022.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente (2002). Resolução Nº 307, de 5 de julho de 2002. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação. Publicada no Diário Oficial da União em 17/07/2002. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/component/legislacao>>. Acesso em 02 Jun 2022.

COSTA, João Carlos de Oliveira. **Equipamentos Elétricos em Sub-estações.** 2017. Disponível em: <<http://dspace.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/214/1/Equipamentos%20EI%C3%A9tricos%20em%20Sub-esta%C3%A7%C3%B5es.pdf>>. Acesso em 06 Set 2022.

DALROSSO, Ricardo Gomes. **Projeto de Subestação de Médio Porte: Projeto de Diplomação.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul Escola de Engenharia Departamento de Engenharia Elétrica, 2011. Porto Alegre: Disponível em:

<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/65604/000864971.pdf?sequence=1>>. Acesso em 07 Set 2022.

DE ALMEIDA LEITE, Izabella Caroline. **Gestão de resíduos na construção civil: Um estudo em Belo Horizonte e Região Metropolitana.** REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil, v. 14, n. 1, 2018. Belo Horizonte: Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/44439>>. Acesso em: 26 Set 2022.

DE BARROS, Benjamim Ferreira; GEDRA, Ricardo Luis; BORELLI, Reinaldo. **Geração, Transmissão, Distribuição e Consumo de Energia Elétrica.** Saraiva Educação SA. São Paulo, 2014. São Paulo: Disponível em <<https://books.google.com.br/books?hl=ptR&lr=&id=5YmwDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=As+subesta%C3%A7%C3%B5es+Transformador&ots=RCUbBWF8x3&sig=kA9DWFfLJEhp6EJdcn4UwXOMMriY>>. Acesso em: 05 Jun 2022.

DUALIBE, Paulo. **Subestações: Tipos, Equipamentos e Proteção.** Centro Federal De Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. 1999. Rio de Janeiro: Disponível em: <<http://www.vieiraevarela.com.br/arquivos/se.pdf>>. acesso em: 20 jun 2022.

FERREIRA, Diego da Silva. **Conceito de gestão ambiental em obras de subestação de energia elétrica. MBA Gestão de Obras e Projetos Florianópolis, 2018.** Acesso Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8790/1/Conceito%20de%20Gest%c3%a3o%20Ambiental%2020Diego%20da%20Silva%20Ferreira.pdf>>. Acesso em: 02 Jun 2022.

FIGUEIREDO, Chenia Rocha. **Equipamentos elétricos e eletrônicos.** Brasília: Universidade de Brasília, 2009. Disponível em: <[http://ead.ifap.edu.br/netsys/public/livros/05%20Cadernos%20Forma%C3%A7%C3%A3o%20T%C3%A9cnica%20INFRAESTRUTURA%20ESCOLAR%2010%20ao%2016_PROFUNCION%C3%81RIO/Caderno_14_IE_Equipamentos_Eletricos_Eletronicos%20\(1\).pdf](http://ead.ifap.edu.br/netsys/public/livros/05%20Cadernos%20Forma%C3%A7%C3%A3o%20T%C3%A9cnica%20INFRAESTRUTURA%20ESCOLAR%2010%20ao%2016_PROFUNCION%C3%81RIO/Caderno_14_IE_Equipamentos_Eletricos_Eletronicos%20(1).pdf)>. Acesso em: 14 Jul 2022.

FILHO, João M. **Subestações de Alta Tensão.** Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2021. E-book. ISBN 9788521637554. Disponível em:<

<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521637554/>>. Acesso em: 14 nov. 2022.

JACOBI, Pedro Roberto e BESEN, Gina Rizpah. **Gestão de Resíduos Sólidos em São Paulo: Desafios da Sustentabilidade**, 2011, v. 25, n. 71, pp. 135-158. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0103-40142011000100010>>. epub 25 abr 2011. issn 1806-9592. <https://doi.org/10.1590/s0103-40142011000100010>. Acesso em: 20 jul 2022.

PICHTEL, Jhon. **Waste Management Practices**. 2 ed . New york: CRC Press, 2005. 05 p. Disponível em: <<https://compress-pdf.obar.info/download/compresspdf>>. Acesso em: 25 set 2022.

KARPINSKI, LuiseteAndreis et al. **Gestão diferenciada de Resíduos da Construção Civil: uma abordagem ambiental**. Porto Alegre - RS, EDIPUCRS, 2009. p. 11-13. Disponível em <<https://www.yumpu.com/pt/document/view/14256069/gestao-diferenciada-de-residuos-da-construcao-civil-uma-pucrs>>. Acesso em 21 Jul 2022.

LIMA, Fabiana Bruch. **Mapeamento e Inventário dos Resíduos Operativos Provenientes de uma Concessionária Distribuidora de Energia Elétrica. Estudo de caso: centrais elétricas de Santa Catarina-CELESC sa. 2018**. Florianópolis. Disponível em:<<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/195641>>. acesso em: 06 jun 2022.

LIPPERT, Daniela. **Gestão de Resíduos Sólidos de Uma Empresa De Comércio Varejista**. São Miguel do Oeste. Disponível em: <<http://www.uniedu.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/2013/10/Daniela-Lippert.pdf> >. Acesso em: 18 Jul 2022.

NAGALLI, André. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Construção Civil**. São Paulo: 2014. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=ptbr&lr=&id=ebcwdaaaqbaj&oi=fnd&pg=pt6&dq=residuos+constru%c3%a7%c3%a3o+civil&ots=evtsuzhrm7&sig=qmmj6p9uaipjiv222nr5i8hnok8#v=onepage&q=residuos%20constru%c3%a7%c3%a3o%20civil&f=false>>. Acesso em: 20 jun. 2022.

NETO, MANUEL Rangel Borges; DE CARVALHO, Paulo Cesar Marques. **Geração de Energia Elétrica: Fundamentos. Saraiva Educação SA, 2012.** Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=MYyWdWAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=Na+fase+de+gera%C3%A7%C3%A3o,+as+usinas+geradoras+de+energia+el%C3%A9trica+convertem+energia+mec%C3%A2nica,+qu%C3%ADmica+e/ou+de+fiss%C3%A3o+em+energia+el%C3%A9trica&ots=rDi7EyDBER&sig=2i6X5KPwvux7X7iEaifmuM3QPgA>>. Acesso em: 19 Jun 2022.

OLIVEIRA, Iberê Carneiro D.; OBADOWSKI, Vinícius N.; JÚNIOR, Ary P. B S.; et al. **Geração de Energia Elétrica. Porto Alegre: Grupo A, 2021.** E-book. ISBN 9786556902531. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786556902531/>. Acesso em: 17 out. 2022.

OLIVEIRA; Prado Filho. **Licenciamento Ambiental Simplificado na Região Sudeste Brasileira: Conceitos, Procedimentos e Implicações., p. 4,** 2016. Curitiba: Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/made/article/view/42297/29134>>. Acesso em: 20 julho 2022.

Russell, F.T.S.E., 2021. **Industry classification benchmark (equity).** Disponível em: <https://research.ftserussell.com/products/downloads/ICB_Rules_new.pdf>. Acesso em: 01 Jun 2022.

SNIR. **Dúvidas Gerais Sobre Mtr.** Disponível em: <<https://www.sinir.gov.br/sistemas/mtr/duvidas-mtr/>> Acesso em: 17 set 2022.

SOUSA, Rodolfo Lacerda. Análise das etapas na construção de subestações. 2017. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/18806>>. Acesso em: 01 Jun 2022.

VIEIRA, Glauco Augusto. **A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos prevista na Lei 12.305/2010 (Política Nacional de Resíduos Sólidos–PNRS) e o impacto sobre o sistema da tríplice responsabilidade ambiental.** 2016. Disponível em: <<https://repositorio.pucsp.br/handle/handle/27538>>. Acesso em: 07 Out 2022.

YOSHIDA, Consuelo; LEITE, Paulo Roberto; JARDIM, Arnaldo; MACHADO FILHO, José Valverde. **Logística reversa na atualidade. Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos:** Barueri, SP: 2012, p. p.337-365.