

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS E RENOVÁVEIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

WOLNEY LUCENA SANTANA

**Inspeção das Instalações Elétricas do bloco K, L e
M do Centro de Tecnologia da Universidade
Federal da Paraíba**

João Pessoa, Novembro de 2016

WOLNEY LUCENA SANTANA

**Inspeção das Instalações Elétricas do bloco K, L e
M do Centro de Tecnologia da Universidade
Federal da Paraíba**

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica
da Universidade Federal da Paraíba como
parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Elétrica.*

Ênfase da Formação: Sistemas de Energia

Orientadores:

Professor Dr. Nady Rocha
Professor Dr. Clivaldo Silva de Araújo

João Pessoa, Novembro de 2016

WOLNEY LUCENA SANTANA

Inspeção das Instalações Elétricas do bloco K, L e M do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica
da Universidade Federal da Paraíba como
parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Elétrica.*

DATA DA APROVAÇÃO: ____/____/____

NOTA: ____

APROVADO POR:

Prof. Dr. Nady Rocha (Orientador)
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Clivaldo Silva de Araújo (Orientador)
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Alexandre César de Castro (Avaliador)
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Euler Cássio Tavares Macedo (Avaliador)
Universidade Federal da Paraíba

João Pessoa, Novembro de 2016.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado saúde e sabedoria para que dia após dia conquiste meus objetivos. A Ele toda honra e toda glória. Dedico a Deus todos os méritos deste trabalho.

Agradeço também a minha esposa e toda minha família, pelo apoio incondicional e constante.

Aos meus orientadores, professores Dr. Nady Rocha e Dr. Clivaldo Silva de Araújo, por terem me dado base suficiente para executar satisfatoriamente todas as atividades durante o desenvolvimento do TCC.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma, passaram pela minha vida e contribuíram para a conclusão de mais esta etapa.

SANTANA, Wolney Lucena. **Inspeção das Instalações elétricas do bloco K, L e M do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba.** Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica. Universidade Federal da Paraíba. Departamento de Engenharia Elétrica, João Pessoa, 2016.

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso tem por objetivo inspecionar as instalações elétricas dos blocos K, L e M do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba. Para realização da inspeção foi criado *checklist* para orientação e definição de pontos a serem inspecionados. Com base nas inspeções realizadas, foram apresentadas medidas a serem adotadas para adequar as instalações elétricas às normas vigentes, identificando os itens em não conformidade com a norma, visando solucionar problemas técnicos e de má conservação das instalações elétricas com o intuito de manter o patrimônio da Universidade Federal da Paraíba e preservar a saúde, segurança e o bem-estar de toda a comunidade universitária e visitante. A partir da conclusão deste trabalho é possível elaborar um plano de ação para manutenção corretiva que poderá ser adotado pelos gestores para normatizar as instalações elétricas.

Palavras-chave: Inspeção; Instalações Elétricas; Normas Técnicas; Segurança.

SANTANA, Wolney Lucena. **Inspection of the electrical installations of block K, L and M of the Technology Center of the Federal University of Paraíba.** Completion of course work. B.Sc. in Electrical Engineering. Federal University of Paraíba. Department of Electrical Engineering, Joao Pessoa, 2016.

ABSTRACT

This work of Course aims to inspect electrical installations of blocks K, L and M of the Tecnology Center of the Federal University of Paraiba. To perform the inspection was created *checklist* for guidance and set points to be inspected. Based on inspections, measures were presented to be taken to adapt the electrical installations to current standards pointing items in non-compliance with the standard, aiming at solving technical problems and poor maintenance of electrical installations in order to preserve the assets of the Federal University Paraiba and preserve the health, safety and the students and staff welfare. From the conclusion of this work it is possible to draw up an action plan for corrective maintenance that may be adopted by managers to normalize electrical installations.

Key words: Inspection; Electrical Installations; Technical Standards; Safety.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1– Incêndio por Curto Circuito ano base 2015.....	16
Figura 1.2– Quantidade de choque elétrico pro faixa etária.....	19
Figura 1.3 – Cone de Sinalização.....	23
Figura 1.4 – Fita refletiva.....	23
Figura 1.5 – Fita adesiva demarcatória.....	23
Figura 1.6 – Luminária de sinalização.....	23
Figura 1.7 – Grade de proteção dobrável.....	24
Figura 1.8 – Calhas de isolamento e protetores de isoladores e cruzeta.....	24
Figura 1.9 – Varas de manobra.....	24
Figura 1.10 – Placas de sinalização.....	24
Figura 1.11 – Capacete de proteção tipo aba total e aba frontal.....	26
Figura 1.12 – Óculos de proteção com visor acrílico.....	26
Figura 1.13– Protetor auditivo tipo concha e inserção.....	27
Figura 1.14– Luva de proteção em borracha e luva de proteção em vaqueta.....	27
Figura 1.15 – Calçado de proteção tipo botina de couro.....	27
Figura 3.1 – Componentes á considerar no ensaio de continuidade do condutor de proteção.....	36
Figura 3.2 – Ensaio de continuidade com multímetro.....	36
Figura 3.3 – Medição de resistência de isolamento.....	39
Figura 3.5 – Método com resistência variável conectado a montante do DR.....	43
Figura 3.6 – Método com resistência variável conectado a jusante do DR.....	43
Figura 3.7 – Método de medição de resistência de aterramento.....	45
Figura 5.1(a) até 5.1(d) – Inspeção no Laboratório de Eletrotécnica.....	50
Figura 5.2(a) até 5.2 (d) – Inspeção no Laboratório de Eletrotécnica.....	51
Figura 5.3(a) até 5.3(d) – Inspeção no Laboratório de Materiais e Instrumentação.....	54
Figura 5.4(a) até 5.4(d) – Inspeção no Laboratório de Eletrônica Analógica e Digital..	57
Figura 5.5(a) até 5.5(d) – Inspeção no Quadro de Distribuição do Térreo.....	59
Figura 5.6(a) até 5.6(d) – Comparativo dos Quadros de distribuição.....	61
Figura 5.7(a) até 5.7(d) – Comparativo dos Quadros de distribuição.....	61
Figura 6.1(a) até 6.1(d) – Inspeção no QGBT 01.....	65
Figura 6.1 – Corrente de linha no QGBT 01.....	67
Figura 6.2 – Tensão de linha no QGBT 01.....	67

Figura 6.3 – Tensão de fase no QGBT 01.....	68
Figura 6.2(a) até 6.2(d) – Inspeção no QGBT 02.....	69
Figura 6.4 – Corrente de linha no QGBT 02.....	70
Figura 6.5 – Tensão de linha no QGBT 02.....	71
Figura 6.6 – Tensão de fase no QGBT 02.....	71
Figura 6.7 – Potência demandada no QGBT 01.....	72
Figura 6.8 – Potência demandada no QGBT 02.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1– Ranking de incêndios causado por curto circuito por cidades Brasileiras ano base 2015.....	16
Tabela 1.2 – Incêndios causados por curto circuito por local.....	17
Tabela 2.1 – Planejamento do controle de riscos das inspeções elétricas.....	29
Tabela 2.2 – <i>Checklist</i> das instalações elétricas.....	31
Tabela 2.3 – <i>Checlist</i> dos ensaios realizados nas inspeções elétricas.....	33
Tabela 3.1 – Valores de resistência de isolamento conforme NBR 5410/2004.....	37
Tabela 3.2 – Tensão de contato limite.....	40
Tabela 3.3 – Situações para contato limite.....	41
Tabela 3.4 – Tempo de seccionamento máximo no esquema TN.....	42
Tabela 3.5 – Valores de tensão de ensaio.....	46
Tabela 4.1 – Valores de tensão de referência conforme ANEEL.....	48
Tabela 5.1 – Ensaio de verificação de tensão no Laboratório de Eletrotécnica.....	52
Tabela 5.2 – Ensaio de resistência de Isolação no Laboratório de Eletrotécnica.....	53
Tabela 5.3 – Ensaio de verificação de tensão no Laboratório de Materiais e Instrumentação.....	55
Tabela 5.4 – Ensaio de resistência de Isolação no Laboratório de Materiais e Instrumentação.....	56
Tabela 5.5 – Ensaio de verificação de tensão no Laboratório de eletrônica Analógica e Digital.....	58
Tabela 5.6 – Ensaio de verificação de tensão no Quadro de distribuição térreo.....	60
Tabela 5.7 – Ensaio de resistência de Isolação no Quadro de distribuição térreo.....	61
Tabela 6.1– Ensaio de resistência de Isolação no Quadro Geral de Baixa Tensão	66

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1. Introdução.....	12
1.1 Objetivos Geral.....	13
1.2 Objetivos Específicos	13
1.3 Revisão Bibliográfica.....	13
1.3.1. Visão Histórica.....	14
1.3.2 Acidente e Riscos envolvidos em Instalações Elétricas.....	15
1.4 Norma Regulamentadora NR 10.....	19
1.5 Análise Preliminar de Riscos.....	20
1.6 Medidas de Controle.....	21
1.6.1. Medidas de Controle Coletivas.....	22
1.6.1.1. Equipamento de Proteção Coletivo - EPC.....	23
1.6.2. Medidas de Controle Individual.....	25
1.6.2.1. Equipamento de Proteção Individual - EPI.....	25
CAPÍTULO 2. Elaboração do <i>checklist</i> para as Inspeções das Instalações Elétricas....	28
2.1 Introdução.....	28
2.2 Planejamento.....	28
2.3 Inspeção da Instalação Elétrica.....	29
2.4 Ensaio das Instalações Elétricas.....	32
CAPÍTULO 3. Ensaio realizados na Inspeções das Instalações Elétricas.....	35
3.1. Ensaio de continuidade dos condutores de proteção e das equipotencializações principal e suplementar.....	35
3.2. Ensaio de Resistência de Isolação.....	37
3.3. Resistência de isolação das partes PELV e SELV ou separação elétrica.....	40
3.4. Seccionamento automático de alimentação.....	40
3.5. Ensaio de Tensão Aplicada.....	45
3.6. Ensaio de Funcionamento.....	46
CAPÍTULO 4. Qualidade de Energia.....	47
CAPÍTULO 5. Resultados das Inspeções realizadas.....	49
5.1. Inspeção no Laboratório de Eletrotécnica.....	49
5.2. Inspeção no Laboratório de Materiais e Instrumentação.....	53
5.3. Inspeção no Laboratório de Eletrônica Analógica e Digital.....	56

5.4. Inspeção do Quadro de Distribuição Téreo.....	58
5.5. Comparativo entre os Quadros de Distribuição Inspeccionados.....	61
5.6. Conclusão.....	63
CAPÍTULO 6. Inspeção e Ensaio no QGBT 01 e QGBT 02.....	64
6.1. Inspeção e Ensaio no QGBT 01.....	64
6.2. Inspeção e Ensaio no QGBT 02.....	68
6.3. Conclusão.....	73
CAPÍTULO 7. Recomendações Finais.....	74
CAPÍTULO 8. Conclusão.....	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	79

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

Atualmente, dentre todas as formas de energia conhecidas, a eletricidade é a mais utilizada para suprir as necessidades diárias dos setores residenciais, comerciais e industriais. A energia elétrica é gerada, e facilmente transportada através de linhas de transmissão até chegar aos centros de consumos de pequeno, médio e grande porte, podendo ser transformada em outras formas de energia para ser utilizada, como energia térmica, mecânica e luminosa [6] [5].

Porém, a energia elétrica na mesma proporção que é indispensável para o desenvolvimento da sociedade, ela requer cuidados especiais em sua instalação e uso por parte dos consumidores, exigindo dos profissionais da área aplicações de medidas de controle de riscos elétricos, especificados em normas vigentes, para garantir que a segurança e bem estar de todos os usuários da instalação seja preservada.

A segurança envolvida em uma instalação elétrica envolve questões técnicas, sociais, econômicas e financeiras, porem, independentemente do motivo, muitos são os prejuízos causados por instalações elétricas inadequadas que não seguem as prescrições das normas tanto no projeto bem como na execução das instalações, sejam elas novas ou antigas, levando a um evidente crescimento de acidentes ocasionados por instalações inadequadas ao uso [1] [2].

O tempo de vida útil dos materiais, somado com a falta de informação técnica no projeto e/ou má execução, afeta diretamente na confiabilidade das instalações elétricas e a segurança de seu funcionamento. Dessa forma, a segurança de qualquer instalação elétrica deve ser analisada periodicamente por meio de vistorias e ensaios indicados pelas normas, devem ser realizados por profissionais habilitados pelo CREA (Conselho Regional de Engenharia e Arquitetura), visando identificar pontos em não conformidade com as normas vigentes. Por isso, os proprietários e usuários das edificações devem estar conscientes do grave risco que correm de não manterem de forma adequada o nível de segurança das instalações elétricas, podendo ter como consequências acidentes pessoais e dano materiais significativos. Sendo assim, torna-se indispensável que as instalações elétricas, independentemente do tempo que foi executada, sejam avaliadas periodicamente, pois instalações com péssimo estado de conservação colocam em risco a vida das pessoas e animais [1] [6] [18].

Em alguns estabelecimentos verifica-se que a fiscalização e as exigências do cumprimento das normas técnicas e regulamentadoras é pouco explorada durante e após

a execução das instalações elétricas. Este trabalho de conclusão de curso está focado em analisar a situação encontrada nas Instalações Elétricas da Universidade Federal da Paraíba através de uma vistoria, tendo como foco o bloco K, L e M do Centro de Tecnologia. Para o desenvolvimento das atividades de vistoria foi desenvolvido um *checklist* das instalações elétricas visando facilitar a identificação de itens que estão em não conformidade com as normas vigentes, oferecendo no fim do trabalho informações para ser criado um plano de ação corretiva a serem realizadas nos ambientes vistoriados [18] [13].

1.1 Objetivo Geral

Neste trabalho de conclusão de curso pretendem-se inspecionar as instalações elétricas dos blocos K, L e M do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba.

1.2 Objetivos Específicos

- Elaboração de um *checklist* para orientar a identificação dos pontos que se encontram em não conformidade com a norma vigente;
- Realizar vistoria nas instalações elétricas;
- Recomendar ações corretivas para adequação aos itens onde foram encontradas pendências nas instalações elétricas;
- Eventualmente, colocar em prática as ações sugeridas para adequação das instalações elétricas;
- Servir como ponto base para dar continuidade às inspeções em toda UFPB com intuito de garantir a segurança e bem estar de todos os usuários.

1.3 Revisão Bibliográfica

Esta seção tem como objetivo apresentar todo embasamento teórico necessário para o desenvolvimento do *checklist* que foi utilizado durante toda vistoria das instalações elétricas das salas de aula e laboratórios vistoriados.

1.3.1 Visão Histórica

Nas décadas de 1970 e 1980 o engenheiro eletricitista e/ou técnico em eletricidade era pouco utilizado nos projetos elétricos, execução realizada muitas vezes por pessoas não capacitadas, dessa forma, a falta de atenção com relação às instalações elétricas resultou em muitas instalações executadas em não conformidade, sem levar em consideração as normas e especificações necessárias a um bom funcionamento, durabilidade e confiabilidade da instalação [13] [5] [20] [22].

Sendo assim, os índices de não conformidade com a norma eram elevados, visto que, era rotineira a falta de cabo de aterramento, quadro de distribuição sem disjuntores geral de proteção ou sem barramentos, dimensionamento errôneos de cabos e dispositivos de proteção, levando a um elevado índice de acidentes provocados por instalações elétricas projetadas de maneira inadequadas e/ou executada por profissionais não habilitados para exercer a profissão [18] [13] [20].

Porém, com ao aumento da globalização e a difusão de equipamentos elétricos e eletrônicos mais modernos a sociedade aumentou a visibilidade para contratações de profissionais capacitados para desenvolver projetos e execuções de instalações elétricas com qualidade. A tendência desse quadro é o estabelecimento de órgãos reguladores e fiscalizadores para criarem normas e procedimentos técnicos a serem seguidos pelos projetistas e instaladores. A norma brasileira mais utilizada em termos de instalações elétricas residenciais e comerciais e industriais é a NBR 5410 – Instalações Elétricas em Baixa Tensão, datada de 1997 e reeditada em 2004, passando a vigorar em 31 de março de 2005. Nesta norma são encontradas praticamente todas as informações técnicas necessárias ao projeto e execução de uma instalação elétrica em baixa tensão [18] [7] [5] [21].

Como está descrito no primeiro objetivo da própria norma: *“Esta Norma estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens.”* Bem como, *“Esta Norma aplica-se principalmente às instalações elétricas de edificações, qualquer que seja seu uso (residencial, comercial, público, industrial, de serviços, agropecuário, hortigranjeiro, etc.), incluindo as pré-fabricadas”*. [7]

Em complemento as normas brasileiras aplicam-se as normas regulamentadoras (NR) com objetivo de assegurar cumprimento de regras de segurança no processo de

projeto e execução de uma instalação elétrica. Dentre as NRs existentes, a NR 10 estabelece requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controles e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam as instalações elétricas e serviços em eletricidade [7] [18] [20].

1.3.2. Acidentes e riscos envolvidos nas instalações elétricas

O número de acidentes cuja origem é a eletricidade é bastante elevado, principalmente porque o risco elétrico pode ser controlado em praticamente todos os casos. Segundo os dados levantados anualmente pela ABRACOPEL (Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade), em 2014, das 627 mortes envolvendo a eletricidade, 214 aconteceram em residências (aqui incluídas casas, apartamentos, sítios e fazendas). Foram mais de 200 pessoas que perderam a vida dentro de suas casas, local onde deveriam se sentir mais seguras. Em 2015, esse número, felizmente, diminuiu um pouco, dos 590 acidentes, 162 pessoas morreram em locais considerados residenciais. Mesmo assim, ainda é um número alto demais se pensarmos que foram acidentes totalmente evitáveis [19].

Ainda segundo dados da ABRACOPEL, em 2015 ocorreram cerca de 1220 acidentes com mais de 600 mortes sendo por choque elétrico, descarga atmosférica e em incêndios gerados por problemas na instalação elétrica. No Brasil, não existem estatísticas atualizadas quanto a acidentes com a rede elétrica. Sabe-se que nos Estados Unidos cerca de 5.000 pessoas chegam anualmente aos prontos socorros vitimados por choques elétricos e aproximadamente 1000 casos fatais são creditados anualmente a este fator [19].

No que se refere especificamente aos incêndios gerados por curtos circuitos, os dados mostram que em relação a 2014, o ano de 2015 apresentou um aumento de quase 50% – de 295 incêndios originados por um curto circuito ou sobrecarga, este número subiu para 441 em 2015. As mortes, infelizmente, também apresentaram um aumento significativo, de 20 para 33 mortes, (mais de 60%). No que se refere à porcentagem por região, a Figura 1.1 mostra que 28% dos incêndios provenientes de curto-circuito ocorrem no sudeste e em segundo lugar vem o nordeste com uma taxa de 25% [19]:

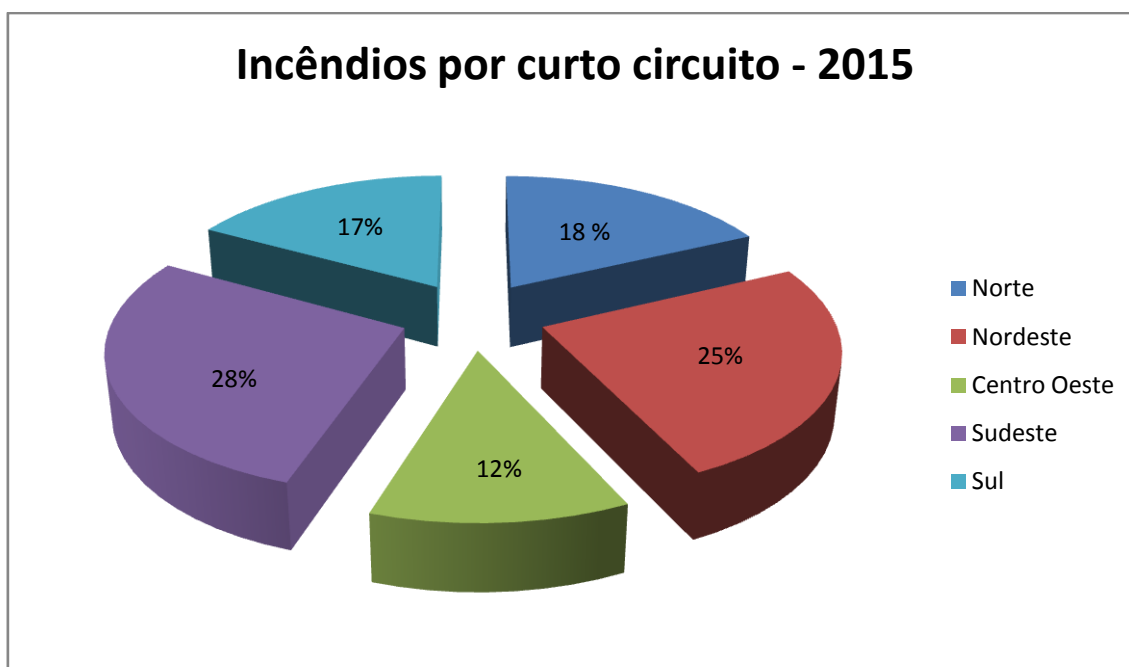


Figura 1.1: Incêndio por curto circuito ano base 2015. [Fonte: ABRACOPEL]

Em relação às cidades campeãs em incêndios gerados por curtos circuitos, a capital amazonense é disparada a campeã neste tipo de acidente. As causas dos incêndios gerados por eletricidade são, em quase 100% dos casos, devido às instalações elétricas antigas, excesso de equipamentos plugados em uma mesma saída de energia (tomada), gambiarras, falta de manutenção e falta de dimensionamento das proteções dos circuitos elétricos. A tabela 1.1 apresenta um ranking de incêndios causados por curto circuito por cidades brasileiras – ano base 2015 [19].

Ranking	Cidade	Número de incêndios	Mortes
1°	Manaus	35	06
2°	Salvador	14	01
3°	Cuiabá	14	00
4°	São Paulo	11	02
5°	Recife	10	01
6°	Teresina	10	01
7°	Campo Grande	10	01
8°	Maceió	09	03
9°	Curitiba	09	03

10°	Florianópolis	07	00
-----	---------------	----	----

Tabela 1.1: Ranking de incêndios causados por curto circuito por cidades brasileiras – ano base 2015.

[Fonte: ABRACOPEL]

No ano de 2014, do total de 295 incêndios originados por curtos-circuitos, 136 ocorreram em ambientes residenciais (casas, apartamentos, sítios, fazendas), sendo que 118 ocorreram em residências unifamiliares (casas). Nestes acidentes em residências, 20 pessoas perderam suas vidas. A Tabela 1.2 apresenta os ambientes onde ocorreram incêndios ocasionados por curto circuito – ano base 2015 [19].

Incêndio por Local - 2015	Incêndio	Fatal
Total	441	33
Casa	174	31
Comercio de pequeno porte	146	02
Comércios outros	03	00
Empresas públicas	31	00
Escolas	23	00
Hospitais	11	00
Igrejas	03	00
Indústria de grande porte	00	00
Indústria de pequeno e médio porte	13	00
Outros	04	00
Residência Multifamiliar - Apto	24	00
Residência Multifamiliar – Área comum	00	00
Shopping Center	04	00
Sítio e Chácaras	01	00
Super e Hipermercados	04	00

Tabela 1.2: Incêndios causados por curto circuito por local – ano base 2015. [Fonte: ABRACOPEL]

Todos estes dados mostram, claramente, a falta de importância que se dá no Brasil quanto aos acidentes envolvendo eletricidade. Não existe investimento neste setor, não são realizadas campanhas educativas envolvendo crianças e adultos no sentido de uma conscientização para o uso seguro da eletricidade. Enfim, a cultura sobre

a segurança com eletricidade no Brasil ainda é uma questão pouco praticada e requer mais atenção e incentivos por parte dos governantes [19] [21] [22].

No setor de energia elétrica, os trabalhadores e usuários estão expostos a inúmeros riscos, e em muitos casos esses riscos são elevados. O maior risco observado é de origem elétrica, que mesmo em tensões baixas podem oferecer risco elevado aos usuários da instalação elétrica [11] [19].

O choque elétrico é um estímulo rápido no corpo humano, ocasionado pela passagem da corrente elétrica. Essa corrente circulará pelo corpo onde ele tornar-se parte do circuito elétrico, onde há uma diferença de potencial suficiente para vencer a resistência elétrica oferecida pelo corpo. O caminho percorrido pela corrente elétrica no corpo humano é outro fator que determina a gravidade do choque, sendo os choques elétricos de maior gravidade aqueles em que a corrente elétrica passa pelo coração [11] [18] [14].

O choque elétrico pode ocasionar contrações violentas dos músculos, a fibrilação ventricular do coração, lesões térmicas e não térmicas. A morte por asfixia ocorrerá, se a intensidade da corrente elétrica for de valor elevado, normalmente acima de 30 mA e circular por um período de tempo relativamente pequeno, normalmente por alguns segundos. Daí a necessidade de uma ação rápida, no sentido de interromper a passagem da corrente elétrica pelo corpo. A fibrilação ventricular do coração ocorrerá se houver intensidades de corrente da ordem de 15mA que circulem por períodos de tempo superiores a um quarto de segundo. A fibrilação ventricular é a contração disritimada do coração que, não possibilitando desta forma a circulação do sangue pelo corpo, resulta na falta de oxigênio nos tecidos do corpo e no cérebro.

Conforme citado anteriormente, o número de acidentes envolvendo eletricidade e os acidentes envolvendo descargas atmosféricas (raios) foi de 1.222 em 2015 (em 2014, este total foi de 1038 acidentes). O total de acidentes com choques elétricos foi de 822, sendo 627 fatais. No caso dos curtos-circuitos, o total foi de 311 casos, sendo que 295 evoluíram para incêndio resultando em 20 mortes (todas elas em residências). As descargas atmosféricas foram responsáveis por 89 acidentes, sendo que 46 pessoas perderam a vida [19].

A maioria das vítimas são pessoas com faixa etária entre os 21 e 40 anos, correspondendo a um total de 325 mortes. Porém, um número que chama a atenção é o de crianças que perderam suas vidas por acidentes com choques elétricos: entre 0 e 5 anos foram 20 mortes; considerando agora crianças de 0 à 10 anos, esse número sobe

para 34; e se seguirmos até os 15 anos, chega a um total de 69 mortes. Evoluindo ainda mais para os adolescentes entre 16 e 20 anos somados às crianças, tem-se um total de 107 crianças, adolescentes e jovens que perderam a vida em 2014 devido à falta de atenção ou desinformação sobre os perigos da eletricidade. A Figura 1.2 apresenta quantidade de choque elétrico por faixa etária [19].



Figura 1.2: Quantidade de choque elétrico por faixa etária – ano base 2014. [Fonte: ABRACOPEL]

Portanto, diante a realidade apresentada verifica-se a necessidade urgente de aplicações de medidas de controle de riscos nas instalações elétricas, dentre outras medidas, a vistoria periódica realizada por um profissional habilitado torna-se imprescindível para verificações de instalações em não conformidade com as normas vigentes, reduzindo de forma impactante nos índices de acidentes provocados por eletricidade.

1.4 Norma Regulamentadora - NR 10

Com o avanço das tecnologias e processo de automatização de máquina e equipamentos os princípios de organização de trabalho precisavam passar por uma reformulação diante a prevaricação das condições de segurança e saúde no trabalho, com consequentes aumentos nos índices de acidente de trabalho com eletricidade [21].

Diante desse cenário, o MTE (Ministério do Trabalho e Emprego) promoveu atualização da NR 10 atribuindo novos conceitos e procedimentos a ser adotados com relação à segurança em instalações e serviços em eletricidade. Com isso, um grupo de engenheiros eletricitas e de segurança do trabalho, de diversas entidades

governamentais, foram responsáveis, em 2001, pelo estudo da segurança e saúde no setor elétrico elaborando um texto base para orientar a atualização da NR 10 [11] [18].

O MTE aceitou o texto inicial sem alteração e disponibilizou para consulta pública até setembro de 2002. Em outubro de 2002 a proposta inicial, junto com as sugestões ouvidas da sociedade, foi encaminhada para Comissão Tripartite Partidária Permanente (CTPP), que organizou um Grupo Técnico Tripartite da NR 10 (GTT10) formado de profissionais da área de segurança em eletricidade para revisar e discutir a formulação final do texto da nova NR 10 [11] [18].

O novo texto da Norma Regulamentadora Nº 10 – Segurança nas instalações e serviços em eletricidade (NR 10), instituída originalmente pela Portaria 3214/1978 do Ministério do Trabalho, atual Ministério do Trabalho e Emprego, em vigor desde dezembro de 2004, reflete em grande parte as propostas emanadas do Grupo responsável pela implantação da citada Convenção [11] [18].

A NR 10 estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade. A mesma se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades, observando-se as normas técnicas oficiais estabelecidas pelos órgãos competentes e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais cabíveis [11] [18].

1.5 Análise Preliminar dos Riscos - APR

A expressão APR (Análise Preliminar de Risco) é muito utilizada no cotidiano dos profissionais da área de segurança e saúde do trabalho. APR é uma técnica de avaliação prévia dos riscos presentes na realização de uma determinada atividade ou trabalho. Consiste no detalhamento minucioso de cada etapa do trabalho, e dos riscos envolvido nesta tarefa. Dentre os principais objetivos da análise preliminar de risco, podemos destacar [11]:

1. Identificar os riscos;

2. Orientar os colaboradores dos riscos existentes em suas atividades no trabalho;
3. Organizar a execução da atividade;
4. Estabelecer procedimentos seguros;
5. Trabalhar de maneira planejada e segura;
6. Prevenção dos acidentes de trabalho;
7. Sensibilizar e instruir os trabalhadores sobre os riscos envolvidos na execução do trabalho.

A Análise Preliminar de Risco sempre deve ser desenvolvida com a participação dos trabalhadores e implantada antes da execução de determinadas atividades, seja para trabalhos realizados pela própria empresa ou através de empresas contratadas. Para a elaboração de uma boa APR é recomendável dialogar com o supervisor e a equipe responsável pela realização do trabalho, sendo muito importante sempre realizar uma visita ao local que será executado o trabalho. Dessa forma, obtendo o máximo de informação sobre o serviço a ser executado, além de melhorar o desenvolvimento da APR [11] [18].

1.6 Medidas de Controle

Em todas as intervenções em instalações elétricas devem ser adotadas medidas preventivas de controle do risco elétrico e de outros riscos adicionais, mediante técnicas de análise de risco, de forma a garantir a segurança e a saúde no trabalho. As medidas de controle adotadas devem integrar-se às demais iniciativas da empresa, no âmbito da preservação da segurança, da saúde e do meio ambiente do trabalho. As empresas estão obrigadas a manter esquemas unifilares atualizados das instalações elétricas dos seus estabelecimentos com as especificações do sistema de aterramento, dos dispositivos de proteção e demais equipamentos [11].

Os estabelecimentos com carga instalada superior a 75 kW devem constituir e manter o Prontuário de Instalações Elétricas, contendo no mínimo [11]:

1. Conjunto de procedimentos e instruções técnicas e administrativas de segurança e saúde, implantadas e relacionadas pela NR 10 e discriminando as medidas de controle existentes;

2. Documentação das inspeções e medições do sistema de proteção contra descargas atmosféricas e aterramentos elétricos;
3. Especificação dos equipamentos de proteção coletiva e individual;
4. Documentação comprobatória da qualificação, habilitação, capacitação, autorização dos trabalhadores e dos treinamentos realizados;
5. Resultados dos testes de isolamento elétrica realizados em equipamentos de proteção individual e coletiva;
6. Certificações dos equipamentos e materiais elétricos em áreas classificadas;
7. Relatório técnico das inspeções atualizadas com recomendações, cronogramas de adequações.

O Prontuário de Instalações Elétricas deve ser organizado e mantido atualizado pelo empregador ou pessoa formalmente designada pela empresa, devendo permanecer à disposição dos trabalhadores envolvidos nas instalações e serviços em eletricidade. Os documentos técnicos previstos no Prontuário de Instalações Elétricas devem ser elaborados por profissional legalmente habilitado [11] [13].

1.6.1. Medidas de Controle Coletivas

Em todos os serviços executados em instalações elétricas devem ser previstas e adotadas, prioritariamente, medidas de proteção coletiva aplicáveis, mediante procedimentos, às atividades a serem desenvolvidas, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores. As medidas de proteção coletiva compreendem, prioritariamente, a desenergização elétrica conforme é estabelecido pela NR 10 e, na sua impossibilidade, o emprego de tensão de segurança [11] [12].

Na impossibilidade de implementação das prescrições citadas, devem ser utilizadas outras medidas de proteção coletiva, tais como: isolamento das partes vivas, obstáculos, barreiras, sinalização, sistema de seccionamento automático de alimentação, bloqueio do religamento automático. O aterramento das instalações elétricas deve ser executado conforme regulamentação estabelecida pelos órgãos competentes e, na ausência desta, deve atender às Normas Internacionais vigentes [11] [12].

1.6.1.1 Equipamento de Proteção Coletivo - EPC

O Equipamento de Proteção Coletiva (EPC) trata-se de todo dispositivo fixo ou móvel, destinado à preservação da integridade física e da saúde dos trabalhadores, usuários ou terceiros envolvidos no desenvolvimento de uma tarefa. Alguns exemplos de EPC utilizado em uma atividade elétrica são apresentados nas Figuras de 1.3 a 1.10 [11].



Figura 1.3: Cone de sinalização. [Fonte: INBEP]



Figura 1.4: Fita Refletiva. [Fonte: INBEP]



Figura 1.5: Fita Adesiva Demarcatória. [Fonte: INBEP]



Figura 1.6: Luminária da sinalização. [Fonte: INBEP]

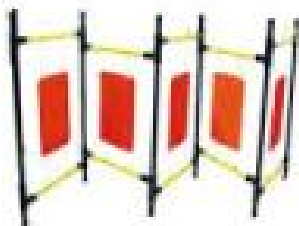


Figura 1.7: Grade Dobrável. [Fonte: INBEP]



Figura 1.8: Calhas de isolamento e protetores de isoladores e cruzetas. [Fonte: INBEP]



Figura 1.9: Varas de manobras. [Fonte: INBEP]



Figura 1.10: Placas de sinalização. [Fonte: INBEP]

1.6.2 Medidas de Controle Individuais

Nos trabalhos em instalações elétricas, embora as medidas de proteção coletiva sejam tecnicamente suficientes para controlar os riscos, devem ser adotados equipamentos de proteção individuais específicos e adequados às atividades desenvolvidas. As vestimentas de trabalho devem ser adequadas às atividades, devendo contemplar a condutibilidade, inflamabilidade e influências eletromagnéticas. É vedado o uso de adornos pessoais nos trabalhos com instalações elétricas ou em suas proximidades [11] [12].

1.6.2.1 Equipamento de Proteção Individual - EPI

Os EPI (Equipamento de Proteção Individual) são todos os equipamentos ou dispositivo utilizados pelos trabalhadores, destinados à proteção de riscos relacionados à atividade realizada no ambiente de trabalho que podem afetar a saúde, a segurança ou a vida. Um equipamento de proteção individual pode ser constituído por vários meios ou dispositivos associados de forma a proteger o seu utilizador contra um ou vários riscos simultâneos. O uso de EPI é obrigatório nas situações citado abaixo [12]:

1. Sempre que as medidas de ordem geral não ofereçam completa proteção contra os riscos de acidentes do trabalho ou de doenças ocupacionais;
2. Enquanto as medidas de proteção coletiva estiverem sendo implantadas;
3. Para atender situações de emergência.

Ainda com relação aos EPIs, são obrigações do empregador [12]:

1. A empresa deve fornecer ao funcionário todos os EPIs adequado aos riscos que ele esteja exposto, entregado equipamentos que devem estar em perfeito estado de conservação e funcionamento;
2. Adquirir o EPI adequado ao risco de cada atividade;
3. Exigir o seu uso;
4. Fornecer ao empregado somente EPI aprovados pelo órgão nacional competente em matéria de segurança e saúde do trabalho;

5. Orientar e capacitar o empregado quanto ao uso adequado acondicionamento e conservação.
6. Substituir imediatamente, quando danificado ou extraviado;
7. Responsabilizar-se pela higienização e manutenção periódica;
8. Comunicação ao Ministério do Emprego e Trabalho qualquer irregularidade observada.

Enquanto que as obrigações dos funcionários são [12]:

1. Utilizar apenas para a finalidade a que se destina;
2. Responsabilizar-se pelo acondicionamento e conservação;
3. Comunicar ao empregador qualquer alteração que o torne impróprio para uso;
4. Cumprir as determinações do empregador sobre o uso adequado.

Existem diversos EPIs, cada um com finalidade e nível de proteção diferente. As Figuras 1.11 a 1.15 apresentam alguns equipamentos de proteção individual utilizado em serviços com eletricidade.



Figura 1.11: Capacete de proteção tipo aba frontal e aba total. [Fonte: INBEP]



Figura 1.12: Óculos de segurança para proteção com visor incolor. [Fonte: INBEP]



Figura 1.13: Protetor auditivo tipo concha e inserção. [Fonte: INBEP]



Figura 1.14: Luva de proteção em borracha e luva de proteção em vaqueta. [Fonte: INBEP]



Figura 1.15: Calçado de proteção do tipo botina de couro. [Fonte: INBEP]

CAPÍTULO 2: ELABORAÇÃO DO CHECKLIST PARA AS INSPEÇÕES DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

2.1 INTRODUÇÃO

Um *checklist* é um instrumento de controle, composto por um conjunto de condutas, nomes, itens ou tarefas que devem ser lembradas e/ou seguidas. Pode ser aplicada em várias atividades, e é usada frequentemente como ferramenta de segurança no trabalho, em inspeções de segurança [13].

Nesse contexto, esse capítulo apresentará de maneira detalhada o *checklist* desenvolvido neste Trabalho de Conclusão de Curso. O *checklist* tem o objetivo de identificar os itens a ser inspecionado, bem como, conduzir o profissional responsável pela inspeção a uma observação sistemática dos pontos a serem realizados a verificação.

2.2 PLANEJAMENTO

Este trabalho apresentou parte das prescrições da NR 10 necessárias para criação de um *checklist* objetivando realizar as inspeções nas instalações elétricas. Contudo, foram desenvolvidos alguns itens visando criar um planejamento de todos os itens de segurança e saúde do trabalho, que será utilizado antes do início de cada inspeção. A Tabela 2.1 apresenta os itens de planejamento de controle dos riscos encontrado nas inspeções elétricas.

Dentre os itens definidos para o planejamento pode-se destacar, por exemplo, perguntas tais como Foi detectado algum risco? Qual? Essa pergunta tem como objetivo identificar os principais riscos como Ergonômico, choque, Arco voltaico, explosão, atropelamento, ruído, objetivando auxilia a identificação dos EPIs e EPCs que serão utilizados durante a inspeção, reduzindo assim, os riscos de acidentes.

PLANEJAMENTO

ITEM	DESCRIÇÃO	SITUAÇÃO
1	O responsável ou equipe conferiu o serviço a ser executado?	Sim () Não ()
2	Foi detectado algum risco?	Sim () Não ()
2.1	Quais riscos? ()Queda ()Arco Voltaico ()Explosão ()Atropelamento ()Ergonômico ()Ruído ()Animais peçonhentos ()Choque	

	()Outros	
3	Será utilizado equipamento de segurança?	Sim () Não ()
3.1	Quais equipamentos? ()Capacete ()Luva de cobertura ()Manga isolante ()Óculos de proteção ()Botina dielétrica ()Protetor auricular ()Luva de borracha isolante ()Cinto de segurança ()Outros	
4	Este serviço requer desligamento ou bloqueio de equipamento?	Sim () Não ()
4.1	Qual equipamento?	
5	Este serviço requer sinalização?	Sim () Não ()
5.1	Quais sinalizações? ()Cone ()Giroflex ()Fita para isolamento da área ()Sinaleira Sonora ()Cavaletes ()Outros	
6	Necessita delimitar a área de trabalho?	Sim () Não ()
7	Necessita de auxílio de concessionária local?	Sim () Não ()
8	Necessário fazer verificação de tensão?	Sim () Não ()
9	A inspeção requer aterramento temporário?	Sim () Não ()
10	A inspeção será realizada em altura?	Sim () Não ()
11	Será necessário se aprisionar a escada e utilização de sinto de segurança?	Sim () Não ()
12	Os participantes da inspeção estão bem fisicamente e mentalmente?	Sim () Não ()
13	Houve diálogo de segurança?	Sim () Não ()
14	Um ou mais executores da inspeção possui curso NR-10?	Sim () Não ()
15	Os requisitos de segurança foram atendidos por todos?	Sim () Não ()
16	Houve necessidade de reavaliação das inspeções realizadas?	Sim () Não ()

Tabela 2.1: Planejamento do controle de riscos das inspeções elétricas. [Fonte: Do autor]

2.3 INSPEÇÃO DA INSTALAÇÃO ELÉTRICA

A norma brasileira de instalações elétricas de baixa tensão, conhecida por NBR 5410, completou em outubro de 2016, 75 anos de história. Sua primeira edição foi publicada em 1941 e passou por seis edições, apresentando sua última edição publicada em Setembro de 2004 e válida desde março de 2005 até os dias atuais. Esta Norma estabelece as condições que as instalações elétricas de baixa tensão devem satisfazer a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens. Aplica-se principalmente às instalações elétricas de edificação, residencial, comercial, público, industrial, de serviços, agropecuário, hortigranjeiro, etc [7]:

Os componentes da instalação são considerados apenas no que concerne à sua seleção e condições de instalação. Isto é igualmente válido para conjuntos em conformidade com as normas a eles aplicáveis. A aplicação da NBR 5410 não dispensa o atendimento a outras normas complementares, aplicáveis a instalações e locais específicos, como exemplo pode citar as normas ABNT NBR 13534 (Instalações Elétricas em Estabelecimentos Essenciais a Saúde), ABNT NBR 13570 (Instalações Elétricas em locais de Afluência ao Público) e ABNT NBR 5418 (Instalações Elétricas em Atmosfera Explosiva), bem como, não dispensa o respeito aos regulamentos de órgãos públicos aos quais as instalações devem satisfazer. As instalações elétricas cobertas pela NBR 5410 estão sujeitas também, naquilo que for pertinente, às normas para fornecimento de energia estabelecido pelas autoridades reguladoras e pelas empresas distribuidoras de eletricidade [11] [7].

A norma é constituída de itens, subitens e anexos voltada para estabelecimentos de regras a ser seguida pelo profissional da área elétrica. Neste trabalho será descrito itens da norma que foi seguido para elaboração do *checklist* que será utilizado na vistoria das instalações elétricas da UFPB, tais como;

- Item 03 – Definições;
- Item 04 – Princípios fundamentais e Determinação das características gerais;
- Item 05 – Proteção para garantir segurança;
- Item 06 – Seleção e instalação dos componentes;

A situação das instalações elétricas de baixa tensão no Brasil sempre foi considerada crítica. O conjunto de componentes de uma instalação formado por eletrodutos, braçadeiras, acessórios, condutores, conectores, disjuntores, interruptores e tomadas, tem uma influência significativa na qualidade de desempenho da instalação, porém, mesmo que sua qualidade individual seja assegurada, resta ainda à grande influência do serviço de construção da instalação. Nele, deve ser avaliada a qualidade da mão de obra utilizada, além do conhecimento tecnológico do instalador [13] [20] [21].

Com intuito de gerar um guia aos profissionais encarregados de efetuar vistorias nas instalações elétricas dos edifícios situados na Universidade Federal da Paraíba, foi desenvolvido um *checklist* genérico que pode ser aplicado em qualquer tipo de ambiente inspecionado, onde, obrigatoriamente o responsável pela vistoria seja tecnicamente qualificado e habilitado para exercer a atividade. Portanto, a Anotação de Responsabilidade Técnica - ART do profissional Responsável Técnico pela vistoria é a

garantia de que ele está habilitado para realizar o serviço e pode ser responsabilizado civil e criminalmente pela sua atuação. Todo serviço de vistoria, para ter validade junto aos órgãos públicos deve estar acompanhada da ART emitida pelo profissional que efetivamente executou a vistoria. Caso haja necessidade para melhor detalhar a vistoria, poderão ser anexados fotos e outros documentos. A Tabela 2.2 apresenta os itens dos ambientes a serem vistoriados na inspeção elétrica, que deverá ser preenchido de acordo com a situação encontrada em cada ambiente inspecionado indicando se os itens estão em conformidade, caso contrário, registrar a real situação da instalação elétrica [18] [20] [21].

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS

ITEM	DESCRIÇÃO DO ITEM	ASPECTOS OBSERVADOS		
		SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES
01	As linhas elétricas estão dispostas de modo a permitir verificações, ensaios, reparos ou modificação da instalação?			
02	As linhas elétricas estão corretamente instaladas?			
03	O quadro de distribuição está devidamente instalado em local de fácil acesso à manutenção, inspeção e ensaio?			
04	Os dispositivos de proteção estão dispostos e identificados de forma fácil de reconhecer os respectivos circuitos protegidos?			

05	O Quadro de distribuição possui barramento de neutro e aterramento?			
06	Todas as conexões estão com terminais apropriados para cada bitola utilizada?			
07	A padronização de cores do cabeamento segue a NBR 5410/2004?			
08	Existe disjuntor diferencial residual instalado no quadro de distribuição?			

Tabela 2.2: *Checklist* das instalações elétricas utilizada para as inspeções elétricas. [Fonte: Do autor]

2.4 ENSAIOS DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

A ABNT NBR5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão prevê em seu item 07, os requisitos para verificação final de inspeção visual e de ensaios na instalação montada, de modo que o desempenho do conjunto possa ser avaliado.

Qualquer instalação nova, ampliação ou reforma de instalação existente deve ser inspecionada e ensaiada, durante a execução e/ou quando concluída, antes de ser colocada em serviço pelo usuário, com o objetivo de verificar a conformidade das instalações com a Norma. Primeiramente, a documentação da instalação elétrica (Projeto Elétrico) deve ser fornecida a equipe ou profissional encarregado da verificação. Essa documentação, como especificado deve refletir a instalação como construída “*as built*”. Durante a realização da inspeção e dos ensaios devem ser tomadas precauções que garantam a segurança das pessoas e evitem danos à propriedade e aos equipamentos instalados. As verificações devem ser realizadas por profissionais qualificados, com experiência e competência em inspeções. As verificações e seus resultados devem ser documentados em um relatório [5] [6] [7] [13].

Segundo a NBR 5410, os seguintes ensaios devem ser realizados, quando pertinentes, e, preferivelmente, na sequência apresentada [7]:

1. Continuidade dos condutores de proteção e das equipotencializações principais e suplementares;
2. Resistência de isolamento da instalação elétrica;
3. Resistência de isolamento das partes da instalação objeto de SELV, PELV ou separação elétrica;
4. Seccionamento automático da alimentação;
5. Ensaio de tensão aplicada;
6. Ensaio de funcionamento.

A tabela 2.3 apresenta o *checklist* criado para realização dos ensaios nas inspeções.

ENSAIOS ITEM 7.3 NBR 5410/2004

ITEM	DESCRIÇÃO DO ENSAIO	ASPECTOS OBSERVADOS		
		SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES
01 7.3.1.1. a	Continuidade dos condutores de proteção e das equipotencializações principal e suplementar?			
02 7.3.1.1. b	Resistência de isolamento da instalação elétrica?			
03 7.3.1.1. c	Ensaio de tensão aplicada?			

04 7.3.1.1. d	Seccionamento automático de alimentação?			
05 7.3.1.1. e	Resistência de isolamento das partes da instalação objeto SELV, PELV ou separação elétrica?			
06 7.3.1.1. e	Ensaio de funcionamento?			

Tabela 2.3: *Checklist* dos ensaios para as inspeções elétricas. [Fonte: Do autor]

Portanto, após a realização dos ensaios especificados no *checklist*, a equipe técnica terá informações suficientemente concretas para avaliação da conformidade que apresenta a instalação elétrica, registrando os valores obtidos e possíveis impedimentos nos ensaios realizados, caso exista.

CAPÍTULO 3: ENSAIOS REALIZADOS NAS INSPEÇÕES DAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Os ensaios consistem em medições aplicadas nas instalações elétricas para atestar sua eficiência e operacionalidade. A NBR5410/2004 em seu item 6.3 relaciona todos os itens aquele que a instalação deve ser submetida, bem como a sequência da realização.

A sequência dos ensaios segue uma ordem lógica devido aos aspectos de segurança envolvidos indicados pela norma. Em caso de não conformidade em qualquer um dos ensaios, após a correção do defeito, deve ser repetido, bem como todos os testes precedentes que possa ter sido influenciado. Portanto os ensaios aqui apresentados seguirão, também, a ordem cronológica apresentada pela norma [7].

3.1 Ensaio de Continuidade dos condutores de proteção e das equipotencializações principal e suplementar

Esse ensaio visa garantir que todo o sistema de aterramento esteja interligado e que possui continuidade. Sendo assim, com auxílio de uma fonte de tensão, CA ou CC, entre 4 e 24V a vazio, com uma corrente mínima de 0,2A ou um multímetro na escala de teste de continuidade que atendam essas especificações, deve-se realizar as medições em toda a extensão da instalação verificando a continuidade dos condutores de aterramento, a conexão com o eletroduto de aterramento e a interligação dos pontos de tomada [7] [14].

Existem disponíveis no mercado instrumentos de medição que emitem um sinal sonoro quando existe continuidade no circuito analisado. As Figuras 3.1 e 3.2 representam uma visão geral do sistema de aterramento de uma instalação elétrica e a forma de ligação do multímetro com as partes da instalação submetida ao teste de continuidade, respectivamente [4] [14].

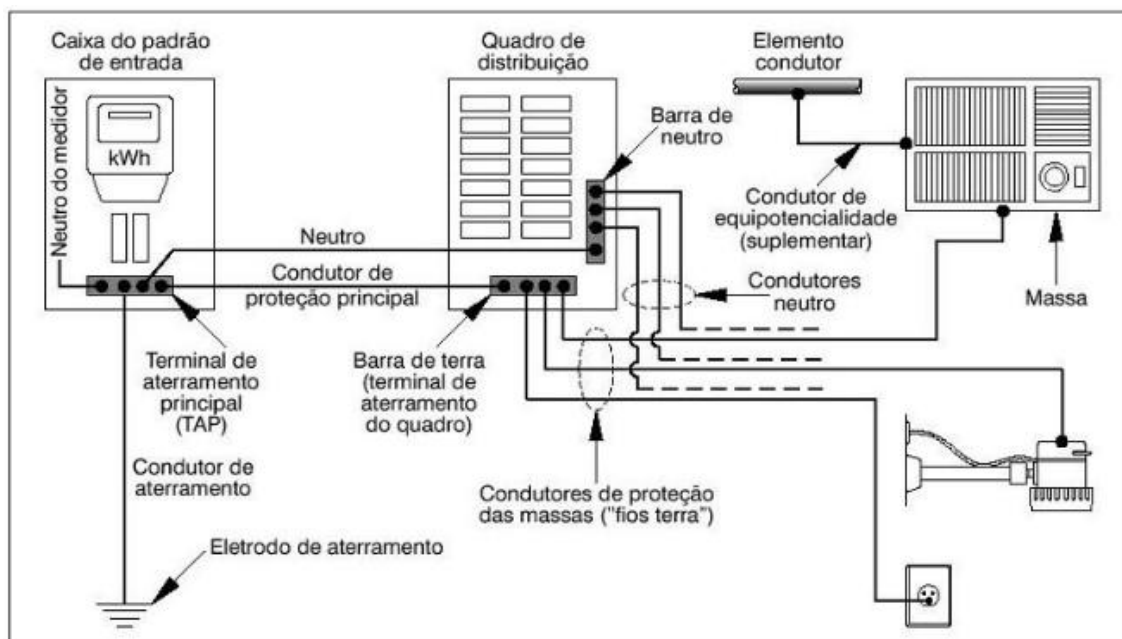


Figura 3.1: Componentes a considerar no ensaio de continuidade do condutor de proteção.

[Fonte:TAMIETTI]

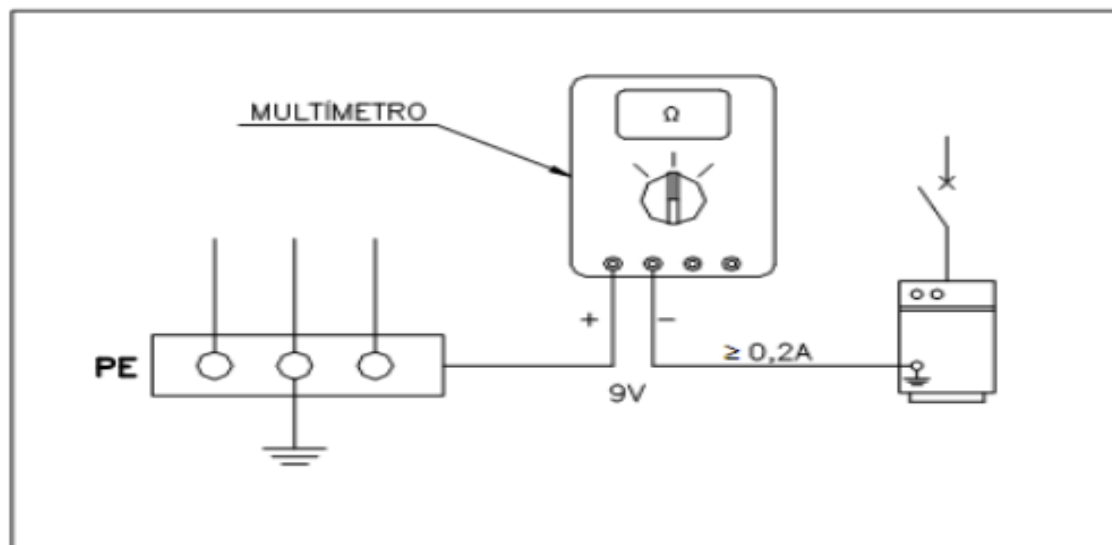


Figura 3.2: Ensaio de continuidade com multímetro. [Fonte: TAMIETTI]

Outra possibilidade de se verificar a continuidade dos condutores de proteção é conectando, no quadro de distribuição, com a instalação desenergizada, uma das fases ou o neutro ao terminal de terra e fazendo a verificação, diretamente em cada tomada e equipamento de utilização fixo, entre o terminal de terra e a fase ou neutro [7] [14].

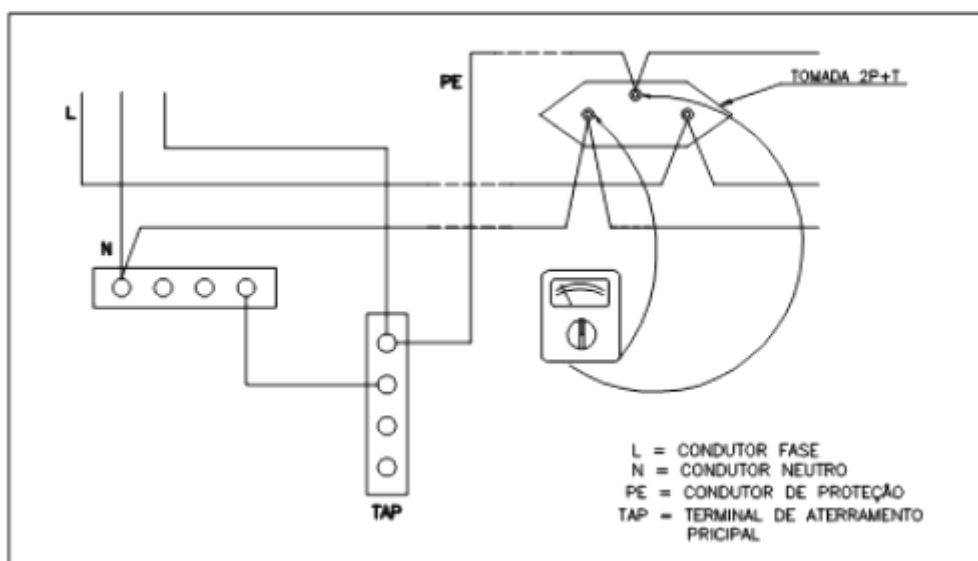


Figura 3.2: Ensaio de continuidade com multímetro. [Fonte: TAMIETTI]

3.2 Ensaio de Resistência de Isolação

A resistência de isolamento é o valor da resistência elétrica em condições especificadas entre duas partes condutoras separadas por materiais isolantes [14].

Muitas instalações elétricas, depois de concluída, não passam por um ensaio de resistência de isolamento de todos os circuitos e não sabem se algum ponto da instalação oferece fuga de corrente para terra, deixando a instalação perigosa, provocando atuações indevidas dos dispositivos diferenciais de proteção da instalação [7] [14].

Par evitar essa situação e garantir a eficiência de segurança e funcionabilidade da instalação aplica-se o ensaio de resistência de isolamento. O objetivo desse ensaio é verificar se a resistência de isolamento de cada circuito da instalação elétrica atende os valores prescritos pela NBR 5410/2004, conforme apresentado na Tabela 3.1.

Tensão Nominal do Circuito (V)	Tensão de Ensaio (V _{cc})	Resistência de isolamento (MΩ)
SELV e extra baixa tensão funcional, quando o circuito for compartilhado por transformador de	250	≥ 0,25

segurança.		
Até 500 V, inclusive, com exceção do caso acima.	500	$\geq 0,5$
Acima de 500 V.	1000	$\geq 1,0$

Tabela 3.1: Valores de Resistência de Isolação. [Fonte: NBR 5410/2004]

Com a instalação desenergizada (disjuntor aberto) as medições de resistência de isolamento deve ser realizada entre [7]:

- Condutores vivos (fase e neutro) tomados dois a dois com os equipamentos de utilização desconectados da instalação.
- Entre os condutores vivos e terra, representado pelo condutor de aterramento principal ou barramento de equipotencialização do quadro geral e de distribuição. Durante essa medição os condutores neutros e terra podem ser interligados.
- Em circuitos onde existem equipamentos eletrônicos interligados a instalação (ex: circuito de iluminação cujo funcionamento dependa de reatores eletrônicos), tendo em vista a proteção do equipamento, o teste de isolação deve ser realizado entre os condutores fase e neutros interligados e a terra.

É importante observar que as medições devem ser realizadas com corrente contínua. O equipamento de ensaio deve ser capaz de fornecer a tensão de ensaio especificada na Tabela 4.3 com uma corrente de 1 mA [7]. Usualmente é utilizado para realização do ensaio de resistência de aterramento o instrumento de medição MEGÔMETRO que é projetado para atender todas as especificações exigidas pela norma. Para realização do ensaio de resistência de isolação da instalação, devem ser observados os seguintes pontos:

1. A medição pode ser realizada, em princípio, na origem da instalação. Por exemplo, no quadro de distribuição.
2. Caso o valor medido apresente valores em não conformidade com a Tabela 3.1, deve separar a instalação em grupo de circuitos e medir a resistência de isolação em cada grupo.

3. Caso o valor medido entre os grupos de circuito esteja em não conformidade com a Tabela 3.1, deve medir a isolação em todos os circuitos terminais da instalação separadamente.

As Figuras 3.3 e 3.4 representam as medições de isolação do circuito e a forma de medição de resistência de isolação em circuito sucessivo, respectivamente.

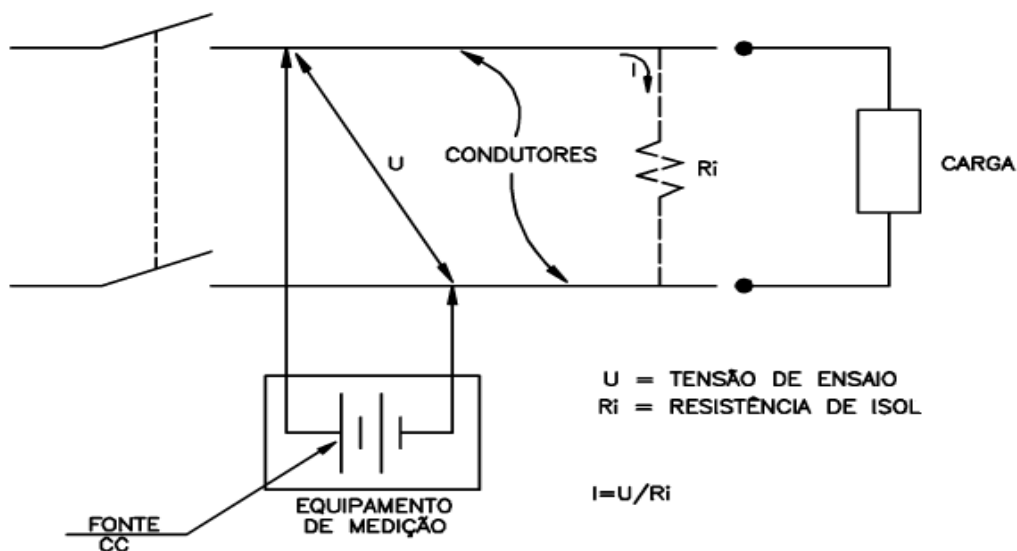


Figura 3.3: Medição da resistência de isolamento. [Fonte: TAMIETTI]

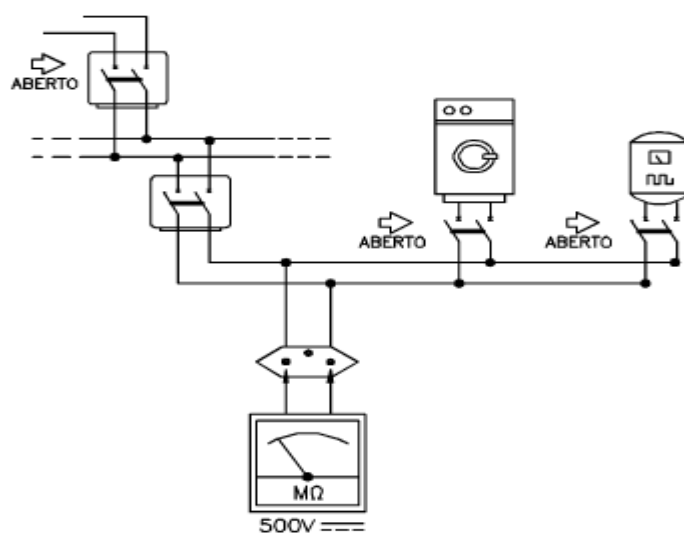


Figura 3.4: Medição da resistência de isolamento. [Fonte: TAMIETTI]

3.3 Resistências de isolamento das partes da instalação objeto SELV, PELV ou separação elétrica

A isolação básica e a separação de proteção implícitas no uso de SELV (do inglês “*separated extra-low voltage*”) ou PELV (do inglês “*protected extra-low voltage*”) e no uso da separação elétrica individual devem ser verificadas por medição da resistência de isolamento. Os valores de resistência de isolamento obtidos devem ser iguais ou superiores aos valores mínimos especificados na Tabela 3.1 [7].

Esses ensaios devem ser adotados, somente quando algum dos dois métodos de proteção for aplicado. Quando não existir na instalação nenhum circuito com separação elétrica ou se não foi utilizado o conceito de paredes e pisos isolantes, não existe a necessidade de realização destes métodos [14].

3.4 Seccionamento automático de alimentação

Entende-se como seccionamento automático um dispositivo de proteção que desliga automaticamente a alimentação do circuito ou equipamento por ele protegido sempre que uma falta (entre parte viva e massa ou entre parte viva e condutor de proteção) no circuito ou equipamento der origem a uma tensão de contato superior ao valor pertinente da tensão de contato limite U_L para cada tipo de situação, conforme apresentado na Tabela 3.2 e 3.3 [7].

Natureza da corrente	Situação 1	Situação 2	Situação 3
Alternada, 15 Hz – 1 000 Hz	50	25	12
Contínua sem ondulação ¹⁾	120	60	30

¹⁾ Uma tensão contínua "sem ondulação" é convencionalmente definida como apresentando uma taxa de ondulação não superior a 10% em valor eficaz; o valor de crista máximo não deve ultrapassar 140 V, para um sistema em corrente contínua sem ondulação com 120 V nominais, ou 70 V para um sistema em corrente contínua sem ondulação com 60 V nominais.

Tabela 3.2: Tensão de contato limite. [Fonte: NBR 5410-Anexo C]

Condição de influência externa	Situação
BB1, BB2	Situação 1
BC1, BC2, BC3	Situação 1
BB3	Situação 2
BC4	Situação 2
BB4	Situação 3

Tabela 3.3: Situações para contato limite. [Fonte: NBR 5410-Anexo C]

Onde:

- BA – Competências das pessoas;
- BB – Resistência elétrica do corpo humano;
- BC – Contato das pessoas com o potencial da terra.

Para realização do ensaio de seccionamento automático dos dispositivos de proteção, assume-se que a continuidade dos condutores de proteção já tenha sido verificada. Esses ensaios buscam verificar a proteção contra contatos indiretos por seccionamento automático da alimentação e dependem do tipo de esquema usado para o aterramento [7].

3.4.1 Esquema de aterramento TN

Seguindo as prescrições da NBR 5410, para assegurar o seccionamento automático de alimentação, as características do dispositivo de proteção e a impedância do circuito devem ser tais que, ocorrendo em qualquer ponto uma falta de impedância desprezível entre um condutor de fase e o condutor de proteção ou uma massa, o seccionamento automático se efetue em um tempo no máximo igual ao especificado na Tabela 4.6. O objetivo do ensaio é verificar a conformidade com equação (1) [7]:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_o \quad (1)$$

Onde Z_s é a impedância, em ohms, do percurso da corrente de falta. I_a é a corrente, que assegura a atuação do dispositivo de proteção num tempo no máximo

definido na Tabela 3.4, ou a 5 s, para circuitos terminais que alimentem equipamentos estacionários e U_o é a tensão nominal, em volts, entre fase e neutro, valor eficaz em corrente alternada.

U_o V	Tempo de seccionamento s	
	Situação 1	Situação 2
115, 120, 127	0,8	0,35
220	0,4	0,20
254	0,4	0,20
277	0,4	0,20
400	0,2	0,05

Tabela 3.4: Tempo de seccionamento máximo no esquema TN. [Fonte: NBR 5410]

No esquema TN, no seccionamento automático visando proteção contra choques elétricos, podem ser usados os seguintes dispositivos de proteção:

- Dispositivos de proteção a sobrecorrente;
- Dispositivos de proteção a corrente diferencial-residual (dispositivos DR).

Porem, não se admite na variante TN-C do esquema TN, que a função de seccionamento automático visando proteção contra choques elétricos, seja atribuída aos dispositivos DR, a não ser que imediatamente a montante do ponto de instalação do DR o condutor PEN deve ser desmembrado em dois condutores distintos para as funções de neutro e de PE, sendo esta separação feita do lado fonte do dispositivo DR, passando então o condutor neutro internamente e o condutor PE externamente ao dispositivo e o sistema de aterramento funcionando como TN-C-S [7].

Para a verificação das características do dispositivo de proteção através da utilização de DR, deve ser feito o ensaio de funcionamento do dispositivo pressionado o botão de teste do DR e verificando sua atuação. As figuras 3.5 e 3.6 apresentam dois métodos de ensaio para a verificação de dispositivos DR especificada pela NBR 5410/2004 [7] [18].

O primeiro método utiliza uma resistência variável R_p conectada na parte inferior do DR, entre um condutor vivo e a terra, apresentado na Figura 3.5. Este

método pode ser usado para os esquemas TN-S, TT e IT. Porém, para esquemas IT, durante o ensaio, pode ser necessário a conexão de um ponto de alimentação diretamente a terra para que o DR atue [7].

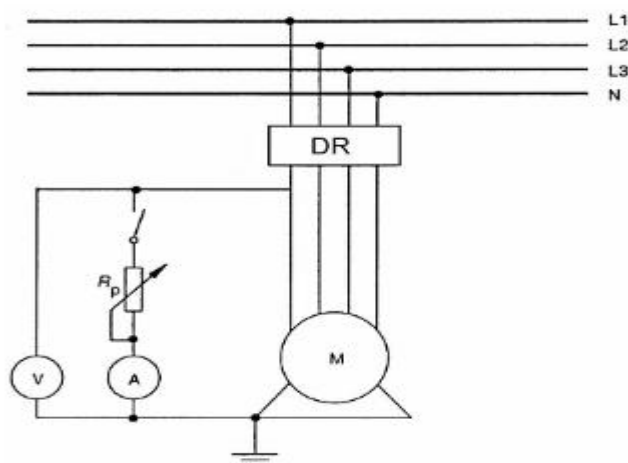


Figura 3.5: Método com resistência variável conectada a jusante do DR. [Fonte: NBR 5410]

O segundo método utiliza uma resistência variável conectada entre um condutor vivo antes do DR e outro condutor vivo depois do DR apresentado na Figura 3.6. Sua corrente é aumentada com a redução de R_p . O DR é disparado quando surgir uma corrente $I\Delta$ maior que a corrente diferencial-residual de atuação $I\Delta_n$. para a realização desse ensaio a carga deve estar desconectada [7].

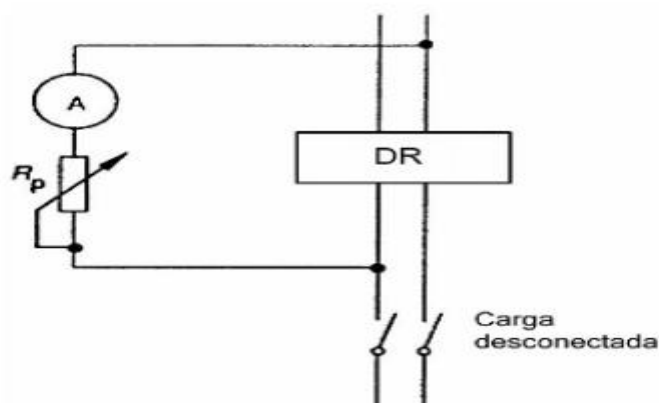


Figura 3.6: Método com resistência variável conectada a montante e a jusante do DR. [Fonte: NBR 5410]

3.4.2 Esquema de aterramento TT

Para o esquema TT, o seccionamento automático visando proteção contra choques elétricos, deve ser usado obrigatoriamente dispositivo a corrente diferencial-residual (dispositivos DR). Para este esquema de aterramento, da mesma forma que no esquema TN, existe a necessidade da inspeção visual e de ensaios de funcionamento em dispositivos DR, já discutido anteriormente [7].

Para realização da medição da resistência de aterramento das massas da instalação, a NBR 5410 apresenta, uma corrente alternada de valor constante circulando pelo eletrodo de aterramento que está sendo ensaiado (T) e o eletrodo auxiliar (T1). O eletrodo T1 deve estar colocado a uma distancia tal de T que não exista influência mútua entre os eletrodos [7] [8].

Um segundo eletrodo auxiliar (T2), que pode ser uma pequena haste metálica cravada no solo, é aplicado na metade do caminho entre T e T1. Para verificar, se o valor obtido para a resistência de aterramento está correto, outras duas medições devem ser feitas. A primeira deslocando o eletrodo T2 cerca de 6 m na direção de T e a segunda 6m na direção de T1. Se os resultados obtidos forem semelhantes, o resultado a ser tomado como valor para a resistência de aterramento deve ser a média das três medidas. Caso contrário, o ensaio deve ser refeito com uma distancia maior entre os eletrodos T e T1 [7] [8].

A Figura 3.7 apresenta o método para medição de resistência de aterramento. Normalmente é utilizado o instrumento de medição TERRÔMETRO para medir a resistência de aterramento cujo valor de resistência não deve ultrapassar em qualquer época do ano, a resistência de 10 Ohms [8].

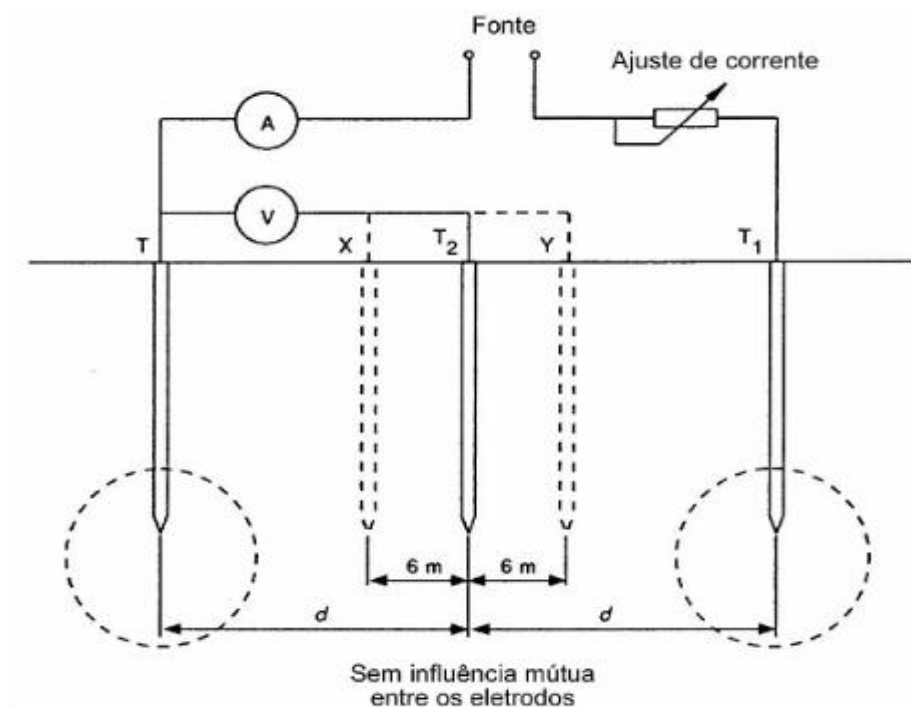


Figura 3.7: Método de medição de resistência de aterramento. [Fonte: NBR 5410]

3.5 Ensaios de tensão aplicada

Este ensaio deve ser realizado em montagens ou conjuntos executados ou modificados no local da instalação. A tensão de ensaio, aplicada entre condutores vivos e massa, no momento da aplicação não deve exceder 50% da tensão de ensaio indicada na Tabela 3.5. Esta tensão deve ser aumentada progressivamente de modo a atingir 100% ao cabo de 10 s, sendo assim mantida durante 1 min. A fonte deve ser capaz de manter a tensão de ensaio. A tensão de ensaio deve ser substancialmente senoidal e a frequência deve ser a de operação do sistema [7].

U ¹⁾ (V eficaz)	Isolação básica	Isolação suplementar	Isolação reforçada
50	500	500	750
133	1 000	1 000	1 750
230	1 500	1 500	2 750
400	2 000	2 000	3 750
690	2 750	2 750	4 500
1 000	3 500	3 500	5 500
¹⁾ Tensão entre fase e neutro em esquemas TN e TT; tensão ente fases em esquemas IT.			

Tabela 3.5: Valores de tensão de ensaio. [Fonte: NBR 5410]

3.6 Ensaio de funcionamento

Este ensaio é realizado para verificar a instalação quanto a montagens de quadros elétricos, o funcionamento de todas as tomadas, interruptores, lâmpadas e dispositivos de proteção. Os DR's, sempre que necessário, devem também ser testados.

Neste ensaio também se deve percorrer toda a instalação elétrica, realizando diversas manobras, por amostragem, com o objetivo de verificar se o conjunto está montado de forma correta, adequadamente ajustada e instalada de acordo em conformidade ao fabricante, projeto e norma. Durante esse processo deve ser feita, também, a verificação de sinalização e identificação dos circuitos [7].

CAPÍTULO 4: QUALIDADE DE ENERGIA

Com o objetivo de definir critérios para a qualidade de energia elétrica, a ANEEL (Agência Nacional de energia elétrica) através do módulo 8 da PRODIST (Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica) estabelece os procedimentos relativos à qualidade da energia elétrica - QEE, abordando a qualidade do produto e a qualidade do serviço prestado [10].

Para a qualidade do produto, este módulo define a terminologia, caracteriza os fenômenos, parâmetros e valores de referência relativos à conformidade de tensão em regime permanente e às perturbações na forma de onda de tensão, estabelecendo mecanismos que possibilitem à ANEEL fixar padrões para os indicadores de QEE.

Segundo a ANEEL, a tensão em regime permanente deve ser acompanhada em todo o sistema de distribuição, devendo a distribuidora dotar-se de recursos e técnicas modernas para tal acompanhamento, atuando de forma preventiva para que a tensão em regime permanente se mantenha dentro dos padrões adequados. O termo “conformidade de tensão elétrica” refere-se à comparação do valor de tensão obtido por medição apropriada, no ponto de conexão, em relação aos níveis de tensão especificados como adequados, precários e críticos [10].

Os valores de tensão obtidos por medições devem ser comparados à tensão de referência, a qual deve ser a tensão nominal ou a contratada, de acordo com o nível de tensão do ponto de conexão, ou seja, os valores nominais devem ser fixados em função dos níveis de planejamento do sistema de distribuição de modo que haja compatibilidade com os níveis de projeto dos equipamentos elétricos de uso final [10].

Sendo assim, para cada tensão de referência, as leituras a ela associadas classificam-se em três categorias: adequadas, precárias ou críticas, baseando-se no afastamento do valor da tensão de leitura em relação à tensão de referência. A Tabela 4.1 apresenta os limites máximos e mínimos que caracteriza a tensão de atendimento do sistema elétrico em análise [10].

Tensão de Atendimento (TA)	Faixa de variação de Tensão de Leitura (Volts)
Adequada	$(350 \leq TL \leq 399)$ e $(202 \leq TL \leq 231)$
Precária	$(331 \leq TL < 350$ ou $399 < TL \leq 403)$ e $(191 \leq TL < 202$ ou $231 < TL \leq 233)$
Crítica	$(TL < 331$ ou $TL > 403)$ e $(TL < 191$ ou $TL > 233)$
TL: Tensão de Leitura	

Tabela 4.1: Pontos de conexão em Tensão Nominal igual ou inferior a 1KV. [Fonte: ANEEL]

O sistema de distribuição e as instalações de geração conectadas ao mesmo devem, em condições normais de operação e em regime permanente, operar dentro dos limites de frequência situados entre 59,9 Hz e 60,1 Hz. As instalações de geração conectadas ao sistema de distribuição devem garantir que a frequência retorne para a faixa de 59,5 Hz a 60,5 Hz, no prazo de 30 (trinta) segundos após sair desta faixa, quando de distúrbios no sistema de distribuição, para permitir a recuperação do equilíbrio carga-geração [10].

Havendo necessidade o corte de geração ou de carga para permitir a recuperação do equilíbrio carga-geração, durante os distúrbios no sistema de distribuição, a frequência [10]:

1. Não pode exceder 66 Hz ou ser inferior a 56,5 Hz em condições extremas;
2. Pode permanecer acima de 62 Hz por no máximo 30 (trinta) segundos e acima de 63,5 Hz por no máximo 10 (dez) segundos;
3. Pode permanecer abaixo de 58,5 Hz por no máximo 10 (dez) segundos e abaixo de 57,5 Hz por no máximo 05 (cinco) segundos.

A PRODIST oferece outros módulos estabelece parâmetros que deve ser analisado para os procedimentos relativos à qualidade da energia elétrica - QEE, porém, este trabalho de conclusão de curso abordará, para análise dos resultados das inspeções, os parâmetros de tensão de atendimento e frequência citados anteriormente.

CAPÍTULO 5: RESULTADO DAS INSPEÇÕES REALIZADAS

Durante o desenvolvimento deste Trabalho de Conclusão de Curso foram inspecionadas todas as instalações elétricas do bloco K, L e M do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, utilizando o *checklist*, previamente elaborado, para cada ambiente vistoriado.

O bloco inspecionado é composto de um pavimento térreo, primeiro e segundo andar onde se concentra o funcionamento dos laboratórios dos cursos de engenharia elétrica, química e alimentos, bem como salas de aulas e salas de professores. A seguir são apresentados os resultados obtidos das inspeções realizadas neste trabalho de alguns ambientes inspecionados no bloco K, L e M.

5.1 Inspeção no Laboratório de Eletrotécnica (LE)

A Inspeção foi realizada no Laboratório de Eletrotécnica (LE) foi realizado no dia 28 de Julho de 2016, com duração de 01h30min e teve o objetivo de verificar a situação atual de toda instalação elétrica, identificando itens em não conformidade com auxílio do *checklist* previamente elaborado.

Na Figura 5.1(a) são apresentadas as fotos do quadro de distribuição do Laboratório de Eletrotécnica. A partir da Figura 5.1(b) nota-se que os circuitos não estão devidamente identificados. Na Figura 5.1(c) é possível verificar a ausência dos barramentos de neutro e terra, nenhum terminal foi utilizado para nos bornes de conexão, falta de buchas e arruelas metálicas nas extremidades dos eletrodutos para união com o quadro de distribuição, cobre aparente nas conexões e falta de disjuntor geral e disjuntor diferencial residual (DR).

Na fotografia da Figura 5.1(d) é possível verificar as emendas entre os condutores de neutro e os condutores de terra que estão substituindo os seus respectivos barramentos, condutores de cor preta na emenda de neutro e limite de ocupação máxima dos eletroduto de 40%, especificado por norma, extrapolada. Nas Figuras 5.2(a) e 5.2(b) verificam-se que os eletrodutos não estão totalmente inseridos nas caixas de passagem, bem como, nas Figuras 5.2(c) e 5.2(d) são mostrados os trechos de eletrodutos sem

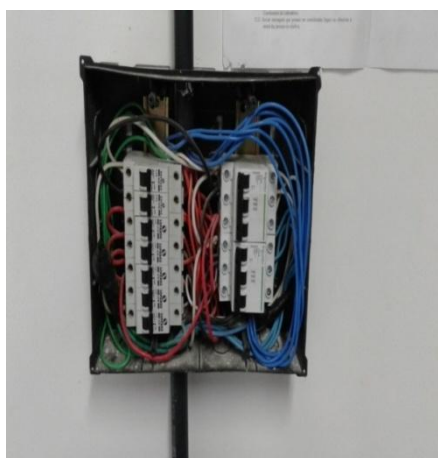
braçadeiras de fixação e/ou espaçamento inadequado e cabo de rede totalmente expostos sem nenhum tipo de caminhamento individual para sua passagem.



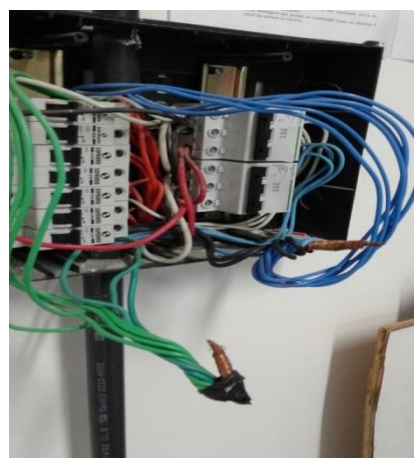
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 5.1: Fotografias da inspeção do quadro de distribuição do LE. (a) Vista frontal do quadro de distribuição. (b) Circuitos terminais sem identificação. (c) Ausência de barramentos de neutro e terra. (d) Detalhe das emendas de neutro e terra.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 5.2: Fotografias da inspeção do quadro de distribuição do LE. (a) e (b) Eletrodutos não inseridos totalmente nas caixas de passagem. (c) e (d) Trechos de eletrodutos sem braçadeira e cabo de rede exposto.

Além da Inspeção visual, foram realizados no LE os ensaios de verificação de tensão, resistência de isolamento do alimentador trifásico do quadro de distribuição e teste de continuidade do condutor de aterramento em alguns pontos. Os valores de leitura obtidos para o ensaio de verificação de tensão e resistência de isolamento são apresentados nas Tabelas 5.1 e 5.2, respectivamente. Foi realizada as seguintes medições das tensões entre fases (V_{ab} , V_{bc} e V_{ca}), das tensões de fase em relação ao neutro (V_{an} , V_{bn} e V_{cn}), das tensões de fase em relação a terra (V_{at} , V_{bt} e V_{ct}) e da tensão entre neutro e terra (V_{nt}). Quando comparado com os valores definidos pela ANEEL (conforme especificado na Tabela 4.1), nota-se que os valores obtidos, nas medições realizadas, atendem os limites especificados e classifica como adequada as tensões de atendimento do LE.

Para a medição da resistência de isolamento foram realizadas as medições entre os condutores fases (R_{ab} , R_{bc} e R_{ca}) do alimentador trifásico do quadro de distribuição do LE, bem como, foi realizado as medições de resistência de isolamento entre os condutores fases e o condutor neutro (R_{an} , R_{bn} e R_{cn}) e entre os condutores fases e o condutor terra (R_{at} , R_{bt} e R_{ct}), que quando comparado com os valores de referencia definido pela NBR 5410 (conforme especificado na Tabela 3.1) verifica a conformidade da resistência de isolamento. Por exemplo, a resistência de isolamento medida entre as fases A e B (R_{ab}), foi igual a $370M\Omega$ que é bem maior do que $0,5M\Omega$ especificados pela NBR 5410.

Tabela 5.1: Ensaio de verificação de Tensão no LE. [Fonte: Do Autor]

Teste de Tensão	
Tensão	Valor Medido (V)
V_{ab}	372,6
V_{bc}	376,6
V_{ca}	370,8
V_{an}	213,1
V_{bn}	217,2
V_{cn}	216,3
V_{tn}	0,5
Legenda	
V_{ab} : Tensão de Linha AB V_{bc} : Tensão de Linha BC V_{ca} : Tensão de Linha CA V_{an} : Tensão de Fase AN V_{bn} : Tensão de Fase BN V_{cn} : Tensão de Fase CN V_{nt} : Tensão neutro e terra	
Todos os valores medidos atendem ao limite especificado conforme Tabela 4.1.	

Tabela 5.2: Ensaio de Resistência de Isolação no LE. [Fonte: Do Autor]

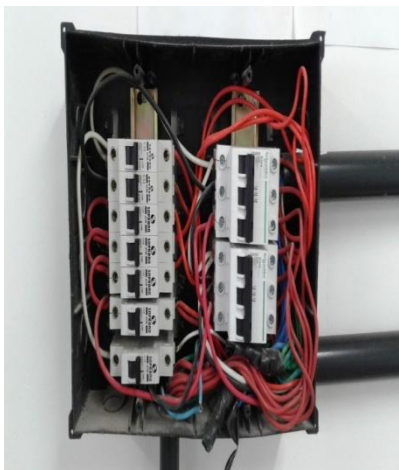
Teste de Resistência de Isolação do Alimentador Trifásico que interliga o quadro geral ao quadro de distribuição	
Resistência	Valor Medido (M Ω)
Rab	370
Rbc	315
Rca	249
Ran	98
Rbn	309
Rcn	185
Rat	94,5
Rbt	270
Rct	195
Legenda	
Rab: Resistência entre as fases A e B	
Rbc: Resistência entre as fases B e C	
Rca: Resistência entre as fases C e A	
Ran: Resistência entre a fase A e Neutro	
Rbn: Resistência entre a fase B e Neutro	
Rcn: Resistência entre a fase C e Neutro	
Rat: Resistência entre a fase A e Terra	
Rbt: Resistência entre a fase B e Terra	
Rct: Resistência entre a fase C e Terra	
Todos os valores medidos atendem ao limite especificado por norma, conforme tabela 3.1.	

5.2 Inspeção no Laboratório de Materiais e Instrumentação (LMI)

A Inspeção foi realizada no Laboratório de Materiais e Instrumentação (LMI) no dia 08 de Agosto de 2016, com duração de 01h e teve o objetivo de verificar a situação atual de toda instalação elétrica, identificando itens em não conformidade com auxílio do *checklist* previamente elaborado.

Na Figura 5.3(a) são apresentadas as fotografias tiradas na inspeção do quadro de distribuição do Laboratório de Materiais e Instrumentação, verifica-se a falta de buchas e arruelas metálicas nas extremidades dos eletrodutos para união com o quadro de distribuição, Limite de ocupação máxima dos eletroduto de 40% especificado por norma extrapolada, falta de organização dos cabos na montagem do quadro. A partir da Figura 5.3(b) nota-se que os circuitos não estão devidamente identificados, que existe cobre aparente nas conexões, e que nenhum terminal foi utilizado nos bornes de conexão. Nas fotografias apresentadas nas Figuras 5.3(c) e 5.3(d) verificam-se a

ausência dos barramentos de neutro e terra que são substituídos por emendas entre os condutores de neutro e entre os condutores de terra, além disso, é possível verificar que o condutor de cor preta está sendo utilizado como condutor neutro.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 5.3: Fotografias da inspeção do quadro de distribuição do LMI. (a) Vista frontal do quadro de distribuição. (b) Cobre aparente e ausência de terminais nas conexões. (c) e (d) Ausência de barramentos de neutro e terra, detalhe das emendas de neutro e terra.

Além da Inspeção visual, foram realizados no LMI os ensaios de verificação de tensão, resistência de isolamento do alimentador trifásico do quadro de distribuição e teste de continuidade do condutor de aterramento em alguns pontos. Os valores de leitura obtidos para o ensaio de verificação de tensão e resistência de isolamento são apresentados nas Tabelas 5.3 e 5.4, respectivamente. Foi realizada a medição das tensões entre fases (V_{ab} , V_{bc} e V_{ca}), das tensões fase em relação ao neutro (V_{an} , V_{bn} e V_{cn}), das tensões de fase em relação a terra (V_{at} , V_{bt} e V_{ct}) e da tensão entre neutro e terra (V_{nt}). Quando comparado com os valores definidos pela ANEEL (conforme especificado na tabela 4.1), nota-se que os valores obtidos, nas medições realizadas, atendem os limites especificados e classifica como adequada a tensão de atendimento do LMI.

Para a medição da resistência de Isolação foram realizadas as medições entre fases (R_{ab} , R_{bc} e R_{ca}) do alimentador trifásico do quadro de distribuição do LMI, bem como, foi realizado as medições de resistência de Isolação entre fases e neutro (R_{an} , R_{bn} e R_{cn}) e entre as fases e o condutor terra (R_{at} , R_{bt} e R_{ct}). Verifica-se, a parti dos valores encontrados nas medições, que a resistência de isolamento estão em conformidade com a norma NBR 5410 (conforme especificado na Tabela 3.1). Por exemplo, a resistência de isolamento medida entre as fases B e C (R_{bc}), foi igual a $600M\Omega$ que é bem maior do que $0,5M\Omega$ especificados pela NBR 5410.

Tabela 5.3: Ensaio de verificação de Tensão no LMI. [Fonte: Do Autor]

Teste de Tensão	
Tensão	Valor Medido (V)
V_{ab}	372,8
V_{bc}	377,1
V_{ca}	370,0
V_{an}	212,8
V_{bn}	217,1
V_{cn}	216,8
V_{tn}	0,9
Legenda	
V_{ab} : Tensão de Linha AB V_{bc} : Tensão de Linha BC V_{ca} : Tensão de Linha CA V_{an} : Tensão de Fase AN V_{bn} : Tensão de Fase BN V_{cn} : Tensão de Fase CN V_{nt} : Tensão neutro e terra	
Todos os valores medidos atendem ao limite especificado conforme Tabela 4.1.	

Tabela 5.4: Ensaio de Resistência de Isolação na LMI. [Fonte: Do Autor]

Teste de Resistência de Isolação do Alimentador Trifásico que interliga o quadro geral ao quadro de distribuição	
Resistência	Valor Medido (M Ω)
Rab	440
Rbc	600
Rca	460
Ran	118
Rbn	375
Rcn	370
Rat	129
Rbt	387
Rct	380
Legenda	
Rab: Resistência entre as fases A e B	
Rbc: Resistência entre as fases B e C	
Rca: Resistência entre as fases C e A	
Ran: Resistência entre a fase A e Neutro	
Rbn: Resistência entre a fase B e Neutro	
Rcn: Resistência entre a fase C e Neutro	
Rat: Resistência entre a fase A e Terra	
Rbt: Resistência entre a fase B e Terra	
Rct: Resistência entre a fase C e Terra	
Todos os valores medidos atendem ao limite especificado por norma, conforme tabela 3.1.	

5.3 Inspeção no Laboratório de Eletrônica Analógico e Digital (LEAD)

A Inspeção no Laboratório de Eletrônica Analógica e Digital (LEAD) foi realizada no dia 17 de Outubro de 2016, com duração de 45min.

Na Figura 5.4(a) são apresentadas as fotos do quadro de distribuição do Laboratório de Eletrônica Analógica e Digital. A partir da Figura 5.4(b) nota-se que os circuitos não estão devidamente identificados. Na Figura 5.4(c) verificam-se a ausência dos barramentos de neutro e terra e a falta de disjuntor geral e disjuntor diferencial residual (DR). A fotografia apresentada na Figura 5.4(d) mostra que a bancada instalada na frente do quadro de distribuição está abstruindo o acesso ao mesmo, dificultando a manutenção e ensaio.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 5.4: Fotografias da inspeção do quadro de distribuição do LEAD. (a) Vista frontal do quadro de distribuição. (b) Circuitos terminais sem identificação. (c) Ausência de barramentos de neutro e terra. (d) Impedimento de acesso ao quadro de distribuição para ensaios e manutenção.

Além da Inspeção visual, também foram realizados no LEAD os ensaios de verificação de tensão e teste de continuidade do condutor de aterramento em alguns pontos. O ensaio de resistência de isolamento do alimentador trifásico do quadro de distribuição não foi realizado por falta de identificação do circuito. Os valores das leituras obtidas no ensaio de verificação de tensão são apresentados na Tabela 5.5.

Foi realizada a medição das tensões entre fases (V_{ab} , V_{bc} e V_{ca}), das tensões fase em relação ao neutro (V_{an} , V_{bn} e V_{cn}), das tensões de fase em relação a terra (V_{at} , V_{bt} e V_{ct}) e da tensão entre neutro e terra (V_{nt}). Quando comparado com os valores definidos pela ANEEL (conforme especificado na tabela 4.1), nota-se que os valores obtidos, nas medições realizadas, atendem os limites especificados e classifica como adequada a tensão de atendimento do LEAD.

Tabela 5.5: Ensaio de verificação de Tensão no LEAD. [Fonte: Do Autor]

Teste de Tensão	
Tensão	Valor Medido (V)
V_{ab}	370,4
V_{bc}	365,7
V_{ca}	369,0
V_{an}	215,6
V_{bn}	212,4
V_{cn}	209,9
V_{tn}	1,72
Legenda	
V_{ab} : Tensão de Linha AB V_{bc} : Tensão de Linha BC V_{ca} : Tensão de Linha CA V_{an} : Tensão de Fase AN V_{bn} : Tensão de Fase BN V_{cn} : Tensão de Fase CN V_{nt} : Tensão neutro e terra	
Todos os valores medidos atendem ao limite especificado conforme Tabela 4.1.	

5.4 Inspeção no Quadro de Distribuição Têrreo

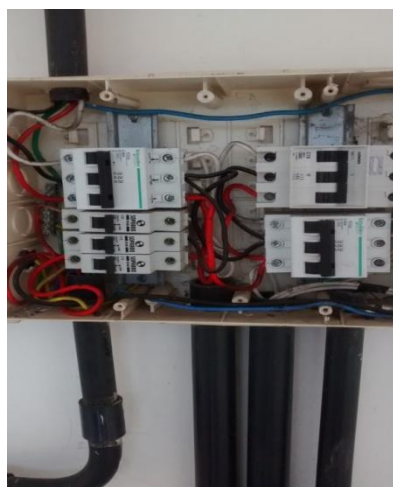
A Inspeção foi realizada no Quadro de Distribuição Têrreo foi realizada no dia 29 de Outubro de 2016, com duração de 30min.

Na Figura 5.5(a) são apresentadas as fotos do quadro de distribuição do Têrreo e nota-se que os circuitos não estão devidamente identificados. A partir da Figura 5.5(b) apresenta que nenhum terminal foi utilizado para nos bornes de conexão e falta de

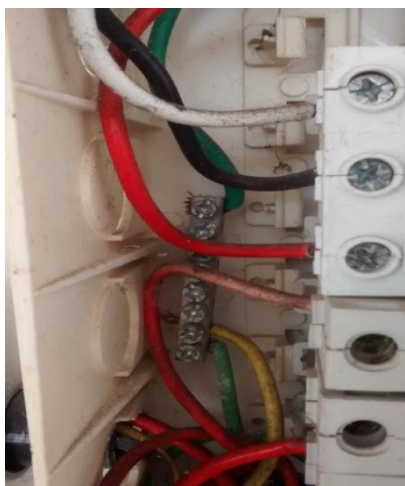
disjuntor geral e disjuntor diferencial residual (DR), bem como, não apresenta buchas e arruelas metálicas nas extremidades dos eletrodutos para união com o quadro de distribuição, e existe cobre aparente nas conexões. A Figura 5.5(c) apresenta o barramento de terra. Na fotografia mostrada na figura 5.5(c) é possível verificar, diferentemente dos demais quadros inspecionados, a existência de barramentos de neutro e terra. No entanto, no barramento de neutro nota-se que existe um condutor na cor preta e na cor branca partindo desse barramento.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 5.5: Fotografias da inspeção do quadro de distribuição do Térreo. (a) Vista frontal do quadro de distribuição e circuitos terminais sem identificação. (b) Ausência de terminais nas conexões. (c) Barramento de terra. (d) Barramento de neutro.

Além da Inspeção visual, foram realizados no Quadro de Distribuição do Térreo os ensaios de verificação de tensão, resistência de isolamento do alimentador trifásico do quadro de distribuição. Os valores de leitura obtidos para o ensaio de verificação de tensão e resistência de isolamento são apresentados nas tabelas 5.6 e 5.7, respectivamente. Foi realizada a medição das tensões entre fases (V_{ab} , V_{bc} e V_{ca}), das tensões fase em relação ao neutro (V_{an} , V_{bn} e V_{cn}), das tensões de fase em relação a terra (V_{at} , V_{bt} e V_{ct}) e da tensão entre neutro e terra (V_{nt}). As medições realizadas mostram que os valores obtidos, para as medições de tensões de operação, estão de acordo com as normas vigentes.

Para a medição da resistência de Isolação foram realizadas as medições entre os condutores fases (R_{ab} , R_{bc} e R_{ca}) do alimentador trifásico do quadro de distribuição do Térreo, bem como, foi realizado as medições de resistência de isolamento entre os condutores de fases e o barramento de neutro (R_{an} , R_{bn} e R_{cn}) e entre os condutores fases e o condutor terra (R_{at} , R_{bt} e R_{ct}). Comparando os resultados obtidos nas medições com os definidos por norma, verifica-se que as resistências de isolamento estão em conformidade. Por exemplo, a resistência de isolamento medida entre a fase A e B (R_{ab}), foi igual a $1340M\Omega$ que é bem maior do que $0,5M\Omega$ especificados pela NBR 5410.

Tabela 5.6: Ensaio de verificação de Tensão no QD térreo. [Fonte: Do Autor]

Teste de Tensão	
Tensão	Valor Medido (V)
V_{ab}	371,9
V_{bc}	378,1
V_{ca}	370
V_{an}	213,5
V_{bn}	218,1
V_{cn}	217,3
V_{tn}	0,4
Legenda	
V_{ab} : Tensão de Linha AB V_{bc} : Tensão de Linha BC V_{ca} : Tensão de Linha CA V_{an} : Tensão de Fase AN V_{bn} : Tensão de Fase BN V_{cn} : Tensão de Fase CN V_{nt} : Tensão neutro e terra	
Todos os valores medidos atendem ao limite especificado conforme Tabela 4.1.	

Tabela 5.7: Ensaio de Resistência de Isolação no QD térreo. [Fonte: Do Autor]

Teste de Resistência de Isolação do Alimentador Trifásico que interliga o quadro geral ao quadro de distribuição	
Resistência	Valor Medido (M Ω)
Rab	1340
Rbc	1210
Rca	1170
Ran	802
Rbn	780
Rcn	479
Rat	780
Rbt	720
Rct	495

Legenda

Rab: Resistência entre as fases A e B
Rbc: Resistência entre as fases B e C
Rca: Resistência entre as fases C e A
Ran: Resistência entre a fase A e Neutro
Rbn: Resistência entre a fase B e Neutro
Rcn: Resistência entre a fase C e Neutro
Rat: Resistência entre a fase A e Terra
Rbt: Resistência entre a fase B e Terra
Rct: Resistência entre a fase C e Terra

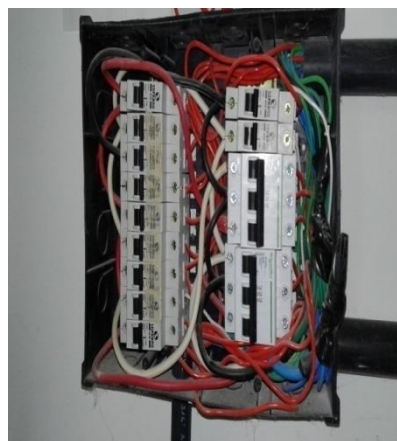
Todos os valores medidos atendem ao limite especificado por norma, conforme tabela 3.1.

5.5 Comparativos entre os quadros de distribuição Inspeccionados

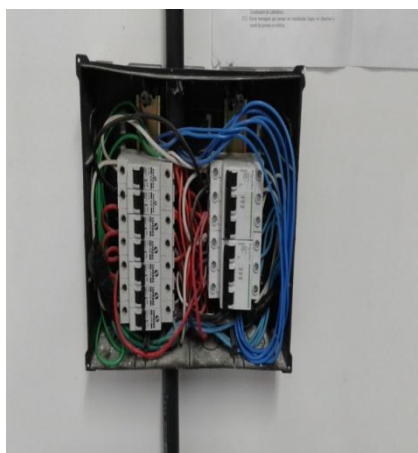
Com intuito de apresentar a repetitividade nas execuções das instalações elétricas nos quadros de distribuição, será ilustrada, da Figura 5.6(a) até 5.6(d) e de 5.7(a) até 5.7(d), a situação encontrada durante as Inspeções realizadas.



(a)



(b)

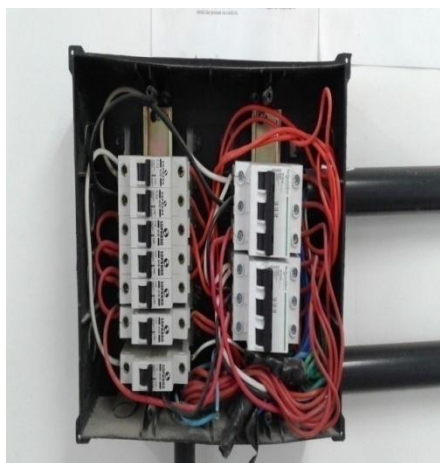


(c)

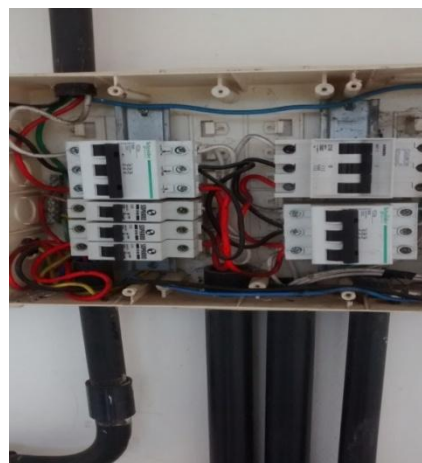


(d)

Figura 5.6: Fotografias da inspeção do quadro de distribuição. (a) Quadro de distribuição do LEAD. (b) Quadro de distribuição do GICA. (c) Quadro de distribuição do LE. (d) Quadro de distribuição do LMA.



(a)



(b)

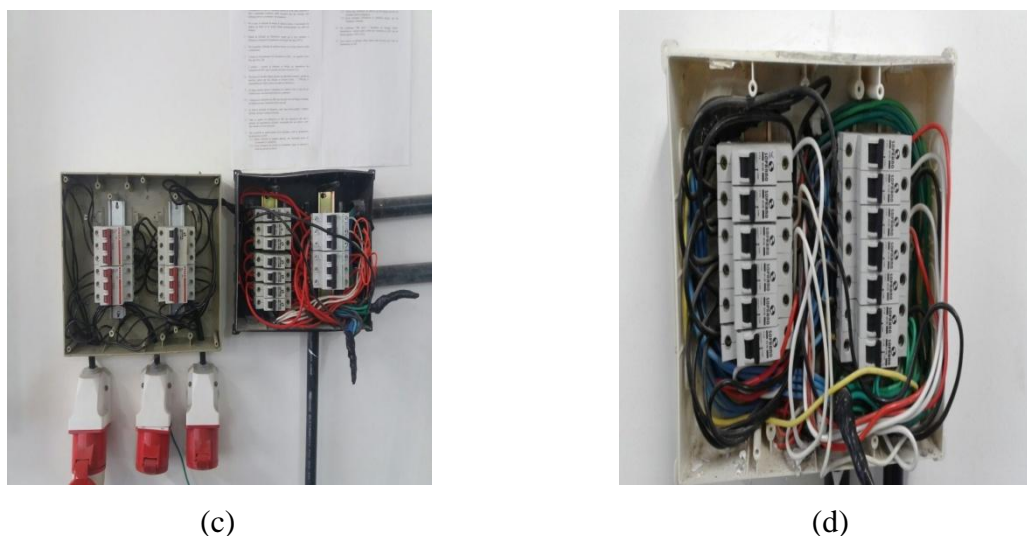


Figura 5.7: Fotografias da inspeção do quadro de distribuição. (a) Quadro de distribuição do LMI. (b) Quadro de distribuição do térreo. (c) Quadro de distribuição do GEPAME. (d) Quadro de distribuição do laboratório de engenharia de precisão.

5.6 Conclusão

Neste capítulo apresentou os detalhes das inspeções das instalações elétricas realizadas nos laboratórios do bloco K, L e M. Foi possível observar que todos os quadros apresentam normalmente as mesmas não conformidades com as normas, tais como falta de barramentos de neutro e terra, os circuitos não se encontram devidamente identificados, condutores de diferentes cores realizando funções distintas. Além disso, durante as inspeções foram realizados os ensaios de tensão e resistência de isolamento. A partir desses resultados, observou que os níveis de tensões e as resistências de isolamento entre os condutores de fase, fase e neutro e fase e terra das instalações estão de acordo com as normas vigentes.

CAPÍTULO 6: INSPEÇÃO E ENSAIOS NO QGBT 01 e QGBT 02

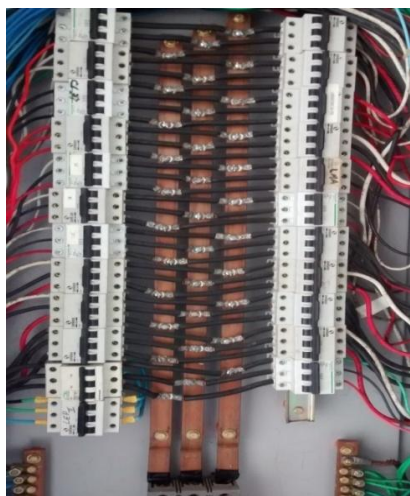
As instalações elétricas do bloco K, L e M localizado no Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba são atendidas em baixa tensão com valor nominal de 380/220V através de uma subestação aérea de 150 kVA alimentada com uma rede primária trifásica de 13,8 kV. Dois alimentadores trifásicos com neutro $2 \times 3 \# 120(95) \text{mm}^2$, partem das buchas do secundário do transformador e alimentam dois Quadros Geral de Baixa Tensão (QGBT) localizados no pavimento térreo com intuito de suprir as cargas instaladas do estabelecimento, respectivamente.

O bloco possui duas malhas de aterramento distintas composta de três hastes fincadas ao solo espaçadas entre si de 3 metros. A primeira malha foi executada em forma retilínea e conectada ao barramento de proteção do QGBT 01 por meio de um cabo de cobre nu de 50mm^2 , bem como, a segunda malha de aterramento foi executada em forma de delta e conectada a barra de aterramento do QGBT 02 através de um cabo de cobre nu de 35mm^2 . A seguir serão apresentados os resultados da inspeção e ensaio realizado em cada Quadro Geral de Baixa Tensão e comentários sobre as anomalias encontradas durante o período de análise.

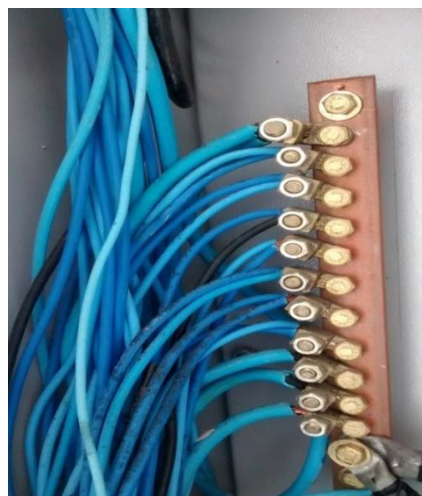
6.1 Inspeção e ensaio no Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT 01)

A Inspeção foi realizada no dia 29 de Outubro de 2016 e teve o objetivo de verificar a situação atual de quadro do Quadro Geral de Baixa Tensão, identificando itens em não conformidade com auxílio do *checklist* previamente elaborado (veja o capítulo 2).

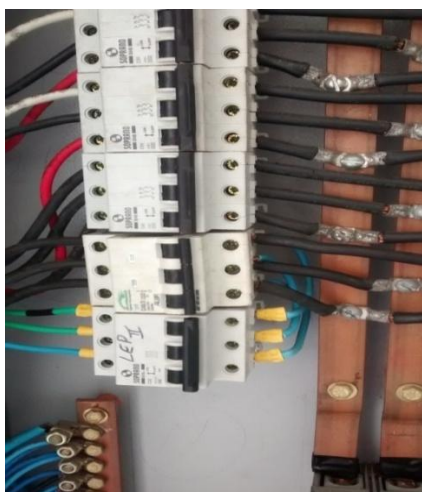
Na Figura 6.1(a) são apresentadas algumas das fotografias tiradas na inspeção do Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT 01) nota-se que o quadro não possui proteção de policarbonato que impede o acesso direto aos barramentos, da mesma forma que, os circuitos não estão devidamente identificados. A partir da Figura 6.1(b) apresenta o barramento de neutro do quadro geral que possui um cabo de cor preta alimentando algum circuito. A Figura 6.1(c) mostra um disjuntor Termomagnético tripolar identificado como LEP II que não está conectado no barramento principal, bem como, apresenta uma não conformidade nas cores dos condutores fases. A Figura 6.1(d) verifica-se que em várias conexões não foram utilizadas terminais apropriados para cada bitola de cabo e apresentou também, cobre aparente nas conexões.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 6.1: Fotografias da inspeção do Quadro Geral de Baixa Tensão. (a) Ausência de proteção de policarbonato para impedir o acesso direto aos barramentos. (b) Barramento de neutro. (c) Cores dos condutores fases em não conformidade com a norma. (d) Ausência de terminais nas conexões.

Além da inspeção visual, foram realizadas as medições de resistência de isolamento entre fases AB (Rab), BC (Rbc) e CA (Rca) do barramento principal, bem como, foi realizado as medições de resistência de isolamento entre fases A, B e C e neutro (Ran, Rbn e Rcn, respectivamente) e entre as fases A, B e C e o condutor terra (Rat, Rbt e Rct, respectivamente), que quando comparado com os valores de referencia definido pela NBR 5410 (conforme especificado na Tabela 3.1) define a conformidade da resistência de isolamento. Por exemplo, a resistência de isolamento medida entre as fases A e B (Rab), foi igual a 73,7MΩ que é bem maior do que 0,5MΩ especificados pela NBR 5410. Todos os valores das leituras de resistência de isolamento realizadas no QGBT 01 encontram-se na Tabela 6.1.

Tabela 6.1: Ensaio de Resistência de Isolação no QGBT 01. [Fonte: Do Autor]

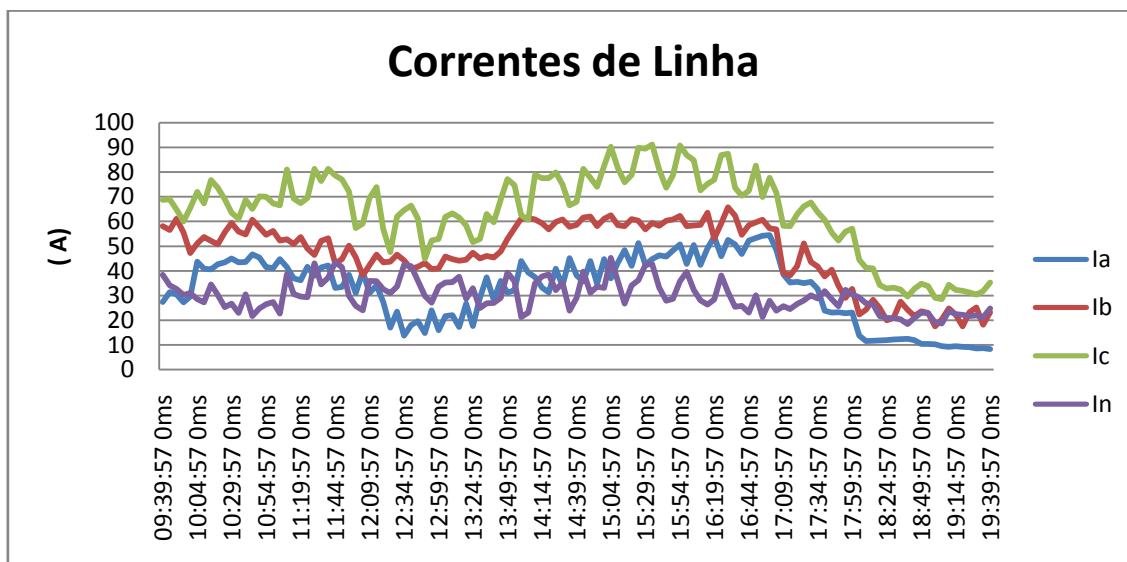
Resistência	Valor Medido (MΩ)
Rab	73,7
Rbc	72,3
Rca	88,6
Ran	62,2
Rbn	61
Rcn	59,1
Rat	48,1
Rbt	49,6
Rct	56,7
Todos os valores medidos atendem ao limite especificado por norma de no mínimo 0,5 MΩ, conforme tabela 3.1.	

Com objetivo de realizar uma análise e diagnostico mais preciso das características de operação e funcionamento do quadro geral foi utilizado o instrumento de medição da FLUKE 434 (Analisador de Energia), devidamente programado para suportar as tensões e correntes do sistema elétrico, e com, um intervalo de captura do sinal de 5 minutos. A análise foi realizada num período de 10hs ininterruptas conectados diretamente na entrada do Quadro Geral de Baixa Tensão.

A Figura 6.1 apresenta os valores das correntes de linha nas fases. A partir dos valores obtidos, verifica-se um desequilíbrio na corrente de carga muito elevado na fase C em relação à fase A, valores muito distintos na corrente de carga entre as fases A, B e C contribui com o aumento da corrente do neutro como ilustrada na Figura 6.1.

Este fato, provavelmente foi ocasionado, pelo agrupamento de cargas de condicionadores de ar na fase C, levando ao aumento significativo do valor da corrente elétrica nesta fase, ocasionando desequilibrando do sistema.

Figura 6.1: Corrente de Linha no QGBT 01. [Fonte: do autor]



As Figuras 6.2 e 3.3 apresentam os valores de tensão de linha e fase coletados durante o intervalo de medição, respectivamente. Verifica-se claramente que os valores máximos e mínimos de tensão estão entre os valores que classifica a tensão de atendimento como adequada, conforme Tabela 4.1.

Figura 6.2: Tensão de Linha no QGBT 01. [Fonte: do autor]

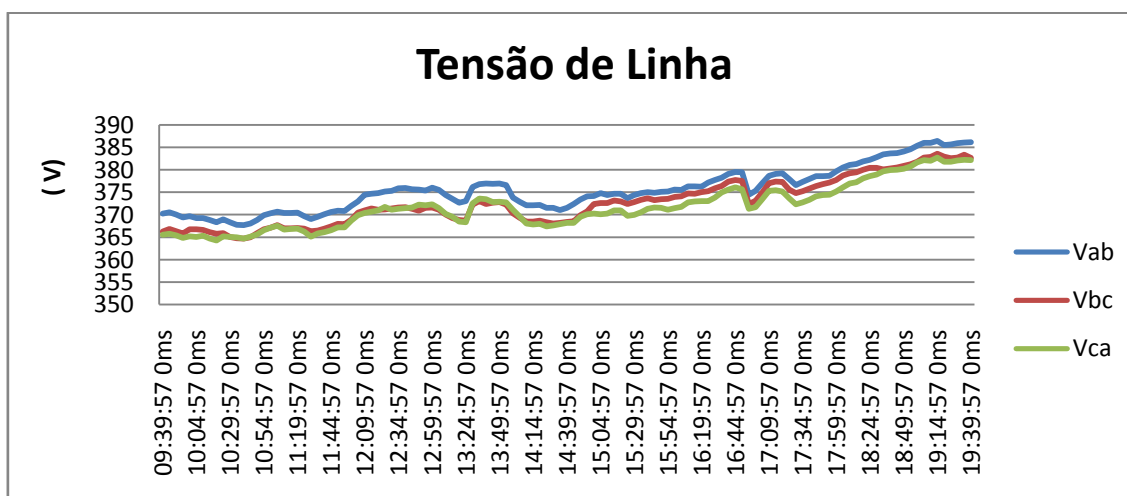
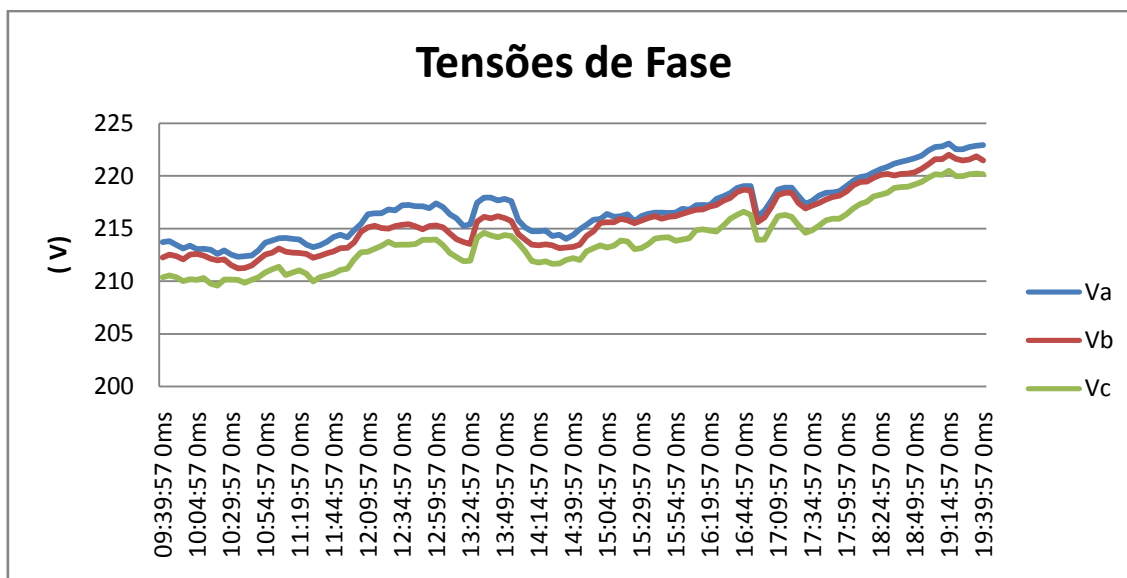


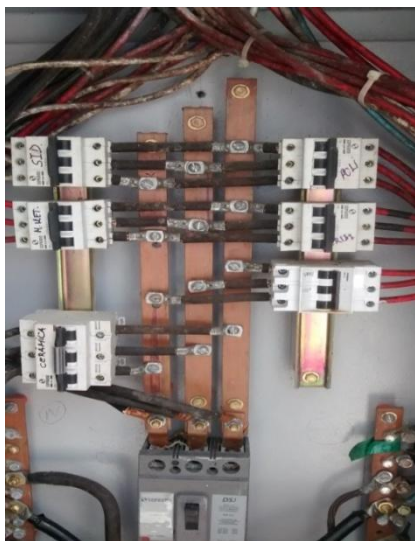
Figura 6.3: Tensão de Fase no QGBT 01. [Fonte: do autor]



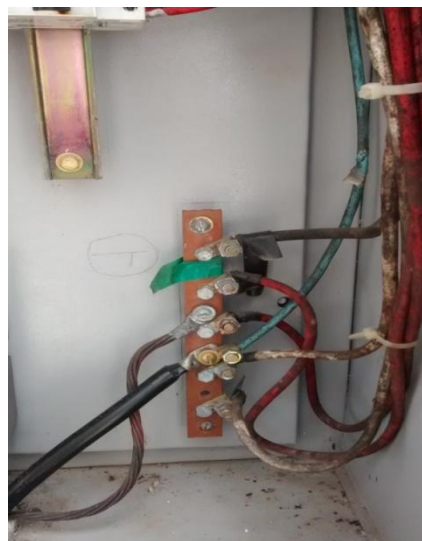
6.2 Inspeção e ensaio no QGBT 02

A Vistoria foi realizada no dia 29 de Outubro de 2016, com duração de 30min e teve o objetivo de verificar a situação atual de quadro do Quadro Geral de Baixa Tensão, identificando itens em não conformidade com auxílio do *checklist* previamente elaborado (veja o capítulo 2).

Na Figura 6.2(a) são apresentadas algumas das fotografias tiradas durante a inspeção do Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT 02). Nota-se que o quadro não possui proteção de policarbonato que impede o acesso direto aos barramentos, da mesma forma que, os circuitos não estão devidamente identificados. A partir das Figuras 6.2(b) e 6.2(d) apresenta o barramento de terra do quadro geral que possui cabos de cores em não conformidade com a norma, identificando o barramento de terra com um pedaço de fita da cor verde, apresentando também várias conexões oxidadas e na eminência de rompimento dos cabos. A Figura 6.2(c) mostra o barramento de neutro com cores em não conformidade com a norma, apresentando alto nível de oxidação nas conexões e na eminência de rompimento dos cabos.



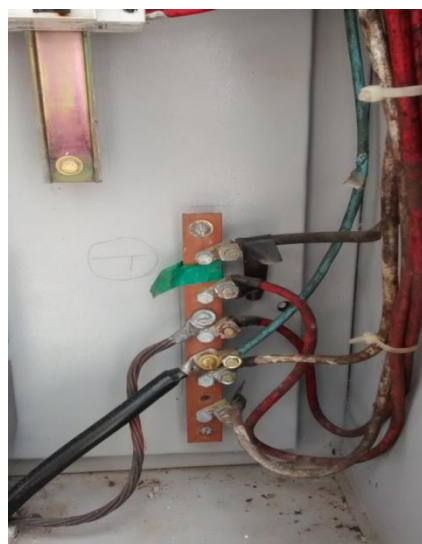
(a)



(b)



(c)



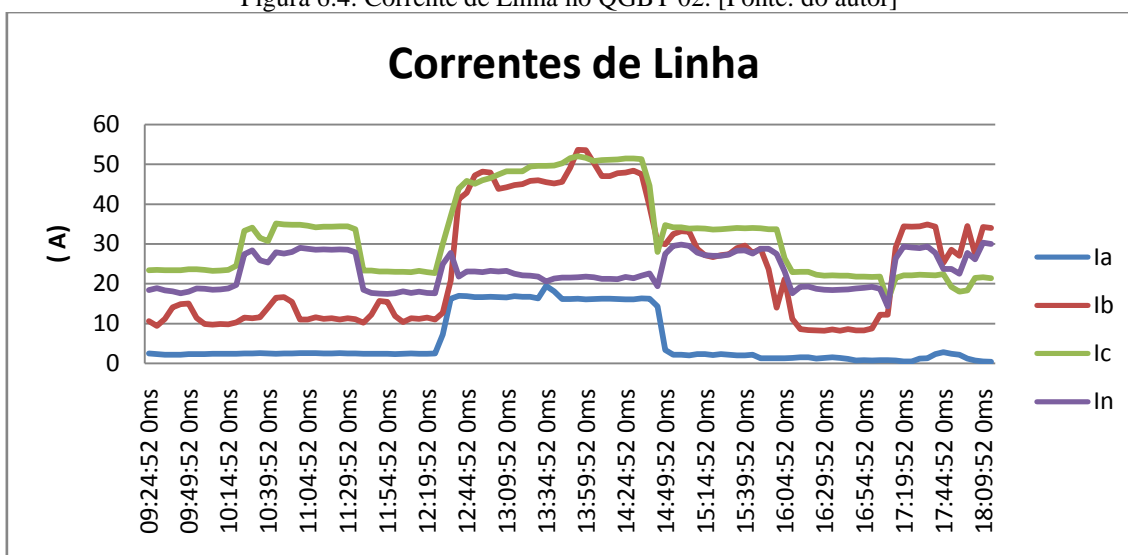
(d)

Figura 6.2: Fotografias da inspeção do Quadro Geral de Baixa Tensão. (a) Ausência de proteção de policarbonato para impedir o acesso direto aos barramentos. (b) Barramento de terra. (c) Barramento de neutro. (d) Cores de condutores em não conformidade com a norma.

O ensaio realizado no Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT 02) seguiu os mesmos critérios e procedimentos utilizados anteriormente, com objetivo de identificar anomalias e analisar os resultados obtidos durante o período de 9hs em que o analisador de energia foi conectado na entrada do sistema elétrico.

Em análise dos resultados obtidos durante o período de medição e apresentado na Figura 6.4 verifica-se que, mais uma vez, o sistema elétrico encontra-se desbalanceado, fato este comprovado pelos valores de corrente de linha Ia, Ib e Ic muito distintos. Um parâmetro bastante preocupante é que a fase A está praticamente inutilizada em relação às fases B e C provocando um valor de corrente de neutro bem acima do valor de corrente da fase A.

Figura 6.4: Corrente de Linha no QGBT 02. [Fonte: do autor]



A Figura 6.5 e 6.6 apresentam os valores de tensão de linha e fase coletados durante o intervalo de medição, respectivamente. Verifica-se claramente que os valores máximos e mínimos de tensão estão entre os valores que classifica a tensão atendimento como adequada, conforme tabela 4.1.

Figura 6.5: Tensões de linha no QGBT 02. [Fonte: do autor]

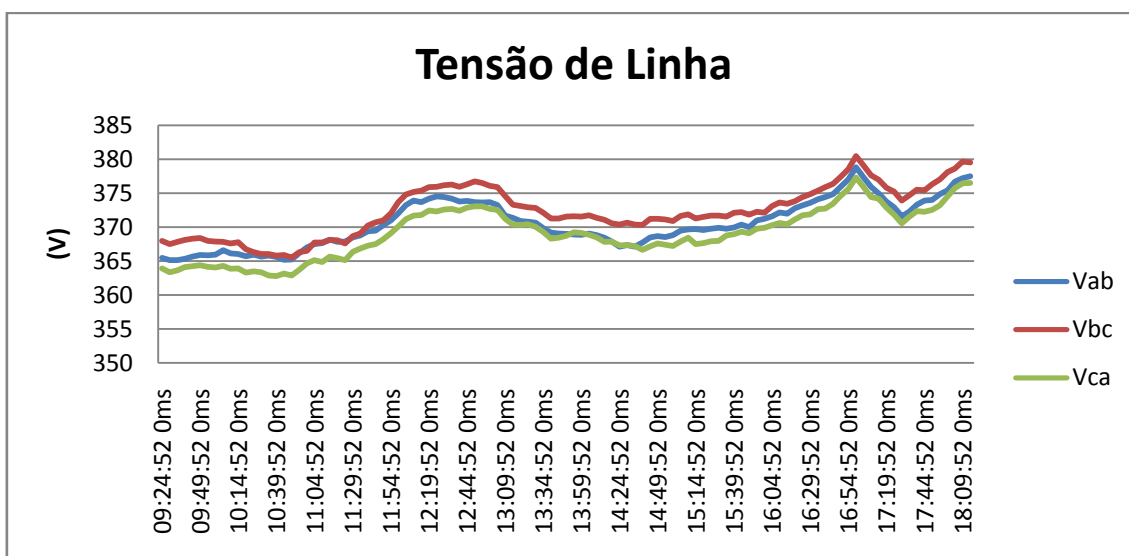
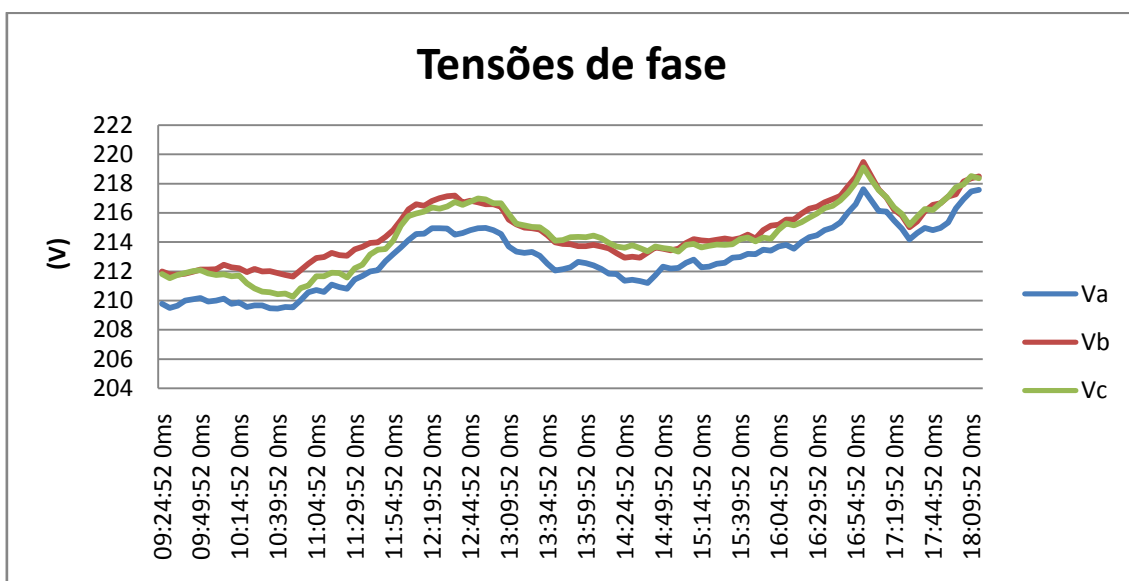


Figura 6.6: Tensões de fase no QGBT 02. [Fonte: do autor]



A partir dos valores (medições) das tensões e correntes adquiridos durante o período em análise, pode-se calcular a potência em cada fase. Visto que o sistema apresenta forte desequilíbrio, a potência trifásica será considerada a soma das potências por fase. Pode-se concluir que a potência aparente máxima foi de 44,5 kVA conforme apresentada na curva de demanda ilustrada na Figura 6.7. Da mesma forma, o QGBT 02

apresentou uma potência máxima de aproximadamente 26 kVA conforme apresentada na curva de demanda ilustrada na Figura 6.8.

Figura 6.7: Potência demandada no QGBT 01. [Fonte: do autor]

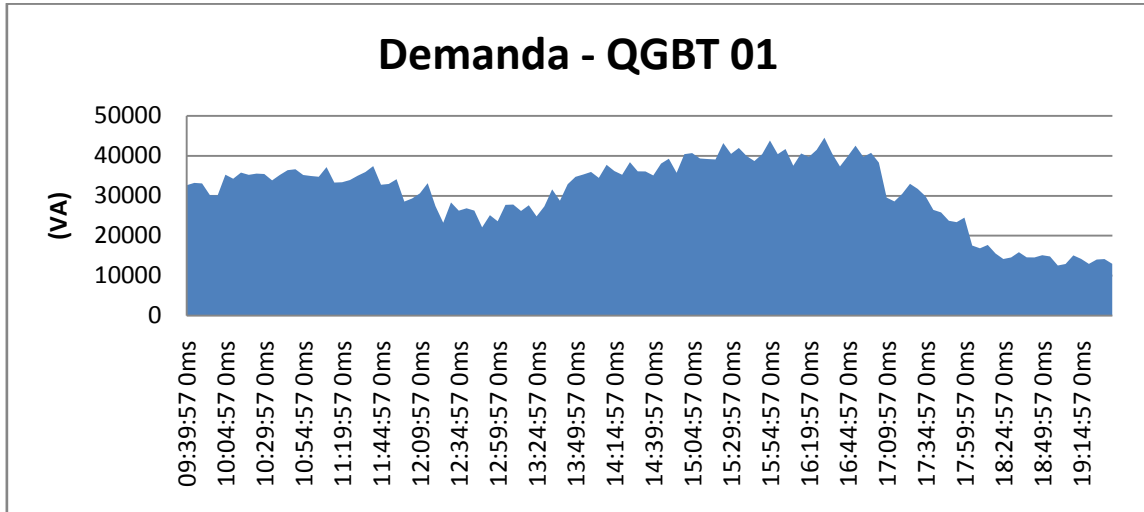
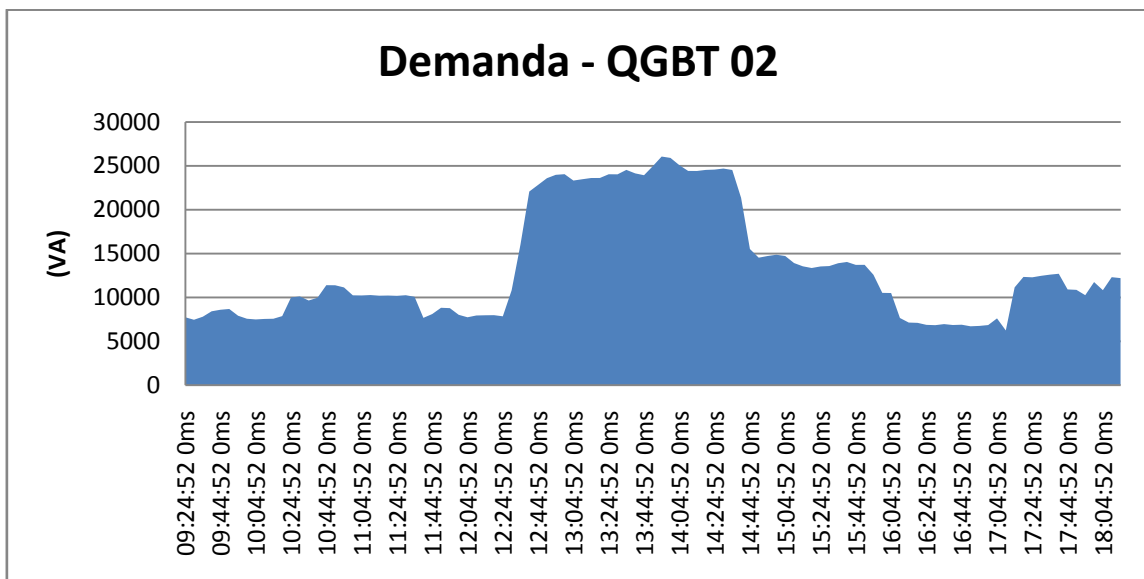


Figura 6.8: Potência demandada no QGBT 02. [Fonte: do autor]



6.3 Conclusões

Neste capítulo foram apresentados os resultados e análise das inspeções e ensaios realizados nos quadros gerais de baixa tensão. Com base nos ensaios e inspeções realizados nos quadros constatou-se que existem vários itens em não conformidade com a norma. O ensaio de resistência de isolamento mostra que a isolação entre os condutores de fase, fase e neutro e fase e terra atende às especificações previstas em norma. Além disso, um diagnóstico mais preciso foi realizado utilizando o analisador de energia, e com base nos resultados obtidos durante o período de dez horas de medição, mostrou que as cargas dos quadros gerais de baixa tensão estão muito desequilibradas ocasionando uma elevada corrente de neutro e tensão entre neutro e terra.

CAPÍTULO 7: RECOMENDAÇÕES FINAIS.

A partir das inspeções e ensaios realizados nas instalações elétricas do bloco K, L e M, a seguir é apresentado em conjunto de recomendações para adequação da instalação as normas vigentes visando a segurança dos professores, alunos e funcionários que utilizam a estrutura do bloco K, L e M.

1. Realizar balanceamento de cargas nos Quadros de Distribuição dos ambientes vistoriados, relocando cargas instaladas na fase C para fase A, que provavelmente, serão cargas de condicionadores de ar. Recomenda-se que no ato do deslocamento de cargas entre as fases C e A seja realizado o monitoramento da corrente do sistema elétrico através do analisador de energia.
2. Substituir quadro de distribuição por um quadro de distribuição com barramento trifásico, neutro e terra.
3. A documentação e a identificação local dos disjuntores do quadro de distribuição de energia deverão ser atualizadas. Todos os disjuntores de um quadro devem ser identificados de forma que a correspondência entre disjuntor e respectivo circuito possa ser prontamente reconhecida. Essa identificação deve ser legível, posicionada de forma a evitar qualquer risco de confusão e, corresponder à notação adotada no projeto (esquemas e demais documentos).
4. Os quadros de distribuição devem possuir espaço reserva para ampliações futuras, com base no número de circuitos com que o quadro for efetivamente equipado. A capacidade de reserva deve ser considerada no cálculo do alimentador do respectivo quadro de distribuição.
5. Todos os condutores elétricos devem ser identificados, de acordo com sua finalidade, em caso de identificação por cor, o fio neutro (N) deverá ser identificado com a cor azul-clara na isolação, o fio de proteção (PE) deverá ser identificado com a cor verde-amarela ou verde na isolação, o fio do condutor PEN deverá ser identificado com a cor azul-clara na isolação com anilhas verde amarela, e o fio fase deverá ser identificado com qualquer cor na isolação, com exceção das cores utilizadas para os condutores N, PE e PEN.
6. Deverão ser verificados e instalados aterramentos nas caixas metálicas das máquinas e motores, painéis, quadros, portas metálicas, etc. Onde são de primordial importância a interligação das partes metálicas ao sistema de aterramento, a fim de evitar possíveis

choques elétricos em pessoas que desenvolvem suas atividades laborais neste ambiente. A verificação dos valores de resistência de aterramento de equipamentos, portas, escadas, e qualquer parte metálica presente na instalação devem ser executados periodicamente, e deverá ser providenciada a instalação do aterramento nos locais em que não existe.

7. Realizar uma análise de viabilidade de Instalação de Disjuntor Diferencial Residual nos quadros de distribuição de todos os ambientes.

8. É bastante recomendável que o órgão tenha sempre o *as built* das instalações. Esse *as built* deve ser acompanhado de pequenas plantas nos centros de distribuição com layout de salas.

9. Inspeccionar as instalações elétricas da UFPB aplicando o *checklist* apresentado e certificar que o inspetor é formalmente autorizado a executar essa atividade, devendo possuir treinamento de segurança específico, conforme a NR10.

10. Obter informações sobre tempos e formas de uso e ensaios para os EPI's e EPC's com isolamento em normas e catálogos de fabricantes.

11. Inspeccionar periodicamente as instalações e levantar correções e melhorias a serem aplicadas.

12. Revisões do projeto luminotécnico dos ambientes e revisão de posições de instalação de trabalho.

13. Deve-se inspeccionar os painéis e verificar quais devem passar por testes e realizá-los, conforme normas e por profissional adequado.

14. Necessidade de confeccionar o *as built* do projeto elétrico e deixá-lo a disposição dos trabalhadores e autoridades competentes; o projeto deve estar sempre atualizado. O projeto deve conter, no mínimo, plantas, esquemas unifilares, detalhes de montagem, memorial descritivo, especificação dos componentes e parâmetros de projeto.

15. Confeção do projeto elétrico relativo ao QGBT's e demais instalações na mesma situação, de acordo com NBRs e NRs pertinentes, e ser assinado por profissional legalmente habilitado.

16. Modificar o layout das bancadas de alguns laboratórios de modo a preservar o local em que o quadro de distribuição está instalado, de forma a permitir fácil acesso para manutenções e ensaios de seus componentes.

17. Necessidade de criação do diagrama unifilar contendo a identificação dos componentes do QGBT 01 e QGBT 02 de modo que a correspondência entre o

diagrama e os circuitos do quadro possa ser facilmente realizada. Deverá também ser especificado o sistema de aterramento e os dispositivos de proteção.

18. Confeções do projeto elétrico relativo ao QGBT 01 e QGBT 02 e anexação junto a sua porta para fácil acesso aos que necessitarem durante operações ou manutenções de acordo com NBRs e NRs pertinentes, e ser assinado por profissional legalmente habilitado.

19. Confeção do memorial descritivo contendo: especificações da proteção adotada contra choques elétricos; descrição do sistema de identificação dos dispositivos elétricos; recomendações acerca da restrição de acesso de pessoas à instalação; precauções aplicáveis em face de influências externas; princípio funcional do dispositivo de proteção; descrição da compatibilidade do dispositivo de proteção com a instalação elétrica.

20. Instalação de um espelho de policarbonato que evite o contato direto com o barramento nos QGBT's; limpeza dos componentes do quadro; verificar se as conexões estão bem feitas nas emendas e bem isoladas; organizar circuitos; agendar manutenção constante de modo a manter as instalações em condições seguras de funcionamento.

21. Os QGBT's devem possuir fixado em seu interior, diagrama unifilar de comando, proteção e seccionamento, onde em eventuais emergências e ou manutenções, possa ter informações rápidas a respeito da construção e funcionamento deste.

22. Necessidade de reparo da tomada e readequação aos novos padrões de tomadas conforme NBR 14136.

23. Instalações de placa de advertência de perigo de choque elétrico em todos os quadros de distribuição.

24. Deve-se criar um conjunto de procedimentos específicos, assinados por profissional habilitado e que tragam detalhes técnicos de segurança. Os procedimentos de trabalho devem conter, no mínimo, campo de aplicação, base técnica, competências e responsabilidades, disposições gerais, medidas de controle e orientações finais.

25. Inspeccionar as áreas, levantar pontos a serem corrigidos e elaborar um cronograma para realizar as readequações.

26. A UFPB, com ajuda de um profissional habilitado, devem especificar formalmente os EPIs para cada atividade e recomendar seu uso.

27. Providenciar o treinamento de segurança básico de segurança nas instalações e serviços em eletricidade, para todos os profissionais da área elétrica.

29. Providenciar a sinalização de painéis, QGBT's, condutores e tomadas. Esta sinalização deve permitir a identificação da finalidade dos dispositivos.
30. Levantar as áreas com maiores riscos de choque e arco elétrico e sinalizá-las.
31. Instruir os trabalhadores formalmente sobre os procedimentos e medidas de controle quando diante de riscos elétricos.

CAPÍTULO 8: CONCLUSÃO.

Após o estudo realizado das instalações elétricas do Bloco K, L e M do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, se pode afirmar que o trabalho atingiu os objetivos específicos inicialmente propostos. Assim, o desenvolvimento do *checklist* tornou uma ferramenta indispensável para realização das inspeções apontando as não conformidades encontradas nos ambientes inspecionados, bem como, os resultados dos ensaios apresentaram a real situação do sistema elétrico analisado.

As propostas de ações corretivas para as não conformidades que constam nesse Trabalho de Conclusão de Curso estão descritas na forma de recomendações que, juntamente com os resultados obtidos, serão apresentadas às autoridades competentes para que se tome conhecimento dos problemas apontados.

Muito deve ser feito para alterar o grande número de não-conformidades e contribuir com a melhoria nas questões de saúde e segurança da Universidade Federal da Paraíba com a aplicação direta da NR 10. Logo o desenvolvimento de trabalhos, seguindo esta temática, se faz necessário a aplicação em todos os ambientes deste estabelecimento de ensino, elaborando um plano de ação que assegure a realização de qualidade e segurança dos serviços elétricos por parte dos setores competentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Gebran, Amaury Pessoa. **Manutenção e Operação de Equipamentos de Subestação**. Porto Alegre: Bookman, 2014.
- [2] Kagan, Oliveira, Robba. Nelson, César Barioni, Ernetro João. **Introdução a Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica**: 2º edição revista. São Paulo: Blucher, 2010.
- [3] Filho, Domingos. **Projeto de Instalações Elétricas Prediais**: 10º edição.
- [4] Filho, João Mamede. **Instalações Elétricas Industriais**: 7º edição. LTC. ISBN.
- [5] Cavalin, Cervelin. Geraldo, Severino. **Instalações Elétricas Prediais**. 5º edição, 2015.
- [6] Cotrim, A. A. M. D. **Instalações Elétricas**
- [7] ABNT NBR 5410, Instalações elétricas de baixa tensão, 2004.
- [8] ABNT NBR 15749, **Medição de resistência de Aterramento e de Potenciais na Superfície do Solo em sistema de Aterramento**, 2009.
- [9] <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/pluguestomadas/base-normativa.asp>, acessado em 01/11/2016.
- [10] http://www2.aneel.gov.br/arquivos/Prodist/Modulo8_Revisão_7.pdf, acessado em 07/11/2016.
- [11] Norma Regulamentadora 10 - NR 10 – Segurança nas Instalações Elétricas e Serviços em Eletricidade.
- [12] Norma Regulamentadora 6 - NR 6 – Equipamento de Proteção Individual e Coletivo.
- [13] Martinho, Edson. **Inspeção das Instalações Elétricas**, 2007.
- [14] Tamietti, Ricardo. **Avaliação da Conformidade das Instalações Elétricas: Verificação, Inspeção e Ensaio**, 2002.
- [15] <http://www.funcoge.org.br>, acessado em 28/10/2016.
- [16] <http://inbep.com.br/cursos>, acessado em 22/09/2016.
- [17] Modena, Jobson. Sueta, Hélio. **Métodos normalizados para medição de resistência de aterramento**, 2010.
- [18] Comissão Tripartite Permanente de negociação do setor elétrico do estado de São Paulo, Curso básico de Segurança em Instalações e serviços em eletricidade.
- [19] ABRACOPEL – Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade.

- [20] Moreira, Luiz Carlos. **Certificação em Instalações Elétricas em Baixa Tensão**. Monografia. Curitiba, 2010.
- [21] Daniel, Eduardo. **Segurança e Eficiência nas Instalações Elétricas**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Energia EP/FEA/IEE/IF da Universidade de São Paulo. 2010.
- [22] Barreto, Marcus. **Procedimento para Certificação das Instalações Elétricas**. Monografia. 2010.
- [23] ABNT NBR 13543, **Instalações Elétricas em Estabelecimentos Essenciais a Saúde**, 1995.
- [24] ABNT NBR 13570, **Instalações Elétricas em Locais de Afluência ao Público**, 1996.
- [25] ABNT NBR 5418, **Instalações Elétricas em Atmosfera Explosiva**, 1995.