

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO

DANILO CARVALHO DE GOUVEIA

**APLICAÇÃO DA NR-10 EM UM LABORATÓRIO DE INSTALAÇÕES
ELÉTRICAS DE ENSINO PROFISSIONALIZANTE**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2015

DANILO CARVALHO DE GOUVEIA

**APLICAÇÃO DA NR-10 EM UM LABORATÓRIO DE INSTALAÇÕES
ELÉTRICAS DE ENSINO PROFISSIONALIZANTE**

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, do Departamento Acadêmico de Construção Civil - (DACOC) - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Segurança do Trabalho.

Orientador: Prof. Dr. Adalberto Matoski

CURITIBA

2015

DANILO CARVALHO DE GOUVEIA

**APLICAÇÃO DA NR-10 EM UM LABORATÓRIO DE INSTALAÇÕES
ELÉTRICAS DE ENSINO PROFISSIONALIZANTE**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Banca:

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai

Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. Dr. Adalberto Matoski (orientador)

Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara

Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Curitiba

2015

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

Aos meus pais Carlos e Lucia, exemplos de vida a serem seguidos, por todo apoio e incentivo oferecido ao longo de toda minha formação.

À minha esposa Lie, pelo seu amor, carinho, compreensão e companheirismo incondicionais.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me iluminar e dar forças para superar os momentos difíceis.

Ao prof. Dr. Adalberto Matoski, por aceitar me orientar e conceder instruções importantes na realização deste trabalho.

A todos os professores do XXIX CEEST, que foram tão importantes para minha formação e dos meus colegas.

RESUMO

GOUVEIA, Danilo C. **Aplicação da NR-10 em um Laboratório de Instalações Elétricas de Ensino Profissionalizante**. 2015. 47 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

O presente estudo de caso apresenta o levantamento e avaliação das instalações elétricas de um laboratório de eletricidade de uma instituição de ensino profissional, com o objetivo de confrontar os resultados de uma inspeção visual com o que é estabelecido pela Norma Regulamentadora nº 10. Foram apresentadas as instalações elétricas do laboratório da instituição e na sequência aplicado um *check list* conforme os itens da NR-10. Foi também avaliado o grau de conhecimento de alunos e professores quanto às práticas seguras nas aulas de laboratório através da aplicação de questionário. Finalmente, concluiu-se que o laboratório, ao contrário do que inicialmente se pensava, apresenta 67% dos itens avaliados como “não conformidades” em relação ao definido pela NR-10, colocando em risco a segurança dos usuários deste ambiente. Com isto foram sugeridas algumas propostas para melhorias nas instalações elétricas e de processos na área de segurança em eletricidade na unidade de ensino profissional.

Palavras-chave: NR-10. Segurança. Instalações Elétricas. Laboratório.

ABSTRACT

GOUVEIA, Danilo C. **Application of NR- 10 in a Laboratory of Electrical Installations of Vocational Education. 2015.** 47 p. Monograph – Post Graduation in Occupational Safety Engineering. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

This case study presents the assessment and evaluation of electrical installations for an electricity laboratory , in a vocational educational institution, in order to compare the results of visual inspection with what is established by the Regulatory Standard No. 10. It was presented the electrical installations of the institution's laboratory and, after that, applied a check list as items of NR-10. It was also rated the degree of knowledge of students and teachers about the safe practices in the laboratory classes by a questionnaire. Finally , it was concluded that the laboratory , contrary to what was previously thought , has 67 % of the items assessed as " non-compliance " in relation to defined by the NR- 10 , endangering the safety of users of this environment . Suggest some proposals for improvements in electrical systems and processes in the area of security in electricity in professional educational institution.

Keywords: NR -10. Security. Electrical Installations. Laboratory.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema Elétrico de Potência (SEP)	15
Figura 2 – Choques elétricos de contato direto	17
Figura 3 – Choques elétricos de contato indireto	18
Figura 4 – Distâncias mínimas a serem observadas nas passagens de serviço	19
Figura 5 – Efeitos Fisiológicos da Corrente Elétrica	21
Figura 6 – Classificação dos métodos de proteção contra choques elétricos, conforme ABNT NBR 5410:2004	25
Figura 7 – Dispositivo DR bipolar	26
Figura 8 – Esquema de aterramento TT	27
Figura 9 – Esquema de aterramento TN-S	27
Figura 10 – Esquema de aterramento TN-C	28
Figura 11 – Esquema de aterramento TN-C-S	28
Figura 12 – Esquemas de aterramento IT	29
Figura 13 – Bancadas de Eletricidade Predial	31
Figura 14 – Bancadas de Eletricidade Industrial	32
Figura 15 – Quadro de Distribuição Geral (QDG)	35
Figura 16 – Quadros de Distribuição (QD)	36
Figura 17 – Tomadas de Alimentação das Bancadas	36
Figura 18 – Quadro de Distribuição da Bancada de Eletricidade Predial sem aterramento e sem DR	37
Figura 19 – Advertência quanto ao uso de EPIs	37
Figura 20 – Quadros de Distribuição (QD) com DR de baixa sensibilidade	38
Figura 21 – Identificação precária dos circuitos	39
Figura 22 – Precariedade dos materiais devido falta de manutenção periódica	40
Figura 23 – Respostas das Questões Aplicadas aos Alunos	42
Figura 24 – Respostas das Questões Aplicadas aos Professores	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Resumo das Conformidades e Não Conformidades	32
Quadro 2 – Panorama da Instalação.....	33
Quadro 3 – Itens avaliados no laboratório de eletricidade	34
Quadro 4 – Questionário de avaliação do grau de conhecimento e satisfação com o laboratório de eletricidade.....	41

LISTA DE SIGLAS

A	Ampère
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AT	Alta tensão
BT	Baixa tensão
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
DPS	Dispositivo de proteção contra surtos
DR	Dispositivo diferencial residual
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NR	Norma Regulamentadora
SEP	Sistema elétrico de potência
SPDA	Sistema de Proteção contra descargas atmosféricas
V	Volt

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	11
1.2. PROBLEMAS E PREMISSAS.....	12
1.3. OBJETIVOS.....	12
1.3.1. Objetivo Geral.....	12
1.3.2. Objetivos Específicos	12
1.4. JUSTIFICATIVA.....	13
1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	13
1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. CONCEITOS GERAIS	15
2.2. SEGURANÇA EM ELETRICIDADE	16
2.3. EFEITOS DA CORRENTE ELÉTRICA NO CORPO HUMANO	20
2.4. A NORMA REGULAMENTADORA Nº 10	22
2.5. MEDIDAS DE PROTEÇÃO COLETIVA E INDIVIDUAL.....	23
2.6. ATERRAMENTO ELÉTRICO E PROTEÇÃO.....	24
3. METODOLOGIA.....	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	31
4.1. AVALIAÇÃO DOS REQUISITOS DE SEGURANÇA DO LABORATÓRIO CONFORME NR-10	31
4.2. QUESTIONÁRIO DE LEVANTAMENTO DE DADOS COM ALUNOS E PROFESSORES	41
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
5.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	45
REFERÊNCIAS.....	46

1. INTRODUÇÃO

A Norma Regulamentadora nº 10 (NR-10) do Ministério do Trabalho e Emprego, intitulada Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, define a adoção de medidas de controle e sistemas preventivos, com o objetivo de garantir a segurança e saúde dos trabalhadores. Além dos aspectos elétricos, esta norma destaca os riscos adicionais de outras naturezas que compõe o cenário do trabalhador.

Sob esta perspectiva, instituições de ensino profissional em eletricidade devem estar adequadas e serem modelos na aplicação da norma de segurança em eletricidade. Mais do que isso, essas instituições são responsáveis pela formação de profissionais que saibam trabalhar com essa tecnologia e ainda sejam capazes de reconhecer os riscos da atividade e controlá-los.

Entretanto, se as condições de trabalho e as instalações dos laboratórios de eletricidade não forem adequadas às normas de segurança e projeto, professores e alunos ficam expostos a grandes riscos de acidentes.

1.1. DELIMITAÇÃO DO TEMA

O presente trabalho tem como objetivo apresentar e avaliar os requisitos de segurança das instalações elétricas de um laboratório de uma instituição de ensino profissional da região metropolitana de Curitiba, com base na NR-10, através da aplicação de *check list* dos itens desta mesma norma. De forma complementar, apresenta o resultado de uma pesquisa com professores e alunos quanto à adoção de práticas seguras no ambiente do laboratório.

1.2. PROBLEMAS E PREMISSAS

A instalação de laboratórios pode caracterizar uma das fases críticas da implantação dos cursos nas instituições de ensino, visto que, em diversos casos, elas se estabelecem em edificações que não foram projetadas originariamente para esta finalidade.

Assim, para que a fase de montagem do laboratório contemple todos os requisitos de segurança e evite futuras alterações, o projeto deve estar detalhado, com foco na eficiência, funcionalidade e segurança daqueles que venham a utilizá-lo. Entretanto, torna-se uma tarefa de certo grau de dificuldade, pois não existem muitos manuais, guias e instruções normativas que descrevam e definam padrões rígidos de projeto e construção deste tipo de instalação elétrica de forma complementar as normas regulamentadoras.

Espera-se que os resultados deste trabalho orientem profissionais durante as fases de projeto e execução de instalações desse tipo e contribuam para futuras adequações e melhorias das instalações do laboratório da própria entidade de ensino profissional em estudo.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo Geral

Avaliar os requisitos de segurança das instalações elétricas de um laboratório de eletricidade de uma instituição de ensino, com base na NR-10.

1.3.2. Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- Apresentar as instalações elétricas do laboratório da instituição;
- Aplicar *check list* dos itens da NR-10 nesse ambiente;
- Confrontar os resultados com o que é estabelecido pela norma;

- Avaliar grau de conhecimento de alunos e professores quanto às práticas seguras nas aulas de laboratório;

1.4. JUSTIFICATIVA

Durante o processo de formação de profissionais da área elétrica deve haver um cuidado muito grande quanto à saúde, conforto e principalmente a segurança dos alunos nas aulas nos laboratórios de eletricidade. Todavia, alguns destes ambientes não estão preparados para receber e instruir os alunos quanto à necessidade da adoção de práticas seguras no trabalho desenvolvido, pois não lhe são oferecidas mínimas condições de segurança e conforto para sua atividade.

Desta forma, este trabalho visa avaliar as instalações de um laboratório de eletricidade e confrontá-las com o que é estabelecido na NR-10, com o objetivo de facilitar futuras adequações para garantia da segurança de professores e alunos.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para este trabalho científico foi utilizado o método de investigação estudo de caso, aplicado a um laboratório de eletricidade de uma instituição de ensino profissionalizante, localizada na região metropolitana de Curitiba. Adotou-se esse método, pois se trata de uma análise de um caso empírico particular e de realidade delimitada e foi o que melhor atingiu os objetivos do trabalho. Neste contexto, dividiu-se o estudo nas seguintes etapas:

- Etapa 1 – Revisão bibliográfica a respeito de conceitos gerais de segurança e princípios de eletricidade, efeitos da corrente elétrica, tipos de aterramento, medidas de proteção individual e coletiva e outros assuntos importantes para o pleno entendimento e reprodução deste trabalho;
- Etapa 2 – Leitura da Norma Regulamentadora N^o 10 e interpretação de cada um dos seus itens, com base em estudo e opiniões de autores renomados;

- Etapa 3 – Aplicação de *check list* dos itens da NR-10 pertinentes ao ambiente em estudo ;
- Etapa 4 – Entrevista com alunos e professores para avaliar o grau de conhecimento e satisfação quanto às práticas seguras nas aulas de laboratório;
- Etapa 5 – Avaliação dos resultados obtidos e registro formal.

1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho é dividido basicamente em cinco seções. A primeira, intitulada Introdução, trata do tema da pesquisa e sua delimitação, objetivos do trabalho, justificativa quanto à escolha do assunto abordado e, por fim, breve abordagem sobre a metodologia adotada. A segunda parte é composta por uma fundamentação teórica, abordando conceitos gerais de segurança e eletricidade, os efeitos da corrente elétrica no organismo, os principais itens contemplados na NR-10, medidas de proteção individual e coletiva, tipos de aterramento existentes, entre outros assuntos importantes para o pleno entendimento e reprodução deste trabalho. Na terceira etapa consta o detalhamento da metodologia de trabalho adotada e explicação do estudo de caso em questão, seguida de uma quarta parte que contém a avaliação dos requisitos de segurança do laboratório, conforme define a NR-10, avaliação do grau de conhecimento e satisfação de professores e alunos quanto às práticas seguras nas aulas de laboratório e as discussões dos resultados, com base na interpretação da NR-10.

Finalmente, para concluir o trabalho, são feitas as considerações finais do estudo e listadas propostas futuras, seguidas das referências.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CONCEITOS GERAIS

A energia elétrica é uma das formas de energia mais utilizada em todo mundo e que pode ser facilmente transportada dos locais de geração até os pontos de consumo e ainda transformada em outros tipos de energia, como térmica, luminosa e mecânica. Assim, é essencial para o desenvolvimento socioeconômico, pois está presente desde as mais simples atividades cotidianas domésticas até os complexos processos industriais (FUNDAÇÃO COMITÊ DE GESTÃO EMPRESARIAL, 2006).

Já um circuito elétrico consiste no conjunto de corpos, componentes ou meios, no qual é possível que haja a circulação de uma corrente elétrica (COTRIM, 2009). Uma instalação elétrica compreende todo o conjunto de componentes elétricos associados e com características coordenadas entre si, reunidos para determinada finalidade (PRYSMIAN ENERGIA CABOS E SISTEMAS DO BRASIL S.A., 2010).

Equipamentos elétricos são elementos que executam funções de alimentação da instalação, como geradores, funções de comando e proteção, como disjuntores e fusíveis e funções de utilização, convertendo a energia elétrica em outras formas de energia, como motores e sistemas de iluminação (PRYSMIAN ENERGIA CABOS E SISTEMAS DO BRASIL S.A., 2010).

O chamado Sistema Elétrico de Potência (SEP) consiste no conjunto de todas as instalações e equipamentos destinados à geração, transmissão e distribuição de energia, conforme está representado esquematicamente na Figura 1.

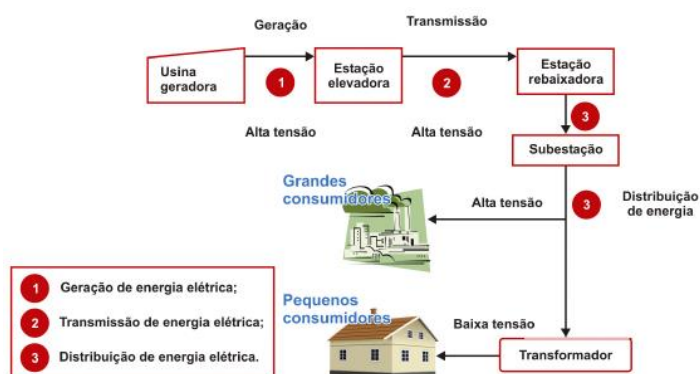


Figura 1 – Sistema Elétrico de Potência (SEP)

Fonte: (FUNDAÇÃO COMITÊ DE GESTÃO EMPRESARIAL, 2006)

No Brasil, cerca de 80% da energia elétrica é produzida por meio de hidrelétricas, 11% termoeletricas e 9% demais fontes. O SEP possui diferentes níveis de tensão. Conforme definido pela NR-10, considera-se a alta tensão (AT) a tensão superior a 1000V em corrente alternada (CA) ou 1500V em corrente contínua (CC) entre fases ou fase e terra. Já baixa tensão (BT) é aquela tensão superior a 50V em CA ou 120V em CC e igual ou inferior a 1000V em CA ou 1500V em CC também entre fases ou fase e terra (BRASIL, 2004).

2.2. SEGURANÇA EM ELETRICIDADE

A eletricidade trata-se ainda de uma forma de energia não perceptível de forma direta pelos sentidos humanos, o que pode trazer, como consequência, situações de riscos aos usuários e trabalhadores envolvidos. Mesmo com a evolução das tecnologias colocadas a disposição da sociedade, não se tem a garantia da aplicação de sistemas de controle dos riscos a todos envolvidos. Assim, treinamentos, procedimentos de trabalho, medidas de controle, uso de equipamentos de proteção e sinalização são medidas complementares a execução das atividades que possuem contato com eletricidade (FUNDAÇÃO COMITÊ DE GESTÃO EMPRESARIAL, 2006).

Uma das consequências da falta de cuidado do trabalho com a eletricidade é o choque elétrico, que consiste no efeito patofisiológico que resulta da passagem de uma corrente elétrica, a chamada corrente de choque, através do corpo de uma pessoa ou de um animal. Para o estudo do choque elétrico, deve-se entender e considerar três elementos fundamentais: a parte viva, massa e elemento condutor estranho à instalação, conforme é definido por Prysmian (2010, pág. 8)

A parte viva de um componente ou de uma instalação é a parte condutora que apresenta diferença de potencial em relação a terra. Para as linhas elétricas falamos em condutor vivo, termo que inclui os condutores fase e o condutor neutro. A massa de um componente ou de uma instalação é a parte condutora que pode ser tocada facilmente e que normalmente não é viva, mas que pode tornar-se viva em condições de faltas ou defeitos. Como exemplos de massa podem citar as carcaças e invólucros metálicos de equipamentos, os condutos metálicos, etc. Um elemento condutor estranho à instalação é um elemento condutor que não faz parte da instalação, mas nela pode introduzir um potencial, geralmente o da terra. É o caso dos elementos metálicos usados na construção de prédios, das canalizações metálicas de gás, água,

aquecimento, ar condicionado, etc. e dos equipamentos não elétricos a elas ligados, bem como dos solos e paredes não isolantes, etc. (PRYSMIAN ENERGIA CABOS E SISTEMAS DO BRASIL S.A., 2010).

Outra questão relevante no estudo dos choques elétricos são suas origens. Ele pode ser resultado de dois tipos de contatos: os contatos diretos, que se caracterizam pelo contato de pessoas ou animais com partes vivas sobtensão e os chamados contatos indiretos, resultados dos contatos de pessoas ou animais com massas que venham a ficar sobtensão por falha de isolamento.

Os contatos diretos se originam devido falha de isolamento ou atitudes imprudentes, como a por ruptura, deterioração ou remoção indevida de partes isolantes e provocam milhares de acidentes todos os anos, muitos deles fatais (COTRIM, 2009). Já o contato indireto é mais frequente e é resultado de uma falha ou defeito interno do equipamento, o que o torna particularmente perigoso, pois o usuário pode simplesmente encostar a mão em uma massa, como a carcaça de um equipamento em utilização, e, sem qualquer suspeita, sofrer uma descarga devido a uma eventual energização acidental. As Figura 2 e Figura 3 reúnem as diferentes situações que esses dois tipos de contatos podem resultar no choque elétrico.

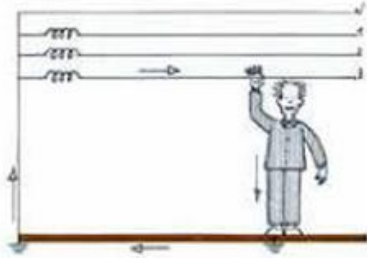
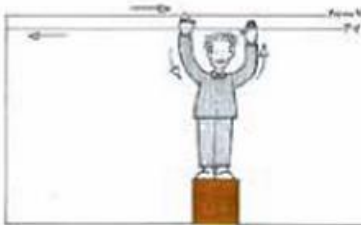
Contato Direto	
<p>Contato entre uma parte ativa, sob tensão (por exemplo, um fio condutor) e um elemento condutor ligado à terra. Muito frequente.</p>	 <p>Um diagrama que ilustra um contato direto. Um homem está em pé sobre um solo representado por uma linha horizontal com uma seta apontando para a esquerda, indicando que está aterrado. Ele está tocando com a mão direita um fio condutor horizontal que faz parte de um sistema de três fios. O fio que ele toca tem uma seta apontando para a direita, indicando tensão. Os outros dois fios acima dele também têm setas apontando para a direita, mas não estão sendo tocados.</p>
<p>Contato entre uma parte ativa, sob tensão e uma outra parte ativa (por exemplo, outro fio condutor), sob tensão diferente. Frequente.</p>	 <p>Um diagrama que ilustra um contato direto entre duas partes ativas. Um homem está em pé sobre um pedestal ou bloco isolante, representado por um retângulo sólido. Ele está tocando com as duas mãos dois fios condutores horizontais que estão separados um do outro. Ambos os fios têm setas apontando para a direita, indicando que ambos estão sob tensão, mas provavelmente de diferentes níveis.</p>

Figura 2 – Choques elétricos de contato direto
Fonte: (MORAES, 2012)

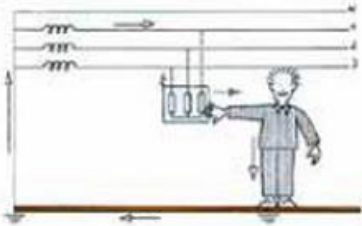
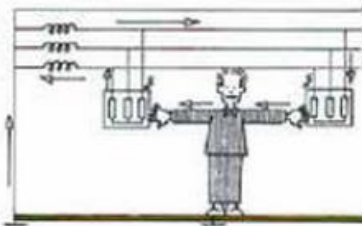
Contato Indireto	
<p>Contato entre uma massa acidentalmente sob tensão, por exemplo, a carapaça metálica de um eletrodoméstico e um elemento condutor ligado à terra.</p> <p>Relativamente frequente.</p>	
<p>Contato entre duas massas que acidentalmente estejam sob tensão e essa tensão seja diferente.</p> <p>Muito raro.</p>	

Figura 3 – Choques elétricos de contato indireto

Fonte: (MORAES, 2012)

A ABNT NBR 5410:2004 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão, baseada na norma internacional IEC 60364 – *Electrical Installations of Buildings*, é aplicada a todas as instalações elétricas de tensão nominal igual ou inferior a 1000V em corrente alternada ou 1500V em corrente contínua e fixa as condições a que instalações de baixa tensão devem atender para garantir seu funcionamento adequado, a segurança de pessoas e animais e a conservação de bens. É aplicada em novas instalações, reformas em instalações existentes ou ainda em qualquer substituição de componentes que impliquem a alteração de circuito (COTRIM, 2009).

Essa norma define que a proteção contra contatos diretos se dá através do uso de proteção básica, ou seja, através da isolação das partes vivas, separação básica, uso de barreiras ou invólucros de proteção, obstáculos, colocação fora do alcance de pessoas, utilização de dispositivos de proteção à corrente diferencial residual ou ainda através da limitação da tensão.

Por outro lado, a proteção contra contatos indiretos envolve cuidados relacionados a chamada proteção supletiva, através da equipotencialização e seccionamento automático da alimentação, isolação suplementar ou ainda separação elétrica.

Diante dessas questões, a ABNT NBR 5410:2004 estabelece como regra para proteção contra choques elétricos que as partes vivas, ou seja, as partes energizadas, não devem ser acessíveis e as massas acessíveis não devem oferecer

perigo, utilizando-se do conjunto de proteção básica e proteção suplementar dos elementos.

A NBR IEC 60050 (826) traz as seguintes definições, entre elas:

- Barreira: elemento que assegura a proteção contra contatos diretos, em todas as direções habituais de acesso.
- Invólucro: elemento que assegura a proteção de um equipamento contra determinadas influências externas e a proteção contra contatos diretos em qualquer direção.
- Obstáculo: elemento que impede um contato direto acidental, mas não impede o contato direto por ação deliberada.

A isolação das partes energizadas consiste no recobrimento total dessas partes por uma isolação que só pode ser removida com sua destruição.

O uso de barreiras ou invólucros destina-se a impedir qualquer contato com as partes vivas, cumprindo assim o papel da proteção básica.

A norma indica que partes vivas devem ser confinadas no interior de invólucros ou atrás de barreiras que confirmam ao menos grau de proteção contra contato dos dedos com partes vivas, ou seja, aberturas inferiores a 12mm.

A Figura 4 retrata as diferentes distâncias a serem respeitadas nos locais de serviço, conforme o tipo de proteção adotado.

Descrição	Distância mínima (m)	
	Proteção completa ou parcial existente	Proteção inexistente ²
Entre obstáculos ¹	0,7	–
Entre manípulos de dispositivos elétricos (punhos, volantes, alavancas etc.) ¹	0,7	–
Entre obstáculos e parede ¹	0,7	–
Entre manípulos e parede ¹	0,7	–
Altura de passagem sob tela ou painel ¹	2,0	–
Apenas um dos lados apresenta partes vivas desprotegidas:		
■ entre paredes e partes vivas	–	1,0
■ passagem livre defronte a manípulos de dispositivos elétricos (punhos, volantes, alavancas etc.)	–	0,7
Ambos os lados apresentam partes vivas desprotegidas:		
■ entre partes vivas de cada lado em passagem destinada somente à manutenção, prevendo que qualquer trabalho de manutenção seja precedido de colação de barreiras protetoras.	–	1,0
■ entre partes vivas de cada lado em passagem destinada somente à manutenção, não sendo previstos a colocação de barreiras.	–	1,5
■ passagem destinada tanto à operação quanto à manutenção prevendo antecipadamente a colocação de barreiras.	–	1,2
■ passagem destinada tanto à operação quanto à manutenção, sem colocação de barreiras.	–	1,5
■ passagem livre destinada à manutenção defronte e a manípulos de dispositivos elétricos (punhos, volantes e alavancas).	–	0,9
■ passagem livre destinada à manutenção defronte e a manípulos de dispositivos elétricos (punhos, volantes para a equipe de operação).	–	1,1
Altura das partes vivas acima do solo	–	2,3

Notas:
1. Consideradas as partes dos painéis montadas e fechadas.
2. Considerando que sejam colocadas barreiras adequadas antes de ser iniciado o serviço de manutenção ou de operação.

Figura 4 – Distâncias mínimas a serem observadas nas passagens de serviço
Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

2.3. EFEITOS DA CORRENTE ELÉTRICA NO CORPO HUMANO

O aumento significativo das aplicações e utilizações da energia elétrica nas últimas décadas levou pesquisadores e especialistas de diversos países a dedicarem-se a estudar os perigos e efeitos causados pela passagem da corrente elétrica no corpo humano. Esses estudos tiveram início na década de 1930 com H. Freiburger, L.P. Ferris, C.F. Dalziel, entre outros (COTRIM, 2009).

A partir da gama de conclusões obtidas com os experimentos em seres humanos e animais, foi elaborado um documento internacional, com a finalidade de instruir e orientar quanto a proteção de seres humanos e animais contra choques elétricos em instalações elétricas. Este documento base é composto por 5 publicações da série IEC 60479, intitulada “*Effects of current on human beings and livestock*” e foi publicado pela primeira vez em 1974. Essa coletânea veio a servir de base para diversas normas internacionais e também para a Norma Brasileira Regulamentadora ABNT NBR 5410 ao que se refere à proteção das pessoas e dos animais domésticos contra os choques elétricos.

Atividades biológicas, como glandular, nervosa ou muscular, são estimuladas e controladas por impulsos de corrente elétrica. Porém, se esta corrente fisiológica vier a se somar com correntes de origem externa, resultado de um choque elétrico, poderá resultar em alterações das funções vitais do indivíduo. Entre os efeitos patológicos críticos, destacam-se a parada respiratória, a tetanização, as queimaduras e a fibrilação ventricular (LOURENÇO, SILVA e FILHO, 2007).

A tetanização consiste no fenômeno da contração ou paralisia muscular devido a circulação de corrente através dos tecidos nervosos que controlam os músculos. Esta tetanização pode gerar a parada respiratória se abranger os músculos peitorais ou fibrilação ventricular se atingir diretamente o músculo cardíaco, causando a disfunção dos batimentos e fazendo o miocárdio vibrar desordenadamente (MORAES, 2012).

Cotrim (2009, pág. 68) retrata de maneira mais detalhada esse efeito de tetanização.

Verifica-se que, sob a ação de um estímulo, o músculo se contrai e, em seguida, retorna ao estado de repouso, devido a uma diferença de potencial elétrico em uma fibra muscular. Se houver um segundo estímulo antes do repouso, os dois efeitos poderão se somar. Diversos estímulos simultâneos produzem contrações repetidas do músculo, de modo progressivo; é a chamada contração tetânica. Quando a

frequência dos estímulos ultrapassa certo limite, o músculo é levado à contração completa e permanece nessa condição até que cessem os estímulos, retornando lentamente ao estado de repouso (COTRIM, 2009).

A frequência de 60Hz, utilizada no Sistema Elétrico de Potência brasileiro, pode produzir uma tetanização completa, dependendo da intensidade da corrente elétrica que flui pelo organismo. A Figura 5 retrata exatamente essa relação entre os valores de intensidade de corrente e os efeitos que ela pode vir a causar no organismo humano.

Intensidade da Corrente (mA)	Efeitos sobre o corpo humano
0,045	Percepção sensorial na língua
0,8	Percepção cutânea para a mulher
1,0	Percepção cutânea para o homem
10	Limiar de não largar
30	Possibilidade de fibrilação ventricular sob certas condições
2 000 (2 A)	Inibição dos centros nervosos
20 000 (20 A)	Queimaduras muito importantes, mutilações

Figura 5 – Efeitos Fisiológicos da Corrente Elétrica

Fonte: (MORAES, 2012)

A circulação de corrente elétrica pelo corpo humano é acompanhada do efeito de produção de calor denominado efeito Joule, que pode vir a provocar queimaduras no organismo. Este efeito torna-se mais crítico nos pontos de entrada e saída da corrente, uma vez que a pele apresenta elevada resistência elétrica, enquanto que tecidos internos possuem baixa resistência. Quanto maior a densidade de corrente e mais longo o tempo de exposição, mais graves são as queimaduras (LOURENÇO, SILVA e FILHO, 2007).

Um dos efeitos fisiológicos mais graves que pode ocorrer devido a passagem da corrente elétrica no organismo é a fibrilação ventricular do coração. Essa anomalia consiste em um tipo de arritmia cardíaca que, se não interrompida no período de 1 a 3 minutos, pode se tornar irreversível. A fibrilação ventricular é responsável por grande número de mortes decorrentes de acidentes com eletricidade, na qual as fibras musculares do ventrículo vibram desordenadamente, estagnando o sangue dentro do coração. Dessa forma, não há irrigação sanguínea do corpo, fazendo com que a pressão sanguínea tenda a zero e o indivíduo

desmaie. Esta fibrilação normalmente vem acompanhada de parada respiratória da vítima (LOURENÇO, SILVA e FILHO, 2007).

A resistência ou impedância do corpo humano não é um valor constante e está diretamente relacionada às consequências e efeitos que o choque elétrico pode causar no organismo. Ela varia de pessoa para pessoa devido a diversas condições fisiológicas. Segundo Cotrim (2010, pág. 74), as principais variáveis fisiológicas envolvidas são: estado da pele, local de contato, área de contato, pressão de contato, duração de contato, natureza da corrente, taxa de álcool no sangue, tensão elétrica do choque.

2.4. A NORMA REGULAMENTADORA nº 10

A NR-10 do Ministério do Trabalho e Emprego, intitulada Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade tem sua última revisão datada de 2004, através da Portaria nº 528, de 7 de dezembro de 2004. Ela tem como objetivo principal a adoção de medidas de controle e sistemas de prevenção que garantam a segurança e saúde dos trabalhadores. Esta norma trata ainda a respeito dos aspectos elétricos, riscos adicionais de naturezas adversas presentes no meio de trabalho e as prescrições relativas à área de técnica, gerencial, segurança e administrativa, de impacto nas prática laborais (BRASIL, 2004).

Essa norma regulamentadora estabelece também uma série de documentações que devem ser elaboradas e mantidas à disposição dos trabalhadores e autoridades competentes, com o intuito de comprovar que as instituições realizam o controle e ações estratégicas de prevenção destinadas a eliminar ou reduzir o potencial de causar lesões ou danos saúde dos trabalhadores. Entre essas documentações estão os diagramas unifilares atualizados, especificações do sistema de aterramento e demais dispositivos de proteção.

O diagrama unifilar é o documento mais objetivo e simples que auxilia o eletricitista em seu trabalho com maior segurança, além de trazer especificações dos elementos de proteção tais como disjuntores, fusíveis, tipo do sistema de aterramento. No caso de cargas instaladas superiores a 75 kW torna-se obrigatório constituir e manter o prontuário de instalações elétricas, conforme definido no item 10.2.4 da NR-10.

10.2.4 Os estabelecimentos com carga instalada superior a 75 kW devem constituir e manter o Prontuário de Instalações Elétricas, contendo, além do disposto no subitem 10.2.3, no mínimo:

- a) conjunto de procedimentos e instruções técnicas e administrativas de segurança e saúde, implantadas e relacionadas a esta NR e descrição das medidas de controle existentes;
 - b) documentação das inspeções e medições do sistema de proteção contra descargas atmosféricas e aterramentos elétricos;
 - c) especificação dos equipamentos de proteção coletiva e individual e o ferramental, aplicáveis conforme determina esta NR;
 - d) documentação comprobatória da qualificação, habilitação, capacitação, autorização dos trabalhadores e dos treinamentos realizados;
 - e) resultados dos testes de isolamento elétrica realizados em equipamentos de proteção individual e coletiva;
 - f) certificações dos equipamentos e materiais elétricos em áreas classificadas;
 - g) relatório técnico das inspeções atualizadas com recomendações, cronogramas de adequações, contemplando as alíneas de “a” a “f”.
- (BRASIL, 2004)

Quanto aos tipos de profissionais que atuam diretamente com as instalações elétricas, a norma define ainda quatro categorias de trabalhadores, conforme os subitens do item 10.8.

10.8.1 É considerado trabalhador qualificado aquele que comprovar conclusão de curso específico na área elétrica reconhecido pelo Sistema Oficial de Ensino.

10.8.2 É considerado profissional legalmente habilitado o trabalhador previamente qualificado e com registro no competente conselho de classe.

10.8.3 É considerado trabalhador capacitado aquele que atenda às seguintes condições, simultaneamente:

- a) receba capacitação sob orientação e responsabilidade de profissional habilitado e autorizado; e
- b) trabalhe sob a responsabilidade de profissional habilitado e autorizado.

10.8.3.1 A capacitação só terá validade para a empresa que o capacitou e nas condições estabelecidas pelo profissional habilitado e autorizado responsável pela capacitação.

10.8.4 São considerados autorizados os trabalhadores qualificados ou capacitados e os profissionais habilitados, com anuência formal da empresa. (BRASIL, 2004)

2.5. MEDIDAS DE PROTEÇÃO COLETIVA E INDIVIDUAL

Dentre as diversas medidas de proteção coletiva existentes, como a isolação das partes vivas, obstáculos, barreiras, sinalização, etc, a mais eficiente é a desenergização do circuito elétrico. Porém, desenergizar não consiste no simples

fato seccionar a alimentação de algum equipamento. Consiste em um procedimento composto por diversas etapas, conforme está definido no item 10.5.1 na NR-10.

10.5.1 Somente serão consideradas desenergizadas as instalações elétricas liberadas para trabalho, mediante os procedimentos apropriados, obedecida a seqüência abaixo:

- a) seccionamento;
- b) impedimento de reenergização;
- c) constatação da ausência de tensão;
- d) instalação de aterramento temporário com equipotencialização dos condutores dos circuitos;
- e) proteção dos elementos energizados existentes na zona controlada (Anexo I);
- f) instalação da sinalização de impedimento de reenergização. (BRASIL, 2004)

Se ocorrer de as medidas de proteção coletiva não forem suficientes para controlar os riscos, deve-se complementar então a segurança por meio do uso de equipamentos de proteção individual (EPI), conforme as disposições da Norma Regulamentadora Nº 6 intitulada Equipamento de Proteção Individual.

2.6. ATERRAMENTO ELÉTRICO E PROTEÇÃO

Aterramento e equipotencialização são fundamentais para a garantia de funcionamento adequado para os sistemas de proteção contra choques elétricos. O aterramento consiste na ligação intencional à terra de um componente através de um meio condutor. É obrigatório que qualquer edificação disponha de uma infraestrutura chamada eletrodo de aterramento, onde todo equipamento elétrico terá o seu corpo (parte metálica) aterrado por questões de segurança, bem como os componentes metálicos das instalações, como quadros de distribuição, eletrodutos metálicos, caixas de derivação, etc. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

Já a ligação equipotencial é a ligação elétrica que coloca massas e elementos condutores praticamente no mesmo potencial, ou seja, interligados entre si, não envolvendo diretamente o solo.

Os métodos prescritos pela ABNT NBR 5410:2004 para proteção contra choques elétricos podem ser divididos em dois grupos: proteção passiva e proteção ativa. A primeira consiste em limitar a corrente elétrica que pode atravessar o corpo humano ou ainda impedir o acesso às partes vivas.

Já a segunda consiste na utilização de métodos e dispositivos que proporcionem o seccionamento automático de um circuito sempre que houver faltas que possam trazer perigo ao usuário ou operador. A Figura 6 classifica de forma resumida os métodos de proteção contra choques previstos na ABNT NBR 5410:2004 .

Proteção	Tipo	Passiva	Ativa
Básica (contatos diretos)	Medida de proteção completa	Isolação das partes vivas	Limitação de tensão (SELV, PELV)
		Barreiras ou invólucros	
	Medida de proteção parcial	Obstáculos	-
		Colocação fora do alcance das pessoas	
Medida de proteção adicional	-	Dispositivos de proteção à corrente diferencial-residual de alta sensibilidade	
Supletiva (contatos indiretos)	-	Equipotencialização	Seccionamento automático limitação de tensão (SELV, PELV)
		Isolação dupla ou reforçada	
		Separação elétrica	
		Locais não condutivos	

Figura 6 – Classificação dos métodos de proteção contra choques elétricos, conforme ABNT NBR 5410:2004

Fonte: (COTRIM, 2009)

Dentre os dispositivos de seccionamento automático, o interruptor diferencial residual (DR) de alta sensibilidade juntamente com o sistema de aterramento são reconhecidos como proteção suplementar e de extrema necessidade de proteção contra choque elétrico. Eles atuam diante do valor da chamada corrente de fuga, que consiste em uma corrente muito pequena que percorre um caminho diferente do previsto. De modo particular, a corrente de fuga em instalações elétricas pode ser originada por defeito na isolação de condutores, componentes ou equipamentos (COTRIM, 2009).

Caso surja uma corrente de fuga, o condutor de aterramento automaticamente conduz esta corrente à terra e o DR de alta sensibilidade (30mA e 30ms) realiza o seccionamento automático do circuito elétrico.

Um dispositivo DR do tipo eletromecânica é constituído pelas seguintes partes: transformador com núcleo laminado de material de alta permeabilidade, um relé polarizado, um circuito de prova e, eventualmente, um circuito comutador de sensibilidade, conforme detalha a Figura 7.

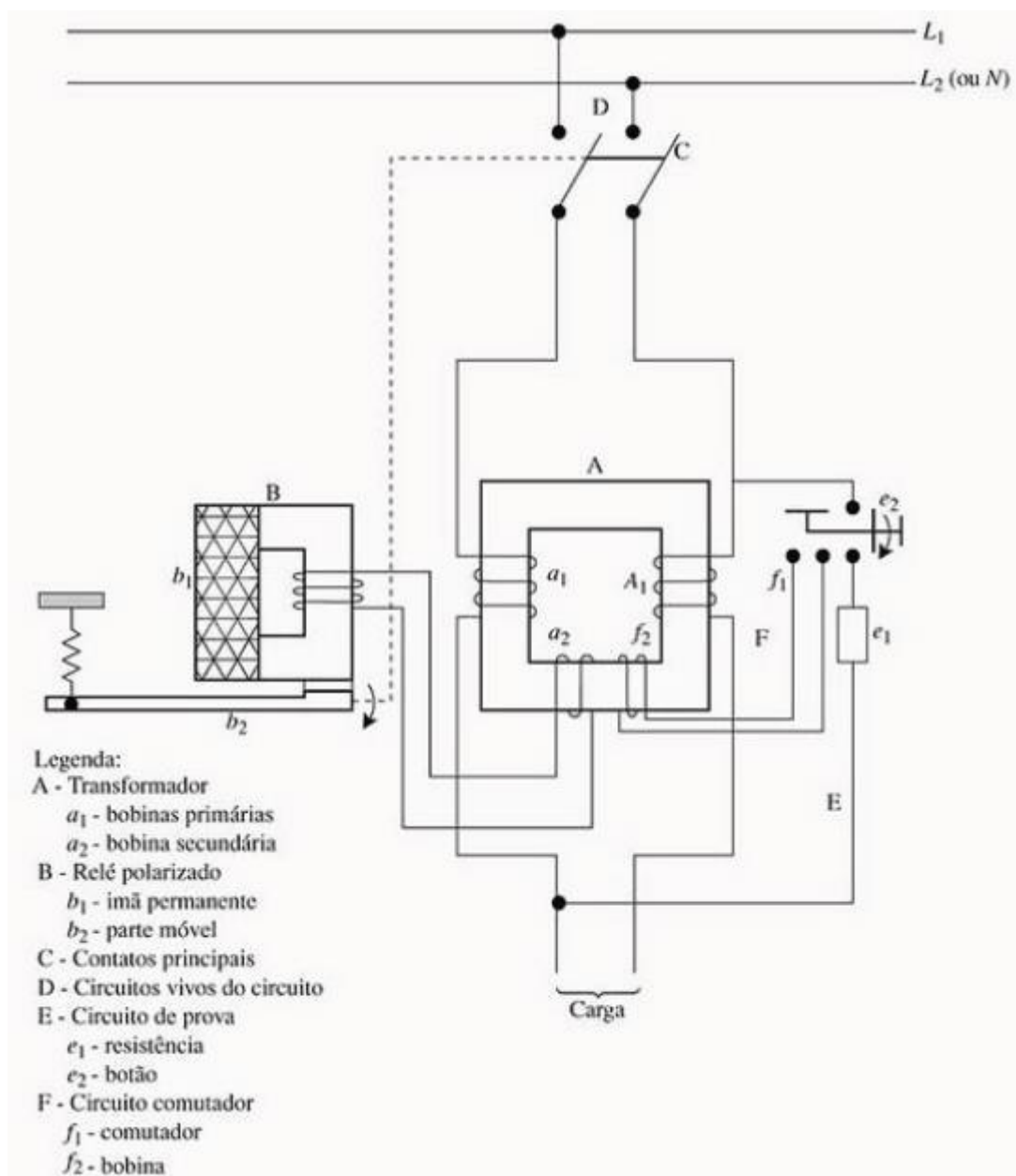


Figura 7 – Dispositivo DR bipolar

Fonte: (COTRIM, 2009)

Os aterramentos podem ser utilizados tanto por razões funcionais, onde ele torna-se necessário para que um equipamento elétrico funcione corretamente, tanto por questões de proteção e segurança contra choques elétricos. Dentre os diversos tipos de aterramento, destacam-se os modelos TN-S, TN-C-S, TNC E TT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004).

No esquema TT, retratado na Figura 8, o ponto de alimentação está diretamente aterrado e as massas estão ligadas a um eletrodo de aterramento, independente do eletrodo de aterramento da alimentação. Nesse esquema de

aterramento, a corrente de curto-circuito depende da qualidade do aterramento da fonte e da massa. Se o aterramento não for bom, a proteção pode não atuar ou demorar muito para atuar, colocando em risco a segurança dos que interajam com a instalação. É utilizado quando a fonte de alimentação e a carga estão muito distantes uma da outra.

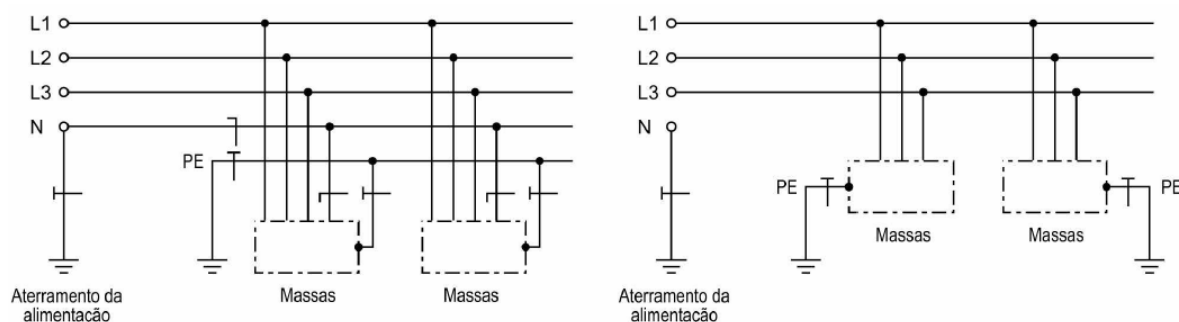


Figura 8 – Esquema de aterramento TT

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

No esquema TN, um ponto da alimentação, normalmente o neutro, está diretamente aterrado e as massas são ligadas a esse mesmo ponto por um condutor metálico. O esquema será do tipo TN-S, conforme Figura 9, quando as funções de neutro e proteção forem realizadas por condutores distintos ou TN-C, Figura 10, quando forem asseguradas pelo mesmo condutor. Pode-se adotar ainda um esquema misto denominado por TN-C-S, conforme ilustra a Figura 12.

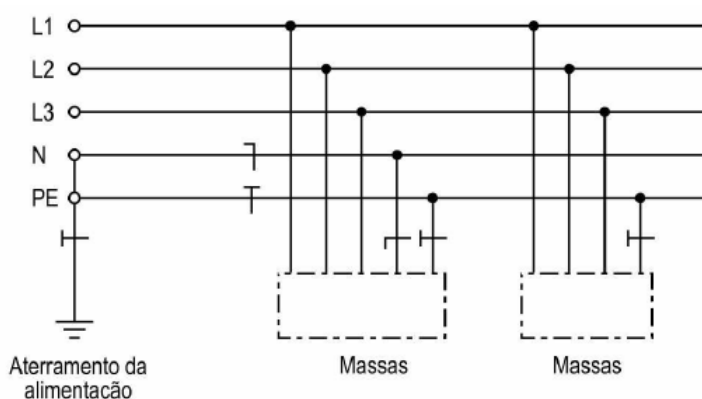


Figura 9 – Esquema de aterramento TN-S

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

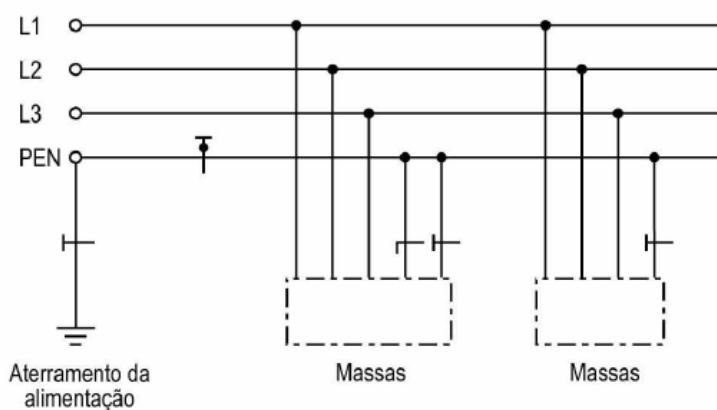


Figura 10 – Esquema de aterramento TN-C

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

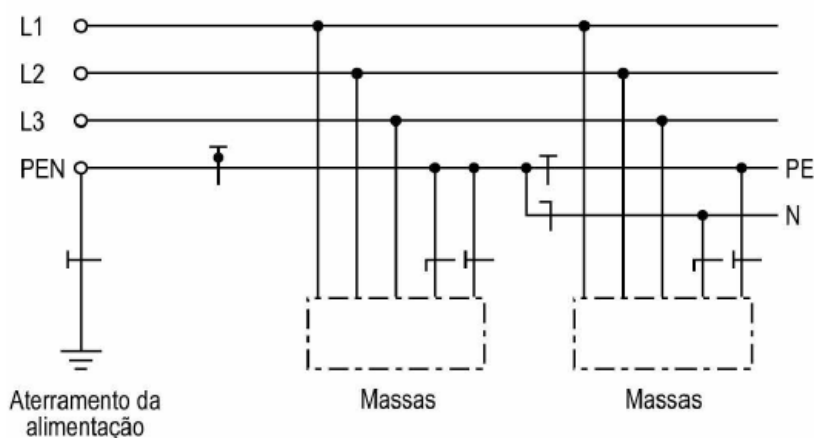


Figura 11 – Esquema de aterramento TN-C-S

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

A corrente de curto-circuito, no sistema TN, não depende do valor do aterramento da fonte, mas sim apenas das impedâncias dos condutores, o que resulta em um valor muito elevado que sensibiliza a proteção e provoca sua atuação facilmente. Deve-se dar preferência ao esquema TN-S, pois todo condutor de proteção está praticamente no mesmo potencial do aterramento.

No esquema IT, não existe nenhum ponto de alimentação diretamente aterrado, sendo este isolado ou aterrado por meio de impedância. ou realmente isolado. A Figura 12 apresenta as diferentes possibilidades do aterramento IT.

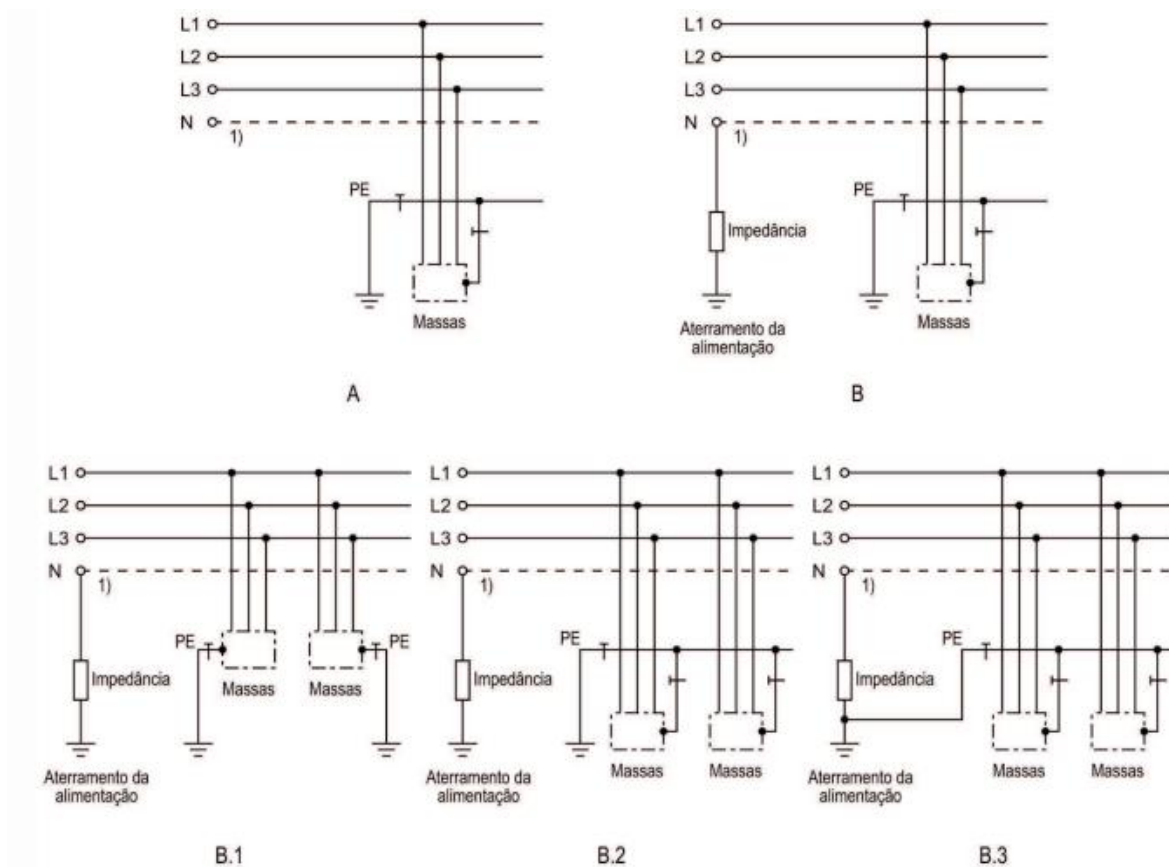


Figura 12 – Esquemas de aterramento IT

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004)

3. METODOLOGIA

Para este trabalho foi adotado o método de investigação estudo de caso no laboratório de eletricidade de uma unidade de ensino profissionalizante quanto à aplicação e adequação à NR-10. Adotou-se este método, pois foi o que melhor se adapta ao objeto da pesquisa, uma vez que trata-se da análise de um caso empírico particular e de uma realidade.

A instituição de ensino alvo deste estudo de caso está localizada na região metropolitana de Curitiba e, embora seja uma unidade de pequeno porte, faz parte de um sistema de ensino de influência e reconhecimento nacional. Em parceria com uma empresa de grande da região, a unidade foi fundada em 1983 e hoje está instalada em um terreno de propriedade dessa mesma empresa parceira. De forma recíproca, a instituição de ensino oferece cursos de formação profissional de interesse das empresas e população da região.

Foram realizados levantamento e análise do laboratório de eletricidade confrontando com o que estabelece a NR-10. Para complementar estas análises, entrevistaram-se alunos e professores para avaliar o grau de conhecimento e satisfação quanto à segurança das instalações do laboratório.

A lista de verificação (*check list*) e os questionários aplicados foram elaborados a partir do estudo da NR10 e com o auxílio do formulário básico de adequações a NR10, retirado do livro “Normas regulamentadoras comentadas: legislação de segurança e saúde no trabalho”, de Giovanni Moraes, avaliados em “Sim”, estão conforme o que estabelece a norma e “Não”, não estão em conformidade ao estabelecido pela norma.

A partir das verificações e dados levantados, foram feitas discussões pertinentes a itens em não conformidade com o estabelecido pela NR-10. O trabalho é concluído com uma análise final e sugestões para trabalhos futuros.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. AVALIAÇÃO DOS REQUISITOS DE SEGURANÇA DO LABORATÓRIO CONFORME NR-10

Para melhor entendimento do estudo, deve-se explicar resumidamente como está organizado o sistema elétrico da instituição.

A entrada de energia se dá com sistema trifásico 220Vca em baixa tensão. Não há projetos elétricos, tampouco qualquer levantamento de carga instalada na unidade. O quadro de distribuição geral (QDG), cujo disjuntor geral é de 200A, está localizado ao lado da porta de acesso ao laboratório, sendo, portanto, objeto desse estudo.

O laboratório de eletricidade é equipado com bancadas didáticas para o ensino de eletricidade predial (Figura 13) e de eletricidade industrial (Figura 14). Cada uma dessas bancadas, possui um quadro de distribuição (QD), com os respectivos dispositivos de seccionamento e/ou proteção.

A partir desses conhecimentos, é possível compreender os resultados da avaliação dos itens e subitens da NR-10.



Figura 13 – Bancadas de Eletricidade Predial
Fonte: (O autor, 2015)



Figura 14 – Bancadas de Eletricidade Industrial
Fonte: (O autor, 2015)

O *check list* utilizado como ferramenta de análise foi retirado e adaptado do livro “Normas regulamentadoras comentadas: legislação de segurança e saúde no trabalho”, de Giovanni Moraes. Foram necessárias leituras complementares e interpretação da norma para poder avaliar as conformidades corretamente.

A lista de verificação aplicada é apresentada na sua íntegra no Quadro 3. Para facilitar o estudo, os resultados estão agrupados nos Quadros 1 e 2. Foram avaliados 67 itens e subitens da NR-10, aplicáveis à instalação.

O Quadro 1 apresenta o percentual de conformidades e não conformidades, diante do número total analisado. Mais de 60% dos itens avaliados estavam não conformes ao o que estabelece a NR-10.

Descrição	Quantidade	Percentual (%)
Conformidades	26	39%
Não Conformidades	41	61%
Total	67	

Quadro 1 – Resumo das Conformidades e Não Conformidades
Fonte: (O autor, 2015)

Foi levantado também o panorama da instalação, conforme a classe de infração, agrupados no Quadro 2. Das não conformidades presentes, a classe de infração 2 é a que mais esteve presente.

Classes de Infração	Quantidade de Itens Avaliados	Conformidades	Não Conformidades	Percentual (%)
1	11	5	6	55%
2	33	9	24	73%
3	17	9	8	47%
4	6	3	3	50%
Total	67	26	41	

Quadro 2 – Panorama da Instalação
 Fonte: (O autor, 2015)

Check-List dos Itens da NR 10

Avaliação dos Requisitos de Segurança das Instalações Elétricas

Item da NR 10	Disposição Normativa	C. I.	A. C.	
			S	N
10.2.1	Adoção de medidas de controle de risco elétrico e outros riscos adicionais	3	X	
10.2.3	Esquemas unifilares atualizados das instalações elétricas	3		X
10.2.8.1	<i>Adoção de medidas de proteção coletiva mediante procedimentos de SMS</i>	4	X	
10.2.8.2	Define (entenda-se “impõe”) as medidas prioritárias de proteção coletiva	3	X	
10.2.8.2.1	Implementação subsidiária de outras medidas de proteção coletiva	2		X
10.2.8.3	Implementação do aterramento elétrico segundo normas técnicas	2		X
10.2.9.1	<i>Uso de EPIs de forma subsidiária às medidas de proteção coletiva</i>	4	X	
10.2.9.2	Vestimentas protetoras adequadas ao trabalho	4	X	
10.2.9.3	Proibição de adornos pessoais em trabalhos com instalações elétricas	1	X	
10.3.1	Projeto: dispositivos de desligamento com impedimento de re-energização	3		X
10.3.2	Projeto: dispositivos de seccionamento de ação simultânea com impedimento	2		X
10.3.3	Projeto: espaço seguro dimensionado para operação, manutenção e construção	2	X	
10.3.3.1	Projeto: identificação e separação de circuitos elétricos de finalidades diferentes	2		X
10.3.4	Projeto: configuração do esquema de aterramento e interligação de condutores	2		X
10.3.5	Projeto: dispositivos com recursos fixos de equipotencialização e aterramento	1		X
10.3.6	Projeto: condições para adoção de aterramento temporário	2		X
10.3.7	Projeto: disponibilização aos trabalhadores, pessoas autorizadas e autoridades	2		X
10.3.8	Projeto: atendimento às normas técnicas, de SMS e autor com habilitação legal	2		X
10.3.9	Projeto: Memorial Descritivo incluindo:	1		X
10.3.9 a	Descrição da proteção contra choques elétricos, queimaduras e riscos adicionais	1		X
10.3.9 b	Indicação de “ligado” e “desligado” p/os dispositivos de manobra dos circuitos	1	X	
10.3.9 c	Identificação dos circuitos, equipamentos, dispositivos de manobra e outros	1	X	
10.3.9 d	Recomendações de restrições e advertências quanto ao acesso de pessoas	1	X	
10.3.9 e	Precauções aplicáveis em face das influências externas	1		X
10.3.9 f	Princípio de funcionamento de dispositivos de proteção e segurança de pessoas	1		X
10.3.9 g	Descrição da compatibilidade dos dispositivos de proteção com a instalação	2		X
10.4.1	<i>SMS na construção, montagem, operação, manutenção e supervisor autorizado</i>	4		X
10.4.2	Medidas preventivas de controle de riscos adicionais	4		X
10.4.3	Uso de equipamentos, dispositivos e ferramentas compatíveis com a instalação	3	X	
10.4.3.1	Inspeção e teste da isolação dos equipamentos, dispositivos e ferramentas	3		X

Check-List dos Itens da NR 10

Avaliação dos Requisitos de Segurança das Instalações Elétricas

Item da NR 10	Disposição Normativa	C. I.	A. C.	
			S	N
10.4.4	Segurança, controle periódico e inspeção das instalações e da proteção elétrica	3		X
10.4.4.1	Proibição de guarda de objeto dentro de invólucros de equipamentos elétricos	2	X	
10.4.5	Garantia de iluminação ambiente e posturas de trabalho de acordo com a NR 17	2	X	
10.4.6	Ensaio e testes laboratoriais por normas legais e pessoas com habilitação legal	3	X	
10.5.1 a	Instalações desenergizadas: seccionamento	2	X	
10.5.1 b	Instalações desenergizadas: impedimento de re-energização	2		X
10.5.1 c	Instalações desenergizadas: constatação de ausência de tensão	2	X	
10.5.1 d	Instalações desenergizadas: aterramento temporário e equipotencialização	2		X
10.5.1 e	Instalações desenergizadas: proteção de elementos na zona controlada	2	X	
10.5.1 f	Instalações desenergizadas: sinalização de impedimento de re-energização	2		X
10.5.2	Manutenção da instalação desenergizada até autorizar re-energização, com:	3	X	
10.5.2 a	Retirada de ferramentas, utensílios e equipamentos	2	X	
10.5.2 b	Retirada da zona controlada de operários não envolvidos com a re-energização	2	X	
10.5.2 c	Remoção do aterramento temporário, equipotencialização/proteções adicionais	2		X
10.5.2 d	Remoção da sinalização de impedimento de re-energização	2		X
10.5.2 e	Destramento e religação dos dispositivos de seccionamento dos circuitos	2		X
10.5.4	Modo de segurança dos serviços com possibilidade de energização acidental	3		X
10.8.5	Sistema de identificação do trabalhador autorizado	1		X
10.8.7	Exame de saúde compatível com atividades a cargo do trabalhador autorizado	3	X	
10.8.9	Noções para identificar e avaliar riscos para leigos em zona livre ou controlada	2	X	
10.9.1	Proteção contra incêndio e explosão em áreas com instalações elétricas	3		X
10.9.2	Avaliação de conformidade de materiais e equipamentos em ambiente explosivo	2		X
10.10.1	Sinalização adequada de segurança, como disposto na NR 26, contemplando:	3		X
10.10.1 a	Identificação dos circuitos elétricos	2		X
10.10.1 b	Travamentos e bloqueios de dispositivos e sistemas de manobra e comandos	2		X
10.10.1 c	Restrições e impedimentos de acesso	2		X
10.10.1 d	Delimitação das áreas	2		X
10.10.1 f	Sinalização de impedimento de re-energização	2		X
10.10.1 g	Identificação de equipamento ou circuito impedido	2		X
10.11.1	Procedimentos específicos de trabalho assinados por profissional habilitado	3		X
10.11.4	Participação do SEESMT nos procedimentos de trabalho, SMS e treinamentos	2		X
10.11.6	Supervisão e condução dos trabalhos por trabalhador indicado e apto à função	1	X	
10.12.1	Plano de Emergência contemplando ações em serviços com Eletricidade	2		X
10.12.2	Trabalhadores autorizados com aptidão para resgatar e socorrer acidentados	3	X	
10.12.4	Trabalhadores autorizados com aptidão para a prevenção/combate a incêndios	3	X	
10.13.2	Informação aos trabalhadores sobre os riscos a que estão expostos na atividade	3	X	
10.13.3	Adoção obrigatória de medidas preventivas e corretivas em cidentes elétricos	4	X	

NOTAS:

1. C. I. = Classe da Infração; A. C. = Avaliação de Conformidade. S = Sim (atende). N = Não (desatende).

Quadro 3 – Itens avaliados no laboratório de eletricidade

Fonte: Adaptado de Avaliação dos Requisitos de Segurança das Instalações Elétricas (MORAES, 2012)

Subitem 10.2.3

O laboratório de eletricidade não possui projetos elétricos. Sendo assim, não há esquemas unifilares disponíveis, o que prejudica muito a manutenção das instalações.

Subitem 10.2.8.2.1

Este item trata a respeito de medidas complementares de proteção coletiva. Embora haja o condutor de proteção em alguns pontos da instalação, a barreira de proteção no QDG e nos QDs da bancada de instalação predial estão em péssimo estado de conservação. Conforme mostra a Figura 15, há diversos pontos de fácil acesso às partes energizadas e a barreira de proteção não está parafusada e devidamente fixada. O estado de conservação também é precário.

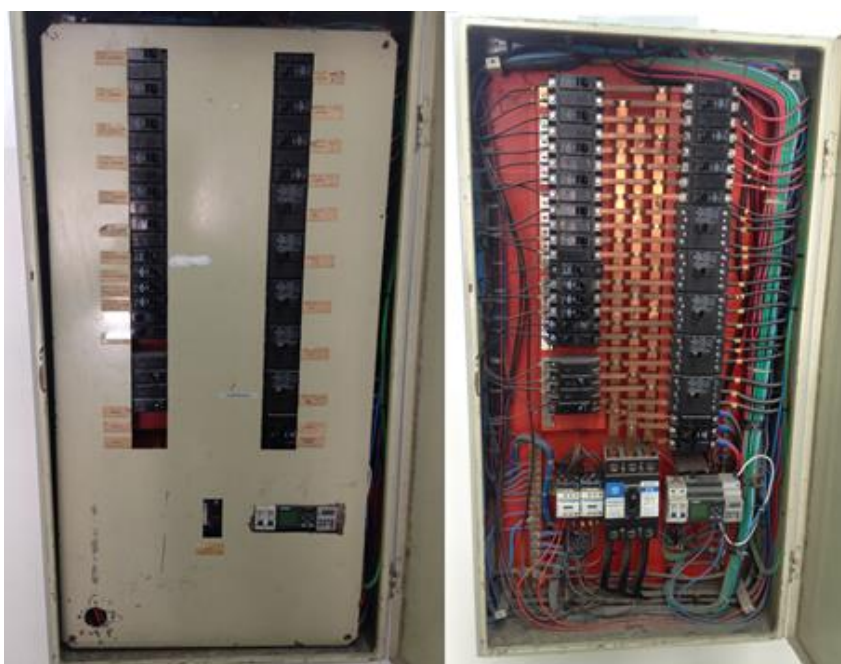


Figura 15 – Quadro de Distribuição Geral (QDG)
Fonte: (O autor, 2015)

A Figura 15 – Quadro de Distribuição Geral (QDG) Figura 16 mostra s Quadros de Distribuição internos ao laboratório. Não há condutor de proteção no circuito. Além disso, idem à Figura 15 e Figura 18, quadros e bornes de ligação proporcionam fácil contato acidental às partes energizadas do circuito, devido a defeito na sua barreira de proteção.



Figura 16 – Quadros de Distribuição (QD)
Fonte: (O autor, 2015)

Subitem 10.2.8.3

Os quadros de distribuição possuem aterramentos, as tomadas de uso geral e específico possuem três pinos, assim como as tomadas de alimentação das bancadas de eletricidade industrial, que são compostas por quatro pinos de uso industrial, conforme Figura 17 . Já os sistemas de iluminação são aterrados através dos perfilados que sustentam as luminárias.



Figura 17 – Tomadas de Alimentação das Bancadas
Fonte: (O autor, 2015)

Porém, as bancadas de eletricidade predial não possuem qualquer sistema de aterramento, conforme retrata a Figura 16 e Figura 18. São alimentadas apenas por 3 fases e neutro, o que torna este item uma não conformidade.



Figura 18 – Quadro de Distribuição da Bancada de Eletricidade Predial sem aterramento e sem DR
Fonte: (O autor, 2015)

Subitem 10.2.9.1

Este subitem está em conformidade. É uma exigência normativa da instituição que qualquer pessoa que entre nas instalações dos laboratórios utilize equipamentos de proteção individual, conforme se pode visualizar na Figura 19.



Figura 19 – Advertência quanto ao uso de EPIs
Fonte: (O autor, 2015)

Subitem 10.2.4

Não se aplica nesse estudo, pois a entrada de energia é em baixa tensão, com disjuntor geral de 200A, portanto, carga instalada igual ou inferior a 75kW.

Subitem 10.3.1 e 10.3.2

As bancadas são equipadas com disjuntores apenas, conforme apresentado na Figura 13, Figura 14 e Figura 16 o que não garante o processo de desenergização, devido à falta de dispositivos de bloqueio.

Em um dos quadros da bancada de eletricidade predial, o dispositivo de seccionamento de circuitos não é de ação simultânea, ou seja, multipolares que possuam recursos para impedimento de reenergização.

Além disso, pode-se notar pela Figura 20 que os dispositivos instalados nas bancadas de eletricidade predial não são adequados, pois o DR não é de alta sensibilidade (30mA) para atender as instalações elétricas existentes.



Figura 20 – Quadros de Distribuição (QD) com DR de baixa sensibilidade
Fonte: (O autor, 2015)

Subitem 10.3.3.1, 10.3.4, 10.3.5, 10.3.6, 10.3.7, 10.3.8, 10.3.9, 10.3.9a

Como não há projetos elétricos na unidade, tampouco memorial descritivo, é difícil cumprir alguma etapa do item “10.3 - Segurança em Projetos”. Não existe o compartilhamento de circuitos de finalidades distintas, porém não há indicação de qual o tipo de aterramento adotado. Pode-se observar por inspeção visual no quadro

geral que a configuração do sistema de aterramento é TN-S, porém não foi constatado ligação do barramento de aterramento com alguma haste de aterramento. Ainda, não se tem recursos para realizar o aterramento temporário.

Subitem 10.3.9

Não se tem memorial descritivo para a instalação. Assim, ele não é cumprindo quase que em sua totalidade.

Nos quadros de distribuição há algumas identificações, conforme Figura 21. Porém, não conferem com a realidade atual, pois houve diversas mudanças de *layout*. Não há qualquer identificação dos circuitos nas tomadas e luminárias, como se pode observar na Figura 17

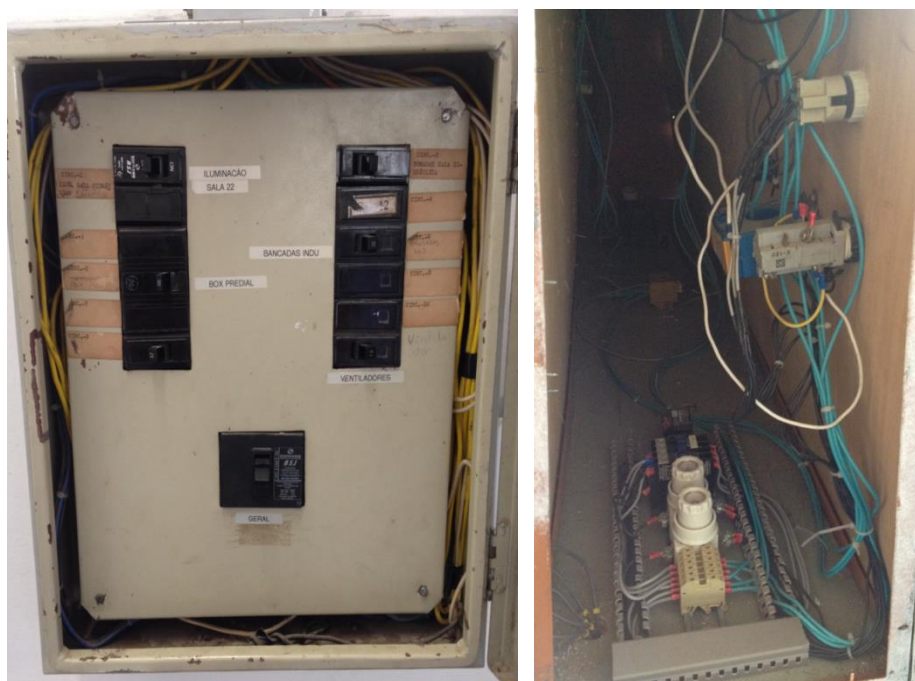


Figura 21 – Identificação precária dos circuitos
Fonte: (O autor, 2015)

Subitem 10.4.4

A manutenção é um tanto precária. Não há qualquer registro de manutenção na entrada de energia elétrica, tampouco plano de manutenção. A unidade não dispõe de manutenção preventiva e preditiva, trabalha apenas com manutenção corretiva. A Figura 21 mostra grande quantidade de pó acumulada, o que pode

resultar em uma descarga elétrica acidental. A identificação dos circuitos não foi alterada ao longo das mudanças.

A Figura 22 apresenta o barramento do QDG com sinais de aquecimento e de marcas de curtos-circuitos, bem como alterações e adaptações fora dos padrões estabelecidos pela NBR 5410.

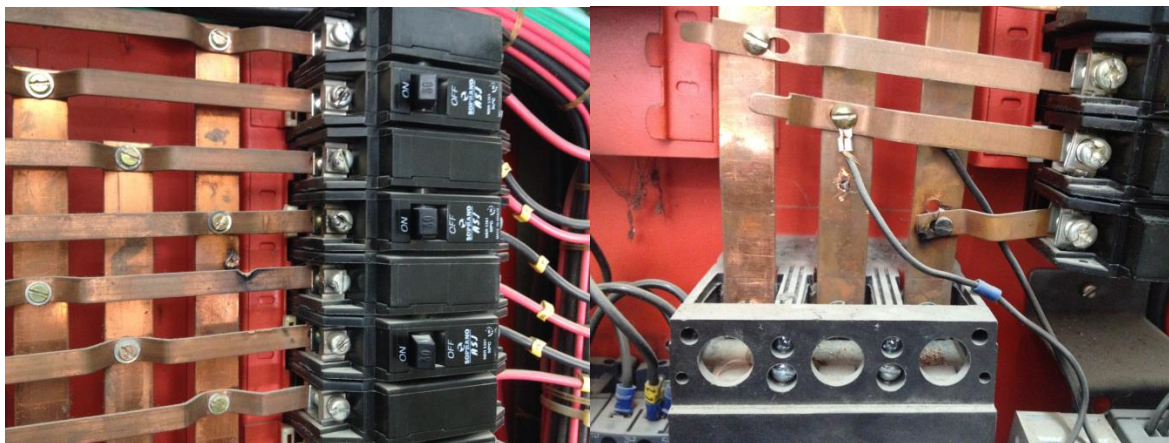


Figura 22 – Precariedade dos materiais devido falta de manutenção periódica
Fonte: (O autor, 2015)

Subitem 10.5.1.b, 10.5.1.d, 10.5.1.f, 10.5.2.c, 10.5.2.d, 10.5.2.e

Quanto ao trabalho em instalações desenergizadas, as questões relativas ao bloqueio, aterramento temporário e sinalização não são atendidas, embora se faça o seccionamento, detecção de ausência de tensão e isolamento. O procedimento de retomada de energização também não atende os requisitos previstos em norma.

Item 10.9

Não existem documentos, desenhos atualizados de distribuição dos sistemas de incêndio, mas há equipe de brigadistas na unidade.

Item 10.10

Este item relativo a sinalização de segurança demonstrou-se o mais precário, pois não há sinalização adequada conforme definido na NR 26. A única sinalização presente é a de obrigatoriedade de uso de EPIs na entrada do laboratório, conforme mostrado na Figura 19.

4.2. QUESTIONÁRIO DE LEVANTAMENTO DE DADOS COM ALUNOS E PROFESSORES

Aplicou-se o questionário com uma amostra de 16 alunos e 7 professores do curso técnico, contemplando perguntas referentes ao conhecimento e satisfação quanto à segurança no laboratório de eletricidade, conforme dispostas no Quadro 4.

Questão	Descrição
1	Você tem conhecimento dos procedimentos padrões de trabalho na oficina elétrica?
2	Você foi orientado sobre os riscos à sua segurança no ambiente do laboratório?
3	Você utiliza EPIs/EPCs compatíveis e recomendados para o trabalho em eletricidade?
4	Você executa a análise preliminar de riscos (APR) antes de iniciar suas atividades no laboratório?
5	Você realiza atividades em circuitos energizados?
6	As ferramentas e equipamentos disponíveis para uso são isoladas e compatíveis com o nível de tensão da instalação?
7	Você realiza a revisão dos circuitos e procedimentos antes de reenergizá-lo?
8	Você realiza alguma forma de bloqueio do circuito seccionado?
9	Você visualiza o voltímetro da bancada ou utiliza multímetro/detector de tensão para constatar a ausência de tensão antes de iniciar o trabalho nas bancadas?
10	Você utiliza o aterramento temporário nos trabalhos em circuitos desenergizados?
11	Você pratica alguma forma de separação ou isolamento elétrico das partes vivas do circuito durante o período de trabalho?
12	O ambiente de trabalho é limpo, organizado, bem ventilado e possui iluminação adequada para trabalho?
13	De 0% a 100%, qual sua satisfação quanto à segurança do laboratório de eletricidade?

Quadro 4 – Questionário de avaliação do grau de conhecimento e satisfação com o laboratório de eletricidade

Fonte: (O autor, 2015)

As respostas foram tabuladas e organizadas na forma gráfica para facilitar o entendimento e conclusões, conforme dispostas nas Figura 23 e Figura 24.

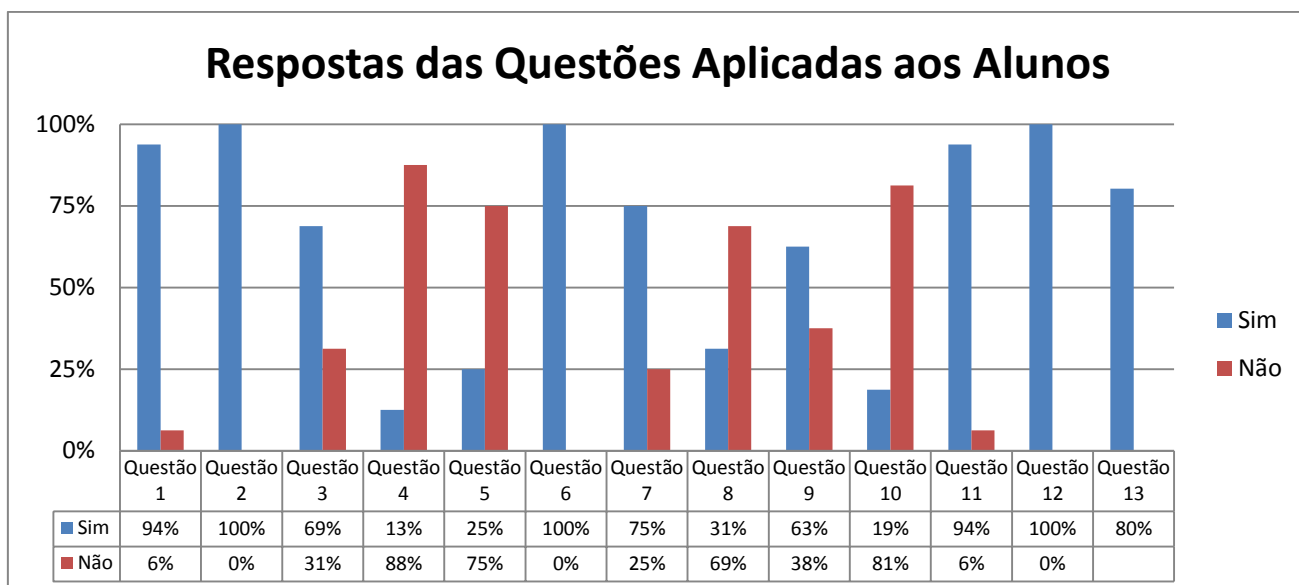


Figura 23 – Respostas das Questões Aplicadas aos Alunos

Fonte: (O autor, 2015)

Analisando-se a Figura 23, nota-se que a grande maioria dos alunos considera ter pleno conhecimento dos procedimentos padrões de trabalho do laboratório e que ainda foram devidamente orientados quanto aos riscos presentes. Porém, nota-se certa inconsistência nas afirmações, pois, na sequência, aproximadamente 75% deles não realizam a APR antes de iniciar suas atividades e ainda não utilizam dispositivos de bloqueio para o circuito seccionado.

A Figura 24 apresenta as respostas dos professores às mesmas perguntas do Quadro 4.

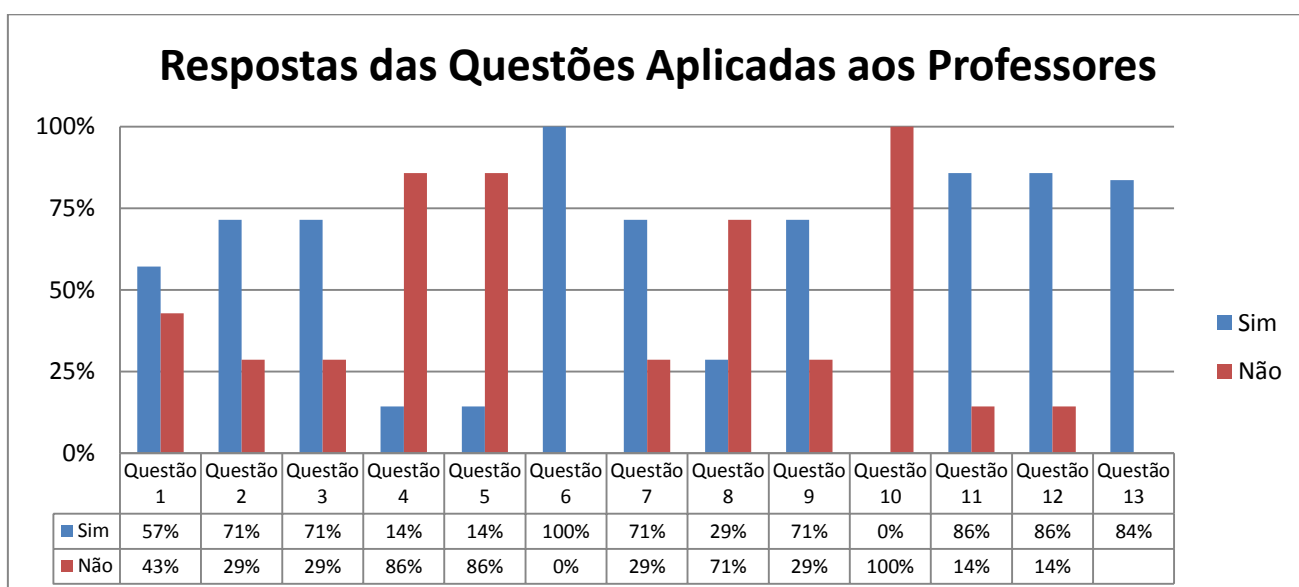


Figura 24 – Respostas das Questões Aplicadas aos Professores

Fonte: (O autor, 2015).

Analisando as informações presentes na Figura 24, percebe-se 43% dos professores não tem conhecimento dos procedimentos padrões e outros 29% não foram orientados quanto aos riscos e equipamentos de proteção necessários. Nota-se também que 71% dos professores também não adotam dispositivos de bloqueio para garantir a desenergização dos circuitos.

Embora o *check list* apresentado no Quadro 3 tenha encontrado 61% de não conformidades no laboratório de eletricidade, os alunos e professores avaliaram o laboratório como um ambiente seguro e uma satisfação quanto a segurança de valor igual a 80% e 84% respectivamente.

A aplicação deste questionário permitiu perceber que tanto alunos quanto professores, não conhecem ou não receberam instruções e treinamentos para realizar a chamada análise preliminar de riscos antes de iniciarem seus trabalhos.

Uma questão crítica foi o não cumprimento de todas as etapas do processo de desenergização. É preocupante a ausência da utilização de dispositivos de bloqueio e adoção de aterramento temporário nos trabalhos das bancadas, as quais normalmente são compartilhadas entre grupos de alunos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao desenvolver este tema relativo à segurança das instalações elétricas de um laboratório, foi necessário pesquisar estudos relacionados à conceitos gerais de eletricidade e segurança, bem como os efeitos que a corrente elétrica pode causar no corpo humano.

O trabalho prático através do método de estudo de caso proporcionou a aquisição de experiência em identificar riscos, não conformidades e melhores soluções para práticas seguras nos ambientes de trabalho.

Inicialmente admitiu-se que o local onde os alunos realizam suas atividades práticas não proporcionava riscos à sua saúde e segurança, fato comprovado pela nota de avaliação dada por esses quanto à segurança. Entretanto, a partir da lista de verificação aplicada com base na NR-10, foi retratado uma situação diferente, com diversos problemas relativos à segurança, desde a fase de projeto até a utilização das instalações.

No que se trata de aterramentos, percebe-se que as bancadas didáticas não possuem pontos acessíveis de aterramentos como é o caso da bancada de eletricidade industrial, a qual é alimentada por uma tomada industrial de “9h” de quatro pinos, ou seja, são três fases e um neutro, não possuindo o condutor de proteção PE acessível nas atividades relacionadas à área industrial.

Nos quadros de disjuntores da bancada de eletricidade predial, existem acessos a pontos energizados por falta de barreira, inclusive com incompatibilidade elétrica entre os componentes da instalação elétrica nas bancadas de eletricidade predial (DRs e Disjuntores).

Quanto a manutenção, percebe-se que a unidade não dispõe de manutenção preventiva e preditiva, trabalhando apenas com manutenção corretiva.

Com a realização deste trabalho foi possível avaliar os requisitos de segurança das instalações elétricas de um laboratório de eletricidade de uma instituição de ensino, com base na NR-10 e ainda avaliar o grau de conhecimento de alunos e professores quanto às práticas seguras nas aulas de laboratório.

Foram finalmente constatadas necessidades de adequações para atendimento da Norma Regulamentadora Nº 10.

5.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Diversos conceitos apresentados neste estudo poderão embasar o desenvolvimento de futuros trabalhos relacionados à segurança em instalações elétricas. Estes podem estar relacionados com:

- Realizar os desenhos dos quadros de distribuição com identificação dos circuitos elétricos;
- Criar um plano de manutenção, com emissão de relatórios;
- Trocar os quadros existentes que não possuem proteção adequada;
- Elaborar procedimento de segurança e APR;
- Elaborar um plano de emergência e realizar simulações periodicamente;

REFERÊNCIAS

AMARAL, F. G. et al. Condições de saúde e segurança em laboratórios de ensaios de materiais elétricos: uma ferramenta de análise. **XIII SIMPEP**, Bauru, 6 Novembro 2006. 8.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. 2ª. ed. Rio de Janeiro: ABNT, v. Único, 2004. ISBN ICS 91.140.50.

BRASIL, M. D. T. E. E. **Portaria nº 598 de 07 de dezembro de 2004 - NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Brasília: Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2004.

BURMANN, L. S. **Sistemática para Avaliar as Condições de Segurança e Saúde em Laboratório de Ensaios de Materiais Elétricos**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 131. 2008.

CANOVA, C. **Aplicação da Norma Regulamentadora NR-10 em uma Empresa Prestadora de Serviços em Eletricidade**. Universidade Comunitária Regional de Chapecó. Chapecó, p. 100. 2007.

CASTRO, I. D. S. et al. **Avaliação de Instalações Elétricas em Escolas Públicas da Cidade de João Pessoa**. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, p. 9. 2008.

COTRIM, A. A. M. B. **Instalações Elétricas**. 5ª. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, v. Único, 2009. 486 p. ISBN ISBN 978-85-7605-208-1.

FUNDAÇÃO COMITÊ DE GESTÃO EMPRESARIAL. **Curso Básico de Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. 1ª. ed. São Paulo: Editora Fundação COGE, v. Único, 2006. 277 p. ISBN ISBN 85-9960-01-2.

LOURENÇO, H.; LOBÃO, E. D. C. Análise da Segurança do Trabalho em Serviços com Eletricidade sob a Ótica da Nova NR-10. **I Seminário Internacional de Arquitetura & Urbanismo e Engenharia Civil**, Foz do Iguaçu, 24 Setembro 2008. 7.

LOURENÇO, S. R.; SILVA, T. A. F.; FILHO, S. C. D. S. Um estudo sobre os efeitos da eletricidade no corpo humano sob a égide da saúde e segurança do trabalho. **Exacta**, São Paulo, V, n. 1, Jan./Jun. 2007. 135-143.

MORAES, G. A. **Normas regulamentadoras comentadas**: legislação de segurança e saúde no trabalho. 11^a. ed. Rio de Janeiro: Gerenciamento Verde Editora, v. II e III, 2012. ISBN 9788599331316.

OLIVEIRA, L. E. D. **O Complexo Prontuário das Instalações Elétricas**. Assessotec. Vinhedo, p. 45. 2012.

PEREIRA, J. G.; SOUSA, J. J. B. D. **Manual de Auxílio na Interpretação e Aplicação da NR-10**. 1^a. ed. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, v. Único, 2010.

PRYSMIAN ENERGIA CABOS E SISTEMAS DO BRASIL S.A. **Manual Prysmian de Instalações Elétricas**. Santo André: Prysmian, v. I, 2010.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. **Segurança em Eletricidade**: Normas de Conduta em Experimentos com Risco Potencial de Acidente. 2^a. ed. Ilha Solteira: UNESP, v. Único, 2006. 25 p.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. **Normas para elaboração de trabalhos acadêmicos**. 1^a. ed. Curitiba: UTFPR, v. Único, 2008. 115 p. ISBN 001.42.