

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COELE - COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELETRÔNICA

DALANA CERRI VALERIO

***RETROFIT DA SUBESTAÇÃO DO HOSPITAL DE RETAGUARDA DE
CASCAVEL***

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO

2022

DALANA CERRI VALERIO

***RETROFIT DA SUBESTAÇÃO DO HOSPITAL DE RETAGUARDA DE
CASCAVEL***

RETROFIT OF THE SUBSTATION OF CASCAVEL REAR HOSPITAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, do curso de Engenharia Eletrônica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Ms. Victor Alexandre Franco de Carvalho

TOLEDO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



1 TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

2 *RETROFIT* DA SUBESTAÇÃO DO HOSPITAL DE RETAGUARDA DE CASCAVEL

por

Dalana Cerri Valerio

Esse Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às **11h do dia 23 de junho de 2022** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Eletrônica**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

Prof. Dr. Marcos Roberto Bombacini
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Andrés Eduardo Coca Salazar
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Ms. Victor Alexandre Franco de
Carvalho
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná

Prof. Dr. Felipe Walter Dafico Pfrimer
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

O termo de aprovação assinado encontra-se na coordenação do curso.

Toledo, 23 de junho de 2022.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Dimensionamento de Entradas de Serviço em 13,8 kV.....	11
Figura 2 – Características dos tipos de subestações conectadas em tensão inferior a 69kV	17
Figura 3 - Esquemático de um Transformador de Corrente	18
Figura 4 - Transformador de Corrente.....	19
Figura 5 - Transformador de Potencial (TP)..	20
Figura 6 - Disjuntor a pequeno volume de óleo.	21
Figura 7 - Chave Seccionadora Tripolar.....	21
Figura 8 - Relé de proteção digital..	22
Figura 9 – Para-raios.	23
Figura 10 – Chave fusível indicadora unipolar..	24
Figura 11 – Terminal Mufla externo e interno..	24
Figura 12 – Cabo média tensão 15kV...	25
Figura 13 – Fusível limitador...	26
Figura 14 – Transformador 300kVA a óleo (a) e transformador 300kVA a seco (b).	27
Figura 15 – Transformador de potência 150 kVA a óleo (a) e chave seccionadora (b).	29
Figura 16 - Quadro de cargas – IT – Médico Sala 1.	30
Figura 17 - Quadro de cargas – IT – Médico Sala 2.	30
Figura 18 - Quadro de cargas – IT – Médico Sala de Parto.	30
Figura 19 - Quadro de cargas centro cirurgico.	31
Figura 20 - Quadro de cargas – Ala Centro Cirúrgico.	31
Figura 21 - Quadro de cargas – RaioX.	31
Figura 22 - Quadro de cargas Enfermaria	32
Figura 23 - Quadro de cargas – IT Médico UTI.....	32
Figura 24 - Quadro de cargas – UTI.....	33
Figura 25 - Demanda Hospital Allan Brame Pinho, agosto, 2021.	34
Figura 26 - Balanceamento de carga.	35
Figura 27 - Análise de tensão Fase-Neutro.	35
Figura 28 - Localização subestação atual..	38

Figura 29 - Ramal de Entrada Subterrânea e Medição em Alta Tensão de Cabine de Alvenaria Baixa.....	39
Figura 30 – Localização nova subestação.	39
Figura 31 – Banco com eletroduto reserva.....	40
Figura 32 - Vista em Planta Subestação de Alvenaria com entrada Subterrânea com transformador único até 300 kVA.....	41
Figura 33 - Vista em Corte Subestação de Alvenaria com Entada Subterrânea com transformador único até 300 kVA.....	41
Figura 34 – Janela de ventilação – cabina de alvenaria.....	43
Figura 35 - Elos fusíveis para transformadores trifásicos	44
Figura 36 – Resistências e reatâncias indutivas condutor 35mm ² 12/20 kV.....	47
Figura 37 - Diagrama unifilar dos pontos onde será calculado o curto-circuito..	49
Figura A.1 – Planta situação.....	62
Figura A.2 - Diagrama unifilar	63
Figura A.3 – Modelagem quadro de medição e especificações do novo transformador.....	64
Figura A.4 – Detalhes subestação.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação por Grupo de locais para fins médicos em hospitais segundo NBR 13534.	13
Tabela 2 - Classes de alimentação de segurança	14
Tabela 3 – Classificação por classe de locais.	15
Tabela 4 - Dados do local.....	33
Tabela 5 – Grupo A - Subgrupos.....	36
Tabela 6 – Grupo B - Subgrupos.....	37
Tabela 7 – Ajuste Copel.....	45
Tabela 8 – Impedâncias para efeito de cálculo.....	46
Tabela 9 – Lista de Materiais.....	52

RESUMO

Com o aumento da demanda e falta de manutenção, se fez necessário o aumento de carga instalada na subestação do Hospital de Retaguarda de Cascavel Allan Brame Pinho. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta de dimensionamento para aplicação de um *retrofit* que é a substituição dos equipamentos com aumento de carga e modernização tecnológica na subestação do hospital adequando-se as Norma Técnica Copel NTC 903100. Primeiramente, avaliou-se as condições atuais do hospital, fazendo levantamento de cargas e analisando a demanda utilizando o Datalog DMI P1500 que tem como função medir as grandezas elétricas. Após, foi feita a identificação das inconformidades, falta de manutenção equipamentos ultrapassados e fora de norma, também foi feito o dimensionamento das novas instalações e equipamentos. Passando pela análise e aprovação do órgão responsável. Conclui-se que a aplicação do *retrofit*, permitirá um desempenho mais adequado ao sistema elétrico do hospital.

Palavras-chave: readequação; confiabilidade; inconformidade; demanda; manutenção.

ABSTRACT

With the increase in demand and lack of maintenance, it was necessary to increase the load installed in the substation of the Hospital de Retaguarda de Cascavel Allan Brame Pinho. This work aims to present a dimensioning proposal for the application of a retrofit, which is the replacement of equipment with increased load and technological modernization in the hospital substation, adapting to the Technical Standard Copel NTC 903100. First, the current conditions were evaluated. of the hospital, surveying loads and analyzing the demand using the Datalog DMI P1500, whose function is to measure electrical quantities. Afterwards, the identification of non-conformities, lack of maintenance of outdated and non-standard equipment was made, and the design of new facilities and equipment was also carried out. Going through the analysis and approval of the responsible body. It is concluded that the retrofit application will allow a more adequate performance to the hospital's electrical system.

Keywords: readjustment; reliability; nonconformities; demand; maintenance.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	5
2	OBJETIVOS	7
	2.1 Objetivo geral.....	7
	2.2 Objetivos específicos	7
3	JUSTIFICATIVA	8
4	REFERENCIAL TEÓRICO	9
	4.1 <i>RETROFIT</i>	9
	4.2 NORMAS TÉCNICAS.....	9
	4.3 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS HOSPITALARES	11
	4.4 SUBESTAÇÃO	16
	4.4.1 Subestação consumidor	17
	4.4.2 Subestação simplificada	17
	4.5 EQUIPAMENTOS DE UMA SUBESTAÇÃO.....	18
	4.5.1 Transformador de corrente	18
	4.5.2 Transformadores de Potencial	19
	4.5.3 Disjuntores de média tensão.....	20
	4.5.4 Chave Seccionadora Primária	21
	4.5.5 Relé de Proteção.....	22
	4.5.6 Para-raios.....	23
	4.5.7 Chave Fusível.....	23
	4.5.8 Terminal Mufla	24
	4.5.9 Cabo de Alta tensão 15 kV.....	25
	4.5.10 Fusíveis limitadores de Corrente.....	26
	4.5.11 Transformador de Potência	26
	4.6 PROTEÇÃO	27
	4.7 MANUTENÇÃO DA SUBESTAÇÃO	27
	4.7.1 Manutenção Corretiva	28
	4.7.2 Manutenção Preventiva.....	28
5	MATERIAIS E MÉTODOS	29
	5.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL	29
	5.2 MEDIDOR ENERGIA ELÉTRICA	34
	5.3 ESTRUTURA TARIFÁRIA.....	35
	a) Grupo A	36
	b) Grupo B	36
	c) Tarifa horo-sazonal verde.....	37
	5.4 PROJETO ELÉTRICO WEB (PEW)	37
	5.5 LOCALIZAÇÃO SUBESTAÇÃO.....	38

5.6	RAMAL DE LIGAÇÃO.....	40
5.7	SUBESTAÇÃO DE ALVENARIA COM RAMAL DE ENTRADA SUBTERRÂNEO.....	40
5.8	GENERALIDADES DE UMA SUBESTAÇÃO	42
5.8.1	Placas de Advertência	42
5.8.2	Aterramento.....	42
5.8.3	Iluminação.....	42
5.8.4	Ventilação.....	43
5.9	EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO.....	43
5.9.1	Fusíveis.....	43
5.9.2	Transformador de corrente	44
5.9.3	Disjuntor de média tensão	45
5.10	PROCEDIMENTOS DO ESTUDO DE PROTEÇÃO E SELETIVIDADE	45
5.10.1	Solicitação de dados Copel	45
5.10.2	Impedância transformador.....	46
5.10.3	Bitola cabo média tensão.....	46
5.10.4	Cálculo do curto-circuito.....	48
5.10.5	Corrente de Magnetização dos transformadores	51
5.10.6	Cálculo da corrente de Pick-up	51
5.10.7	Dimensionamento Transformador de Corrente de Proteção	51
6	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	52
7	CONCLUSÃO.....	55
	APÊNDICE A – PROJETO ELÉTRICO SUBESTAÇÃO	62
	APÊNDICE B – MEMORIAL DESCRITIVO	66
1.	OBJETO.....	66
2.	DADOS DA EDIFICAÇÃO.....	66
3.	NORMAS TÉCNICAS APLICADAS	66
4.	DESCRIÇÃO DAS PRANCHAS E DOCUMENTOS DO PROJETO	66
5.	CARACTERÍSTICAS DA OBRA	67
5.1	PONTO DE ENTREGA DE ENERGIA.....	67
5.2	SUBESTAÇÃO DE ENERGIA.....	67
5.3	RAMAL DE ENTRADA	68
5.4	CABOS A SEREM UTILIZADOS.....	68
5.5	PROTEÇÃO CONTRA CURTO-CIRCUITO E SOBRE CARGAS NA M.T. .	68
5.6	POSTO DE TRANSFORMAÇÃO CO TRAFIO DE 300 kVA	69
5.7	SISTEMA DE ATERRAMENTO	69
5.8	CAIXAS DE PASSAGEM	70
5.9	CÁLCULO DE DEMANDA	70

5.10 MURETA EM ALVENARIA E CAIXAS	70
6 NOTAS OBRIGATÓRIAS	70
APÊNDICE C – PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA, CORRETIVA NO SISTEMA ELÉTRICO DE MÉDIA TENSÃO	72

1 INTRODUÇÃO

Constantemente, diversos profissionais da área de instalações elétricas, sejam eles: eletricitas, técnicos em eletrotécnica, engenheiro eletricitista etc., ficam expostos a painéis elétricos. Caso estes painéis não estejam adequados as normas vigentes de segurança e proteção, aumenta o risco de acidente do trabalho, que se tratando de energia elétrica podem ocasionar danos e prejuízos, como: morte devido ao choque elétrico e paralisação de um processo industrial por falta de energia elétrica (RODRIGUES, et al., 2017).

A Portaria 3.214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego, aprova as Normas Regulamentadoras (NRs), relativas à segurança e medicina do trabalho, nelas são descritas as obrigações dos empregadores e empregados. O *retrofit* é o processo de atualização, devendo ser criada uma metodologia para realização deste trabalho (RODRIGUES, et al., 2017).

Outro ponto, que vai de encontro com o objetivo do presente trabalho, segundo Abbud et al., (2010) o modelo padrão de desenvolvimento brasileiro requer disponibilidade de energia elétrica, seja ela através de fontes renováveis como hidroeletricidade (maior fatia da matriz energética brasileira), energia eólica, energia solar entre outras (pouco exploradas) e fontes não renováveis como petróleo, carvão mineral e gás natural. Todas essas energias estão, nas últimas décadas, dando sinais de limitações devido à demanda de energia crescer mais do que os investimentos no setor elétrico. As limitações da energia elétrica, disponível no sistema brasileiro, geram necessidades de programas de uso racional para combater os desperdícios e consequentemente evitar racionamentos de energia (ASSIS, 2014).

O controle e o uso racional da energia elétrica são tratados por muitos como uma maneira mitigadora de redução de gastos para as empresas que querem melhorar seu desempenho econômico, mas não conseguem tratar a energia como uma mercadoria, que passa pela aquisição, uso e descarte (DIAS et al, 2006). Esse fato deve-se, entre outros, pela invisibilidade da energia, pois o que não é visto sendo consumido é de difícil controle.

O desperdício de energia elétrica no setor comercial, conforme Procel (2011) é de 14%, o que equivale a 5,8 bilhões de kWh. Isso representa um desperdício de 20% de energia elétrica no Brasil. Existem muitas “vias de desperdício” de energia na economia brasileira: seja por hábitos

inadequados de consumo, utilização de aparelhos ineficientes ou falta de conhecimento técnico por parte dos grandes consumidores

Diante deste cenário é necessário que os recursos energéticos existentes sejam aproveitados ao máximo, sendo insustentável o desperdício desta energia que tem um custo elevado de produção, transmissão e distribuição sob qualquer ponto de vista (ASSIS, 2014).

Por outro lado o hospital tem como função principal o desenvolvimento de serviços relacionados à saúde, visando sempre excelência, segurança e eficiência, para que este tipo de estabelecimento seja capaz de atender toda a sua demanda. O principal motivo para a existência dessa estrutura se deve à melhoria da qualidade de vida a necessidade de atender a parcela da população que necessita de cuidados de saúde hospitalares (DOBES, 1997).

Em um hospital o sistema de energia elétrica é uma das utilidades mais importante, sendo assim responsável por manter todos os setores em funcionamento, desde os procedimentos clínicos até os assistenciais da empresa. Para se projetar as instalações elétricas de um hospital se deve ter bastante cautela devido ao seu grau de complexidade, onde infraestrutura e tecnologia são as bases para este tipo de organização (COUTINHO, 2015). Segundo Dobes (1997), este tipo de projeto deve ser dimensionado tanto do ponto de vista financeiro quanto social, visando sempre a viabilidade e eficiência do negócio.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Realizar o estudo de um projeto de readequação da subestação do Hospital de Retaguarda de Cascavel, baseado na análise das condições e irregularidades presentes nas instalações elétricas da subestação nas quais os equipamentos eletromédicos são ligados.

2.2 Objetivos específicos

Para que se alcance o objetivo principal, objetivos específicos são requeridos, dentre eles:

- a) melhorias, tanto em segurança e instalações.
- b) adaptando os sistemas elétricos às normas técnicas brasileiras.
- c) Dimensionar os equipamentos.

3 JUSTIFICATIVA

Uma pequena parte de estabelecimentos assistenciais de saúde do país está de acordo com requisitos mínimos de segurança e confiabilidade.

Instalações elétricas inadequadas podem provocar grandes riscos no uso de equipamentos eletromédicos, tanto para o paciente como para o pessoal da área de saúde. Para uma subestação funcionar corretamente, todos seus equipamentos devem estar operando dentro de suas condições normais e com suas manutenções periódicas atualizadas.

Com isso, busca-se corrigir as irregularidades nas instalações elétricas, modernizar os equipamentos, garantindo a segurança dos equipamentos eletromédicos.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão abordados conceitos referentes a projetos de readequação apresentando uma contextualização sobre a sua importância nas instalações elétricas hospitalares, apresentando desde a teoria às definições de instalações segundo a NBR 13534, visando transmitir de forma clara a metodologia do trabalho.

4.1 *RETROFIT*

O *Retrofit* é o processo de modernização ou readequação as normas vigentes de algum equipamento ultrapassado ou fora de norma. Usado em variadas áreas de aplicação, tais como iluminação, envoltório, climatização dentre outros.

Criada da junção de dois vocábulos: o latim *retro* – que significa movimentar-se para trás – e o inglês *fit* – que tem o sentido de adaptar ou ajustar, *Retrofit* resultou no conceito de “readequação”, especialmente se referindo à adaptação de edifícios antigos com o fim de torná-los contemporâneos, prolongando sua vida útil, conforto e funcionalidade, de acordo com os avanços tecnológicos da nossa época e, obviamente, em direção da maior sustentabilidade socioambiental (VALE, 2006). Neste trabalho o termo é utilizado para definir, os componentes a serem substituídos da subestação do hospital de acordo com as normativas vigentes.

4.2 NORMAS TÉCNICAS

A seguir serão descritas as normas técnicas que foram utilizadas no desenvolvimento do presente trabalho e que estão relacionadas às subestações e instalações hospitalares.

- ABNT NBR 5444 (1989) descreve sobre os símbolos gráficos para instalações elétricas prediais, embora essa norma tenha sido descontinuada pela ABNT, ainda é utilizada como referência para desenho de engenharia elétrica.
- ABNT NBR 5410 (2008) descreve sobre a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens.

- ABNT NBR 5356 (2008) que se aplica a transformadores trifásicos e monofásicos (inclusive autotransformadores), que são transformadores de potência, dividida em 5 partes, executando-se também certas categorias de pequenos transformadores e transformadores especiais.
- ABNT NBR 10295 (2013), trata sobre transformadores de potência secos, estabelece requisitos aplicados a transformadores de potência secos, com tensão máxima de equipamento igual ou inferior a 36,2 kV.
- ABNT NBR 6856 (2015) para definir as características de desempenho de transformadores de corrente (TC) destinados a serviço de medição e proteção.
- ABNT NBR 6855 (2009) fixa características de desempenho de transformadores de potencial indutivos (TPI) destinados a serviço de medição, controle e proteção.
- ABNT NBR 14039 (2005) definição de um sistema para o projeto e execução de instalações elétricas de média tensão, com tensão nominal de 1,0 kV a 36,2 kV, à frequência industrial, de modo a garantir segurança e continuidade de serviço.
- ABNT NBR 13571 (1996) esta Norma fixa os requisitos mínimos exigíveis para hastes de aterramento aço cobreadas e seus acessórios, utilizados em instalações de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, em instalações elétricas industriais, comerciais, rurais, prediais e residenciais em geral, instalações de telecomunicação e centro de processamento de dados e outros.
- ABNT NBR 13534 (1995) descreve sobre as condições das instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde, e requisitos para segurança. Esta Norma estabelece o conjunto de requisitos mínimos de segurança para instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde, situados em hospitais, ambulatórios, unidades sanitárias, clínicas médicas e odontológicas, veterinárias etc.
- NR-10 (2008) Norma Reguladora 10, que estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade.
- NTC 903100 COPEL (2018) apresenta o fornecimento em tensão primária de distribuição, estabelecendo as condições gerais para o fornecimento de energia elétrica às instalações de unidades consumidoras atendidas em tensões nominais de 13,8 kV e 34,5 kV, através

das redes primárias de distribuição aérea. Assim pode ser visto na figura 1, como indicado na norma, um diagrama unifilar que representa o posto de serviço desde a derivação do poste da concessionária à caixa do disjuntor de baixa tensão.

A Figura 1, apresenta as categorias de dimensionamento mínimo que a entrada serviço deverá obedecer. Indicando também o dimensionamento dos equipamentos de medição necessários para cada tipo de atendimento. A utilização de cabos de alumínio deverá obedecer as prescrições da NBR 5410.

Figura 1 - Dimensionamento de Entradas de Serviço em 13,8 kV

ATENDIMENTO EM 13,8 KV – TRIFÁSICO																	
CATEGORIA	DEMANDA MÁXIMA PREVISTA (KVA)	TRANSFORMADOR			DISJUNTOR GERAL (A)	RAMAL ENTRADA EM BAIXA TENSÃO APARENTE/EMBITUDO				ATERRAMENTO DO NEUTRO DO TRANSFORMADOR		MEDIÇÃO INDIRETA					
		I nominal (A)	SECUNDÁRIO	TENSÃO NO SECUNDÁRIO (V)		COBRE		ALUMÍNIO		COBRE (mm ²)	ELETRO - DUTO Ø NOMINAL (mm)	TC	MEDIDOR	CORRENTE PRIM. (A) / (CORRENTE SEC. 5A)	CORRENTE NOMINAL / CORRENTE MÁXIMA (A)		
						POTÊNCIA (KVA)	PRIMÁRIO	CONDUTOR ISOL. PVC 70°C (mm ²) F e N	ELETRO - DUTO Ø NOMINAL (mm)							CONDUTOR ISOL. PVC 70°C (mm ²) F e N	ELETRO - DUTO Ø NOMINAL (mm)
5	Ds30	30	1,25		3x80	25	40	50	60	25	25	100	4/3	2,5/10			
						46	380/220	3x50	10	32	16				40	16	25
						40	440/254	3x40	10	32	16				40	16	25
						118	220/127	3x125	50	60	70				75	35	25
6	30<Ds45	45	1,88		3x70	25	40	25	40	25	25	100	4/3	2,5/10			
						59	440/254	3x63	16	40	25				40	25	25
						197	220/127	3x200	95	85	2x50				2x60	50	25
						114	380/220	3x125	50	60	70				60	35	25
7	45<Ds75	75	3,14		3x100	35	50	50	60	25	25	100	4/3	2,5/10			
						296	220/127	3x300	2x70	2x75	2x95				2x85	70	25
						171	380/220	3x175	95	85	2x50				2x60	50	25
						148	440/254	3x150	70	75	95				85	50	25
8	75<Ds112,5	112,5	4,71		3x150	70	75	95	85	50	25	100	4/3	2,5/10			
						394	220/127	3x400	2x95	2x85	3x95				3x85	95	32
						228	380/220	3x250	2x50	2x60	2x70				2x75	50	25
						197	440/254	3x200	95	85	2x50				2x60	50	25
9	112,5<Ds150	150	6,27		3x200	95	85	2x50	2x60	50	25	100	4/3	2,5/10			
						590	220/127	3x600	3x95	3x85	4x95				4x85	120	40
						342	380/220	3x350	2x95	2x85	3x70				3x75	95	32
						295	440/254	3x300	2x70	2x75	2x85				70	32	
10	150<Ds225	225	9,41		3x250	2x50	2x60	2x70	2x75	50	25	100	4/3	2,5/10			
						787	220/127	3x800	4x95	4x85	4x150				4x100	120	40
						455	380/220	3x500	3x70	3x75	4x70				4x75	120	40
						393	440/254	3x400	2x95	2x85	3x95				3x85	95	32
11	225<Ds300	300	12,55		3x400	2x95	2x85	3x95	3x85	95	32	100	4/3	2,5/10			
						455	380/220	3x500	3x70	3x75	4x70				4x75	120	40
						393	440/254	3x400	2x95	2x85	3x95				3x85	95	32
						455	380/220	3x500	3x70	3x75	4x70				4x75	120	40

Fonte: NTC 903100, 2018.

4.3 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS HOSPITALARES

Com o passar dos anos e a evolução das tecnologias utilizadas em equipamentos hospitalares, se tem cada vez mais a necessidade de uma infraestrutura de instalações elétricas eficiente e segura em estabelecimentos assistenciais de saúde. Pela complexidade das instalações elétricas, nestes estabelecimentos existem diversas características de projeto, comerciais, industriais e médicas.

Para Dobes (1997), o planejamento de qualquer atividade relacionada a instalações hospitalares, seja de projeto, execução ou manutenção, algumas definições são fundamentais, tanto para o desenvolvimento das atividades como para o entendimento da estruturação do hospital frente à normatização existente na área.

Segundo a NBR 13534, os locais de um hospital para fins médicos, são divididos em três grupos e três classes, levando em conta os locais e os tipos de equipamentos eletromédicos utilizados, ou que poderão vir a ser utilizados:

- Local do Grupo 0: Recinto em que não são utilizadas partes aplicadas de equipamentos eletromédicos alimentados pela rede.
- Local do Grupo 1: Recinto no qual se prevê o uso de equipamentos eletromédicos, mas não para aplicação cardíaca direta.
- Local do Grupo 2: Recinto no qual se prevê o uso de equipamento eletromédico destinado a aplicação cardíaca direta.

Tabela 1 - Classificação por Grupo de locais para fins médicos em hospitais segundo NBR 13534.

LOCAL	0	1	2
SALA DE ENFERMAGEM		X	
LAVABO CIRÚRGICO	X		
ENFERMARIA		X	
SALA DE PARTO		X	
SALA DE EEG, ECG e EMG		X	
SALA DE ENDOSCOPIA		X	
SALA DE EXAME OU TRATAMENTO		X	
SALA DE TRABALHO DE PARTO		X	
CENTRO DE MATERIAL ESTERILIZADO	X		
SALA DE UROLOGIA (SEM SER SALA CIRÚRGICA)		X	
SALA DE DIAGNÓSTICO OU TERAPIA RADIOLÓGICOS		X	
SALA DE HIDROTERAPIA		X	
SALA DE FISIOTERAPIA		X	
SALA CIRÚRGICA			X
SALA DE PREPARAÇÃO CIRÚRGICA		X	
SALA DE APLICAÇÃO DE GESSO	X		
SALA DE RECUPERAÇÃO PÓS- CIRURGIA		X	
SALA DE CATETERISMO CARDÍACO			X
SALA DE RERAPIA INTENSIVA			X
SALA DE ANGIOGRAFIA			X
SALA DE HEMODIÁLISE		X	
SALA DE CENTRAL DE MONITORAÇÃO	X		
SALA DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA(MRI)		X	
MEDICINA NUCLEAR		X	
SALA DE PREMATUROS		X	
SALA DE RADIOLOGIA E ULTRA-SOM		X	

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

A Tabela 1 apresenta a Classificação por Grupo de locais para fins médicos em hospitais segundo NBR 13534.

Referente à Classe, esse critério corresponde à classe de alimentação de segurança com que os equipamentos do local devem ser munidos. Segundo a norma NBR 13534, como apresentado na Tabela 2, consideram-se as seguintes classes de alimentação, de acordo com o tempo de comutação (tempo de passagem da alimentação normal para alimentação de segurança).

Tabela 2 - Classes de alimentação de segurança

Classe 0,5	Alimentação automática disponível em até 0,5s
Classe 15	Alimentação automática disponível em até 15s
Classe > 15	Alimentação automática disponível em mais de 15s, em modo automático ou manual

Fonte – NBR13534, 1995.

A Tabela 3 apresenta a classificação por classes dos locais para fins médicos em hospitais.

Tabela 3 - Classificação por classe de locais

LOCAL	0	1	2
SALA DE ENFERMAGEM		X	
LAVABO CIRÚRGICO	X		
ENFERMARIA		X	
SALA DE PARTO		X	
SALA DE EEG, ECG e EMG		X	
SALA DE ENDOSCOPIA		X	
SALA DE EXAME OU TRATAMENTO		X	
SALA DE TRABALHO DE PARTO		X	
CENTRO DE MATERIAL ESTERILIZADO	X		
SALA DE UROLOGIA (SEM SER SALA CIRÚRGICA)		X	
SALA DE DIAGNÓSTICO OU TERAPIA RADIOLÓGICOS		X	
SALA DE HIDROTERAPIA		X	
SALA DE FISIOTERAPIA		X	
SALA CIRÚRGICA			X
SALA DE PREPARAÇÃO CIRÚRGICA		X	
SALA DE APLICAÇÃO DE GESSO	X		
SALA DE RECUPERAÇÃO PÓS- CIRURGIA		X	
SALA DE CATETERISMO CARDÍACO			X
SALA DE RERAPIA INTENSIVA			X
SALA DE ANGIOGRAFIA			X
SALA DE HEMODIÁLISE		X	
SALA DE CENTRAL DE MONITORAÇÃO	X		
SALA DE RESSONÂNCIA MAGNÉTICA(MRI)		X	
MEDICINA NUCLEAR		X	
SALA DE PREMATUROS		X	
SALA DE RADIOLOGIA E ULTRA-SOM		X	

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA,2021.

Ambientes que constituem um hospital têm suas prioridades relacionadas a entrada e fornecimento de energia elétrica para garantir a qualidade de vida do paciente.

4.4 SUBESTAÇÃO

Subestação é um conjunto de equipamentos interligados entre si, com o objetivo de controlar o fluxo de potência, modificar tensões e alterar a natureza da corrente elétrica assim como garantir proteção ao sistema elétrico. Desta forma, é possível manter a energia elétrica dentro de valores estabelecidos para a transmissão e distribuição.

Para Muzy (2012), funciona como ponto de controle e transferência de um sistema da transmissão elétrica, direcionando e controlando o fluxo energético, transformando os níveis de tensão e funcionando como pontos de entrega para consumidores industriais.

Segundo Altoé (2013) nas subestações diversos sistemas são implantados visando à segurança das pessoas e dos equipamentos, desde sistemas de medição, proteção, a sistemas de transformação, se tem a necessidade da facilidade de acesso para quando necessário serem realizadas manutenção, atendimento a demanda de energia solicitada pelas instalações, maior flexibilidade para realizar manobras e confiabilidade tanto na proteção quanto na operação. Algumas funções das subestações podem ser definidas como para:

1. Garantir a interligação dos sistemas de energia elétrica, direcionando o fluxo de energia entre as fontes e as cargas e utilizando equipamentos de manobra e transformação de tensão (MARTINS, 2020).
2. Melhorar a qualidade de energia, possuindo a capacidade para compensar reativos do sistema e controlar e fazer a manutenção dos níveis de tensão adequados (MARTINS, 2020).
3. Proteger a integridade física do sistema e das pessoas, e para isso deve possuir dispositivos de proteção capazes de detectar diferentes tipos de falha no sistema e isolar os trechos onde estas ocorrerem (MARTINS, 2020).
4. O papel da subestação está em controlar o fluxo de potência, modificar as tensões e alterar a natureza da corrente elétrica. Ela é composta pelo sistema de medição, sistema de proteção e os transformadores (MUZY, 2012).

Uma subestação pode ser classificada segundo seu nível de tensão:

- Baixa tensão: níveis de tensão até 1kV;
- Média tensão: níveis de tensão entre 1kV e 34,5kV;

- Alta tensão: níveis de tensão entre 34,5kV e 230kV;
- Extra alta tensão: níveis maiores que 230 kV.

Podem ser instaladas ao tempo, térrea ou aérea, abrigadas ou blindadas.

4.4.1 Subestação consumidor

A subestação que será abordada no trabalho é a conectada com tensão inferior a 69 kV, denominada como subestação de consumidor. Ela deve ser instalada ou construída preferencialmente no limite da propriedade com a via pública, o mais próximo possível da entrada principal do terreno da edificação, isso para facilitar o acesso dos representantes da distribuidora (GEDRA, 2011).

Subestações conectadas em tensão inferior a 69 kV se classificam em dois modelos, conforme a Figura 2.

Figura 2 - Características dos tipos de subestações conectadas em tensão inferior a 69kV.

Tipos de subestações e características	Tipo construtivo	Entrada
Simplificada - Medição na baixa ou alta tensão - Proteção da alta tensão por fusível - Somente 1 trafo de potência máxima 300 kVA	Alvenaria	Aérea ou subterrânea
	Blindada	Subterrânea
	Poste	Aérea
Convencional - Medição na alta tensão - Proteção da alta tensão por disjuntor com acionamento através de relé - Sem limites de potência e de transformadores	Alvenaria	Aérea ou subterrânea
	Blindada	Subterrânea

Fonte: CABINE PRIMÁRIA, 2019.

4.4.2 Subestação simplificada

Subestação utilizada em edificações que possuem apenas 1(um) transformador de força com potência máxima de 300 kVA. Podendo a medição ser feita tanto em média tensão quanto em baixa tensão, seguindo os padrões estabelecidos pela Copel. A proteção geral das instalações, no lado de média tensão, é feita por meio de fusível sem a necessidade da utilização de disjuntores de média

tensão e relés (COPEL, 2018). A subestação abordada no presente projeto será do tipo simplificada, devido a sua demanda inferior a 300 kVA.

4.5 EQUIPAMENTOS DE UMA SUBESTAÇÃO

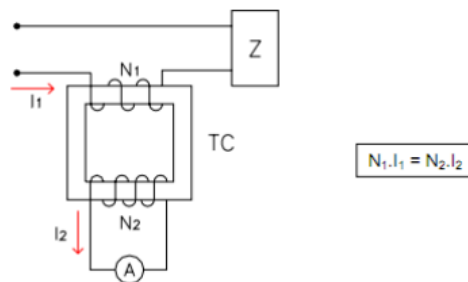
Uma subestação é composta por diversos equipamentos, nos quais se destacam os disjuntores, chaves seccionadoras, transformadores, relés, para-raios e resistores de aterramento.

4.5.1 Transformador de corrente

Transformadores de corrente são equipamentos destinados a proteção ou medição, transformando a corrente do sistema em níveis pré-estabelecidos, se adequando aos valores de conexão, funcionamento e operação dos instrumentos de controle, proteção e medição.

Fornecem valores de corrente e tensão, dentro da faixa permitida pelos demais instrumentos utilizados na subestação, como medição e de proteção. A Figura 3 apresenta um esquemático de um transformador de corrente.

Figura 3 - Esquemático de um Transformador de Corrente



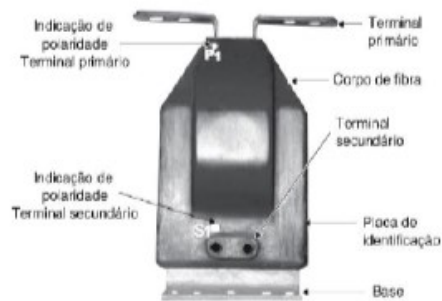
Fonte: Centro Federal de Educação Celso Suckow da Fonseca.

O enrolamento primário é ligado em série com um circuito elétrico e o secundário alimenta as bobinas de corrente existente nos instrumentos da subestação.

O transformador de corrente (TC) conforme apresentado na Figura 4, é um equipamento capaz de reduzir a corrente que circula no seu primário para um valor menor, no seu secundário, compatível com o instrumento registrador de medição. Eles são divididos em dois tipos

fundamentais: transformadores de corrente para serviço de medição e transformadores de correntes para o serviço de proteção (MAMEDE FILHO, 2017). O valor da corrente no secundário do TC varia proporcionalmente a corrente de carga, ou seja, em um TC de 200 -5 A, se a carga estiver consumindo 100A, no seu secundário terá 2,5 A.

Figura 4 - Transformador de Corrente.



Fonte: Instalações Elétricas Industriais,2017.

Classificação dos TCs conforme suas formas construtivas:

- a) TC do tipo barra;
- b) TC do tipo enrolado;
- c) TC do tipo janela;
- d) TC do tipo bucha;
- e) TC do tipo núcleo dividido;

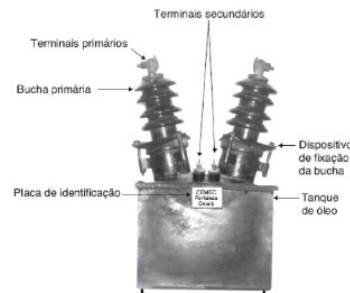
4.5.2 Transformadores de Potencial

O transformador de potencial Figura 5 é responsável por reduzir a tensão de circuitos, para níveis compatíveis com os aparelhos de medições (MAMEDE FILHO, 2017).

Sua tensão nominal no enrolamento primário vai depender da tensão em que o sistema elétrico está conectado. A tensão no enrolamento secundário é padronizada em um valor de 115 V para transformadores de potencial (TPs) de medição de faturamento. O seu princípio de funcionamento se baseia no mesmo princípio dos TCs, ao variar a tensão no seu primário, a tensão no secundário também varia proporcionalmente (MAMEDE FILHO, 2017). Eles podem ser alimentados entre

fase e fase, fase e neutro e fase e terra, dependendo do seu tipo construtivo. Devem ser projetados para suportarem uma sobretensão permanente de até 10%, sem que os danifiquem (MAMEDE FILHO, 2017).

Figura 5 – Transformador de Potencial (TP).



Fonte: Instalações Elétricas Industriais, 2017.

4.5.3 Disjuntores de média tensão

Os disjuntores são equipamentos de segurança da subestação. Estes equipamentos são capazes de conduzir, interromper e estabelecer correntes normais e anormais dos sistemas. Utilizados no controle de circuitos, conduzindo corrente de carga e sua ação resulta na supervisão automática do sistema e sua operação. O disjuntor possui o papel de isolar o circuito, ele proporciona a interrupção e reestabelecimento das correntes elétricas no circuito (GOES, 2013).

Diferente dos disjuntores de baixa tensão, que possuem no seu interior, elementos capazes de identificar sobrecarga e curto circuito, o disjuntor de alta tensão é apenas uma chave, que permite a abertura do circuito sob carga extinguindo o arco elétrico através de sua câmara de extinção. O disjuntor de alta tensão é o equipamentos destinado a realizar manobras sob carga, fazendo a proteção dos circuitos primários e consequentemente dos circuitos secundários. Para ele realizar a sua função de proteção, é necessário o emprego do relé de proteção, que terá como atribuição a leitura e interpretação das grandezas elétricas, e quando houver algum tipo de anomalia, o mesmo manda um sinal para a bobina de abertura do disjuntor, fazendo com que o mesmo secciona o circuito, coibindo maiores danos às instalações (MAMEDE FILHO, 2017).

Disjuntores de média tensão mais utilizados são os disjuntores a vácuo, a grande volume de óleo, a pequeno volume de óleo conforme Figura 6 e a SF6 (hexafluoreto de enxofre) (MAMEDE FILHO, 2017).

Figura 6 – Disjuntor a pequeno volume de óleo.



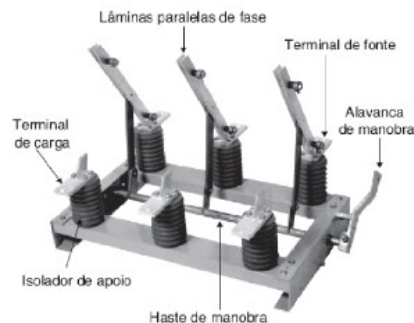
Fonte: Instalações Elétricas Industriais,2017.

4.5.4 Chave Seccionadora Primária

As chaves seccionadoras, são dispositivos de manobra capazes de seccionar circuitos elétricos. Na posição fechada a chave garante a continuidade do circuito, enquanto na posição aberta, garante uma distância segura de isolamento entre os contatos. Podem ser operados em carga ou não, dependendo da função que esteja exercendo na subestação. E podem ainda ser unipolar ou tripolar como a Figura 7 (FRANÇA, 2012).

Utilizada para a realização de manobras, de forma visível. Devido a sua forma construtiva, ela não pode ser manobrada sob carga. As chaves seccionadoras podem ser do tipo tripolar (três pólos) ou unipolar (um pólo) (MAMEDE FILHO, 2017).

Figura 7 – Chave Seccionadora Tripolar.



Fonte: Instalações Elétricas Industriais,2017.

4.5.5 Relé de Proteção

Um relé é um dos principais equipamentos de um sistema de proteção, funciona como um interruptor acionado eletricamente. Quando a corrente elétrica percorre as espiras da bobina do relé, ocorre o acionamento desse interruptor, criando um campo magnético responsável por atrair a alavanca e causar a alteração do estado dos contatos. Os relés são responsáveis por detectar possíveis defeitos e compila-los para a abertura de um disjuntor ou para transmitir um alerta para a sala de operação (GOES, 2013).

Os relés de proteção são mecanismos digitais, analógicos ou eletromecânicos que são conectados ao sistema elétrico de potência para identificar situações de falhas dentro do seu parâmetro ajustado. O parâmetro de um relé estabelece o valor para o qual o mesmo deverá ser sensibilizado, ou seja, é o limite que identifica a condição anormal de operação do equipamento protegido (MELO SILVA, 2012).

São classificados conforme sua construção, podendo ser digitais como a Figura 8 ou eletromecânicos. Para ajustar os parâmetros de um relé eletromecânico, é necessário modificar sua característica física, devido a esse fato eles foram descontinuados, sendo seu sucessor os relés do tipo digital, o qual não há necessidade de variação de parâmetros físicos para o ajuste do mesmo (MELO SILVA, 2012).

Figura 8 - Relé de proteção digital.



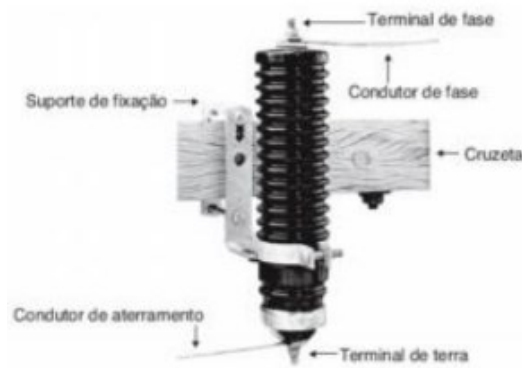
Fonte: PEXTRON,2020.

4.5.6 Para-raios

Os para-raios são responsáveis pela proteção do sistema elétrico. Atuam na ocorrência de uma sobretensão devido a uma descarga atmosférica, direcionando-a para a terra, evitando danos aos equipamentos da instalação (MAMEDE FILHO,1993).

A Figura 9 mostra o para-raios mais utilizado em subestações do tipo consumidor, são os de óxido de zinco (ZnO), aplicado na proteção dos sistemas elétricos contra sobretensões causadas durante chaveamento de equipamentos ou sobretensões devido a descargas atmosféricas. Seu papel é limitar a tensão gerada por alguma dessas ocorrências, evitando que tensões elevadas venham atingir outros equipamentos (LIRA, 2012).

Figura 9 – Para-raios.

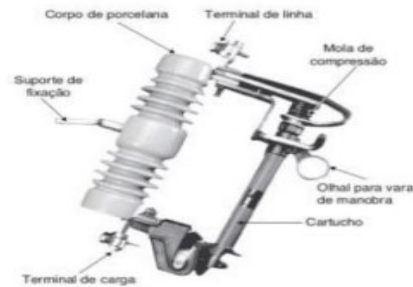


Fonte: Instalações Elétricas Industriais,2017.

4.5.7 Chave Fusível

A chave fusível é destinada à proteção de sobrecorrente da rede, desde o ponto de entrada de energia ao disjuntor geral da subestação. A Figura 10 apresenta a chave fusível unipolar constituída de um corpo e um elemento fusível, conhecido como elo fusível, ele deve coordenar com outros equipamentos de proteção da Copel.

Figura 10 – Chave fusível indicadora unipolar.



Fonte: Instalações Elétricas Industriais, 2017.

4.5.8 Terminal Mufla

Dispositivo responsável por restabelecer as condições de isolamento de um condutor isolado quando este for ligado a um condutor nu (MAMEDE FILHO, 2017).

O modelo de terminais mufla mais conhecido, são as de corpo de porcelana com enchimento de composto elastomérico. O seu dimensionamento vai depender do local de instalação (abrigado ou externo), da classe de tensão e da corrente. A Figura 11 mostra os dois tipos de muflas, interno e externo, a forma construtiva com aletas da mufla externa, faz com que aumente a isolação da mesma em caso de intempéries (MAMEDE FILHO, 2017).

Figura 11 – Mufla interno e externo.



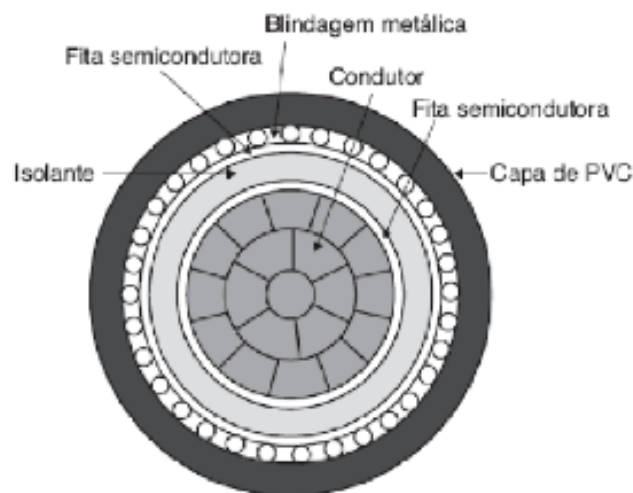
Fonte: MD Policabos, 2020.

4.5.9 Cabo de Alta tensão 15 kV

Os cabos isolados da classe de tensão de 15 kV são constituídos de um condutor metálico revestido de uma camada de fita semicondutora por cima da qual é aplicada a isolação. Uma segunda camada de fita semicondutora é provida de uma capa externa de borracha, normalmente o PVC (MAMEDE FILHO, 2017). A primeira fita semicondutora é responsável pela uniformização do campo elétrico radial e transversal, distorcido pela irregularidade da superfície externa do condutor. A segunda fita semicondutora tem a finalidade de corrigir o campo elétrico sobre a superfície da isolação devido às irregularidades da blindagem metálica sobreposta a esta isolação (MAMEDE FILHO, 2017). A blindagem metálica tem a função de garantir o escoamento das correntes de defeito para a terra (MAMEDE FILHO, 2017). Já a capa externa do cabo tem a função de agregar a blindagem metálica e dotar o cabo de uma proteção mecânica adequada, principalmente durante o puxamento no interior de dutos (MAMEDE FILHO, 2017).

O esforço do campo elétrico se distribui na camada isolante de forma exponencial decrescente, atingindo o máximo na superfície interna e o mínimo na superfície externa de isolação (MAMEDE FILHO, 2017). A Figura 12 apresenta o núcleo de um cabo de média tensão 15kV.

Figura 12 – Cabo média tensão 15kV.



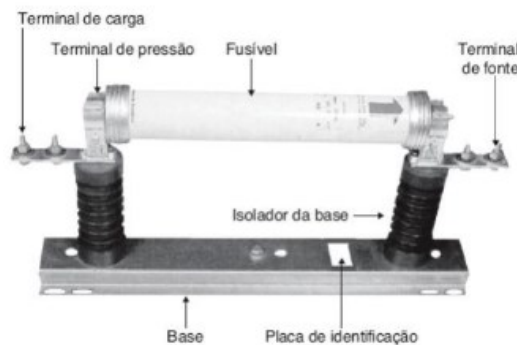
Fonte: Instalações Elétricas Industriais, 2017.

4.5.10 Fusíveis limitadores de Corrente

Os fusíveis limitadores de corrente apresentado na Figura 13 possuem excelentes características de tempo e corrente, devido a essa qualidade, eles são extremamente eficazes na proteção de circuitos de média tensão (MAMEDE FILHO, 2017).

A característica principal do fusível é a sua elevada capacidade de ruptura, possibilita a redução dos custos com os equipamentos a montante devido ao fato de quanto menor a capacidade de ruptura de curto-circuito do dispositivo, menos custoso ele é (MAMEDE FILHO, 2017).

Figura 13 – Fusível limitador.



Fonte: Instalações Elétricas Industriais,2017.

4.5.11 Transformador de Potência

O princípio de funcionamento dos transformadores de potência, é a conversão de diferentes níveis de tensão entre a fonte, conectada no primário, e a carga alimentada, conectada ao secundário mantendo a frequência original do sistema, por meio da indução eletromagnética (MAMEDE FILHO, 2017). Eles podem ser monofásicos ou trifásicos, na Figura 14 são apresentados transformadores trifásicos com isolamento a óleo ou a seco, dependendo das características da instalação a qual vai ser empregado (MAMEDE FILHO, 2017).

Figura 14 - Transformador 300kVA a óleo (a) e transformador 300kVA a seco (b).



Fonte: ADEEL, 2020.

4.6 PROTEÇÃO

O sistema de proteção tem como papel principal garantir a desconexão do sistema quando o mesmo está submetido a algum tipo de alteração, que possa o fazer operar fora dos limites estabelecidos (RIBEIRO MAMEDE, 2011). Para que haja maior confiabilidade do sistema elétrico, é necessário a utilização de um conjunto de proteções, cada um próprio para uma determinada ocorrência (MAMEDE FILHO; RIBEIRO MAMEDE, 2011).

4.7 MANUTENÇÃO DA SUBESTAÇÃO

De acordo com a NBR 5462 (1994), a manutenção é a combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo a supervisão.

Conforme a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, item 2 do plano Mínimo de Manutenção, as atividades de manutenção preditiva em subestações são: inspeções visuais, inspeções termográficas nos equipamentos e em suas conexões e ensaios de óleo isolante dos equipamentos.

Inspeções visuais são realizadas regularmente coletando informações do estado geral de conservação da subestação, incluindo limpeza, qualidade da iluminação do local e adequação dos itens de segurança.

Nas inspeções termográficas em subestações, devem ser realizadas, semestralmente, avaliando todos os equipamentos da subestação.

4.7.1 Manutenção Corretiva

Esta manutenção ocorre após o equipamento apresentar falhas, tem a finalidade de corrigir as causas e efeitos de problemas constatados.

Para Carreira Felipe (2010), toda manutenção com o objetivo de corrigir ou restaurar as condições básicas de funcionamento de um equipamento, independentemente de sua gravidade e criticidade, de urgência ou emergência, é considerada uma manutenção corretiva.

4.7.2 Manutenção Preventiva

Ocorre antes da ocorrência de um problema, tem como objetivo manter o equipamento ou instalação em condições satisfatórias de operação e prevenir contra ocorrências diversas. É dividida em três partes, de acordo com a periodicidade pré-estabelecida:

- Manutenção preventiva programada: intervalos pré-determinados.
- Manutenção preventiva condicional: ocorre quando o equipamento apresenta baixo desempenho.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresenta a descrição de como serão atendidos os objetivos do trabalho. A metodologia deste projeto foi baseada na realidade do Hospital de Retaguarda de Cascavel, buscando melhor confiabilidade e segurança para a subestação. A primeira etapa foi a definição do problema, que resultou no aumento de carga do Hospital. Na segunda etapa foram realizadas consultas em livros, artigos normas entre outros. Na terceira etapa, foi feito o cálculo da demanda com os dados levantados em campo, seguindo as normas da Copel. E por fim foram feitas as especificações da subestação.

5.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

No mês de dezembro de 2021 foi feita uma visita ao Hospital para a coleta de dados. Nessa visita foi identificada a potência atual do transformador da subestação, sendo de 150kVA, também foram avaliadas as condições dos equipamentos instalados. A Figura 15 mostra a condição de alguns dos equipamentos no ano de 2021.

Figura 15 – Transformador de potência 150 kVA a óleo (a) e chave seccionadora (b).



(a)



(b)

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA,2021.

Foi percorrido todo o hospital para verificar a carga instalada em todos os setores, compostos por equipamentos de alto consumo elétrico, como compressores de ar comprimido, equipamentos de Raio-X, entre outros. Também foram levantadas as demandas de cada setor do hospital, conforme Figuras 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22,23 e 24.

Figura 16 - Quadro de cargas – IT – Médico Sala 1.

Quadro de Cargas - IT-Médico Sala 1 (IT-S1)						
Quadro	Circuito	Descrição	Potência (VA)	Fator Potência	Fator Demanda	Demanda
IT-S1	1	Tomada da Parede	800.00	1.00	1.00	800.00
IT-S1	2	Mesa Cirúrgica	500.00	1.00	1.00	500.00
IT-S1	3	Foco Cirúrgico	500.00	1.00	1.00	500.00
IT-S1	4	Circuito Reserva	300.00	1.00	1.00	300.00
IT-S1	5	Circuito Reserva	300.00	1.00	1.00	300.00
IT-S1	SOMA		2,400.00	1.00	0.80	2,400.00

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA,2021.

Figura 17 - Quadro de cargas – IT – Médico Sala 2.

Quadro de Cargas - IT-Médico Sala 2 (IT-S2)						
Quadro	Circuito	Descrição	Potência (VA)	Fator Potência	Fator Demanda	Demanda
IT-S2	1	Tomadas da Parede	800.00	1.00	1.00	800.00
IT-S2	2	Mesa Cirúrgica	500.00	1.00	1.00	500.00
IT-S2	3	Foco Cirúrgico	500.00	1.00	1.00	500.00
IT-S2	4	Circuito Reserva	300.00	1.00	1.00	300.00
IT-S2	5	Circuito Reserva	300.00	1.00	1.00	300.00
IT-S2	SOMA		2,400.00	1.00	0.80	2,400.00

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA,2021.

Figura 18 - Quadro de cargas – IT – Médico Sala de Parto.

Quadro de Cargas - IT-Médico Sala de Parto (IT-S3)						
Quadro	Circuito	Descrição	Potência (VA)	Fator Potência	Fator Demanda	Demanda
IT-S3	1	Tomadas da Parede	800.00	1.00	1.00	800.00
IT-S3	2	Mesa Cirúrgica	500.00	1.00	1.00	500.00
IT-S3	3	Foco Cirúrgico	500.00	1.00	1.00	500.00
IT-S3	4	Circuito Reserva	300.00	1.00	1.00	300.00
IT-S3	5	Circuito Reserva	300.00	1.00	1.00	300.00
IT-S3	SOMA		2,400.00	1.00	0.80	2,400.00

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA,2021.

Figura 19 - Quadro de cargas Centro Cirúrgico.

Quadro de Cargas - Quadro da Ala Centro Cirúrgico QC-CIR						
Quadro	Circuito	Descrição	Potência (VA)	Fator Potência	Fator Demanda	Demanda
QC-CIR	1	Ilum. a Direita do Quadro	402.17	0.92	0.60	241.30
QC-CIR	2	Ilum. DML/Sala Recuperação	361.96	0.92	0.60	217.17
QC-CIR	3	Ilum. Corredor	402.17	0.92	0.60	241.30
QC-CIR	4	Ilum. Área de Limpeza	744.02	0.92	0.60	446.41
QC-CIR	5	Ilum. Sala de Cirurgia 1	321.74	0.92	0.60	193.04
QC-CIR	6	Ilum. Sala de Cirurgia 2	321.74	0.92	0.60	193.04
QC-CIR	7	Ilum. Sala de Parto	321.74	0.92	0.60	193.04
QC-CIR	8	Tom. Área de Limpeza	1,200.00	1.00	0.60	720.00
QC-CIR	9	Lavadora Ultrassônica	8,800.00	1.00	0.80	7,040.00
QC-CIR	10	Autoclave	28,000.00	1.00	0.80	22,400.00
QC-CIR	11	Tom. Sala Descon. /Procedimentos	1,000.00	1.00	0.60	600.00
QC-CIR	12	Tom. dos Banheiros	700.00	1.00	0.60	420.00
QC-CIR	13	Tom. Lavanderia	1,100.00	1.00	0.60	660.00
QC-CIR	14	Tom. Farmácia/R. N.	1,100.00	1.00	0.60	660.00
QC-CIR	15	Tom. Administração	700.00	1.00	0.60	420.00
QC-CIR	16	Tom. Corredor	900.00	1.00	0.60	540.00
QC-CIR	17	Chuv. Vestiário Feminino	6,500.00	1.00	0.60	3,900.00
QC-CIR	18	Chuv. Vestiário Masculino	6,500.00	1.00	0.60	3,900.00
QC-CIR	19	Chuv. Vestiário Masculino	6,500.00	1.00	0.60	3,900.00
QC-CIR	20	Ar Cond. Sala de Cirurgia 1	6,300.00	1.00	0.60	3,780.00
QC-CIR	21	Ar Cond. Sala de Cirurgia 2	6,300.00	1.00	0.60	3,780.00
QC-CIR	22	Ar Cond. Sala de Parto	6,300.00	1.00	0.60	3,780.00
QC-CIR	23	Circuito Reserva	1,200.00	1.00	0.60	720.00
QC-CIR	24	Circuito Reserva	1,200.00	1.00	0.60	720.00
QC-CIR	25	Circuito Reserva	1,200.00	1.00	0.60	720.00
QC-CIR	26	Circuito Reserva	1,200.00	1.00	0.60	720.00
IT-REC	SOMA		3,000.00	1.00	1.00	3,000.00
IT-S1	SOMA		2,400.00	1.00	0.80	2,400.00
IT-S2	SOMA		2,400.00	1.00	0.80	2,400.00
IT-S3	SOMA		2,400.00	1.00	0.80	2,400.00
QC-CIR	SOMA		99,775.54	1.00	0.71	71,305.30

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA,2021.

Figura 20 - Quadro de cargas – Ala Centro Cirúrgico.

Quadro de Cargas - Quadro da Ala Centro Cirúrgico (IT-REC)						
Quadro	Circuito	Descrição	Potência (VA)	Fator Potência	Fator Demanda	Demanda
IT-REC	1	Leito 1	800.00	1.00	1.00	800.00
IT-REC	2	Leito 2	800.00	1.00	1.00	800.00
IT-REC	3	Leito 3	800.00	1.00	1.00	800.00
IT-REC	4	Reserva	300.00	1.00	1.00	300.00
IT-REC	5	Reserva	300.00	1.00	1.00	300.00
IT-REC	SOMA		3,000.00	1.00	0.80	3,000.00

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA,2021.

Figura 21 - Quadro de cargas – Raio-X.

Quadro De Cargas Quadro - RX						
Descrição	Quadro	Circuito	Potência (VA)	Fator Potência	Fator Demanda	Demanda
Iluminação	QDC-RX	1	335.87	0.92	0.80	268.70
Tom. Sala Raio X	QDC-RX	2	400.00	1.00	0.80	320.00
Tom. Recepção	QDC-RX	3	900.00	1.00	0.80	720.00
Ar Cond. Raio X	QDC-RX	4	1,400.00	1.00	1.00	1,400.00
Ar Cond. Recepção	QDC-RX	5	1,400.00	1.00	1.00	1,400.00
Trafo Raio X	QDC-RX	6	45,000.00	0.92	1.00	45,000.00
	QDC-RX	SOMA	49,435.87	0.93	1.00	48,548.70

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA,2021.

Figura 22 - Quadro de cargas Enfermaria.

Quadro De Cargas QDC-Enfermaria Leste						
Quadro	Circuito	Descrição	Potência (VA)	Fator Potência	Fator Demanda	Demanda
QDC-EL	1	Iluminação Superior	943.48	0.92	1.00	943.48
QDC-EL	2	Iluminação Corredor	358.70	0.92	1.00	358.70
QDC-EL	3	Iluminação Inferior	918.48	0.92	1.00	918.48
QDC-EL	4	Chuveiro Quarto 2	5,500.00	1.00	1.00	5,500.00
QDC-EL	5	Chuveiro Posto de Enfermagem	5,500.00	1.00	1.00	5,500.00
QDC-EL	6	Chuveiro Apoio Func.	5,500.00	1.00	1.00	5,500.00
QDC-EL	7	Chuveiro Quarto 5	5,500.00	1.00	1.00	5,500.00
QDC-EL	8	Chuveiro Quarto 6	5,500.00	1.00	1.00	5,500.00
QDC-EL	9	Chuveiro Quarto 4	5,500.00	1.00	1.00	5,500.00
QDC-EL	10	Chuveiro Quarto 3	5,500.00	1.00	1.00	5,500.00
QDC-EL	11	Chuveiro Enfermaria Inf. Direita	5,500.00	1.00	1.00	5,500.00
QDC-EL	12	Chuveiro Enfermaria Inf. Esquerda	5,500.00	1.00	1.00	5,500.00
QDC-EL	13	Chuveiro Enfermaria Superior	5,500.00	1.00	1.00	5,500.00
QDC-EL	14	Chuveiro Quarto 1	5,500.00	1.00	1.00	5,500.00
QDC-EL	15	Ar Cond. Enf. Inf. Esquerda	2,800.00	1.00	1.00	2,800.00
QDC-EL	16	Ar Cond. Enf. Inf. Direita	2,800.00	1.00	1.00	2,800.00
QDC-EL	17	Ar Cond. Quarto 3	1,600.00	1.00	1.00	1,600.00
QDC-EL	18	Ar Cond. Quarto 4	1,600.00	1.00	1.00	1,600.00
QDC-EL	19	Ar Cond. Quarto 5	1,600.00	1.00	1.00	1,600.00
QDC-EL	20	Ar Cond. Quarto 6	1,600.00	1.00	1.00	1,600.00
QDC-EL	21	Ar Cond. Apoio Func.	2,800.00	1.00	1.00	2,800.00
QDC-EL	22	Ar Cond. Posto Enfermagem	1,600.00	1.00	1.00	1,600.00
QDC-EL	23	Ar Cond. Quarto 2	1,600.00	1.00	1.00	1,600.00
QDC-EL	24	Ar Cond. Quarto 1	2,800.00	1.00	1.00	2,800.00
QDC-EL	25	Ar Cond. Enf. Superior	2,800.00	1.00	1.00	2,800.00
QDC-EL	26	Tomadas Sup. Oeste	1,500.00	1.00	1.00	1,500.00
QDC-EL	27	Tomadas Sup. e Inf Leste	1,200.00	1.00	1.00	1,200.00
QDC-EL	28	Tomadas Inf. Oeste	1,300.00	1.00	1.00	1,300.00
QDC-EL	29	Iluminação de Emergência	500.00	1.00	1.00	500.00
QDC-EL	30	Circuito Reserva	1,200.00	1.00	1.00	1,200.00
QDC-EL	31	Circuito Reserva	1,200.00	1.00	1.00	1,200.00
QDC-EL	32	Circuito Reserva	1,200.00	1.00	1.00	1,200.00
QDC-EL	SOMA		94,420.65	1.00	0.61	57,596.96

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA,2021.

Figura 23 - Quadro de cargas – It Médico UTI.

Quadro de Cargas - QDCIT							
Quadro	Circuito	Descrição	Potência (W)	Potência (VA)	Fator Potência	Fator Demanda	Demanda
QDCIT	4	Leito 1	800.00	800.00	1.00	1.00	800.00
QDCIT	5	Leito 2	800.00	800.00	1.00	1.00	800.00
QDCIT	6	Leito 3	800.00	800.00	1.00	1.00	800.00
QDCIT	7	Leito 4	800.00	800.00	1.00	1.00	800.00
QDCIT	8	Leito 5	800.00	800.00	1.00	1.00	800.00
QDCIT	9	Leito 6	800.00	800.00	1.00	1.00	800.00
QDCIT	10	Leito 7	800.00	800.00	1.00	1.00	800.00
QDCIT	11	Leito 8	800.00	800.00	1.00	1.00	800.00
QDCIT	12	Leito 9	800.00	800.00	1.00	1.00	800.00
QDCIT	13	Leito 10	800.00	800.00	1.00	1.00	800.00
QDCIT	SOMA		8,000.00	8,000.00	1.00	1.00	8,000.00

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA,2021.

Figura 24 - Quadro de cargas – UTI.

Quadro de cargas QDC						
Quadro	Circuito	Descrição	Potência (W)	Fator Potência	Fator Demanda	Demanda
QDC	1	Iluminação Quarto com Leitos	428.00	0.92	1.00	485.22
QDC	2	Iluminação Corredor + Parte Inferior	801.00	0.51	1.00	1,170.30
QDC	3	Iluminação Leito Isolamento + Parte Superior	396.00	0.63	1.00	740.66
QDC	14	Tomadas Parte Inferior Esquerda	1,100.00	1.00	1.00	1,100.00
QDC	15	Tomadas Ilha	400.00	1.00	1.00	400.00
QDC	16	Tomadas Parte Inferior Direita	1,300.00	1.00	1.00	1,300.00
QDC	17	Tomadas Parte Superior	1,100.00	1.00	1.00	1,100.00
QDC	18	Tomadas Baixas 220 V	1,700.00	1.00	1.00	1,700.00
QDC	19	Torneira Elétrica	4,500.00	1.00	1.00	4,500.00
QDC	20	Chuveiro Plantão Enfermeira	6,500.00	1.00	1.00	6,500.00
QDC	21	Chuveiro Isolamento	6,500.00	1.00	1.00	6,500.00
QDC	22	Tomadas Alarme Gases	1,200.00	1.00	1.00	1,200.00
QDC	23	Tomadas Corredor + Farmácia	1,200.00	1.00	1.00	1,200.00
QDC	24	Chuveiro BWC Pacientes	6,500.00	1.00	1.00	6,500.00
QDC	25	Chuveiro BWC Plantão	6,500.00	1.00	1.00	6,500.00
QDC	26	Chuveiro BWC Feminino	6,500.00	1.00	1.00	6,500.00
QDC	27	Chuveiro BWC Masculino	6,500.00	1.00	1.00	6,500.00
QDC	28	Ar Condicionado Isolamento	1,400.00	1.00	1.00	1,400.00
QDC	29	Ar Condicionado Médico	1,000.00	1.00	1.00	1,000.00
QDC	30	Circuito Reserva	1,200.00	1.00	1.00	1,200.00
QDC	31	QDC - IT	7,500.00	1.00	1.00	7,500.00
QDC	32	QDC - IT	7,500.00	1.00	1.00	7,500.00
QDC	33	Ar Condicionado Sala Médico	1,200.00	1.00	1.00	1,200.00
QDC	34	Circuito Reserva	1,200.00	1.00	1.00	1,200.00
QDC	35	Circuito Reserva	1,200.00	1.00	1.00	1,200.00
QDC	36	Circuito Reserva	1,200.00	1.00	1.00	1,200.00
QDC	SOMA		76,325.00	0.99	0.60	77,276.18

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2021.

Na Tabela 4, é possível visualizar a potência total demandada pelo Hospital.

Tabela 4 - Dados do local

Item	Descrição
Coordenadas	-24.94648534161158, -53.43060288999172
Demanda Total	265 kVA

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2022.

De acordo com a COPEL(2018), a demanda é a média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo específico. A potência total considerada nesse projeto

é de 265kVA, ou seja, a potência total dos transformadores deve ser superior a 265kVA (quilo volt-ampere).

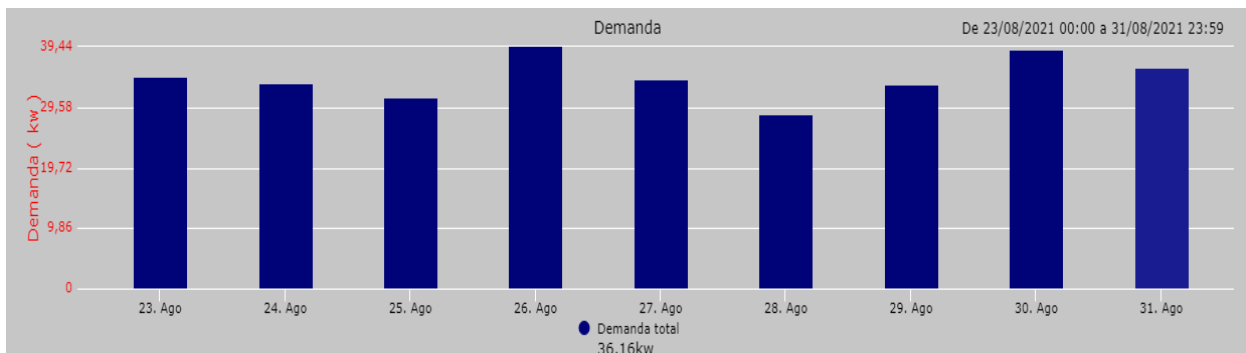
5.2 MEDIDOR ENERGIA ELÉTRICA

Pode-se utilizar o Analisador de energia DMI-MP1500 para medir várias grandezas elétricas, como kWh total e parcial, voltímetro, amperímetro. Com isso, é possível controlar custos de energia elétrica, analisar a qualidade da energia elétrica que está sendo entregue, e realizar o dimensionamento de fios e condutores ou até mesmo o balanceamento de sistemas multifásicos.

Foi feito um acompanhamento do consumo de energia elétrica do hospital no período de 23/08/2021 a 31/08/2021, acessando dados na nuvem, de uma PPO (Plataforma de Programação *Online*). Nessa plataforma é possível fazer inúmeras alterações na programação e interface embarcada no DMI, gerar gráficos e relatórios.

Devido no período de medição o hospital não ter centro cirúrgico, serviço de esterilização, onde se utiliza autoclave, entre outros, a carga máxima demandada foi 36,16kW medido no dia 26 de agosto, como apresentado na Figura 25.

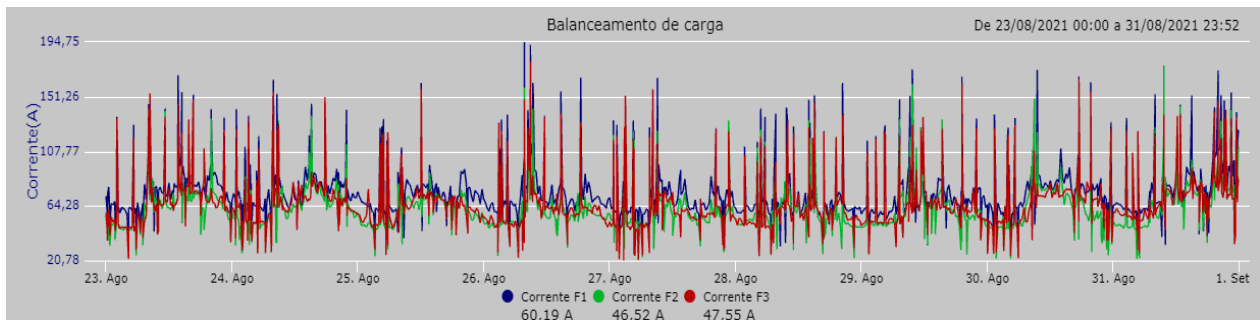
Figura 25 - Demanda Hospital Allan Brame Pinho, agosto, 2021.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2022.

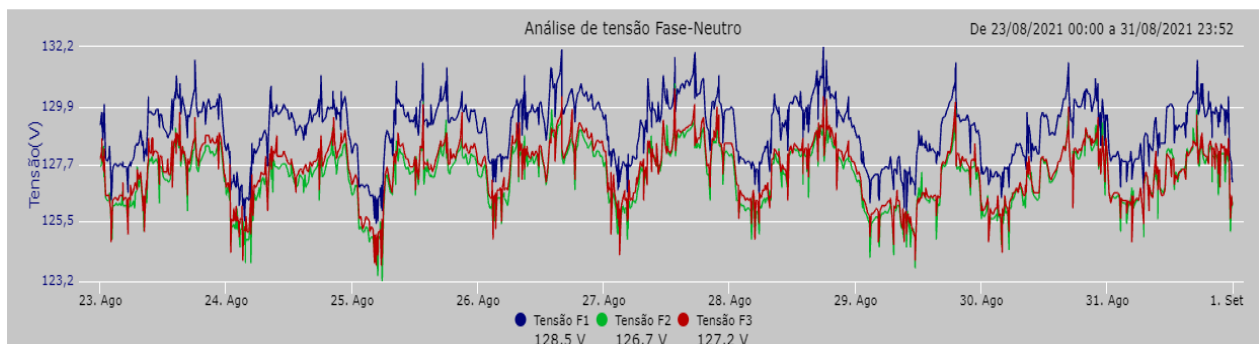
Os picos de corrente e tensão encontrados nas Figuras 26 análises dos picos de corrente e Figura 27 análises dos picos d tensão, ocorrem devido a utilização de equipamentos de Raio-X e compressores de ar comprimido.

Figura 26 - Balanceamento de carga.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2022.

Figura 27 - Análise de tensão Fase-Neutro.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2022.

5.3 ESTRUTURA TARIFÁRIA

A Resolução nº 1000/2021 da ANEEL estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica. As empresas distribuidoras de energia elétrica fornecem energia por delegação da União na sua área de concessão, ou seja, na área em que a empresa foi autorizada prestar o serviço público de distribuição (BARROS et al., 2017). Para se escolher a tarifa adequada se faz necessário realizar um estudo do fator de carga da instalação e identificar os horários durante o dia do uso da energia elétrica (FILHO, 2018). A Resolução nº 1000/2021 estabelece as seguintes classes de consumo:

- Residencial;
- Industrial;

- Comercial, serviços e outras atividades;
- Rural;
- Poder público;
- Iluminação pública;
- Serviço público;
- Consumo próprio.

Além da classe, o consumidor também pode se enquadrar em grupos, sendo eles o grupo A ou grupo B, dependendo da sua tensão de fornecimento e algumas condições especiais.

a) Grupo A

É um grupo composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3kV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômia e subdividido nos subgrupos demonstrados no Tabela 5.

Tabela 5 - Grupo A – Subgrupos

Subgrupo	Fornecimento
A1	Maior ou igual a 230 kV
A2	88 kV a 138 kV
A3	69 kV
A3a	30 kV a 44 kV
A4	2,3 kV a 25 kV
AS	Inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2022.

b) Grupo B

É um grupo composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômio e subdividido nos subgrupos demonstrados no Tabela 6. Nota-se que a diferença entre o grupo B1 e B3 é exclusivamente de natureza jurídica, sendo

necessário um Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica (CNPJ) para que o consumidor se enquadre nesta categoria.

Tabela 6 - Grupo B - Subgrupos.

Subgrupo	Fornecimento
B1	Residencial
B2	Rural
B3	Demais classes
B4	Iluminação pública

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2022.

c) Tarifa horo-sazonal verde

É a modalidade tarifária caracterizada pela aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia, de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, assim como uma única tarifa de demanda de potência (FILHO, 2018). As seguintes observações valem:

- Demanda: Tarifa única para horário de ponta e fora de ponta;
- Consumo: Um preço para horário de ponta em período seco, um preço para horário de ponta em período úmido. Um preço para horário fora de ponta em período seco e um preço para horário fora de ponta em período úmido.

5.4 PROJETO ELÉTRICO WEB (PEW)

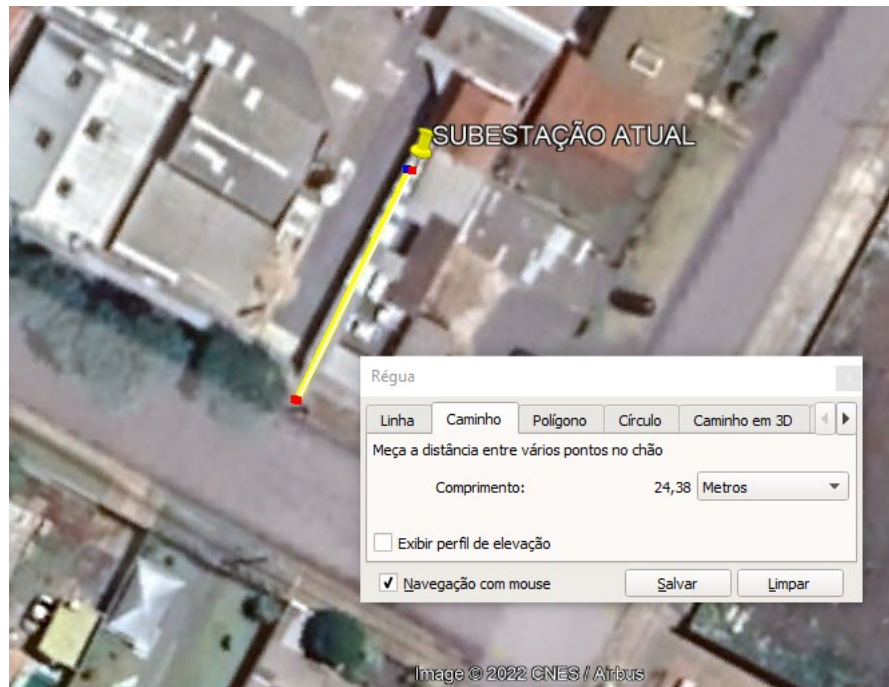
Uma subestação do tipo consumidor, deve ser feita por um profissional especializado, que irá avaliar todas as particularidades do local para que seja atendida a necessidade do cliente, levando em conta normas de segurança (BARROS,2011).

A elaboração do projeto deve atender todas as normas técnicas e as especificações da Copel. A Copel criou um sistema para apresentação de projetos elétricos pela *web*, que tem por objetivo alterar a forma de apresentação de projetos para análise, com o intuito de facilitar o entendimento de projetistas sobre o que deve ser enviado no projeto. Para aprovação do projeto da subestação é necessário submeter o projeto para análise da Copel através desse sistema.

5.5 LOCALIZAÇÃO SUBESTAÇÃO

O local onde a subestação está instalada é de aproximadamente 25 metros do poste de entrada subterrânea, e todo esse caminho é percorrido por dutos subterrâneos, conforme mostra Figura 28.

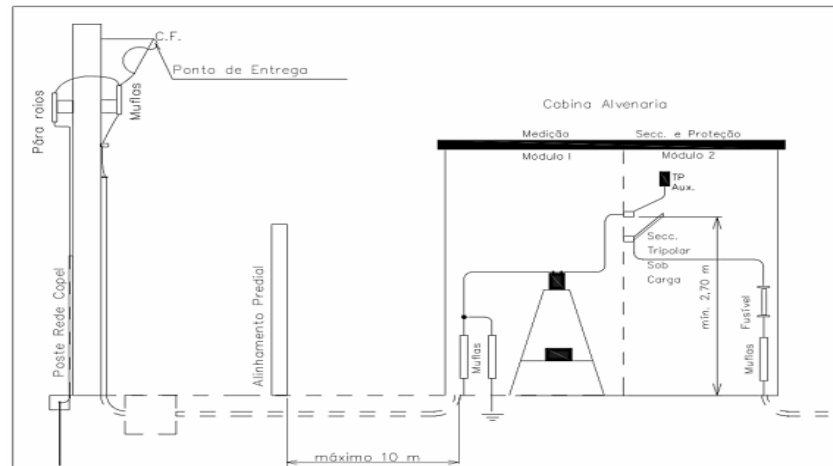
Figura 28 – Localização subestação atual.



Fonte: Google Earth Pro, 2021.

Segundo a NTC 903100, a medição deverá ser localizada na propriedade do consumidor obedecendo a distância máxima de 10 metros em relação ao limite da propriedade com a via pública. O trecho do ramal de ligação aéreo ou ramal de entrada subterrâneo, dentro da propriedade não poderá exceder o limite de 10 metros, conforme Figura 29. Portanto a subestação atual não atende esse critério.

Figura 29 – Ramal de Entrada Subterrânea e Medição em Alta Tensão de Cabine de Alvenaria Baixa.



Fonte: NTC 903100, 2018.

A cabine será do tipo em alvenaria baixa com entrada subterrânea, possuindo apenas posto de medição e proteção conforme mostra a Figura 29. Dessa forma, a subestação terá um novo local próximo da entrada lateral e do ponto de entrega de energia conforme demonstrado na Figura 30.

O transformador será alocado próximo aos maiores centros de cargas do Hospital, visando economia com cabos de baixa tensão.

Figura 30 – Localização nova subestação.



Fonte: Google Earth Pro, 2021.

5.6 RAMAL DE LIGAÇÃO

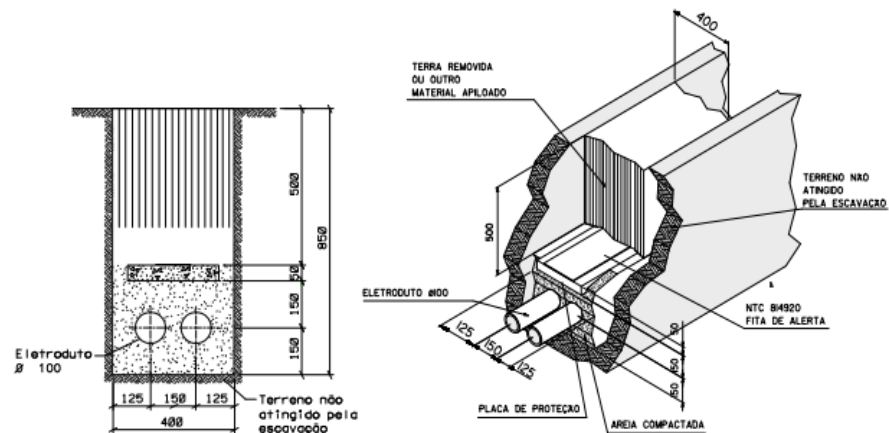
Ramal de ligação é o agrupamento de condutores, com os materiais necessários para fixação, que tem como função conectar o ponto de entrega da concessionária aos terminais de entrada da subestação (BARROS, 2011).

A escolha do ramal de ligação depende da característica do local da instalação da subestação. Será mantido o ramal de ligação atual do Hospital, que é do tipo aéreo atravessando a rua Maringá, até o poste auxiliar.

5.7 SUBESTAÇÃO DE ALVENARIA COM RAMAL DE ENTRADA SUBTERRÂNEO

A subestação escolhida para o projeto é do tipo alvenaria com ramal de entrada subterrânea com eletrocuto reserva conforme Figura 31, e sua medição será feita em alta tensão.

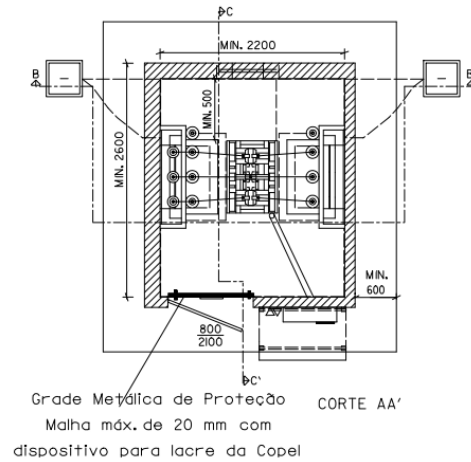
Figura 31 – Banco com eletroduto reserva.



Fonte: NTC 903100, 2018.

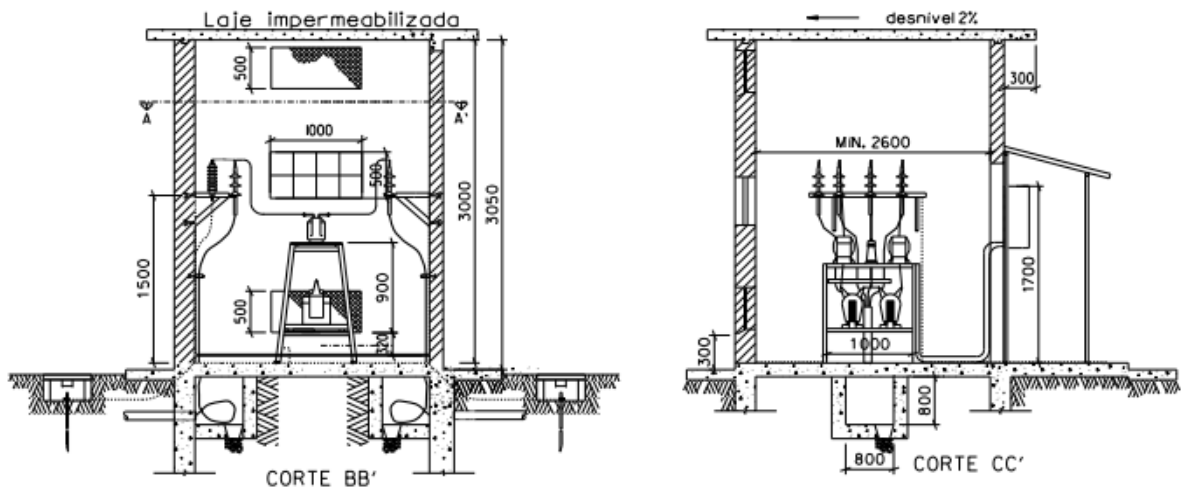
A Figura 32 traz os desenhos com as dimensões mínimas, que a NTC 903100 estabelece para esse tipo de instalação, e a Figura 33 o corte lateral da subestação.

Figura 32 – Vista em Planta Subestação de Alvenaria com entrada Subterrânea com transformador único até 300 kVA.



Fonte: NTC 903100, 2018.

Figura 33 – Vista em Corte Subestação de Alvenaria com Entada Subterrânea com transformador único até 300 kVA.



Fonte: NTC 903100, 2018.

Conseguimos visualizar o posto de medição que é o primeiro onde se encontra os para-raios, TPs e TCs para faturamento. E o segundo é o de proteção com os TPs e TCs destinados a

proteção, chave seccionadora e disjuntor de proteção, podendo instalar o relé de proteção em conjunto ao disjuntor de média tensão.

5.8 GENERALIDADES DE UMA SUBESTAÇÃO

5.8.1 Placas de Advertência

A chave seccionadora deve ser aberta somente sem carga, ela deverá possuir uma placa de alerta com a seguinte frase “ESTA CHAVE NÃO PODE SER MANOBRADA COM CARGA”, e deve possuir um dispositivo de intertravamento.

A cabine de energia deverá conter placa sinalizada com os dizeres: “Perigo de Morte – Alta Tensão”. Os módulos de medição e proteção deverão conter placa de advertência e grades metálicas para proteção conforme NTC 903100. Os circuitos deverão ser identificados internamente, assim como os equipamentos que compõem a instalação. O projeto deverá ser mantido atualizado e mantido à disposição dos trabalhadores autorizados, das autoridades competentes. Todos os materiais deverão satisfazer rigorosamente as normas técnicas vigentes.

5.8.2 Aterramento

O aterramento de uma subestação deve garantir uma baixa resistência ôhmica e níveis de curto-circuito fase-terra seguro o suficiente para permitir a atuação da proteção.

Deve ser verificada a resistividade do solo no local, caso necessário realizar o tratamento para diminuir a resistência.

5.8.3 Iluminação

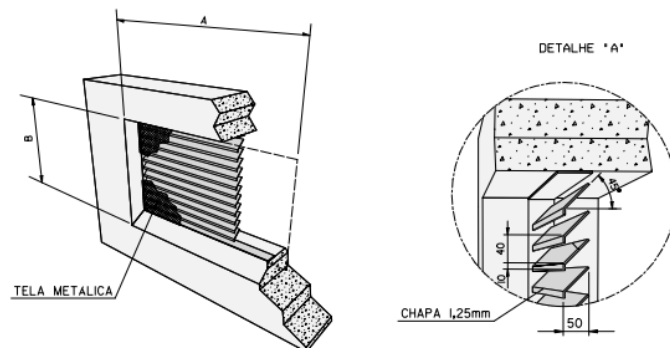
As subestações devem ser providas de um sistema de iluminação de emergência com acionamento manual e com autonomia de duas horas, possibilitando serviços de manutenção e atendimento (NTC 903100,2018).

As cabinas abrigadas devem possuir iluminação artificial, podendo ser alimentada através do transformador de força instalado na canina ou pelo transformador de potencial auxiliar. As lâmpadas deverão ser instaladas na área de livre circulação da cabina (NTC 903100,2018).

5.8.4 Ventilação

Os módulos de medição, proteção e transformação das subestações deverão possuir aberturas para ventilação, providas de chicanas, conforme Figura 34 (NTC 903100,2018).

Figura 34 – Janela de ventilação – cabina de alvenaria.



Fonte: NTC 903100, 2018.

Para os módulos de proteção e transformação transformador 300kVA as dimensões serão: A = 160 cm e B = 70 cm.

5.9 EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO

5.9.1 Fusíveis

No dimensionamento do fusível deve-se analisar dados dos fabricantes, e as a características do sistema elétrico no qual o fusível será instalado, para encontrar o fusível que atenderá as exigências (SILVA et al.2015).

A Figura 35 mostra as características definidas pela NTC 903100, que os fabricantes devem seguir.

Figura 35 – Elos fusíveis para transformadores trifásicos.

Potência do Transformador kVA	Transformadores Trifásicos			
	13800 V		23100 V	
	Amp em cada fase	Fusível em cada fase	Amp em cada fase	Fusível em cada fase
15	0,63	1H	0,37	0,5H
30	1,26	2H	0,75	1H
45	1,88	3H	1,12	2H
75	3,14	5H	1,87	3H
112,5	4,71	6K	2,81	5H
150	6,28	6K	3,75	5H
225	9,41	10K	5,62	6K
300	12,55	15K	7,50	10K
500	20,92	25K	12,50	15K

Fonte: NTC 903100, 2018.

Para Mamede Filho e Ribeiro Mamede (2011), na proteção de transformadores com elos fusíveis, existem alguns critérios:

Os fusíveis devem atuar de forma coordenada com a curva térmica do transformador.

O elo fusível deve atuar para defeitos internos ao transformador que protege.

O elo fusível deve fundir num tempo de 17s com correntes entre 2,5 e 3 vezes a corrente nominal do transformador, tornando-se a curva tempo x corrente para o tempo máximo de atuação.

Os elos fusíveis devem coordenar com as proteções instaladas a montante e a jusante do ponto de instalação do transformador.

5.9.2 Transformador de corrente

Para ser utilizado em medição ou proteção, o que muda no transformador de corrente é sua precisão. Os Transformadores de corrente utilizados para medição possuem classe de exatidão 0,3%,0,6% e 1,2%, já o de proteção tem a precisão de 5,0% e 10,0 %.

A corrente nominal primária do TC deve ser maior que a corrente de carga da instalação, não deve saturar com o maior valor de corrente de curto-circuito trifásica simétrica considerando carga máxima no secundário do TC, e deverá ser considerado um fator de sobrecorrente igual a 20 (SILVA et al, 2015).

5.9.3 Disjuntor de média tensão

Como função principal do disjuntor de média tensão é a extinção dos arcos elétrico, o que exige altas capacidades de interrupção de correntes elétricas.

5.10 PROCEDIMENTOS DO ESTUDO DE PROTEÇÃO E SELETIVIDADE

Específica os equipamentos de proteção e tempos de atuação de cada dispositivo. É necessário para aprovação do projeto de subestação, tendo como bases dados fornecidos pela Copel, e especificações dos equipamentos e circuitos elétricos do cliente.

5.10.1 Solicitação de dados Copel

Os dados de curto-circuito do ponto de entrega e impedâncias, devem ser solicitados a Copel através de e-mail para o setor de medição. Deve ser anexada junto a solicitação a planta situação, unidade consumidora, e o DCI (Detalhes da Carga Instalada).

Não foi possível conseguir todos os dados do Hospital para solicitar as informações da Copel, foi pego alguns valores com base em projetos já realizados para efeito de cálculo.

Tabela 7 – Ajuste de Copel.

RELIGADOR: WESTINGHOUSE	
FASES	
CORRENTE DE PARTIDA	500 A
CURVA DE PARTIDA	BLOQUEADA
CURVA LENTA(EI)	0,2
NEUTRO	
CORRENTE DE PARTIDA	50 A
CURVA DE PARTIDA	BLOQUEADA
CURVA LENTA(EI)	0,4

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA,2022.

Tabela 8 – Impedâncias para efeito de cálculo.

IMPEDÂNCIA NO PONTO DE ENTREGA	
Z1(Sequência Positiva)	(0,1 +j 0,7) pu
Z0(Sequência Zero)	(0,5 + j 4) pu

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA,2022.

Quando é feito o estudo de seletividade e proteção, deve-se solicitar à concessionária de energia elétrica. Geralmente, a Copel fornece estes dados em valores por unidade de uma grandeza, facilitando a elaboração dos estudos (SILVA et al, 2015).

Em projetos de entradas de serviço em 13,8 kV, destinados a aprovação na Copel, normalmente são adotados os seguintes valores base:

Potência base: 100 MVA (trifásico).

Tensão base: 13,8 kV (tensão de linha).

5.10.2 Impedância transformador

Será utilizado no projeto o transformador (delta no primário e estrela no secundário), os dados de impedância dos transformadores são fornecidos em valores por unidade de sequência positiva. Para base de cálculo utilizaremos dados fornecidos pela WEG, apresentado abaixo.

Transformador Seco 300 kVA 13,8 / 0,22Kv – impedância 5,5%.

Atualizando a base para valores da Copel ($V_{base} = 13.800 \text{ V}$ e $S_{base} = 100\text{MVA}$).

$$Z_{p.u \text{ novo}} = j0,055 \left(\frac{13,8 \text{ kV}}{13,8 \text{ kV}} \right)^2 \cdot \left(\frac{100 \text{ MVA}}{0,300 \text{ MVA}} \right) = j0 \text{ 18, 33 p. u}$$

5.10.3 Bitola cabo média tensão

Para definir a bitola dividimos a potência total do transformador pela tensão de entrada 13,8kV.

$$I_n = \frac{\Sigma \text{potência transformadores}}{13,8kV \cdot \sqrt{3}}$$

$$I_n = \frac{300kVA}{13,8kV \cdot \sqrt{3}}$$

$$I_n = 12,55 A$$

A corrente nominal do condutor do ramal de entrada é de 12,55 A. No entanto, atendendo aos critérios da NTC 903100, que estabelece que os condutores do ramal de entrada subterrâneo, podem ser de cobre ou alumínio, utilizando-se as conexões apropriadas, com tensão de isolamento 12/20 kV, para a tensão de 13,8kV. Logo, o condutor de média tensão escolhido é de 35 mm² 12/20k V que atende tranquilamente essa corrente.

Figura 36 – Resistências e reatâncias indutivas condutor 35mm² 12/20 kV.

seção nominal (mm ²)	R _{CC} máxima em CC à 20 °C (Ω/km)	X _c (Ω/km)	unipolar						trifólio		banco de dutos		tripolar	
			s = 20		s = 13 cm		s = 20 cm		R _{ca}	X _L	R _{ca}	X _L	R _{ca}	X _L
			R _{ca}	X _L	R _{ca}	X _L	R _{ca}	X _L	R _{ca}	X _L	R _{ca}	X _L	R _{ca}	X _L
EPROTENAX COMPACT 105 - 12/20 kV														
35	0,524	11,132	0,705	0,226	0,713	0,311	0,717	0,343	0,701	0,157	0,715	0,334	0,700	0,146

Fonte: PRYSMIAN,2022.

A derivação entre o ramal de entrega da Copel até o módulo de medição tem aproximadamente 25 metros, como já definimos a bitola do cabo, conseguimos calcular a impedância do condutor.

Para calcularmos as impedâncias de sequência zero, iremos utilizar fatores de multiplicação já definidos pelo software (Power Tools For Windows), software utilizado para análise e cálculo de curto-circuito, em sistemas elétricos industriais.

Para condutores instalados em dutos não magnéticos:

Resistência se sequência negativa: $R_o = 1,5898 \cdot R_{ca}$

Reatância indutiva de sequência negativa: $X_o = 2,5442 \cdot X_l$

Impedância ramal de entrada – 3#35 mm² - 12/20kV – 25 m

Sequência positiva:

$$Z1 \text{ ramal ent.} = 0,017525 + j0,003925 \Omega$$

Sequência negativa:

$$Z0 \text{ ramal ent.} = 0,02786 + j0,009986 \Omega$$

A impedância de base será definida através da equação:

$$Z_{base} = \left(\frac{V_{base}}{S_{base}} \right)^2$$

$$Z_{base} = \left(\frac{13,8kV}{100 MV A} \right)^2$$

$$Z_{base} = 1,9044 \Omega$$

Impedância do ramal de entrada em p.u:

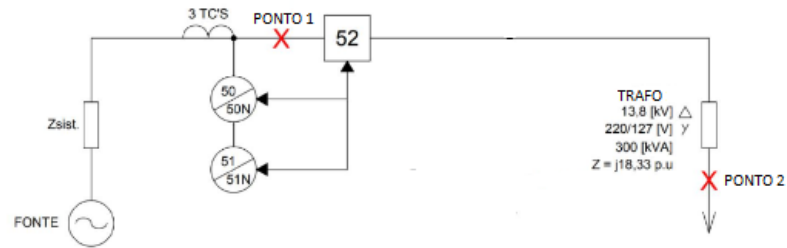
$$Z1 \text{ ramal ent. p.u} = 0,0092024 + j 0,0020610 p.u$$

$$Z0 \text{ ramal ent. p.u} = 0,0,14629 + j 0,0052436 p.u$$

5.10.4 Cálculo do curto-circuito

O cálculo da corrente de curto-circuito trifásica e monofásica simétrica no ponto de instalação dos TCs, monofásica mínima simétrica na rede interna de alta tensão adotando no mínimo a resistência de falta $3xR_f = 21 + j0$ p.u e na baixa tensão o maior valor da corrente de curto-circuito trifásica simétrica.

Figura 37 – Diagrama unifilar dos pontos onde será calculado o curto-circuito.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2022.

Para os cálculos vamos utilizar a impedância de sequência positiva Tabela 8.

PONTO 1 – apresentado na Figura 37.

$$I_{cc3\phi} = \frac{V_{p.u.}}{\sum Z_{1p.u.}}$$

$$I_{cc3\phi \text{ sim. } p.u.} = \frac{1 \angle 90^\circ p.u.}{(0,1 + j 0,7 p.u.) + (0,0092024 + j 0,0020610 p.u.)}$$

$$I_{cc3\phi \text{ sim. } p.u.} = 1,3907 + j 0,02163 p.u.$$

$$I_{cc3\phi \text{ sim. } p.u.} = 1,4074 \angle 8,84^\circ p.u.$$

Calculando a corrente de base:

$$I_{base3\phi} = \frac{S_{base3\phi}}{\sqrt{3} \cdot V_{base}}$$

$$I_{base3\phi} = \frac{100MVA}{\sqrt{3} \cdot 13,8kV}$$

$$I_{base3\phi} = 4.1883,7 \text{ A}$$

Calculando a corrente real de curto-circuito trifásica simétrica:

$$I_{cc3\phi \text{ sim.}} = I_{cc3\phi p.u.} \cdot I_{base3\phi}$$

$$I_{cc3\phi \text{ sim.}} = 1,4074 \angle 8,84^\circ * 4.183,7$$

$$I_{cc3\emptyset \text{ sim.}} = 5.88,14 < 8,84^\circ \text{ A}$$

Considerando a impedância de sequência positiva da concessionária e dos cabos, igual a impedância de sequência negativa, conseguimos calcular a corrente de curto-circuito máxima e mínima fase e terra.

$$I_{cc1\emptyset \text{ máx.}} = \frac{3 * 4.183,7}{2 * (0,1092024 + j0,702061 \text{ p.u}) + (0,514629 + j 4,005244 \text{ p.u})}$$

$$I_{cc1\emptyset \text{ máx.}} = \frac{12.551,1}{(0,733303 + j 5,409366 \text{ p.u})}$$

$$I_{cc1\emptyset \text{ máx.}} = 308,86 - j2278,38 \text{ A}$$

$$I_{cc1\emptyset \text{ máx.}} = 2.299,22 < -82,28^\circ \text{ A}$$

$$I_{cc1\emptyset \text{ mín.}} = \frac{3 * 4.183,7}{2 * (0,1092024 + j0,702061 \text{ p.u}) + (0,514629 + j 4,005244 \text{ p.u}) + 21 \text{ p.u}}$$

$$I_{cc1\emptyset \text{ mín.}} = \frac{12.551,1}{(21,733303 + j 5,409366 \text{ p.u})}$$

$$I_{cc1\emptyset \text{ mín.}} = 560,41 < -13,98^\circ \text{ A}$$

$$I_{cc1\emptyset \text{ mín.}} = 543,82 - j135,35 \text{ A}$$

PONTO 2 – apresentado na Figura 37.

$$I_{cc3\emptyset \text{ p.u}} = \frac{1 < 90^\circ \text{ p.u}}{(0,1 + j 0,7 \text{ p.u}) + (0,0092024 + j 0,0020610 \text{ p.u}) + (j18,33 \text{ p.u})}$$

$$I_{cc3\emptyset \text{ p.u}} = \frac{1 < 90^\circ \text{ p.u}}{(0,1092024 + j19,032061 \text{ p.u})}$$

$$I_{cc3\emptyset \text{ p.u}} = 0,052541 + j 0,5347^\circ$$

$$I_{cc3\emptyset \text{ p.u}} = 0,05254186 < 0,3287 \text{ p.u}$$

$$I_{cc3\emptyset \text{ p.u}} = 0,05254186 < 0,3287 * 4.183,7$$

$$I_{cc3\emptyset \text{ p.u}} = 219,8 < 0,3287^\circ \text{ ref. primário}$$

5.10.5 Corrente de Magnetização dos transformadores

No projeto foi utilizado um transformador de 300kVA, calculamos a corrente de magnetização pela seguinte equação:

$$Inrush = \frac{Potência\ transfo.}{\sqrt{3} \cdot 13,8kV} \cdot 8$$

$$Inrush = 167,36\ A$$

5.10.6 Cálculo da corrente de Pick-up

A corrente de pick-up é a corrente nominal calculada no item 5.9.3, portanto a corrente de partida será 12,55 A.

5.10.7 Dimensionamento Transformador de Corrente de Proteção

A Copel determina que a corrente primária do transformador de corrente deve ser superior a corrente de carga, não pode saturar para 20 vezes a corrente nominal do primário, e deverá suportar a corrente de curto-circuito calculada no ponto de instalação.

$$20 \cdot Inp > Iccmáx$$

$$20 \cdot Inp > 5.888,14\ A$$

$$Inp > 294,407\ A$$

Logo o transformador de corrente definido é de 300/ 5 A.

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com base nos dados levantados e cálculos feitos é possível realizar o projeto de *retrofit* na subestação do Hospital, apresentado no Apêndice A, detalhamento e diagrama unifilar, com o transformador dimensionado do transformador, disjuntor, barramentos e outros componentes necessários para sua instalação.

Tabela 9 – Lista de materiais.

ITEM	QTD	DESCRIÇÃO	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
1	1	Disjuntor SIEMENS 630A 16kA tripolar a Vácuo 15Kv - Sion com KIRK YALE COPEL	R\$ 19.500,00	R\$ 19.500,00
2	1	Relé de Proteção PEXTRON Urpe 7104T	R\$ 5.200,00	R\$ 5.200,00
3	1	Chave seccionadora tripolar, 15Kv - 400 A Abertura em Carga, Uso Abrigado	R\$ 1.387,00	R\$ 1.387,00
4	1	Estrado de Borracha Isolante 30kV - Dimensões 1.00 x 1.00m	R\$ 290,00	R\$ 290,00
5	1	Placa de Advertência "Esta chave não deverá ser manobrada sob carga" em alumínio	R\$ 10,00	R\$ 10,00
6	1	Caixa equipotencial - Caixa BEP	R\$ 1.090,00	R\$ 1.090,00
7	1	Interligação Terra Neutro/ Barra de Equipotencial BEP	R\$ 110,00	R\$ 110,00
8	1	Transformador de distribuição a seco - Ip 00- classe 15Kv - Potência 300 Kva	R\$ 34.000,00	R\$ 34.000,00
9	6	Chave Fusível c/base Polimerica C Mod Dhc-p 15Kv 100a 10ka	R\$ 260,00	R\$ 1.560,00
10	3	Elo fusível 15kV 15K	R\$ 21,00	R\$ 63,00
11	4	Terminal Mufla 15kV Polimérico TPK 01 Externo	R\$ 280,00	R\$ 1.120,00

12	12	Terminal Mufla 15kV Polimérico TPK 01 Interno	R\$ 190,00	R\$ 2.280,00
13	2	Iluminação de Emergência 1200 Lumens Autonomia de 3 horas	R\$ 250,00	R\$ 500,00
14	2	Transformador de potencial em Epoxi - Tensão Primária 13,8Kv - tensão secundária 220/127	R\$ 2.500,00	R\$ 500,00
15	3	Transformador de corrente - classe 15Kv - Exatidão 10B100 - 300/5A	R\$ 1.500,00	R\$ 4.500,00
16	3	Bucha passagem Uso interno em Epóxi 400A	R\$ 400,00	R\$ 1.200,00
17	3	Para-raio Polimérico 15Kv - 10Ka	R\$ 262,00	R\$ 786,00
18	4	Haste de aterramento tipo copperweld Alta Camada 5/8" x2,40m	R\$ 112,00	R\$ 448,00
19	4	Caixa de inspeção em PVC 250X250, com tampa em aço galvanizado a fogo	R\$ 72,00	R\$ 288,00
20	4	Conector para Aterramento Tipo GAR/GTDU para Hastes de 5/8" ou 3/4"	R\$ 20,00	R\$ 80,00
21	6	Placa de advertência " Perigo de morte - Alta Tensão" em alumínio - Dimensões 240 x170 mm	R\$ 12,00	R\$ 72,00
22	6	Isolador pedestal calasse 15 Kv xom prensa-fio para vrgalhões de cobre redondo	R\$ 43,00	R\$ 258,00
23	15	Vergalhão de Cobre Eletrolítico 3/8"	R\$ 100,00	R\$ 1.500,00
24	15	Borne Concêntrico para Vergalhão de Cobre 3/8" - Tipo União Simples	R\$ 15,00	R\$ 225,00
25	15	Conector Cunha Alumínio	R\$ 25,00	R\$ 375,00
26	15	Terminal Pressão Reforçado para cabo 35 mm ²	R\$ 18,00	R\$ 270,00
27	15	Luva emenda de compressão para cabo 35mm ²	R\$ 10,00	R\$ 150,00

28	50	Cabo de Cobre 12/20Kv - 35 mm ² Isolação em EPR	R\$ 72,00	R\$ 14.400,00
29	200	Cabo de Cobre Nú 50 mm ²	R\$ 38,60	R\$ 1.930,00
30	100	Eletroduto corrugado PEAD diâmetro 100mm	R\$ 2,50	R\$ 250,00
31	1	Porta Veneziana Folha Dupla	R\$ 2.670,00	R\$ 2.670,00
32	4	Janela tipo Veneziana	R\$ 630,00	R\$ 2.520,00
33	4	Estrutura com Grade de Proteção Módulos	R\$ 1.000,00	R\$ 3.000,00
34	2	Luminária Hermética Blindada Ip65 + 2x 18w 120 cm	R\$ 260,00	R\$ 520,00
35	1	Extintor de incêndio C02 06 kg com suporte e placa	R\$ 500,00	R\$ 500,00
36	1	Miscelâneas para montagem	R\$ 3.600,00	R\$ 3.600,00
37	1	Construção Civil e Outros Serviços	R\$ 25.000,00	R\$ 25.000,00
			TOTAL	R\$ 132.152,00

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2022.

7 CONCLUSÃO

Com o objetivo de melhorar as condições de operação da subestação e atender a demanda futura do hospital, este trabalho teve como objetivo apresentar um projeto de *retrofit* segundo as normas estabelecidas pelos órgãos regulamentadores.

Após a análise da demanda e das instalações elétricas verificou-se que as condições da subestação estavam inadequadas, e fora dos padrões de segurança exigidos pelas normas vigentes. Detectou-se a necessidade de melhorar as condições de funcionamento da subestação e do aumento da carga do transformador.

A readequação da subestação aumentará a confiabilidade e aumentará a segurança nas operações, melhorando o bem-estar dos pacientes e profissionais de saúde. Um possível aprofundamento sobre o tema seria possível realizar um estudo completo de proteção e seletividade e de aterramento e S.P.D.A. complementando o projeto já apresentado, e análise das cargas do hospital, e *retrofit* de todos os quadros gerais da instalação elétrica. Pela dificuldade do projeto e dos trâmites necessários para a aprovação do mesmo, mostrou-se ser um passo a passo das etapas com descrição de cada uma baseando-se na teoria adquirida durante o curso e nas normas técnicas da (COPEL).

REFERÊNCIAS

ABBUD, TANCREDI, M.; **Transformações Recentes da Matriz Brasileira de Geração de Energia Elétrica – Causas e Impactos Principais.** 2010.

ABNT, Norma Brasileira - **Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV - NBR 14039.** 2003.

ABNT, Norma Brasileira - **Instalações Elétricas de Baixa Tensão NBR 5410:2004 versão corrigida.** 2008.

ABNT, Norma Brasileira - **Símbolos elétricos para instalações elétricas prediais NBR 5444.** 1988.

ABNT, Norma Brasileira – **Transformadores de potência – NBR 5356.** 1993.

ABNT, Norma Brasileira - **Transformadores de potência – especificação - NBR 10295:2011 versão corrigida.** 2013.

ABNT, Norma Brasileira - **Transformador de potencial indutivo com isolamento sólida para tensão máxima igual ou inferior a 52 kV – especificação e ensaios -NBR 6855.** 2021.

ABNT, Norma Brasileira – **Haste de aterramento aço-cobreada e acessórios - NBR 13571.**1994.

ABNT, Norma Brasileira – **Instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde – Requisitos para segurança - NBR 13534.** 1995.

ABNT, Norma Brasileira - **Transformadores de potência parte 1: Generalidades. NBR 5356-1.** 2007.

ABNT, Norma Brasileira - **Transformadores de potência parte 2: Aquecimento. NBR 5356-2.** 2007.

ABNT, Norma Brasileira - **Transformadores de potência parte 11: Transformadores do tipo seco - especificação. NBR 5356-11.** 2016.

ADEEL. 2020. Disponível em: <<https://www.adeel.com.br/secovsoleo/>>.

ASSIS. **Diagnóstico Energético, Reforma da Subestação de Energia e Instalação Elétrica de um Grupo GMG 642 kVA no Hospital Alvorada Brasília.** Universidade de Brasília. 2014.

BARROS, B. F.; GEDRA, R. L.; **Cabine Primária - Subestações de Alta Tensão de Consumidor.** São Paulo: Editora Érica, 2011.

BARROS. **Eficiência Energética: Técnicas de Aproveitamento, Gestão de Recursos e Fundamentos.** 1. ed. São Paulo, SP: Érica-Saraiva.

BRASIL. **Ministério do Trabalho e Emprego.** Portaria 3.214 de 08 de junho de 1978.

BRASIL. **Diário Oficial da União.** Decreto Nº 7.983, de 8 de abril de 2013.

BRASIL. NR 10 – **Segurança em instalações e serviços em eletricidade.** 2020.

CARREIRA; SILVA; CANEIRA. **Manutenção, Evolução e Sua Importância.** Lisboa, Instituto Superior Engenharia de Engenharia de Lisboa, Departamento de Engenharia Mecânica, 2010.

COPEL. NTC 810032. **Elo Fusível de Distribuição.** 2009.

COPEL. NTC 811215. **Disjuntor Tripolar 15 kV 600A PVO - Instalação Interna.** Curitiba, 2012.

COPEL. NTC 811216. **Disjuntor Tripolar à vácuo 15 kV 600A Motorizado.** Curitiba, 2014.

COTRIM, A. **Instalações Elétricas.** Revisão e adaptação técnica José Baesso Gromoni e Hilton Moreno. 5ª Edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

COUTINHO. **O papel da Energia Elétrica nos Hospitais.** 2021.

DOBES. **Estudo em instalações elétricas hospitalares para segurança e funcionalidade de equipamentos eletromédicos.** 1997. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997

DIAS.; MATTOS.; BALESTIERI, J. **Uso Racional da Energia. Ensino e Cidadania.** 1ª Edição. Editora UNESP, 2006, 189 Páginas.

FILHO. **Instalações Elétricas Industriais.** 9. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2018.

FRANÇA, R. C. **Projeto de modernização de subestação consumidora.** 2012. 110 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

GOES. **Modernização da proteção de sistemas elétricos de potência.** 2013. 86 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Energia Elétrica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

KINDERMANN, G. **Curto-Circuito.** 2. Ed. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1997.

LIRA, S. **Monitoramento de Para-raios de Óxido de Zinco com Base na Medição da Corrente de Fuga Total.** Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2012.

MAMEDE. **Manual dos Equipamentos Elétricos – Volume 1.** Rio de Janeiro: LTC Editora. 1993.

MAMEDE. **Instalações Elétricas Industriais.** 9. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

MAMEDE; RIBEIRO. **Proteção de sistemas elétricos de potência.** Rio de Janeiro: LTC, 2011.

MARDEGAN. **Dispositivos de proteção – Parte 1. O Setor Elétrico,** São Paulo, MD POLICABOS, 2019. Disponível em: <www.mdpolicabos.com/muflas-e-terminais-e-terminal-mufla/>

MELO. **Avaliação de Desempenho de Relés de Proteção Digitais**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

MENDES. **Subestações: guia de projeto e estudo de caso**. 2018. 104 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2019. Disponível em: <https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-10.pdf>

MUZY. **Subestações Elétricas**. Projeto de Graduação (Curso de Engenharia Elétrica). – Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2012.

NTC 903100, COPEL. Disponível em: [https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/fator_de_potencia/\\$FILE/fator_potencia.pdf](https://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/fator_de_potencia/$FILE/fator_potencia.pdf) Acesso em: 01/dez/2021

PEXTRON, 2020. Disponível em: <www.pextron.com>

PROCEL – PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA .2011. Disponível em: <http://www.eletronbras.gov.br>

PRYSMIAN, **Cabos Prysmian Média Tensão**. Disponível em: < <https://br.prysmiangroup.com/> >

RODRIGUES; FERREIRA; DE CARVALHO; FERRAZ. **Retrofit de Painéis Elétricos de um Hospital da Região Serrana com Adequação à NR-10**. Revista Teccen. 2017.

SILVA. **Transformadores para Instrumentos**. Joinville: Udesc, 2009.

SOUZA, de. **Subestação de energia elétrica**. Paraíba: Anais, 2010.

TOSSI; STAROSTA. **Infraestrutura, instalações e as cargas de missão crítica**. O Setor Elétrico, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p.22-26, jan. 2013.

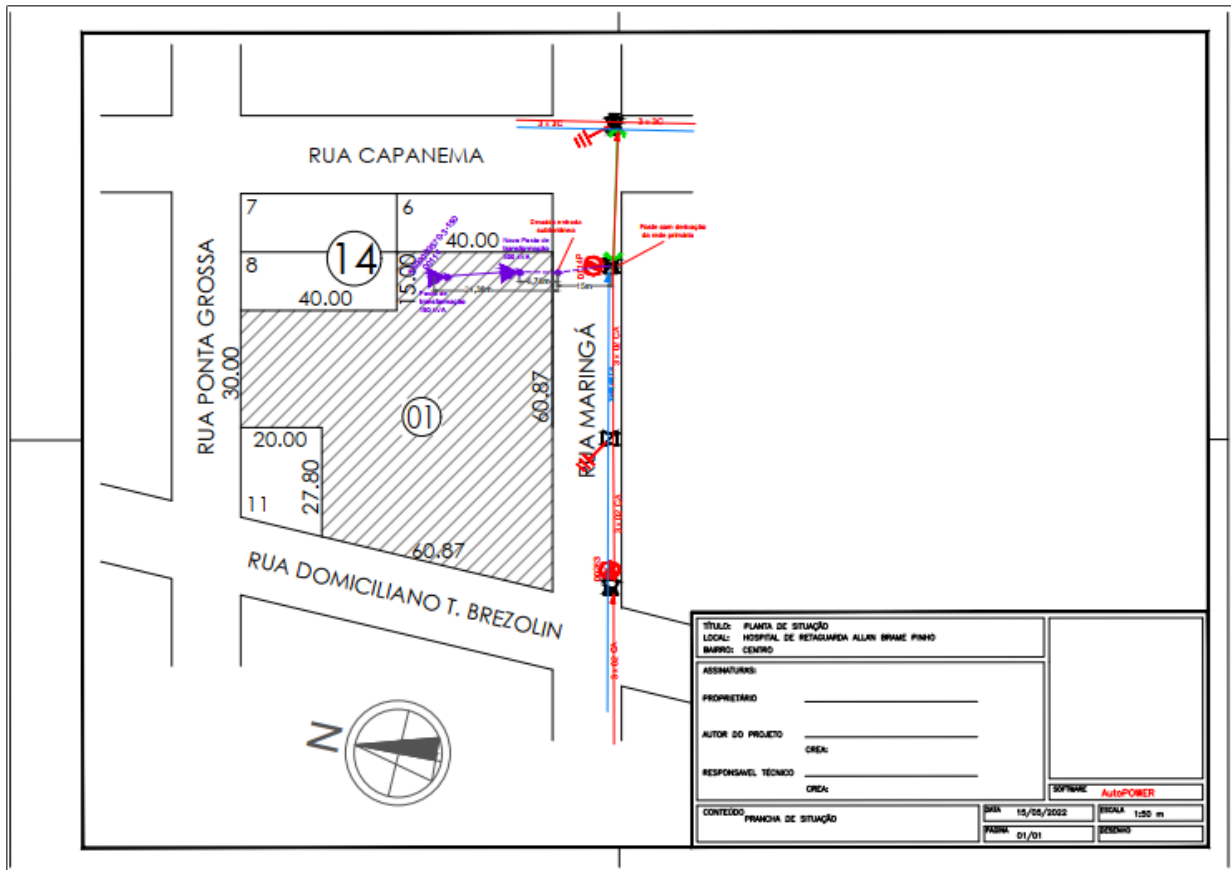
VALE. Diretrizes para racionalização e atualização das edificações: segundo o conceito da qualidade e sobre a ótica do retrofit. Rio de Janeiro: Dissertação (Mestrado em Ciências em Arquitetura). Faculdade de arquitetura e urbanismo da universidade federal do rio de janeiro – FAU-UFRJ, 2006.

Apêndices

APÊNDICE A – PROJETO ELÉTRICO SUBESTAÇÃO

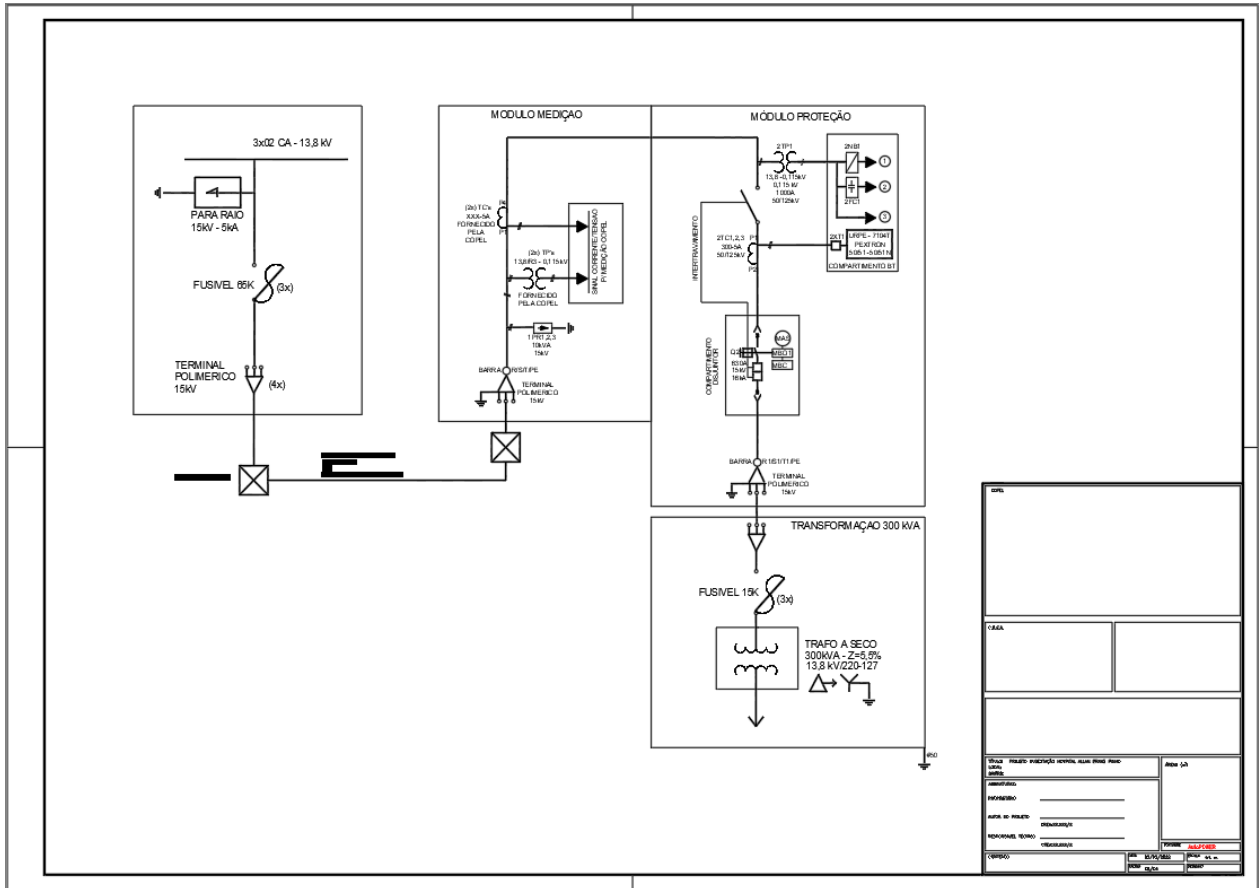
Abaixo estão apresentadas as pranchas com detalhes, diagrama unifilar e planta situação.

Figura A.1 – Planta situação.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2022.

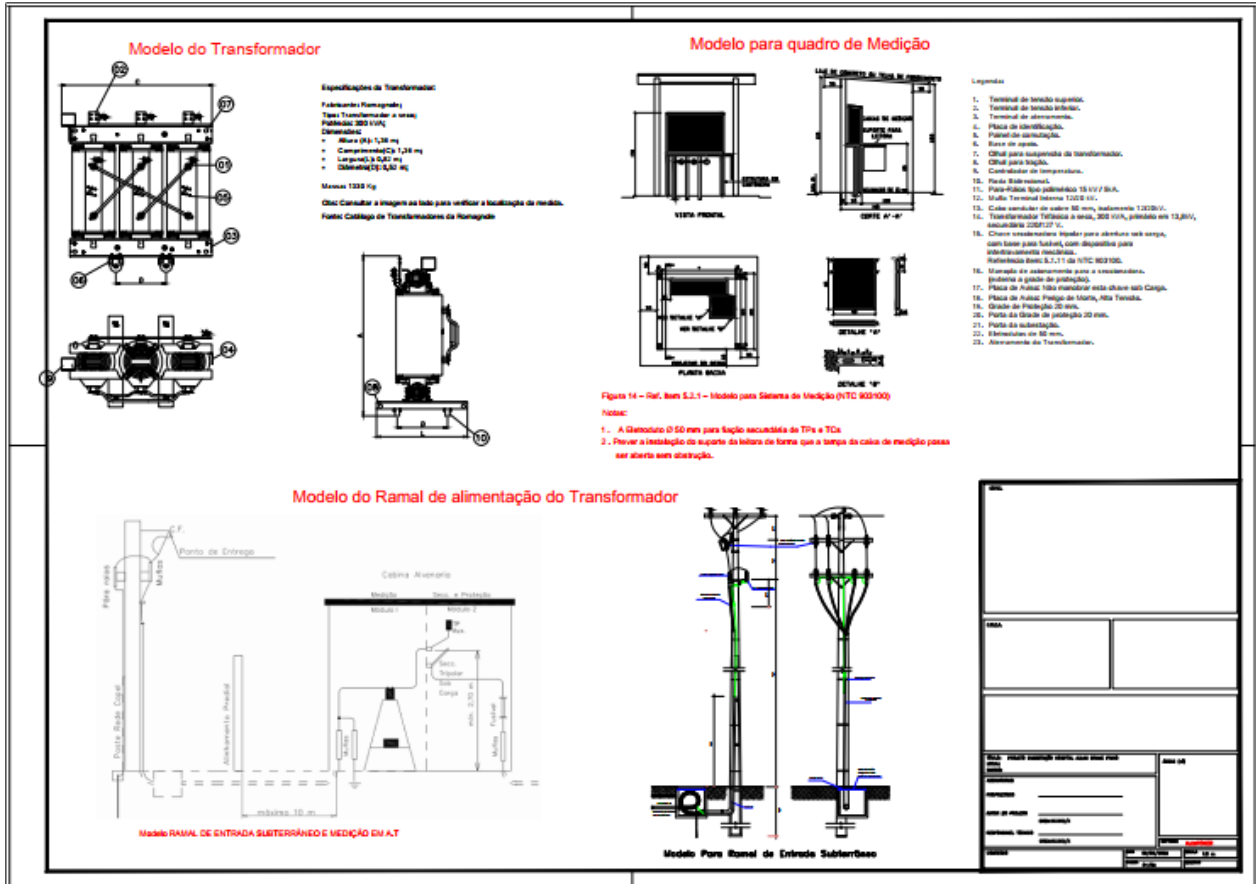
Figura A.2 – Diagrama Unifilar.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2022.

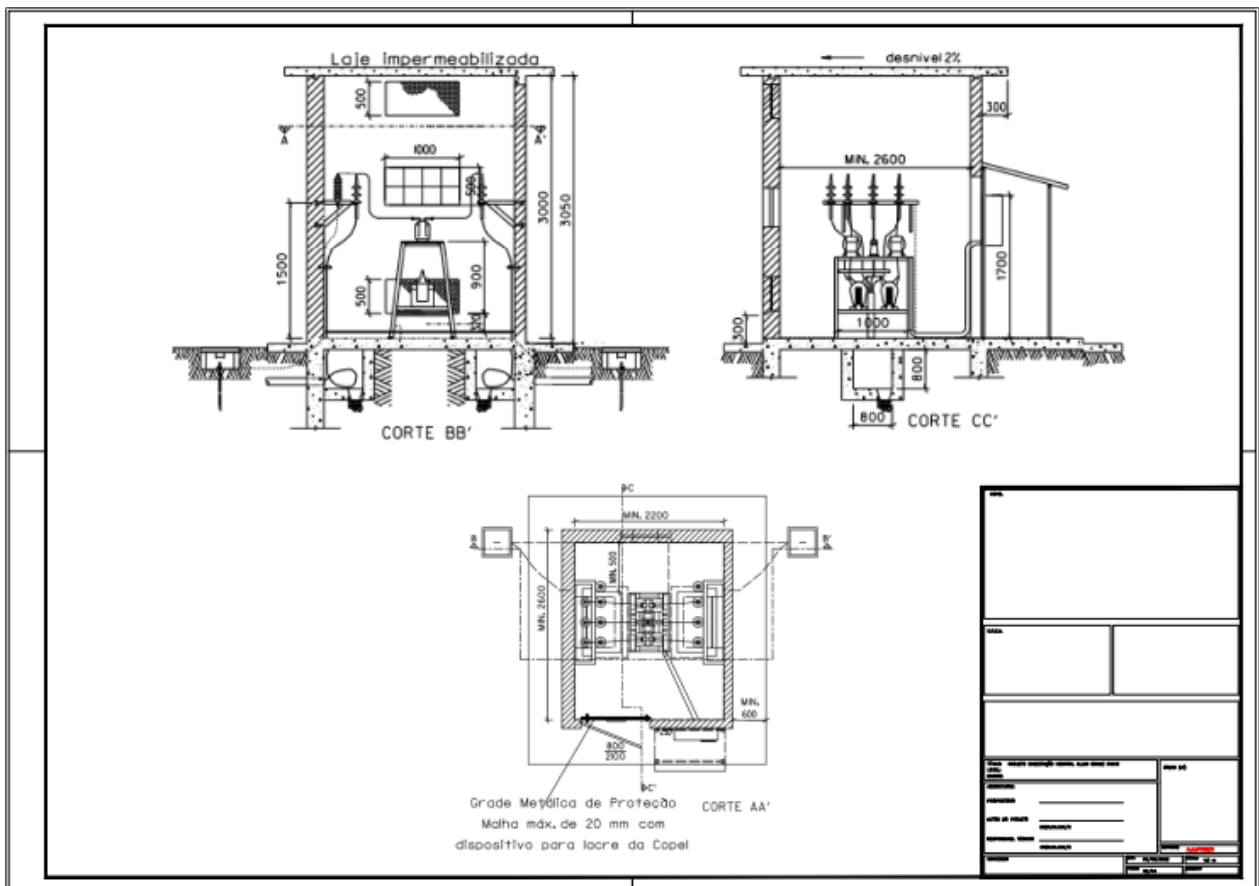
Figura A.2 – Diagrama Unifilar.

Figura A.3 – Modelagem quadro de medição e especificações do novo transformador.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2022.

Figura A.4 – Detalhes subestação.



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2022.

APÊNDICE B – MEMORIAL DESCRITIVO

1. OBJETO

Este memorial busca estabelecer as descrições e detalhamentos necessários para o projeto elétrico da nova entrada de energia do Hospital Allan Brame Pinho. Para isso, o padrão de construtivo utilizado segue as orientações da NTC 903100, conforme item 5.4.2.2, alimentado por ramal aéreo de 13,8 kV, com cabina em alvenaria.

2. DADOS DA EDIFICAÇÃO

Endereço: Rua Domiciano Theobaldo Bresolin, 332, Cascavel, Paraná.

Cep: 85816-080 Fone: (45)3112-4300

3. NORMAS TÉCNICAS APLICADAS

NTC 900100 - Critérios de apresentação de projetos de entrada de serviço;

NTC 903100 - Fornecimento em tensão primária de distribuição;

NTC 910100 - Caixa de distribuição – Centro de medição;

NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão;

NBR 14039 – Instalações elétricas em média tensão;

4. DESCRIÇÃO DAS PRANCHAS E DOCUMENTOS DO PROJETO

- Carta de Apresentação do projeto;
- Planta de situação;
- Diagrama Unifilar;
- Prancha de Detalhes da entrada;
- Memorial Descritivo;

5. CARACTERÍSTICAS DA OBRA

O projeto apresentado busca a alteração da atual entrada de serviço, visto que o cliente encontra problemas em sua instalação elétrica, sendo assim, será instalada uma nova entrada de energia com medição em A.T e proteção realizada de disjuntor de A.T.

O local possui equipamentos hospitalares, compressores de ar comprimido, equipamentos de Raio-X, equipamentos de suporte a vida, entre outros. Deverá haver separação entre a instalação para combate a incêndio e a instalação normal.

5.1 PONTO DE ENTREGA DE ENERGIA

O ponto de conexão do sistema elétrico da Copel com as instalações elétricas da unidade consumidora será feito pela ligação da rede da Copel de 13,8 kV existente com a cabina de alvenaria.

5.2 SUBESTAÇÃO DE ENERGIA

Conforme item 5.4.2.2 da NTC 903100, a cabina deverá ser construída em alvenaria com ramal de entrada subterrâneo. A cabine deverá possuir laje impermeabilizada com desnível de 2%, com ventilação adequada e quatro caixa de inspeção (30x30x30cm) para instalação da haste de aterramento, o qual deverá ser conectado a atual malha de aterramento. A iluminação do interior da cabina deverá ser à prova de explosão.

A cabine possui dois módulos, o primeiro será destinado a medição realizada em alta tensão e o segundo para proteção contendo disjuntor de proteção do tipo PVO, com tensão nominal de 15 kV.

No módulo de proteção, a atuação do disjuntor de média tensão deverá ser comandada por relé secundário, modelo PEXTRON URPE 7104T, com funções 50/51, 50/51N, 74, 27, 47, 59 e 51N-GS. A chave seccionadora será tripolar, com mecanismo de operação manual, provida de intertravamento mecânico (bloqueio tipo Kirk), com tensão nominal 15kV, corrente nominal 400 Ampères.

5.3 RAMAL DE ENTRADA

A rede de média tensão em 13,8 kV está prevista para ser derivada a partir da rede já existente localizada na rua Maringá. A rede de derivação deverá fazer travessia aérea sobre a rua em um vão de aproximadamente 18 metros até o limite do terreno do Hospital Allan Brame Pinho. O ramal de entrada, será feito, por meio de dutos subterrâneos, um ramal desta rede deve ser conectado ao primário do transformador a ser instalado.

5.4 CABOS A SEREM UTILIZADOS

A rede de média Tensão realizada após o módulo de proteção da cabine de alvenaria utilizará condutores de alumínio 35 mm² isolados com tensão de isolamento 12/20 kV, para cada fase.

Os condutores do ramal de ligação deverão estar instalados de forma a permitir as distâncias mínimas em relação ao solo, a 50° C, medidas na vertical, observadas as exigências dos poderes públicos, para travessias sobre:

- Trilhos de estradas de ferro eletrificadas ou eletrificáveis 12,0 m;
- Trilhos de estradas de ferro não eletrificadas 9,0 m;
- Rodovias 7,0 m;
- Ruas, avenidas, vias exclusivas para pedestres e entradas para veículos 6,0 m;

Deverão ser utilizados em lances inteiros e não poderão conter emendas.

5.5 PROTEÇÃO CONTRA CURTO-CIRCUITO E SOBRE CARGAS NA M.T

Para os transformadores de 300 kVA deverá ser instalado um conjunto de seis chaves fusíveis com base polimérica, de alta ruptura, classe 15 kV-100 A, com elos fusíveis de 15 K. E transformadores de corrente de 300/5 A.

5.6 POSTO DE TRANSFORMAÇÃO CO TRAFÓ DE 300 kVA

Deverá ser instalado poste de concreto, de seção duplo T, altura de 10,5m, B 600 daN. Um transformador de potência trifásico a seco de 300 kVA, com isolamento de 15kV, frequência de 60 Hz, Tap's de A.T. em 13.8, 13.2, 12.6, 11.4kV e B.T. em 220/127V com enrolamento primário em triângulo (Δ) e enrolamento secundário em estrela (Y) aterrado e com neutro acessível. A entrada de M.T. do transformador será realizada através de um conjunto de cabos 35 mm² com tensão de isolamento 12/20 kV em EPR, os quais serão conectados aos cabos de 35 mm² de cobre 12/20kV através de conectores de derivação tipo cunha. A saída em B.T. do transformador será feita através de 4 vias de cabo de cobre 12/20kV com isolamento em EPR com bitola de 35mm² para as fases e mais 4 vias do mesmo cabo para o neutro – 4x3#35(35). Para o aterramento dos para-raios e da carcaça do transformador deverá ser utilizado um cabo de cobre nu com bitola de 50 mm².

O neutro do transformador será aterrado com cabo de cobre 12/20kV com isolamento em EPR, bitola de 35 mm², conforme recomendações da NTC 903100. A chave seccionadora deverá estar abrigada em alvenaria, com proteção contra intempéries, proteção geral realizada através de um disjuntor trifásico termomagnético de 630A, conforme NTC 910100. As fases desde a saída do secundário do transformador deverão ser sinalizadas com fitas coloridas com a seguinte disposição:

Fase A: Amarela;

Fase B: Branca;

Fase C: Vermelha

5.7 SISTEMA DE ATERRAMENTO

As caixas de aterramento deverão ter dimensões de 300x300x300mm com haste de aterramento do tipo Copperweld 5/8'' com comprimento de 3m, e as conexões da haste aos cabos deverão ser feitas com conectores do tipo grampo. Os pontos de conexão deverão ser acessíveis à inspeção. Todas as partes metálicas não energizadas da cabine de energia deverão ser aterradas. A resistência de aterramento deverá ser inferior a 10 ohms em qualquer época do ano. Caso esta resistência não seja alcançada, deverá ser aumentada a superfície de cobre em contato com a terra e realizado tratamento químico nas hastes.

5.8 CAIXAS DE PASSAGEM

Sempre que houver mudança de direção das tubulações ou uma distância superior a 150 metros deverá ser utilizada uma caixa de passagem, ou descidas e subidas de dutos. Estas caixas de passagem já estão implantadas, visto que o projeto elétrico antigo já previu a necessidade delas. As caixas com tampa de concreto, de dimensões 800x800x800mm exclusivas para os condutores de energia elétrica, deverão conter em seu fundo camadas de pedra brita número 02 para dreno da água proveniente das chuvas.

5.9 CÁLCULO DE DEMANDA

Em uma primeira vistoria no Hospital, existiam apenas salas de Raio-X, enfermaria e equipamentos de ar comprimido. Estavam previstas reformas para instalação do centro cirúrgico, equipamentos de esterilização como autoclave e UTI. As salas de Raio-X e enfermarias, possuem uma potência instalada máxima de 36,16kW. Estava previsto, portanto, um aumento de carga de 229 kW devido a reforma, assim a potência total do Hospital é de 265kW, a qual esta entrada de energia deverá atender.

O dimensionamento foi feito considerando as cargas demandadas e o futuro acréscimo de carga a ser instalada.

5.10 MURETA EM ALVENARIA E CAIXAS

As caixas de acomodação dos disjuntores, TCs e de medição deverão atender às especificações da NTC 910100. A caixa “DN” deverá ter dimensões de 490x260x570 (LxPxA), enquanto a caixa “SC” possuirá dimensões de 1650x250x690mm (LxPxA), e por último, a caixa H possuirá 570x260x1990mm (LxPxA).

6 NOTAS OBRIGATÓRIAS

Os circuitos deverão ser identificados internamente, assim como os equipamentos que compõem a instalação, O projeto deverá ser mantido atualizado e mantido à disposição dos

trabalhadores autorizados e das autoridades competentes. Todos os materiais deverão satisfazer rigorosamente as normas técnicas vigentes e as especificações contidas neste memorial. Para instalação e manutenção das instalações elétricas deverão ser tomadas as medidas obrigatórias de segurança, e o Hospital deverá possuir obrigatoriamente o prontuário das instalações elétricas, conforme NR-10.

APÊNDICE C – PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA, CORRETIVA NO SISTEMA ELÉTRICO DE MÉDIA TENSÃO

1. OBJETO

Prestação de serviços de manutenção preventiva e corretiva da subestação (13,8 kV), incluindo o fornecimento de peças e materiais, necessários à execução dos serviços.

2. OBJETIVO

Através de um Plano de Manutenção estabelecer rotinas de manutenção preventiva e corretiva necessárias para a perfeito funcionamento dos equipamentos.

3. EQUIPAMENTOS SUBESTAÇÃO

Equipamentos aos quais serão prestados os serviços de manutenção preventiva e corretiva no sistema elétrico que inclui os seguintes elementos:

- Transformador de força à seco;
- Disjuntor de média tensão;
- Chave seccionadoras;
- Chaves fusíveis;
- Para-raios de média tensão;
- Condutores de média tensão;
- Relé secundário Pextron;
- Barramentos de BT e MT;
- TC's e TP's de média tensão;
- Painéis e instrumentos;
- Relés de supervisão trifásico;
- Extintores;
- Demais componentes do sistema elétrico em questão.

4. MANUTENÇÃO PREVENTIVA PERIÓDICA

Deverá ser efetuada quatro vezes ao ano, periodicidade de três em três meses, com desligamento com data marcada previamente, além das atividades descritas poderá ser feita as correções apontadas nos relatórios anteriores, e devem ser executados os seguintes serviços:

Lubrificação e reparo dos trincos e portas;

Limpeza piso externo e interno;

Reparo dos pontos de oxidação;

Substituição de componentes com mal funcionamento: lâmpadas, sinalizadores luminosos, reles, bobinas e todos que apresentarem necessidade de substituição;

Limpeza dos equipamentos elétricos: chaves seccionadoras, muflas, para-raios, disjuntores de média tensão, transformadores de potencial e corrente e painel de baixa tensão;

Inspeção de todas as conexões elétricas e ajustes dos contatos com aplicação de cobre coloidal ou produto equivalente;

Vedação de eventuais vazamentos;

Verificar a calibragem dos reles tap's dos transformadores;

Medição da isolação dos equipamentos e da resistência de terra dos sistemas de aterramento;

Verificação do funcionamento dos dispositivos de proteção e sinalização.

5. MANUTENÇÃO TRIMESTRAL

a) Estrutura média tensão, classe 15kV:

Validar o bom funcionamento da iluminação do recinto e reparando-a se necessário;

Verificar e desobstruir, se necessário as aberturas de ventilação;

Medir e anotar a umidade e temperatura ambiente;

Corrigir todas as anormalidades encontradas;

Verificar o aterramento de todas as massas metálicas;

Inspeccionar estado de pintura e umidade;

Aplicação de solvente desengraxante de segurança, RIGIDEZ DIELÉTRICA 15 KV, na limpeza de barramentos, contatos, partes móveis e equipamentos de baixa tensão do painel de BT.

b) Ramal de entrada:

Coleta de medição de resistência de isolamento;

Detectar correntes de fuga das fases;

Aplicação de solvente desengraxante de segurança, RIGIDEZ DIELÉTRICA 15 KV, na limpeza das terminações.

c) Para-raios de média tensão:

Coleta de medição de resistência de isolamento;

Verificação da pintura das fases R, S e T;

Detectar correntes de fuga das fases;

Aplicação de solvente desengraxante de segurança, RIGIDEZ DIELÉTRICA 15 KV, na limpeza das terminações.

d) Chaves Seccionadoras de Média Tensão:

Medição de resistência de contato das Fases R, S e T;

Medição de resistência Ôhmica de isolamento;

Teste de intertravamento elétrico (KIRK)

Teste de abertura e simultaneidade;

Detectar correntes de fuga das fases;

Aplicação de solvente desengraxante de segurança, RIGIDEZ DIELÉTRICA 15 KV, na limpeza dos isoladores.

e) Transformador de corrente e potencial:

Coleta do valor de isolamento;

Coleta de medição da resistência dos enrolamentos;

Detectar correntes de fuga das fases;
Aplicação de solvente desengraxante de segurança, RIGIDEZ DIELÉTRICA 15 KV, na limpeza da isolação.

f) Disjuntor de média tensão:

Medição de resistência de contato dos 03 pólos;
Medição de resistência Ôhmica de isolação;
Inspeção e ajustes nos mecanismos de acionamento;
Verificação de corrente de fuga das fases;
Aplicação de solvente desengraxante de segurança, RIGIDEZ DIELÉTRICA 15 KV, na limpeza da isolação.

g) Relé de Proteção:

Limpeza geral;
Inspeção nas conexões de força e comando de controle;
Validação da parametrização dos relés.

h) Transformador:

Limpeza dos barramentos e isoladores;
Verificação do sistema de aterramento;
Verificação das muflas terminais;
Verificação dos fios e condutores de média tensão;
Limpeza geral dos módulos em alvenaria;
Lubrificação dos equipamentos;
Reaperto dos bornes de ligação, fixação de equipamentos, componentes e ferragens;
Inspeção dos contatos fixos e móveis das chaves;
Inspeção das partes metálicas dos transformadores;

Medição da resistência de aterramento, mantendo sempre os limites normalizadores;
Verificação do desgaste por temperatura e capa isolante dos fios e cabos;
Medição de resistência Ôhmica de isolamento: fase/fase e fase/terra;
Medição da relação de espiras e deslocamento angular no tap's dos transformadores;
Medição de resistência Ôhmica dos enrolamentos dos transformadores;
Polaridade;
Continuidade/funcional dos comandos, intertravamentos, alarmes, proteções e ajuste de relés.

Aplicação de solvente desengraxante de segurança, RIGIDEZ DIELÉTRICA 15 KV, na limpeza da isolação.

i) Quadro geral de força e demais quadros da subestação:

Verificar ocorrência de sobreaquecimento, lâmpadas de sinalização, ajuste zero dos medidores, ruídos e vibrações anormais, transformadores de medição de painel, conexões dos cabos, abertura e fechamento dos armários;
Corrigir erros de ajustes em dispositivos de comando dos disjuntores;
Lubrificar articulações dos disjuntores;
Lubrificar dobradiças das portas;
Aplicação de solvente desengraxante de segurança, RIGIDEZ DIELÉTRICA 15 KV, para limpeza.

Aferir instrumentos de medição de painel;

Efetuar reaperto geral;

Limpar barramentos;

Efetuar limpeza geral;

6. MANUTENÇÃO SEMESTRAL

j) Estrutura média tensão, classe 15kV:

Validar o bom funcionamento da iluminação do recinto e reparando-a se necessário;

Medir e anotar a umidade e temperatura ambiente;
Corrigir todas as anormalidades encontradas;
Verificar luvas e bastão manobras de proteção;
Inspeccionar o estado de tapetes isoladores;
Inspeccionar estado de pintura e umidade;
Verificar extintor de incêndio está carregado e dentro da validade.

k) Ramal de entrada:

Coleta de medição de resistência de isolamento;
Detectar correntes de fuga das fases.

l) Para-raios de média tensão:

Coleta de medição de resistência de isolamento;
Detectar correntes de fuga das fases.

m) Chaves Seccionadoras de Média Tensão:

Medição de resistência de contato das Fases R, S e T;
Medição de resistência Ôhmica de isolamento;
Detectar correntes de fuga das fases;

n) Transformador de corrente e potencial:

Coleta do valor de isolamento;
Detectar correntes de fuga das fases;

o) Disjuntor de média tensão:

Medição de resistência Ôhmica de isolamento;

Inspeção e ajustes nos mecanismos de acionamento;
Verificação de corrente de fuga das fases;

p) Relé de Proteção:

Limpeza geral;
Inspeção nas conexões de força e comando de controle;
Validação da parametrização dos relés.

q) Transformador:

Limpeza dos barramentos e isoladores;
Verificação do sistema de aterramento;
Verificação das muflas terminais;
Verificação dos fios e condutores de média tensão;
Reaperto dos bornes de ligação, fixação de equipamentos, componentes e ferragens;
Inspeção das partes metálicas dos transformadores;
Verificação da temperatura e capa isolante dos fios e cabos;
Medição de resistência Ôhmica de isolamento: fase/fase e fase/terra;
Continuidade/funcional dos comandos, intertravamentos, alarmes, proteções e ajuste de relés.

r) Quadro geral de força e demais quadros da subestação:

Verificar ocorrência de sobreaquecimento, lâmpadas de sinalização, ajuste zero dos medidores, ruídos e vibrações anormais, transformadores de medição de painel, conexões dos cabos, abertura e fechamento dos armários;
Corrigir erros de ajustes em dispositivos de comando dos disjuntores;
Lubrificar articulações dos disjuntores;
Lubrificar dobradiças das portas;
Aplicação de solvente desengraxante de segurança, RIGIDEZ DIELÉTRICA 15 KV, para limpeza.

- Aferir instrumentos de medição de painel;
- Efetuar reaperto geral;
- Limpar barramentos;
- Efetuar limpeza geral;

7. TERMOFOTOGRAFIA SEMESTRAL

Registro semestral das temperaturas nos equipamentos por meio de detecção da radiação infravermelha emitida por eles, após a análise dos dados coletados serão indicados os pontos passíveis a correção, abaixo equipamentos que será feita a termografia:

- Ramal de entrada;
- Para-raios de média tensão;
- Chaves Seccionadoras de média tensão;
- Transformadores de corrente e potencial;
- Disjuntor de média tensão;
- Transformadores de Potência;
- Quadro geral de força;

8. MANUTENÇÃO CORRETIVA

Executada a partir da detecção de defeitos durante inspeções de manutenções rotineiras, os defeitos podem ser:

- Queima de fusíveis ou limitadores de corrente de média tensão;
- Mau funcionamento dos variados dispositivos da subestação;
- Anormalidade na isolação dos condutores de alta tensão;
- Mau funcionamento disjuntor.

9. RELATÓRIOS

Serão apresentados os seguintes relatórios:

Manutenção preventiva trimestral, semestral e Termográfica;
Acidentes e Incidentes.

10. CRONOGRAMA DE MANUTENÇÃO

Quadro 5 - Cronograma manutenção no período de 12 meses.

CRONOGRAMA DE MANUTENÇÃO 2022/2023	
DATA	SERVIÇOS A SEREM EXECUTADOS
15/06/2022	PREVENTIVA TRIMESTRAL/SEMESTRAL
12/09/2022	PREVENTIVA TRIMESTRAL
30/11/2022	PREVENTIVA SEMESTRAL
11/03/2023	PREVENTIVA TRIMESTRAL
15/06/2023	PREVENTIVA SEMESTRAL

Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2022.

11. NORMAS TÉCNICAS

Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT,
NBR 5034 Buchas para tensões alternadas superiores a 1 KV – Especificação,
NBR 5356-1 Transformador de potência – Especificação,
NBR 5356-2 Transformador de potência – Parte 2 – Aquecimento,
NBR 5356-3 Transformador de potência – Parte 3 – Níveis de isolamento, ensaios dielétricos e espaçamentos externos em ar,
NBR 5356-4 Transformador de potência – Parte 4 – Guia para ensaio de impulso atmosférico e de manobra para transformadores e reatores,
NBR 5356-5 Transformador de potência – Parte 5 – Capacidade de resistir a curtos-circuitos,
NBR 5410 Instalações Elétricas de Baixa Tensão,

NBR 5419 Proteção Contra Descargas Atmosféricas,
NBR 6808 Conjuntos de Manobra e Controle de Baixa Tensão, NBR 14039 Execução de Instalações Elétricas de Media Tensão, NBR 5034 Buchas para tensões alternadas superiores a 1KV,
NBR 5355 Chaves faca tipo seccionadora no blindadas para baixa tensão,
NBR 5356-1 Transformadores de Potência,
NBR 5416 – Aplicação de cargas em transformadores de potência, NBR 5472 Isoladores e buchas para eletrotécnica,
NBR 6248 Isolador castanha – Dimensões, características e procedimento de ensaio, NBR 6249 Isolador roldana de porcelana ou de vidro – Dimensões, características e procedimento de ensaio,
NBR 6937 Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão - Dispositivos de medição,
NBR 6939 Coordenação de isolamento – Procedimento,
NBR 6940 Técnicas de ensaios elétricos de alta tensão – Medição de descargas,
NBR 6882 Isolador suporte pedestal de porcelana – Unidades e colunas – Padronização de dimensões e características,
NBR 7036 - Recebimento, instalação e manutenção de transformadores de distribuição imersos em líquido isolante.
NBR 7117 Medição de resistividade e determinação da especificação da estratificação do solo,
NBR 8124 Chaves fusíveis de distribuição (classe 2),
NBR 11388 Sistemas de pintura para equipamentos e instalações de subestações elétricas – Especificação,
NBR 15121 Isolador para alta-tensão – Ensaio de medição da radio interferência,
NBR 14039 Instalações de alta-tensão (de 1,0KV a 36,2KV),
NBR 15749 Medição de resistência de aterramento,
NBR 15751 Sistemas de aterramentos de subestações – Requisitos.

