



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

PRISCILA DA COSTA FRAGA NASCIMENTO



Centro de Engenharia
Elétrica e Informática



Departamento de
Engenharia Elétrica

RELATÓRIO DE ESTÁGIO:

PREFEITURA UNIVERSITÁRIA – UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA
GRANDE



Campina Grande – PB.

2018

PRISCILA DA COSTA FRAGA NASCIMENTO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO:

PREFEITURA UNIVERSITÁRIA – UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

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.

Professor Edmar Candeia Gurjão
Orientador

Campina Grande – PB

2018

PRISCILA DA COSTA FRAGA NASCIMENTO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO:

PREFEITURA UNIVERSITÁRIA – UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

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.

Aprovado em: ____ / ____ / _____

Professor Avaliador

Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Professor Edmar Candeia Gurjão

Universidade Federal de Campina Grande
Orientador

Campina Grande – PB

2018

AGRADECIMENTOS

Eu quero agradecer, primeiramente a Deus, principalmente pelas pessoas que fazem parte da minha vida, as quais foram muitas vezes a força que não tive e me impulsionaram a chegar até aqui, sem elas tenho certeza que não seria possível estar concluindo a graduação em Engenharia Elétrica. Quero agradecer:

Aos meus familiares, em especial a minha mãe Maria da Conceição da Costa e a minha avó Januária Gonçalves Costa (In Memoriam) por nunca terem desistido de mim, mesmo quando eu já não acreditava mais, sem elas eu não seria um terço do que sou hoje.

Aos meus amigos de longa data, Mikaely Araújo, Oquinalva Brito e Marcelo Augusto que sempre me apoiaram nessa longa e árdua jornada.

Aos meus colegas de graduação, que além de estarem presentes nas disciplinas, chorando e comemorando, foram indispensáveis para conseguir chegar até aqui: Helem Monyelle, Alana Santiago, Grace Colaço, Samara Chaves, Emanuel Filipe, Laysa Lúcia, Pollyana Cirino, Rayanna Francklim, Hotoniones Bezerra e Phablo Vinícius.

Ao meu supervisor Jonas Agápito, por me auxiliar no estágio e ao meu orientador Edmar, pela oportunidade, conselhos e orientações que vou levar para o restante da vida.

“Deus nos fez perfeitos e não escolhe os capacitados, e sim capacita os escolhidos”.

“Fazer ou não fazer algo, só depende de nossa vontade e perseverança”.

Albert Einstein

RESUMO

Este relatório descreve as atividades desenvolvidas no estágio supervisionado da graduanda em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Priscila da Costa Fraga Nascimento, realizado na Prefeitura Universitária da UFCG. Como atividade de estágio foi feito um mapa dos transformadores de distribuição presentes no *campus* da UFCG de Campina Grande, por meio de uma plataforma digital gratuita. Em parceria com o projeto Scike Paraíba, foi realizado um estudo sobre os níveis de tensão, utilizando duas técnicas diferentes, em um dos prédios pertencentes a universidade por meio de um medidor de energia que envia dados em tempo real para um servidor de internet.

Palavras-chave: Mapeamento, Transformadores, Qualidade de Energia.

ABSTRACT

This report describes the activities developed in the supervised internship of the graduate student in Electrical Engineering by the Federal University of Campina Grande (UFCG), Priscila da Costa Fraga Nascimento, fulfilled at the UFCG City Hall. As an internship activity, a map of the distribution transformers presents at Campina Grande *campus* of the UFCG, through a free digital platform. In partnership with the Scike Paraíba project, a study was carried out on voltage levels, using two different techniques, in one of the buildings belonging to the university by means of an energy meter that sends data in real time to an internet server.

Keyword: Mapping, Transformers, Power Quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Prefeitura Universitária da UFCG, <i>campus</i> de Campina Grande – PB.	14
Figura 2: Planta elétrica da rede de distribuição em média tensão da UFCG, <i>campus</i> de Campina Grande - PB.	15
Figura 3: Simbologia utilizada na planta elétrica da UFCG, <i>campus</i> de Campina Grande – PB.	16
Figura 4: Indicação do tipo de rede utilizada na planta elétrica da UFCG, <i>campus</i> de Campina Grande – PB.	16
Figura 5: Diagrama unifilar do transformador 7 da UFCG, <i>campus</i> de Campina Grande – PB.	17
Figura 6: Fasores de tensão de fase em componentes simétricas.	18
Figura 7: Mapa dos transformadores da UFCG, <i>campus</i> de Campina Grande – PB.	22
Figura 8: Conteúdo do transformador 34 da UFCG, <i>campus</i> de Campina Grande – PB, disponível no <i>My Maps</i>	23
Figura 9: Mapa da UFCG, <i>campus</i> de Campina Grande – PB, com destaque para o Prédio LabMET.	24
Figura 10: Diagrama unifilar do transformador 25 da UFCG, <i>campus</i> de Campina Grande – PB.	24
Figura 11: Módulos das tensões médias em função dos dias.	25
Figura 12: Módulos das componentes simétricas médias da tensão em função dos dias.	27
Figura 13: Módulos das componentes simétricas médias, V_0 e V_1 , em função dos dias.	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Limites adequados de variação de tensão consumidores atendidos em tensões secundárias de distribuição.....	17
Tabela 2: Valores máximos de tensão registrados em função do dia.....	26
Tabela 3: Valores mínimos de tensão registrados em função do dia.....	26
Tabela 4: Valores máximos das componentes simétricas registrados em função do dia.	29
Tabela 5: Valores mínimos das componentes simétricas registrados em função do dia.	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agencia Nacional de Energia Elétrica
BT	Baixa Tensão
LabMET	Laboratório de Metrologia
MT	Média Tensão
NDU	Norma de Distribuição Unificada
PRODIST	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
PU	Prefeitura Universitária
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
V	Volt

SUMÁRIO

1	Introdução	12
1.1	Motivações do Estágio	12
1.2	Objetivos do Estágio	12
1.3	Prefeitura Universitária – UFCG	13
1.4	Estrutura do Trabalho	14
2	Embasamento Teórico	14
2.1	Norma de Distribuição Unificada 004 (NDU 004).....	14
2.2	Norma de Distribuição Unificada 006 (NDU 006).....	15
2.3	Flutuação de Tensão	17
2.4	Componentes Simétricas.....	18
2.5	Projeto Scike Paraíba	21
3	Atividades Desenvolvidas.....	21
3.1	Mapa dos Transformadores da UFCG	21
3.2	Análise da Flutuação de Tensão	23
3.3	Análise das Componentes Simétricas	26
4	Considerações Finais	29
	REFERÊNCIAS	31
	Anexo A – Planta Elétrica de Média Tensão.....	32
	Anexo B – Diagramas Unifilares do Setor A	33
	Anexo C – Diagramas Unifilares do Setor B	34
	Anexo D – Diagramas Unifilares do Setor C	36

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho expõe as atividades realizadas pela acadêmica Priscila da Costa Fraga Nascimento, durante seu estágio supervisionado na Prefeitura Universitária (PU) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) junto ao setor de Engenharia, durante o período de 01 de outubro de 2018 a 07 de dezembro de 2018, sob a supervisão do engenheiro Jonas Agápito.

O estágio supervisionado tem como meta o cumprimento das exigências da disciplina integrante da grade curricular, Estágio Curricular, do curso de bacharel em engenharia elétrica, da Universidade Federal de Campina Grande. Essa componente curricular é de extrema importância para a vida profissional, pois é responsável pela consolidação dos conhecimentos adquiridos ao longo da graduação com a prática necessária para a formação profissional.

Nesse estágio foram realizadas atividades de mapeamento dos transformadores da UFCG pela plataforma do *My Maps*, da empresa Google e um estudo sobre a flutuação de tensão de um dos transformadores.

1.1 MOTIVAÇÕES DO ESTÁGIO

A identificação da localização dos transformadores em uma plataforma de mapas digital é de grande importância para a Universidade Federal de Campina Grande, principalmente para os funcionários da Prefeitura Universitária da UFCG (PU), pois a mesma tem um número de funcionários limitados. Dessa maneira, em caso de manutenção ou algum problema facilita-se o trabalho dos técnicos e engenheiros da PU.

Pensando neste problema, a Prefeitura Universitária ofereceu uma vaga de estágio no período 2018.2, a qual tinha como principal objetivo fazer o mapeamento dos transformadores e realizar um estudo da qualidade da tensão nos terminais dos prédios alimentados por eles.

1.2 OBJETIVOS DO ESTÁGIO

O estágio supervisionado na Prefeitura Universitária teve como objetivo principal o mapeamento dos transformadores do sistema de distribuição elétrica da UFCG por meio da plataforma gratuita *My Maps*, de acordo com a planta elétrica de distribuição e os diagramas unifilares dos transformadores de energia elétrica da UFCG, *campus* de Campina Grande – PB.

Contempla ainda o escopo do estágio um estudo sobre as tensões de fase do prédio LabMET, ligado ao transformador 25, pertencente a Universidade Federal de Campina Grande.

1.3 PREFEITURA UNIVERSITÁRIA – UFCG

A Prefeitura Universitária pertence à estrutura da Reitoria da Universidade Federal de Campina Grande, devido ao estatuto e regimento interno da instituição. As atribuições da Prefeitura Universitária são definidas pela resolução 06/2005 do Colegiado Pleno do Conselho Universitário da UFCG (PREFEITURA UNIVERSITÁRIA, 2018), o qual dispõe sobre o regimento da Reitoria, conforme esta resolução, a prefeitura apresenta as seguintes atribuições:

- Colaborar com a Secretaria de Planejamento e Orçamento, no planejamento e desenvolvimento físico dos campi da Universidade;
- Elaborar estudos e projetos de edificações e infraestruturas nos campi ou fora deles quando do interesse da Universidade;
- Solicitar a contratação, fiscalizar, executar e controlar obras e serviços de engenharia;
- Manter e conservar bens móveis e imóveis da Universidade;
- Gerenciar o setor de transportes;
- Planejar, fiscalizar, controlar e operar os serviços públicos de água, energia e comunicações;
- Determinar o setor de exercícios dos servidores lotados na Secretaria;
- Zelar pela segurança da comunidade acadêmica, no âmbito dos campi, bem como pelo patrimônio da Universidade;
- Gerir os créditos provisionados e os recursos repassados, que se destinem à execução de suas atividades.

A missão da Prefeitura Universitária da UFCG é promover ações de melhoria das condições ambientais de infraestrutura do *Campus*, implementando ações de planejamento, conservação, segurança, logística de transporte e telefonia (PREFEITURA UNIVERSITÁRIA, 2018). Uma foto dos prédios da Prefeitura Universitária é exibida na Figura 1.

Figura 1: Prefeitura Universitária da UFCG, *campus* de Campina Grande – PB.



Fonte: (PREFEITURA UNIVERSITÁRIA, 2018)

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 1, é apresentado o local onde o estágio foi realizado e os objetivos contemplados por este. No capítulo 2, é feito um embasamento teórico abrangendo os principais assuntos que serviram de base para as tarefas realizadas neste trabalho. No capítulo 3, é mostrado uma descrição detalhada das atividades desenvolvidas no estágio e os resultados obtidos. No capítulo 4, é dedicado as considerações finais do trabalho.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

Nesta seção é apresentada uma fundamentação teórica, mostrando os principais assuntos e conceitos, os quais serviram de base para a realização do estágio supervisionado. Também será explicada a participação de um dos projetos da Prefeitura Universitária, o Scike Paraíba.

2.1 NORMA DE DISTRIBUIÇÃO UNIFICADA 004 (NDU 004)

Esta norma padroniza a montagem de redes aéreas de distribuição urbana de média tensão (MT) e baixa tensão (BT) na área de concessão da ENERGISA (ENERGISA, 2012).

A NDU 004 padroniza a instalação de equipamentos como transformadores, para-raios de média tensão e baixa tensão, bancos de capacitores, diferentes tipos de chaves, apresenta

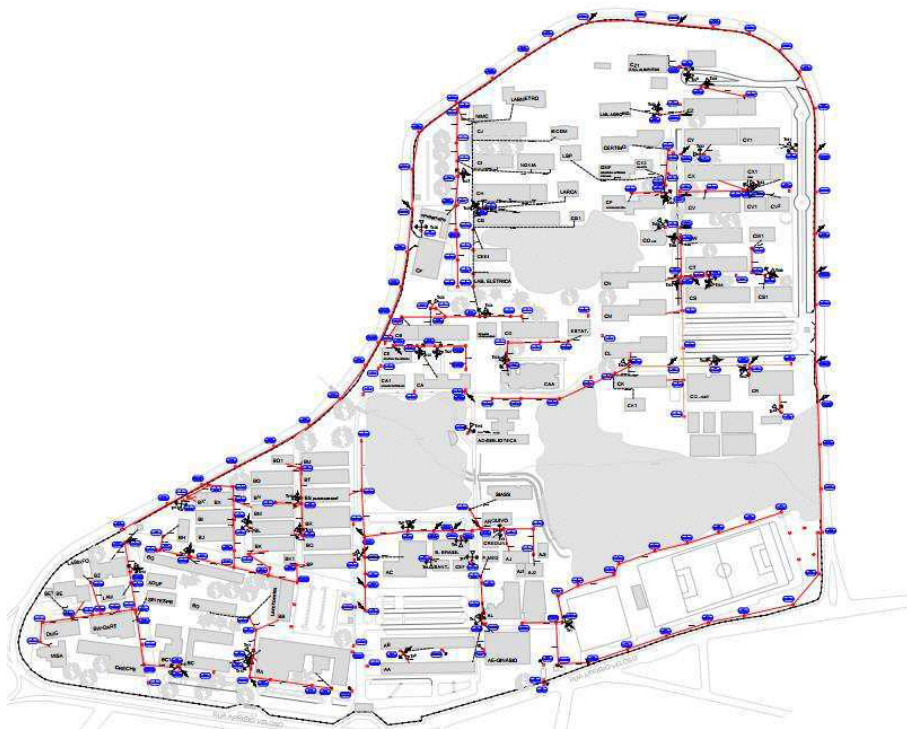
padrões de aterramento, dentre outros. Ela foi utilizada na identificação dos elementos da rede de distribuição da UFCG, disponíveis na planta elétrica de distribuição da universidade, mostrada mais adiante.

2.2 NORMA DE DISTRIBUIÇÃO UNIFICADA 006 (NDU 006)

Esta norma tem por objetivo estabelecer os requisitos mínimos necessários para elaboração de projetos de redes aéreas de distribuição urbanas, na classe de tensão 15/25 kV, em toda área de concessão da ENERGISA, de modo a assegurar as condições técnicas, econômicas e de segurança necessárias ao adequado fornecimento de energia elétrica (ENERGISA, 2012).

Esta norma foi útil para a elaboração da planta elétrica de distribuição da UFCG, utilizada neste estágio. A NDU 006 serviu para a identificação de padrões existentes nas redes, bitolas de condutores, altura e esforços dos postes e sua simbologia padrão para redes aéreas de distribuição. A visão geral da planta elétrica da UFCG é mostrada na Figura 2.

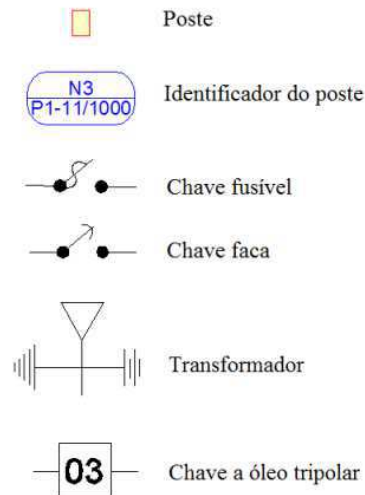
Figura 2: Planta elétrica da rede de distribuição em média tensão da UFCG, *campus* de Campina Grande - PB.



Fonte: (LEAL, 2016)

A simbologia adotada para os elementos da rede utilizada na planta elétrica da Figura 2 é mostrada na Figura 3.

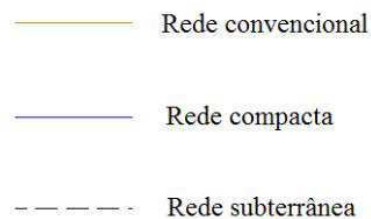
Figura 3: Simbologia utilizada na planta elétrica da UFCG, *campus* de Campina Grande – PB.



Fonte: (LEAL, 2016)

As cores usadas para diferenciar os tipos de redes existentes na planta elétrica de distribuição de média tensão da UFCG é exibida na Figura 4.

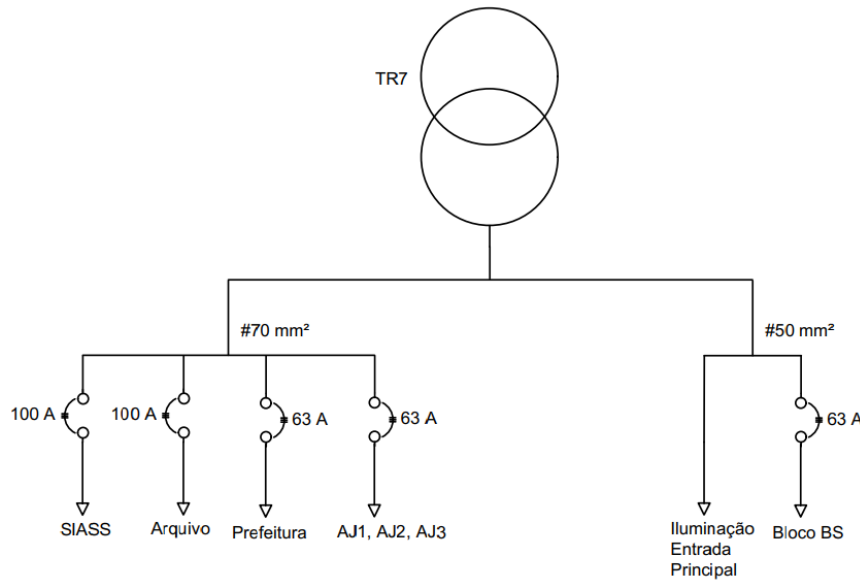
Figura 4: Indicação do tipo de rede utilizada na planta elétrica da UFCG, *campus* de Campina Grande – PB.



Fonte: (LEAL, 2016)

Com o desenvolvimento da planta elétrica, também foram feitos diagramas unifilares dos transformadores pertencentes a UFCG, um exemplo destes diagramas é mostrado na Figura 5.

Figura 5: Diagrama unifilar do transformador 7 da UFCG, *campus* de Campina Grande – PB.



Fonte: (LEAL, 2016)

2.3 FLUTUAÇÃO DE TENSÃO

A ANEEL, por meio dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, no módulo 3, define que: deve-se adotar medidas necessárias para que a flutuação de tensão, decorrente da operação de chaveamento de cargas ou equipamentos, não cause degrau de tensão superior a 5% da tensão nominal no Ponto de Conexão (ANEEL, 2005).

Dessa forma, é importante que durante a operação de uma determinada carga, a variação ou flutuação de tensão não ultrapasse os limites definidos na Tabela 1:

Tabela 1: Limites adequados de variação de tensão consumidores atendidos em tensões secundárias de distribuição.

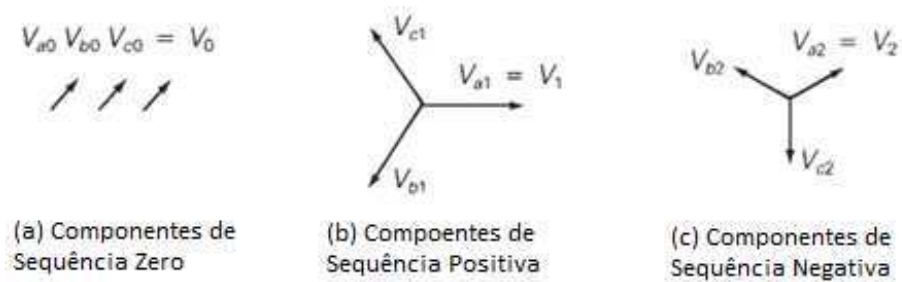
Tensão Nominal (V)	Limites de Variação (V)	
	Mínimo	Máximo
Trifásico		
220/127	201/116	229/132
380/220	348/201	396/229
Monofásico		
240/120	216/108	250/125
254/127	232/201	264/132
440/200	402/201	458/229

Fonte: (ANEEL, 2005)

2.4 COMPONENTES SIMÉTRICAS

As componentes simétricas permitem que quantidades de correntes e tensões de fases equilibradas possam ser substituídas separadamente por três componentes equilibradas linearmente independentes chamadas de componentes simétricas (SAADAT, 2002), cuja soma é igual ao sistema original (FORTESCUE, 1918). Assim, está definido o teorema de Fortescue, onde é possível representar-se qualquer sistema trifásico, equilibrado ou não, com uma combinação linear do sistema original. Os fasores de tensão em componentes simétricas de um sistema trifásico genérico são representados na Figura 5.

Figura 6: Fasores de tensão de fase em componentes simétricas.



Fonte: (GLOVER, 2008)

Para esse estudo é importante definir o operador a , o qual é um número complexo, tal como se segue:

$$\begin{aligned} a &= 1 \angle 120^\circ = -0,5 + j0,866 \\ a^2 &= 1 \angle 240^\circ = -0,5 - j0,866 \\ a^3 &= 1 \angle 360^\circ = 1 + j0 \end{aligned} \quad (1)$$

Com o operador definido, agora é possível descrever matematicamente os fasores. Os fasores de sequência zero mostrados na Figura 6(a), estão todos em fase e são dados pela equação (2).

$$V_a^0 = V_b^0 = V_c^0 \quad (2)$$

Para a Figura 6(b), temos uma sequência positiva de fase dos fasores, ou abc , e são escritos conforme as equações (3).

$$\begin{aligned}
V_a^1 &= V_a^1 \angle 0^\circ = V_a^1 \\
V_b^1 &= V_a^1 \angle 120^\circ = aV_a^1 \\
V_c^1 &= V_a^1 \angle 240^\circ = a^2V_a^1
\end{aligned} \tag{3}$$

Seguindo o mesmo raciocínio, para o caso de sequência negativa, representada na Figura 6(c), a sequência de fases é inversa, ou seja, acb . Assim, os fasores acb são representados nas equações (4).

$$\begin{aligned}
V_a^2 &= V_a^2 \angle 0^\circ = V_a^2 \\
V_b^2 &= V_a^2 \angle 240^\circ = a^2V_a^2 \\
V_c^2 &= V_a^2 \angle 140^\circ = aV_a^2
\end{aligned} \tag{4}$$

Os índices 1, 2, 0 utilizados nas equações (2), (3), (4) e Figura 6, são designados para representar a sequência positiva, negativa e zero, respectivamente. Caso o sistema analisado seja equilibrado, só haverá uma componente de fase, caso a sequência de fase seja abc , existirá apenas a componente da sequência positiva; caso a sequência de fases da rede seja acb , só haverá a componente de sequência negativa.

Considerando um sistema trifásico qualquer com tensões em desequilíbrio e sabendo que o sistema pode ser decomposto em uma combinação linear utilizando o Teorema de Fortescue, as componentes de fase originais podem ser dadas segundo as equações (5).

$$\begin{aligned}
V_a &= V_a^0 + V_a^1 + V_a^2 \\
V_b &= V_b^0 + V_b^1 + V_b^2 \\
V_c &= V_c^0 + V_c^1 + V_c^2
\end{aligned} \tag{5}$$

Como as componentes de sequência podem ser escritas em termos do operador a , podemos reescrever as equações (5), da seguinte forma:

$$\begin{aligned}
V_a &= V_a^0 + V_a^1 + V_a^2 \\
V_b &= V_a^0 + a^2V_a^1 + aV_a^2 \\
V_c &= V_a^0 + aV_a^1 + a^2V_a^2
\end{aligned} \tag{6}$$

Podemos representar o conjunto de equações (6) em forma matricial, onde as matrizes e notação matricial serão apresentadas pelas equações (7) e (8), respectivamente.

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a^0 \\ V_a^1 \\ V_a^2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$V^{abc} = A V_a^{012} \quad (8)$$

Na equação (8), a matriz A é chamada de matriz de transformação de componentes simétricas, ela é responsável porque transformar os fasores de fase V^{abc} em fasores de componentes simétricas ou componentes de sequência V_a^{012} , onde ela é dada por:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \quad (9)$$

É possível encontrar a tensão em componentes simétricas por meio de notação matricial, utilizando a equação (10).

$$V^{012} = A^{-1} V_a^{abc} \quad (10)$$

Onde o termo A^{-1} é a inversa da matriz A , expressa na equação a seguir.

$$A^{-1} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} = \frac{1}{3} A^* \quad (11)$$

Sendo A^* o conjugado complexo, substituindo a equação (11) na equação (10), resultando em uma fórmula matricial para o cálculo direto das componentes simétricas expressa na equação (12).

$$\begin{bmatrix} V_a^0 \\ V_a^1 \\ V_a^2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \quad (12)$$

Todo o desenvolvimento das equações para o cálculo de componentes simétricas para tensão é feito de maneira análoga para a corrente.

Na equação (12) é mostrado que não há componentes de sequência zero em um sistema trifásico equilibrado porque a soma de três fasores equilibrados é zero. (GLOVER, 2018). Assim, caso o sistema trifásico não seja equilibrado, haverá componentes de sequência zero da fase para o neutro, onde este será a tensão do condutor neutro, ou seja:

$$V_a^0 = V_n \quad (13)$$

2.5 PROJETO SCIKE PARAÍBA

Neste projeto há uma parceria entre empresas alemãs ligadas ao convênio Scike, a UFCG, a Prefeitura Universitária da UFCG e a UFPB (SCIKE PARAÍBA, 2018) visando desenvolver uma tecnologia com o objetivo de monitorar, quantificar e reduzir o consumo de energia elétrica.

Desenvolveu-se no projeto um medidor de energia elétrica apto a mensurar parâmetros da rede elétrica ao qual estiver ligado. Inicialmente era medido a potência ativa, potência reativa e fator de potência. Para este presente trabalho, o medidor passou a enviar também a tensão e corrente eficaz de um medidor. Algumas atividades desenvolvidas neste estágio estão relacionadas ao desenvolvimento deste projeto.

3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Durante o estágio foram desenvolvidas as atividades propostas no plano de trabalho: atividades de campo, mapeamento dos transformadores, levantamento de dados, aquisição de dados de análise, desenvolvimento do algoritmo para analisar as tensões, estudo de dados e confecção deste relatório.

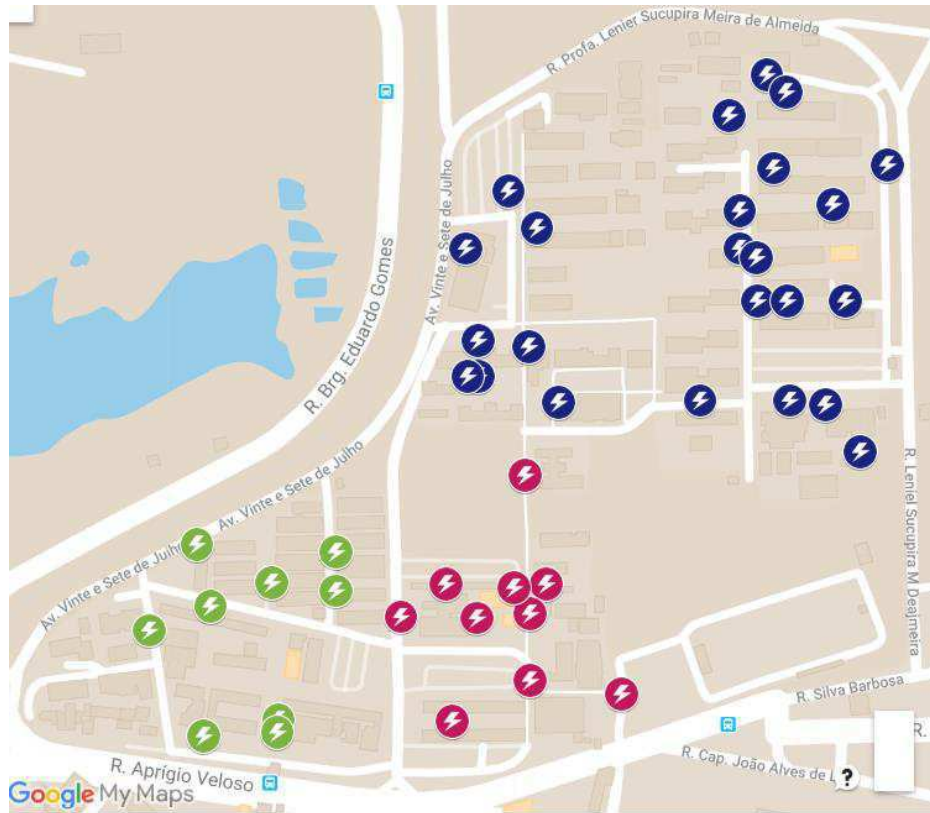
3.1 MAPA DOS TRANSFORMADORES DA UFCG

Para esta atividade foi realizada vistorias no *campus* de Campina Grande - PB, onde foi possível conferir se os diagramas unifilares dos transformadores de energia elétricas, feitos em 2016 ainda eram válidos. Essas visitas auxiliaram a estagiária na hora da marcação dos pontos dos transformadores na plataforma *My Maps*, da empresa Google, a qual utiliza informações de

mapas do *Google Maps*. O intuito deste mapeamento foi auxiliar os funcionários responsáveis pelo setor de engenharia da Prefeitura Universitária nos serviços de manutenção.

No mapa há a demarcação de todos os 43 transformadores existentes na UFCG, dos quais, 4 estão desativados. Os transformadores foram separados de acordo com os setores A, B e C da universidade. Na Figura 7 é apresentado o mapa criado para a localização dos transformadores.

Figura 7: Mapa dos transformadores da UFCG, *campus* de Campina Grande – PB.



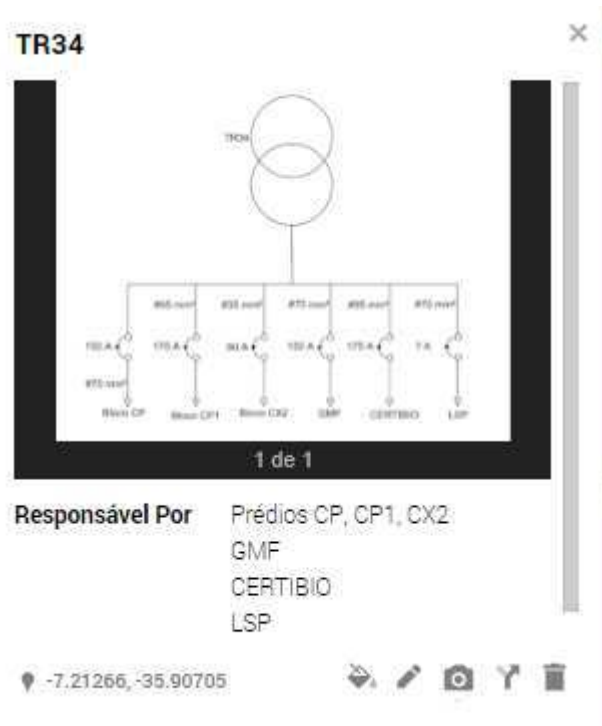
Fonte: (Própria Autora)

Na plataforma *My Maps* é possível a criação de áreas, camadas, inserir fotos e dados. Na Figura 7, o ícone padrão para pontos foi modificado de modo a ficar mais claro que se trata de algo relacionado ao setor elétrico, a legenda da figura pode ser entendida como:

- Pontos Rosas: transformadores pertencentes ao setor A;
- Pontos Verdes: transformadores pertencentes ao setor B;
- Pontos Azuis: transformadores pertencentes ao setor C.

Para cada ponto do mapa, foram inseridas as seguintes informações: quais prédios cada transformador é responsável, o setor de atuação e o diagrama unifilar do mesmo. Quanto aos transformadores desativados, não há diagramas unifilares. Um exemplo de como os pontos são apresentados na plataforma é visto na figura a seguir.

Figura 8: Conteúdo do transformador 34 da UFCG, *campus* de Campina Grande – PB, disponível no *My Maps*.

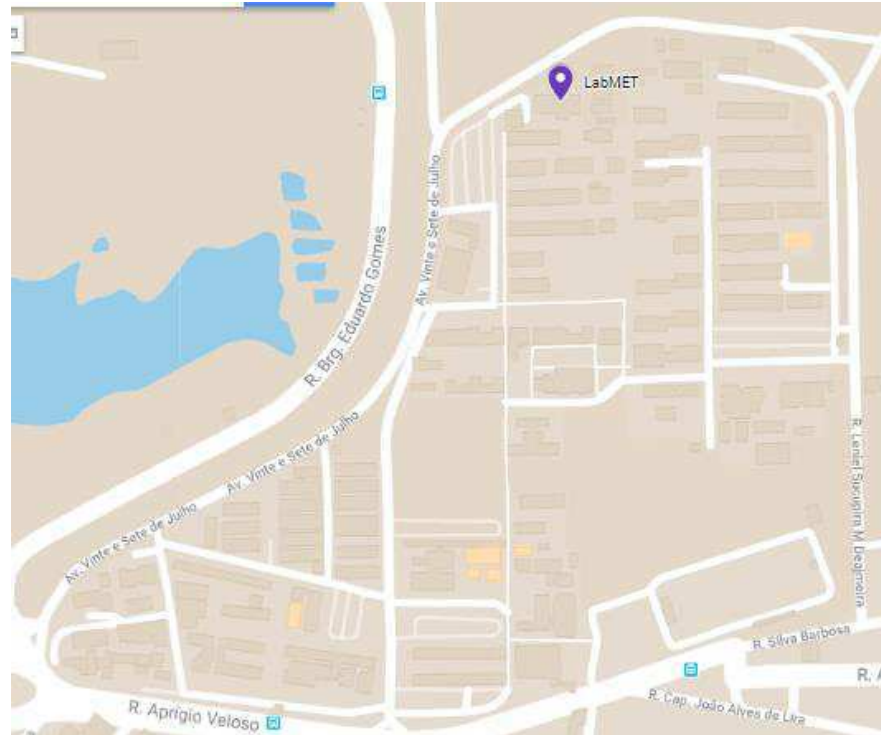


Fonte: (Própria Autora)

3.2 ANÁLISE DA FLUTUAÇÃO DE TENSÃO

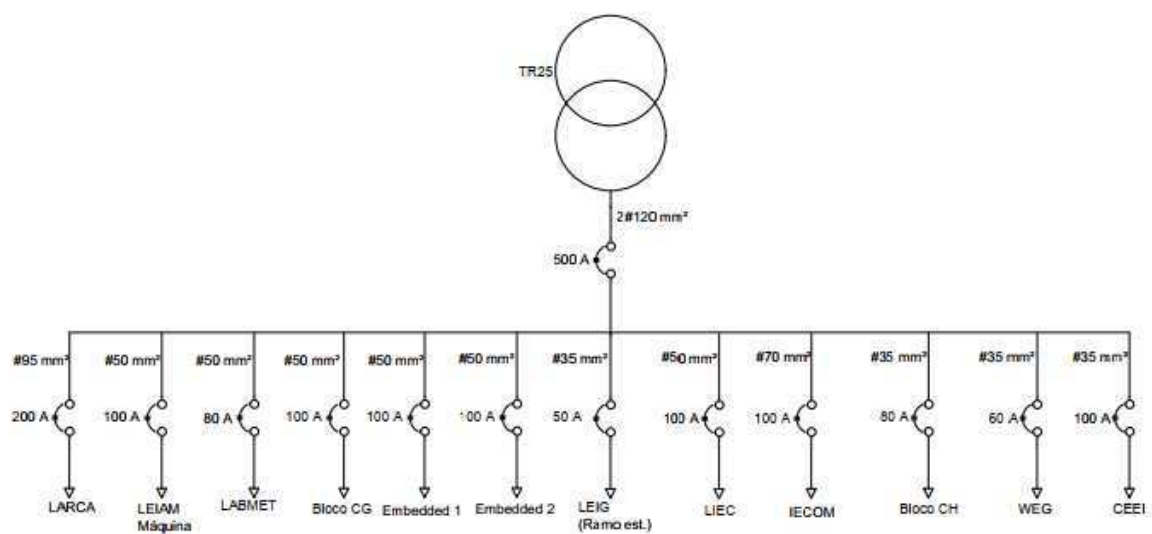
Para essa atividade foram utilizados dados de um dos medidores de energia elétrica desenvolvidos no projeto Scike Paraíba. O prédio de estudo é o LabMET, ele situa-se ao norte da UFCG do *campus* de Campina Grande - PB, ele abriga alguns laboratórios de meteorologia, salas de computadores, um auditório, salas para estudos e salas para professores e salas para os técnicos. Sua localização pode ser vista na Figura 9. O diagrama unifilar do transformador responsável pela alimentação do LabMET é apresentado na Figura 10.

Figura 9: Mapa da UFCG, *campus* de Campina Grande – PB, com destaque para o Prédio LabMET.



Fonte: (Própria Autora)

Figura 10: Diagrama unifilar do transformador 25 da UFCG, *campus* de Campina Grande – PB.

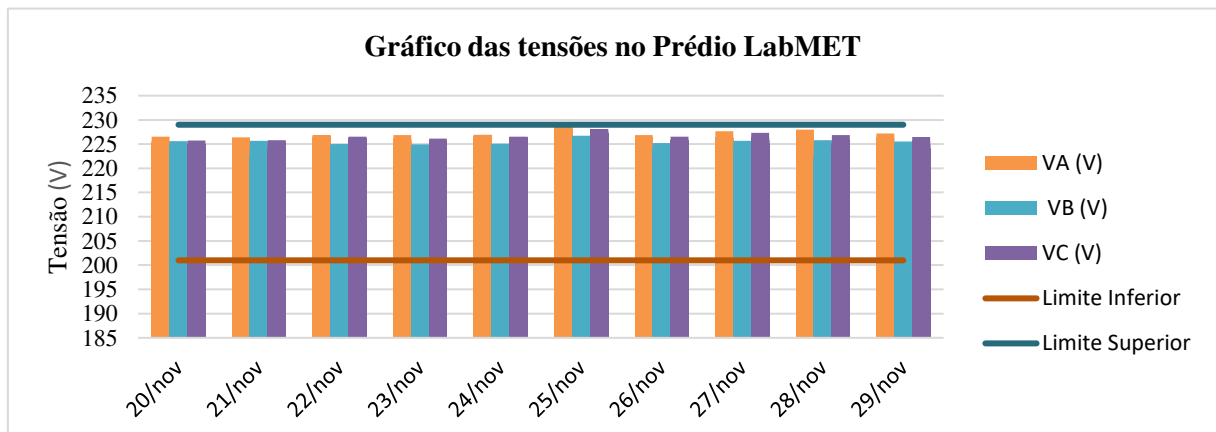


Fonte: (LEAL, 2016)

Para esse estudo foram utilizados os dados enviados pelo medidor de energia instalado no prédio. A cada minuto são atualizadas as médias das medições de potência ativa, potência reativa, fator de potência, tensão e corrente. O espaço amostral de análise foi dos dias 20 de novembro de 2018 até o dia 29 de novembro de 2018, esse curto período de tempo é justificado devido a problemas técnicos que ocorreram para enviar os dados de corrente e tensão, os quais não eram enviados anteriormente e ao tempo de vigência do estágio.

Para melhor visualização dos resultados, foi feita uma média dos dados obtidos do medidor em função da hora de cada dia e criado um gráfico da amplitude de tensão em função do dia observado. O processamento dos dados, criação de dados e tabelas, se deu por meio do *software* Microsoft Office Excel®, ano 2016. Na Figura 11 são apresentadas as tensões das fases de alimentação do LabMET, juntamente com o limite inferior (201 V) e o limite superior (229 V) para flutuação de tensão informados na Tabela 1 para sistemas trifásicos.

Figura 11: Módulos das tensões médias em função dos dias.



Fonte: (Própria Autora)

Sendo V_A , V_B e V_C as tensões, respectivamente, nas fases A, B e C. Observando a Figura 11, percebe-se que em nenhum dia do espaço amostral nenhuma fase ultrapassa o limite superior de 229 V ou fica abaixo do limite inferior de 201 V. No dia 25 de novembro a tensão na fase C fica muito próxima do limite de 229 V, mas não chega a atingi-lo.

Para cada dia também foi registrado as medições máximas e mínimas de cada tensão de fase enviadas pelo medidor. A Tabela 3 são mostrados os valores máximos das tensões de acordo com o dia e o limite adequado citado pela ANEEL e a Tabela 4 exibe os valores mínimos em função do dia e o valor mínimo citado ANEEL.

Tabela 2: Valores máximos de tensão registrados em função do dia.

Dias	V _{A_max} (V)	V _{B_max} (V)	V _{C_max} (V)	Limite (V)
20/nov	227,3	226,53	226,44	229
21/nov	227,17	226,28	226,49	229
22/nov	228,23	226,04	227,39	229
23/nov	227,41	226,94	227,1	229
24/nov	228,31	226,46	228,05	229
25/nov	229,45	227,44	228,85	229
26/nov	228,96	226,38	227,09	229
27/nov	228,67	226,49	228,16	229
28/nov	229,11	226,66	227,95	229
29/nov	228,17	226,56	227,38	229

Fonte: (Própria Autora)

Tabela 3: Valores mínimos de tensão registrados em função do dia.

Dias	V _{A_min} (V)	V _{B_min} (V)	V _{C_min} (V)	Limite (V)
20/nov	217,49	218,08	218,17	201
21/nov	217,33	217,79	216,89	201
22/nov	216,97	217,4	217,63	201
23/nov	217,32	216,63	217,52	201
24/nov	221,78	220,27	221,3	201
25/nov	222,53	220,84	221,79	201
26/nov	219,43	218,76	218,97	201
27/nov	219,11	218,27	219,23	201
28/nov	221,13	219,53	218,58	201
29/nov	218,31	217,93	217,55	201

Fonte: (Própria Autora)

Analisando as Tabelas 2 e 3, pode-se perceber que em nenhum dia nenhum dos limites impostos pela ANEEL para flutuação de tensão é atingido. Esse resultado é satisfatório pois mostra que o transformador está atendendo a demanda de forma adequada.

3.3 ANÁLISE DAS COMPONENTES SIMÉTRICAS

Essa técnica foi utilizada como uma outra forma de avaliar se a energia do prédio em estudo está adequada. Para sistemas trifásicos equilibrados há apenas a componente correspondente a sequência dos fasores do sistema, se a sequência for positiva (*abc*) só existe a componente V_1 ; caso a sequência seja negativa (*acb*), há apenas a componente V_2 .

Foram utilizados os dados do medidor de energia elétrica no mesmo período do item anterior com uma pequena alteração. Como o medidor não envia o ângulo da tensão de cada fase instantâneo e ele é necessário para aplicação do método, foi utilizado um qualímetro para averiguar a defasagem de cada fase. Foi observado que os ângulos podem ser considerados constantes e a sequência de fases é positiva, logo, para cada medição os ângulos de V_A , V_B e V_C , são respectivamente, 0° , -240° e -120° . Dessa forma, a equação (12) transforma-se em:

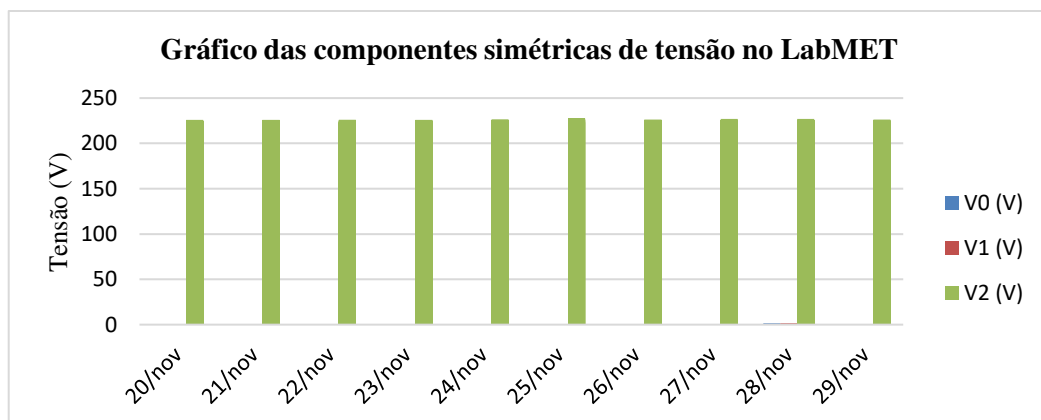
$$\begin{bmatrix} V_a^0 \\ V_a^1 \\ V_a^2 \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & a & a^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} |V_a| \angle 0^\circ \\ |V_b| \angle -240^\circ \\ |V_c| \angle -120^\circ \end{bmatrix} \quad (14)$$

Essa aproximação é justificada pelo fato de a fase da tensão ter uma influência muito menor que o módulo da mesma. Os módulos das tensões de fase da equação (14) são os valores enviados pelo medidor instalado no prédio LabMET.

Foi utilizado o Microsoft Office Excel para salvar os dados de tensão obtidos nos fasores necessários para aplicação do método; posteriormente, o *software* Matlab®, versão R2016a, foi usado para o cálculo das componentes simétricas de tensão.

Similarmente a seção anterior, foram feitas médias para o intervalo de uma hora para cada componente simétrica obtida, com o intuito de melhor visualização. Neste estudo apenas o módulo das componentes é de interesse. As três componentes em função do dia de amostragem, são apresentadas na Figura 12.

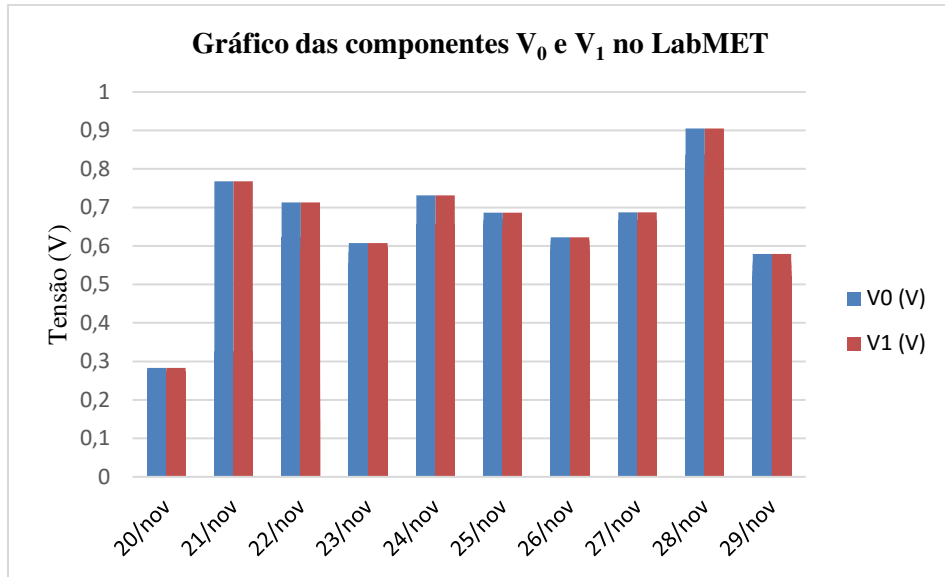
Figura 12: Módulos das componentes simétricas médias da tensão em função dos dias.



Fonte: (Própria Autora)

Onde V_0 , V_1 e V_2 são as componentes de sequência zero, positiva e negativa, respectivamente. Observando a Figura 12, percebe-se que as componentes V_0 e V_1 são difíceis de se enxergar se comparadas com a componente V_2 . Dessa forma, apenas os valores das componentes V_0 e V_1 em função do dia, são exibidos na Figura 13.

Figura 13: Módulos das componentes simétricas médias, V_0 e V_1 , em função dos dias.



Fonte: (Própria Autora)

Analisando as Figuras 12 e 13, nota-se que as amplitudes de V_0 e V_1 são desprezíveis quando comparadas a de V_2 . Isso se deve ao sistema ser muito próximo de um trifásico equilibrado e V_0 e V_1 não são nulas devido as variações de tensão observadas no item 3.2 deste trabalho. Portanto, por meio deste método também é possível concluir que o transformador 25 conectado ao prédio está funcionando como esperado e atendendo a demanda de potência de forma satisfatória.

Os módulos das tensões V_0 e V_1 são iguais devido as aproximações nos ângulos feitas para utilização do método, mas esse fato não é danoso para os resultados obtidos. Para melhor visualização, na Tabela 4 é mostrado o valor máximo de cada componente de acordo com o dia e horário, e na Tabela 5 é mostrado o menor valor obtido em cada dia, durante o período de estudo.

Tabela 4: Valores máximos das componentes simétricas registrados em função do dia.

Dias	V ₀ _máx.	V ₁ _máx.	V ₂ _máx.
20/nov	0,527	0,527	226,7
21/nov	0,9739	0,9739	226,6467
22/nov	0,9429	0,9429	227,18
23/nov	0,8617	0,8617	227,1033
24/nov	1,0526	1,0526	227,53
25/nov	0,9732	0,9732	228,46
26/nov	0,8248	0,8248	227,3567
27/nov	0,9937	0,9937	227,6933
28/nov	1,1398	1,1398	227,5633
29/nov	1,0449	1,0449	227,21

Fonte: (Própria Autora)

Tabela 5: Valores mínimos das componentes simétricas registrados em função do dia.

Dias	V ₀ _min	V ₁ _min	V ₂ _min
20/nov	0,0058	0,0058	217,9733
21/nov	0,0067	0,0067	217,44
22/nov	0,0067	0,0067	217,4767
23/nov	0,0953	0,0953	217,4167
24/nov	0,1048	0,1048	221,3067
25/nov	0,3012	0,3012	221,72
26/nov	0,07	0,07	219,6733
27/nov	0,1691	0,1691	218,9533
28/nov	0,0939	0,0939	219,8567
29/nov	0,0493	0,0493	218,5767

Fonte: (Própria Autora)

Um fato interessante ao se analisar as Tabelas 4 e 5 é o valor da componente V_2 , ter seu módulo dentro dos limites impostos pela Tabela 1 para as tensões de fase.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste relatório foi detalhado o estágio da aluna Priscila da Costa Fraga Nascimento no setor de engenharia da Prefeitura Universitária da UFCG. Foram apresentados o embasamento teórico, as atividades realizadas e os resultados obtidos.

O mapeamento dos transformadores pela plataforma se mostrou um recurso bastante útil e os critérios utilizados para analisar a qualidade de energia do prédio em estudo, utilizando os dados de um medidor pertencente a um projeto maior, foram de muito aprendizado. Os maiores desafios do estágio foram encontrar uma maneira para medir os ângulos das tensões de fase e desenvolver um algoritmo para analisar esses dados por meio das componentes simétricas. Apesar do êxito, foi bastante trabalhoso e desafiador.

Com o término do trabalho foram alcançados todos os objetivos propostos no plano de trabalho. Para a Prefeitura Universitária foi desenvolvido um mapa dos transformadores com informações que irão auxiliar nas atividades de manutenção da rede elétrica dentro do *campus*. Quanto a análise das tensões, a mesma pode servir de base para utilização em outros prédios, porque nem todos tem um comportamento dentro dos padrões como o constatado neste relatório, podendo expandir o estudo para a corrente, ou quem sabe, estudar a distorção harmônica presente na rede.

REFERÊNCIAS

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST: Acesso aos Sistemas de Distribuição**. [S.l.: s.n.], 2005. 18, 23 pp. v. Módulo 3. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Modulo3-TextoBasico-2005-06-03.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2018.

ENERGISA. **Norma de Distribuição Unificada 004 – NDU 004**. Disponível em: <http://www.energisa.com.br/>. Acesso em: 25 nov. 2018.

ENERGISA. **Norma de Distribuição Unificada 006 – NDU 006**. Disponível em: <http://www.energisa.com.br/>. Acesso em: 27 nov. 2018.

FORTESCUE, C. L. *Method of symmetrical co-ordinates applied to the solution of polyphase networks*. In: CONVENCION OF THE AMERICAN INSTITUTE OF ELECTRICAL ENGINEERES (AIEE), 34., 1918 [S.1.]. AIEE Transactions..., Atlantic City, N. J. USA: AIEE, 1918. V.37.

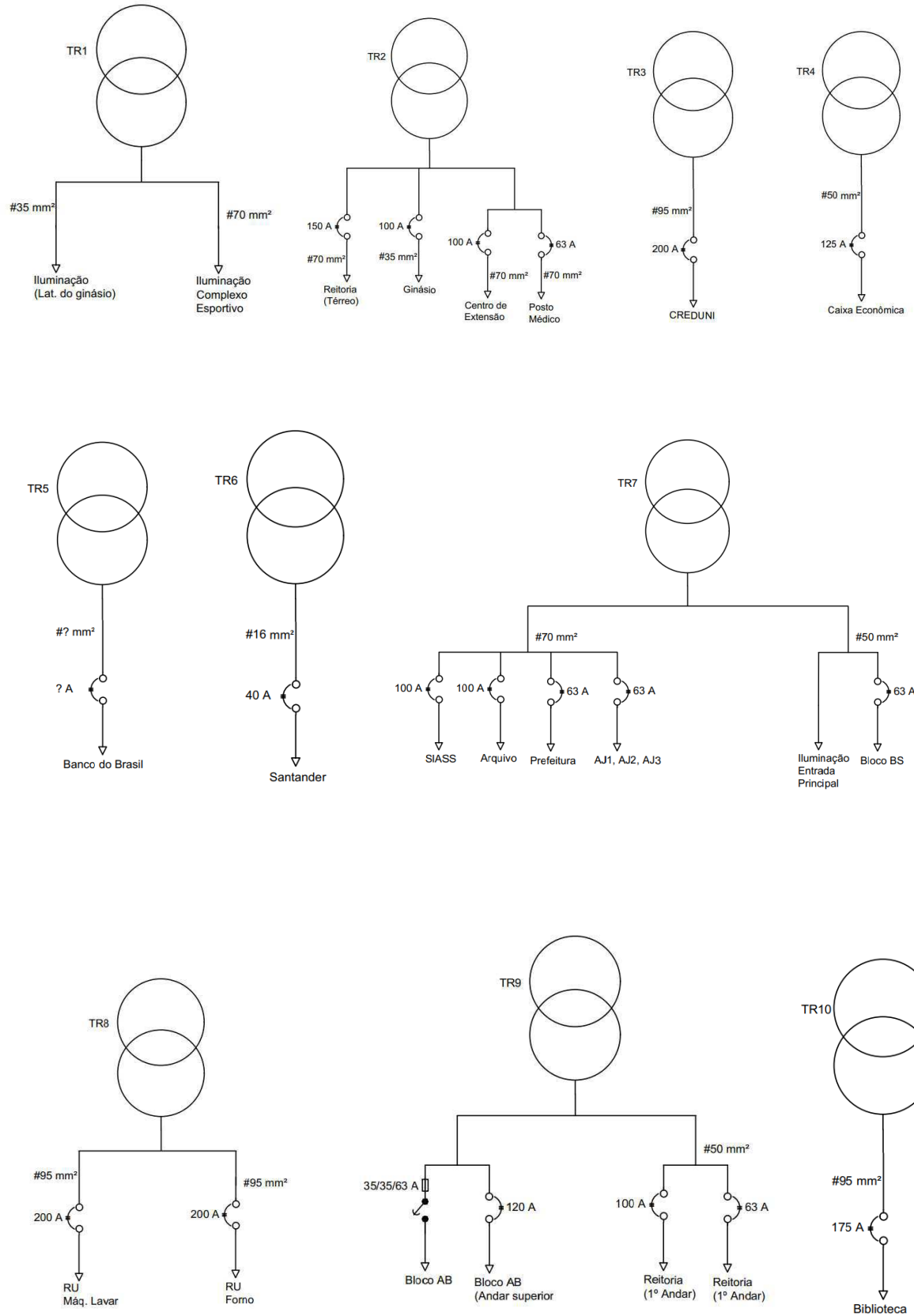
LEAL, S. D. B.. **RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO PREFEITURA UNIVERSITÁRIA - UFCG**. Campina Grande, 2016. 83 p.

PREFEITURA UNIVERSITÁRIA, **Universidade Federal de Campina Grande**. Disponível em: <http://www.prefeitura.ufcg.edu.br/>. Acesso em: 20 nov. 2018.

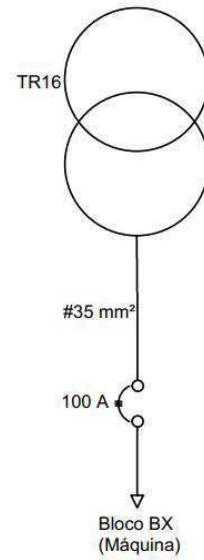
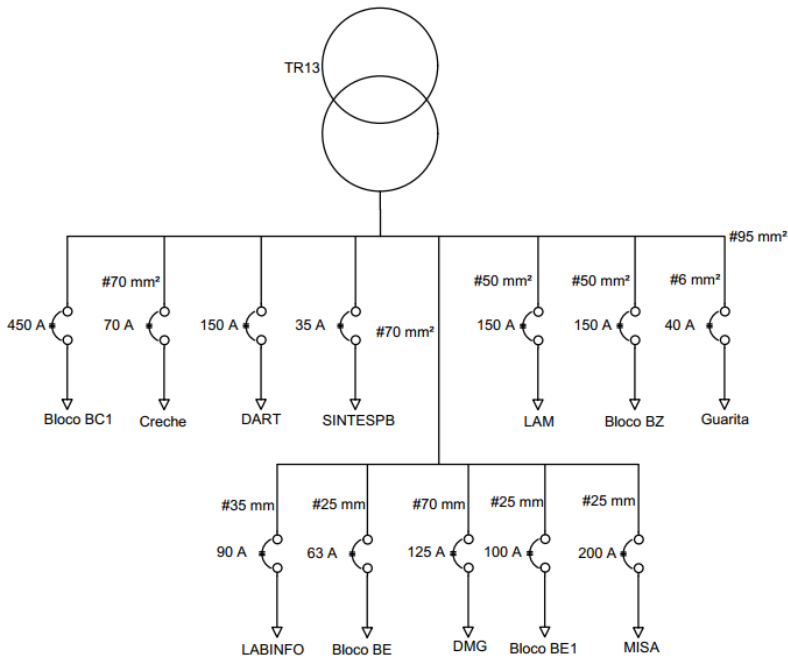
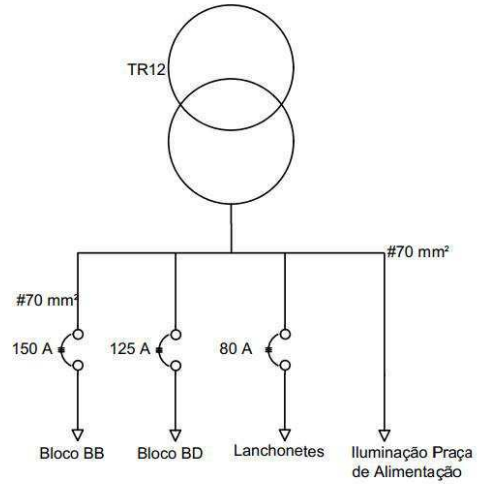
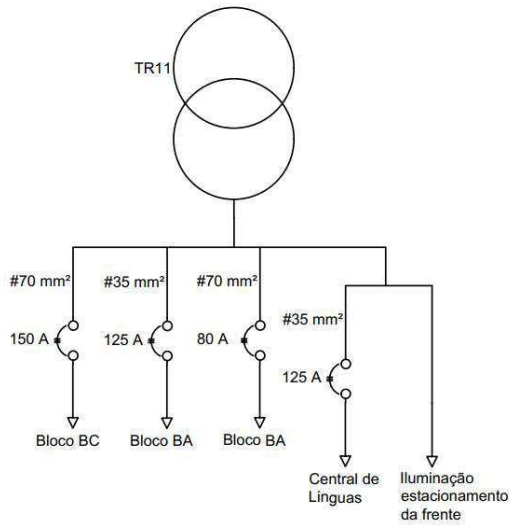
SAADAT, H. *Power system analisys*. 2. Ed. Boston: McGraw-Hill USA, 2002. 712p. ISBN-13:978-0-07-284796-3.

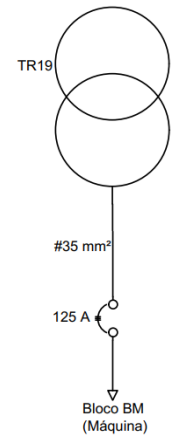
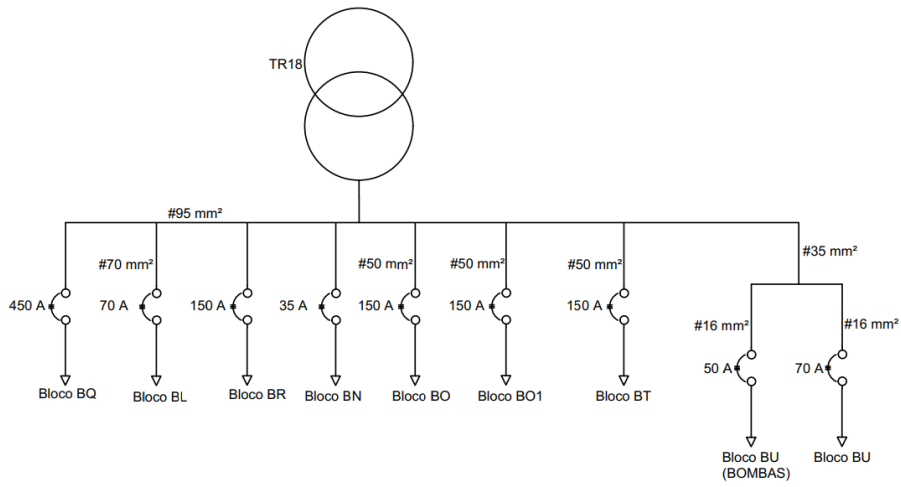
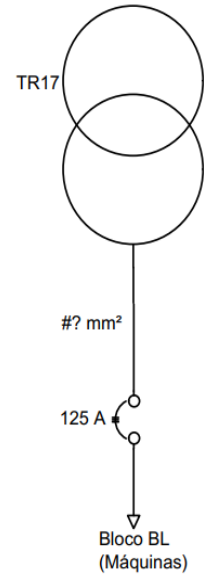
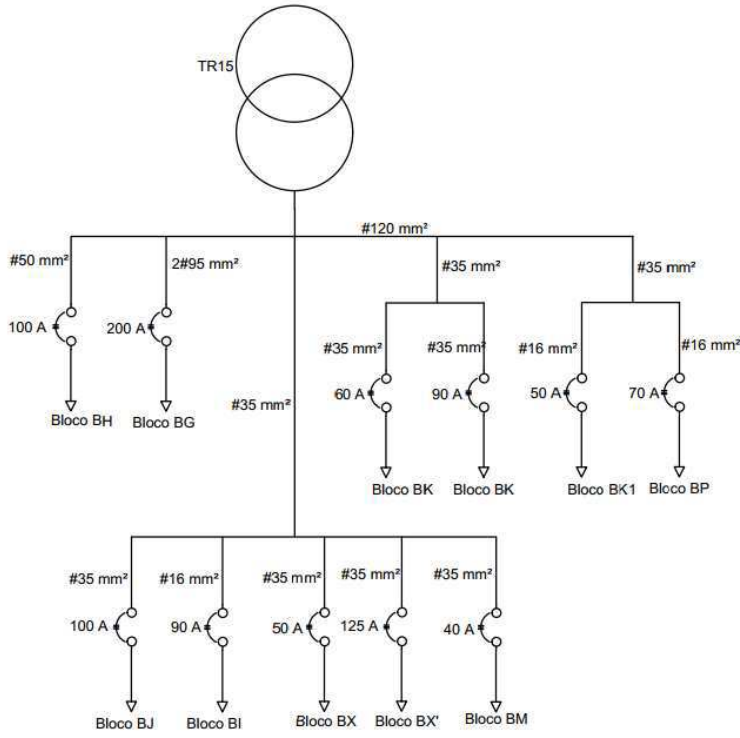
SCIKE, *Scike - Software Cluster*. Disponível em: <https://scikepb.dcx.ufpb.br/>. Acesso em: 20 nov. 2018.

ANEXO B – DIAGRAMAS UNIFILARES DO SETOR A



ANEXO C – DIAGRAMAS UNIFILARES DO SETOR B





ANEXO D – DIAGRAMAS UNIFILARES DO SETOR C

