

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELÉTRICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

AUGUSTO CESAR FUHRMANN

**ELABORAÇÃO DE BANCADA DIDÁTICA DE INSTALAÇÕES
ELÉTRICAS RESIDENCIAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO
2017

AUGUSTO CESAR FUHRMANN

**ELABORAÇÃO DE BANCADA DIDÁTICA DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS
RESIDENCIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do curso de Engenharia Elétrica da coordenação de Engenharia Elétrica – COELT – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Batista de Jesus Soares

PATO BRANCO

2017

TERMO DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **ELABORAÇÃO DE BANCADA DIDÁTICA DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS RESIDENCIAIS**, do aluno **AUGUSTO CESAR FUHRMANN** foi considerado **APROVADO** de acordo com a ata da banca examinadora N° 153 de 2017.

Fizeram parte da banca os professores:

Alexandre Batista de Jesus Soares

Rafael Zamodzki

Hervê Stangler Irion

A Ata de Defesa assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha mãe, Sirlene, e ao meu pai, Sérgio, que sempre me apoiaram e me deram forças durante minha vida acadêmica. Nada disso seria possível sem eles.

Muito obrigado ao meu tio, Ademir, por ter me ajudado no desenvolvimento da parte prática deste trabalho.

Agradeço, também, a todos os professores da universidade que sempre me ajudaram e me guiaram no decorrer do curso.

RESUMO

FUHRMANN, Augusto Cesar. Elaboração de Bancada Didática de Instalações Elétricas Residenciais. 2017. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

Este trabalho apresenta a elaboração de uma bancada didática para a área de instalações elétricas residenciais. Com o objetivo de melhorar a aprendizagem na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco, tendo em vista que não há como realizar atividades práticas nesta área da Engenharia Elétrica. O alto custo desse tipo de bancada torna difícil a sua aquisição pela universidade. Portanto, neste trabalho serão descritos projeto e implementação de um protótipo de bancada para a realização de tais atividades práticas.

Palavras-chave: Instalações Elétricas Residenciais. Instalações Elétricas Prediais. Bancada didática.

ABSTRACT

FUHRMANN, Augusto Cesar. Elaboração de Bancada Didática de Instalações Elétricas Residenciais. 2017. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2017.

This paper presents the elaboration of a didactic bench for residential electrical installations. The objective is to improve the learning in Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco, due to the fact that there is no way to do any practice in this area of Electrical Engineering. The high cost of this kind of bench makes it very difficult for the university to acquire it. Therefore, this work will describe the project and implementation of a prototype for the realization of said practical activities.

Keywords: Residential Electrical Installations. Building Electrical Installations. Didactic Bench.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	JUSTIFICATIVA	9
1.2	OBJETIVO GERAL	9
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1	CIRCUITOS DE ILUMINAÇÃO E TOMADA.....	11
2.1.1	Lâmpadas..	11
2.1.2	Plugues e tomadas	14
2.1.3	Interruptores.....	16
2.1.4	Condutores de baixa tensão	16
2.2	SENSORES	19
2.2.1	Sensor de presença	19
2.2.2	Relé Fotoelétrico.....	20
2.3	COMANDO E SINALIZAÇÃO	22
2.3.1	Botões de comando	22
2.3.2	Sinalizadores.....	23
2.4	INSTRUMENTOS ANALÓGICOS DE MEDIÇÃO ELÉTRICA.....	24
2.5	SEGURANÇA	26
2.5.1	Disjuntores Termomagnéticos.....	26
2.5.2	Dispositivo Diferencial-Residual.....	27
2.5.3	Aterramento	30
3	PROJETO DA BANCADA	33
3.1	MATERIAIS E MÉTODOS	34
3.2	PROJETO EM CAD	35
3.3	CONFECÇÃO DA BASE DE MADEIRA	36
3.4	MONTAGEM DOS COMPONENTES	38
4	RESULTADOS	40
4.1	TESTES REALIZADOS	41
5	CONCLUSÕES	44
	REFERÊNCIAS.....	45
	APÊNDICE A – Projeto da base de Madeira.....	48

1 INTRODUÇÃO

No ensino de engenharia, encontra-se a importância de aliar a teoria à prática para que o estudante possa desenvolver habilidades que lhe serão necessárias na sua vida profissional (FRONZA, 2015).

As atividades práticas possuem grande importância na fixação da teoria estudada, aproximando o acadêmico de situações reais. No caso de uma instalação elétrica, além do conhecimento teórico, faz-se necessário o conhecimento dos componentes e equipamentos que serão utilizados e como utilizá-los de maneira apropriada e segura.

1.1 JUSTIFICATIVA

O projeto da bancada visa a sua utilidade frente às necessidades dos alunos, principalmente na disciplina de Instalações Elétricas 1, pois na UTFPR - Câmpus Pato Branco - não há laboratório de instalações elétricas ou bancadas didáticas nessa área. Nesse sentido, busca-se através deste projeto a elaboração de um protótipo de bancada didática que possa ser utilizada para simular as instalações mais usuais de uma residência.

1.2 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma bancada didática para práticas na área de instalações elétricas residenciais, com ênfase aos circuitos mais usualmente encontrados nesses locais.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Pesquisar sobre as instalações relevantes e equipamentos (disjuntor termomagnético, dispositivo diferencial-residual, relé fotoelétrico, sensor de presença, campainha, reator de lâmpada fluorescente etc.) que serão utilizados e como devem ser instalados.

- Fazer o projeto da bancada e da base de madeira com desenhos e diagramas unifilares e multifilares das instalações que serão feitas na bancada.
- Construir a bancada na prática conforme o projeto.
- Desenvolver um guia, como apêndice, com as práticas possíveis de serem realizadas na bancada implementada.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho se estrutura em seis capítulos, referências e apêndices. No capítulo 2 será apresentada a revisão de literatura sobre todos os componentes que serão utilizados na bancada como, por exemplo, lâmpadas, interruptores, plugues, tomadas, comutadores, sinalizadores, disjuntores, dispositivo diferencial-residual, entre outros. Serão abordadas as características desses materiais, tipos e como funcionam.

No capítulo 3, será apresentada a metodologia do trabalho, que será dividida em materiais que serão utilizados e os métodos para sua escolha; projeto da disposição dos equipamentos na bancada; projeto e confecção da base de madeira da bancada; e montagem dos componentes.

No capítulo 4 serão abordados os resultados obtidos após a montagem da bancada e os testes realizados.

O capítulo 5 será referente às conclusões do trabalho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CIRCUITOS DE ILUMINAÇÃO E TOMADA

Conforme a norma NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão – a previsão de carga de iluminação deve ser feita de acordo com o seguinte critério:

- Quando a área do cômodo for igual ou inferior a 6 m², deve ser prevista carga mínima de 100 VA;
- Quando a área do cômodo for maior que 6 m², deve ser prevista carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m², acrescida de 60 VA para cada aumento de 4 m² inteiros (ABNT, 2004).

Esses valores de potência são destinados a iluminação para efeito de dimensionamento e não indicam, necessariamente, a potência nominal das lâmpadas.

2.1.1 Lâmpadas

Há inúmeros tipos de lâmpadas produzidas nos dias atuais, com as mais variadas características, efeitos e aplicações. Não há como descrever todas, porém as mais utilizadas serão descritas aqui.

- **Lâmpada incandescente:** a corrente elétrica passa por uma resistência (filamento) que, por sua vez, fica incandescente dentro de um bulbo de vidro a vácuo. São as lâmpadas com a menor eficiência, pois transformam apenas 10% da energia que consomem em luz, os outros 90% são transformados em calor. A vida útil de uma lâmpada incandescente é relativamente curta, sendo compreendida entre 600 e 1000 horas (SILVA, 2004). Por causa dessa baixa eficiência, as lâmpadas incandescentes saíram de circulação no Brasil a partir do dia 30 de junho de 2016, tendo o governo federal proibido a sua venda através da portaria interministerial 1007/2010 (PORTAL BRASIL, 2016).

- **Lâmpada halógena:** é bastante parecida com a incandescente comum, possuindo o mesmo princípio de funcionamento – uma corrente elétrica passando por um filamento. A principal diferença está na maior eficiência das lâmpadas halógenas, que utilizam bulbo feito de *quartzo*, ao invés de vidro comum, e um sistema de gases

halógenos no seu interior. Dessa forma, o filamento mantém suas propriedades originais e a durabilidade pode ser até quatro vezes maior que as lâmpadas incandescentes (SILVA, 2004).

- **Lâmpada fluorescente:** é constituída por um cilindro de vidro revestida interiormente por uma camada de fósforo. O fósforo emite luz quando é atingido por luz ultravioleta. Quando acionada, os eletrodos nas extremidades da lâmpada são submetidos a uma tensão elevada ocorrendo a formação de um arco elétrico entre os mesmos. Os elétrons do arco se chocam com os gases no interior do tubo e ocorre a liberação de luz ultravioleta que ativa a camada de fósforo. A Figura 1 ilustra o funcionamento de uma lâmpada fluorescente tubular. As lâmpadas fluorescentes são muito mais eficientes do que as incandescentes, possuindo vida útil entre 7500 e 12000 horas (MAMEDE FILHO, 2007).

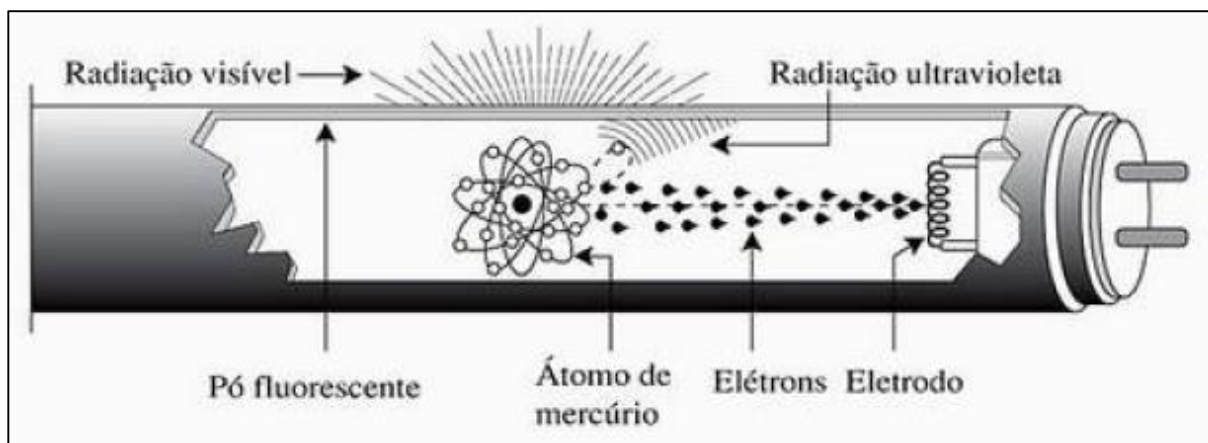


Figura 1 - Funcionamento de uma lâmpada fluorescente tubular.
Fonte: Cotrim (2009, p. 444)

Lâmpadas fluorescentes necessitam de um componente auxiliar para o seu funcionamento: o reator. O reator é um equipamento auxiliar ligado à rede e a uma ou mais lâmpadas com a finalidade de controlar a corrente ao seu valor especificado e pode, também, fornecer a tensão de partida, a corrente de preaquecimento, evitar a partida a frio, corrigir o fator de potência e/ou diminuir a radiointerferência (ABNT, 1998). Os reatores podem ser eletrônicos ou eletromagnéticos.

Os reatores eletrônicos são fontes chaveadas em alta frequência, da ordem de quilohertz, que controlam a corrente de alimentação de lâmpada. Estes equipamentos, diferentemente dos reatores magnéticos, dispensam o uso de ignitores e de grandes capacitores externos para a correção do fator de potência. Possibilitam também o controle de outros parâmetros elétricos

da lâmpada, conferindo maior rendimento em todo o conjunto. Contudo, devido ao alto custo e a menor robustez, se comparado ao magnético, ainda não foram amplamente empregados. (COPEL, 2012, p. 22).

A Figura 2 mostra como deve ser feito a ligação de um reator eletrônico com uma lâmpada fluorescente tubular.

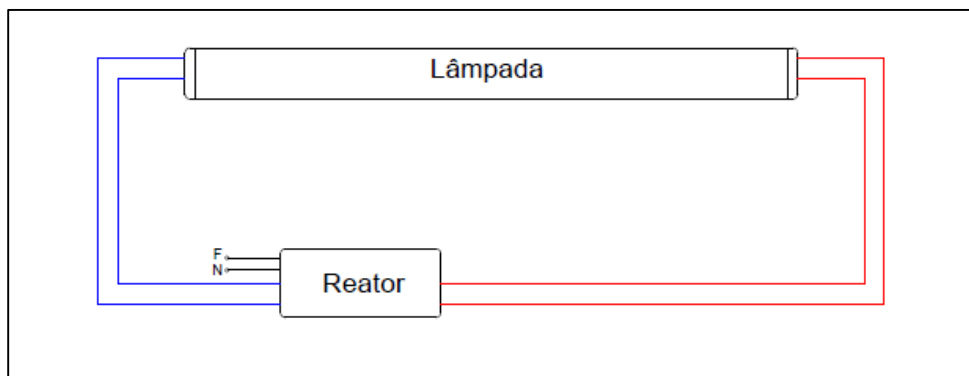


Figura 2 - Esquema de ligação de lâmpada fluorescente com reator

Fonte: A autoria própria

As lâmpadas fluorescentes podem ser do tipo compacta, onde operam através do mesmo princípio que as tubulares, porém não possuem duas extremidades, ao invés disso, usam uma única base (com um *starter* incorporado) e podem ser instaladas da mesma forma que as incandescentes sem qualquer tipo de acessório. Possuem eficiência elevada, compreendida entre 40 e 80 lumens/watt. (NISKIER; MACINTYRE, 2000).

- **Lâmpada a vapor de mercúrio:** trata-se de uma lâmpada de descarga (assim como as fluorescentes) acionada com o auxílio de um reator. A ignição da lâmpada é obtida através de um eletrodo auxiliar conectado a um eletrodo principal por meio de um resistor. A luminescência ocorre entre os eletrodos, provocando a formação de íons e elétrons, e a consequente formação do vapor de mercúrio (COTRIM, 2009).

As lâmpadas de vapor de mercúrio comuns não emitem a luz vermelha, limitando o seu uso a ambientes que não necessitem boa reprodução de cores. Algumas lâmpadas utilizam fósforo para corrigir esse problema. A eficiência é elevada, porém diminui ao longo da vida útil da lâmpada (MAMEDE FILHO, 2007).

- **Lâmpada a vapor metálico:** similar à lâmpada de mercúrio, contém aditivos, como índio, tálio e sódio, para melhorar a eficácia e a reprodução de cores.

É usada principalmente na iluminação de campos e iluminação pública (COTRIM, 2009).

- **Lâmpada LED:** consiste de material semicondutor que emite luz visível quando energizado (COPEL, 2016). Tem sua condutividade controlada através do processo de dopagem, que é a adição de outros materiais em camadas do cristal semicondutor. Não necessitam reator e podem ser até 25 vezes mais eficientes que uma lâmpada incandescente e quatro vezes mais que uma lâmpada fluorescente compacta (INMETRO, s.d.).

2.1.2 Plugues e Tomadas

Em 2011 foi implementada a padronização de plugues e tomadas estabelecida pela norma NBR 14136:2002 – Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo até 20 A/250 V em corrente alternada.

A Figura 3 mostra o padrão brasileiro de plugues e tomadas. As tomadas podem ser de 10 A/250 V ou 20 A/250 V, bipolar e com contato terra e podem, ainda, ser de sobrepor ou embutir, sendo bipolar, com contato terra e com os mesmos valores de corrente e tensão descritos anteriormente (ABNT, 2002).



Figura 3 - Padrão brasileiro de plugues e tomadas
Fonte: Inmetro (2011)

Deve haver compatibilidade, ou seja, a tomada de 20 A deve permitir a inserção de plugues de 10 A e 20 A e deve, também, permitir a inserção de plugues com e sem contato terra. Já a tomada de 10 A não deve permitir a inserção de plugues de 20 A (ABNT, 2002).

Os pontos de tomada a serem instalados em uma residência ou local análogo devem ser determinados de acordo com o local e os equipamentos que podem ser utilizados nesse local (ABNT, 2004). O Quadro 1 pode ser utilizado para determinar o número de tomadas de uso geral para cada cômodo.

Local	Pontos de Tomada
Banheiros	Pelo menos um ponto de tomada próximo ao lavatório
Cozinhas, copas-cozinhas, áreas de serviço, cozinhas-área de serviço, lavanderias e locais análogos	No mínimo um ponto de tomada para cada 3,5 m, ou fração, de perímetro. Acima da bancada da pia devem ser previstas no mínimo duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em pontos distintos.
Varandas	Deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada
Salas e dormitórios	Pelo menos um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro.
Demais cômodos e dependências	Um ponto de tomada se a área for igual ou inferior a 6 m ² . Se a área for maior que 6 m ² , deve haver um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro.

Quadro 1 – Número mínimo de pontos de tomada de acordo com cada cômodo

Fonte: ABNT (2004, p. 183)

A potência a ser atribuída aos pontos de tomada deve estar de acordo com o local e com o equipamento que estes pontos poderão vir a alimentar.

Em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até três pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, considerando-se cada um desses ambientes separadamente. Quando o total de tomadas do conjunto desses ambientes for superior a seis pontos, admite-se que o critério de atribuição de potências seja de no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até dois pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, sempre considerando cada um dos pontos separadamente; nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por ponto de tomada. (ABNT, 2004, p. 184)

2.1.3 Interruptores

Os interruptores são especificados pela norma NBR 6527:2000 – Interruptores para instalação elétrica fixa doméstica e análogo. O interruptor é definido como um dispositivo concebido para fazer circular ou cortar a corrente em um ou vários circuitos elétricos (ABNT, 2000).

Os principais pontos de comando para uma instalação elétrica residencial são:

- **Interruptor simples ou unipolar:** são feitos para comandar uma lâmpada ou grupo de lâmpadas funcionando em conjunto. Geralmente são de 10 A/250 V (NISKIER, 2005).

- **Interruptor de várias seções:** são utilizados quando se pretende acionar diversas lâmpadas separadamente no mesmo ponto de comando (CREDER, 2009).

- **Interruptor *three-way* ou paralelo:** são usados para comandar uma lâmpada de dois pontos distintos. São muito utilizadas em escadas e corredores (CREDER, 2009).

- **Interruptor *four-way* ou intermediário:** são utilizados em conjunto com interruptores paralelos em um esquema múltiplo onde se pretende acionar uma lâmpada em mais de dois pontos de comando (NISKIER, 2005).

Os interruptores unipolares, paralelos ou intermediários, devem interromper unicamente o condutor fase e nunca o condutor neutro. Isso possibilitará reparar ou substituir lâmpadas sem risco de choque; bastará desligar o interruptor (CREDER, 2009).

2.1.4 Condutores de baixa tensão

Os condutores utilizados em instalações residenciais, comerciais ou industriais de baixa tensão poderão ser de cobre ou de alumínio, com isolamento de PVC ou de outros materiais previstos por normas, como o EPR ou XLPE (CREDER, 2009).

A norma NBR NM-280:2002 – Condutores de cabos isolados – define algumas classes de condutores com graus crescentes de flexibilidade. Basicamente, são definidos: condutores sólidos (fios), condutores encordoados compactados ou não compactados e condutores flexíveis.

Os condutores sólidos são formados por um só fio com uma seção constante, como é mostrado na Figura 4. Devem ser constituídos de cobre mole com ou sem revestimento metálico (ABNT, 2002).

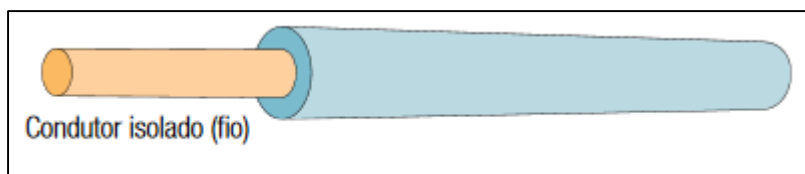


Figura 4 - Condutor sólido
Fonte: Prysmian (2010, p. 19)

Um condutor encordoado é o condutor constituído por um conjunto de fios dispostos de forma helicoidal. Dessa forma, o condutor encordoado possui flexibilidade maior em relação aos condutores sólidos. O condutor encordoado pode ser compactado, onde os espaços entre os fios que o compõem foram reduzidos (PRYSMIAN, 2010).

Por último, têm-se os cabos flexíveis que são constituídos por um feixe de grande quantidade de fios finos e são os mais utilizados em instalações elétricas de baixa tensão. A Figura 5 mostra um condutor flexível onde a isolação tem a função de isolar eletricamente o cabo e a cobertura é um invólucro externo destinado a proteger o cabo contra influências externas (PRYSMIAN, 2010).

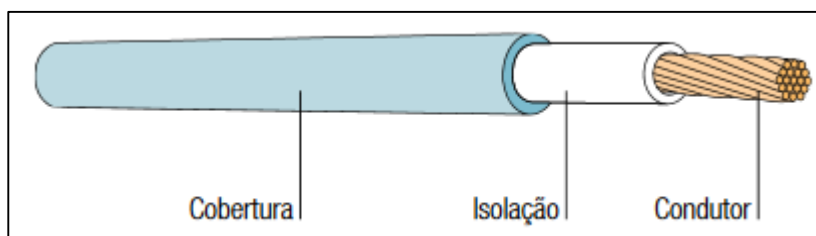


Figura 5 - Condutor flexível
Fonte: Prysmian (2010, p. 19)

Os condutores podem ser unipolares: quando são constituídos de um único condutor isolado e dotado, no mínimo, de cobertura. Ou multipolares: quando são formados por dois ou mais condutores isolados e dotado, no mínimo, de cobertura. Os condutores isolados que compõem os cabos unipolares e multipolares são chamados de veias. Os cabos multipolares que contém 2, 3 ou 4 veias são chamados de bipolares, tripolares e tetrapolares, respectivamente. Um cabo multipolar pode ser visto na Figura 6.

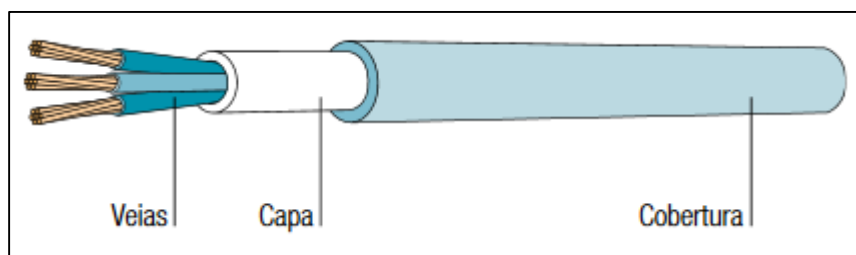


Figura 6 - Cabo multipolar
Fonte: Prysmian (2010, p.19)

A norma NBR 5410:2004 define a seção mínima dos condutores, conforme o tipo do condutor e a utilização do circuito (circuitos de iluminação, circuitos de força etc.). O Quadro 2 apresenta esses valores.

Tipo de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor mm ² - material
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuitos de força ¹⁾	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu ²⁾
	Condutores nus	Circuitos de força	10 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4 Cu
Linhas flexíveis com cabos isolados		Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento
		Para qualquer outra aplicação	0,75 Cu ³⁾
		Circuitos a extra baixa tensão para aplicações especiais	0,75 Cu
<p>1) Os circuitos de tomada de corrente são considerados circuitos de força. 2) Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos é admitida uma seção mínima de 0,1 mm². 3) Em cabos multipolares flexíveis contendo sete ou mais veias é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².</p>			

Quadro 2 – Seções mínimas dos condutores
Fonte: ABNT (2004, p. 113)

Os condutores isolados podem ser identificados através da cor, onde o condutor neutro deve ser da cor azul-claro, o condutor de proteção (PE) deve ser da cor verde ou ter dupla coloração verde-amarela e o condutor fase pode ter qualquer cor desde que não sejam iguais às descritas anteriormente (ABNT, 2004).

2.2 SENSORES

Os sensores são equipamentos que respondem a um determinado estímulo e o convertem em um sinal elétrico. O sinal de saída do sensor pode ser sob forma de tensão, corrente ou carga. Os sensores podem ser ativos ou passivos. Um sensor passivo não precisa de fonte de energia adicional, gerando diretamente um sinal elétrico em resposta a um estímulo externo. Os sensores ativos necessitam de uma fonte de energia para sua operação. Os sensores mais utilizados na área de instalações elétricas residenciais são os sensores de presença e os relés fotoelétricos (MAZZAROPPI, 2007).

2.2.1 Sensor de presença

O acionamento automático de lâmpadas pode ser realizado através do uso de sensores de movimento por infravermelho. Esse aparelho, que pode ser visualizado na Figura 7, responde ao calor irradiado entre o elemento sensor e o objeto em movimento. Para isso, utilizam-se materiais piroelétricos, que são substâncias cristalinas capazes de gerar uma corrente elétrica em resposta a um fluxo de calor. Assim, quando uma pessoa entra em um determinado ambiente, o sensor detecta o calor emitido pelo seu corpo e as lâmpadas se acendem automaticamente (FRADEN, 2004).



Figura 7 - Sensor de presença por infravermelho
Fonte: Weg (s.d. p.1)

Geralmente, os sensores de movimento possuem ajuste de tempo, de forma que é possível selecionar o tempo após o último movimento para que a lâmpada se apague. Também possuem fotocélula para que a lâmpada se acenda somente quando estiver escuro.

São utilizados em locais onde não é necessário que as lâmpadas estejam sempre acessas e, assim, proporcionam grande economia de energia (CAVALIN; CERVELIN, 2006).

2.2.2 Relé Fotoelétrico

O relé fotoelétrico, ou fotocontrolador, é um dispositivo destinado ao controle de equipamento de iluminação em função do nível de iluminamento (ABNT, 2016). É utilizado quando se quer uma ou mais lâmpadas acesas somente durante a noite, sendo o desligamento automático quando a luz natural atingir um determinado nível. Esses relés, como visto na Figura 8, são especificados através da norma NBR 5123:2016 – Relé fotocontrolador intercambiável e tomada para iluminação.



Figura 8 - Relé fotoelétrico
Fonte: Exatron (s.d. p. 1)

Os relés fotocontroladores podem ser classificados conforme o Quadro 3. Os relés do tipo T1 são compreendidos por relés dos tipos térmico, magnético, monotensão; os do tipo T2 são relés eletrônicos multitensão; os do tipo T3 são relés eletrônicos monotensão e os relés do tipo T4 são eletrônicos temporizado (ABNT, 2016).

Relé fotocontrolador tipo	Tensão nominal V	Faixa de tensão V	Descrição
T1	127	109 a 140	Relé fotocontrolador monotensão
	220	198 a 242	
T2	127 e 220	109 a 280	Relé fotocontrolador eletrônico multitensão
T3	127	109 a 140	Relé fotocontrolador eletrônico monotensão
	220	198 a 242	
T4	127 e 220	109 a 280	Relé fotocontrolador eletrônico temporizado

Quadro 3 – Classificação dos tipos de relés fotocontroladores
Fonte: ABNT (2016, p. 8)

A instalação do relé fotocontrolador pode ser feita para o acionamento de uma ou mais lâmpadas sem reator (até o limite de potência do relé), conforme o esquema mostrado na Figura 9.

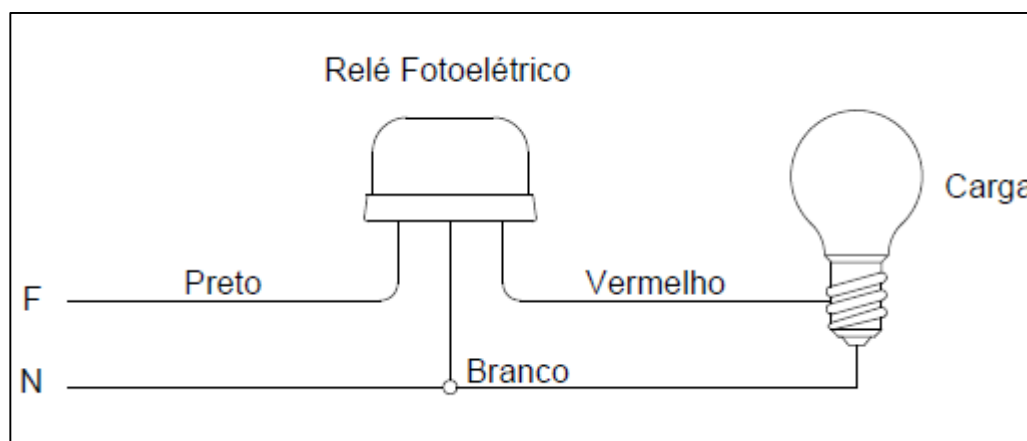


Figura 9 - Esquema de ligação de relé fotoelétrico sem reator
Fonte: Autoria própria

Pode-se, também, fazer a instalação para lâmpadas com reator, segundo o esquema apresentado na Figura 10.

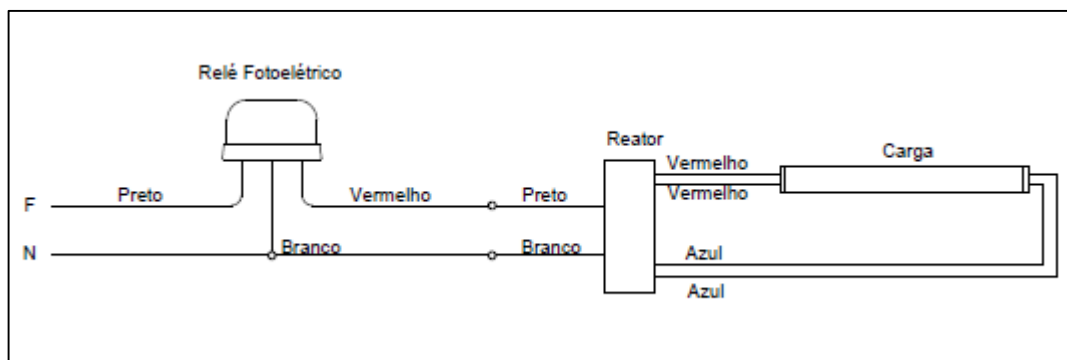


Figura 10 - Esquema de ligação de relé fotoelétrico com reator
Fonte: Autoria própria

2.3 COMANDO E SINALIZAÇÃO

2.3.1 Botões de comando

Botões de comando, ou botoeiras, são componentes de comandos elétricos com a finalidade de enviar um sinal elétrico para o acionamento de um equipamento ou interrupção de um circuito de comando. Há dois tipos de botões de comando conforme a forma de acionamento: de impulso e com retenção (MORAES, 2002).

O botão de impulso muda a posição dos seus contatos ao ser acionado, porém os contatos voltam a posição normal quando o botão é desacionado. Já os botões com retenção mantêm o contato na nova posição, sendo necessário um novo acionamento para que os contatos voltam a posição anterior (MORAES, 2002).

O acionamento também pode ser feito através de comutadores, como o da Figura 11, que pode ter duas ou três posições com ou sem retenção. Ainda há vários outros tipos de botoeiras disponíveis no mercado, porém não serão descritas todas aqui.



Figura 11 - Comutador knob curto
Fonte: Schmersal (2015, p. 23)

2.3.2 Sinalizadores

O sinalizador, como mostrado na Figura 12, emite um sinal luminoso com o objetivo de indicar a condição de operação de uma máquina ou dispositivo de manobra.



Figura 12 - Sinalizador para painel
Fonte: Siemens Ltda. (2012, p. 6)

As cores dos sinalizadores utilizadas para representar condições de operação são definidas pela norma IEC 73 (*International Electrotechnical Commission 73*) – que especifica as cores para sinaleiros e botoeiras – e podem ser vistas no Quadro 4.

Cores	Condições de operação	Exemplos de aplicação
Vermelho	Condições anormais	Indicação que a máquina está paralisada pela atuação de um dispositivo de proteção, perante uma falta ou sobrecarga.
Amarelo	Atenção ou cuidado	O valor de uma grandeza aproxima-se de seu valor limite (corrente, temperatura etc.). Sinal para ciclo automático.
Verde	Máquina pronta para operar	Partida normal: todos os dispositivos auxiliares funcionam e estão prontos para operar. O ciclo de operação está concluído e a máquina está pronta para operar novamente.
Azul ou Branco	Qualquer função, exceto as anteriores	Reset de relés térmicos, comando de funções auxiliares que não tenham correlação direta com o ciclo de operação da máquina.

Quadro 4 – Cores dos sinalizadores e suas funções
Fonte: IEC 73 (2009) apud Fonseca (2005)

Segundo a NR-10 (Norma Regulamentadora Nº 10), a indicação da posição dos dispositivos de manobra dos circuitos elétricos deve ser verde na posição desligado e vermelho na posição ligado (BRASIL, 2004).

2.4 INSTRUMENTOS ANALÓGICOS DE MEDIÇÃO ELÉTRICA

Os instrumentos elétricos analógicos para medição de grandezas elétricas possuem um conjunto móvel que é deslocado através de algum efeito da corrente elétrica: efeito térmico, efeito magnético, efeito dinâmico etc. Ao conjunto móvel está fixado um ponteiro ao qual se desloca na frente de uma escala. (MEDEIROS FILHO, 1981).

Os instrumentos de medição de ferro móvel são bastante difundidos na indústria e estão compreendidos na categoria de instrumentos básicos em medições industriais (TORREIRA, 2002).

Quando uma corrente elétrica circula por uma bobina ocorre a formação de um campo magnético. A peça de ferro móvel dentro desse campo se deslocará para a região de maior concentração de linhas de força. Esse tipo de sistema de medição só pode ser adotado na medição de corrente e tensão (TORREIRA, 2002).

Os dois tipos principais de instrumentos de ferro móvel são: instrumentos de atração e instrumentos de repulsão. As partes principais de um instrumento de atração é mostrado pela Figura 13, onde a corrente que circula pela bobina gera um campo magnético que atrai o núcleo de ferro (MEDEIROS FILHO, 1981).

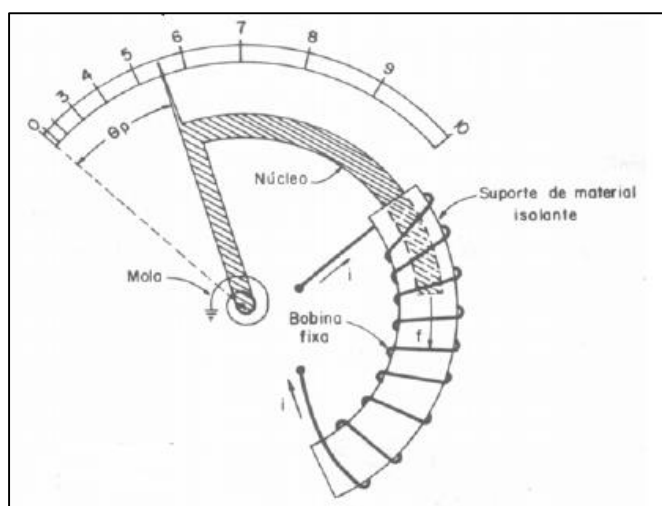


Figura 13 - Instrumento de ferro móvel por atração
Fonte: MEDEIROS FILHO (1981, p. 119)

Nos instrumentos de repulsão, como no esquema da Figura 14, a corrente elétrica imanta as duas lâminas de ferro A_1 e A_2 no mesmo sentido, criando uma força

de repulsão entre elas. A lâmina A_1 é fixa à bobina e a lâmina A_2 é móvel e movimentada o ponteiro (MEDEIROS FILHO, 1981).

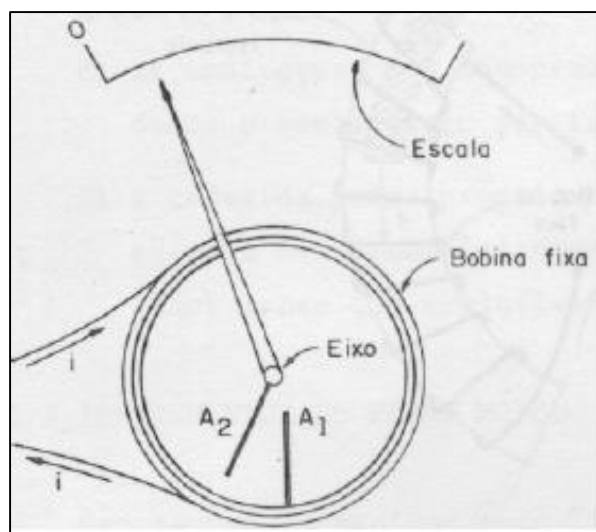


Figura 14 - Instrumento de ferro móvel por repulsão
Fonte: MEDEIROS FILHO (1981, p. 120)

No mostrador dos instrumentos de medição encontram-se alguns símbolos, além da grandeza a ser medida e da escala, que indicam algumas características do instrumento. Tomando-se como exemplo o amperímetro da Figura 15, na parte inferior esquerda tem-se quatro símbolos que indicam, da esquerda para a direita: instrumento de ferro móvel; corrente alternada com classe de exatidão 1,5; mostrador deve estar na posição vertical e tensão de ensaio 2 kV.



Figura 15 - Amperímetro analógico
Fonte: Autoria própria

2.5 SEGURANÇA

As pessoas e os animais devem ser protegidos contra choques elétricos, seja o risco associado a contato acidental com parte viva perigosa, seja a falhas que possam colocar uma massa acidentalmente sob tensão (ABNT, 2004).

2.5.1 Disjuntores Termomagnéticos

Os disjuntores são dispositivos de manobra e proteção que podem estabelecer, conduzir e interromper correntes em condições normais e, também, estabelecer, conduzir por determinado tempo e interromper correntes em condições anormais (ABNT,1998).

O disjuntor termomagnético, como o da Figura 16, possui um dispositivo térmico para proteção contra sobrecargas e um dispositivo magnético para proteção contra curto-circuito. O disjuntor de baixa tensão mais utilizado é o do tipo *quick-lag*, onde o dispositivo térmico funciona através de um bimetal, que é composto por duas lâminas feitas de metais com diferentes coeficientes de dilatação térmica. No caso de um curto-circuito, a proteção ocorre através de um disparador magnético bobinado (CAVALIN; CERVELIN, 2006).



Figura 16 - Disjuntor termomagnético de baixa tensão
Fonte: Schneider Electric (2016, p.1)

A atuação de disjuntores termomagnéticos pode ser representada por uma curva de atuação. A Figura 17 apresenta o gráfico com as faixas de atuação de diferentes disjuntores termomagnéticos. Pode-se observar que há três faixas de operação que representam disjuntores com características distintas. A faixa B representa um disjuntor cuja corrente de ruptura é de 3 a 5 vezes a corrente nominal. A faixa C mostra que a corrente de ruptura é de 5 a 10 vezes a corrente nominal e na faixa D, 10 a 20 vezes a corrente nominal.

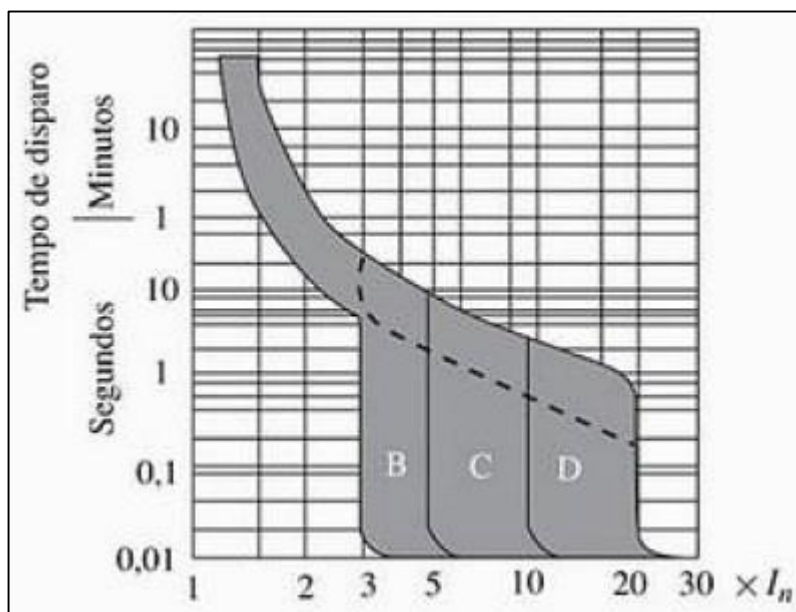


Figura 17 - Faixas de atuação de diferentes disjuntores termomagnéticos
 Fonte: Cotrim (2009, p. 212)

Os disjuntores da faixa B são utilizados, normalmente, em locais onde a corrente elétrica é de baixa intensidade, como nas residências. Os disjuntores da faixa C são usados em locais onde se espera correntes de média intensidade, através do acionamento de pequenos motores e outras cargas indutivas. Os disjuntores da faixa D são usados onde a corrente pode atingir níveis mais altos como, por exemplo, o acionamento de grandes motores.

2.5.2 Dispositivo Diferencial-Residual

Para a proteção de pessoas e animais que venham a entrar em contato com alguma parte energizada do circuito, pode-se utilizar o dispositivo diferencial-residual (dispositivo DR), exemplificado pela Figura 18. Esses dispositivos são capazes de detectar uma corrente de fuga e seccionar o circuito para garantir a segurança. A

proteção é feita no caso de contato direto com algum elemento energizado do circuito e, também, no caso de contato indireto como, por exemplo, quando a carcaça metálica de algum equipamento é energizada por alguma falha de isolamento.



Figura 18 - Dispositivo DR
Fonte: Siemens Ltda. (2016, p. 12)

O funcionamento dos dispositivos DR ocorre através de um núcleo toroidal por onde passam os condutores. O somatório da corrente que circula nos condutores é nulo em uma situação normal de funcionamento, porém quando há uma corrente de fuga, esse somatório passa a ser diferente de zero. Isso faz com que uma corrente seja induzida na bobina do núcleo toroidal, que funciona como o secundário de um transformador, e aciona o mecanismo de disparo do dispositivo DR (MAMEDE FILHO, 2007).

Na Figura 19, pode-se observar os condutores passando pelo núcleo toroidal do dispositivo DR e chegando até a carga. Nota-se que a soma das correntes é zero, portanto não há corrente residual.

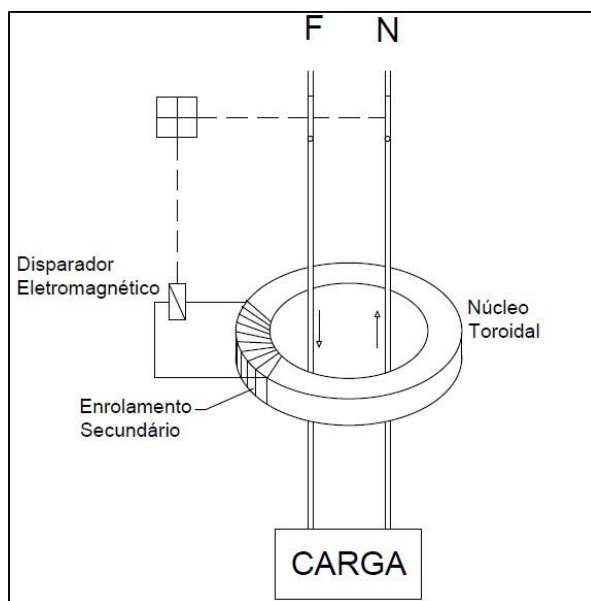


Figura 19 – Dispositivo DR em situação normal de funcionamento
Fonte: Autoria própria

O esquema da Figura 20 mostra uma situação em que há corrente de fuga e, portanto, a soma das correntes dos condutores é diferente de zero, o que faz uma corrente ser induzida no secundário e esta, por sua vez, aciona o circuito de disparo.

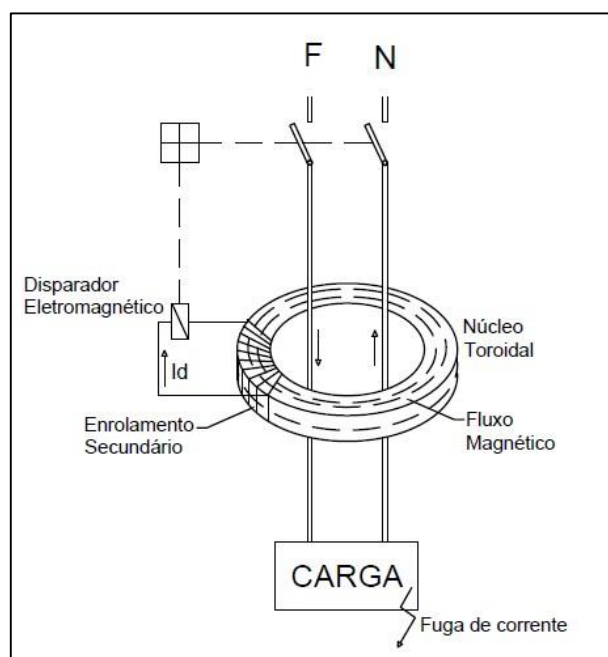


Figura 20 - Dispositivo DR quando há fuga de corrente
Fonte: Autoria própria

O uso dos dispositivos DR é obrigatória nos circuitos que alimentam locais contendo banheira ou chuveiro elétrico; nos circuitos que alimentam tomadas localizadas em áreas externas; em dependências internas molhadas em uso normal

ou sujeitas a lavagens, onde os pontos estejam a uma altura inferior a 2,5 m (ABNT, 2004).

2.5.3 Aterramento

O aterramento é fundamental para que um sistema elétrico opere corretamente, com desempenho seguro do sistema de proteção e para garantir a segurança pessoal.

Segundo Kindermann e Campagnolo (1998), os principais objetivos do aterramento são: obter a mais baixa resistência de aterramento possível, manter os potenciais de correntes de falta dentro de limites de segurança, proporcionar um caminho para descargas atmosféricas até a terra e escoar as cargas estáticas geradas nas carcaças de equipamentos.

Um sistema de aterramento pode ser feito com uma simples haste cravada no solo, porém é fundamental saber a resistividade do solo para garantir a eficiência do aterramento. Alguns fatores influenciam na resistividade do solo, como: tipo de solo; mistura de diversos tipos de solo; solos constituídos por camadas estratificadas com profundidade diferentes; teor de umidade; temperatura, entre outros (KINDERMANN; CAMPAGNOLO, 1998).

Segundo ABNT (2004), há diversos esquemas de aterramento que se diferenciam de acordo com a situação de alimentação e das massas em relação à terra. Esses esquemas são classificados por um código de letras onde:

- A primeira letra identifica a situação de alimentação em relação à terra:

T – Sistema diretamente aterrado;

I – Sistema isolado ou aterrado por impedância;

- A segunda letra identifica a situação das massas em relação à terra:

T – Massas diretamente aterradas;

N – Massas ligadas ao ponto de alimentação, onde é feito o aterramento;

- Outras letras (eventuais) correspondem a disposição dos condutores neutro e de proteção:

S – Condutores neutro e de proteção distintos;

C – Neutro e de proteção combinados em um único condutor (PEN).

No esquema TN, o sistema é diretamente aterrado e as massas são ligadas a esse ponto por condutores de proteção. Esse esquema possui três variantes de acordo com os condutores neutro e de proteção (ABNT, 2004):

- TN-S: diferentes condutores de neutro e proteção, como mostrado na Figura 21;

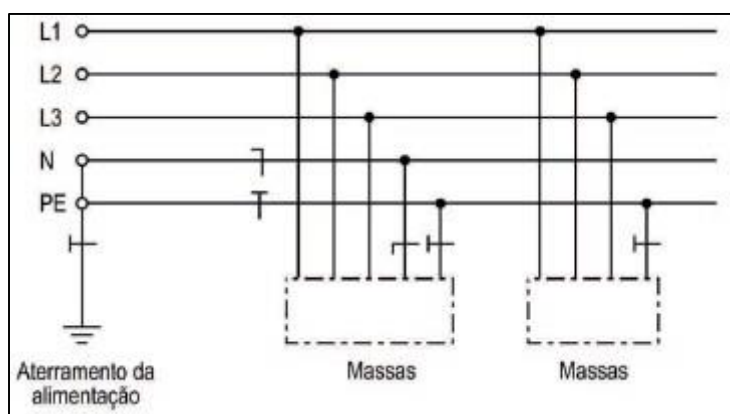


Figura 21 - Esquema de aterramento TN-S
Fonte: ABNT (2004, p.15)

- TN-C: é utilizado um mesmo condutor para neutro e proteção em todo o circuito, como pode ser visualizado na Figura 22;

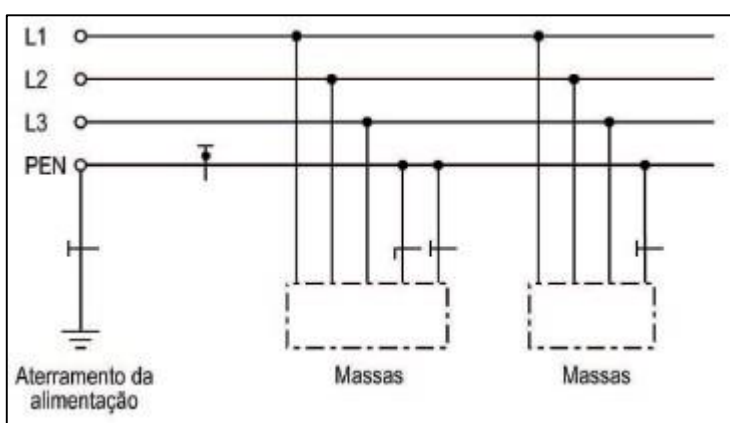


Figura 22 - Esquema de aterramento TN-C
Fonte: ABNT (2004, p.16)

- TN-C-S: é utilizado um mesmo condutor para neutro e proteção em uma parte do circuito, como mostra a Figura 23.

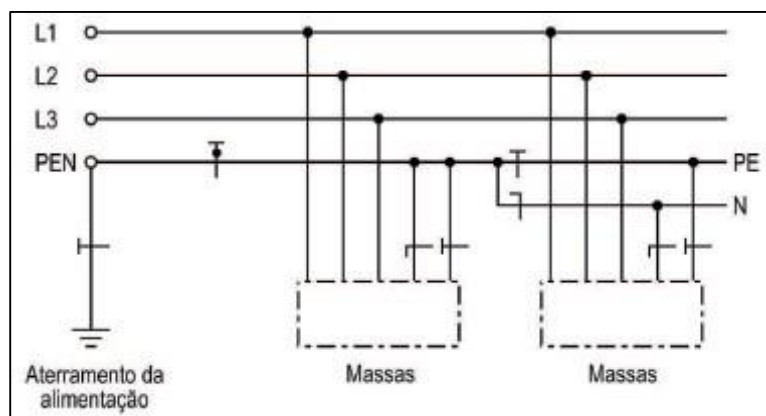


Figura 23 - Esquema de aterramento TN-C-S

Fonte: ABNT (2004, p.15)

No esquema TT, há um ponto de alimentação diretamente aterrado, mas as massas estão aterradas através de eletrodos de aterramento distintos. Tal esquema pode ser visualizado na Figura 24, onde se nota o condutor neutro diretamente aterrado e um condutor de proteção (PE), onde são conectadas as massas, aterrado em um ponto distinto.

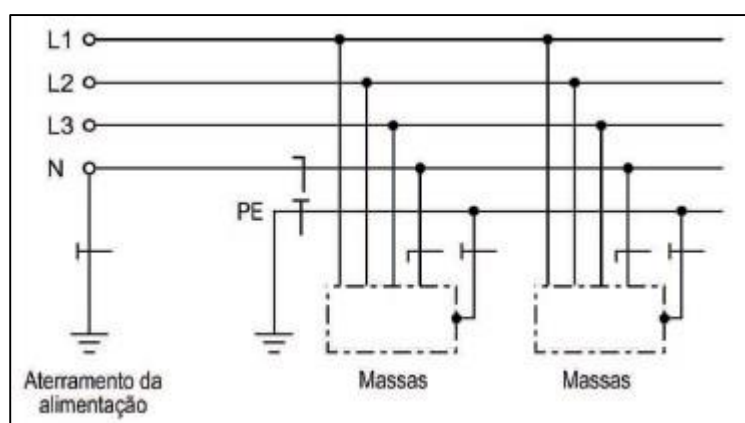


Figura 24 – Esquema de aterramento TT

Fonte: ABNT (2004, p. 16)

3 PROJETO DA BANCADA

Inicialmente, foram definidos os materiais que iriam compor a bancada, considerando uma tensão de alimentação monofásica de 127 V. A escolha dos componentes teve por base bancadas didáticas do mesmo tipo já disponíveis no mercado. A Figura 25 mostra um exemplo de bancada didática da área de instalações elétricas residenciais a venda no mercado.

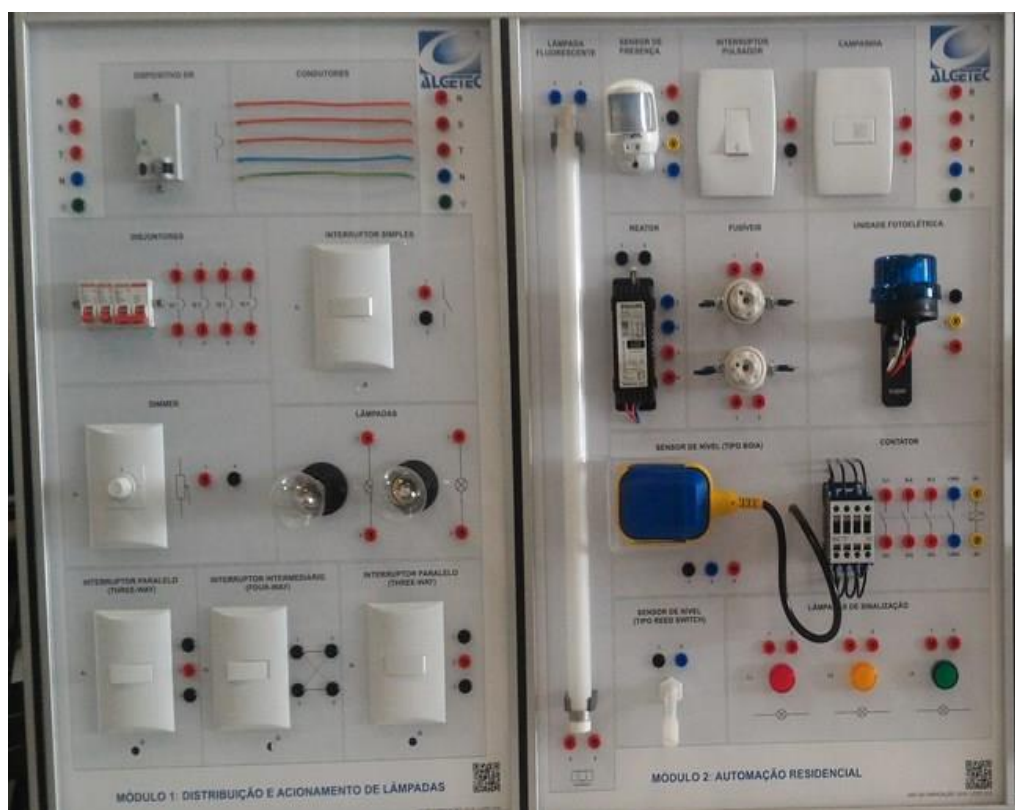


Figura 25 - Bancada didática de instalações elétricas
Fonte: Algetec (s.d.)

Posteriormente, foi feita uma lista com todos os materiais que seriam usados na confecção da bancada e suas especificações técnicas.

O próximo passo foi elaborar um projeto em CAD (*Computer-Aided Design*, ou desenho assistido por computador) onde foram determinadas as dimensões da bancada e a disposição dos componentes. Um segundo projeto em CAD foi feito para que fossem determinadas as posições e tamanhos dos furos e recortes necessários para a montagem dos materiais.

Após a conclusão do projeto, realizou-se a confecção da base de madeira e a montagem dos componentes na mesma.

3.1 MATERIAIS E MÉTODOS

Os componentes utilizados para o desenvolvimento da bancada são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Componentes utilizados na bancada

Quantidade	Componente
1	Lâmpada tubular fluorescente 60 cm 20 W 127 V
3	Lâmpada fluorescente compacta 20 W 127 V
1	Tomada 2p+T de embutir
2	Interruptor simples de embutir
1	Interruptor pulsador de embutir
1	Interruptor <i>four-way</i> de embutir
1	Interruptor com tomada de embutir
1	Interruptor duas seções de embutir
1	Sinalizador vermelho
1	Comutador 2 posições com retenção
1	Campainha de embutir
1	Relé Fotoelétrico
1	Sensor de Movimento
2	Interruptor <i>three-way</i>
1	Dispositivo DR
3	Disjuntor termomagnético 16 A
2	Soquete p/ lâmpada tubular fluorescente
1	Reator Eletrônico 1 x 20 W
2	Abraçadeira p/ lâmpada tubular fluorescente
3	Soquete p/ lâmpada compacta
25	Borne vermelho
20	Borne preto
15	Borne azul
4	Borne amarelo
4	Borne cinza
8	Borne verde
	Condutores 1,5 mm ²
	Base de madeira

Fonte: Autoria própria

Como se pode observar na Tabela 1, a carga da bancada é composta pelas lâmpadas utilizadas, portanto a carga total é de 80 W e a tensão de alimentação é de

127 V. Então, com todas as cargas acionadas, tem-se uma corrente total no valor 0,63 A.

Com esta informação, foi escolhido o disjuntor termomagnético com corrente nominal de 16 A e um dispositivo DR bipolar com corrente nominal de 63 A (menor valor encontrado). Também foi utilizado um voltímetro analógico 150 V CA e um amperímetro analógico CA com 1 A de fundo de escala.

Os sensores escolhidos para compor a bancada foram: um relé fotocontrolador eletrônico multitensão (tipo T2) com faixa de tensão de 105 V a 305 V, corrente nominal de 10 A e potência nominal de 1000 W; e um sensor de presença por infravermelho de sobrepor, bivolt e com potência nominal de 160 W para lâmpadas fluorescentes e 500 W para lâmpadas incandescentes.

Para ligar e desligar a bancada foi adquirido um comutador *knob* curto de duas posições com retenção e, para sinalizar que a bancada está ligada, obteve-se um sinalizador para painel 127 V CA na cor vermelha.

Para que sejam feitos os ensaios, foram adquiridos bornes para pino banana 11x33 mm nas cores vermelha, preta, azul, verde, amarelo e cinza. Assim, os bornes vermelhos devem ser utilizados para a ligação do condutor fase, o borne azul para condutor neutro, o borne preto para retorno da fase, o borne verde para o condutor de aterramento e os bornes amarelo e cinza para ligação do reator à lâmpada fluorescente tubular.

3.2 PROJETO EM CAD

Inicialmente, foi feito um projeto em CAD com a disposição dos componentes na bancada e com os bornes necessários para a realização das ligações. Esse desenho é mostrado na Figura 26 onde se pode observar todos os componentes que farão parte da bancada.

A seguir, foi necessário fazer um projeto para a confecção da base de madeira onde seriam instalados os materiais elétricos, ou seja, um projeto com todos os furos e recortes e suas dimensões. Esse projeto é mostrado no Apêndice A, onde se pode observar a vista frontal com a dimensão da bancada (900x1200 mm), o diâmetro dos furos, o tamanho dos recortes, bem como todas as distâncias entre os furos e recortes.

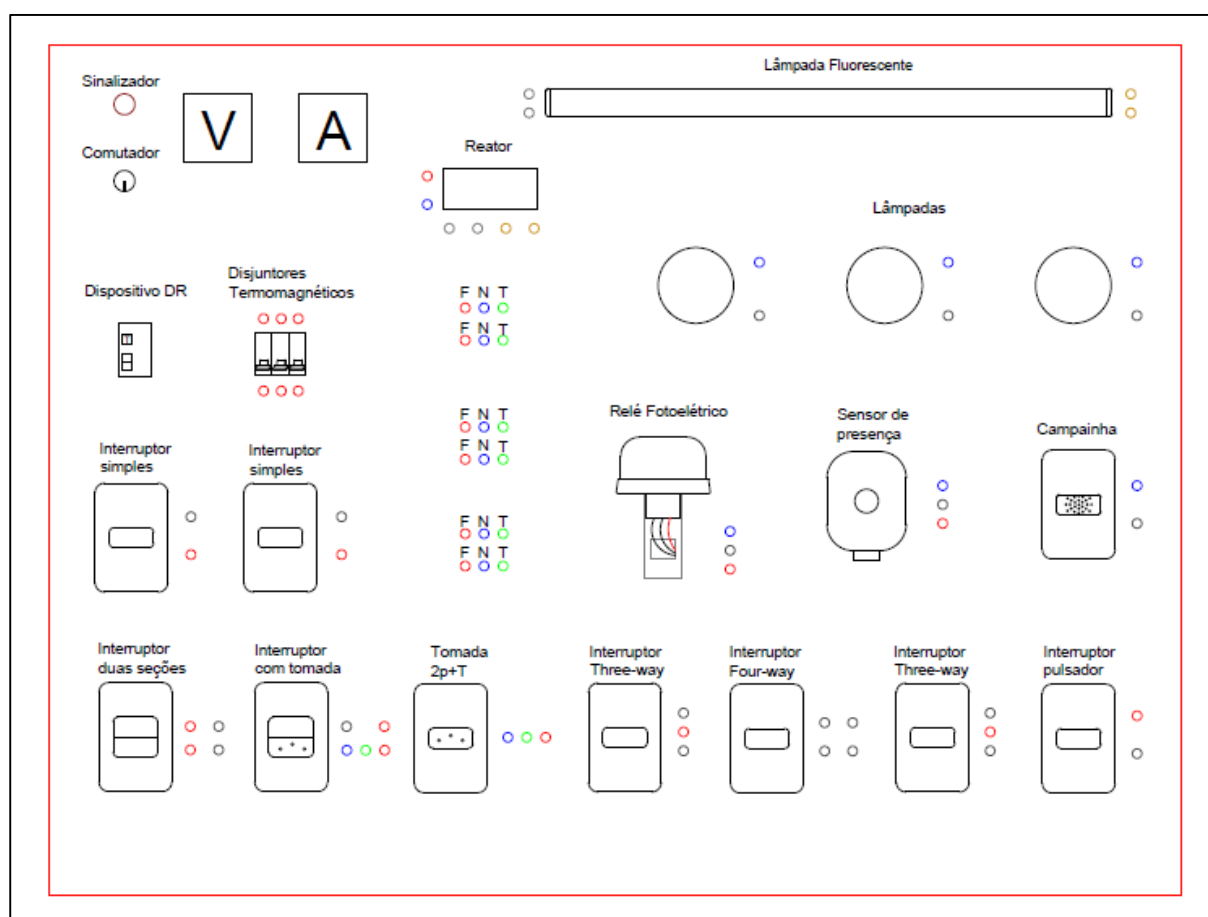


Figura 26 - Desenho da bancada com todos os componentes
Fonte: Autoria própria

Na vista lateral, nota-se a espessura da base (6 mm) e o desenho do suporte na parte de baixo para que seja possível manter a bancada na posição vertical. Os furos no canto superior esquerdo são destinados ao sinalizador e à botoeira, os furos de 8 mm de diâmetro serão usados para o posicionamento dos bornes e os demais furos com diâmetro maior que 8 mm serão usados para a passagem de condutores.

3.3 CONFECÇÃO DA BASE DE MADEIRA

Primeiro, adquiriu-se uma chapa com 1200 mm de comprimento, 900 mm de altura e 6 mm de espessura feita de madeira MDF (*Medium Density Fiberboard* ou placa de fibra de média densidade). Então, foi necessário imprimir o projeto, mostrado no Apêndice A, em escala real, ou seja, em uma folha de tamanho A0. Após a impressão do projeto, a folha foi colocada em cima da base de madeira com folhas de

papel carbono por baixo. Dessa forma, foi possível fazer os contornos dos retângulos com uma caneta e transpassá-los para a madeira, como mostrado pela Figura 27.



Figura 27 - Retângulos transpassados para a madeira
Fonte: Autoria própria

Com a folha A0 ainda colocada sobre a chapa de madeira, foram feitos os furos por cima do papel com o auxílio de uma furadeira e uma broca de 8 mm de diâmetro conforme mostra a Figura 28.

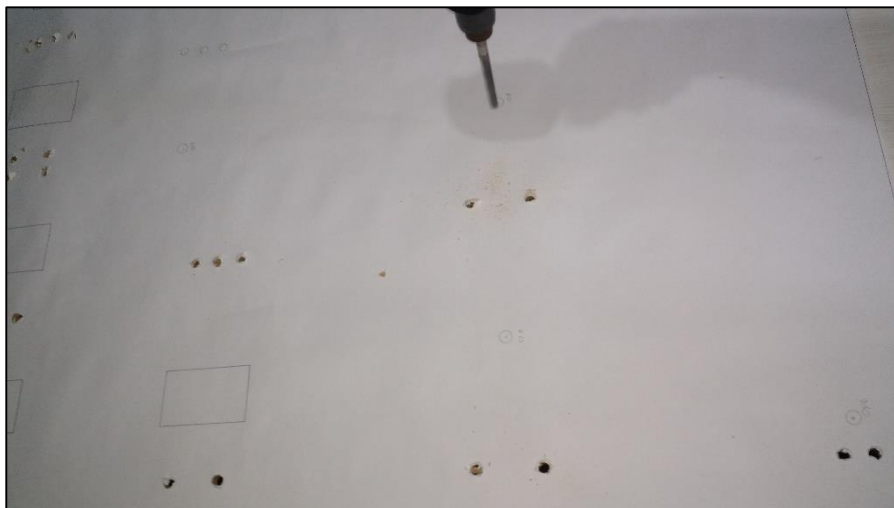


Figura 28 - Furos sendo feitos na madeira sobre o papel
Fonte: Autoria própria

Para fazer os recortes, utilizou-se a furadeira para furar os vértices dos retângulos de forma que pudesse caber a lâmina de uma serra tico-tico e, assim, cortar as arestas. Na Figura 29, pode-se ver como foram feitos os recortes.

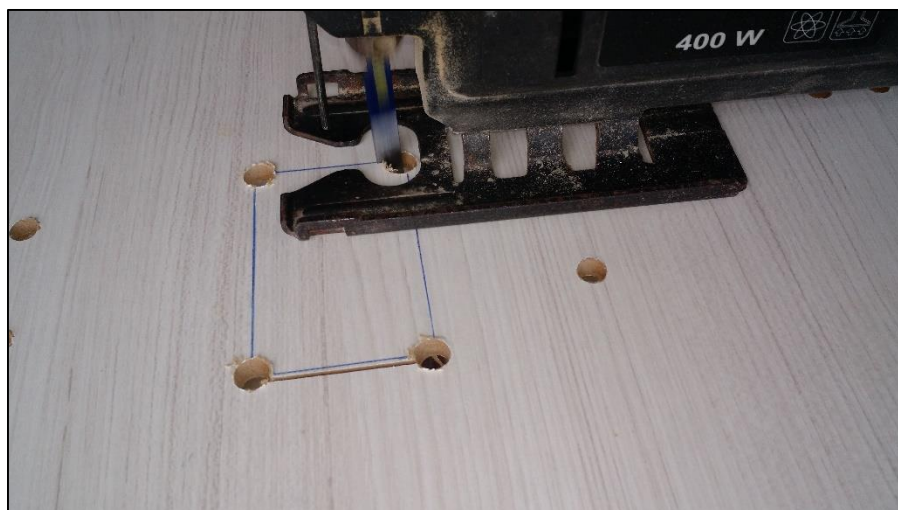


Figura 29 - Recortes sendo feitos com uma serra tico-tico
Fonte: Autoria própria

3.4 MONTAGEM DOS COMPONENTES

Inicialmente, todos os componentes foram encaixados e parafusados na bancada. Então, foi feita a montagem de um plugue 2p+t com um cabo multipolar com três condutores (fase, neutro e terra). Em seguida, os condutores fase e neutro foram ligados ao dispositivo DR. Após a conexão no DR, foi feita a ligação do comutador e do sinalizador e a ligação do voltímetro e amperímetro. Por último, os condutores foram ligados em seus bornes específicos. O esquema para estas ligações é mostrado na Figura 30.

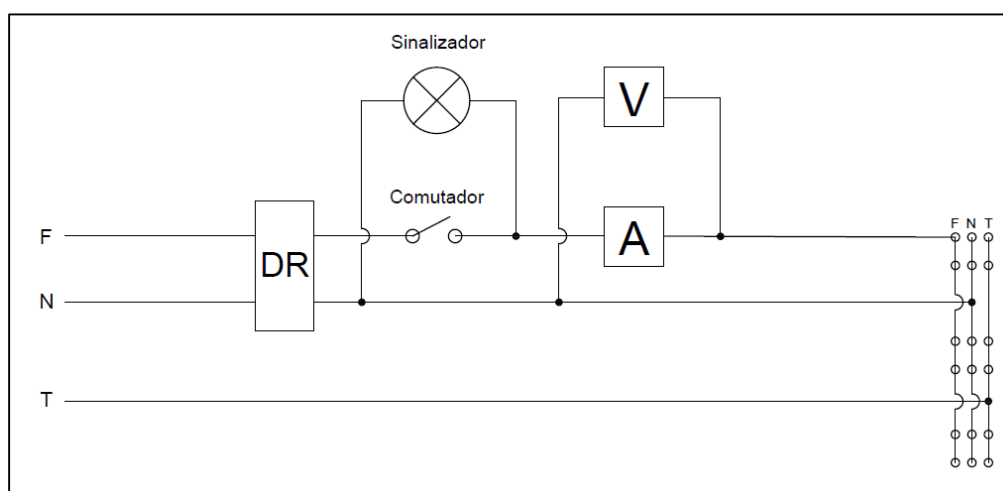


Figura 30 - Esquema de ligação para o dispositivo DR, comutador, sinalizador, voltímetro e amperímetro
Fonte: Autoria própria

Posteriormente, todos os demais equipamentos foram conectados aos seus respectivos bornes. A Figura 31 mostra a parte traseira da bancada onde se observa as conexões feitas aos bornes.

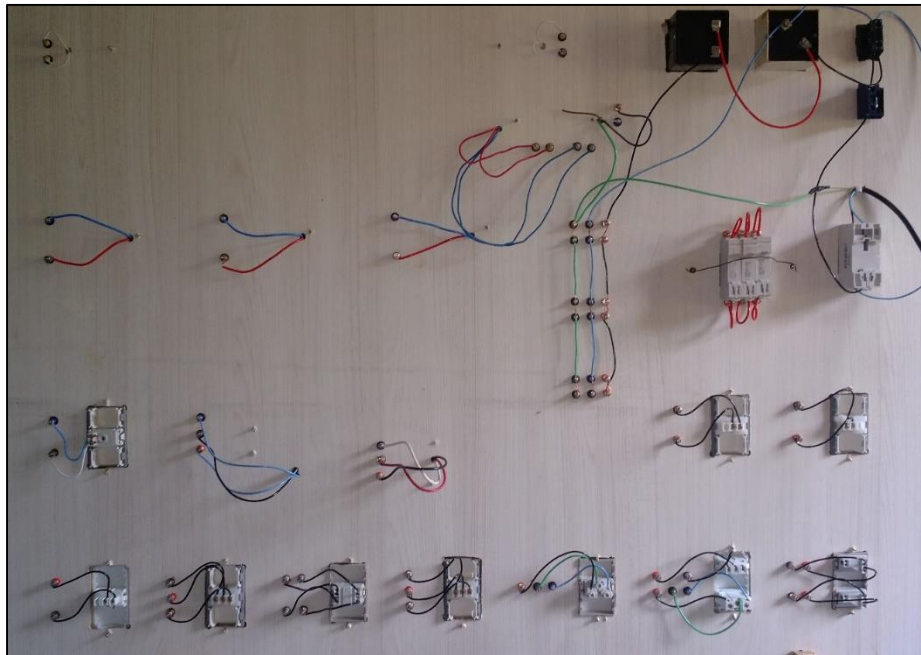


Figura 31 - Parte traseira da bancada com todas as conexões feitas
Fonte: Autoria própria

4 RESULTADOS

A confecção da base de madeira atingiu o resultado esperado, tendo em vista que foi possível encaixar e parafusar todos os componentes sem maiores problemas. A Figura 32 mostra a bancada pronta com todos os materiais montados, onde se pode observar que a parte prática foi feita conforme o projeto.



Figura 32 - Bancada e todos os seus componentes instalados
Fonte: Autoria própria

Ao acionar o comutador, observa-se que a sinalizador vermelho se acende indicando que a bancada está ligada e o voltímetro mostra a tensão da rede. Ao realizar qualquer tipo de ensaio, acionando-se alguma carga, nota-se que o amperímetro também funciona e mostra a corrente que está circulando.

4.1 TESTES REALIZADOS

Tomando-se por base os circuitos do Apêndice B, testou-se inicialmente os interruptores simples para o comando de uma lâmpada compacta. A Figura 33 mostra o teste sendo realizado onde se confirmou que os interruptores simples funcionam.

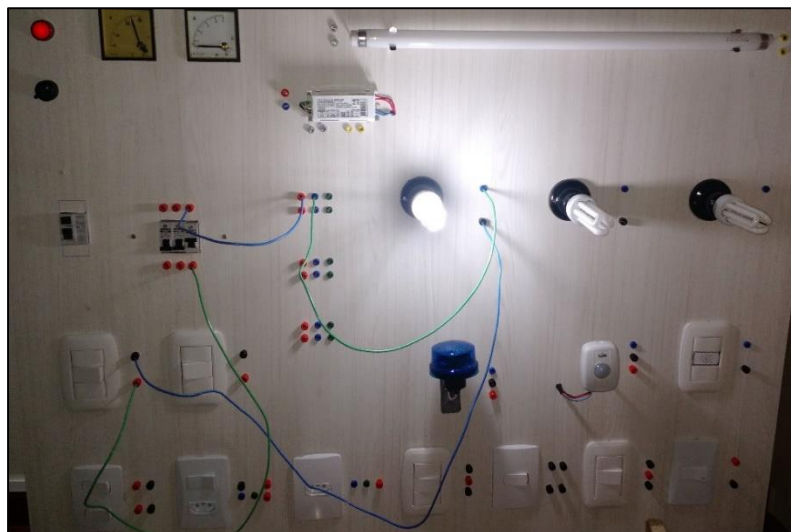


Figura 33 - Teste sendo feito com o interruptor simples
Fonte: Autoria própria

Em seguida, foi testado o interruptor com duas seções para acionar duas lâmpadas compactas e funcionou como esperado. Este teste pode ser visto na Figura 34.

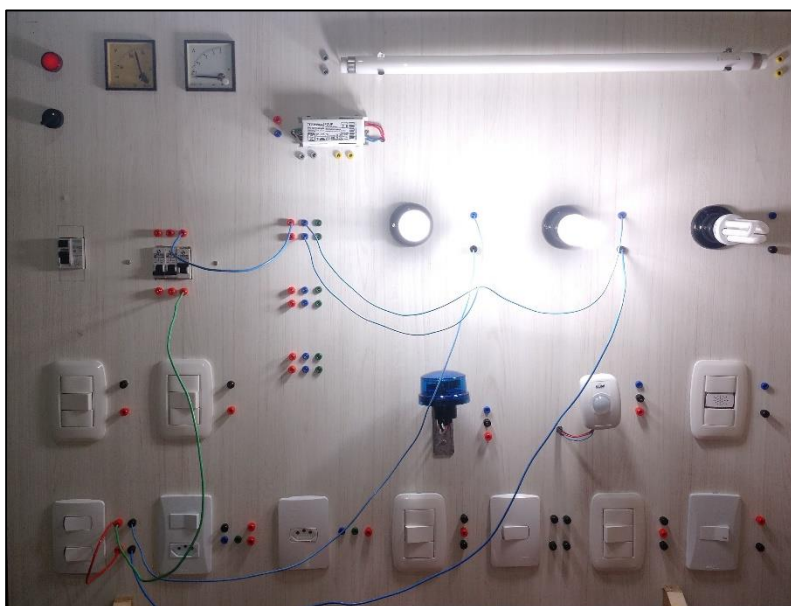


Figura 34 - Interruptor de duas seções sendo testado
Fonte: Autoria própria

O próximo teste foi feito utilizando os interruptores paralelos e intermediário para o acionamento da lâmpada fluorescente tubular. Os interruptores funcionaram como esperado, bem como o reator e a lâmpada fluorescente. A Figura 35 apresenta a realização deste teste.

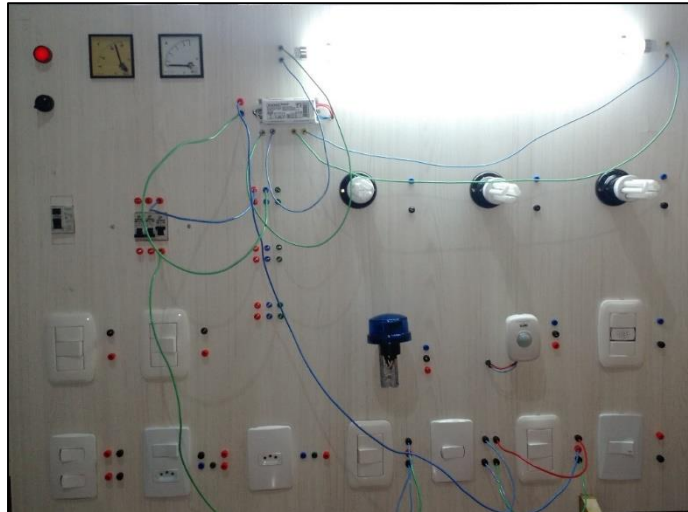


Figura 35 - Teste dos interruptores paralelos, interruptor intermediário, reator e lâmpada fluorescente tubular
Fonte: Autoria própria

A seguir, testou-se o interruptor com tomada para comandar uma lâmpada compacta. Para testar a tomada, foi ligada uma lâmpada halógena (lâmpada para geladeira) através de um soquete e pequena extensão, como mostrado pela Figura 36.

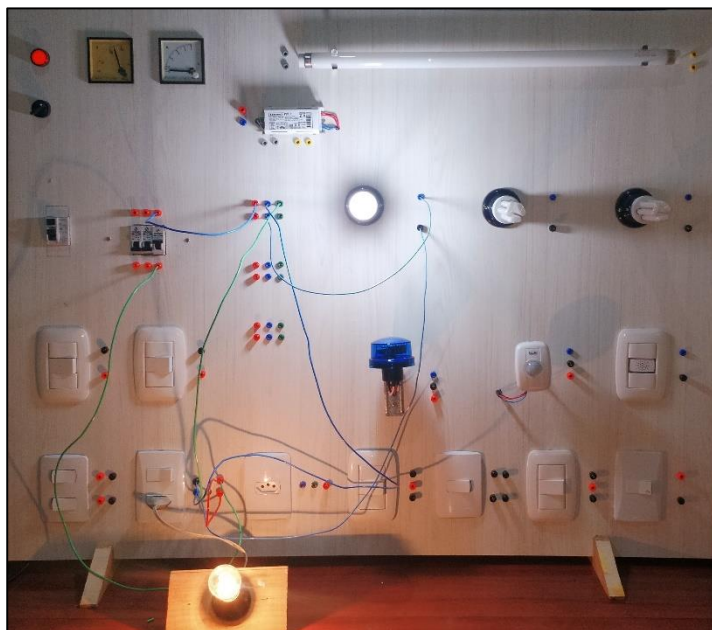


Figura 36 - Teste feito no interruptor com tomada
Fonte: Autoria própria

A campainha também foi testada e funcionou como esperado, assim como o sensor de presença. O *jumper* referente à fotocélula do sensor de presença foi removido para que o sensor pudesse ser testado sob qualquer condição de luminosidade ambiente, conforme é apresentado pela Figura 37.

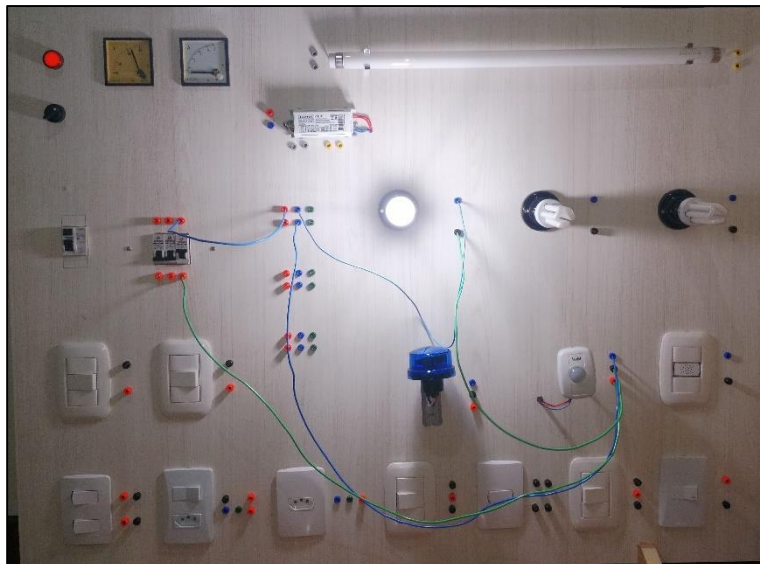


Figura 37 - Teste do sensor de presença
Fonte: Autoria própria

Por último, testou-se o relé fotoelétrico que também funcionou conforme o esperado. A Figura 38 apresenta o teste que foi feito com este sensor em um ambiente com baixa luminosidade.

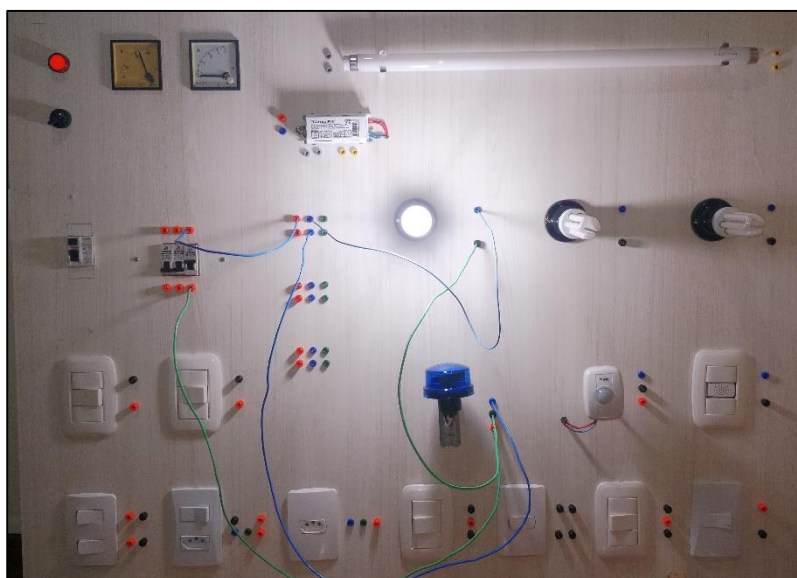


Figura 38 - Teste realizado com o sensor fotoelétrico
Fonte: Autoria própria

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo geral apresentar o desenvolvimento de uma bancada didática na área de instalações elétricas para realização de atividades práticas.

A confecção da base de madeira e a montagem dos componentes na bancada ocorreu conforme o planejamento. Os testes feitos mostraram que a bancada é funcional e pode ser utilizada tanto por professores quanto por alunos sendo de grande relevância para a aprendizagem e fixação do conteúdo teórico estudado em sala de aula.

Os diagramas unifilares e multifilares das instalações possíveis de serem feitas na bancada foram colocados em conjunto com o guia de utilização da bancada no Apêndice B que conta, também, com a ilustração representando a bancada e como as ligações devem ser feitas.

Para que todos os alunos de uma turma de instalações elétricas pudessem realizar atividades práticas, seria ideal um número maior de bancadas do mesmo tipo, porém o custo relativamente alto impediu que mais uma bancada fosse construída.

Para trabalhos futuros, sugere-se redimensionar o tamanho da bancada, visto que o espaço entre os disjuntores e o voltímetro e amperímetro poderia ser menor, bem como o espaço entre as lâmpadas compactas e os sensores. Dessa forma, o tamanho total da bancada poderia ser reduzido, o que melhoraria sua mobilidade e sua utilização. Sugere-se, também, fechar a parte traseira da bancada de forma que dificulte qualquer tipo de contato acidental com alguma parte viva do circuito.

Após a execução de todo o projeto e a realização de todos os testes, concluiu-se que os objetivos propostos foram atingidos.

REFERÊNCIAS

- ABNT. 1998. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 5361: **Disjuntores de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 1998.
- ABNT. 1998. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 5114: **Reatores para lâmpadas fluorescentes tubulares – Especificação**. Rio de Janeiro, 1998.
- ABNT. 2000. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 6527: **Interruptores para instalação elétrica fixa doméstica e análogo – Especificação**. Rio de Janeiro, 2000.
- ABNT. 2002. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 14136: **Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo até 20 A/250 V em corrente alternada – Padronização**. Rio de Janeiro, 2002.
- ABNT. 2004. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 5410: **Instalações Elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT. 2016. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 5123: **Relé fotocontrolador intercambiável e tomada para iluminação**. Rio de Janeiro, 2016.
- ALGETEC. Bancada Didática em Eletricidade e Instalações Elétricas. [S.l.], [s.d.]. Disponível em: <<http://www.algetec.com.br/index.php/pt-BR/produtos/product/26-bancada-para-treinamento-em-eletricidade-e-instalacoes-eletricas-residenciais>>. Acesso em: 12 set. 2017.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 10 – Segurança em instalações e serviços de eletricidade**. Brasília, 2004. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR10.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2017.
- CAVALIN, Geraldo; CERVELIN, Severino. **Instalações Elétricas Prediais**. 14^a. ed. São Paulo: Érica, 2006.
- COPEL – Companhia Paranaense de Energia. **Manual de Iluminação Pública**. 2012. Disponível em: <https://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%E7%E3o%20P%FAblica/Manuais/manual_de_iluminacao_publica_copel_companhia_paranaense_de_energia.pdf>. Acesso em 23 jun. 2017.
- COPEL – Companhia Paranaense de Energia. **Tipos de Lâmpadas**. 2016. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F423c114f77e78e81032573f7004b2e92>>. Acesso em: 3 set. 2017.

COTRIM, Ademaro A. M. B. **Instalações Elétricas**. 5ª. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 15ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

EXATRON. **Relé para iluminação**. Porto Alegre, [s.d.]. 2 p. Disponível em: <<http://www.exatron.com.br/files/uploads/products/MODELO-MANUAL-FCR2TF2.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2017.

FONSECA, Celso Suckow da. **Apostila de Acionamentos Elétricos**. Centro Federal de Ensino Tecnológico – CEFET-RJ. Rio de Janeiro, 2005.

FRADEN, Jacob. **Handbook of Modern Sensors – Physics, Designs and Applications**. 4ª ed. Nova Iorque: Springer-Verlag, 2004.

FRONZA, Luan C. **Desenvolvimento de uma bancada didática para montagem e teste de circuitos elétricos**. 2015. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Faculdade Horizontina, 2015. Disponível em: <<http://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngMec/2015/LuanCarlosFronza.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2017.

INMETRO - Instituto nacional de metrologia, qualidade e tecnologia. **Lâmpada LED**. S.d. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/cartilhas/lampada-led/lampadaled.pdf>>. Acesso em: 3 set. 2017.

INMETRO - Instituto nacional de metrologia, qualidade e tecnologia. **Padrão Brasileiro de plugues e tomadas**. 2011. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/pluguestomadas/perguntas.asp>>. Acesso em: 3 set. 2017.

KINDERMANN, Geraldo; CAMPAGNOLO, José Mario. **Aterramento Elétrico**. 4ª. ed. Porto Alegre: Sagra Luzzatto, 1998.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 7ª. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

MAZZAROPPI, Marcelo. **Sensores de Movimento e Presença**. 2007. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001369.pdf>>. Acesso em: 09 mar. 2017.

MEDEIROS FILHO, Solon de. **Fundamentos de Medidas Elétricas**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1981.

MORAES, Airton Almeida de. **Comandos Elétricos: Teoria e Atividades Práticas**. Schooltech: 2002.

NISKIER, Julio; MACINTYRE, Archibald J. **Instalações Elétricas**. 4ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

NISKIER, Julio. **Manual de Instalações Elétricas**. Rio de Janeiro: LTC, 2005.

PORTAL BRASIL. **Lâmpadas incandescentes saem do mercado a partir de julho**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/06/lampadas-incandescentes-saem-do-mercado-a-partir-de-julho>>. Acesso em: 25 jul. 2017.

PRYSMIAN. **Manual Prysmian de Instalações Elétricas**. Santo André, 2010. Disponível em: <http://br.prysmiangroup.com/br/files/manual_prysmian.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2017.

SCHMERSAL. **Botões e Sinais**. Catálogo de botões e sinais. 52 p. São Paulo, 2015.

SCHNEIDER ELECTRIC. **Essential circuit protection for original equipment manufacturers**. [S.l.], 2016. 61 p. Disponível em: <http://download.schneider-electric.com/files?p_Reference=LVCATM9OEM_EN&p_EnDocType=Catalog&p_File_Id=2208303764&p_File_Name=LVCATM9OEM_EN+%28web%29.pdf>. Acesso em: 14 out. 2017.

SIEMENS LTDA. **Comando e Sinalização 3SB6**. Catálogo resumido. São Paulo, 2012. 19 p. Disponível em: <<https://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/dispositivos-baixa-tensao/botoes-e-sinalizadores/3sb6/Documents/Catalogo-SIRIUS-3SB6-v2.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2017.

SIEMENS LTDA. **Dispositivos DR 5SV, 5SM e 5SU** – Proteção contra correntes de fuga à terra em instalações elétricas. São Paulo, 2016. 16 p. Disponível em: <https://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/downloads-br/Documents/Dispositivos%20DR/Cat%C3%A1logo/Cat%C3%A1logo%20DR_2016_PT.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2017.

SILVA, Mauri Luiz da. **Luz, lâmpadas e iluminação**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2004.

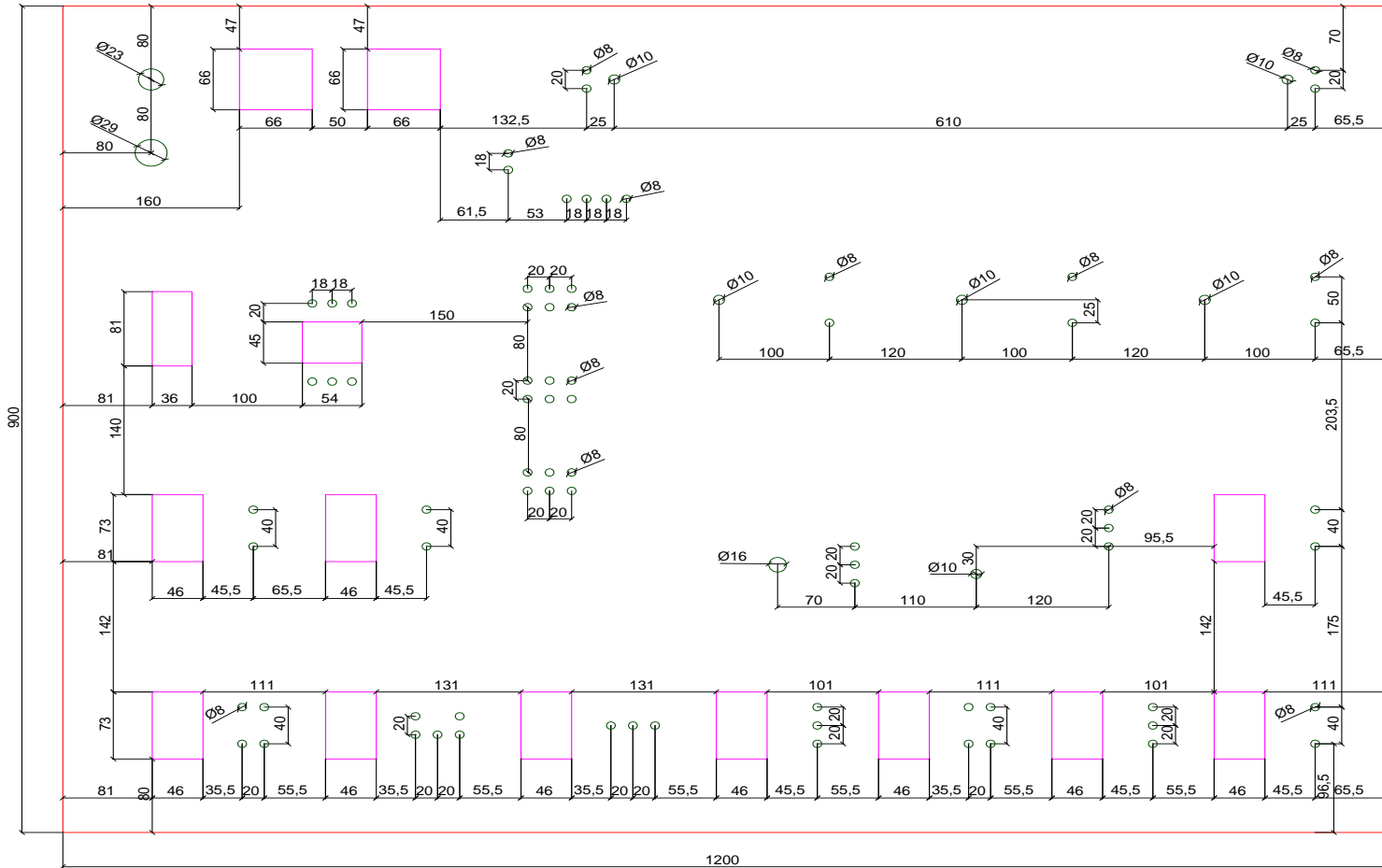
TORREIRA, Raul Peragallo. **Instrumentos de Medição Elétrica**. 3ª ed. Curitiba: Hemus, 2002.

WEG S.A. **Comando e Sinalização – Linha CSW**. Jaraguá do Sul, 2017. 56 p. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-comando-e-sinalizacao-linha-csw-50009820-catalogo-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 22 set. 2017.

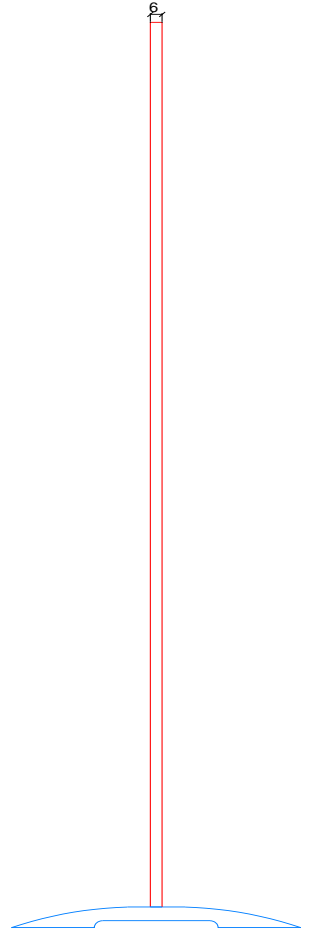
WEG S. A. **Manual Sensor de Parede**. Curitiba, [s.d.]. 2 p. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-manual-rele-sensor-de-presenca-de-parede-manual-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2017.

APÊNDICE A – Projeto da base de madeira

Vista Frontal



Vista Lateral



OBS: Dimensões em milímetros

APÊNDICE B – Guia de utilização da bancada

A bancada é ligada através de um comutador de duas posições no canto superior esquerdo, como mostrado na Figura B1. Ao acionar o comutador, o sinalizador de cor vermelha acenderá indicando que a bancada está ligada.

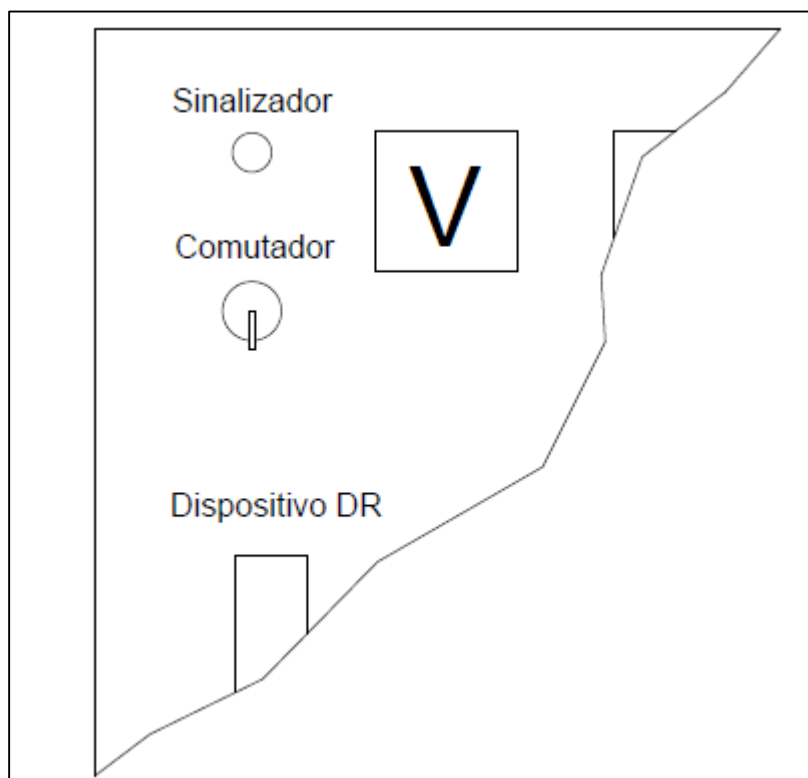


Figura B1 – Canto superior esquerdo da bancada com comutador e sinalizador

Os condutores são identificados através das cores dos bornes: vermelho, azul e verde para fase, neutro e terra, respectivamente. Os bornes de cor preta devem ser utilizados para ligação do condutor de retorno da fase. Na parte mais ao centro da bancada encontram-se os bornes referentes a fase, neutro e terra, para a realização das ligações. Basicamente, podem ser simulados ligações para simular circuitos de instalações elétricas residenciais.

Os diagramas unifilar e multifilar para ligação de uma lâmpada com um interruptor simples são mostrados na Figura B2. A ligação na bancada é mostrada pela Figura B3.

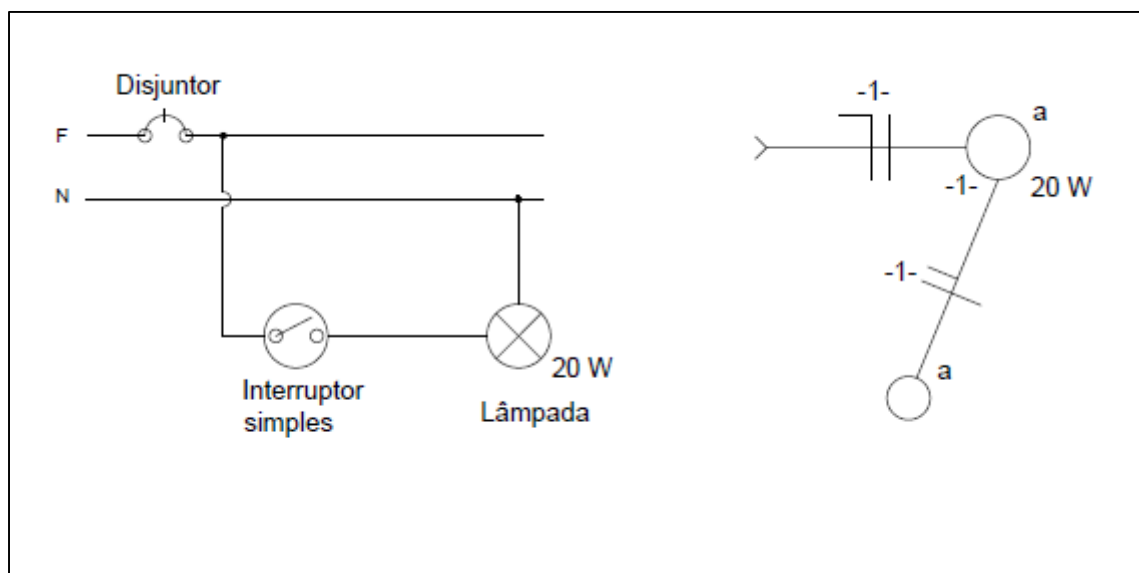


Figura B2 - Diagrama unifilar e multifilar para ligação de uma lâmpada com interruptor simples

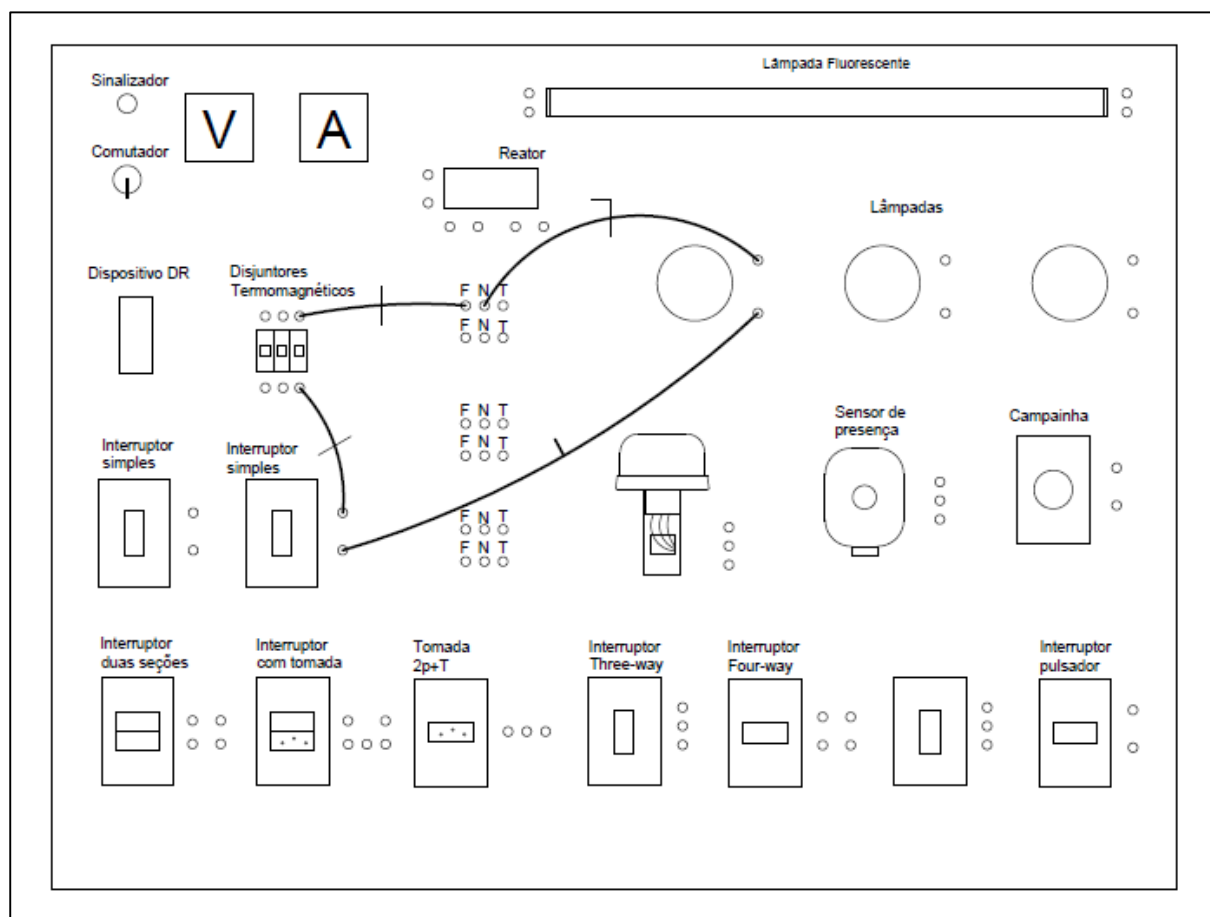


Figura B3 - Esquema de ligação de lâmpada com interruptor simples na bancada

A seguir, a Figura B4 apresenta os diagramas unifilar e multifilar para ligação de uma lâmpada acionada por interruptores paralelos. Enquanto a Figura B5 mostra como deve ser feita a mesma ligação na bancada.

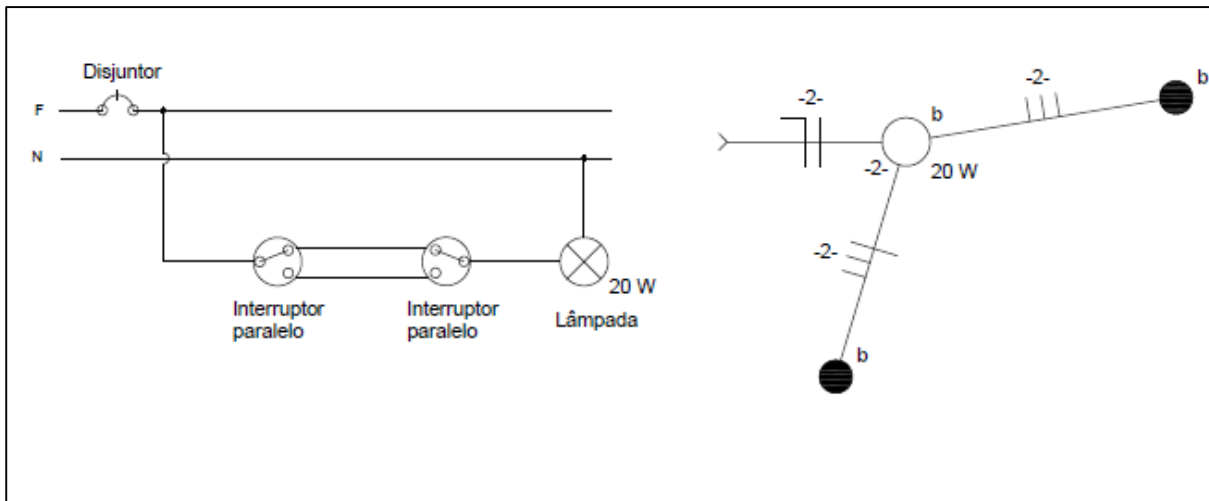


Figura B4 - Diagrama unifilar e multifilar para ligação de acionada por interruptor paralelo

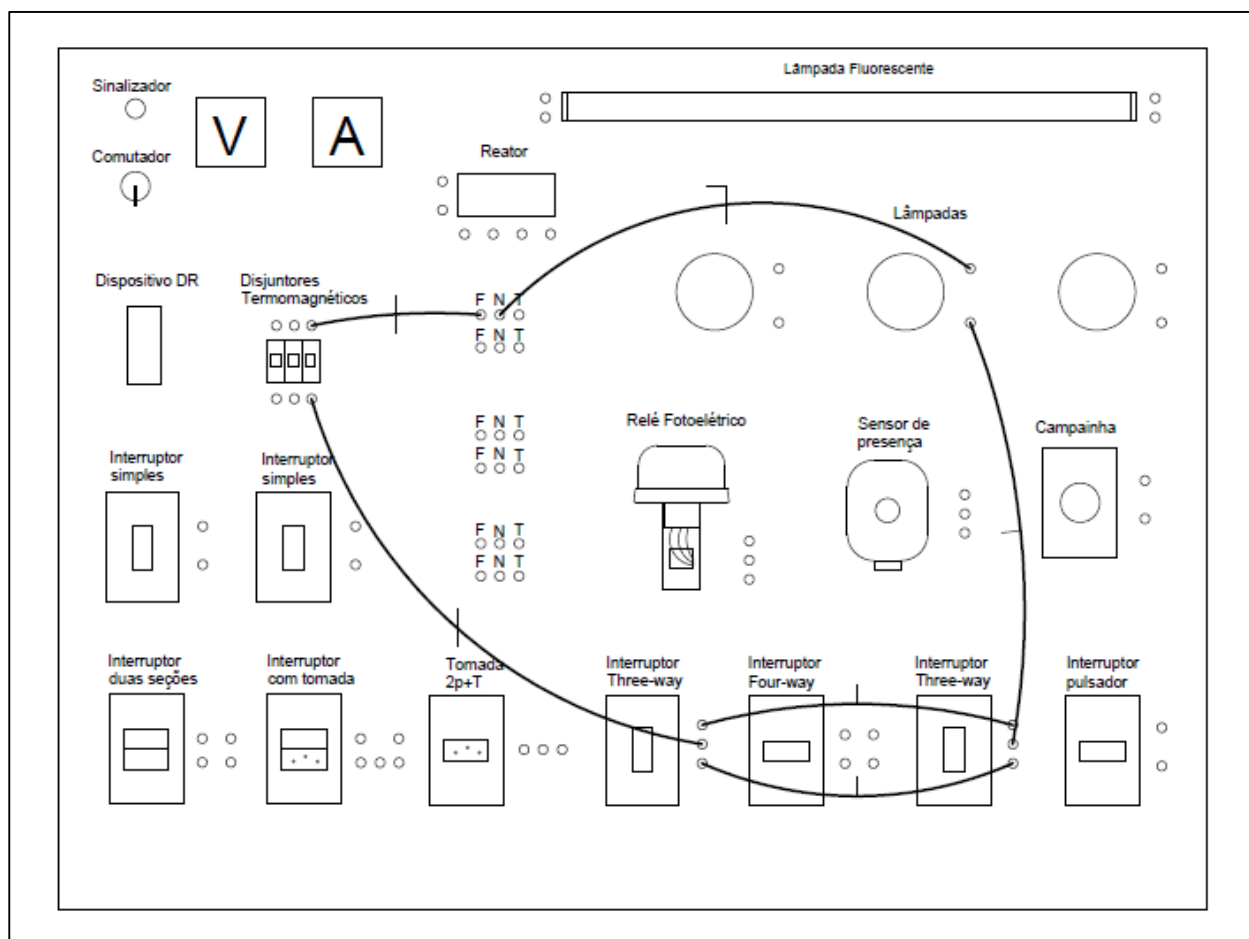


Figura B5 - Ligação de uma lâmpada através de interruptores paralelos na bancada

Para a ligação de duas lâmpadas utilizando o interruptor de duas seções, pode-se seguir os diagramas da Figura B6. Na bancada, a forma de ligação é mostrada pela Figura B7.

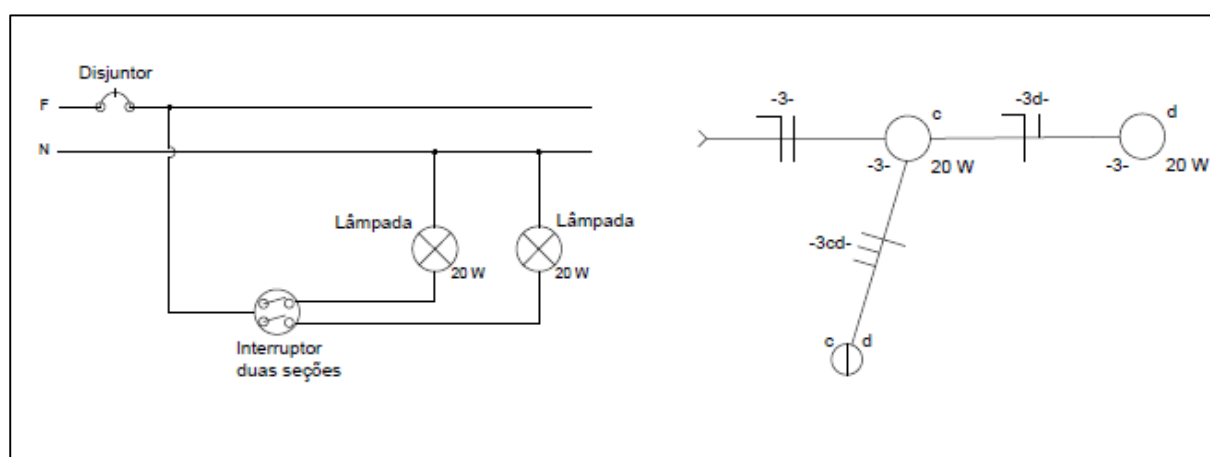


Figura B6 - Diagrama unifilar e multifilar para acionamento de duas lâmpadas com interruptor de duas seções

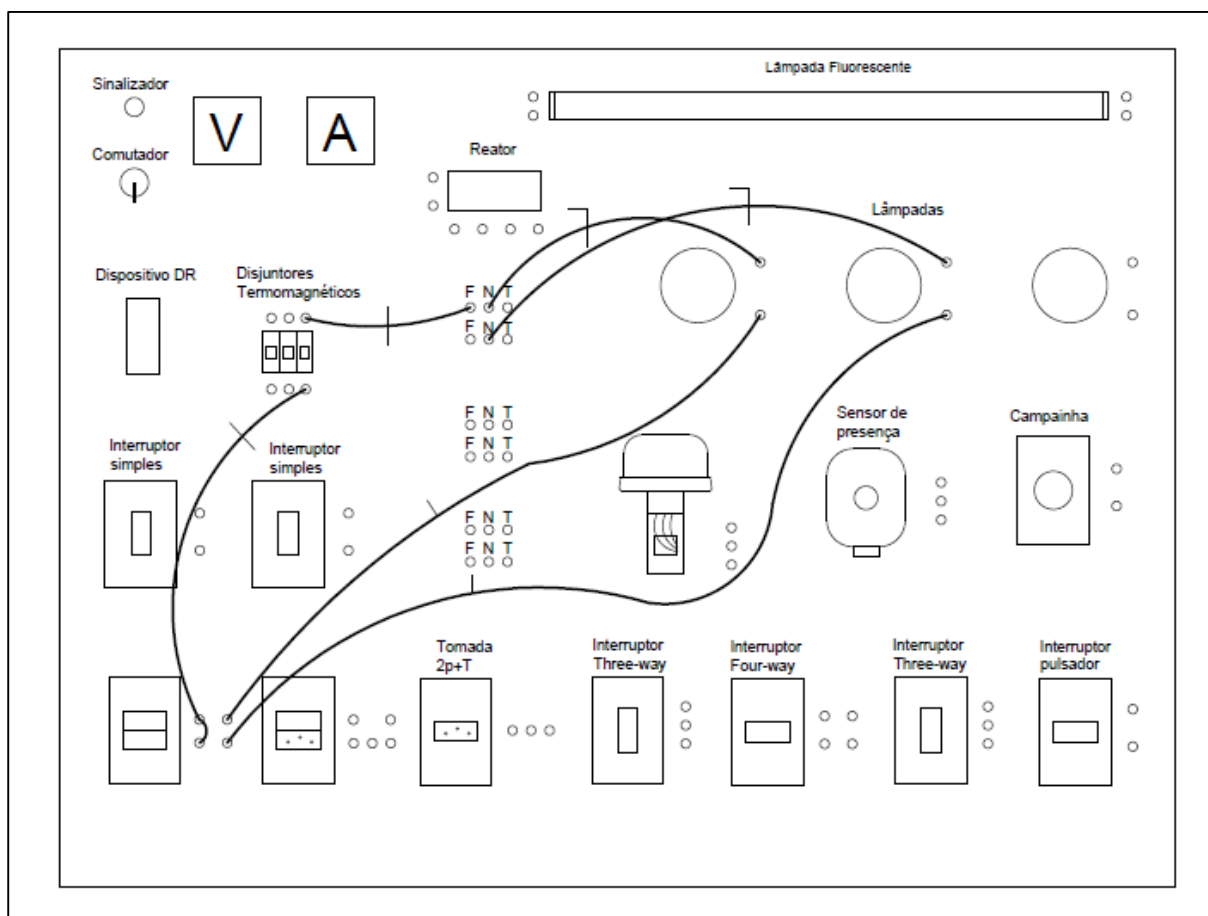


Figura B7 - Ligação de duas lâmpadas através de interruptor de duas seções

A Figura B8 mostra os diagramas unifilar e multifilar para ligação de um interruptor com tomada que acionará uma lâmpada. Essa ligação, na bancada, pode ser visualizada na Figura B9.

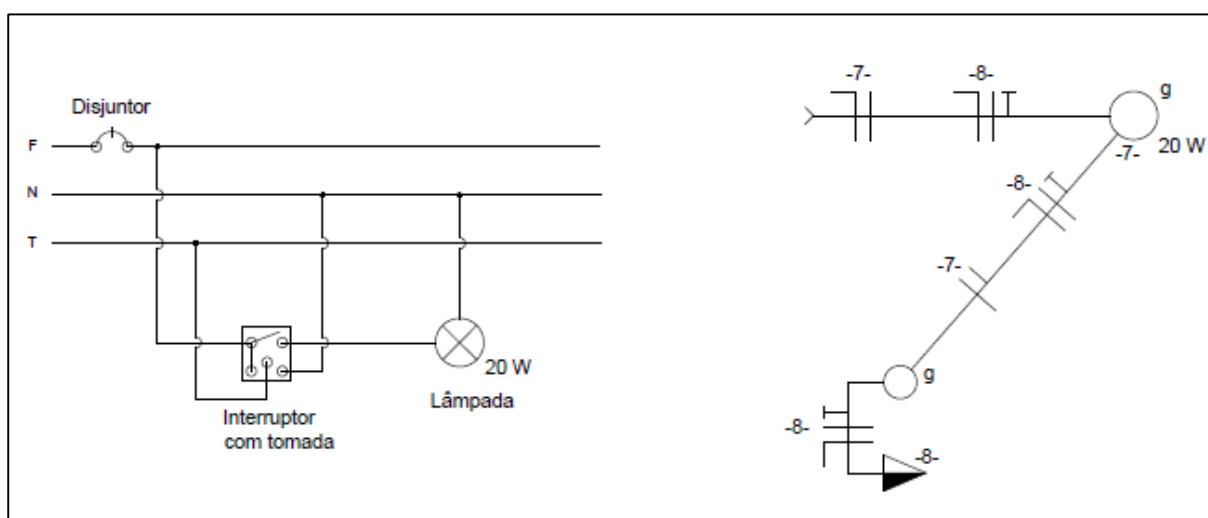


Figura B8 - Diagrama unifilar e multifilar para ligação de interruptor com tomada

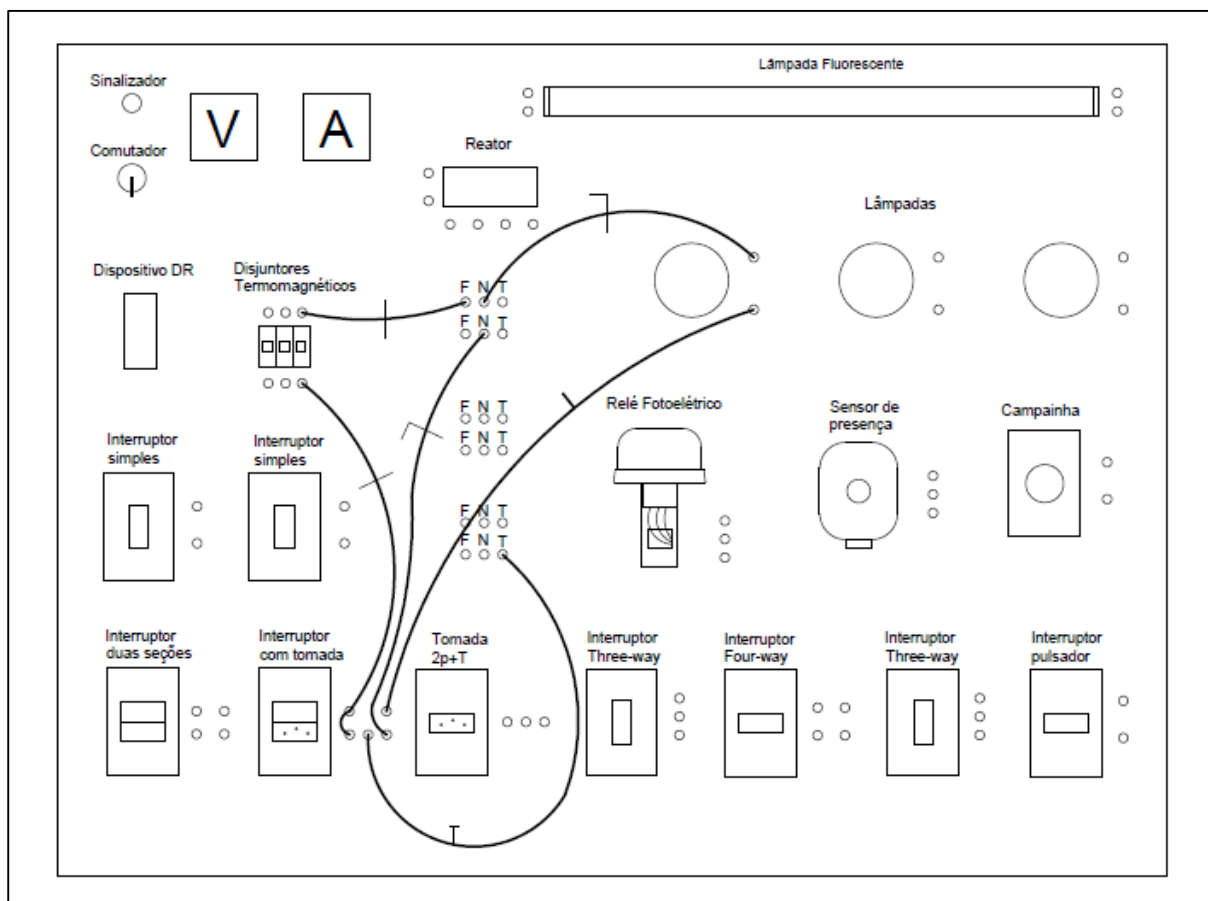


Figura B9 - Esquema de ligação de interruptor com tomada

A ligação de interruptor intermediário (*four-way*) pode ser vista na Figura B10, onde estão representados os diagramas unifilar e multifilar. Já na Figura B11 está representada a mesma ligação na bancada.

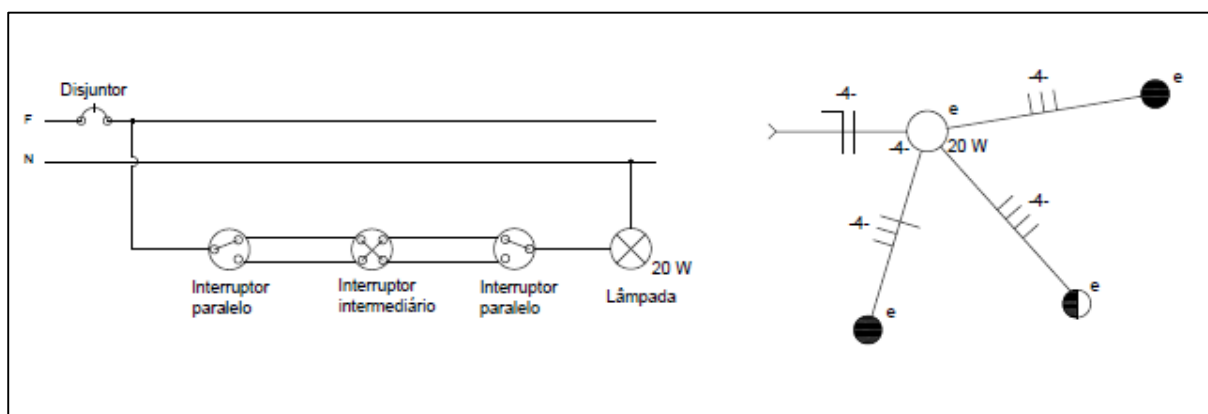


Figura B10 - Diagrama unifilar e multifilar para acionamento de lâmpada com interruptor intermediário

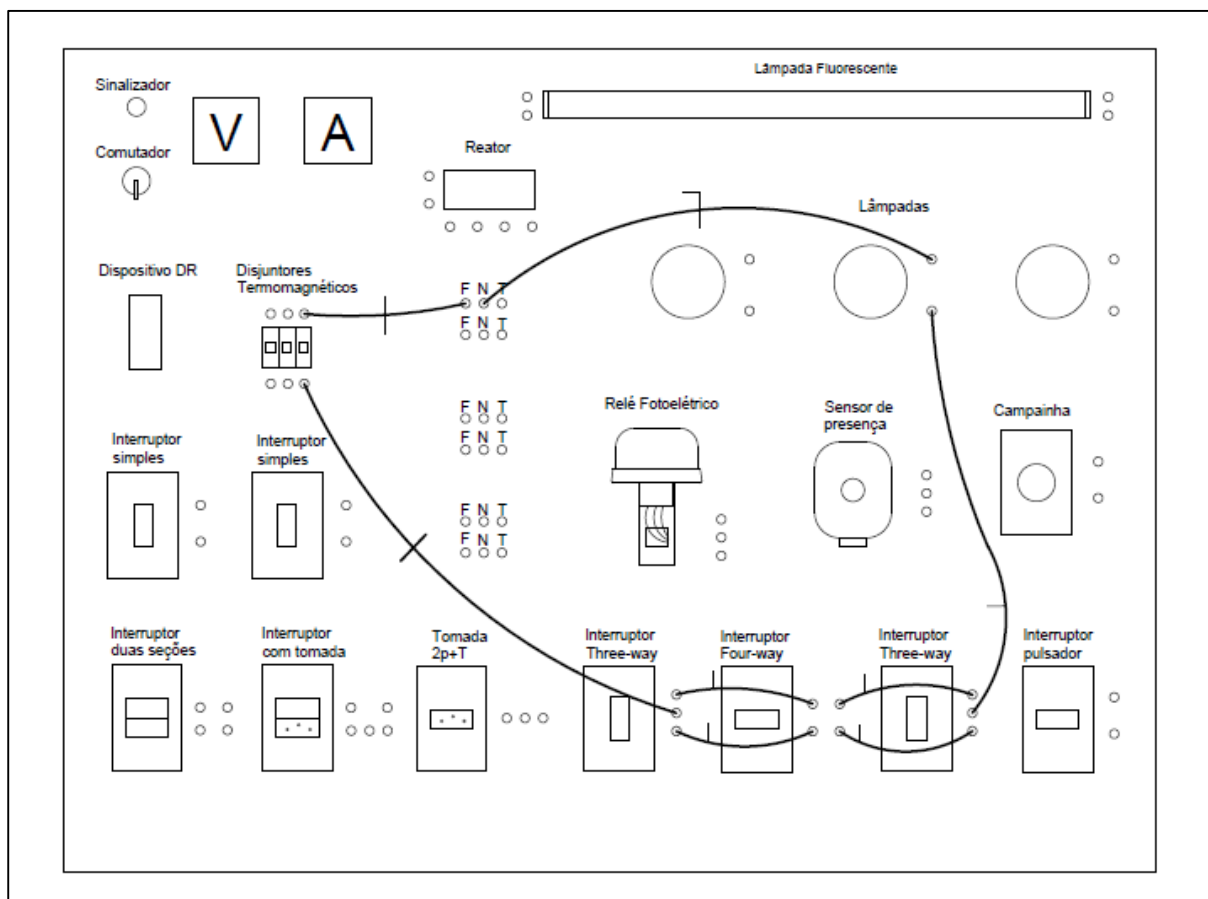


Figura B11 - Ligação de lâmpada através de interruptor intermediário

A ligação do relé fotoelétrico é feita conforme os diagramas unifilar e multifilar mostrados na Figura B12. O acionamento de uma lâmpada pelo relé fotoelétrico na bancada é mostrado pela Figura B13.

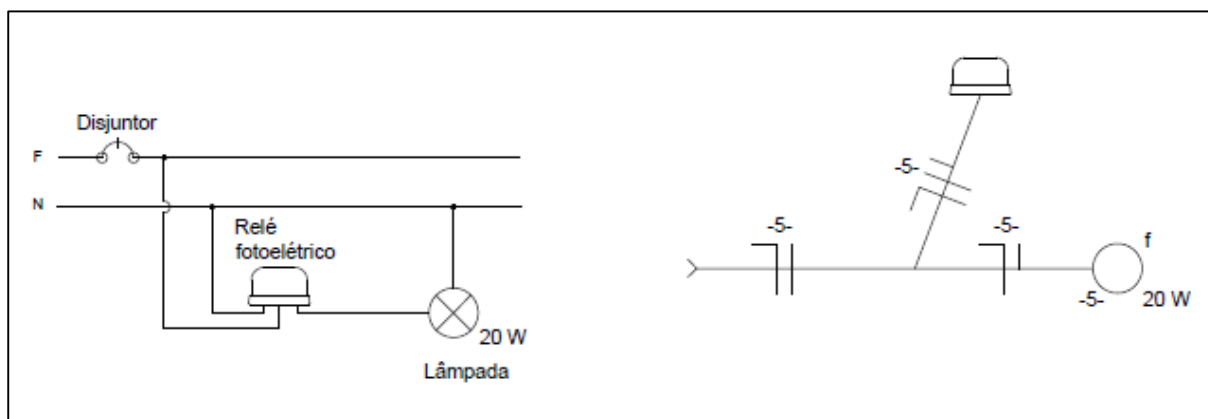


Figura B12 - Diagrama unifilar e multifilar para ligação de relé fotoelétrico

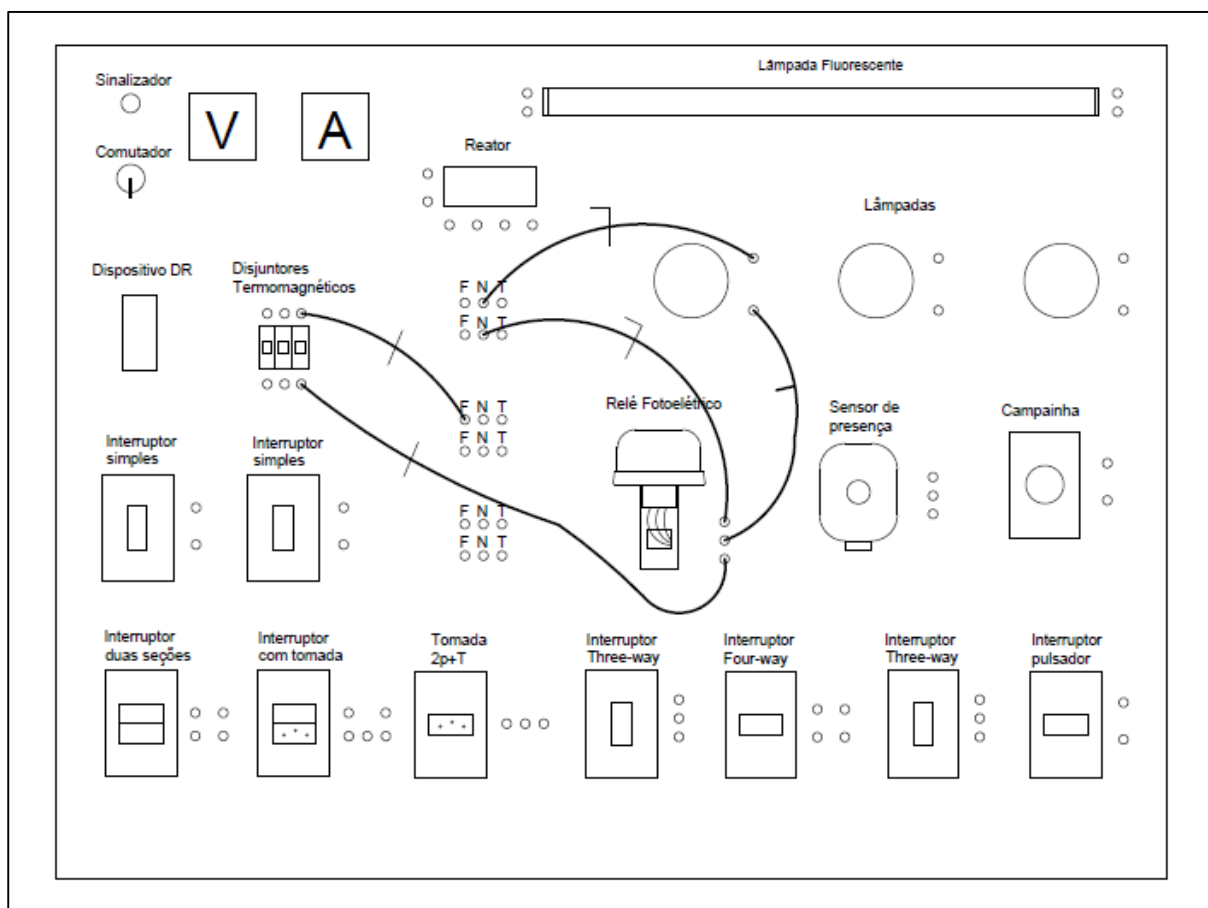


Figura B13 - Esquema de ligação para relé fotoelétrico na bancada

A Figura B14 apresenta os diagramas unifilar e multifilar para a ligação de uma tomada simples 2p+t. Essa mesma ligação pode ser feita na bancada como mostrado pela Figura B15

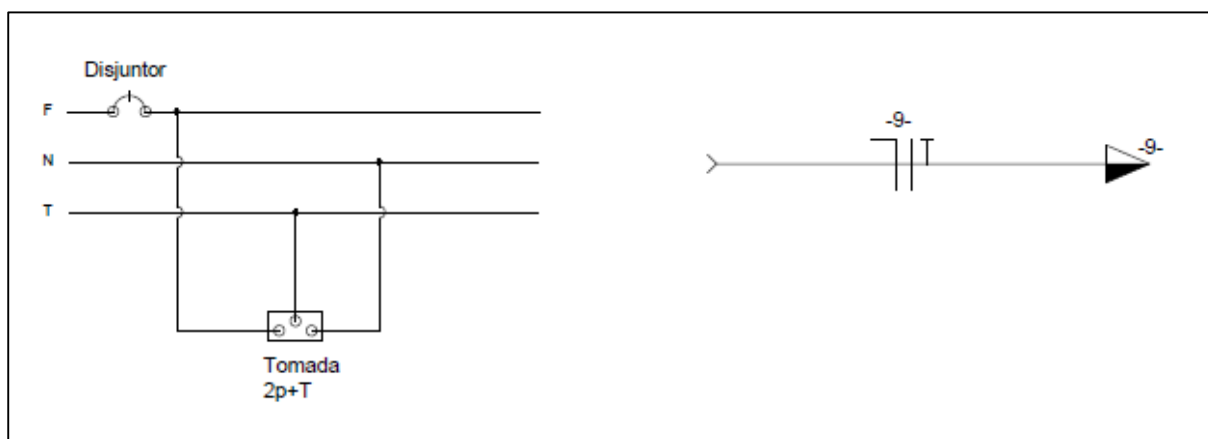


Figura B14 - Diagrama unifilar e multifilar para ligação de uma tomada

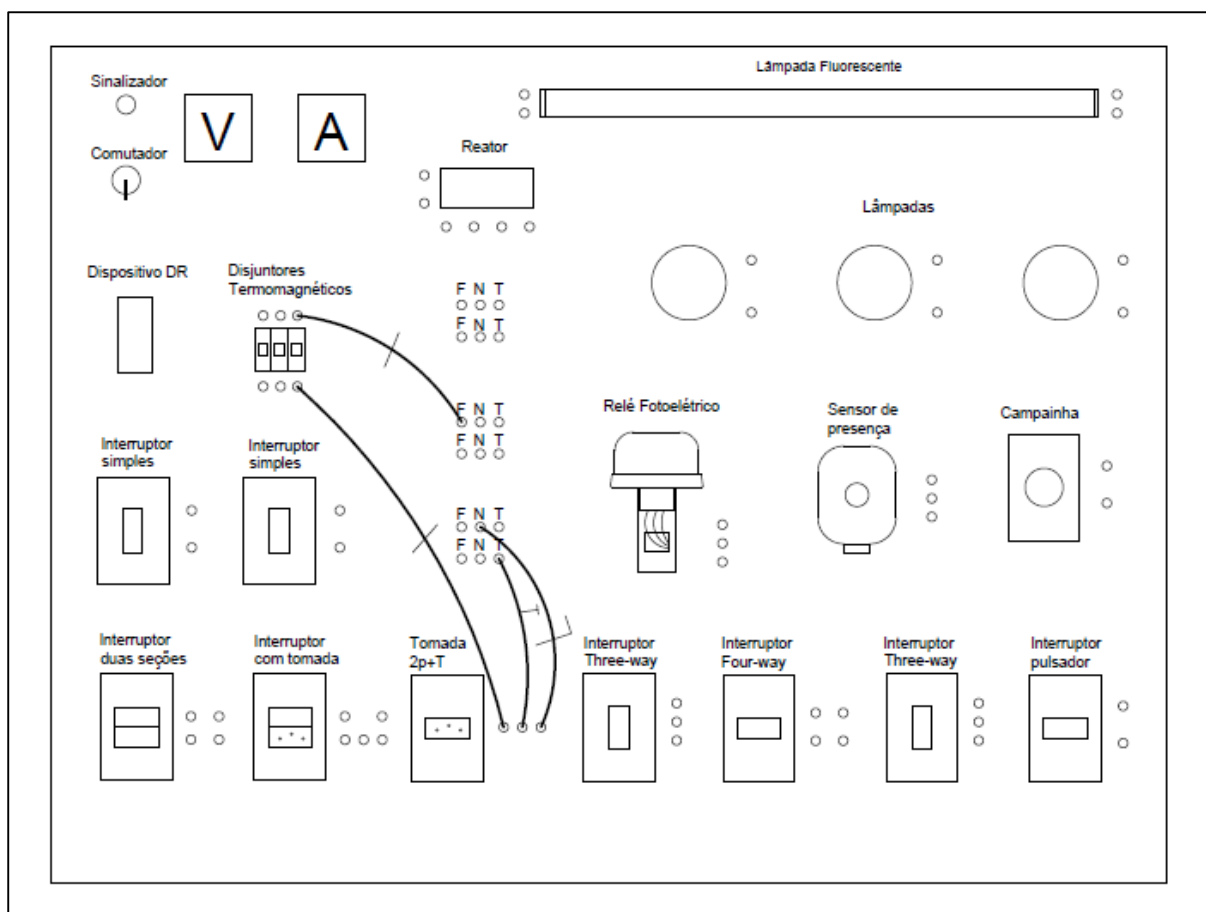


Figura B15 - Ligação de uma tomada na bancada

Na Figura B16 pode ser visto os diagramas unifilar e multifilar para a ligação o sensor de presença. O tempo em que o sensor apaga a lâmpada após não detectar movimento pode ser selecionado através de *jumper*s na parte de trás do sensor. O padrão de fábrica é 15 segundos após o último movimento, porém esse tempo pode ser mudado ao retirar o *jumper* 1 (1 minuto), o *jumper* 2 (2 minutos) e/ou o *jumper* 5 (5 minutos). Ao retirar mais de um *jumper*, os tempos são somados. Também na parte traseira do sensor, encontra-se o *jumper* da fotocélula. Ao detectar movimento o sensor ligará a lâmpada somente se o ambiente estiver escuro, entretanto, pode-se programar para atuar sempre que houver movimento, independente da claridade ambiente. Para isto, basta retirar o *jumper* da fotocélula. A forma de ligação do sensor de presença na bancada é mostrada pela Figura B17.

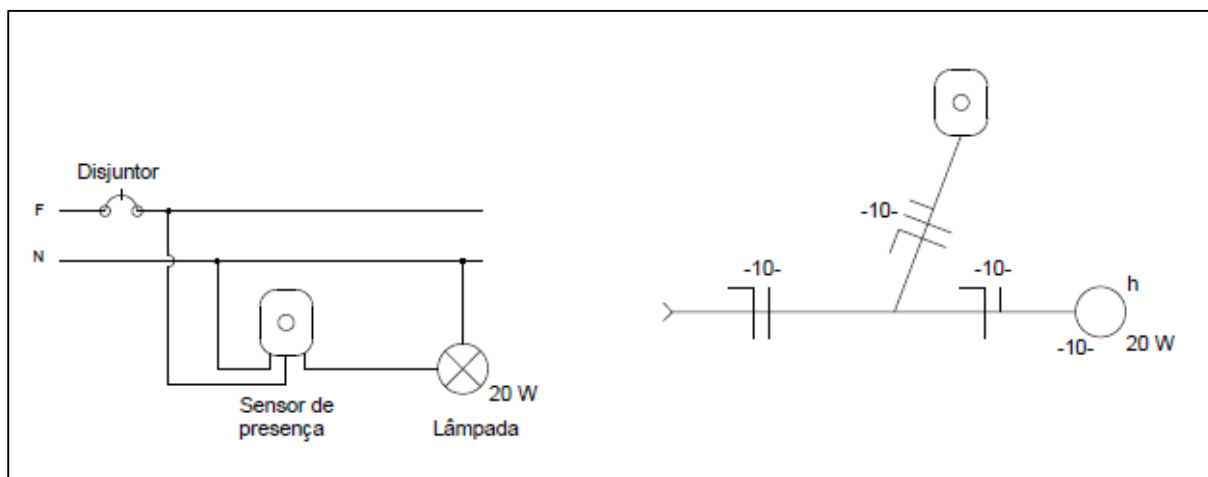


Figura B16 - Diagrama unifilar e multifilar para ligação de sensor de presença

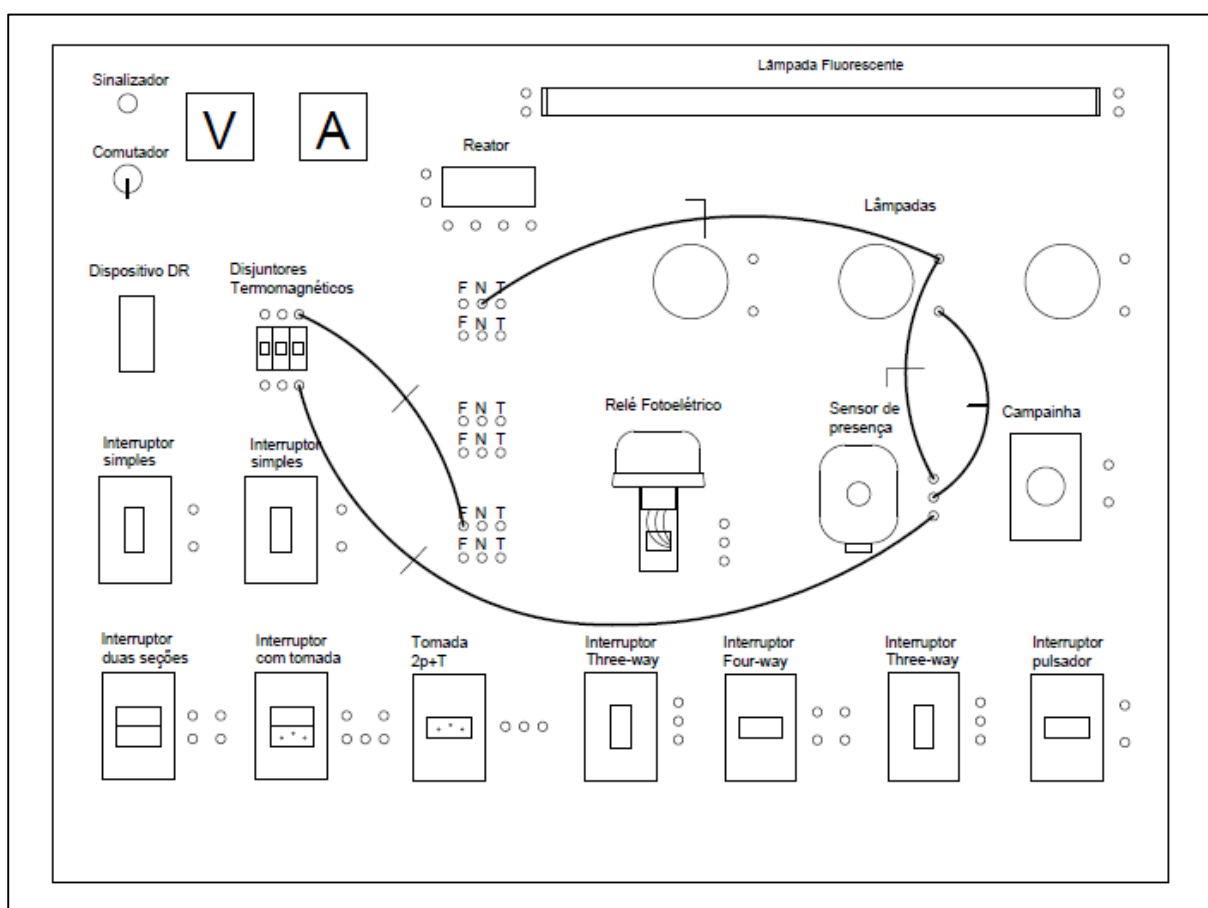


Figura B17 - Esquema de ligação do sensor de presença

A ligação da lâmpada fluorescente tubular deve ser feita com o reator, conforme mostra a Figura B18. Esta ligação pode ser feita na bancada seguindo-se a Figura B19 e observando-se as cores dos bornes do reator e da lâmpada.

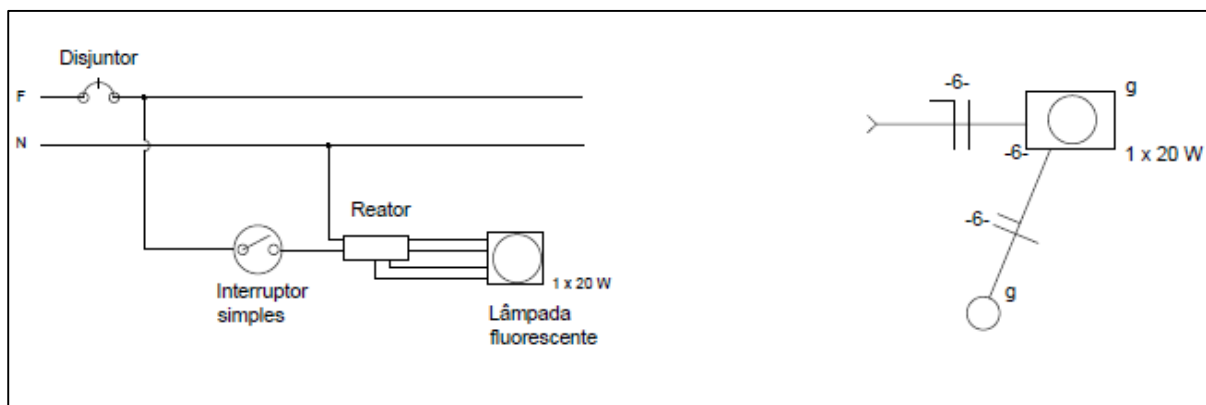


Figura B18 - Diagrama unifilar e multifilar para ligação de lâmpada tubular fluorescente com reator

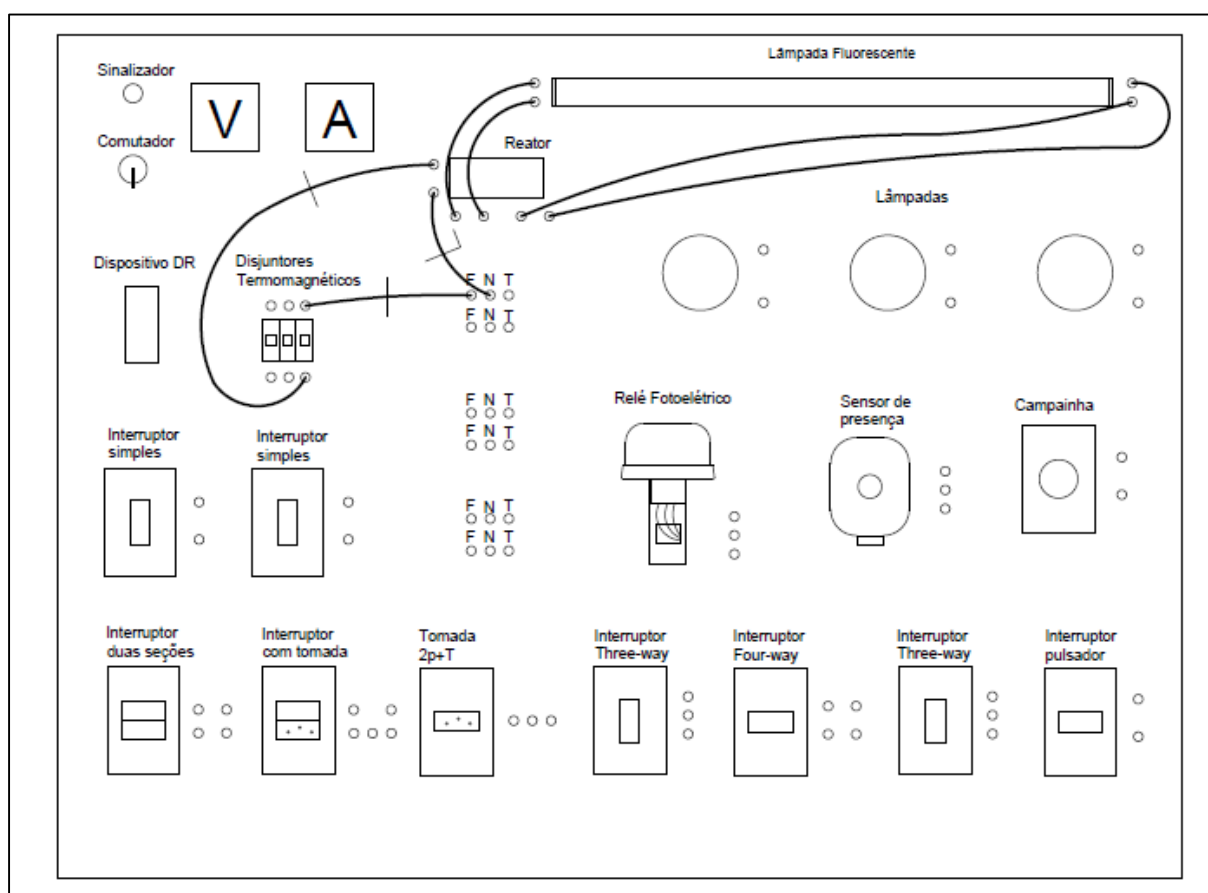


Figura B19 - Esquema de ligação de lâmpada fluorescente tubular com reator

Por último, a ligação da campainha é feita com o interruptor pulsador e o módulo de campainha, como pode ser visto na Figura B20. Para a realização desta ligação na bancada, pode-se usar a Figura B21.

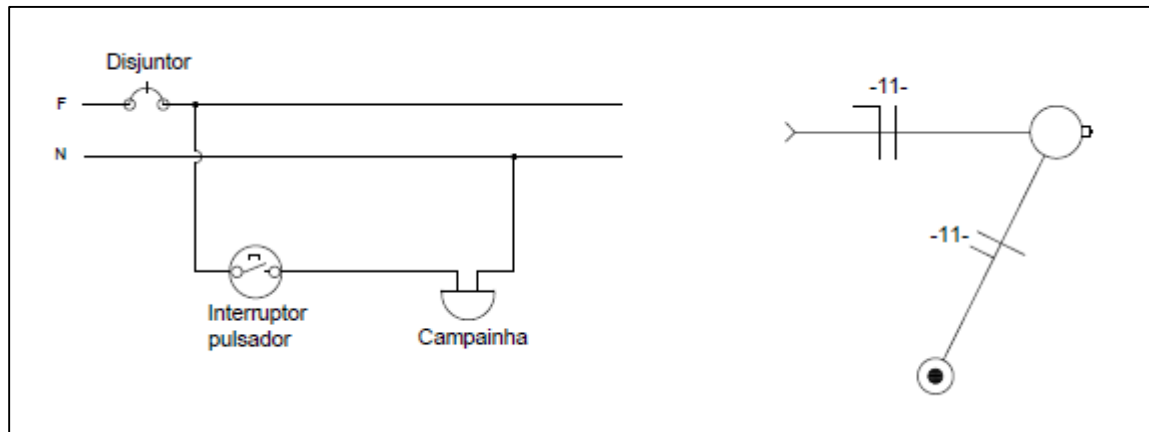


Figura B20 - Diagrama unifilar e multifilar para ligação de campainha

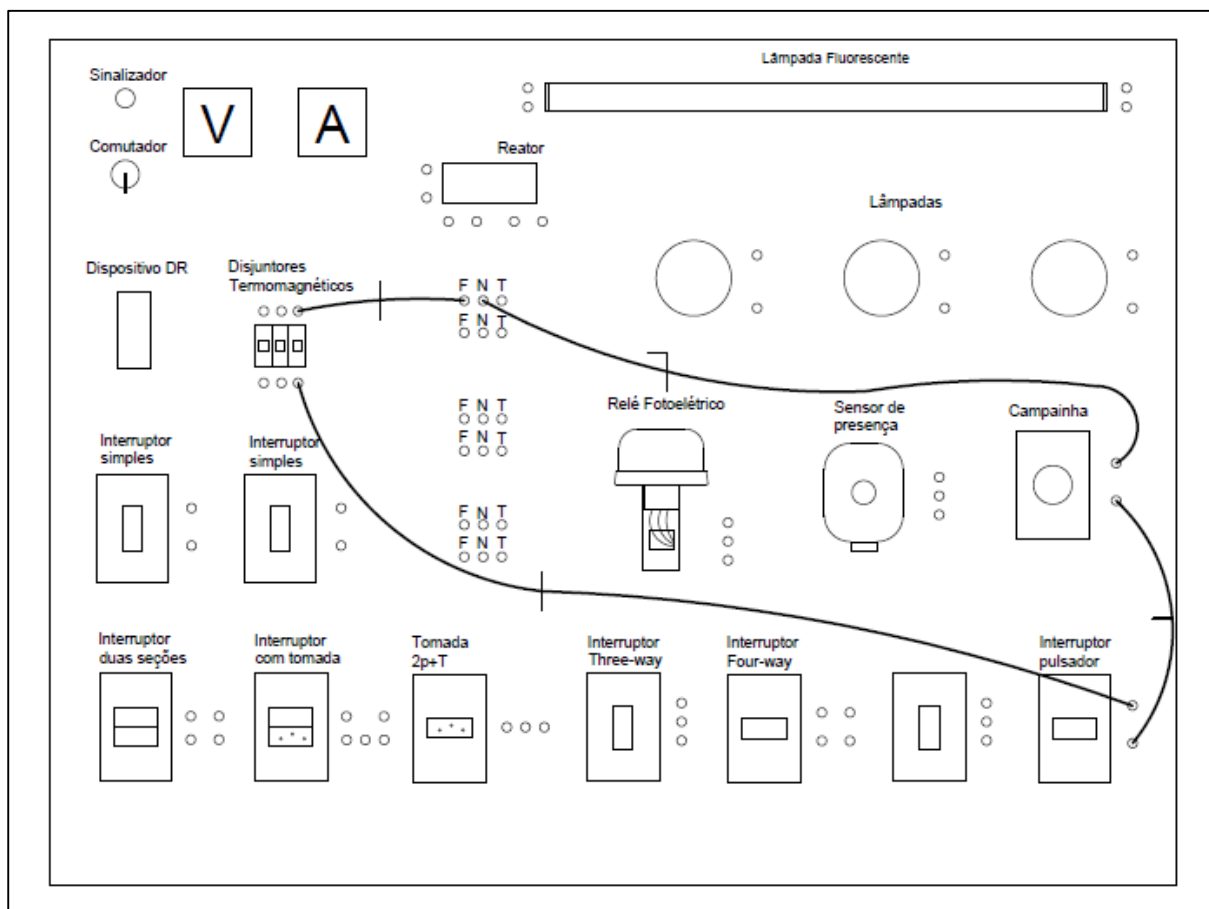


Figura B21 - Esquema de ligação da campainha na bancada