

PRE-Condutores: Aplicação Mobile para Suporte na Elaboração de Projetos Elétricos Residenciais

Jorge Carlos de Jesus Gonçalves*
Instituto Federal da Bahia
Salvador - Bahia
Email: jorge.goncalves@ifba.edu.br

Manoel Carvalho Marques Neto†
Instituto Federal da Bahia
Salvador - Bahia
Email: manoelnetom@ifba.edu.br

Francismari Noronha dos Santos‡
Instituto Federal da Bahia
Salvador - Bahia
Email: francismari@ifba.edu.br

Resumo—Este trabalho propôs uma solução para dimensionamento de condutores elétricos. Especificamente, a ferramenta desenvolvida para plataforma *mobile* está focada em projetos elétricos residenciais, em baixa tensão. As principais funcionalidades e restrições foram determinadas a partir de comparações com trabalhos correlatos e levantamentos de requisitos. A solução desenvolvida, batizada com o nome PRE-Condutores, está baseada na norma NBR 5410, seguindo os principais critérios para especificação da bitola dos condutores.

Keywords—*Aplicação Mobile, Dimensionamento de condutores, NBR-5410, Circuitos elétricos*

I. INTRODUÇÃO

O dimensionamento de circuitos elétricos envolve a escolha dos elementos elétricos adequados para uma determinada instalação. Este processo é baseado na demanda da mesma. Na elaboração de um projeto elétrico são aplicadas certas diretrizes, conforme normas sobre circuitos elétricos. Esses princípios são empregados na especificação dos condutores, dispositivos de manobra e proteção entre outros elementos.

Uma das etapas na realização do dimensionamento de circuitos envolve os cálculos para a alocação dos elementos elétricos. De acordo com o projeto, a realização manual dos principais cálculos para seleção dos elementos torna-se trabalhosa, sujeita a erros e incoerência na escolha dos componentes adequados.

De forma a automatizar a realização dos cálculos necessários na escolha dos elementos, foi proposto o desenvolvimento de uma solução *mobile* voltada a simplificar a elaboração de projetos elétricos residenciais, através do dimensionamento de circuitos. Esta solução, nomeada *Projetos Residenciais Elétricos - Condutores* (PRE-Condutores) facilitará os cálculos dos componentes elétricos, tornando a computação dos dados mais prática e eficiente.

O PRE-Condutores auxilia na elaboração de um projeto elétrico, indicando os elementos a serem adotados, de acordo com os padrões mínimos de segurança e funcionalidade. Esta solução é baseada na norma de segurança NBR 5410 e fornece

o tipo de condutor adequado para circuito. Este cálculo é embasado nos tipos dos pontos de tomada e iluminação, além da potência a ser atendida. Desta forma, o projetista pode utilizar a solução para selecionar os elementos elétricos, ou computar projetos existentes. Assim, as alterações nos circuitos podem ser feitas de forma mais simplificada.

Para elaboração da solução, foram levantados os dados referentes ao dimensionamento dos circuitos da norma NBR 5410. Esta norma regulamenta as diretrizes de segurança para instalações elétricas em baixa tensão. Também foram sondadas informações sobre as ferramentas utilizadas na desenvolvimento de aplicações *mobile*, de modo a atender os requisitos funcionais e não-funcionais do PRE-Condutores.

A solução também está focada em complementar algumas deficiências encontradas em aplicações semelhantes. Com isso, o processo no dimensionamento tornam-se mais gerenciável e manipulável, melhorando o tempo e a qualidade na elaboração dos projetos elétricos.

Para verificar as melhorias propostas pelo PRE-Condutores, foi realizada uma pesquisa de procedimento experimental, utilizando uma abordagem majoritariamente quantitativa, com uma superficial análise qualitativa. Foram avaliadas quais os resultados obtidos como as melhorias propostas e implementadas na solução, através dos formulários respondidos pelos participantes.

A avaliação consistiu no dimensionamento dos circuitos de dois projetos elétricos residenciais semelhantes. O primeiro projeto foi calculado sem utilizar a solução, e o segundo utilizando-a. Por ser voltada para a elaboração de projetos elétricos, foram selecionados estudantes do último período do curso técnico em Eletrotécnica, na modalidade integrada, do IFBA *campus* Salvador.

A. Objetivos Gerais:

Facilitar o dimensionamento de circuitos elétricos com base nos critérios estabelecidos pela norma NBR-5410.

B. Objetivos Específicos:

- 1) Implementar os critérios da norma NBR-5410 na elaboração dos projetos elétricos residenciais.
- 2) Automatizar a seleção dos principais parâmetros elétricos, nos cálculos de potência e corrente.

*Graduando em Análise e Desenvolvimento de Sistemas e Técnico em Eletrotécnica

†Doutor em Computação e Professor do Curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas

‡Mestra em Engenharia Elétrica e Professora do Curso Técnico em Eletrotécnica

- 3) Possibilitar a inclusão, alteração e remoção de projetos, circuitos e cargas elétricas.
- 4) Realizar cálculos de dimensionamento de condutores elétricos, para projetos e circuitos elétricos.
- 5) Delimitar os valores máximos das grandezas elétricas, conforme norma NBR-5410.
- 6) Apresentar os parâmetros utilizados nos cálculos e os resultados para o projetista.

Neste capítulo, a Seção I, foram dissertadas as premissas deste trabalho. A Seção II conceitua os fundamentos sobre instalações elétricas residenciais, para elaboração do PRE-Condutores. A Seção III apresenta algumas ferramentas já existentes utilizadas para o dimensionamento dos condutores. A Seção IV discute os requisitos funcionais e não-funcionais utilizados neste trabalho. A Seção V expõe uma análise arquitetural do *software*. A Seção VI discorre sobre a modelagem do sistema. Na Seção VII são observadas as principais ferramentas utilizadas para o desenvolvimento da solução. A Seção VIII evidencia as funcionalidades implementadas no PRE-Condutores. A Seção IX contém as comparações do PRE-Condutores com as ferramentas apresentadas na Seção III. A Seção X descreve sobre a avaliação experimental da solução. A Seção XI corrobora sobre os objetivos propostos pela solução e, finalizando, a Seção XII, que conclui este trabalho.

II. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta Seção, serão apresentados os conceitos utilizados para a elaboração da solução desenvolvida. A subseção II-A contém a concepção básica de eletricidade. A subseção II-B discute sobre a noção de circuitos elétricos, e sua principal composição. Na subseção II-C discorre sobre as propriedades dos condutores para instalações elétricas. A subseção II-D aborda sobre projetos elétricos, especificamente em baixa tensão. A subseção II-E define o dimensionamento de condutores, e na subseção II-F menciona sobre os principais dispositivos de proteção.

A. Carga elétrica

Segundo Creder [1], a energia pode ser definida como tudo aquilo capaz de gerar calor, luz, trabalho ou radiação. Um dos tipos de energia capaz de obter tais efeitos é a eletricidade. Devido a sua aplicação prática, a eletricidade pode ser definida como uma fonte de energia intermediária. Essa denominação deve-se a forma como a energia elétrica é gerada e utilizada.

O processo de transferência da energia elétrica é baseada na propriedades intrínsecas da matéria. Conforme explicado por Niskier [2], toda matéria é constituída por moléculas, formadas por diferentes combinações de átomos. Nos átomos, existem diversas partículas subatômicas, entre elas os *elétrons*, *prótons* e *nêutrons*. Gussow [3], explica que o elétron possui carga negativa, sendo a partícula fundamental do fenômeno da eletricidade. Os elétrons giram em torno do núcleo do átomo, em orbitas concêntricas. As partículas positivas, os prótons, se localizam no núcleo, junto aos nêutrons, que possuem carga elétrica neutra. A estrutura do átomo é apresentada na Figura 1.

Creder [1] expõe que, em condições de equilíbrio, um átomo possui o mesmo número de prótons e elétrons. Dessa forma, o elemento está estaticamente neutro. Porém, quando

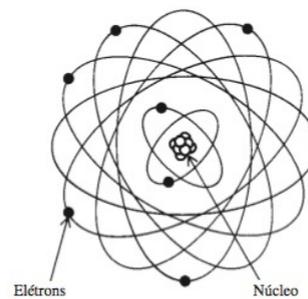


Figura 1. Cargas elétricas presentes no átomo
Fonte: Gussow (2009) [3]

um átomo perde um elétron, ele se torna eletricamente positivo, e, conseqüentemente, quando é adicionado um elétron, torna-se eletricamente negativo.

Devido a disposição dos elétrons nos elementos químicos, os mesmos podem sair dos átomos. Conforme explicado por Gussow [3], os elétrons possuem diferentes níveis de energia, proporcional a distância ao núcleo, ou seja, quanto maior a energia do átomo, mais externa a sua localização no elemento. A camada mais externa de um elemento químico, é a camada de valência. Ao adquirir energia suficiente, através de fontes como luz, calor ou a própria energia elétrica, os elétrons situados na camada de valência saem do átomo, tornando-se elétrons livres. O movimento dos elétrons livres que geram o efeito da corrente elétrica.

Niskier [2] explica que, em determinados elementos, a atração do núcleo sobre os elétrons é pequena. Assim, em tais átomos, os elétrons situados na camada de valência possuem mais facilidade em se tornarem livres. Elementos químicos como a prata, cobre e alumínio são chamados de condutores elétricos, devido a essas características.

De acordo de Gussow [3], as camadas de energia em um átomo, são divididas pelo número de elétrons suportados. As camadas de energia são denominadas pelas letras K, L, M, N, O, P e Q, sendo alfabeticamente mais afastadas do núcleo. As cotas de elétrons nas camadas de energia seguem abaixo ilustradas na Figura 2:

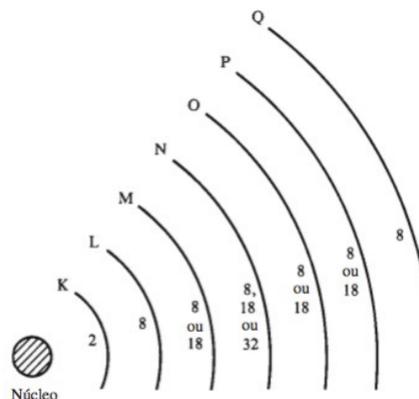


Figura 2. Camadas de energia dos átomos
Fonte: Gussow (2009) [3]

Conforme apresentado a Figura 2, os átomos podem possuir 2 elétrons na camada K, e até 8 elétrons na camada L. As demais camadas possuem cotas de 8, 18 ou 32 elétrons, conforme o átomo. Porém a camada de valência, com exceção da K, devem possuir no máximo 8 elétrons. No átomo de cobre, um condutor, apesar de possuir 4 camadas, sendo suportadas até 32 elétrons na camada N, há somente um único elétron na camada de valência. Este fator que contribui para que o mesmo se torne um elétron livre.

B. Circuitos elétricos

Segundo Cotrim [4], um circuito elétrico é uma coleção de elementos ou meios, onde é possível que ocorra um fluxo ordenado de elétrons. Gussow [3] estabelece que um circuito elétrico possui pelo menos quatro componentes elétricos: força eletromotriz, condutores, carga e mecanismos de controle. Cotrim [4] define componente elétrico como uma referência a qualquer elemento, seja equipamento ou linha elétrica, necessário ao funcionamento do circuito. Um modelo de circuito elétrico, exposto por Gussow [3], segue abaixo na Figura 3:

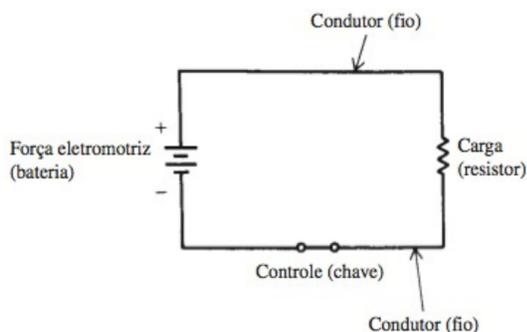


Figura 3. Circuito Elétrico Básico
Fonte: Gussow (2009) [3]

Os principais componentes, referenciados na Figura 3 são:

1) **Força Eletromotriz:** Creder [1] define força eletromotriz como a capacidade de um dispositivo transformar energia elétrica em não-elétrica ou vice-versa. No exemplo da Figura 3, para Gussow [3], o circuito é denominado fechado pois não possui interrupção para a passagem da corrente elétrica. Segundo Creder [1] a força eletromotriz possui a mesma unidade de medida da diferença de potencial *Volt* (V), que indica a capacidade de realizar trabalho ao forçar os elétrons a se deslocarem.

2) **Condutor:** Cotrim [4] define condutor como um fio que oferece baixa resistência a passagem de corrente elétrica. Ou seja, o condutor oferece um percurso propício para a transferência de energia da força eletromotriz geradora para uma carga. Para Niskier [2], além de ser um bom condutor, deve ser destinado a transmissão da eletricidade.

3) **Carga:** Uma das definições citadas por Cotrim [4] sobre carga elétrica é a menção a um equipamento que absorve potência ativa no circuito elétrico. A definição dada por Gussow [3] refere-se a carga como elemento que utilizará a energia elétrica para realização de trabalho.

4) **Controle:** Representa um dispositivo elétrico que possui como objetivo realizar manobra, proteção ou controle, conforme explicado por Cotrim [4]. Exemplos desses componentes são chaves, disjuntores e fusíveis.

C. Características dos condutores elétricos

Creder [1] descreve que os condutores utilizados nas instalações elétricas residenciais, comerciais ou industriais poderão ser de cobre ou alumínio. Mamede [5] afirma que o cobre é mais empregado nas instalações em relação ao alumínio, pois tais condutores demandam de maiores cuidados devidos as suas propriedades mecânicas. Niskier [2] defende que em instalações residenciais, condutores de alumínio só são empregados para aterramento ou proteção. A norma NBR 5410 [6] estabelece que condutores de alumínio só devem ser utilizados para instalações industriais, com seção superior a 16 mm^2 .

1) **Tipos de Isolação:** Cotrim [4] define isolação como um conjunto de materiais isolantes para separar eletricamente um componente do ambiente. Os principais tipos de materiais abordados por Mamede [5] são: PVC (cloreto de polivinila), EPR (etileno-propileno) e XLPE (polietileno reticulado), sendo o emprego de cada tipo de acordo com suas propriedades e condições específicas de instalação. Niskier [2] cita o PET (Polietileno) como material isolante dos condutores, porém é pouco utilizado.

De acordo com Mamede [5], os principais tipos de isolação, adotados nos condutores, são demonstrados na Figura 4:



Figura 4. Tipos de Cabos isolados
Fonte: Mamede (2007) [5]

- 1) Cabo isolado: Condutor revestido com material de isolação.
- 2) Cabo unipolar: Semelhante ao condutor isolado, contendo um revestimento contra choques mecânicos.
- 3) Cabo tripolar: Cotrim [4] também esclarece que podem ser constituídos de três cabos isolados e, no mínimo, cobertura para proteção. Também é chamado de cabo multipolar.

D. Projetos elétricos em baixa tensão

Segundo Creder [1], um projeto elétrico é categorizado por descrição, em detalhes, dos seus pontos de tomadas, percursos dos condutores e sua especificação de bitola, e controle, além dos dispositivos de manobra entre outras particularidades. Um dos elementos constituintes dos projetos são os circuitos, que também são chamados de circuitos de distribuição. Mamede [5] define estes como condutores que estão interligados a um

quadro geral de força, alimentando uma ou mais cargas. A norma NBR 5410 [6] estabelece os seguintes critérios para delimitação das instalações elétricas em baixa tensão:

- 1) Circuitos elétricos com tensão nominal igual ou inferior a 1000 V, com frequência inferior a 400 Hz.
- 2) Circuitos elétricos, em corrente contínua, com tensão igual ou inferior a 1500 V.

Cotrim [4] expõe que, na elaboração de um projeto elétrico, devem ser estabelecidas as potências instaladas e de alimentação dos setores observados. Mamede [5] declara que deve ser realizado levantamento de demanda da instalação, de acordo com suas características de carga e as operações realizadas. Conforme a NBR 5410 [6], que regulamenta as diretrizes das instalações elétricas em baixa tensão, um dos primordiais princípios das instalações elétricas são: Proteção contra choques elétricos, efeitos térmicos, sobrecorrentes e correntes de falta.

Em relação ao posicionamento e divisão, a NBR 5410 [6] define as diretrizes para as definições do circuitos nos projetos:

- 1) O posicionamento dos circuitos deve facilitar a inspeção e o reparo.
- 2) Circuitos para equipamentos que requeiram controles específicos devem ser independentes¹.
- 3) Circuitos de pontos de tomada e iluminação devem ser distintos.
- 4) As cargas devem ser distribuídas entre os circuitos, de modo a obter o melhor equilíbrio possível.

A elaboração dos circuitos elétricos terminais deve atender os critérios delimitados pela norma NBR 5410 [6]. Mamede [5] define algumas premissas fundamentais para este componente da instalação:

- 1) A menor seção transversal dos condutores de circuitos terminais é 2,5 mm².
- 2) Em circuitos de iluminação, a menor seção transversal é 1,5 mm².
- 3) Evitar utilizar, em circuitos terminais, condutores com seção maior do que 2,5 mm².
- 4) A capacidade de condução dos circuitos deve exceder a potência demandada em locais onde possivelmente aparecerão novas cargas.

1) *Previsão de carga:* Em relação aos cargas de iluminação, Creder [1] recomenda os seguintes critérios:

- 1) Em cômodos ou dependências de residências, deverá ser previsto pelo menos um ponto de luz no teto, com potência de, no mínimo, 100 VA.
- 2) Em dependências ou cômodos com área igual ou inferior a 6 m², deverá ser previsto pelo menos um ponto de tomada. Para áreas superiores a 6 m², será previsto 100 VA para os primeiros 6 m² e a cada 4 m² inteiros acrescidos 60 VA.

Para tomadas de uso geral, Mamede [5] delimita os determinados fundamentos:

- 1) Locais como banheiros, deverão ser previstos pelo menos um ponto de tomada próximo ao lavatório.

- 2) Em cozinhas, copas, áreas de serviço, lavanderias e análogos, pelo menos um ponto de tomada a cada 3,5 metros, ou fração do perímetro. Em bacadas com largura igual ou superior a 30 cm, pelo menos um ponto de tomada.
- 3) Subsolos, garagens, sótão e hall de escadarias ou varandas, pelo menos um ponto de tomada.
- 4) As outras dependências com área inferior a 6 m² pelo menos um ponto de tomada. Para área superior a 6 m² pelo um ponto de tomada a cada 5 metros, ou fração de perímetro, espaçados de forma uniforme.

Como explicado por Mamede [5], a demanda de potência dos equipamentos depende das características da carga e do tipo de equipamentos operante. Creder [1] defende que, para o levantamento no dimensionamento dos circuitos, deve-se considerar a potência nominal absorvida dos equipamentos, ou a partir da tensão, da corrente e do fator de potência.

2) *Fator de Demanda:* Cotrim [4] afirma que em uma instalação elétrica residencial a potência consumida é variável de acordo com o número de cargas ligadas, sendo mais conveniente, em um projeto elétrico, utilizar o valor médio da potência. Esse valor é chamado de Demanda. Assim, para evitar que certos componentes elétricos possuam valor de capacidade superior ao necessário, utiliza-se o Fator de Demanda F_d . Este fator é a relação entre a demanda máxima da instalação e a carga instalada no sistema, durante um período de tempo. Cotrim [4] define que o fator de demanda é a soma da potência de possíveis equipamentos que funcionam simultaneamente, alimentados pela mesma parte da instalação.

A Equação 1 é demonstrada abaixo:

$$F_d = \frac{D_{max}}{P_{inst}} \quad (1)$$

onde:

D_{max} : representa a demanda máxima da instalação em KW ou KVA;

P_{inst} : indica a potência da carga conectada em KW ou KVA;

Mamede [5] utiliza o fator de demanda para estimar o consumo dos componentes elétricos da instalação, conforme Tabela I.

E. Dimensionamento dos condutores elétricos

Mamede [5] afirma que a seção mínima dos condutores deve obedecer três critérios básicos: capacidade de condução de corrente, limites de queda de tensão e capacidade de condução da corrente de curto-circuito.

1) *Capacidade de Condução de Corrente:* A norma ABNT 5410 [6] descreve capacidade de condução de corrente como prescrições que garantem um expectativa de vida útil satisfatória a condutores e instalações, sob efeitos térmicos. Estes efeitos são produzidos pela circulação de correntes durante períodos prolongados em situação normal, além de proteção térmica para os componentes elétricos associados ao condutor.

¹Ex: Circuitos de alimentação para sistemas de vigilância.

Descrição	Fator de Demanda (%)
Auditório, salões para exposição e semelhantes	100
Bancos, lojas e semelhantes	100
Barbearias, salões de beleza e semelhantes	100
Clubes e semelhantes	100
Escolas e semelhantes	100 para os primeiros 12 KW e 50 para o que exceder
Escritório	100 para os primeiros 20 KW e 70 para o que exceder
Garagens comerciais e semelhantes	100
Hospitais e semelhantes	40 para os primeiros 50 KW e 20 para o que exceder
Hotéis e semelhantes	50 para os primeiros 20 KW; 40 para os seguintes 80 KW; 30 para o que exceder de 100 KW
Igrejas e semelhantes	100
Residências (apartamentos residenciais)	100 para os primeiros 10 KW; 35 para os seguintes 110 KW; 25 para o que exceder de 120 KW
Restaurante e semelhantes	100

Tabela I. FATOR DE DEMANDA PARA ILUMINAÇÃO E TOMADA
 FONTE: ADAPTADO DA NBR 5410 (2004) [6]

O critério de capacidade de condução de corrente, segundo Mamede [5], consiste em determinar o valor da corrente máxima que percorrerá o condutor, de acordo com o método de instalação. Os principais métodos de instalação são apresentados na Tabela II:

Referência	Descrição
A1	Condutores isolados em eletrodutos seção circular embutido em parede termicamente isolante
A2	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante
B1	Condutores isolados em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira
B2	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira
C	Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede de madeira
D	Cabo multipolar em eletroduto enterrado no solo
E	Cabo multipolar ao ar livre
F	Cabos unipolares justapostos (na horizontal, vertical ou em trifólio) ao ar livre
G	Cabos unipolares espaçados ao ar livre

Tabela II. MÉTODOS DE REFERÊNCIA
 FONTE: ADAPTADO DA NBR 5410 (2004) [6]

Os métodos de referência, citados na Tabela II, trata sobre as formas como são realizadas as instalações elétricas. Tais fatores alteram a forma como a corrente elétrica percorre o condutor, modificando os valores calculados.

2) *Queda de Tensão Admissível*: Para assegurar o funcionamento dos elementos elétricos, a norma NBR 5410 [6] estabelece a queda máxima de tensão admissível para redes

de distribuição pública de baixa tensão em 5%. As instalações energizadas por uma subestação própria de transformação, através de uma rede de alta tensão, tolera queda de tensão em torno de 7%. De acordo com Creder [1], o cálculo para a queda de tensão nominal percentual ($e\%$) segue abaixo na Equação 2:

$$e\% = \frac{Ve - Vc}{Ve} \times 100 \quad (2)$$

onde:

Ve : a tensão de entrada;

Vc : a tensão na carga;

O cálculo da seção transversal, de acordo com a queda percentual de tensão admissível, segue abaixo na Equação 3:

$$S = 2\rho \frac{1}{e(\%)V^2} \times (p_1l_1 + p_2l_2 + \dots) \quad (3)$$

onde:

S : a seção do condutor em mm^2 ;

p : a potência consumida em Watt;

ρ : a resistividade do cobre = $\frac{1}{58} \times \frac{ohms \times mm^2}{m}$;

l : o comprimento em metros;

$e\%$: a queda de tensão percentual;

V : a tensão, geralmente 127 ou 220 volts;

F. Dispositivos de proteção

Mesmo quando um circuito está bem dimensionado, pode ocorrer correntes de falta, ou curto-circuito, por diversos fatores, sendo necessário os dispositivos de proteção. Conforme declarado por Cotrim [4], na ocorrência de uma falta, inicia-se uma corrente de alto valor, que após um determinado período, decresce para um regime permanente.

Caso não haja um dispositivo de atuação, a corrente de falta mantém-se no regime permeante. Logo, os dispositivos de proteção garantem que o circuito será aberto, dentro das condições suportadas pelos condutores adotados.

1) *Proteção contra sobrecarga*: Cotrim [4] define disjuntor como dispositivo de manobra e proteção, com capacidade de conduzir e interromper a corrente elétrica em condições normais, ou anormais, como sobrecarga ou curto-circuito. De acordo com Creder [1], o dimensionamento dos dispositivos de proteção para sobrecarga devem atender o seguinte grupo de inequações:

$$\begin{cases} I_B \leq I_S & (4) \\ I_S \leq I_Z & (5) \\ I_2 \leq 1,45 & (6) \end{cases}$$

onde:

I_B : a corrente de projeto do circuito;

I_N : a corrente nominal do dispositivo de proteção;

I_Z : a capacidade de condução de corrente do condutor;

I_2 : a corrente convencional de atuação do dispositivo de proteção;

2) *Proteção contra curto circuito*: Mamede [5] define corrente de curto circuito como um corrente de alta intensidade, porém com duração de frações de segundos, geralmente correspondendo de 10 a 100 vezes o valor da corrente nominal.

Niskier [2] defende que um dispositivo de proteção contra curto-circuito deve interromper a corrente, antes que os efeitos térmicos e mecânicos possam ser potencialmente perigosos aos condutores e equipamentos. O autor também especifica que os componentes sejam salvaguardados contra as consequências das correntes de alta intensidade. Para isso, os dispositivos de proteção devem atuar antes de um período crítico, conhecido como tempo de interrupção.

O tempo máximo da corrente de curto-circuito suportado por um condutor, segundo Niskier [2], é definido na Equação 7:

$$t \leq \frac{k^2 \times S^2}{I^2} \quad (7)$$

onde:

t : a duração, em segundos, da corrente de curto-circuito;

S : a seção de condutor em mm^2 ;

I : o valor da corrente de curto-circuito, em Ampere (A);

k : constante definida pela NBR 5410²;

A duração da corrente de curto circuito irá determinar o tempo de atuação do dispositivo de proteção, para evitar possíveis danos aos elementos.

3) *Proteção contra choques elétricos*: Os choques elétricos são categorizados de duas formas: contato direto ou indireto. No primeiro caso ocorre quando o indivíduo toca em alguma parte viva da instalação elétrica, como o quadro de distribuição. O segundo caso é provocado através de uma massa em tensão, como um eletrodoméstico.

Para a proteção contra contato direto, Cotrim [4] cita alguns procedimentos, como isolamento das partes vivas e adoção dos dispositivos diferencial-residuais, como medidas fundamentais para evitar o incidente. O autor também menciona que para os contatos indiretos a proteção ocorre através dos elementos divididos em dois grupos: os que utilizam ou não os condutores de proteção.

III. TRABALHOS CORRELATOS

A. O DCE (Dimensionamento de Condutores Elétricos) 4.0

O DCE (Dimensionamento de Condutores Elétricos) 4.0 é uma software voltado para o dimensionamento de circuitos elétricos em baixa e média tensão [7]. A aplicação utiliza sete critérios para os cálculos dos elementos elétricos, sendo alguns deles sobrecarga, curto-circuito e contato direto. O

software também avalia as cargas de indução e realiza cálculos com circuitos trifásicos, além de delimitar os dispositivos de proteção. A tela com dados de entrada é apresentada abaixo, na Figura 5:

Figura 5. Dados de entrada do software DCE 4.0
Fonte: Print screen da aplicação no sistema operacional Windows 7

Na Figura 5, a aplicação solicita informações sobre a forma de instalação, o tipo de sistema, comprimento do cabo entre outros parâmetros. O DCE 4.0 também disponibiliza a inserção de valores de cargas estáticas, como lâmpadas e aparelhos, e dinâmicas, como motores de indução.

Os resultados dos cálculos são apresentados de duas formas: relatório de circuito, contendo informações sobre o ramal e seus elementos, e o relatório de projeto, onde são demonstrados os valores de corrente por circuito.

Os resultados do relatório de circuito são exibidos nas Figuras 6 e 7:

DIMENSIONAMENTO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS 4.0		Página: 1
		20/09/2018
Projeto : Projeto_DCE_BAIXA_sem_nome		
Circuito : Circuito-ADS		
Dados de entrada		
Maneira de instalar:		Eletroduto aparente de seção circular
Sistema:		Monofásico (2F+N)
Cabo:		Cabo SUPERASTIC 450/750V
Número de condutores por fase :		Automático
Seção nominal do condutor :		Automática
Seção mínima de cada condutor:		2,5 mm ²
Temperatura ambiente:		30 °C
Conteúdo de harmônicas:		0 %
Dispositivo de proteção :		Conf. NBR 5410/2004 - 220V
Fator de correção do disjuntor :		1,00
Comprimento do circuito		40,0 m
Queda de tensão máxima admitida :		5,00 %

Figura 6. Parâmetros de entrada do DCE 4.0
Fonte: Print screen da aplicação no sistema operacional Windows 7

Como demonstrado nas Figuras 6 e 7, o DCE 4.0 gera um relatório contendo as informações de entrada do dimensionamento e os valores de saída, de acordo com o circuito selecionado. As informações envolvem as características físicas e elétricas do condutor, como seção, capacidade de corrente e queda de tensão.

B. BCENGE — Cálculo de Condutores Elétricos

A aplicação *mobile* BCENGE especifica as características dos circuitos, baseado na norma NBR 5410, através dos crité-

²O valor varia de acordo como o condutor e o tipo de isolamento utilizado

Valores calculados	
Seção nominal dos condutores :	1 x 2,5 mm ²
Critério de dimensionamento:	Seção mínima
Capacidade de condução de corrente :	1 x 21,0 A
Fator de correção de agrupamento :	1,00
Fator de correção de temperatura :	1,00
Resistência em CA de cada condutor :	8,8661 ohm/km
Resistência indutiva de cada condutor :	0,1459 ohm/km
Queda de tensão efetiva :	2,26 %
Corrente nominal do dispositivo de proteção :	1 x 10 A
Verificar capacidade de interrupção (ruptura)	

Os resultados apresentados foram baseados nas características dos produtos fabricados pela Prysmian

Figura 7. Valores calculados pelo DCE 4.0
Fonte: Print screen da aplicação no sistema operacional Windows 7

rios de condução de corrente e queda de tensão. A apuração dos elementos é orientada pela forma de instalação, tipo de isolamento e condutores carregados [8]. Os parâmetros de entrada da solução são expostos na Figura 8:



Figura 8. Valores de entrada do BCENGE
Fonte: Print screen da aplicação no emulador mobile AVD

Os dados de entrada do software BCENGE incluem potência da instalação, tensão, comprimento do circuito, número de fases e limite de queda de tensão. Informações sobre o tipo de instalação e isolante também são apuradas. Os cálculos dos condutores são apresentados na Figura 9. Como resultado, a solução apresenta algumas propriedades do circuito: corrente, tensão, seção dos condutores de fase, neutro, aterramento e eletroduto.

C. RCM Cabos Elétricos

O RCM Cabos Elétricos permite mensurar os componentes elétricos das instalações voltado ao trabalho profissional [9]. A aplicação solicita ao usuário um tipo de categoria para a realização dos cálculos. As opções de categorias para o dimensionamento incluem: iluminação e tomadas, motores, cabos, eletrodutos e qualidade de fios, no qual mensura-se a seção transversal do condutor. Como parâmetros, o RCM Cabos Elétricos requer a corrente de circuito do condutor, o tipo de cabo adotado, o sistema de aterramento e a forma de instalação.

Uma das opções de categorização disponíveis, e os resultados dos dados computados, seguem nas Figuras 10 e 11.



Figura 9. Valores de saída do BCENGE
Fonte: Print screen da aplicação no emulador mobile AVD



Figura 10. Dimensionamento de condutores do RCM
Fonte: Print screen da aplicação no emulador mobile AVD

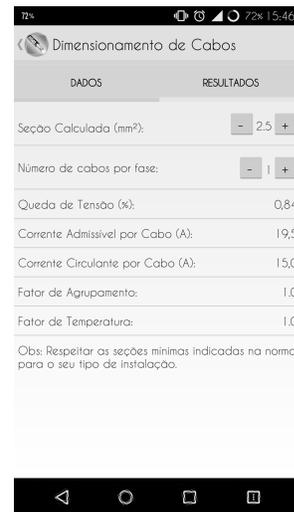


Figura 11. Resultados da aplicação RCM
Fonte: Print screen da aplicação no emulador mobile AVD

Como resultado, a solução apresenta os valores relativos a categoria selecionada, abrangendo a potência, tomadas de uso geral, corrente, potência e seção transversal dos condutores. O RCM cabos elétricos também apresenta algumas observações, informando os critérios atendidos nas instalações.

D. Be-a-bá da Elétrica

O Be-a-bá da Elétrica é uma solução com diversos temas voltados para componentes elétricos. Dentre estes estão: motores elétricos com os tipos de partidas, inversores de frequência, correção de fator de potência entre outros.

Em relação aos quesitos de especificação, o Be-a-bá da Elétrica possui uma sessão que realiza cálculos voltados ao dimensionamento de diversos componentes elétricos, como barramentos, cabos e motores. Referente aos condutores elétricos, a solução permite que o usuário adicione dados da instalação, conforme apresentado na Figura 12:

Figura 12. Formulário de dados Be-a-Bá da Elétrica
Fonte: Print screen da aplicação no emulador *mobile* AVD

Após a inserção dos dados, o sistema exibe diversos resultados referentes aos circuitos. Com base nos valores de corrente, distância do condutor e a seção transversal, são exibidas informações sobre a instalação. A solução supõe, para diferentes situações, os valores de corrente máxima, queda de tensão e distância. Os resultados computados são exibidos na Figura 13.

IV. LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

De acordo com Filho [10], requisitos são atribuições que definem as métricas para aceitação de uma solução. Sommerville [11] define os requisitos como descrições que delimitam os conjuntos de serviços e restrições de um produto. Logo, a engenharia de requisitos é a metodologia para identificar, analisar e ratificar estes requisitos.

Sommerville [11] também divide os requisitos entre requisitos de usuário e de sistemas. Requisitos de usuário são enunciações, em linguagem natural, dos serviços, e restrições, que o sistema deve oferecer ao usuário. Já os requisitos de sistemas define as restrições operacionais do sistema. Essas limitações incluem funções e serviços que devem ser executadas.

Figura 13. Dimensionamento Be-a-Bá da Elétrica
Fonte: Print screen da aplicação no emulador *mobile* AVD

A. Requisitos funcionais

De acordo com Sommerville [11], requisitos funcionais são enunciações que delimitam como o sistema deve reagir, a partir de determinadas entradas, ou também o que não pode ser realizado. Caso sejam declarados como requisitos de usuário, o detalhamento das funcionalidades são genéricos, de forma que seja compreensíveis para o usuário.

A solução proposta contém uma série de requisitos funcionais, que auxiliam na elaboração dos circuitos a serem dimensionados. A lista de requisitos funcionais, descritos como requisitos de usuários, são apresentados abaixo na Tabela III:

ID	Requisito funcional	Ator
RF1	A solução deve permitir a criação, edição e remoção de projetos elétricos	Usuário
RF2	A solução deve permitir a criação, edição e remoção de circuitos elétricos	Usuário
RF3	A solução deve permitir a criação, edição e remoção de elementos elétricos	Usuário
RF4	A solução deve permitir dimensionar projetos elétricos completos ou circuitos específicos	Usuário
RF5	A solução deve dimensionar circuitos elétricos monofásicos	Usuário
RF6	A solução deve dimensionar condutores pelo critério da queda de tensão	Usuário
RF7	A solução deve dimensionar condutores pelo critério da ampacidade	Usuário
RF8	A solução deve dimensionar condutores pelo critério da seção mínima	Usuário
RF9	A solução deve exibir o dimensionamento de todos os critérios calculados	Usuário

Tabela III. REQUISITOS FUNCIONAIS DA SOLUÇÃO
FONTE: AUTORIA PRÓPRIA

B. Requisitos não funcionais

Segundo Sommerville [11], requisitos não-funcionais estão voltados para serviços específicos do sistema. Estas propriedades incluem confidencialidade, tempo de resposta ou proteção.

Geralmente os requisitos não-funcionais são gerados a partir das necessidades dos usuário, sejam em questão usabilidade, políticas ou privacidade.

Os requisitos não-funcionais definidos para a solução proposta são voltados para as características de usabilidade e persistência do software. Essas definições foram escolhidas pela facilidade de implantação e modificação. A lista dos requisitos não-funcionais, utilizadas para a elaboração, são manifestadas na Tabela IV:

ID	Requisito não-funcional	Categoria
RNF1	A solução deve ser executada por um <i>smartphone Android</i>	Usabilidade
RNF2	Circuitos de um determinado projeto não pode ser exibido/alterado em outro projeto	Confiabilidade
RNF3	A solução será desenvolvida utilizando a biblioteca <i>React Native</i> e banco de dados <i>SQLite3</i>	Software
RNF4	A solução deverá implementar as bibliotecas de estilização <i>React Native Elements</i> e <i>Native Base</i>	Padronização
RNF5	A solução deve ser facilmente implementável em outras plataformas	Software

Tabela IV. REQUISITOS NÃO-FUNCIONAIS DA SOLUÇÃO
 FONTE: AUTORIA PRÓPRIA

Com base nos requisitos funcionais e não funcionais da solução, foi definida a arquitetura da aplicação. O detalhamento da arquitetura é discorrido na Seção V.

V. ARQUITETURA

A arquitetura de software pode ser definida como “um modelo de alto nível que possibilita um entendimento e uma análise mais fácil do software a ser desenvolvido” [12, p. 28]. Spinola [12] também defende que, para a construção da arquitetura do software, os requisitos devem ser seguidos, embora outras fontes de informações também possam ser utilizadas. A arquitetura de software é composta basicamente por três elementos:

- **Componentes:** Abstrações ou entidades que representam uma implementação específica.
- **Conectores:** Representam a forma de interação entre os componentes da arquitetura.
- **Organização:** Refere-se a configuração arquitetural entre os componentes e os conectores.

Estilo arquitetural é uma forma de “caracterizar a arquitetura de software de um sistema” [13]. Diferentemente de um padrão arquitetural, que define uma solução geral para um sistema, o estilo arquitetural permite identificação dos componentes, conectores e organização de um sistema específico.

Para o desenvolvimento da solução, que facilita a especificação dos condutores elétricos, foi adotado o padrão arquitetural *Model-View-Controller* (MVC). Segundo Buschman [14], o problema arquitetural solucionado pelo MVC é realizar alterações na interface de usuário, sem alterar as funcionalidades da aplicação. Como definido no requisito não-funcional RNF5, citado na Tabela IV, a solução deve ser

facilmente implementável em outras plataformas, sendo este o principal motivo da adoção do padrão.

Conforme explicado por Buschman [14], as restrições do padrão MVC envolve separar a entrada, processamento e saída de um sistema, propondo um mecanismo de propagação de alteração entre essas partes. A abstração do padrão é apresentada abaixo na Figura 14:

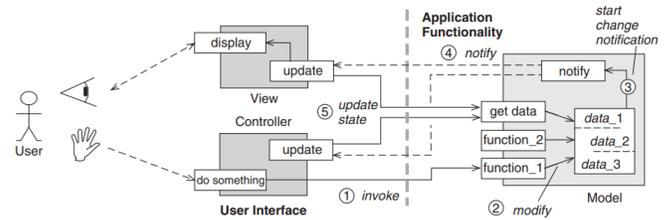


Figura 14. Padrão arquitetural MVC de Buschman
 Fonte: Buschman (2007) [14]

Buschman [14] defende que as funcionalidades centrais da aplicação devem ser encapsuladas no componente *Model*. Para cada aspecto do *Model*, deve haver uma ou mais *Views*, de forma a representar graficamente cada aspecto do componente. Cada *View* deve ser associada a um ou mais *Controllers*, responsável por receber os dados do usuário e enviar requisições para o *Model* e o *View* associado. Com base no padrão MVC, foi realizado a modelagem arquitetural do PRE-Condutores. A configuração arquitetural é apresentada abaixo, na Figura 15:

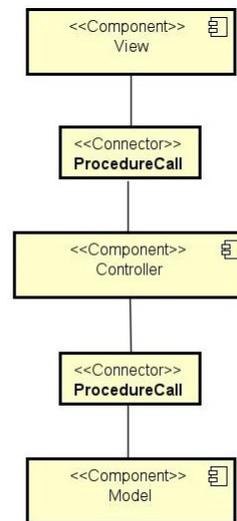


Figura 15. Modelagem arquitetural da solução
 Fonte: Autoria própria

Conforme pode ser visto na Figura 15, a arquitetura possui três componentes, conforme citado sobre o padrão MVC. A descrição de cada componente é listada abaixo.

- **Model:** Inclui as abstrações de projetos elétricos, circuitos elétricos e os elementos elétricos associados. Também implementa as regras de negócio para cálculos necessários para o dimensionamento, e as funções de persistência.

- **View:** Contém os formulários e os detalhes das entidades contidas no *Model*.
- **Controller:** Gerencia a comunicação entre os componentes *Model* e *View*. Contém regras de negócios para delimitar a seção dos condutores dos projetos e circuitos.

VI. MODELAGEM DO SISTEMA

A modelagem do sistema pode ser definida como “o processo de desenvolvimento de modelos abstratos de um sistema, em que cada modelo apresenta uma visão ou perspectiva, diferente do sistema” [11, p. 82]. De uma forma geral, esta modelagem é realizada através de alguma notação gráfica, como *Unified Modeling Language* (UML). Esta abstração contém informações gerais sobre as entidades sendo analisadas. Pressman [15] define basicamente quatro aspectos para a modelagem do sistema.

- **Modelos baseados em cenários:** Cenário que representa como os usuários interagem com o sistema e as seqüências de atividades associadas a estas interações.
- **Modelos de classes:** Contém a modelação dos objetos do sistema. Define as operações e os relacionamentos.
- **Modelos comportamentais:** Demonstra como ações externas alteram os estados do sistema ou das classes contidas no mesmo.
- **Modelos de fluxos:** Representam as mudanças de informações, ou seja, como os objetos de dados se transformam durante o fluxo entre as funções do sistema.

Buschman [14] também explica que, tanto o modelo, quanto os diagramas selecionados para a modelagem, variam conforme o projeto. Desta forma, são selecionados os elementos que mais agregam valor ao modelo. Para modelagem do PRE-Condutores, foi adotado a representação através do modelo de classe.

A. Modelo de classes

Como explicado na Seção VI, os modelos de classe, ou como definido por Sommerville [11] modelos estruturais, contém a organização dos componentes e seus relacionamentos. Sommerville [11] subdivide o modelo estrutural entre estático e dinâmico. Modelos estruturais estáticos contém a estrutura do sistema. Modelos estruturais dinâmicos apresentam a organização do sistema durante sua execução. Dentre as representações estruturais estáticas, o diagrama de classes é um dos modelos mais adotados. Foi realizada a modelagem do sistema através da simbolização em diagramas de classes. As principais entidades representadas foram respaldadas na modelagem arquitetural exposta na Figura 15.

1) *Diagrama de Classes da View:* As entidades relacionadas a *View* estão vinculadas ao *Model* do PRE-Condutores. O *View* fornece dois aspectos para cada entidade presente no *Model*: Formulários e detalhes. A modelagem das entidades do *View* são apresentadas na Figura 16.

Devido a semelhança entre as telas, foram encapsulados as principais funções para a construção dos formulários em

uma classe abstrata *AbstractForm*. Desta forma, foi possível padronizar os formatos dos campos de entradas de dados. As entidades do componente *View* também são responsáveis pela validação dos dados inseridos pelo usuário. As principais restrições de entrada são:

- Não permitir a inserção de campos em branco, para os cálculos das grandezas elétricas.
- Adicionar valores padrões para campos descritivos, caso os mesmos não sejam informados pelo usuário.
- Para campos inerentes a potência elétrica, somente são permitidos valores numéricos, com tamanho máximo de quatro dígitos. Este valor foi estabelecido considerando que, na tabela de demanda dos equipamentos da concessionária, os mesmos possuem potência menor que 10.000 watts.
- Os campos específicos para distância do ponto são restringidos a algarismos numerais com dois dígitos. Esta limitação evita adicionar circuitos elétricos muito extensos, onde são recomendadas novas divisões.

2) *Diagrama de Classes Model:* Este camada é responsável pela implementação lógica da solução, independente da interface gráfica. Este componente do padrão arquitetural MVC foi dividido em três classes, que representam os principais elementos na elaboração de um projeto elétrico. A modelagem estática relacionada a este componente são apresentadas na Figura 17, constituído pelos seguintes classes:

- **ProjectModel:** Contém as informações sobre o nome, descrição e tensão do projeto, além de encapsular os circuitos elétricos. Os parâmetros, definidos nesta classe, serão utilizados como referência para todos os circuitos e elementos elétricos associados.
- **CircuitoModel:** Contém as principais grandezas elétricas para o dimensionamento dos circuitos. Esta classe contém os parâmetros para delimitar os tipos de circuitos, com base na isolamento, agrupamento, tensão, seção mínima entre outros valores. Também possui a responsabilidade de realizar os cálculos dos critérios de queda de tensão.
- **ElectricalElementModel:** Classe utilizada para armazenar as informações de cada ponto elétrico do circuito. Este objeto genérico representa tanto os pontos de iluminação, quanto de tomada no circuito. Entre os dados mais relevantes estão: potência, tensão, corrente, altura e distância referente ao quadro.

3) *Diagrama de Classes Controller:* A classe *ProjectSession* possui como principal função a comunicação entre os outros componentes pertencentes ao padrão MVC. Também implementa os cálculos referentes ao dimensionamento. Esta classe é representada na Figura 18.

Os cálculos implementados são relacionados ao critério de ampacidade, realizados com base nas corrente de projeto e corrigida de cada circuito. Também é responsável por selecionar a especificação que melhor atende os critérios analisados.

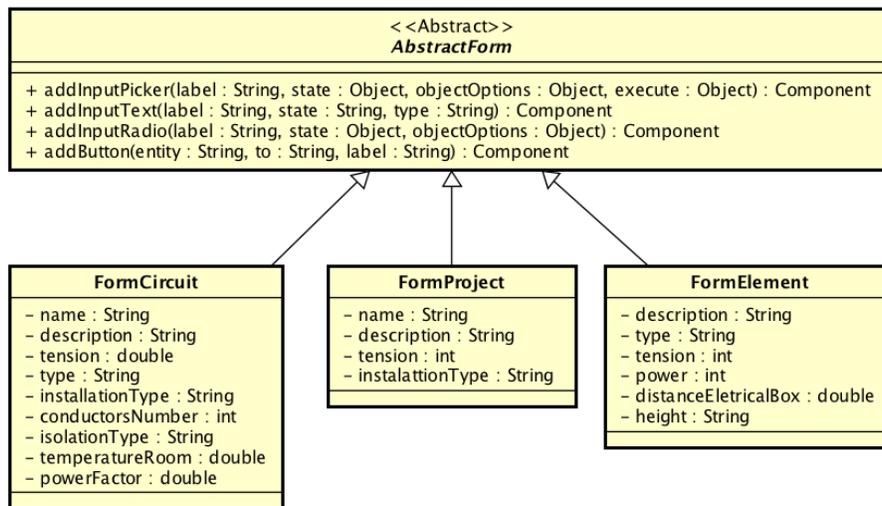


Figura 16. Diagrama de classes do componente arquitetural *View*
 Fonte: Autoria própria

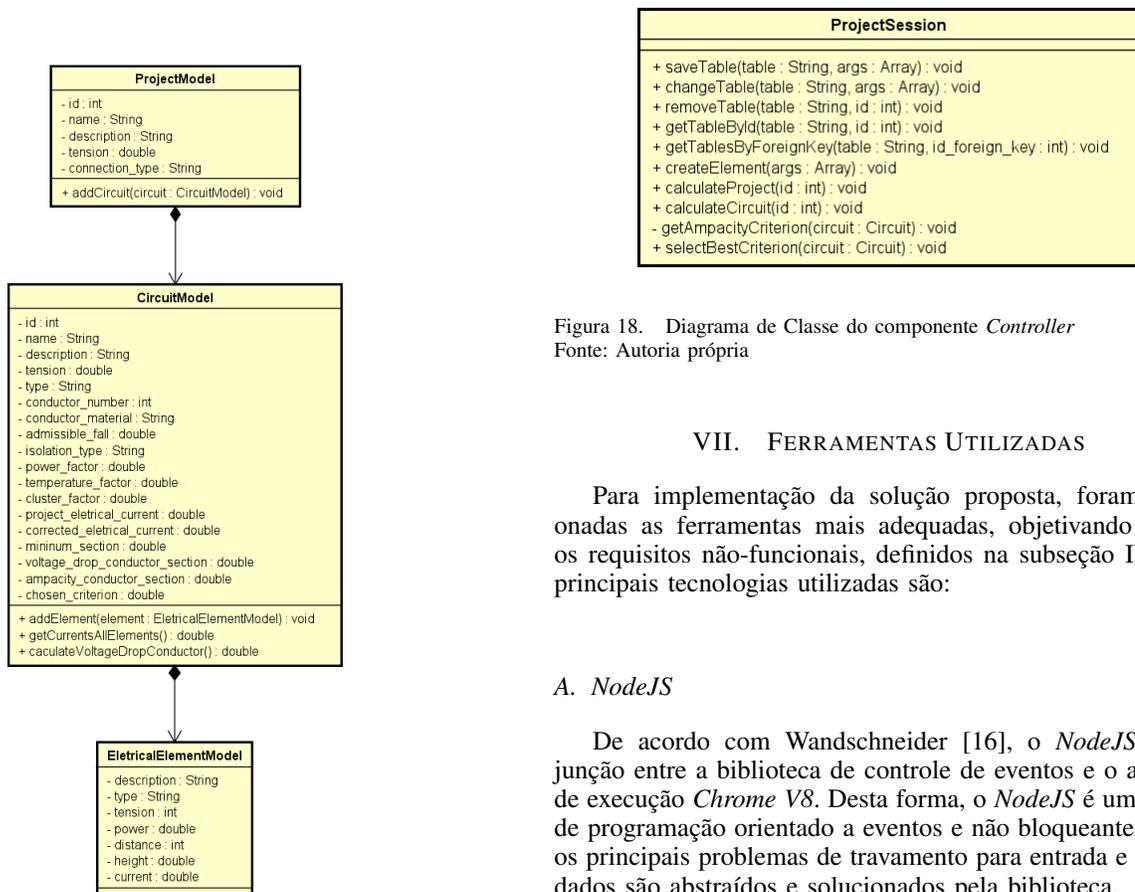


Figura 17. Diagrama de Classe do componente *Model*
 Fonte: Autoria própria

Figura 18. Diagrama de Classe do componente *Controller*
 Fonte: Autoria própria

VII. FERRAMENTAS UTILIZADAS

Para implementação da solução proposta, foram selecionadas as ferramentas mais adequadas, objetivando atender os requisitos não-funcionais, definidos na subseção IV-B. As principais tecnologias utilizadas são:

A. NodeJS

De acordo com Wandschneider [16], o *NodeJS* é uma junção entre a biblioteca de controle de eventos e o ambiente de execução *Chrome V8*. Desta forma, o *NodeJS* é um modelo de programação orientado a eventos e não bloqueante. Assim, os principais problemas de travamento para entrada e saída de dados são abstraídos e solucionados pela biblioteca.

O *NodeJS* é executado em um único processo, contendo uma única *thread*. Logo, para aplicações que necessitam de grande poder de processamento, é mais recomendado a operação em conjunto com plataformas mais eficientes.

B. React Native

Segundo Eisenman[17], o *React Native* pode ser definido como um *framework JavaScript*, baseado no *React*, que possibilita renderizar aplicações *mobile* nativamente. Para isso, o *framework* se comunica diretamente com as APIs das plataformas, utilizando componentes nativos das mesmas.

A principal vantagem em utilizar diretamente as APIs de cada plataformas é o desempenho obtido pelas aplicações. Esta melhoria deve-se, também, ao fato dos componentes gráficos serem renderizados somente nas alterações de seus estados.

C. SQLite

Glauber [18] cita o *SQLite* como um banco de dados transacional, que dispensa servidores ou configurações. Este banco de dados é incluído por padrão em sistemas *mobile* como o *Android* e o *IOS*.

Em relação ao desempenho, também possui a vantagem de acessar os dados diretamente dos arquivos, sem necessidade de comunicação via protocolo *TCP/IP*. Outra característica positiva é em relação ao espaço utilizado, que varia entre 250KB e 400KB. Apesar disso, possui todas as principais características dos bancos relacionais mais robustos, como controle de transações e acessos por múltiplas *threads*.

D. Android Virtual Device (AVD)

Conforme explicado por Glauber [18], o *AVD* é um emulador de sistemas *Android*, utilizado para testar as aplicações *mobile*. Este emulador faz parte, por padrão, da biblioteca *SDK*, sendo escolhido pela facilidade em selecionar e alterar as APIs do *Android*, facilitando o teste de novas funcionalidades.

As imagens do sistema *Android*, utilizados pelo *AVD*, possui o *Android Kernel Linux*, bibliotecas padrões da plataforma, além de pacotes e *frameworks* nativos. Desta forma, é possível avaliar quais componentes visuais são compatíveis com determinada API, e identificar possíveis inconsistências com as versões.

VIII. PRE-CONDUTORES

Com base nos requisitos funcionais, não-funcionais, e na arquitetura, foi desenvolvido as principais funcionalidades do *PRE-Condutores*. O aplicativo *mobile*, desenvolvido para sistemas *Android*, e adaptável para sistemas *IOS*, possui uma interface gráfica simples, porém oferece toda a usabilidade necessária para sua utilização. Ao inicializar o aplicativo, é apresentado ao usuário uma tela que permite listar e inserir projetos. A tela inicial é apresentada na Figura 19:

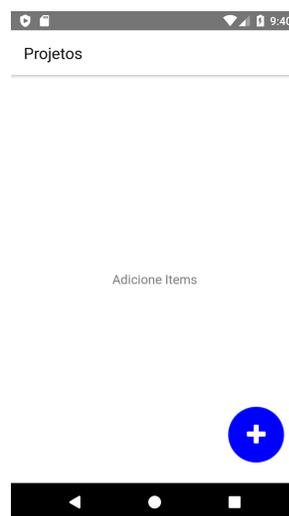


Figura 19. Tela inicial do PRE-Condutores
Fonte: Autoria própria

A tela contém a lista de projetos existentes e um botão que permite adicionar novos projetos. Ao ser pressionado, um formulário é exibido ao usuário, onde são solicitadas as informações básicas referentes ao projeto criado. Esta tela é apresentada abaixo, na Figura 20:



Figura 20. Tela para adicionar projetos elétricos
Fonte: Autoria própria

Como demonstrado na Figura 20, são solicitados alguns informações básicas sobre o projeto, sendo estas:

- **Nome do Projeto:** Nome dado ao projeto criado.
- **Descrição:** Informação mais detalhada sobre o projeto.
- **Tensão do Circuito Alimentador:** Tensão a ser utilizada em todos os circuitos vinculados ao projeto.
- **Tipo de ligação:** Número de fases presentes na instalação elétrica.

As concessionárias de distribuição de energia elétrica e a norma regulamentadora *NBR 5410*, estabelece alguns critérios

e restrições para instalações elétricas residenciais. Com base nessas restrições, o PRE-Condutores permite adicionar projetos elétricos com tensões de 127V e 220V.

Quando adicionado um novo projeto elétrico, o mesmo é exibido na tela. Cada item adicionado possui um menu vinculado, com funcionalidades para editar, remover e realizar o dimensionamento do projeto elétrico. A listagem de projetos é apresentada na Figura 21:

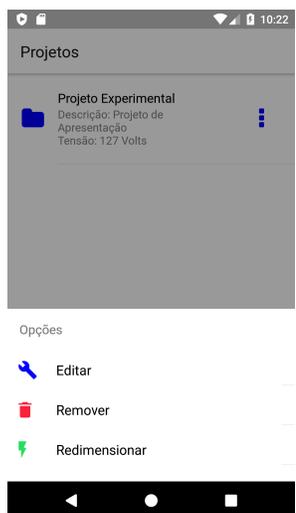


Figura 21. Projeto adicionado com menu de funcionalidades
Fonte: Autoria própria

Conforme apresentado na Figura 21, é exibido um menu em suspensão na borda inferior. O mesmo é acionado ao pressionar o ícone de opções.

De forma semelhante a tela inicial apresentada na Figura 19, a listagem de circuitos disponibiliza opção para adicionar novos itens. Porém quando é adicionado um novo circuito, é exibido um formulário com informações relativas ao mesmo. Esta tela segue exposta na Figura 22:

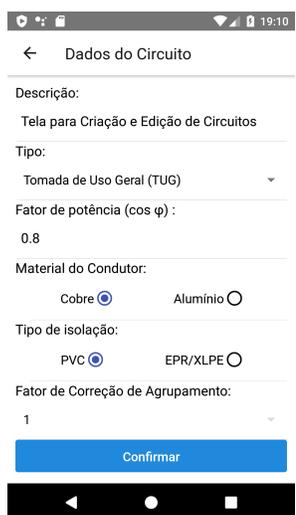


Figura 22. Formulário para inclusão e alteração de circuitos
Fonte: Autoria própria

Esta tela contém quatro campos editáveis e dois informa-

cionais. Para o campo referente ao fator de potência, o valor é predeterminado pelo tipo de circuito selecionado. O campo relativo ao fator de correção de agrupamento possui como valor padrão 1. O detalhes dos campos são descritos abaixo:

- **Descrição:** Detalhes sobre o circuito adicionado.
- **Tipo:** Especifica o tipo de circuito. Podem assumir os seguintes valores:
 - **Tomada de Uso Geral (TUG):** São tomadas que possuem carga com valores de 100VA ou 600VA, sem utilização específica. Define o fator de potência em 0,8.
 - **Iluminação:** Pontos de iluminação, que geralmente são classificadas em potências de 60VA ou 100VA. Também define o fator de potência em 0,8.
 - **Chuveiro:** Tomada de uso específico, que possui fator de potência igual a 1, por ser uma carga puramente resistiva.
 - **Ar-Condicionado:** Tomada de uso específico, que determina o fator de potência em 0,86.
- **Fator de Potência:** Campo informativo que varia conforme o tipo de circuito selecionado pelo usuário.
- **Material do Condutor:** Material ao qual é constituído o condutor elétrico. Utilizado para determinar a capacidade de condução de corrente, que varia conforme a seção e a condutividade.
- **Tipo de Isolação:** Material utilizado na composição da isolação do condutor. Define a temperatura máxima que o condutor pode suportar em regime nominal.
- **Fator de Agrupamento:** Valor baseado em tabela definida pela NBR 5410. Determina o número de circuitos agrupamentos em um mesmo eletroduto.

O PRE-Condutores permite realizar a inclusão, alteração e remoção dos circuitos. Algumas dessas grandezas possuem valores predefinidos. A listagem com os circuitos de um projeto é apresentada na Figura 23:



Figura 23. Circuitos de um projeto elétrico
Fonte: Autoria própria

Conforme apresentado na Figura 23, a tela pormenoriza os circuitos que constituem um determinado projeto. Cada circuito exibe, além das opções selecionadas pelo usuário, dados pré-definidos, que categorizam o tipo de instalação elétrica ao qual o circuito está sendo dimensionado. Os valores predefinidos da solução são:

- **Tipo de Instalação:** Referente ao método de instalação dos circuitos dimensionados.
- **Queda de tensão admissível:** Por se referir ao dimensionamento de circuitos ramais, a queda de tensão admissível adotada é de 2%.

Definidas as especificações, podem ser adicionadas as cargas vinculadas ao circuito elétrico. Essas definições determinam a potência total, corrente e outras grandezas elétricas. A incorporação de pontos elétricos também é realizada a partir de um formulário, conforme apresentado na Figura 24(a):

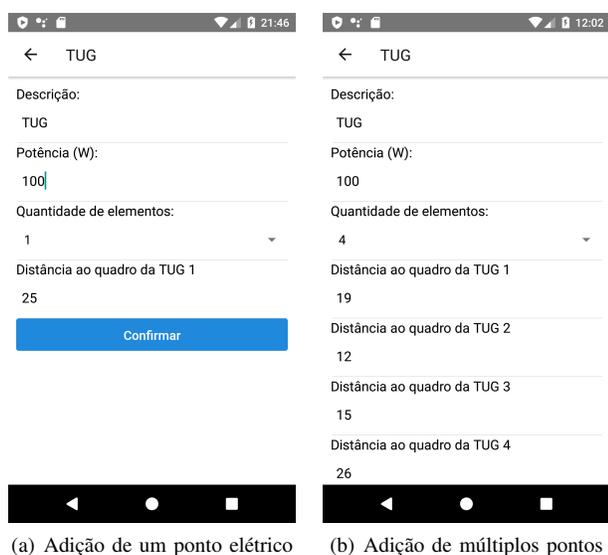


Figura 24. Telas com adição de um ou múltiplos pontos elétricos
Fonte: Autoria própria

O formulário contém quatro campos de entrada de dados, que podem ser referentes a tomadas de uso geral (TUG), tomadas de uso específico (TUE) ou pontos de iluminação. O tipo de carga que está sendo adicionada é baseada conforme os parâmetros estabelecido no circuito, ao qual o ponto de está incluso. O detalhamento das funcionalidades de entradas são singularizadas abaixo:

- **Descrição:** Campo informativo, auto-preenchido, conforme o tipo de circuito ao qual o ponto elétrico faz parte. Podem assumir os valores: TUG, TUE ou Iluminação.
- **Potência:** Quantidade de energia elétrica demandada do ponto de carga, referente a potência ativa.
- **Quantidade de Elementos:** Número de pontos de carga as serem adicionadas.
- **Distância ao quadro:** Distância quadro de cada ponto de carga adicionado.

Para facilitar o processo de dimensionamento, foi adicionado um campo dinâmico para acrescentamento de pontos elétricos. Conforme apresentado na Figura 24(b), o campo referente a quantidade de elementos permite inserir vários pontos de carga de mesma potência no circuito. Também são inseridos dinamicamente campos referentes a distancia de cada ponto. Este valor é utilizado para calcular a seção do condutor necessária para evitar que haja queda de tensão nos equipamentos.

Os pontos elétricos também são exibidos ao usuário de forma análoga ao circuitos, com informações das características elétricas dos mesmos. O formulário também contém funcionalidades para edição e remoção, apresentadas na Figura 19. As funcionalidades descritas são apresentadas abaixo nas Figuras 25(a) e 25(b):



Figura 25. Telas com os elementos elétricos de um circuito
Fonte: Autoria própria

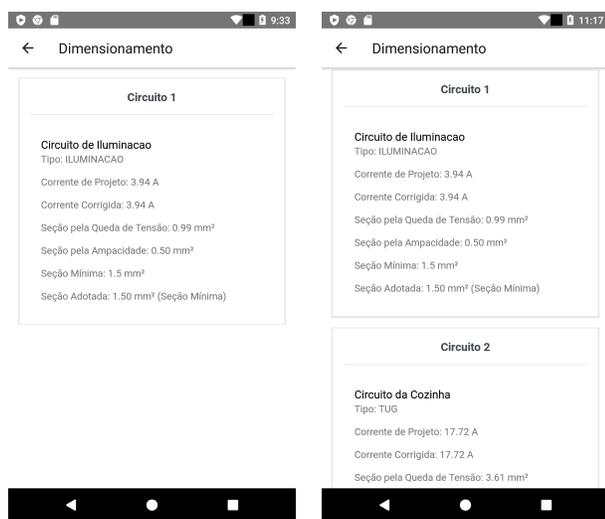
Conforme apresentado nas Figuras 25(a) e 25(b), os ícones, que simbolizam os elementos elétricos, são baseados nos circuitos. Além do aspecto visual, esta informação garante o cálculo do critério da seção mínima, que varia consoante o tipo do circuito. As funcionalidades desta tela possuem uma pequena diferença, em comparação com a apresentada na Figura 21. A listagem de elementos não apresenta a opção para dimensionamento, pois os elementos elétricos são os objetos de menor granularidade na solução. Esta funcionalidade está apontada na Figura 26.

Análogo as outras telas apresentadas, também estão disponíveis funcionalidades para editar ou remover elementos. Apesar da possibilidade de adicionar vários elementos elétricos de mesma potência, a inclusão dos mesmos é realizada de forma individualizada. Após o levantamento de todos os dados necessários, é possível realizar o dimensionamento dos circuitos elétricos. Esta etapa pode ser realizada tanto no projeto elétrico como todo, como em um circuito específico. A funcionalidade fornece ao usuário informações sobre o dimensionamento. A tela com os resultados computados dos circuitos são retratados nas Figuras 27(a) e 27(b).

Conforme apresentado nas Figuras 27(a) e 27(b), respecti-



Figura 26. Pontos de carga de um circuito elétrico
Fonte: Autoria própria



(a) Dimensionamento do circuito (b) Dimensionamento do projeto

Figura 27. Telas com os resultados calculados pelo PRE-Condutores
Fonte: Autoria própria

vamente, a funcionalidade disponibiliza informações sobre as variáveis elétricas relacionadas aos circuitos computados. As principais dados disponibilizados pela solução são:

- **Corrente de Projeto:** Quociente do somatório das potências das cargas com a tensão elétrica do circuito.
- **Corrente Corrigida:** Valor da corrente de projeto após aplicar os fatores de correção de agrupamento e temperatura.
- **Seção pela queda de tensão:** Especificação da bitola do condutor fase, que garante a tensão nominal na carga.
- **Seção pelo critério da ampacidade:** Seção para assegurar o uso nominal e prolongar a vida útil do condutor fase.
- **Critério escolhido:** Seção do condutor que atende

os critérios de ampacidade, queda de tensão e seção mínima.

Com base nessas informações, pode-se dimensionar a seção transversal dos condutores nos circuitos elétricos, conforme as especificações da NBR 5410 [6]. Doravante, o projetista pode facilmente calcular o condutor neutro e terra. Além disso, os dados referentes as correntes de projeto e corrigida oferecem as informações essenciais que podem facilitar os cálculos de outros elementos elétricos. Entre estes pode-se destacar:

- Disjuntor termo-magnético: Utiliza a corrente de projeto como uma das variáveis para o dimensionamento.
- Dispositivo Diferencial Residual: Utiliza a corrente de projeto para determinar a corrente nominal do dispositivo.

Apesar da solução ser voltada para o dimensionamento dos circuitos ramais, o cálculo do circuito alimentador pode ser facilmente realizado. Isto ocorre porque a corrente deste circuito é o somatório das correntes dos ramais interligados ao circuito alimentador, sendo este valor já fornecido pelo PRE-Condutores.

IX. COMPARAÇÃO COM OS TRABALHOS CORRELATOS

O PRE-Condutores foi elaborado, também, visando suprir os déficits identificados nos trabalhos correlatos em relação a projetos elétricos residenciais. Essas observações auxiliaram para implementar uma solução que atendesse a este objetivo mais específico.

A. O DCE (Dimensionamento de Condutores Elétricos) 4.0

Dentre as soluções apresentadas na Seção III, o DCE apresenta a mais vasta gama de possibilidades na elaboração de circuitos. Por ser voltado para diferentes tipos de projetos elétricos, apresenta funcionalidade singulares. Algumas destas características são definição de campo harmônico e os tipos de sistemas elétricos.

Porém, no que se refere a projetos elétricos residenciais, algumas opções obrigatórias para outros sistemas, como definição do fusível e número de circuitos, mesmo para um único circuito, tornam imprecisos os resultados obtidos. Outro problema encontrado foi em relação a pré-definição da capacidade dos condutores, sendo o dimensionamento já limitado por este elemento, e não somente pelas cargas em si.

Outra entrave significativo na solução deve-se ao fato das cargas adicionadas terem a potência máxima restringida em 9 watts. Por causa das características dos equipamentos elétricos, as potências podem alcançar valores maiores que 5000 watts, como chuveiros elétricos.

A principal vantagem do PRE-Condutores, em relação ao DCE, é o fato do dimensionamento indicar a seção recomendada do condutor com base na carga. Devido a restrição da solução desenvolvida a projetos residenciais, a adição de cargas elétricas torna-se mais simples, assim como os resultados propostos.

Outra característica positiva da solução desenvolvida é em relação ao fator de potência. Por ser voltado a projetos residenciais monofásicos, os circuitos já possuem esses valores

pré-estabelecidos, dispensando consultas. Em relação as cargas alocadas, a solução desenvolvida permite adicionar elementos elétricos com potência superior a 9000W, o que atende a maioria dos equipamentos residenciais.

B. BCENGE — Cálculo de Condutores Elétricos

A solução apresenta uma interface de fácil usabilidade, permitindo aos usuários um cálculo rápido para dimensionamento de condutores. O *software* disponibiliza opções para selecionar o tipo de instalação, isolamento e condutores entre as fases. Para realizar a computação, o usuário também necessita inserir a potência aparente do circuito calculado.

Uma funcionalidade importante para realizar o dimensionamento é o fator de potência. Devido as naturezas dos equipamentos instalados no circuito serem variantes, podendo ser resistivo, indutivo ou reativo, as correntes, e, consequentemente, a potência dos mesmos variam.

Por não considerar o fator de potência nos cálculos, os dados no BCENGE são menos precisos em relação aos circuitos reais. Para considerar as variações fator de potência, o usuário deve inserir a potência aparente do circuito, através cálculo extrínseco a ferramenta.

No PRE-Condutores, os valores do fator de potência são automaticamente considerados nos cálculos, com base no tipo de circuito inserido no projeto. A solução já possui os fatores de potência dos principais tipos de circuitos residências, como tomadas de uso geral e específicos.

O BCENGE somente permite calcular um único circuito. Para uma quantidade maior, os resultados devem ser organizados em outra ferramenta. Além disso, possíveis alterações nas cargas, que alterem as potência dos circuitos, também devem ser gerenciadas externamente. A solução desenvolvida já permite o usuário inserir, remover e alterar cada carga vinculada ao circuito, simplificando o dimensionamento.

C. RCM Cabos Elétricos

O aplicativo RCM Cabos Elétricos fornece diversas opções para dimensionamento. Em relação aos cabos elétricos, o sistema oferece duas interfaces de usuário, uma simplificada e outra avançada, para realização dos cálculos. No modo avançado, recursos essenciais para elaboração de projetos elétricos, como temperatura ambiente, fator de potência e comprimento são disponibilizados ao usuário.

A entrega dos resultados exhibe dados sobre os fatores de temperatura e agrupamento, além da queda de tensão no circuito para as condições especificadas. Também são exibidas informações comparativas, em relação a corrente elétrica calculada, e a suportada pelo cabo adotado.

Referente ao fator de potência, as duas opções disponibilizadas são em relação a tomadas de uso geral, para unidades consumidoras capacitivas ou indutivas. Porém, alguns equipamentos relativamente comuns em projetos residências, como chuveiros e ar-condicionados, possui valores diferentes dos citados anteriormente.

O RCM também não permite definir a queda de tensão máxima admissível. Desta forma, os cálculos do dimensionamento realizado não levam em consideração a queda de tensão

permitida pela concessionária de energia elétrica, podendo os condutores selecionados não atenderem este requisito.

O PRE-Condutores inclui a restrição de queda de tensão máxima admissível nos circuitos elétricos. Desta forma é garantido que, para a potência instalada em um determinado circuito, os valores de tensão nominal dos equipamentos são atendidos.

D. Be-a-Bá da Elétrica

Esta solução disponibiliza diversas funcionalidades, além do cálculo de condutores, como conceitos básicos de eletricidade, normas e equipamentos de proteção. Relativo ao dimensionamento, também é possível obter informações sobre as condições do circuito, sobre determinado regime de operação.

Os resultados dos cálculos mostram os estados críticos para cada grandeza elétrica vinculado ao projeto. Em suma, são exibidas quais são os valores máximos de queda de tensão, corrente e distância para um circuito com determinados tipos de componentes. Essas informações são úteis em situações onde são necessários diagnosticar se circuitos pre-existentes estão sobrepujando as restrições de segurança.

A elaboração de projetos visa atender as demandas de uma unidade consumidora, conforme as normas de segurança. Logo, obter informações dos componentes que suprem as necessidades de consumo são essenciais. Por exibir as condições extremas de um determinado circuito, com os condutores previamente definidos, não são obtidas informações sobre qual tipo de circuito atende determinada solicitação.

As informações obtidas pelo PRE-Condutores garantem a consistência do circuito. Desta forma, os condutores a serem adotados seguem as normas de segurança referente a capacidade de condução, queda de tensão e seção mínima para cada tipo de circuito, evitando o superdimensionamento dos condutores.

X. AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL

Segundo Fonseca [19], pesquisa experimental pode ser definida como o processo de selecionar assuntos em comum, verificar variáveis estranhas e analisar as respostas estatisticamente significativas. Gil [20] refere-se a pesquisa experimental como submeter um objeto de estudo com a interferência de variáveis, sob condições controladas pelo investigador, observando a influência da variável no objeto.

Gil [21] defende que as pesquisas experimentais possuem algumas propriedades:

- Manipulação: Uma das características dos objetos estudados devem ser manipuladas.
- Controle: Introduzir um controle, através de um grupo restrito.
- Distribuição aleatória: A seleção dos elementos, experimentais e de controle, devem ser feitas de forma aleatória.

As etapas da pesquisa experimental adotada no trabalho seguem na Figura 28:

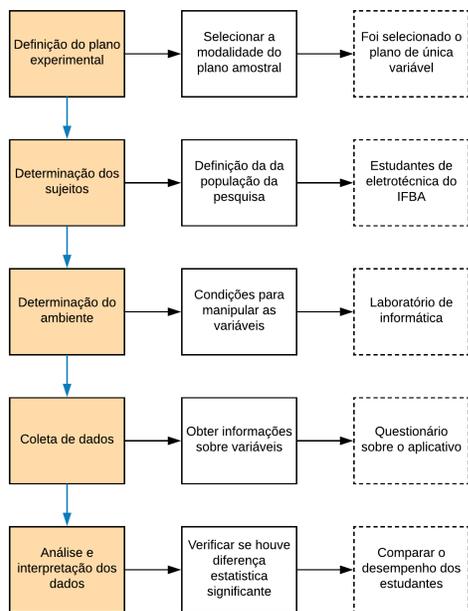


Figura 28. Etapas da pesquisa experimental
Fonte: Autoria própria

A definição do plano experimental varia de acordo com o número de variáveis manipuladas e a designação dos sujeitos [21]. Com base na hipótese, é selecionada uma variável que possa comprovar a mesma. Neste caso, acredita-se que a aplicação facilite a elaboração de um projeto elétrico. Conforme dito por Raupp [22], é necessário pelo menos dois grupos para aferir a manipulação das variáveis, certificando que os grupos são equivalentes antes do experimento, para estipular as diferenças entre os tratamentos.

Fonseca [19] afirma que a pesquisa experimental encontra-se dividida em dois grupos, sendo eles:

- Pesquisa de laboratório: o ambiente de avaliação é elaborado de forma artificial.
- Pesquisa de campo: as condições de manipulação são criadas no próprio ambiente organizacional.

Entre as modalidades de pesquisa experimental, as três demonstradas por Fonseca [19] são:

- Grupos homogêneos, divididos entre experimental e controle, com a pesquisa experimental após o estímulo ao grupo experimental.
- Pesquisa experimental antes e depois de manipular a variável, em um grupo único definido.
- Manipulação de variáveis antes e depois da pesquisa, nos grupos de controle e experimental.

A pesquisa de laboratório foi a categoria escolhida a ser aplicada. A modalidade envolveu dois grupos homogêneos, de controle e experimental, sendo a pesquisa realizada antes e após a manipulação da variável.

A análise foi realizada com estudantes do último período do curso integrado de eletrotécnica, sendo este grupo delimitado

para a determinação dos sujeitos na pesquisa. O ambiente experimental foi o laboratório de informática do Grupo de Pesquisa em Sistemas Distribuídos, Otimização, Redes e Tempo-Real (GSORT), no IFBA, *campus* Salvador.

Os estudantes dimensionaram um projeto elétrico de um domicílio fictício, constituído de sala, quarto, banheiro e cozinha. Para este domicílio, foram alocados cinco circuitos, sendo estes: iluminação, sala/quarto, cozinha/banheiro e chuveiro elétrico. Inicialmente o trabalho foi desenvolvido sem a utilização da solução, e, posteriormente foi utilizado o PRE-Condutores.

Após a realização das atividades, as mesmas foram coletadas e avaliadas. As tarefas foram ratificadas de acordo com as decisões de projeto escolhidas e os valores dos elementos dimensionados.

Além da precisão, outro critério importante adotado na avaliação foi o período de finalização, onde as tarefas deveriam ser realizadas de forma mais fácil e rápida. A coleta de dados foi realizada através de um questionário sobre o desempenho dos estudantes, com questões abertas e fechadas sobre a aplicação, sendo também registradas o tempo de execução da tarefa.

A análise e interpretação dos resultados foram em valores percentuais, relativos a quantidade de estudantes que acertaram as respostas dos questionários. A classificação do desempenho foi baseada na diferença de média entre os alunos quando utilizaram ou não o PRE-Condutores, e no tempo para a realização da atividade.

Conforme citado anteriormente, a solução foi avaliada através de uma pesquisa de laboratório. Dessa, um único grupo foi definido, manipulando a variável. Nesta pesquisa, foram dimensionados dois projetos elétricos semelhantes, com algumas diferenças. As variáveis alteradas na comparação foram o método de instalação dos circuitos e as grandezas elétricas dos mesmos.

Aos estudantes, não foi realizado nenhum treinamento prévio sobre dimensionamento de projetos elétricos. Foram apresentados os projetos a serem dimensionados e as ferramentas a serem utilizadas em cada período da avaliação.

A avaliação foi realizada com 11 alunos do curso técnico de eletrotécnica. O resultado obtido pelos estudantes, após o dimensionamento do primeiro projeto, sem o PRE-Condutores, está apresentado na Tabela V:

Circuito	Seção mínima (%)	Ampacidade (%)	Queda de tensão (%)	Critério correto (%)
Iluminação	100	100	90	100
Sala/Quarto	100	90	60	100
Cozinha/Banheiro	100	60	90	100
Chuveiro	100	70	80	100

Tabela V. DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES NO PRIMEIRO PROJETO
FONTE: AUTORIA PRÓPRIA

Na Tabela V, estão apresentadas os resultados obtidos pelos estudantes. Os valores expressos na tabela representam a porcentagem dos alunos que acertaram as seções dos

condutores para cada critério avaliado. Em comparação ao dimensionamento do projeto elétrico residencial utilizando PRE-Condutores, os estudantes obtiveram os dados percentuais de acertos apresentados na Tabela VI:

Circuito	Seção mínima (%)	Ampacidade (%)	Queda de tensão (%)	Critério correto (%)
Iluminação	100	100	100	100
Sala/Quarto/Banheiro	100	100	100	100
Cozinha	100	91,6	91,6	100
Chuveiro	100	100	91,7	100

Tabela VI. DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES NO PRIMEIRO PROJETO
FONTE: AUTORIA PRÓPRIA

Semelhante aos dados apresentados na Tabela V, os levantamentos na Tabela VI refere-se aos taxas de acertos na especificação da bitola dos condutores. Em relação ao tempo utilizado na realização dos projeto, com e sem a utilização do PRE-Condutores, os estudantes tiveram as seguintes métricas, apresentadas na Tabela VII:

Projeto	Tempo mínimo (min)	Tempo máximo (min)	Tempo Médio (min)
Sem a solução	16	41	26,73
Com a solução	8	17	11,55

Tabela VII. TEMPO PARA DIMENSIONAMENTO DOS PROJETOS ELÉTRICOS
FONTE: AUTORIA PRÓPRIA

XI. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a avaliação experimental, retratada na Seção X, pode-se compreender as facilidades na utilização do PRE-Condutores. Comparando os resultados apresentados nas Tabelas V e VI, percebe-se uma melhoria no desempenho dos estudantes. Em alguns aspectos, houve maior exatidão no dimensionamento dos condutores.

As precisões na especificação da bitola do condutores, com base nos critérios de seção mínima, e na seção transversal que abrange todos os critérios, obtiveram a mesma porcentagem de acerto. Isto se explica devido ao fato destes critérios não serem calculados, mas valores convencionados pela NBR 5410, ou com base em outros critérios computados.

As nuances nas precisões dos dimensionamentos ocorreram entre as especificações pelos critérios da queda de tensão e ampacidade. As diferenças percentuais, em valores absolutos, dos dados computados estão apontados na Tabela VIII:

Houve melhorias também no tempo para a realização dos trabalhos. Com a solução, o período para efetuar a tarefa foi cerca de 57% menor em relação ao dimensionamento utilizando calculadora.

A solução recebeu uma avaliação positiva dos estudantes, sobre os objetivos propostos. Dentre os *feedbacks* bem classificados, estão a usabilidade, facilidade em identificar as funcionalidades e os resultados. Os indicadores, em valores percentuais estão apresentados na Tabela IX:

Circuito	Ampacidade ($\Delta\%$)	Queda de tensão ($\Delta\%$)
Iluminação	—	+10
Sala / Quarto	+10	+40
Cozinha / Banheiro	+8,4	+8,4
Chuveiro	+30	+20

Tabela VIII. INFLUÊNCIA DO PRE-CONDUTORES NO DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES
FONTE: AUTORIA PRÓPRIA

XII. CONCLUSÃO

A aplicação propôs uma solução para a dificuldade em mensurar o dimensionamento dos circuitos elétricos residenciais. O software tem por objetivo auxiliar os profissionais que estejam interessados em realizar os cálculos elétricos com menor probabilidade de erros.

A partir da pesquisa de trabalhos correlatos, foi possível identificar as principais ferramentas para dimensionamento de condutores. Este conhecimento possibilitou constatar as melhorias necessárias para simplificar a elaboração de projetos elétricos.

Com a identificação dessas características, foram levantados os requisitos funcionais e não-funcionais para desenvolvimento da solução, o PRE-Condutores. Estes requisitos foram norteadores para a elaboração e, posteriormente comparação com as finalidades prescritas.

A avaliação proporcionou constatar que o PRE-Condutores atingiu os objetivos propostos. As informações obtidas pela solução possibilitou aos estudantes maior exatidão nos cálculos realizados. Com os elementos elétricos computacionalmente dimensionados, houve um menor tempo na realização da tarefa, além de maior exatidão nos resultados.

A. Limitações deste trabalho

O PRE-Condutores é um software voltado especificamente em realizar o dimensionamento de condutores elétricos residenciais. Desta forma, em outros tipos de projetos elétricos, como comerciais ou industriais não é possível a utilização desta solução. O presente trabalho não oferece os critérios de segurança e funcionamento para projetos em média ou alta tensão. Tais projetos são regulamentados pelas normas NBR 14039 e 6940 respectivamente.

Outra limitação é referente aos critérios examinados pelo PRE-Condutores. A norma estabelece outros critérios de segurança, como proteção para curto-circuitos e sobre-carga. Tais parâmetros não são dimensionados pelo PRE-Condutores, sendo necessário realizar estes cálculos com outras ferramentas.

B. Trabalhos futuros

Dentre os possíveis trabalhos futuros, são propostas complementações as limitações citadas na subseção XII-A. Dentre as possíveis melhorias vale ressaltar:

- Implementação dos critérios de proteção para sobre-carga e curto-circuito.

Questão	Muito Fácil (%)	Fácil (%)	Médio (%)	Difícil (%)	Muito Difícil (%)
Usabilidade geral	62,5	37,5	—	—	—
Dificuldade das funcionalidades	50,00	37,5	12,50	—	—
Apresentação das funcionalidades	50,00	37,50	12,50	—	—
Interpretação os resultados	62,5	25,00	12,50	—	—

Tabela IX. INDICADORES DE SATISFAÇÃO E USABILIDADE
FONTE: AUTORIA PRÓPRIA

- Dimensionamento dos dispositivos de proteção, a partir dos cálculos para condutores;
- Automatizar a quantificação de pontos de tomadas e iluminação mínimos.
- Fornecer os fatores de demanda com base nos valores definidos pela concessionária.
- Oferecer opções de dimensionamento para projetos elétricos trifásicos.
- Realizar os cálculos para dimensionamento de sistema de aterramento, conforme os tipos de esquemas.

APÊNDICE A
QUESTIONÁRIO SOBRE O DIMENSIONAMENTO UTILIZANDO
A CALCULADORA

Dimensionamento dos Condutores Fase Utilizando a Calculadora

Formulário referente aos valores encontrados no dimensionamento dos condutores
*Obrigatório

1. Endereço de e-mail* _____

2. Nome Completo: * _____

Circuito 1 - Iluminação

3. Seção Conductor Critério da Queda de Tensão: * _____

4. Seção Conductor Critério da Ampacidade: * _____

5. Seção Conductor Critério da Seção Mínima: *
Marcar apenas uma oval.
 1.5
 2.5

6. Critério escolhido: *
Marcar apenas uma oval.
 Queda de Tensão
 Ampacidade
 Seção Mínima
 Outro: _____

Circuito 2 - Sala / Quarto

7. Seção Conductor Critério da Queda de Tensão: * _____

8. Seção Conductor Critério da Ampacidade: * _____

9. Seção Conductor Critério da Seção Mínima: *
Marcar apenas uma oval.
 1.5
 2.5

10. Critério escolhido: *
Marcar apenas uma oval.
 Queda de Tensão
 Ampacidade
 Seção Mínima
 Outro: _____

Circuito 3 - Cozinha / Banheiro

11. Seção Conductor Critério da Queda de Tensão: *

12. Seção Conductor Critério da Ampacidade: *

13. Seção Conductor Critério da Seção Mínima: *

Marcar apenas uma oval.

1.5

2.5

14. Critério escolhido: *

Marcar apenas uma oval.

Queda de Tensão

Ampacidade

Seção Mínima

Outro: _____

Circuito 4 - Chuveiro

15. Seção Conductor Critério da Queda de Tensão: *

16. Seção Conductor Critério da Ampacidade: *

17. Seção Conductor Critério da Seção Mínima: *

Marcar apenas uma oval.

1.5

2.5

18. Critério escolhido: *

Marcar apenas uma oval.

Queda de Tensão

Ampacidade

Seção Mínima

Outro: _____

APÊNDICE B
QUESTIONÁRIO SOBRE O DIMENSIONAMENTO UTILIZANDO
O PRE-CONDUTORES

Dimensionamento dos Condutores Fase Utilizando o Aplicativo

Formulário referente aos valores encontrados no dimensionamento dos condutores
*Obrigatório

1. Endereço de e-mail *

2. Nome Completo: *

Circuito 1 - Iluminação

3. Seção Conductor Critério da Queda de Tensão: *

4. Seção Conductor Critério da Ampacidade: *

5. Seção Conductor Critério da Seção Mínima: *

Marcar apenas uma oval.

- 1.5
 2.5

6. Critério escolhido: *

Marcar apenas uma oval.

- Queda de Tensão
 Ampacidade
 Seção Mínima
 Outro: _____

Circuito 2 - Sala / Quarto

7. Seção Conductor Critério da Queda de Tensão: *

8. Seção Conductor Critério da Ampacidade: *

9. Seção Conductor Critério da Seção Mínima: *

Marcar apenas uma oval.

- 1.5
 2.5

10. Critério escolhido: *

Marcar apenas uma oval.

- Queda de Tensão
 Ampacidade
 Seção Mínima
 Outro: _____

Circuito 3 - Cozinha / Banheiro

11. Seção Conductor Critério da Queda de Tensão: *

12. Seção Conductor Critério da Ampacidade: *

13. Seção Conductor Critério da Seção Mínima: *

Marcar apenas uma oval.

1.5

2.5

14. Critério escolhido: *

Marcar apenas uma oval.

Queda de Tensão

Ampacidade

Seção Mínima

Outro: _____

Circuito 4 - Chuveiro

15. Seção Conductor Critério da Queda de Tensão: *

16. Seção Conductor Critério da Ampacidade: *

17. Seção Conductor Critério da Seção Mínima: *

Marcar apenas uma oval.

1.5

2.5

18. Critério escolhido: *

Marcar apenas uma oval.

Queda de Tensão

Ampacidade

Seção Mínima

Outro: _____

Avaliação de Satisfação e Usabilidade

Avaliação do Aplicativo para Dimensionamento de Condutores

**Obrigatório*

1. Endereço de e-mail *

2. A solução atendeu suas expectativas? *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

3. Qual ferramenta você teve mais facilidade em realizar o dimensionamento dos circuitos? *

Marcar apenas uma oval.

Calculadora

Aplicativo

4. Qual a dificuldade em utilizar a aplicação em geral? *

Marcar apenas uma oval.

Muito fácil

Fácil

Médio

Difícil

Muito difícil

5. Qual o nível de dificuldade para realizar adicionar, remover ou alterar projetos, circuitos ou elementos elétricos? *

Marcar apenas uma oval.

Muito fácil

Fácil

Médio

Difícil

Muito difícil

6. Qual o nível de dificuldade em localizar e compreender as funcionalidades da aplicação? *

Marcar apenas uma oval.

Muito fácil

Fácil

Médio

Difícil

Muito difícil

7. Qual o nível de dificuldade em localizar e compreender os dados resultantes do dimensionamento? *

Marcar apenas uma oval.

Muito fácil

Fácil

Médio

Difícil

Muito difícil

8. Você utilizaria o aplicativo para elaboração de projetos elétricos residenciais? *

Marcar apenas uma oval.

Sim

Não

9. Qual a sua opinião sobre a solução apresentada?

10. Quais melhorias você poderia sugerir a solução?

A. Gráficos Comparativos da Avaliação de Usabilidade

Avaliação de Satisfação e Usabilidade

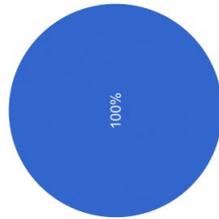
8 respostas

[Publicar análise](#)

A solução atendeu suas expectativas?

8 respostas

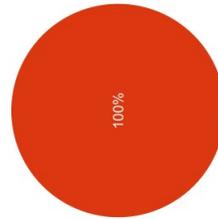
● Sim
● Não



Qual ferramenta você teve mais facilidade em realizar o dimensionamento dos circuitos?

8 respostas

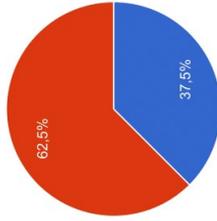
● Calculadora
● Aplicativo



Qual a dificuldade em utilizar a aplicação em geral?

8 respostas

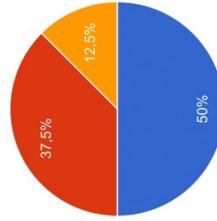
● Muito fácil
● Fácil
● Médio
● Difícil
● Muito difícil



Qual o nível de dificuldade para realizar adicionar, remover ou alterar projetos, circuitos ou elementos elétricos?

8 respostas

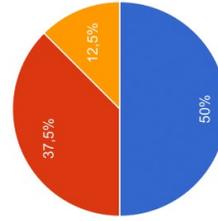
● Muito fácil
● Fácil
● Médio
● Difícil
● Muito difícil



Qual o nível de dificuldade em localizar e compreender as funcionalidades da aplicação?

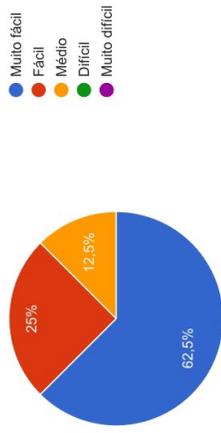
8 respostas

● Muito fácil
● Fácil
● Médio
● Difícil
● Muito difícil



Qual o nível de dificuldade em localizar e compreender os dados resultantes do dimensionamento?

8 respostas



Qual a sua opinião sobre a solução apresentada?

5 respostas

Uma ótima solução para agilizar as contas em projetos pequenos, o que tornaria menos o trabalho do projetistas.

Um ótimo aplicativo, com facilidade e rapidez, pra realizar cálculos de futuros projetos

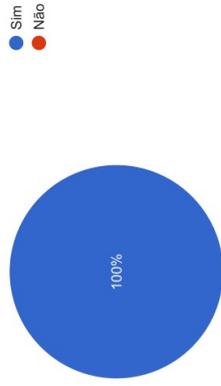
Projeto de grande potencial.

Para uma versão beta, é bem interessante e promissora

Muito boa! Gostei da iniciativa e acredito que será útil para muitas pessoas.

Você utilizaria o aplicativo para elaboração de projetos elétricos residenciais?

8 respostas



Quais melhorias você poderia sugerir a solução?

2 respostas

Acrescentar mais detalhes no dimensionamento, o App poderia escolher dentre vários métodos de referência com base nos dados disponíveis, um layout mais completo e atrativo e um acréscimo nas utilidades disponibilizada pelo App.

Colocar o valor da sessão do condutor de acordo com a tabela, não a corrente calculada, na parte da queda de tensão



APÊNDICE D

TABELA COM A PREVISÃO DE CARGAS DO PROJETO

Dados com as potências nominais das cargas, utilizadas na avaliação experimental.

PREVISÃO DE CARGAS DO PROJETO

Iluminação (Circuito 1)				
Descrição	Potência (W)	Tensão (V)	Fator de Potência	Distância (M)
Lamp. Banheiro	100	127	0.8	9
Lamp. Sala				14
Lamp; Cozinha				12
Lamp. Quarto				15

Sala / Quarto / Banheiro (Circuito 2)				
Descrição	Potência (W)	Tensão (V)	Fator de Potência	Distância (M)
TUG 1	100	127	0.8	8
TUG 2				12
TUG 3				11
TUG 4				15
TUG 5				13
TUG 6				14

Cozinha (Circuito 3)				
Descrição	Potência (VA)	Tensão (V)	Fator de Potência	Distância (M)
TUG 1	600	127	0.8	5
TUG 2				7
TUG 3				6

Chuveiro (Circuito 4)				
Descrição	Potência (VA)	Tensão (V)	Fator de Potência	Distância (M)
Chuveiro	4800	127	1	17

ANEXO A
TABELA CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

Tabela inserida no PRE-Condutores para dimensionamento dos condutores pelo critério da ampacidade.

ABNT NBR 5410:2004

Tabela 36 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

Condutores: cobre e alumínio
Isolação: PVC
Temperatura no condutor: 70°C
Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	66	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	488	729	612	510	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	975	865	700	577
1 000	767	679	698	618	1 012	906	827	738	1 125	996	792	652
Alumínio												
16	48	43	44	41	60	53	54	48	66	59	62	52
25	63	57	58	53	79	70	71	62	83	73	80	66
35	77	70	71	65	97	86	86	77	103	90	96	80
50	93	84	86	78	118	104	104	92	125	110	113	94
70	118	107	108	98	150	133	131	116	160	140	140	117
95	142	129	130	118	181	161	157	139	195	170	166	138
120	164	149	150	135	210	188	181	160	225	197	189	157
150	189	170	172	155	241	214	206	183	261	227	213	178
185	215	194	195	176	275	245	234	208	298	259	240	200
240	252	227	229	207	324	288	274	243	352	305	277	230
300	289	261	263	237	372	331	313	278	406	351	313	260
400	345	311	314	283	446	397	372	331	485	422	366	305
500	396	356	360	324	512	456	425	378	563	486	414	345
630	456	410	416	373	582	527	488	435	653	562	471	391
800	529	475	482	432	667	612	563	502	761	654	537	446
1 000	607	544	552	495	790	704	643	574	878	753	607	505

Figura 29. Tabela de capacidade e condução de corrente
Fonte: ABNT 5410 (2004) [6]

ANEXO B
TABELA MÉTODOS DE INSTALAÇÃO

Dados utilizados no PRE-Condutores para identificar os métodos de instalação dos circuitos.

ABNT NBR 5410:2004

Tabela 33 — Tipos de linhas elétricas

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
1		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A1
2		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2
5		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B2
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1
8		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B2
11		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
11A		Cabos unipolares ou cabo multipolar fixado diretamente no teto	C

Figura 30. Tabela Métodos de Instalação
Fonte: ABNT 5410 (2004)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por possibilitar a realização deste trabalho, pois todas as coisas somente ocorrem com a permissão do Criador. Posteriormente a meus pais, Jorge Luiz e Jacira Conceição.

Ao meu pai sou grato pelos anos de muito trabalho, diurnos e noturnos, para garantir a conclusão desta graduação, e pelos sábios conselhos por todo este tempo. A minha mãe agradeço por todo amor, cuidado e incentivo, e por ter dado-me a força para prosseguir. A minha avó Mariana (*in memoriam*), por todo apoio em cada passo, e pelo carinho e afeto depositados em meus objetivos.

A minha madrinha Zildete e minha prima Denize, que encorajaram-me e acreditaram neste percurso, e que, apesar da distancia, sempre estiveram por perto. Ao meus tios José Adilson e Adriano pela confiança e entusiasmo que ofereceram no decorrer desta estrada, e pela torcida para alcançar cada conquista.

Sou grato a professora Francismari, que lecionou-me sobre projetos elétricos no curso de Eletrotécnica, pelos acompanhamentos, sugestões e incentivos nesta etapa. Agradeço ao professor Manoel pela liberdade nas decisões e por ter almejado passos ainda maiores neste caminhada. Enfim, agradeço a todos os professores, colegas e conhecidos que de alguma forma contribuíram para a finalização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] H. Creder, *Instalações elétricas*. Livros Tecnicos e Cientificos, 2007.
- [2] J. Niskier, A. J. Macintyre, and L. S. Costa, *Instalações Elétricas*. Grupo Gen-LTC, 2000.
- [3] M. Gussow, *Eletricidade básica: Coleção Schaum*. Bookman Editora, 2009.
- [4] A. A. M. B. Cotrim, *Instalações elétricas*. McGraw-Hill do Brasil, 2003.
- [5] M. JOÃO FILHO, “Instalações elétricas industriais,” *Sétima edição. Rio de Janeiro: LTC*, 2007.
- [6] N. ABNT, “5410: Instalações elétricas de baixa tensão,” *Rio de Janeiro*, 2004.
- [7] E-Civil. (2018, Sep.) Dce: Dimensionamento de condutores elétricos. [Online]. Available: http://www.ecivilnet.com/software/dce_condutores_eletricos.htm
- [8] ApkPure. (2018, Sep.) Cálculo - condutores elétricos apk. [Online]. Available: <https://apkpure.com/br/>
- [9] R. C. Elétricos. (2018, Sep.) Programa dimensionamento. [Online]. Available: <http://www.rcmcaboseletricos.com.br>
- [10] W. de Pádua Paula Filho, *Engenharia de software*. LTC, 2003, vol. 2.
- [11] S. Ian, “Engenharia de software,” *6a. edição, Addison-Wesley/Pearson*, 2003.
- [12] B. Spínola, “Fundamentos de arquitetura de software,” *Engenharia de Software Magazine*, 2008.
- [13] M. d. S. FILHO, “Arquitetura de software,” *Engenharia de Software Magazine*, vol. 1, 2007.
- [14] F. Buschmann, K. Henney, and D. C. Schmidt, *Pattern-oriented software architecture: a pattern language for distributed computing*. John Wiley & Sons, 2007, vol. 4.
- [15] R. S. Pressman, *Engenharia de Software-7*. Amgh Editora, 2009.
- [16] M. Wandschneider, *Learning Node.js: a hands-on guide to building Web applications in JavaScript*. Addison-Wesley Professional, 2016.
- [17] B. Eisenman, *Learning react native: Building native mobile apps with JavaScript*. "O'Reilly Media, Inc.", 2015.
- [18] N. Glauber, *Dominando o Android: do básico ao avançado*. Novatec Editora, 2015.
- [19] J. J. S. Fonseca, “Metodologia da pesquisa científica.” 2002.
- [20] A. C. Gil, *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.
- [21] —, “Como classificar as pesquisas,” *Como elaborar projetos de pesquisa*, vol. 4, pp. 44–45, 2002.
- [22] F. M. Raupp and I. M. Beuren, “Metodologia da pesquisa aplicável às ciências,” _____ *Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática. São Paulo: Atlas*, 2006.