



Universidade Federal  
de Campina Grande

## **Centro de Engenharia Elétrica e Informática**

Graduação em Engenharia Elétrica

IAGO BATISTA OLIVEIRA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

LABORATÓRIO DE ALTA TENSÃO

Campina Grande, Paraíba.

Dezembro de 2020

IAGO BATISTA OLIVEIRA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

LABORATÓRIO DE ALTA TENSÃO

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Eletrotécnica

George Rossany Soares de Lira, D. Sc.  
Orientador

Convidado

Campina Grande, Paraíba.

Dezembro de 2020

*Dedico a meus pais, Cláudia e  
Claudianor, base de todas minhas  
conquistas.*

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a Deus em primeiro lugar, pois sem Ele nada disso seria possível. Agradeço a Ele pela Sua criação e por minha fé, que me sustenta e guia pela jornada da vida. Também a Ele, agradeço oportunidade de ter em minha vida pessoas que me ajudaram tanto nesta caminhada.

A meus pais, Cláudia e Claudianor, que sempre fizeram tudo para me educar e que eu aproveitasse as oportunidades que a vida me dá, lhes dedico este trabalho junto a todo amor e gratidão. Agradeço a meus irmãos, Caio e Isaac, sempre amigos em todos os momentos da minha vida. Um agradecimento especial para uma pessoa que chegou mais recentemente, mas sempre me apoiou nessa jornada, Ivaneide (Dinha), te agradeço por sua companhia diária de todos os momentos. Em nome de minhas avós Maria Cícera (*in memoriam*) e Maria Alves, estendo o agradecimento a todos meus familiares.

Agradeço a todos os amigos que a vida me deu. Amigos da Damas, do movimento espírita e principalmente da graduação, em especial o 15.1 e grupo de 'Eletrotécnica', por me acompanharem na jornada desse curso tão desafiador.

Agradeço aos grupos que me abriram os olhos para uma vida acadêmica mais humana: Ramo Estudantil IEEE UFCG e Litro de Luz. Guardarei para sempre as lembranças e ensinamentos, além das amizades sinceras que fiz nestes anos de trabalho voluntário

Gostaria de agradecer ao LAT pela oportunidade de estagiar neste local de tanto trabalho e conhecimento. Agradeço ao professor George pela orientação, ao professor André pela supervisão por permitirem que eu complete esta fase da minha graduação. Também agradeço a Antonio Leite, por ter me aberto a porta para o auxiliar na sua pesquisa, e aos companheiros João Vitor, Lenilson e Higor, que tanto me ensinaram neste tempo de estágio.

*“A vida não é sobre quão duro  
você é capaz de bater, mas sobre  
quão duro você é capaz de apanhar  
e continuar indo em frente. ”*

*Rocky Balboa*

## RESUMO

Neste relatório é apresentada uma descrição das atividades desenvolvidas pelo aluno Iago Batista Oliveira no estágio supervisionado realizado no Laboratório de Alta Tensão (LAT) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). O estágio teve uma carga horária de 214 horas, que permitiu tempo hábil ao aluno desenvolver atividades práticas junto a equipe de profissionais e acadêmicos do laboratório. Dentro das atividades realizadas, foram realizados ensaios de alta tensão em corrente contínua e corrente alternada em isoladores poliméricos; projeto de uma nova subestação para o laboratório; serviços de teste de isolamento de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e Equipamentos de Proteção Coletiva (EPCs); comissionamento de um kit de alta tensão e gerador de impulso de corrente; desenvolvimento de material didático de Qualidade de Energia Elétrica (QEE), assim como, adequação de iluminação para normas técnicas vigentes.

Palavras-chave: Alta Tensão, Isoladores, Subestação, QEE, Iluminação.

# LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

kVA	kilo Volt Àmpere
V	Volt
A	Àmpere
LAT	Laboratório de Alta Tensão
GSE	Grupo de Sistemas Eléctricos
CHESF	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
$\Omega$	Ohms
$\mu$	micro
QEE	Qualidade de Energia Elétrica
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Entrada principal do LAT. ....	13
Figura 2 - Salão de alta tensão. ....	14
Figura 3 - Sala do kit de alta tensão. ....	15
Figura 4 - Câmara de névoa. ....	15
Figura 5 - Gerador de impulso de corrente. ....	16
Figura 6 - Sala de QEE. ....	17
Figura 7 - Isoladores inspecionados. ....	19
Figura 8 - Circuito CC de Greinacher. ....	20
Figura 9 - (a) Teste de aterramento e (b) montagem do circuito cc. ....	20
Figura 10 - Circuito cascata. ....	21
Figura 11 - Conexão cascata ao isolador. ....	22
Figura 12 - Medição de ruído ultrassom. ....	23
Figura 13 - Medição de fâculas ultravioleta. ....	23
Figura 14 - Medição de temperatura de isolador por meio de termovisão. ....	24
Figura 15 - Corrente de fuga de um isolador polimérico. ....	25
Figura 16 - Imagem termográfica de isolador polimérico em tensão CA (esquerda) e CC (direita). ....	25
Figura 17 - Captação de fâculas ultravioleta por minuto os dados CA (esquerda) e CC (direita). ....	26
Figura 18 - Arranjo para teste de isolamento de luvas isolantes. ....	27
Figura 19 - Montagem do arranjo proposto para ensaio de luvas isolantes. ....	27
Figura 20 - Luvas isolantes ensaiadas. ....	28
Figura 21 - Arranjo para teste de bastão de manobra. ....	29
Figura 22 - Montagem do arranjo para ensaio de bastão de manobra. ....	29
Figura 23 - Subestação do LAT. ....	30
Figura 24 - Arranjo atual da subestação. ....	32
Figura 25 - Planta de situação com novo arranjo para subestação. ....	33
Figura 26 - Tabela de para-raios da ETU 128 da Energisa. ....	34
Figura 27 - Características específicas das chaves fusíveis de distribuição. ....	34
Figura 28 - Dimensionamento de chaves de derivação trifásicas. ....	34
Figura 29 - Fornecimento trifásico em média tensão com medição na baixa tensão em 380/220 v. ....	35
Figura 30 - Diagrama unifilar do projeto para nova subestação do LAT. ....	36
Figura 31 - Montagem realizada para medição de Qualidade de Energia Elétrica. ....	38
Figura 32 - Bobina de Pearson. ....	39
Figura 33 - Descarga entre as semi-esferas. ....	40
Figura 34 - Adaptação da montagem para teste com impulso de corrente. ....	41
Figura 35 - Sinal de corrente medido pela bobina de Pearson e no resistor de teste. ....	41
Figura 36 - (A) Sala antes da adaptação e (B) sala após a troca das lâmpadas. ....	43
Figura 37 - <i>Kit</i> de alta tensão da BHT. ....	44
Figura 38 - Reunião de comissionamento junto a BHT. ....	45
Figura 39 - Medição realizada no quadro de comando para comissionamento do kit da BHT. ....	46



# LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados do ensaio de isolamento das luvas. ....	28
Tabela 2 - Demanda estimada dos quadros de distribuição. ....	31
Tabela 3 - Lista de materiais da malha de aterramento do LAT. ....	37
Tabela 4 - Distorção harmônica por fase. ....	38
Tabela 5 - Iluminamento da sala antes da troca de lâmpadas. ....	42
Tabela 6 - Iluminamento da sala após da troca de lâmpadas. ....	43

# SUMÁRIO

1	Introdução .....	11
1.1	Objetivos .....	11
1.2	Laboratório de Alta Tensão .....	12
1.2.1	Salão de Alta Tensão.....	13
1.2.2	Sala do Kit de Alta Tensão .....	14
1.2.3	Sala da Câmara de Névoa .....	15
1.2.4	Sala do Gerador de Impulso de Corrente .....	16
1.2.5	Sala da Qualidade de Energia Elétrica .....	16
2	Atividades Desenvolvidas.....	18
2.1	Ensaio em Isoladores .....	18
2.1.1	Inspeção visual e seleção dos isoladores.....	18
2.1.2	Montagem CC – Circuito de Greinacher.....	19
2.1.3	Montagem CA – Circuito em Cascata .....	21
2.1.4	Instrumentos de medição .....	22
2.2	Ensaio Elétrico de Isolamento.....	26
2.2.1	Ensaio em Luvas isolantes .....	26
2.2.2	Bastão de manobra.....	28
2.3	Projeto da Nova Subestação do LAT .....	30
2.3.1	Cálculo de Demanda .....	31
2.3.2	Plantas da Subestação e Diagrama Unifilar .....	32
2.3.3	Relação do material e orçamento .....	36
2.4	Ensaio de Qualidade de Energia Elétrica.....	37
2.5	Teste de Sensor de Corrente de Descargas Atmosféricas.....	39
2.6	Adequação de Iluminação – NBR ISO/CIE 8995-1 .....	41
2.7	Comissionamento do Kit de Alta Tensão da BHT .....	44
3	Conclusão .....	47
	Referências .....	48

# 1 INTRODUÇÃO

No presente relatório, é descrito o estágio supervisionado realizado pelo aluno de graduação em Engenharia Elétrica pela UFCG, Iago Batista Oliveira, no Laboratório de Alta Tensão (LAT) entre os dias 19 de outubro e 7 de dezembro de 2020. O estágio foi realizado sob orientação do Professor Dr. George Rossany Soares Lira e sob supervisão do Professor Dr. André Dantas Germano.

O objetivo principal do estágio obrigatório na grade curricular do curso de graduação em engenharia elétrica é que o aluno tenha uma experiência prática dos assuntos abordados em sala de aula, além de adquirir novos conhecimentos dentro de um ambiente profissional. Desta maneira, o presente trabalho apresenta as atividades desenvolvidas durante o estágio e os principais conteúdos e habilidades que estão associados a essas atividades para experiência do aluno.

As atividades realizadas no estágio foram acompanhadas presencialmente pelo corpo técnico do laboratório, contando com técnicos, engenheiros e alunos de pós-graduação. Foram realizadas atividades de auxílio a pesquisa, como acompanhamento de ensaios de alta tensão em isoladores poliméricos – tanto em corrente contínua como em corrente alternada. Além disso, ocorreram atividades em auxílio a serviços do laboratório, a exemplo: projeto de subestação para o laboratório; serviços de teste isolamento de EPIs e equipamentos de manobra; comissionamento do *kit* de alta tensão da BHT e também de medidor de corrente para auxiliar na detecção de descargas atmosféricas; adequação de sala para normas vigentes de iluminação. Por fim, também foram desenvolvidas atividades em auxílio ao ensino, como a gravação de material didático sobre Qualidade de Energia Elétrica (QEE).

## 1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste relatório de estágio é relatar as experiências e contribuições do estágio supervisionado no Laboratório de Alta Tensão. Dessa forma, entre os objetivos deste estágio são: acompanhar de ensaios de alta tensão; participar do projeto elétrico de subestação e aterramento; acompanhar comissionamento de equipamentos e serviços do laboratório em geral.

## 1.2 LABORATÓRIO DE ALTA TENSÃO

O LAT começou a ser implementado em 1974 por meio da associação de recursos nacionais e cooperações internacionais. O LAT obteve por meio de convênios com a *Canadian International Development Agency* (CIDA) e a *German Technical Cooperation Agency* (GTZ) diversos equipamentos de alto custo e complexidade para desenvolver suas atividades. O laboratório entrou em operação em 1975, passando a ser utilizado no desenvolvimento de atividades de ensino e pesquisa pelo Grupo de Alta Tensão (GAT) da UFPB – que viria a se tornar UFCG em 2002.

A fim de fomentar ainda mais as atividades de ensino e pesquisa na área de eletrotécnica, o Grupo de Sistemas Elétricos (GSE) foi criado em 1999, a partir da fusão do Grupo de Sistemas de Potência e Grupo de Alta Tensão (GSE, 2020).

Atualmente, o LAT faz parte do GSE. O laboratório, apresentado na Figura 1, é um dos únicos do país a fazerem testes em Alta Tensão, possuindo equipamentos especializados, cujos valores agregados são estimados em milhões de reais. Os equipamentos são utilizados em pesquisas e serviços pelo corpo técnico do laboratório, que contempla desde alunos de graduação até doutores em engenharia elétrica. Para auxiliar no trabalho do corpo técnico, o laboratório conta com uma infraestrutura de diversas salas climatizadas e computadores que permitem o uso de *softwares* de simulação, desenho técnico e desenvolvimento de algoritmos de mineração de dados e inteligência artificial aplicados a sistemas elétricos.

A partir da sua estrutura e corpo técnico, o LAT é um local qualificado para ensaios, serviços e pesquisas de diferentes áreas da engenharia elétrica. Entre as áreas de atuação ativas do LAT, podem ser listadas:

- Estudos de otimização de aterramento elétrico;
- Qualidade de energia elétrica;
- Transmissão de energia elétrica em alta tensão em corrente contínua;
- Monitoramento, diagnóstico e estimação de vida útil de equipamento;
- Simulações multifísicas aplicadas a sistemas e equipamentos elétricos.

O conhecimento técnico de diversas áreas da eletrotécnica permite o funcionamento de ensaios e serviços em grande quantidade. Diversas empresas têm

parceria com o LAT, seja por meio de serviços ou projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Podem ser citadas empresas como a CHESF, LIGHT, CELPE, ENEL, Energisa, Energy, Engeselt, entre outras.

Figura 1 - Entrada principal do LAT.



Fonte: Autor.

Para maior conhecimento dos ambientes e equipamentos utilizados no LAT que permitem tais ensaios e serviços, serão apresentados os principais locais do laboratório a seguir.

### 1.2.1 SALÃO DE ALTA TENSÃO

O Salão de Alta Tensão é o principal local de ensaios do LAT. Neste ambiente, se encontra transformador em cascata de 1000/600 kV e com potência de 600 kVA, apresentado na Figura 2. É válido ressaltar que apesar da alta tensão, a corrente do sistema é limitada em 1 A, pois a potência máxima do regulador de tensão – que alimenta o circuito em cascata – é de 600 kVA. Este regulador tem como entrada duas fases de uma rede de distribuição de 13,8 kV e saída a tensão de 0 a 1000 V, a qual permite o controle da tensão no circuito em cascata.

Figura 2 - Salão de alta tensão.



Fonte: LEITE NETO (2019).

O controle da tensão do circuito é realizado por meio de uma cabine de comando, também presente na Figura 2, ao lado direito da imagem. Nesta cabine pode ser controlada a tensão de ensaio, assim como, a desenergização emergencial. A tensão de ensaio varia de acordo com a finalidade e equipamentos envolvidos no processo. Estes ensaios realizados são feitos em isoladores, disjuntores, transformadores, para-raios e chaves seccionadoras. É possível realizar ensaios de rotina nestes equipamentos e também ensaios de tipo.

### 1.2.2 SALA DO KIT DE ALTA TENSÃO

A sala do kit de Alta Tensão, apresentado na Figura 3, é o ambiente utilizado para ensaios e estudos com tensões de até 100 kV. O kit é composto por um circuito alimentado por um autotransformador de 5 kVA 0,220/100 kV, resistores de alta tensão, divisor capacitivo, diodos e componentes de conexão.

O *kit* é compacto e permite ensaios de menor complexidade, o que auxilia nas disciplinas de Materiais Elétricos, Equipamentos Elétricos e Técnicas de Alta Tensão, as quais utilizam este espaço para demonstrações e experimentos. Alguns dos experimentos realizados neste ambiente são: medição da rigidez dielétrica de óleo isolantes, curva de magnetização e ciclos de histerese para núcleos de transformadores, estudo de distribuição de tensão ao longo de uma cadeia de isoladores, entre outros.

Figura 3 - Sala do kit de alta tensão.



Fonte: LEITE NETO (2019).

### 1.2.3 SALA DA CÂMARA DE NÉVOA

O ambiente da câmara de névoa, apresentado na Figura 4, permite os ensaios de equipamentos elétricos sob condição de chuva ou névoa. O ambiente conta com o circuito elétrico e uma montagem específica de dutos de ar e água para ensaios de acordo com normas nacionais e internacionais. Alguns ensaios são realizados na câmara de névoa, a saber: ensaio de tensão suportável sob chuva, ensaio de tensão disruptiva sob chuva, ensaio de trilhamento e erosão e ensaio de poluição artificial.

Figura 4 - Câmara de névoa.



Fonte: LEITE NETO (2019).

#### 1.2.4 SALA DO GERADOR DE IMPULSO DE CORRENTE

O Gerador de Impulso de Corrente (GIC) é um ambiente que permite ensaios em equipamentos que são projetados para suportar grandes surtos de corrente, como para-raios. A capacidade do GIC é de gerar uma corrente da ordem de 100 kA de duração de microssegundos.

O funcionamento do circuito, apresentado na Figura 5, consiste no carregamento gradual de capacitores alimentados por um transformador e posterior uma descarga impulsiva por meio do controle da aproximação de duas esferas condutoras espaçadas. Este impulso é ajustável de acordo com indutores e resistores que podem ser acoplados aos capacitores para se obter a forma de onda impulsiva desejada.

Figura 5 - Gerador de impulso de corrente.



Fonte: Autor.

#### 1.2.5 SALA DA QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA

A sala de Qualidade de Energia Elétrica, apresentado na Figura 6, é o local onde são realizados experimentos com qualímetros, fontes e cargas controladas de forma a complementar estudos práticos relacionados a Qualidade de Energia Elétrica (QEE). Estudos de QEE realizados no laboratório são focados na taxa de distorção harmônica, surtos de sobre e sobtensões. Além dos estudos, também são realizadas medições em



campo para terceiros em forma de serviço, que colaboram para o desenvolvimento do laboratório.

Figura 6 - Sala de QEE.



Fonte: LEITE NETO (2019).

## 2 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Neste capítulo serão apresentadas as atividades desenvolvidas no Estágio Supervisionado realizado no Laboratório de Alta Tensão, junto a eventuais explicações teóricas que se fazem necessárias sobre os temas correlacionados as atividades.

### 2.1 ENSAIOS EM ISOLADORES

Os ensaios de isoladores poliméricos de 138 kV foram desenvolvidos em apoio ao programa de mestrado na área de processamento de energia que acontece no Laboratório de Alta Tensão.

A área de estudo desses ensaios é a aplicação de isoladores poliméricos em linhas de transmissão de corrente contínua (CC). Foram realizados testes em 12 isoladores, sob tensão de alimentação corrente contínua e corrente alternada. Para cada ensaio, eram medidos a temperatura do isolador, as fâculas ultravioletas, o ruído ultrassom e também a corrente de fuga. Foram utilizadas as tensões de ensaio de 80 kV (CC), 112,5 kV (CA) e 80 kV (CA) em cada isolador, previamente inspecionados visualmente e selecionados, totalizando 72h de ensaios.

#### 2.1.1 INSPEÇÃO VISUAL E SELEÇÃO DOS ISOLADORES

Primeiramente, era necessário a seleção de isoladores em diferentes níveis de degradação, para que pudesse ser estudado vários cenários possíveis na linha de transmissão. O laboratório conta com 60 isoladores poliméricos para ensaios neste nível de tensão, apresentados na Figura 7.

Figura 7 - Isoladores inspecionados.



Fonte: DIAS (2019).

Antes da escolha, foi decidido que seriam escolhidos 3 isoladores de 4 estados diferentes de degradação, totalizando 12 isoladores. Segundo EPRI (2006), os estados foram definidos como:

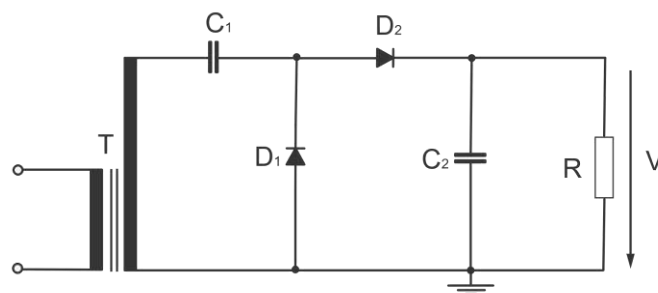
- Estado A: Bom ou similar à novo;
- Estado B: Pequeno grau de dano ou desgaste;
- Estado C: Moderado grau de dano ou desgaste;
- Estado D: Alto grau de dano ou desgaste;

Após a seleção dos isoladores, foram realizadas as montagens e os ensaios para cada isolador.

### 2.1.2 MONTAGEM CC – CIRCUITO DE GREINACHER

A montagem para ensaios CC foi a primeira realizada. O circuito em questão seguiu o esquema apresentado na Figura 8, que é denominado Circuito Greinacher. O princípio desta montagem é transformar uma tensão senoidal alternada em uma tensão contínua com valor de pico igual ao dobro da tensão alternada.

Figura 8 - Circuito CC de Greinacher.



Fonte: Adaptado de Hauschild (2019).

O processo de retificação e duplicação da tensão de alimentação do circuito apresentado na Fig. 8 pode ser descrito da seguinte forma: o capacitor  $C_1$ , denominado capacitor dobrador ou de bloqueio, é carregado com a tensão  $V_{C1}$ , de modo que a tensão no diodo  $D_1$  oscila em torno de  $V_{C1}$ . Consequentemente, o capacitor  $C_2$ , denominado capacitor amortecedor, é carregado com uma tensão contínua duas vezes maior do que o pico da tensão alternada de alimentação, caso as perdas no circuito teórico sejam desconsideradas ( $R \rightarrow \infty$ ) (GREINACHER, 1921).

Após estudo do circuito teórico, foi realizada a montagem física do arranjo. Finalizada a montagem, verificou-se as conexões de aterramento do circuito para garantir o funcionamento correto e também a proteção dos pesquisadores. Além disso, ocorreu a calibração da relação de transformação do divisor resistivo que media a tensão de saída aplicada no isolador polimérico a ser ensaiado. O auxílio na montagem e testes foi registrado e são apresentados na Figura 9a e 9b.

Figura 9 - (a) Teste de aterramento e (b) montagem do circuito cc.



(a)



(b)

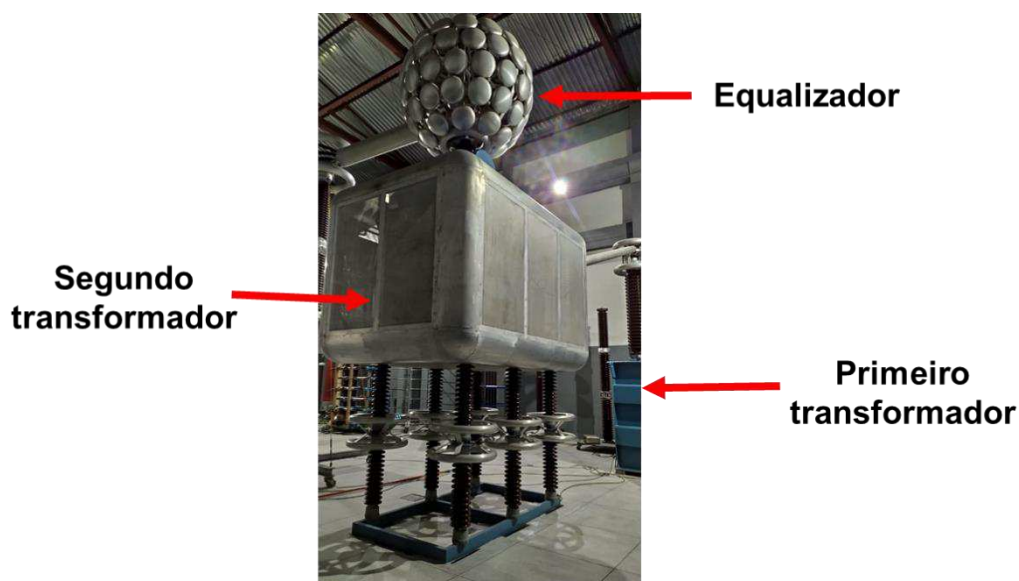
Fonte: Autor.

### 2.1.3 MONTAGEM CA – CIRCUITO EM CASCATA

Após os ensaios em CC, foram realizados ensaios em circuito CA. O circuito CA foi alimentado meio dos transformadores de alta tensão em cascata que se encontram no Salão de Alta Tensão do laboratório. É possível observar na Figura 10, a presença do primeiro transformador (mais abaixo) que se conecta ao segundo transformador (mais elevado) e conecta a alta tensão para o equalizador de campo elétrico, com o intuito de mitigar o efeito corona.

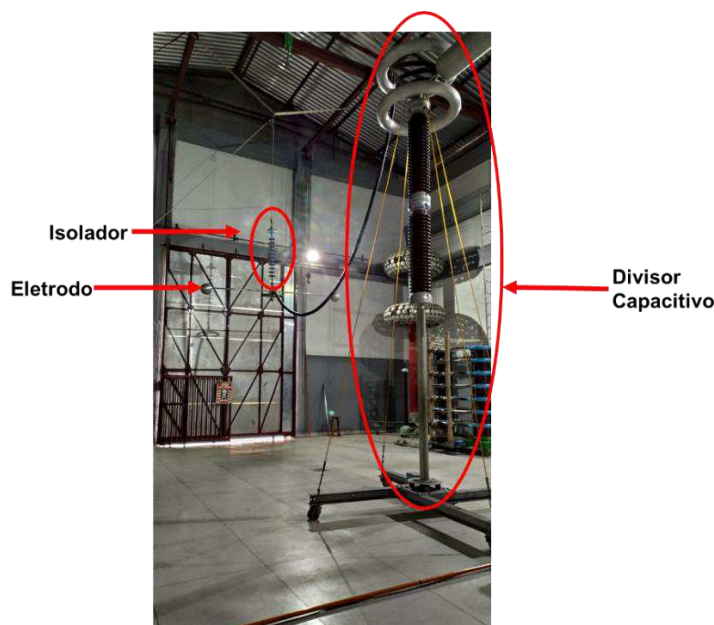
A montagem específica para ensaio do isolador é apresentada na Figura 11, em que é possível observar o divisor capacitivo ligado ao equalizador apresentado anteriormente. No divisor, os capacitores que estão no braço de baixa tensão se conectam a cabine de comando para realizar as leituras da tensão aplicada. A alta tensão, por sua vez, é aplicada num eletrodo que simula a linha de transmissão que é conectado ao pino de baixo do isolador polimérico.

Figura 10 - Circuito cascata.



Fonte: Autor.

Figura 11 - Conexão cascata ao isolador.



Fonte: Autor.

#### 2.1.4 INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

Nos ensaios CC e CA dos 12 isoladores, foram realizadas medições de ruído ultrassom, fâculas ultravioletas, temperatura do isolador e corrente de fuga. Dessa maneira, se fez necessário o conhecimento de diferentes medidores e métodos para que fossem coletados os dados dos ensaios realizados.

Para medição do ruído ultrassom, foi utilizado o *Ultraprobe 2000*. Este equipamento consiste em uma pistola de captura do ruído ultrassom, que envia os sinais captados para o computador e podem ser salvos para análise posterior. Na Figura 12, é apresentado um dos momentos em que foram realizadas as medições de ruído ultrassom.

É interessante ressaltar que este é um equipamento sensível e que a interferência de ruídos externos (e.g. estalos do portão metálico) podem afetar as análises. Logo, a medição deve ser analisada via *software* e o responsável pela medição deve ter o cuidado de excluir medições que detectam ruídos externos consideráveis.



Figura 12 - Medição de ruído ultrassom.



Fonte: Autor.

Para estimação de descargas de efeito corona, foram medidas fâculas ultravioletas por meio de uma câmera *DayCor II®* da *Ofil*. Esta câmera permite detectar fâculas ultravioletas, decorrentes do efeito corona. Para análise posterior, são feitos dois vídeos, um que mede a taxa de fâculas por minuto, como apresentado na Figura 13 e outro que captura apenas as fâculas em um plano de fundo preto, para processamento digital de imagem ser realizado em seguida.

Figura 13 - Medição de fâculas ultravioleta.



Fonte: Autor.

A medição de temperatura do isolador foi realizada por meio de um termovisor P65 da FLIR. Este aparelho permite a captura de imagens do isolador com a temperatura específica de cada ponto do isolador. É apresentada, na Figura 14, a imagem de um isolador com ponto quente no pino de conexão inferior, onde está sendo energizado.

Figura 14 - Medição de temperatura de isolador por meio de termovisão.



Fonte: Autor.

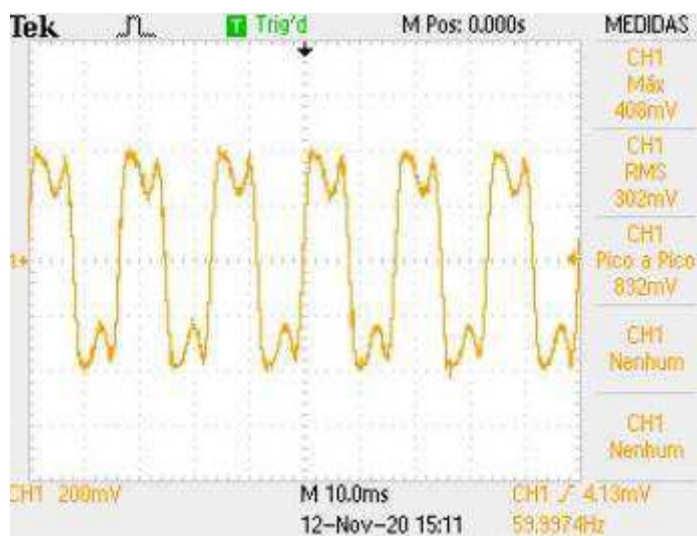
É interessante ressaltar que esta medição de temperatura só pode ser realizada de maneira correta após o isolador atingir seu regime térmico, ou seja, após 2h de energização (FERREIRA, 2007).

Todas as medições acima citadas foram realizadas a uma distância de 8 metros do isolador por meio de um andaime fixo ao chão. Dessa maneira, foi garantida a segurança aos pesquisadores.

Por fim, também foi coletado o valor da corrente de fuga no isolador. Esta corrente era medida por meio de um osciloscópio digital, que fazia a leitura do sinal de tensão em resistor shunt de 1 k $\Omega$  conectado em série com o isolador. Na Figura 15, é possível observar o resultado da medição realizada para um ensaio CA.



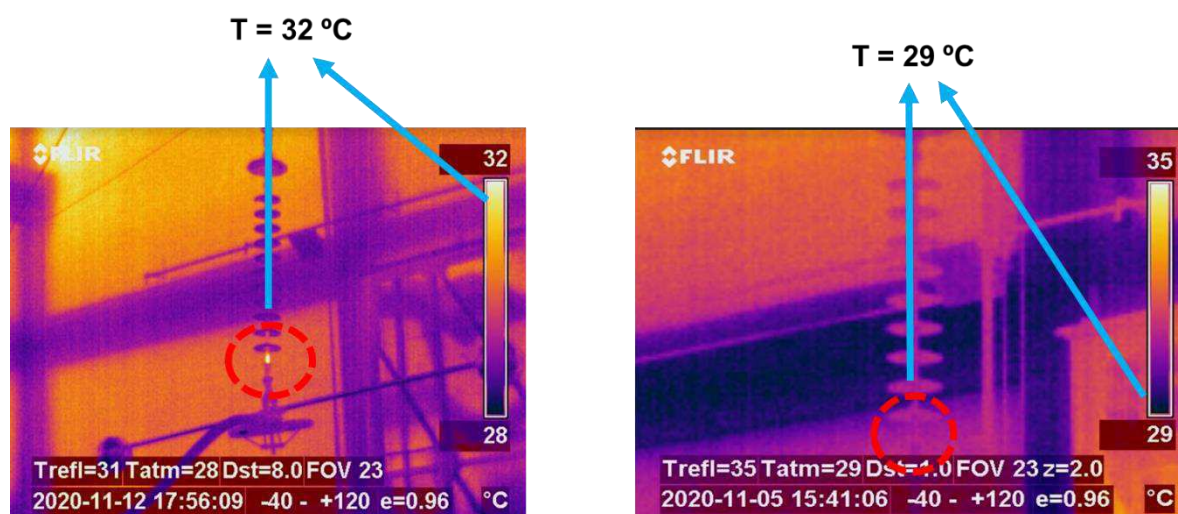
Figura 15 - Corrente de fuga de um isolador polimérico.



Fonte: Autor.

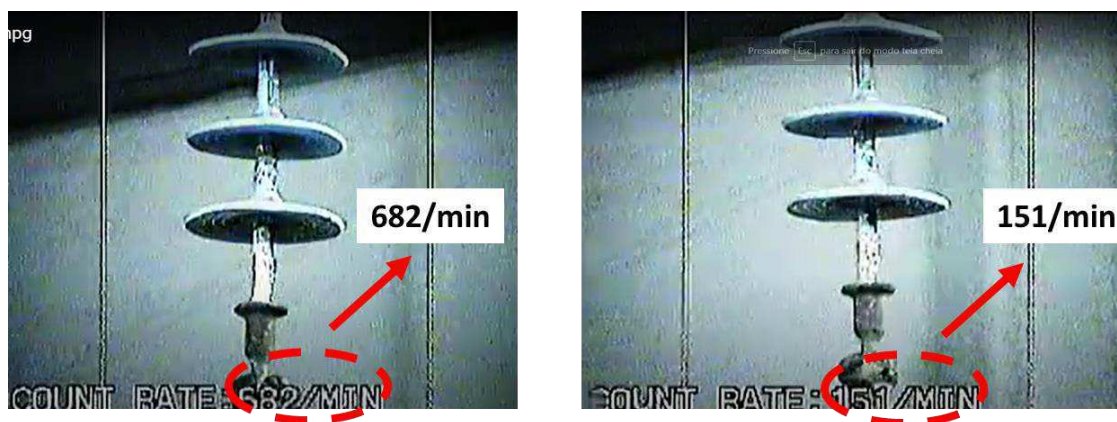
De maneira geral, os ensaios realizados em CA quando comparados com os ensaios CC, apresentaram medições que indicam maior sinais de desgaste para o isolador. São apresentados, na Figuras 16, o resultado comparativo da temperatura nos isoladores das medições CA e CC. A imagem permite visualizar que o mesmo isolador em uma tensão CA tem temperatura maior na sua conexão com a linha. Já para medição de fâculas ultravioleta, é possível visualizar na Figura 17, pela contagem média de fâculas do efeito corona, que o ensaio CA também contribui para maiores valores quando comparado com o ensaio CC.

Figura 16 - Imagem termográfica de isolador polimérico em tensão CA (esquerda) e CC (direita).



Fonte: Autor.

Figura 17 - Captação de fâculas ultravioleta por minuto os dados CA (esquerda) e CC (direita).



Fonte: Autor.

## 2.2 ENSAIOS ELÉTRICOS DE ISOLAMENTO

O LAT, além de ser um laboratório de ensino e pesquisa de alta qualidade, é um prestador de serviços especializados. Dentre estes serviços, tem-se o serviço de ensaios elétricos de isolamento de EPCs e EPIs.

Os equipamentos voltados para o uso em serviços elétricos com redes elétricas energizadas devem ser submetidos a ensaios elétricos, para verificação da eficácia do isolamento e caracterização da condição dielétrica do material. A finalidade desses ensaios é constatar a integridade da área isolante dos equipamentos, com o intuito de verificar se o equipamento é seguro para ser empregado em serviços com instalações energizadas.

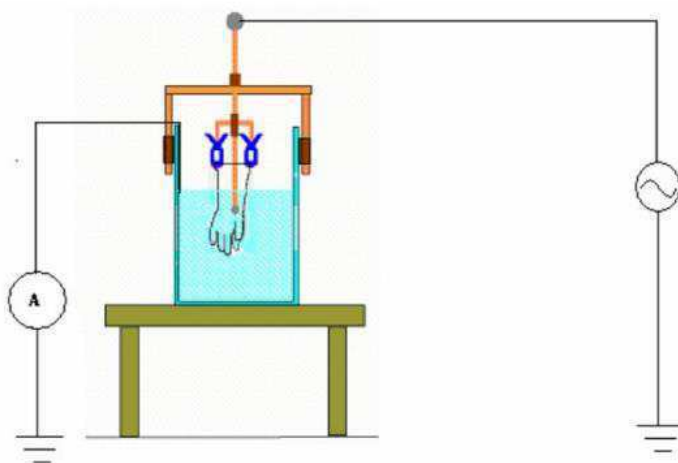
Durante o período de estágio, foram realizados alguns desses serviços, que são relatados mais especificamente abaixo.

### 2.2.1 ENSAIO EM LUVAS ISOLANTES

As luvas isolantes de borracha natural devem ser submetidas a ensaios dielétricos por meio da aplicação de um nível de tensão eficaz, entre a parte metálica do terminal de tensão de saída do transformador e o cabo de aterramento, durante um intervalo de tempo de 3 min (ASTM D120, 1995; NBR 16295, 2014). O arranjo do ensaio é representado na Figura 18. A medição de corrente de fuga foi realizada por meio de um multímetro da

marca *Minipa* e a fonte de tensão utilizado foi um HIPOT da *VLF Hipot Instruments* de 100kV.

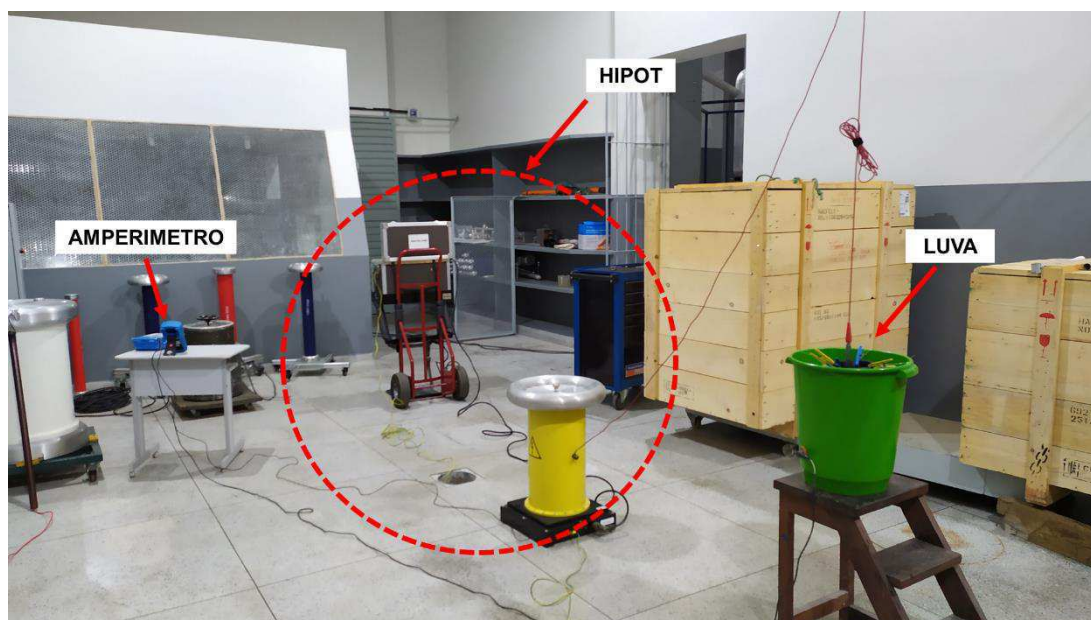
Figura 18 - Arranjo para teste de isolamento de luvas isolantes.



Fonte: Autor.

Na Figura 19 é apresentado o arranjo utilizado neste ensaio e na Figura 20 pode ser visto algumas das luvas isolantes de 36 kV e 17kV.

Figura 19 - Montagem do arranjo proposto para ensaio de luvas isolantes.



Fonte: Autor

Figura 20 - Luvas isolantes ensaiadas.



Fonte: Autor.

Após a realização do ensaio, foram anotados dados e também observações sobre o ensaio de cada luva, como pode ser observada na Tabela 1, que também estava presente no relatório entregue a empresa.

Tabela 1 - Dados do ensaio de isolamento das luvas.

Item	Lado	Fabricante	Nº de Série	Tamanho (pol)	Corrente de fuga (mA)	Laudo
1.1	Direito	Orion	12066109	10,5	11,9	<b>Aprovado</b>
1.2	Esquerdo	Orion	12066097		11,4	<b>Aprovado</b>
1.3	Direito	Orion	11008349	10	11,8	<b>Aprovado</b>
1.4	Esquerdo	Orion	12090371		<b>Perfurou</b>	<b>Reprovado</b>

Fonte: Autor.

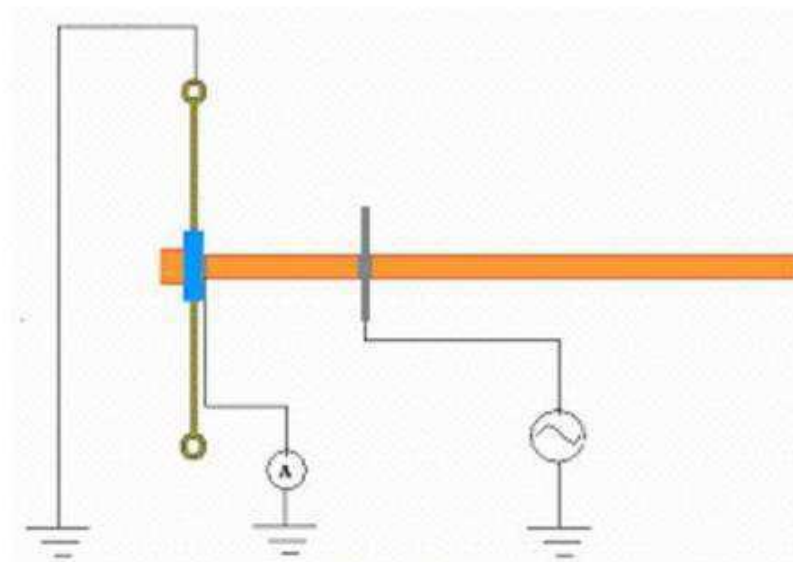
### 2.2.2 BASTÃO DE MANOBRA

Os bastões isolantes de manobra, classificados como tubos de fibra de vidro devem ser submetidos a ensaios dielétricos por meio da aplicação de um nível de tensão eficaz de 100 kV ou 50 kV, com taxa de elevação de no máximo 3 kV/s, durante um intervalo de tempo de 1 min (ASTM F711, 1989; NBR 11864). A tensão deve ser aplicada entre eletrodos distantes 300 mm entre si.



O arranjo do ensaio é representado na Figura 21. A medição de corrente de fuga foi realizada por meio de um multímetro da marca *Minipa* classe 3 e a fonte de tensão utilizada foi um HIPOT da *VLF Hipot Instruments* de 100kV.

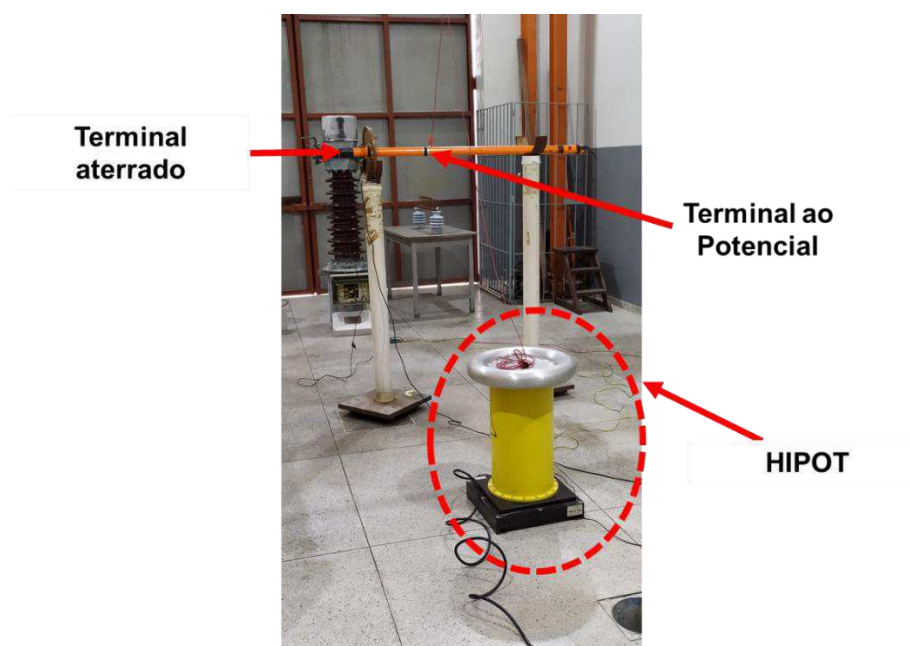
Figura 21 - Arranjo para teste de bastão de manobra.



Fonte: Autor.

Na Figura 22 é apresentado o arranjo utilizado neste ensaio para um dos elementos do bastão de manobra.

Figura 22 - Montagem do arranjo para ensaio de bastão de manobra.



Fonte: Autor.

Após a realização do ensaio, foram anotados dados e também observações sobre o ensaio de cada seção do bastão de manobra. O critério de reprovação, segundo a ABNT (2014) e para o bastão ensaiado, é de uma corrente de fuga máxima de  $6\mu\text{A}$  para uma tensão aplicada de 50 kV. A partir deste critério, todos os segmentos do bastão foram aprovados no teste de isolamento.

## 2.3 PROJETO DA NOVA SUBESTAÇÃO DO LAT

O projeto da nova subestação do LAT foi desenvolvido em parceria direta com o Eng. Eletricista Lenilson Andrade, vinculado em projetos do LAT. O projeto da nova subestação tem como objetivo adequar o local e equipamentos às mudanças estruturais e de carga do LAT.

A atual subestação do laboratório é apresentada na Figura 23 e é alimentada por meio da linha de distribuição em anel que vem da subestação principal da UFCG (próxima ao complexo esportivo).

Figura 23 - Subestação do LAT.



Fonte: Autor.

A primeira atividade para início do projeto da subestação foi a medição do terreno lateral do LAT. Este terreno será a área da nova subestação do LAT e teve suas dimensões medidas pelo estagiário. Após a medição, foi previsto uma expansão do prédio do LAT para os próximos anos, a ser previsto no projeto da subestação (instalação física e dimensionamento elétrico).

### 2.3.1 CÁLCULO DE DEMANDA

O início do projeto elétrico, propriamente, da subestação foi o levantamento de carga do laboratório. Todas as cargas atuais do laboratório foram levantadas, desde tomadas e lâmpadas das salas, como também a potência dos equipamentos de alta tensão utilizados nos ensaios. O único equipamento que não foi incluso na conta do dimensionamento de carga foi o regulador de tensão que liga o circuito em cascata, pois ele é alimentado diretamente da linha de distribuição de 13,8 kV da UFCG.

As normas técnicas utilizadas nesse dimensionamento foram a NDU 001 e NDU 002 da Energisa para cálculo de demanda. Para cada quadro de distribuição existente no LAT foi estimada sua demanda em kVA e o resultado final pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Demanda estimada dos quadros de distribuição.

<b>Ref. Quadro de Distribuição</b>	<b>Demanda (kVA)</b>
<b>Térreo LAT</b>	20,1
<b>Kit de Alta Tensão</b>	15,7
<b>Câmara de Névoa</b>	18,4
<b>Primeiro Andar</b>	34,6
<b>Sala de Qualidade de Energia</b>	17,3
<b>Gerador de Impulso de Corrente</b>	16,1
<b>Galpão auxiliar / Kit BHT</b>	17,5
<b>Almoxarifado Frio</b>	4,3

Fonte: Autor.

Por questão de seletividade do projeto, foi decidido por dividir as cargas de ensaios elétricos e de uso comum. Os Quadros de Distribuição que compõem as cargas de uso comum são: Térreo, Primeiro Andar, Sala de Qualidade de Energia e Almoxarifado

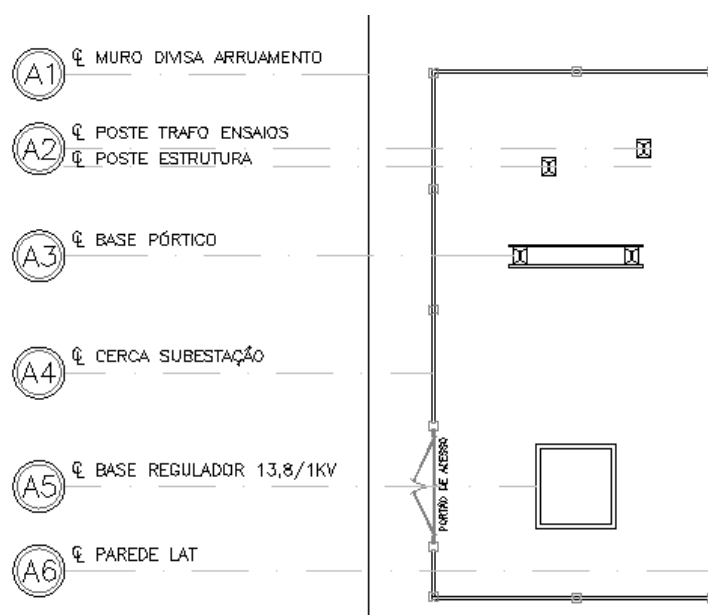
Frio. Juntos, somam uma demanda atual de 76,3 kVA. Prevendo uma expansão de cargas e adequando-se aos transformadores comerciais homologados pela Energisa, foi escolhido um transformador de 112,5 kVA para atender estas cargas.

Para dimensionamento do transformador que alimenta as cargas de ensaios elétricos, foi somado a demanda dos Quadros de Distribuição do Kit de Alta Tensão, Câmara de Névoa, Gerador de Impulso de Corrente e Galpão Auxiliar/ Kit BHT, totalizando 67,7 kVA. Tendo em vista o funcionamento dos ensaios do laboratório, e como previsto na Norma NDU 001 da Energisa, foi inferido um fator de demanda de 0,6 – totalizando uma demanda de 40,6 kVA, pois não são utilizados todos os ambientes de ensaio simultaneamente. Logo, para as cargas de ensaio foi escolhido um transformador de 45 kVA, atendendo também aos transformadores comerciais.

### 2.3.2 PLANTAS DA SUBESTAÇÃO E DIAGRAMA UNIFILAR

O atual arranjo da subestação é apresentado na Figura 24. Pode ser observado a conexão da a linha de 13,8kV da UFCG, passando por meio do sistema de proteção (chaves fusíveis e para-raios), se dividindo com 3 fases indo para o transformador de 112,5 kVA e 2 fases indo diretamente para o regulador de tensão que alimenta o circuito do transformador em cascata.

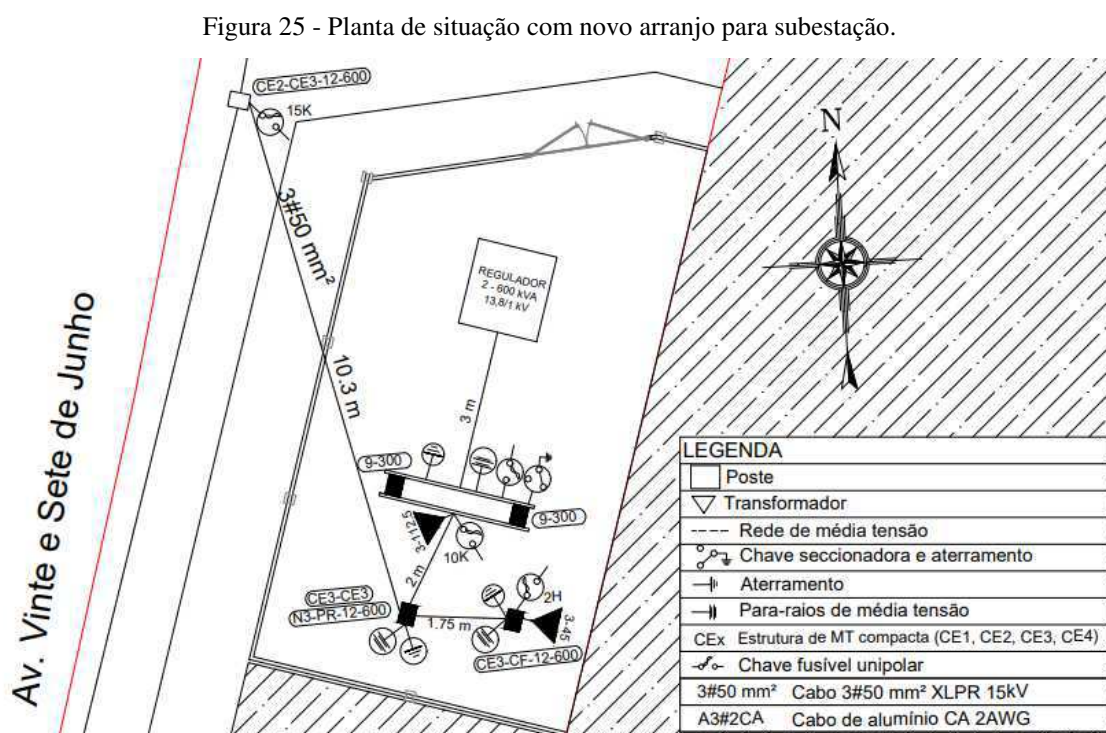
Figura 24 - Arranjo atual da subestação.



Fonte: Autor.



Dentro da fase de projeto, foi proposto seguir o arranjo atual com algumas alterações espaciais, adequando o espaço para a nova área a ser localizada, expansões programadas do laboratório e seguindo o Nível Básico de Isolamento (NBI) – a partir das distâncias mínimas de grades e passeio para partes energizadas. Foi respeitado o limite de 1,5 m de todos os pontos para a estrutura física do laboratório ou das grades da subestação. Na Figura 25, pode ser observado o novo arranjo da subestação, assim como, a disposição espacial dos equipamentos e estruturas escolhidas.



Fonte: Autor.

As estruturas e equipamentos da rede de distribuição seguem os requisitos norma NDU 005 da Energisa para Redes de Distribuição Urbanas. A partir dos transformadores já dimensionados e o regulador de tensão do laboratório, calculou-se os condutores e equipamentos de proteção contra sobretensão e sobrecorrente. Para proteção de sobretensão, utilizou-se para-raios MCOV 10,2 kV – 10 kA conectados ao aterramento por um cabo de cobre nu de 70 mm<sup>2</sup>, isto baseado na Figura 26, retirada da ETU 128 (Para-Raios de Distribuição) da Energisa.

Figura 26 - Tabela de para-raios da ETU 128 da Energisa.

Código Energisa	Tensão Nominal	Classe de Tensão	Máxima Tensão de Operação Contínua (MCOV)	Corrente de descarga nominal
	(kV)			(kA)
90209	11,4	15,0	8,4	10
90210	13,8		10,2	
90211	22,0	24,2	15,3	
90212	34,5	36,2	24,4	

Fonte: Energisa, 2019.

Já para proteção de sobrecorrente no lado de alta tensão, escolheu-se chaves fusíveis de 315 A com elo tipo 2H - para o transformador de menor potência - e 10K – para o transformador de maior potência e regulador de tensão. Esta escolha é baseada na ETU 122 (Chaves fusíveis) e ETU 127 (Elo fusíveis) da Energisa, como apresentado nas Figuras 27 e 28, respectivamente.

Figura 27 - Características específicas das chaves fusíveis de distribuição.

Código Energisa	Base		Tensão suportável nominal				Radiointerferência		
	Tensão máxima da chave fusível	Tipo	Corrente nominal	A frequência industrial, 1 min. A seco e uso externo		De impulso atmosférico. Uso externo. 1 min seco		Tensão de ensaio	Tri máx.
				Para a terra, entre polos e através da base	Através da distância de isolamento da base	Para a terra, entre polos e através da base	Através da distância de isolamento da base		
	(kV)	(A)	(kV)		(kV)		(kV)	( $\mu$ V)	
90547	15,0	C	315	34	38	110	125	9,5	250
90561	24,2			70	77	150	195	23	
90548	36,2								

Fonte: Energisa, 2019.

Figura 28 - Dimensionamento de chaves de derivação trifásicas.

Nível de Tensão (Tensão de Linha)	Faixa de Potência transformadora instalada [kVA]	Chave da Derivação
11,4 kV	Até 190	Chave Fusível tipo C (Elo 10K)
	De 191 a 290	Chave Fusível tipo C (Elo 15K)
	De 291 a 490	Chave Fusível tipo C (Elo 25K)
	Acima de 490	Chave Faca ou Chave Fusível tipo C com Lâmina Desligadora
13,8 kV	Até 230	Chave Fusível tipo C (Elo 10K)
	De 231 a 350	Chave Fusível tipo C (Elo 15K)
	De 351 a 590	Chave Fusível tipo C (Elo 25K)
	Acima de 590	Chave Faca ou Chave Fusível tipo C com Lâmina Desligadora

Fonte: Enegis, 2020.

No lado de baixa tensão, a proteção de sobrecorrente do transformador de 45 kVA foi dimensionado um disjuntor trifásico 70 A, já para o transformador de 112,5 kVA foi dimensionado um disjuntor trifásico de 175 A. Escolhas baseadas em tabela fornecida na NDU 002 da Energisa, apresentada na Figura 29.

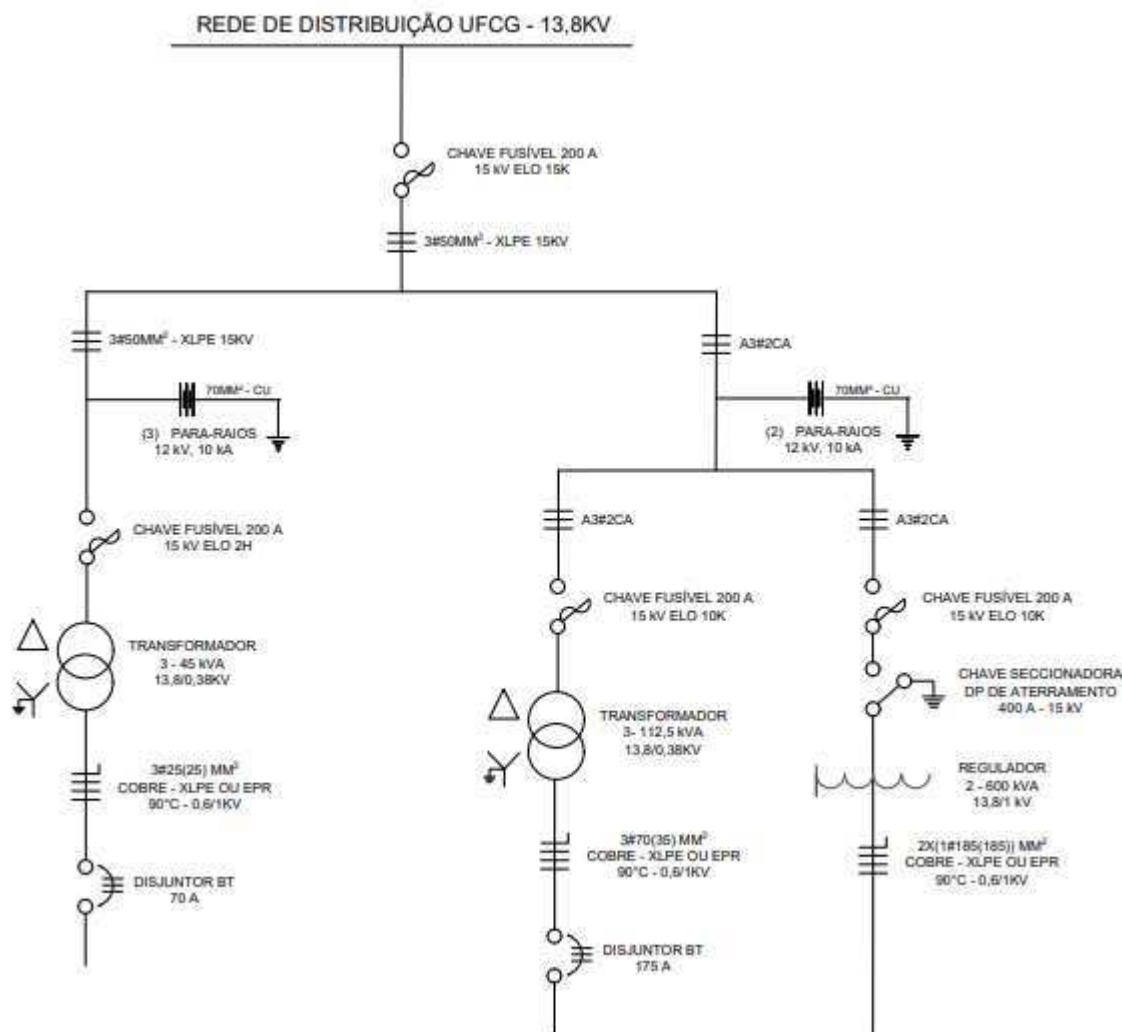
Figura 29 - Fornecimento trifásico em média tensão com medição na baixa tensão em 380/220 v.

TRANSFORMADOR KVA	MEDIÇÃO		DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO (Limite Máximo) (A)	CONDUTOR EPR OU XLPE 0,6/1 kV 90°C (MM2)	ELETRODUTO AÇO (mm)	CONDUTOR PVC 0,6/1 kV 70°C (MM2)	ELETRODUTO AÇO (mm)	POSTE (daN)
	MEDIDOR	TC						
15	Direto de 120A	-	25	3#10(10)	40	3#10(10)	40	300
30	Direto de 120A	-	50	3#10(10)	40	3#16(16)	40	300
45	Direto de 120A	-	70	3#25(25)	50	3#35(35)	50	300
75	Direto de 200A	-	125	3#50(25)	65	3#70(35)	80	600
112.5	Direto de 200A	-	175	3#70(35)	80	3#95(50)	80	600
150	Trifásico	200:5	225	3#120(70)	100	3#150(95)	100	1000
225	Trifásico	400:5	350	3#240(120)	100	2x{3#120(70)}	2 x 100	1000
300	Trifásico	400:5	500	2x{3#120(70)}	2x100	2x{3#150(95)}	2 x 100	1000

Fonte: Energisa, 2020.

Algumas adaptações foram realizadas a partir da experiência do corpo técnico que acompanhava o desenvolvimento do projeto para adaptações e otimizações a partir de casos reais. Dessa maneira, foi definido o diagrama unifilar que contém as especificações referentes a proteção, condutores e equipamentos é apresentado na Figura 30.

Figura 30 - Diagrama unifilar do projeto para nova subestação do LAT.



Fonte: Autor.

### 2.3.3 RELAÇÃO DO MATERIAL E ORÇAMENTO

Além das habilidades e atividades técnicas desenvolvidas neste projeto, também foi necessário a busca por orçamento da lista de materiais do projeto. A lista de materiais levantada foi basicamente focada para os condutores e para o projeto de aterramento – o qual continha, além de condutores, hastes e soldas. É apresentado a relação de materiais referente ao projeto da malha de aterramento na Tabela 3.

Desta maneira, buscou-se em lojas da cidade e também com fornecedores nacionais (e.g. Condu spar) o orçamento para tal projeto. Os trâmites comerciais para esta parte do projeto são um importante passo para a execução e foram desenvolvidas na prática.

Tabela 3 - Lista de materiais da malha de aterramento do LAT.

ITEM	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE
1	CABO DE COBRE NU 7 FIOS , ENCORDAMENTO CLASSE 3A, TÊMPERA MEIO -DURA, 70mm <sup>2</sup> - CABO 70	m	600
2	HASTE DE COBRE COOPERWELD, ESPESSURA MÍNIMA DA CAMADA 254 µm, Ø 3/4" (17,3mm) X 3000mm	und	110
3	MOLDE PARA SOLDA EXOTÉRMICA X PARA CABOS 70mm <sup>2</sup>	und	3
4	CARTUCHO PARA SOLDA EXOTÉRMICA 200g	und	140
5	MOLDE PARA SOLDA EXOTÉRMICA TA PARA CABOS 70mm <sup>2</sup>	und	2
6	CARTUCHO PARA SOLDA EXOTÉRMICA 90g	und	16
7	MOLDE PARA SOLDA EXOTÉRMICA GT PARA CABOS 70mm <sup>2</sup>	und	2
8	CARTUCHO PARA SOLDA EXOTÉRMICA 115g	und	24
9	MOLDE PARA SOLDA EXOTÉRMICA NT PARA CABOS 70mm <sup>2</sup>	und	4
10	CAIXA PARA INSPEÇÃO DE ATERRAMENTO TIPO SOLO 300X400mm CIRCULAR, PRÉ-MOLDADA - TERMOTÉCNICA	und	8
11	TAMPA Ø 300mm COM GARRAS EM FERRO FUNDIDO PARA CAIXA DE INSPEÇÃO DE ATERRAMENTO - TERMOTÉCNICA	und	8

Fonte: Autor.

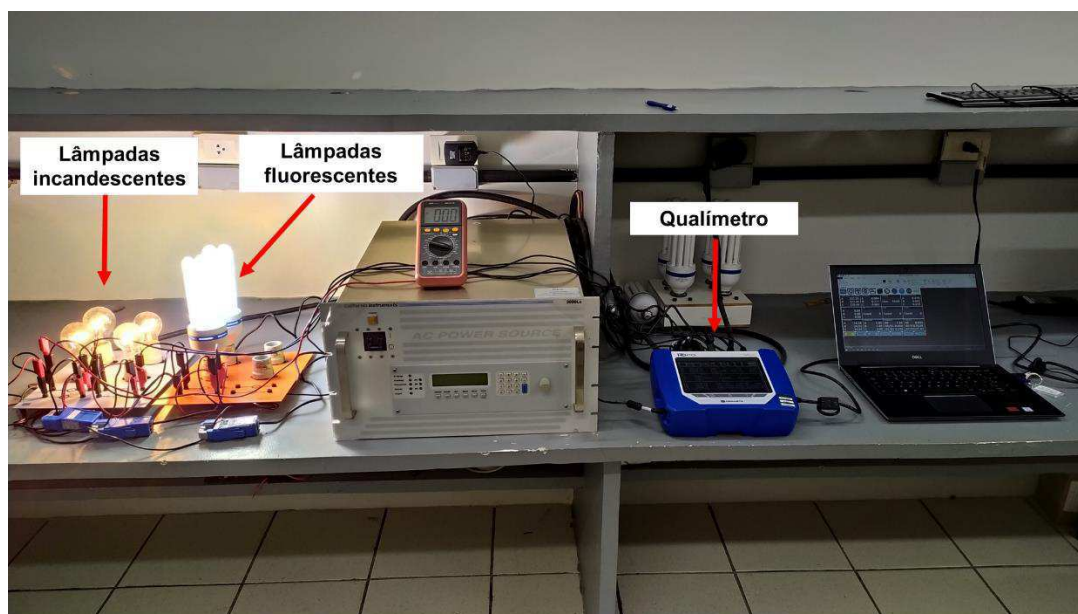
## 2.4 ENSAIOS DE QUALIDADE DE ENERGIA ELÉTRICA

Os ensaios referentes a QEE foram realizados com intuito educativo, como um material de apoio a novos pesquisadores da área e estudantes de nível técnico e superior. O circuito montado está apresentado no diagrama da Figura 31.

Este arranjo permite observar como cargas lineares e não-lineares interferem na corrente de cada fase. Foi montado um circuito com 3 tipos de cargas: Carga A foram 2 lâmpadas incandescentes (a esquerda), Carga B (ao meio) foram 2 lâmpadas incandescentes de potências diferentes e Carga C (a direita) foram 2 lâmpadas fluorescentes. O circuito era alimentado por uma tomada trifásica 220 V Fase-Neutro, onde cada fase alimentava uma carga. Na Tabela 4, podem ser observados os resultados obtidos para taxa de distorção harmônica na corrente de cada fase e de tensão.



Figura 31 - Montagem realizada para medição de Qualidade de Energia Elétrica.



Fonte: Autor.

Tabela 4 - Distorção harmônica por fase.

Fase	Taxa de Distorção Harmônica na Tensão	Taxa de Distorção Harmônica na Corrente
A	1,99%	2,14%
B	1,99%	2,14%
C	2,04%	34,89%

Fonte: Autor.

Os valores de distorção harmônica de tensão nas 3 fases são da ordem de 2%, independente das cargas serem lineares ou não-lineares. Já os valores de distorção harmônica de corrente nas fases A e B (cargas lineares) são da ordem de 2%, assim como a de tensão, mas para fase C (não-linear) é 17 vezes maior que a distorção da tensão.

É esperado que a distorção de tensão ocorra por conta de uma corrente distorcida causado por cargas não-lineares. É possível observar isso neste experimento; em uma pequena alteração na tensão causado por uma carga não-linear e em uma linha (cabo condutor) de comprimento pequeno. Esta análise é necessária, pois se levarmos em consideração uma adesão em massa de cargas não-lineares dentro de redes de distribuição de milhares de quilômetros, a distorção harmônica da corrente pode causar ainda mais variações na tensão do sistema.

## 2.5 TESTE DE SENSOR DE CORRENTE DE DESCARGAS

### ATMOSFÉRICAS

Dentro das atividades do laboratório, fez-se necessário o teste de aparelhos que consigam fazer a leitura de sinais de descargas atmosféricas. Dessa maneira, foi necessário realizar o teste de um equipamento que trabalha como medidor de corrente, uma bobina de Pearson, apresentada na Figura 32. Este medidor permite obter a leitura de um impulso de corrente, sinal obtido em descargas atmosféricas.

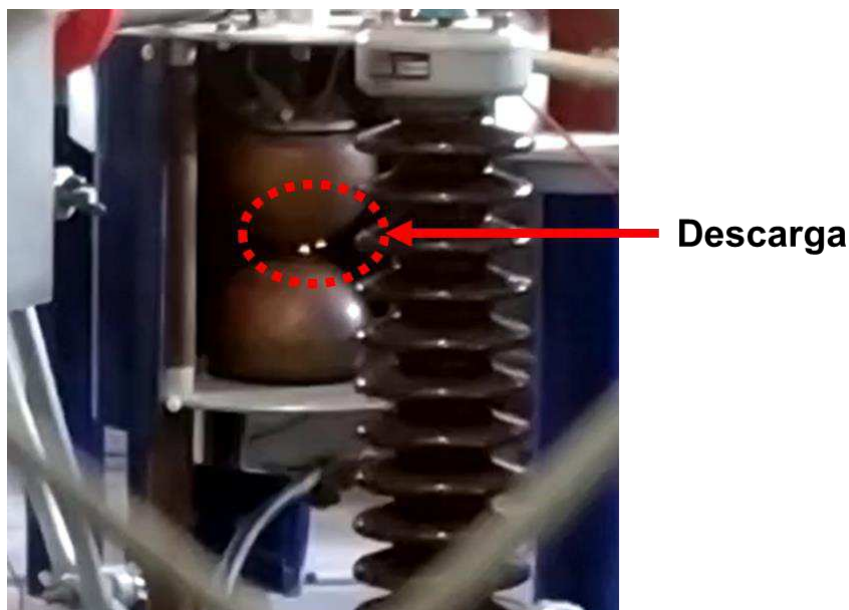
Figura 32 - Bobina de Pearson.



Fonte: Autor.

Para realizar o teste para detecção de impulso de corrente, foi utilizado o gerador de impulso de corrente. A partir deste gerador, foi iniciado o procedimento de ensaio. O primeiro passo do ensaio, após a montagem do circuito físico e fechamento de portas de proteção, é a energização da bancada de comando do gerador de impulso de corrente. Nesta bancada, é possível controlar o carregamento de capacitores, que após carregados, permitem a geração de impulso de corrente ao se aproximarem as esferas separadas, rompendo a rigidez dielétrica do ar que as separa. Após atingir o nível de tensão de 10 kV, as semiesferas foram aproximadas gerando a descarga, como mostrado na Figura 33.

Figura 33 - Descarga entre as semi-esferas.



Fonte: Autor.

Ocorreu um problema no primeiro ensaio, pois o sinal apresentado não era o esperado (onda  $8/20\mu$ ), mas sim um sinal refletido/rebatido. A partir da análise do corpo técnico, foi levantada a hipótese de problemas de aterramento do circuito e também uma possível ressonância com o cabo utilizado ( $15 \Omega$ ). Dessa maneira, foi realizado uma nova montagem, ligando um novo cabo ( $50 \Omega$ ) – para casamento de impedância - com a malha de aterramento na área exterior do laboratório. Todos os cuidados para evitar contatos indesejados com o chão e garantir fixação adequada do cabo ao aterramento foram tomados. Na Figura 34, é possível ver essa adaptação nesta parte do arranjo.

Após a adaptação, foi possível obter um resultado aceitável para a forma de onda e validando o sensor de impulso de corrente utilizado para esta medição. A medição apresentada na Figura 35, na qual a onda azul é a forma de onda obtida por meio do divisor resistivo e a forma de onda laranja é obtida pela bobina de Pearson.

As formas de onda têm um formato parecido - impulso seguido de amortecimento em tempos semelhantes. A diferença entre o módulo da corrente pode ter sido causada por imprecisão no resistor shunt, que tem como dado de placa  $10,54 \text{ m}\Omega$ , porém não foi certificado que ainda tem a mesma resistência da sua fabricação.

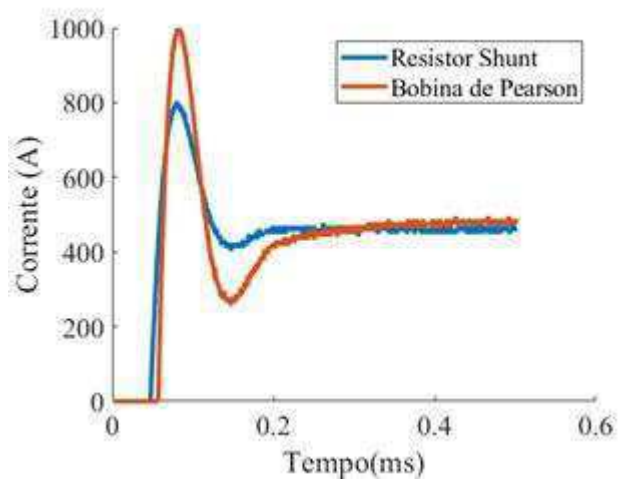


Figura 34 - Adaptação da montagem para teste com impulso de corrente.



Fonte: Autor.

Figura 35 - Sinal de corrente medido pela bobina de Pearson e no resistor de teste.



Fonte: Autor.

## 2.6 ADEQUAÇÃO DE ILUMINAÇÃO – NBR ISO/CIE 8995-1

A sala de QEE foi a sala mais utilizada por alunos e funcionários durante a época deste estágio, sendo dividida em dois ambientes: ensaios e estudos. Devido a pandemia da COVID-19, poucos ambientes estavam sendo ocupados. A fim de dar mais conforto para os colaboradores do laboratório, o ambiente de ensaios foi adaptado para receber mais computadores. Neste momento, percebeu-se a necessidade de adaptação do espaço na parte de iluminação.

A sala tem 6 lâmpadas tubulares divididas em 2 fileiras, mas com uma fileira totalmente apagada. Para perceber o real problema de iluminação, foi realizado o procedimento previsto na NBR ISO/CIE – 8995-1 para iluminação de interiores. O ambiente retangular a ser adaptado teve suas dimensões medidas, sendo uma área de 3,5x7,3 m.

A partir da medição das dimensões do ambiente, foi possível calcular o coeficiente  $p$ , previsto na norma e dado pela Equação 1.

$$p = 0,2 * 5^{\log_{10}d} \quad (1)$$

Logo, por instrução da NBR ISSO/CIE 8995-1, adotamos  $d$ , da Equação 1, como a maior medida entre as dimensões do ambiente, resultando, neste caso, em  $p = 0,8$ .

Para calcular o número  $n$  de medições a serem feitas, é realizada a Equação 2.

$$n = \frac{d}{p} \quad (2)$$

É interessante ressaltar que  $n$  será um número inteiro mais próximo deste quociente. Neste caso, foi necessário realizar 9 medições a 1 m de altura, pois seria o local onde os colaboradores iriam realizar suas atividades.

Foram realizadas as medições e apresentadas na Tabela 5, junto com o resultado final da iluminação média do ambiente.

A partir da média final do iluminamento da sala, é possível observar que a situação atual da sala é precária para utilização de atividades de pesquisa. Segundo a norma deve estar acima de 250 - 500 lux (ABNT, 2013).

Tabela 5 - Iluminamento da sala antes da troca de lâmpadas.

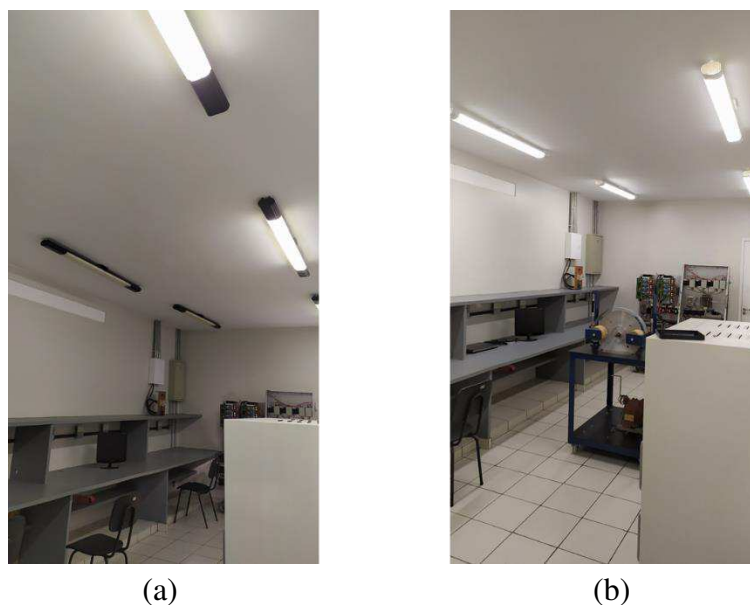
<b>Medição</b>	<b>Nível de Iluminamento (Lux)</b>
1	90
2	93
3	84
4	62
5	180

6	240
7	177
8	164
9	178
<b>Média</b>	<b>140,88</b>

Fonte: Autor.

Foi realizada a troca das lâmpadas por luminárias de LED de 40W. Pode ser notado uma diferença significativa visualmente, como apresentado na Figura 36a e 36b, que compara o antes e depois da troca das lâmpadas.

Figura 36 - (A) Sala antes da adaptação e (B) sala após a troca das lâmpadas.



Fonte: Autor

Para aferição do resultado, foi medido mais uma vez o nível de iluminação, apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Iluminamento da sala após da troca de lâmpadas.

<b>Medição</b>	<b>Nível de Iluminamento (Lux)</b>
1	455
2	498
3	475
4	425

5	478
6	502
7	470
8	452
9	568
<b>Média</b>	<b>480,33</b>

Fonte: Autor.

A partir deste resultado, é possível observar que o ambiente está adequado para o uso das atividades de laboratório e pesquisa, seguindo as normas vigentes de iluminação.

## 2.7 COMISSONAMENTO DO KIT DE ALTA TENSÃO DA BHT

O LAT é um laboratório que está em busca da melhoria contínua do seu pessoal e estrutura. Dessa maneira, em 2019 foi adquirido um *kit* de Alta Tensão da empresa chinesa *Beijing Huatian Mechanical-Electrical Institute Co., Ltd.* – abrev. BHT. Este *kit*, apresentado na Figura 37, chegou ao laboratório no final de 2019 e possibilita 3 montagens de circuitos diferentes: alta tensão em CA, alta tensão em CC e ensaio de impulso de tensão.

Figura 37 - *Kit* de alta tensão da BHT.

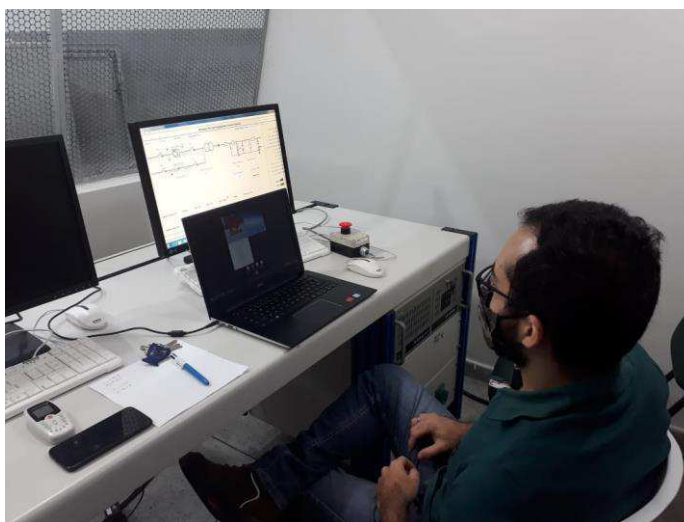


Fonte: Autor.

O equipamento foi montado pela equipe do LAT e, após vários testes, constatou-se que a montagem de Impulso não funcionava corretamente. Foram constatadas incoerências entre diagramas apresentados nos circuitos do *software* de controle e do manual impresso entregue junto ao *kit*. Apesar da tentativa de diferentes arranjos, o circuito seguia sem funcionar.

Dessa maneira, foram necessárias reuniões virtuais junto a um representante comercial e um engenheiro da empresa. Na primeira reunião, foi necessário realizar os testes em cada montagem novamente, para que fosse verificado se algum componente do circuito de alta tensão estava com algum defeito. Por meio da videochamada, foi possível mostrar aos representantes da empresa a montagem do circuito de Alta Tensão CA e CC. Após a montagem e revisão de cada montagem, foi realizada a calibração da medição para cada montagem junto ao engenheiro da BHT. Na Figura 38, é apresentado um dos momentos da videochamada.

Figura 38 - Reunião de comissionamento junto a BHT.



Fonte: Autor.

Durante a segunda reunião, foi tratado o problema do ensaio de Impulso de Tensão. Foi possível observar que o *software* de comando acusava erro de autoignição em todas as tentativas realizadas. Por meio do auxílio do engenheiro chinês, foi possível fazer algumas alterações na configuração do *software* e CLP de comando para que fossem realizadas novas tentativas. Porém, o circuito continuava a apresentar falha. Foram realizadas medições de tensão e corrente, em pontos diferentes do circuito de comando e constatou-se que o tiristor de comando não estava funcionando corretamente. Apesar de receber os sinais corretos, o tiristor apresentava falha sempre no mesmo nível de tensão.

Na Figura 39, é mostrado uma das medições realizadas no quadro de comando que foi enviado via vídeo para a empresa.

Figura 39 - Medição realizada no quadro de comando para comissionamento do kit da BHT.



Fonte: Autor.

Desta maneira, foram realizados vídeos da cabine de controle e dos medidores de tensão e corrente instalados no quadro de comando (onde se encontra o CLP, tiristor e outros componentes), a fim de levar à conclusão que realmente o problema do circuito era o tiristor. Assim, o representante comercial se comprometeu a enviar um novo tiristor para o laboratório para que novos testes fossem realizados.

### 3 CONCLUSÃO

O estágio supervisionado relatado neste trabalho permitiu que o aluno aplicasse e desenvolvesse atividades técnicas com base nos seus conhecimentos, além de ampliá-los. Por meio da equipe técnica e atividades desenvolvidas, os conhecimentos técnicos do aluno foram aplicados para o acompanhamento dos ensaios de alta tensão, contribuindo para o desenvolvimento da habilidade de montagem e técnicas de medição aplicadas a isoladores poliméricos. Além disto, a partir da contribuição da elaboração de projetos elétricos e luminotécnicos, foi possível aplicar conhecimentos técnicos da graduação em concordância as normas de distribuição e iluminação para adequação de equipamentos às atividades desenvolvidas no laboratório. Também é possível concluir que os serviços de auxílio a atividades do laboratório, como comissionamento e ensaios de isolamento, permitiram ao aluno compreender melhor montagens e resolução de problemas envolvendo diferentes arranjos elétricos.

Dessa maneira, é possível concluir que o aluno adquire, da experiência do estágio, conhecimentos e habilidades complementares à sua formação enquanto engenheiro eletricitista. Além das habilidades técnicas, também existe a vivência adquirida junto a equipe de profissionais que permite a troca de experiências e desenvolvimento de habilidades como gestão de tempo e trabalho em equipe. Dito isto, o estágio se mostra como uma importante etapa na formação profissional do aluno, ao egressar do curso com conhecimentos teóricos e também práticos de ferramentas e habilidades utilizadas no mercado de trabalho.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 11864:1991**. RIO DE JANEIRO, BR. 2017.

ABNT. **NBR 16295:2014**. Rio de Janeiro, BR. 2014.

ABNT. NBR ISO/CIE 8995-1. **ILUMINAÇÃO DE AMBIENTES DE TRABALHO. PARTE 1: INTERIOR**. 2013.

DIAS, B.A. **Gestão técnica de isoladores poliméricos utilizando aprendizado de máquina**. Projeto de Tese de Doutorado. PPGEE. UFCG. Novembro, 2019.

ENERGISA. ETU 122. **CHAVES FUSÍVEIS DE DISTRIBUIÇÃO**. 2019

ENERGISA, ETU 127. **ELO FUSÍVEL DE DISTRIBUIÇÃO**. 2020

ENERGISA, ETU 128. **PARA-RAIOS DE DISTRIBUIÇÃO**. 2019

ENERGISA. NDU 001. **FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA A EDIFICAÇÕES INDIVIDUAIS OU AGRUPADAS ATÉ 3 UNIDADES CONSUMIDORAS**. 2019.

ENERGISA. NDU 002. **FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA EM TENSÃO PRIMÁRIA**. 2018.

ENERGISA, NDU 005. **INSTALAÇÕES BÁSICAS PARA CONSTRUÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO URBANA**. 2019.

EPRI, E. P. R. I. Field Guide: **Visual Inspection of Polymer Insulators**. [s.l: s.n.].

FERREIRA, T. V. **Estudo do Trilhamento de Núcleo em Isoladores Poliméricos**. [s.l.] Universidade Federal de Campina Grande, 2007.

GSE. **Grupo de Sistemas Elétricos**. Disponível em: <<https://sites.google.com/a/dee.ufcg.edu.br/gse/>>. Acesso em: 07/12/2020.

GREINACHER, H. **Über eine Methode, Wechselstrom mittels elektrischer Ventile und Kondensatoren in hochgespannten Gleichstrom umzuwandeln**. *Zeitschrift für Physik*, v. 4, n. 2, p. 195-205, 1921.



LEITE NETO, A.F. **Relatório de Estágio Supervisionado**. Universidade Federal de Campina Grande, Brasil, 2019.

W. HAUSCHILD, E. LEMKE, “**High Voltage Test and Measuring Techniques**”. 2<sup>a</sup> ed. Springer: Gewerbertrasse, Suíça, 2019.