



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

HENRIQUE NUNES PREVE

**ADAPTAÇÕES DO SISTEMA ELÉTRICO EM BAIXA TENSÃO PARA O MODELO
DE CONSTRUÇÃO CIVIL MODULAR NA EMPRESA BRASIL AO CUBO**

Tubarão

2020

HENRIQUE NUNES PREVE

**ADAPTAÇÕES DO SISTEMA ELÉTRICO EM BAIXA TENSÃO PARA O MODELO
DE CONSTRUÇÃO CIVIL MODULAR NA EMPRESA BRASIL AO CUBO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Esp. Enio Corrêa de Sousa.

Tubarão

2020

HENRIQUE NUNES PREVE

**ADAPTAÇÕES DO SISTEMA ELÉTRICO EM BAIXA TENSÃO PARA O MODELO
DE CONSTRUÇÃO CIVIL MODULAR NA EMPRESA BRASIL AO CUBO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Eletricista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Elétrica da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, (dia) de (mês) de 2020.

Professor e orientador Sergio Barcelos
Universidade do Sul de Santa Catarina

Prof. Nome do Professor, Dr./Ms./Bel./Lic
Universidade...

Prof. Nome do Professor, Dr./Ms./Bel./Lic
Universidade do Sul de Santa Catarina

Dedico este trabalho à minha família, em especial aos meus pais que sempre serviram de inspiração e não mediram esforços para que eu conquistasse o título de Engenheiro Eletricista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que colaboraram para que eu chegasse até aqui. Desde professores da Unisul até os colegas de aula onde foi compartilhado muito conhecimento, aprendizado e amizade.

Pela realização do trabalho, agradeço ao professor e orientador Sergio Barcelos, por todo conhecimento passado, por se mostrar interessado em ajudar para o desenvolvimento teórico e prático do trabalho, estando sempre à disposição mesmo fora do horário de trabalho na universidade.

Pela confiança depositada e oportunidade concedida, um agradecimento aos engenheiros e sócios diretores da empresa Brasil ao Cubo: Michel Volpato, Jhonathan Degani e Ricardo Mateus.

Pelo início no trabalho da empresa Brasil ao cubo, um agradecimento ao encarregado do setor de elétrica Rodrigo da Silva, por sempre mostrar disposto a ensinar o processo de instalações elétricas, agregando cada vez a minha carreira profissional.

Agradeço toda minha família, por sempre me motivar a seguir em frente e por todo o esforço depositado para que eu conseguisse o título de engenheiro. Foram anos de dedicação e apoio incondicional em todos os momentos, um agradecimento especial à minha mãe Sonia, meu pai Ronaldo, meu irmão Diego.

Agradeço a minha namorada Suelen, por me auxiliar ao chegar no final dessa trajetória, sempre tentando ajudar e sendo paciente em todos os momentos, se tornando uma pessoa importante para a conquista do meu objetivo.

Buscando sempre o aprendizado constante, gratidão ao conhecimento adquirido juntos e a parceria no dia-a-dia do trabalho, um reconhecimento aos colegas engenheiros eletricitas: Gabriel Nicoladelli e Matheus Prá.

“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá.” (SENNÁ, 1993).

RESUMO

Em uma construção civil, as instalações elétricas se tornam uma das etapas mais importantes para a execução de uma obra. No modelo de construção civil modular, o sistema elétrico tem suma importância, pelo fato de serem industrializadas e transportadas diretamente para o local. Tem-se, desta forma, adaptações necessárias desde projeto até execução, tendo em vista a localização da obra e táticas personalizadas para a produção. Buscando analisar o método de execução utilizado pela empresa de construção civil modular Brasil ao Cubo, o presente trabalho foi realizado no formato de estudo de caso, mostrando as adaptações necessárias do sistema elétrico em baixa tensão para o modelo de construção civil modular, tendo como base as normas vigentes e livros de instalações elétricas, para uma análise teórica e as práticas selecionadas nos processos produtivos na empresa. Pretende-se obter o conhecimento dos padrões utilizados nas instalações elétricas dos módulos, visando agilidade e segurança na execução. Através do método de análise de viabilidade técnica e econômica, buscou-se validar a efetividade do método personalizado de passagem e fiação via chicotes na obra modular Zaitt, assegurando a importância da abordagem e aperfeiçoamento do procedimento, assim como sugerindo melhorias. Com o grande crescimento na demanda de instalação de painéis de energia solar, foram verificadas as formas de montagem e execução dentro do parque fabril, realizando análise de viabilidade econômica através de orçamento para a contratação de um sistema de energia solar para a obra modular Escola Dinâmica.

Palavras-chave: Elétrica. Instalações. Modular. Análise.

ABSTRACT

In a civil construction, electrical installations become one of the most important steps for the execution of a work. In the modular civil construction model, the electrical system has paramount importance, because they are industrialized and transported directly to the site, thus having necessary adaptations from design to execution, in view of the location of the work and custom tactics for production. Seeking to analyze the execution method used by the modular construction company *Brasil ao Cubo*, the present work was a case study, where the necessary adaptations of the electric system in low voltage for the modular civil construction model were shown, based on current standards and books of electrical installations, for a theoretical analysis and the practices selected in the production processes in the company. It is intended to obtain knowledge of the standards used in the electrical installations of the modules, aiming agility and safety in the execution. Through the method of technical and economic feasibility analysis, validate the effectiveness of the custom method of passage and wiring via harnesses in the modular construction Zaitt, ensuring the importance of the approach and improvement of the procedure, as well as suggesting improvements. With the growth in the demand for installation of solar panels, check the forms of assembly and execution within the factory park, thus performing economic feasibility analysis through the budget for the contracting of a solar power system for the modular construction *Escola Dinâmica*.

Keywords: Electric. Facilities. Modular. Analyse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Módulo com estrutura metálica montado dentro da empresa.	19
Figura 2 – Módulo em cima do caminhão para carregamento.	19
Figura 3 – Cabos isolado, unipolar e multipolar.	23
Figura 4 – Curvas de disparo segundo NBR 60898.	31
Figura 5 – Aspectos construtivos dos disjuntores termomagnéticos.	31
Figura 6 – Esquemas de ligações básicas do dispositivo DR.	32
Figura 7 – Padrão de disjuntores DR bipolares comercializados.	33
Figura 8 – Padrão de disjuntores DR tetrapolares comercializados.	33
Figura 9 – Exemplo de montagem e ligação do DPS.	34
Figura 10 – Exemplo de interligação dos componentes elétricos no quadro de distribuição... 36	
Figura 11 – Caixas de derivação PVC 4x2” e 4x4” com indicação de diâmetro de eletroduto flexível.	37
Figura 12 – Compatibilização de projetos em visualização 3D na plataforma BIM.	39
Figura 13 – Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil.	40
Figura 14 – Sistema <i>on-grid</i> e seus componentes.	41
Figura 15 – Emenda feita em circuito com conectores Wago.	43
Figura 16 – Terminal utilizado em ponto elétrico do módulo.	44
Figura 17 – Quadro de distribuição montado na empresa.	45
Figura 18 – Fechamento de parede em um módulo da Brasil ao Cubo.	46
Figura 19 – Projeto estrutural da obra modular Zaitt.	48
Figura 20 – Identificação de comprimento de eletroduto em projeto no software QiElétrico. 49	
Figura 21 – Identificação dos eletrodutos para iluminação em planta baixa.	51
Figura 22 – Identificação dos eletrodutos nos demais pontos elétricos.	51
Figura 23 – Legenda dos pontos elétricos.	52
Figura 24 – Diagrama unifilar dos circuitos elétricos da obra Zaitt.	55
Figura 25 – Chicote montado em fabrica com modulo de tomada colocado.	56
Figura 26 – Chicotes montados em fabrica.	57
Figura 27 – Procedimento de corte das caixas de PVC.	58
Figura 28 – Fixação de chicote na parede dos módulos.	59
Figura 29 – Vista frontal de bancada para chicotes.	62
Figura 30 – Vista isométrica de bancada para chicotes.	63
Figura 31 – Esquema de montagem de painéis fotovoltaicos em estrutura modular Br3.	64

Figura 32 – Módulo pronto para carregamento com sistema fotovoltaico integrado.....	65
Figura 33 – Obra modular finalizada com sistema fotovoltaico integrado.	66
Figura 34 – Fatura de energia.	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Fatores de correção para linhas subterrâneas em solo com resistividade térmica diferente de 2,5 K.m/W.	25
Tabela 2 – Seção reduzida do condutor neutro.....	29
Tabela 3 – Seção mínima do condutor terra.	30
Tabela 4 – Seção nominal de acordo com número de condutores.....	35
Tabela 5 – Detalhamento dos chicotes.	53
Tabela 6 – Comparativo de instalação elétrica com chicotes e sem chicote.	60
Tabela 7 – Estimativa de geração anual.	68
Tabela 8 – Projeção de economia gerada mensal.	69

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 JUSTIFICATIVA	13
1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	14
1.3 OBJETIVOS	15
1.3.1 Objetivo Geral	15
1.3.2 Objetivos Específicos.....	15
1.4 DELIMITAÇÕES	15
1.5 METODOLOGIA	16
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 ESTRUTURA PARA CONSTRUÇÃO CIVIL MODULAR NA EMPRESA BRASIL AO CUBO	18
2.2 HISTÓRICO DA EMPRESA BRASIL AO CUBO.....	20
2.3 ANÁLISE PARA PROJETO ELÉTRICO	20
2.3.1 Legislação.....	21
2.3.2 Concessionária local.....	21
2.3.3 Condutores.....	21
2.3.3.1 O uso de condutores isolantes	22
2.3.4 Capacidade de condução de corrente	23
2.3.5 Temperatura ambiente	24
2.3.6 Resistividade térmica do solo	24
2.3.7 Agrupamento de circuitos	25
2.3.8 Queda de tensão.....	26
2.3.9 Dimensionamento de condutor fase.....	28
2.3.10 Dimensionamento de condutor neutro	28
2.3.11 Dimensionamento de condutor terra.....	29
2.3.12 Disjuntores termomagnéticos de proteção	30
2.3.13 Disjuntores diferencial residencial (DR)	32
2.3.14 Dispositivos de proteção contra surtos (DPS).....	34
2.3.15 Condutores elétricos.....	34
2.3.16 Quadros de distribuição	35
2.3.17 Caixas de derivação.....	37

2.4 UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES BIM PARA MODELAGEM DE PROJETOS ELÉTRICOS.....	37
2.5 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	39
3 ESTUDO DE CASO	42
3.1 PADRONIZAÇÕES NAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DOS MÓDULOS.....	42
3.1.1 Conectores de emenda	42
3.1.2 Terminais	44
3.1.3 Quadro de distribuição	45
3.2 PASSAGEM DE ELETRODUTO E FIAÇÃO VIA MÉTODO DE CHICOTES	46
3.2.1 Teste prático em obra modular	47
3.2.1.1 Características da obra.....	47
3.2.1.2 Projeto elétrico executivo	48
3.2.1.3 Fabricação dos chicotes externos na fábrica	55
3.2.1.4 Viabilidade técnica e econômica	59
3.2.1.5 Sugestões de melhorias.....	61
3.3 PROCESSO DE MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE PAINÉIS DE ENERGIA SOLAR NA EMPRESA BRASIL AO CUBO.....	63
3.3.1 Implementação de sistema de instalação com painéis solares em obra modular ..	66
3.3.2 Estimativa de geração anual e mensal.....	67
3.3.3 Orçamento.....	70
3.3.4 Viabilidade econômica	71
4 CONCLUSÃO.....	72
REFERÊNCIAS	74
ANEXOS	77

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia e a demanda necessitando cada vez mais agilidade, qualidade e sustentabilidade nas obras, a construção civil modular surge como adendo para atender as tais demandas, a qual vem desenvolvendo diversos métodos construtivos para viabilização de projetos e execuções (DEGANI, 2017).

Esse novo modelo industrializado de construção civil surge como uma opção versátil de desenvolvimento, apresentando diferentes formas de fornecimento, além de contribuir para o crescimento de muitas áreas de forma sustentável, e trazendo agilidade para o seu progresso no mercado.

A construção modular se dá através da divisão de uma obra no formato de módulos individuais, produzidos em um determinado local e transportado para o destino final. Com todos os processos de execução sendo realizados por linhas de montagem padronizadas dentro de um parque fabril, obtém-se uma maior assertividade e redução de tempo na produção, como enfatiza Battagin (2013): “sem a necessidade de adequações dimensionais em obra, o ritmo da construção é mais rápido, e, portanto, o rendimento será melhor e o produto final ganha em qualidade e facilidade de manutenção”.

O cenário de crescimento e avanço tecnológico desse modelo construtivo industrializado acarreta dúvidas em relação aos seus processos de instalação e execução. No âmbito de instalações elétricas, as montagens são adaptadas em relação ao método convencional, tendo em vista as adequações decorrentes da personalização de estrutura, montagem no parque fabril e transporte.

O presente trabalho de conclusão verificará a norma de instalações elétricas em baixa tensão NBR 5410 (ABNT, 2004) de acordo com o desenvolvimento de projeto elétrico em obra modular. Portanto processos produtivos selecionados, o estudo visa o conhecimento de padronização interna nas instalações elétricas dos módulos fabricados e montados pela empresa Brasil ao Cubo, assim como viabilidade técnica e econômica para o procedimento de passagem de eletroduto e fiação via método de chicotes, e aplicação de painéis solares nos módulos provenientes de testes práticos realizados na empresa.

1.1 JUSTIFICATIVA

Para todo e qualquer ramo da sociedade a inovação está presente, seja buscando avanços tecnológicos, econômicos e sustentáveis como também novas formas de aplicar algum

procedimento, sempre em busca das atualizações no mercado contemporâneo. No setor de construção civil não é diferente, os procedimentos construtivos estão em constante mudança e por tratar de um método antigo de processos para aplicação dos materiais, é necessário mudanças nesse modelo convencional rudimentar.

O modelo de construção civil modular serve como uma alternativa de flexibilização dos processos de construção civil, onde se consegue ter os procedimentos sendo executados dentro de uma fábrica e transportado até o destino. O presente estudo de caso mostrará uma ferramenta de aprendizado para interessados nas adaptações do sistema elétrico em baixa tensão para o modelo de construção civil modular, analisando as formas de fabricação e montagem dos módulos desenvolvidos pela empresa Brasil ao Cubo. Com a necessidade de adquirir material útil sobre o conteúdo, assim como instrumento de conhecimento acadêmico e obter uma análise da fundamentação teórica e abordagem prática, observando o estudo de caso.

No que diz respeito a seu uso prático, observa-se uma utilidade para conhecimento tanto de projetistas quanto de empresários e ou gestores, diante do cenário de crescimento e procura por esse modelo de construção, onde os procedimentos aplicados são desenvolvidos internamente, podendo assim buscar formas diversificadas de instalação elétrica e conhecer os aspectos utilizados na empresa, através de abordagens visando viabilidade técnica, econômica e sugestões de melhorias, seguindo as regras normativas empregadas.

1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Buscando maior eficiência, com o objetivo de sempre conseguir o maior rendimento, inovando os processos construtivos e induzindo novas formas de aplicação, a construção civil modular surge como opção para atendimento de clientes que buscam prazo curto e sustentabilidade na obra.

Para desenvolvimento do estudo de caso, foram obtidas informações da empresa de construção civil modular Brasil ao Cubo, localizada no bairro São Martinho, Tubarão, SC, Brasil. Com os processos de fabricação sendo realizados dentro da fábrica, e as adequações necessárias levando em consideração a localidade da obra, tamanho do módulo e transporte, seus procedimentos de instalação são elaborados internamente para execução e adaptados em relação ao método convencional.

Com o intuito de conhecer os padrões utilizados nas instalações elétricas dos módulos e propor análises da metodologia de instalações de painéis solares e passagem de eletroduto e fiação via método denominado chicotes, foi desenvolvido o estudo de caso com testes práticos

realizados como forma de entendimento do processo construtivo, aspectos técnicos visando agilidade e segurança na instalação e táticas personalizadas para a produção.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Analisar as adaptações do sistema elétrico em baixa tensão para o modelo de construção civil modular, fabricados e montados pela empresa Brasil ao Cubo.

1.3.2 Objetivos Específicos

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- a) verificar a norma técnica NBR 5410, Instalações Elétricas em baixa tensão, para parâmetros de projeto elétrico;
- b) propor conhecimento do método de instalação de painéis solares em módulos e validar a efetividade elaborando análise de viabilidade econômica através de orçamento para instalação de sistema solar na obra modular Escola Dinâmica;
- c) conhecer os padrões internos de instalação elétrica dos módulos;
- d) validar a efetividade do procedimento de passagem de eletrodutos e fiação, via método de chicotes na obra modular Zaitt, através de análises de viabilidade técnica e econômica.

1.4 DELIMITAÇÕES

O estudo de caso será elaborado conforme as informações obtidas na empresa de construção civil modular Brasil ao Cubo. Com as padronizações exercidas nas instalações elétricas dos módulos e as táticas personalizadas para execução de montagem de painéis solares e passagem de eletroduto e fiação via método dos chicotes, o objetivo é efetuar uma verificação das adaptações do sistema elétrico em baixa tensão para o modelo construtivo desenvolvido pela empresa.

1.5 METODOLOGIA

O trabalho será realizado na forma de estudo de caso, baseando-se em pesquisas, normas técnicas e exploração de informações na empresa Brasil ao Cubo Construção Civil Modular Ltda. Serão obtidos dados através de uma abordagem informativa, que ancorada pelos referenciais teóricos, permitirá a análise qualitativa dos conhecimentos adquiridos.

Para o desenvolvimento será necessário além de pesquisas bibliográficas, supervisão de projetos executados e procedimentos produtivos internos. O processo de levantamento de dados parte da hipótese que suas características são individuais e tende a variação de acordo com a exigência do cliente e localização da obra.

Posteriormente à coleta de informações, o objetivo é unir os referenciais teóricos com o acompanhamento dos processos de produção e execução implementados na prática, elaborando análises de viabilidade dos métodos de implementação apresentados e padronizações internas de instalação elétrica dos módulos.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Para o desenvolvimento e melhor entendimento do estudo de caso, foi realizado a pesquisa dividindo-a em capítulos, organizados da seguinte forma:

- a) Capítulo 1: Mostram-se os métodos de referência para o estudo, destacando a importância da abordagem do assunto, seus objetivos e metas para a resolução do trabalho. Apresenta-se também a introdução, justificativa, resumo e metodologia, expondo as particularidades e especificações do estudo de caso.
- b) Capítulo 2: Indica-se o referencial bibliográfico, com o embasamento teórico necessário para a elaboração de projeto elétrico para uma obra modular, levando em consideração as exigências normativas para a aplicação. Também é mencionado o processo construtivo desenvolvido pela empresa Brasil ao Cubo, além do conhecimento de referências para implementação de sistema de energia solar e softwares na plataforma BIM.

- c) Capítulo 3: Será realizado o estudo de caso com informações obtidas na empresa Brasil ao Cubo. Inicialmente será feita uma abordagem de algumas padronizações de instalações elétricas nos módulos. Posteriormente, se desenvolverá análises de viabilidades nos processos de implementação de energia solar e passagem de eletrodutos e fiação via método de chicotes, fabricados externos à edificação.
- d) Capítulo 4: Menciona-se a conclusão do trabalho, evidenciando as considerações finais do estudo de caso. Verificando as diretrizes indicadas no conteúdo apresentado, pode-se obter uma análise subjetiva dos conceitos aplicados e possíveis melhorias na implementação dos procedimentos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com o crescimento do mercado de construção civil modular, as técnicas de execução estão em constante desenvolvimento, ocasionando mudanças na tecnologia dos processos construtivos. Para obter conhecimento das práticas internas da produção para as instalações elétricas na empresa Brasil ao Cubo, é necessário a revisão das ordens normativas aplicáveis para projeto elétrico, energia solar e esclarecimento do processo construtivo. O capítulo 2 apresenta esses temas como forma de embasamento teórico para compreensão dos testes práticos realizados no capítulo 3, associando teoria e prática na elaboração do estudo de caso.

2.1 ESTRUTURA PARA CONSTRUÇÃO CIVIL MODULAR NA EMPRESA BRASIL AO CUBO

Com a constante busca de novas práticas para execução das obras e aumento da sua demanda, surge um conceito moderno com inovação arquitetônica, tecnológica e sustentável na área de construção civil: o modo de construção civil modular. Nesse modelo construtivo a obra passa a ser industrializada dentro do parque fabril, podendo ser transportado para qualquer local. Denomina-se construção civil modular pelo fato de ser uma obra montada dentro de uma fábrica e dividida em fatias, formando módulos individuais, onde depois de fabricados são transportados até o local destinado através de caminhões.

A empresa de construção civil modular Brasil ao Cubo desenvolve suas próprias práticas para a produção dos módulos, visando a agilidade na produtividade e adaptações para transporte. A composição dos módulos é feita com estruturas metálicas em methalon¹ de aço, criando sustentação e otimização para os fechamentos internos das paredes e teto. A Figura 1 demonstra um módulo dentro da empresa com estrutura metálica montada.

Após a montagem da estrutura é realizada o processo dos fechamentos internos, e início das instalações de hidráulica e elétrica nos módulos. O procedimento é feito de acordo com as indicações corretas e adaptadas do setor de projetos, tendo em vista, os ajustes necessários para o transporte e acoplagem dos módulos. Com todas as instalações executadas, o módulo está finalizado no processo de fabricação e pronto para carregamento até o destino. A Figura 2 indica um módulo em cima do caminhão para carregamento até o destino.

¹ Methalon – Composto de materiais metálicos em formato de tubos redondos, quadrados ou retangulares.

Figura 1 – Módulo com estrutura metálica montado dentro da empresa.



Fonte: Brasil ao Cubo (2019).

Figura 2 – Módulo em cima do caminhão para carregamento.



Fonte: Brasil ao Cubo (2019).

O módulo é carregado até o destino final e acoplado no local da obra, onde são feitas as ligações das instalações elétricas e hidráulicas internas com as tubulações para fornecimento disponibilizadas *in loco*². Diante desses procedimentos, são realizados os últimos acabamentos, detalhes para a finalização da entrega da obra e respeitando o prazo estabelecido.

2.2 HISTÓRICO DA EMPRESA BRASIL AO CUBO

Em 2013, a empresa Brasil ao Cubo foi fundada, pelo Eng. Civil Ricardo Mateus, como um segmento da empresa de seu pai, que era proprietário da empresa de estrutura metálica Emetu. Durante os primeiros anos foram realizados protótipos de módulos metálicos e formalizando projetos, para que, em outubro de 2016, o primeiro módulo saísse da fábrica. Já no ano de 2017, a empresa em busca de espaço no mercado e com engajamento de parcerias com a Mormaii Fitness, foi instalado a primeira obra em São Paulo (BRASIL AO CUBO, 2019).

A partir desse momento, a Brasil ao Cubo começou a gerar interesse de grandes *players* do mercado. No ano de 2018, foram prestados serviços para as empresas Floripa AirPort, Movida, Pedra Branca (Colégio Bom Jesus), Mormaii Fitness, Paulo Mello, Via Laser, entre outras. Ainda em 2018, foi cadastrada como fornecedora para a Ambev (BRASIL AO CUBO, 2019).

No ano de 2019, a Brasil ao cubo se firmou ao entregar a maior construção modular metálica da América Latina, em uma obra da Ambev em Jaguariúna - SP. O faturamento da empresa aumentou significativamente, passando de R\$ 1,9 milhões em 2017, para R\$ 5,95 milhões em 2018, na qual até julho de 2019 já foi faturado R\$ 12,1 milhões, sendo previsto para o ano de 2019 um faturamento de R\$ 18 milhões (BRASIL AO CUBO, 2019).

2.3 ANÁLISE PARA PROJETO ELÉTRICO

Nessa seção evidenciam-se as análises necessárias para desenvolvimento de um projeto elétrico em uma obra de construção civil modular realizada na empresa Brasil ao Cubo, de acordo com as normas vigentes e aplicabilidade nas formas de fornecimento nos módulos.

² *In loco* – no próprio local.

2.3.1 Legislação

No modelo de construção civil modular, todas as instalações elétricas são feitas respeitando os adendos da norma brasileira de Instalações Elétricas em Baixa Tensão. A NBR 5410 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004, p. 1) estabelece:

1.1 Esta Norma estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens.

1.2 Esta Norma aplica-se principalmente às instalações elétricas de edificações, qualquer que seja seu uso (residencial, comercial, público, industrial, de serviços, agropecuário, hortigranjeiro, etc.), incluindo as pré-fabricadas.

2.3.2 Concessionária local

No modelo de construção civil modular, a obra é dividida em blocos, que são transportados para o destino final por caminhões, podendo chegar a qualquer local subsistente. O sistema elétrico brasileiro não possui uma tensão secundária padrão para todos os locais do Brasil, como enfatiza a ANEEL (2016), “no Brasil, há diversas tensões nominais secundárias de distribuição. As “tensões secundárias” são aquelas usadas para atendimento a residências, comércios e pequenas indústrias”. Essas tensões podem ser trifásicas 380V ou trifásicas 220V, podendo variar de estado, município e concessionária de energia.

Dessa forma, quando for desenvolvido um projeto elétrico para uma obra em construção civil modular, deve-se levar em consideração a tensão do local destinado a obra e a concessionária de fornecimento de energia para análise de fator de demanda conforme o tipo de atividade econômica. A ANEEL disponibiliza em seu site um link que é possível conhecer quais os níveis de tensão de fornecimento adotados em cada município e estado, com dados fornecidos pelas próprias concessionárias de energia do local (ANEEL, 2016).

2.3.3 Condutores

Os condutores elétricos são os principais componentes das linhas elétricas e são responsáveis pela condução de energia ou dos sinais elétricos (COTRIM, 2009). Existem vários tipos de metais utilizados para a fabricação de condutores elétricos, mas de acordo com Cotrim (2009, p. 139), “o cobre e o alumínio são os dois metais mais utilizados na utilização na fabricação de condutores elétricos, tendo em vista suas propriedades elétricas e mecânicas, bem

como seu custo”. Para um projeto de instalação elétrica em baixa tensão geralmente são usados condutores de cobre.

2.3.3.1 O uso de condutores isolantes

De acordo com a NBR 5410 da ABNT, todos os condutores devem ser providos de isolamento, sendo eles: EPR, XLPE ou PVC. Como afirma Cotrim (2009 apud FONSECA, 2013, p. 14):

Os condutores isolados são fios ou cabos que possuem isolamento, podendo essa ser formada por uma ou mais camadas de materiais isolantes. A isolamento possui como principal finalidade a de isolar eletricamente os condutores, dessa forma, acontece tanto entre condutores próximos, quanto com o ambiente.

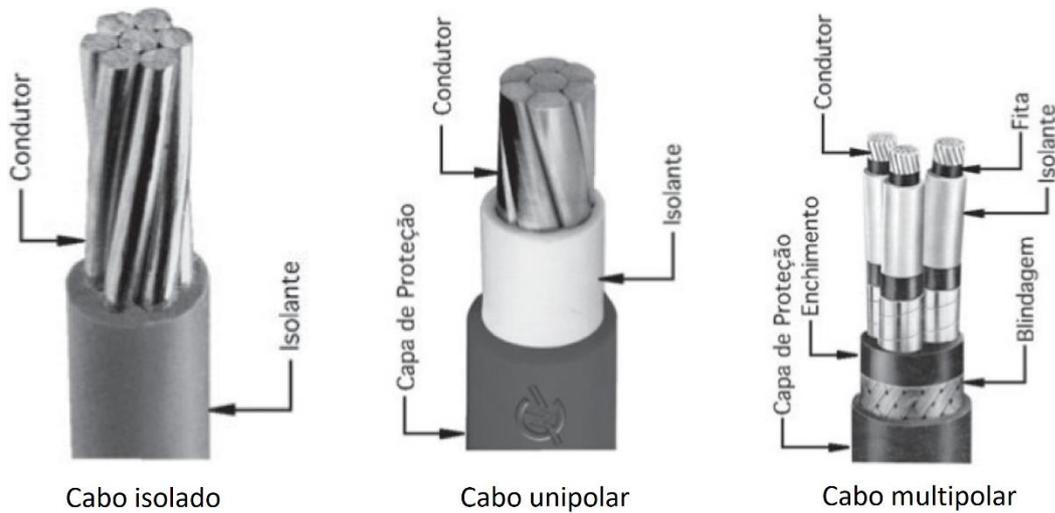
Os condutores de isolamento PVC são uma mistura de resina sintética, plastificante, cargas e estabilizantes. Tem uma rigidez e perda dielétrica elevada, limitando seu emprego até 10 kV (COTRIM, 2009).

Os condutores de isolamento EPR são reticulados por meio de peróxidos orgânicos e suas misturas. Dessa forma, obtém-se a melhor resistência possível ao envelhecimento térmico e aos agentes tóxicos. Sua flexibilidade é muito grande e apresenta uma resistência excepcional às descargas e radiações ionizantes (COTRIM, 2009).

Os condutores de isolamento XLPE são feitos de polietileno reticulado termofixo adequado para a construção de isolações de cabos. O material apresenta uma resistência à deformação térmica bastante satisfatória, e era mais utilizado em cabos de baixa e de média tensão.

Os cabos não propagadores de chama e com baixa emissão de gases tóxicos podem ser denominados como cabos isolados, unipolares e multipolares. Quando o cabo é constituído apenas por uma camada isolante e sem capa de proteção, denomina-se cabo isolado. A sua isolamento é determinada pelo valor nominal de tensão entre fases que suportam, que é padronizada em 750V conforme NBR 6148 (ABNT, 1995). Por outro lado, os cabos unipolares são os que possuem uma camada isolante e com uma capa protetora, normalmente constituído por PVC. A sua isolamento é determinada pelo valor nominal de tensão entre fase e terra e entre as fases, que é padronizada em baixa tensão 0,6/1KV conforme a NBR 6251 (ABNT, 2013). Já os condutores multipolares são constituídos por vários condutores isolados e protegido por uma capa externa (MAMEDE, 2002). A Figura 3 ilustra os tipos de cabos isolado, unipolar e multipolar.

Figura 3 – Cabos isolado, unipolar e multipolar.



Fonte: Adaptado de Mamede (2002, p.190 e 191).

2.3.4 Capacidade de condução de corrente

Segundo Cotrim (2009), os valores da capacidade da condução de corrente podem ser determinados de acordo com a norma NBR 11301 – Cálculo da capacidade de condução elétrica em condutores isolados em regime permanente (ABNT, 1990). As tabelas para os cálculos de capacidade de condução de corrente são em função de:

- material condutor;
- tipo de isolamento;
- tipo de linhas elétricas;
- número de condutores carregados;
- temperatura ambiente do solo;
- resistividade térmica.

De acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2004, p.106):

As prescrições são destinadas a garantir uma vida satisfatória a condutores e isolações submetidos aos efeitos térmicos produzidos pela circulação de correntes equivalentes às suas capacidades de condução de corrente durante períodos prolongados em serviço normal.

Os cálculos para a sua aplicação são baseados em métodos de referência, de acordo com o tipo de instalação utilizado. São eles:

- a) A1: condutores isolados em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
- b) A2: cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
- c) B1: condutores isolados em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
- d) B2: cabo multipolar em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
- e) C: cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede de madeira;
- f) D: cabo multipolar em eletroduto enterrado no solo;
- g) E: cabo multipolar ao ar livre;
- h) F: cabos unipolares justapostos (na horizontal, na vertical ou em trifólio) ao ar livre;
- i) G: cabos unipolares espaçados ao ar livre.

Com o tipo de instalação definido, foram elaboradas tabelas para capacidade de condução de corrente, sendo elas para cabo de isolamento PVC e EPR ou XLPE e para condutores de cobre e alumínio. As tabelas estão disponíveis em anexo (Anexos A a F).

2.3.5 Temperatura ambiente

Em uma análise de capacidade de condução de corrente, a temperatura ambiente do local é levada em consideração pelo fato de interferir na propriedade do isolante definido, acarretando a definição de um fator de correção adequado para cada tipo de isolante e temperatura indicado.

Segundo a Norma NBR 5410 (ABNT, 2004, p.114), “o valor da temperatura ambiente a utilizar é o da temperatura do meio circundante quando o condutor considerado não estiver carregado”. O Anexo G apresenta os fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura solo) para linhas subterrâneas.

2.3.6 Resistividade térmica do solo

A resistividade térmica do solo é sensível ao conteúdo da umidade, que pode apresentar grandes variações ao longo tempo, dependendo do tipo de solo, das condições topográficas e meteorológicas e carregamento do cabo (COTRIM, 2009).

Para linhas subterrâneas, o padrão utilizado para valor de resistividade térmica do solo é de 2,5 K.m/W. Segundo a norma NBR 5410 (ABNT, 2004, p.107):

Quando a resistividade térmica do solo for superior a 2,5 K.m/W, caso de solos muito secos, os valores indicados nas tabelas devem ser adequadamente reduzidos, a menos que o solo na vizinhança imediata dos condutores seja substituído por terra ou material equivalente com dissipação térmica mais favorável.

A Tabela 1 fornece fatores de correção para resistividades térmicas do solo diferentes de 2,5 K.m/W.

Tabela 1 – Fatores de correção para linhas subterrâneas em solo com resistividade térmica diferente de 2,5 K.m/W.

Resistividade térmica (K.m/W)	1	1,5	2	3
Fator de correção	1,18	1,1	1,05	0,96

Notas: ¹ Os fatores de correção dados são valores médios para as seções nominais abrangidas nas tabelas 36 e 37, com uma dispersão geralmente inferior a 5%.

² Os fatores de correção são aplicáveis a cabos em eletrodutos enterrados a uma profundidade de até 0,8 m.

³ Os fatores de correção para cabos diretamente enterrados são mais elevados para resistividades térmicas inferiores a 2,5 K.m/W e podem ser calculados pelos métodos indicados na ABNT NBR 11301.

Fonte: NBR 5410 (2004, p. 107).

2.3.7 Agrupamento de circuitos

Para uma análise de capacidade de condução de corrente, os fatores de agrupamento de circuitos são sempre calculados, admitindo-se que todos os condutores ou cabos agrupados sejam do mesmo tipo, têm a mesma seção e estão igualmente carregados (COTRIM, 2009).

Em uma análise de condutores ou cabos carregados, conforme Cotrim, em geral:

- a) os condutores ou cabos possuem seções diferentes, que podem, eventualmente, até ser de tipos diferentes;
- b) os agrupamentos podem compreender condutores ou cabos de circuitos de potência e de circuitos de comando, sinalização e etc.;
- c) as capacidades de condução de corrente dos condutores e cabos podem ser sensivelmente superiores às correntes de projeto dos circuitos correspondentes, por exemplo, devido à queda de tensão;

- d) os condutores ou cabos não são percorridos constantemente pelas correntes de projeto dos respectivos circuitos, podendo as cargas serem cíclicas ou intermitentes;
- e) os condutores ou cabos dos diferentes circuitos não são simultaneamente carregados com as respectivas correntes de projeto (COTRIM, 2009, p.292).

Conforme a NBR 5410 (ABNT, 2004, p.115):

Os condutores para os quais se prevê uma corrente de projeto não superior a 30% de sua capacidade de condução de corrente, já determinada observando-se o fator de agrupamento incorrido, podem ser desconsiderados para efeito de cálculo do fator de correção aplicável ao restante do grupo.

Os métodos para capacidade de condução de corrente são válidos para todos os métodos de instalação e referencia: A1, A2, B1, B2, C e D, e para dois condutores carregados e três condutores carregados (NBR 5410, 2004).

As tabelas com as indicações normativas estão acessíveis como anexos. O Anexo H exhibe os fatores de correção para linhas subterrâneas com resistividade térmica diferente de 2,5 K.m/W e o Anexo I indica os fatores de agrupamento com cabos diretamente enterrados.

2.3.8 Queda de tensão

Em uma instalação elétrica, a tensão nos terminais de um equipamento de utilização deve ser igual à respectiva tensão nominal, admitindo-se uma pequena variação conforme a norma correspondente. Sempre que uma tensão aplicada varia além dos limites prefixados, alguma coisa é sacrificada, seja na vida útil, perdas, seja no desempenho do equipamento (COTRIM, 2009).

As quedas de tensões diferentes nas fases provocam um desequilíbrio nos circuitos. Dessa forma, os cálculos para queda de tensão devem ser feitos no projeto, considerando que se possa verificar se a tensão permanecerá dentro dos limites tolerados (COTRIM, 2009).

Para efetuar o cálculo de queda de tensão, deve-se obter o valor da corrente corrigida que passa pelo cabo, a qual obtém-se multiplicando o valor da condução de corrente do cabo pelos fatores de correção variantes de cada circuito.

Com isso há dois tipos de métodos para cálculo de queda de tensão: circuitos monofásicos e trifásicos (MAMEDE, 2007 apud SILVA, 2019).

Para o circuito trifásico, o cálculo é feito de acordo com a Equação (1). Para o circuito monofásico, usa-se a Equação (2).

$$S_c = \frac{\sqrt{3}.I_c.L_c.(R.\cos\phi.X\text{sen}\phi)}{10.N_{cp}.V_{ff}} \quad (1)$$

$$S_c = \frac{200.\rho.\Sigma(L_c.I_c)}{\Delta V_c.V_{fn}} \quad (2)$$

Sendo:

N_{cp} : número de condutores em paralelo por fase;

R : resistência do condutor, em $m\Omega/m$;

X : reatância do condutor, em $m\Omega/m$;

Φ : ângulo do fator de potência da carga;

S_c : a seção do condutor, em mm^2 ;

ρ : resistividade do material condutor cobre: $1/56\Omega$;

L_c : comprimento do cabo, em m;

I_c : corrente que passa no cabo, em A;

ΔV_c : queda de tensão máxima admitida, em %;

V_{fn} : tensão entre fase e neutro, em V.

V_{ff} : tensão entre fase e fase, em V.

Depois de efetuar o cálculo de queda de tensão do circuito pressuposto, obtém-se um valor em percentual que é analisado comparando com os limites para quedas de tensão, e caso ultrapasse o limite de queda de tensão normativa deve-se aumentar a seção do condutor.

Em qualquer que seja a instalação, os valores de queda de tensão nos circuitos não podem ultrapassar os seguintes valores:

- a) calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da(s) unidade(s) consumidora(s), no máximo 7%;
- b) calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da empresa distribuidora de eletricidade, quando o ponto de entrega for aí localizado, no máximo 7%;
- c) calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição, no máximo 5%;

d) calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso do grupo do gerador próprio, no máximo 7% (COTRIM, 2009, p.311).

Conforme Cotrim (2009, p. 323), “em nenhum caso a queda de tensão nos circuitos termiais pode ser superior a 4%”.

2.3.9 Dimensionamento de condutor fase

Com o dimensionamento correto do condutor fase, pode-se dar segurança às instalações elétricas, além de uma garantia de estabilidade e bom funcionamento dos circuitos elétricos. Para o dimensionamento do condutor fase, deve-se utilizar a corrente nominal do circuito, seguindo à lei de ohm. O circuito monofásico é calculado de acordo com a Equação (3), enquanto o circuito trifásico é calculado de acordo com a Equação (4).

$$I = \frac{S}{Vfn} \quad (3)$$

$$I = \frac{S}{Vff.\sqrt{3}} \quad (4)$$

Sendo:

I : corrente nominal do circuito, em A;

S : potência total, em VA;

Vff : tensão entre fase e fase, em V.

As Equações devem ser aplicadas a cada circuito, pelas quais finalmente obtém-se uma corrente total a ser atendida e o condutor fase é dimensionado e distribuído entre os circuitos para atender a essa corrente.

2.3.10 Dimensionamento de condutor neutro

O condutor neutro tem o objetivo de levar a corrente de volta à fonte buscando fazer que a corrente flua no sistema, em que se é necessário fazer um aterramento em um barramento no quadro de distribuição.

Em um circuito monofásico, o condutor neutro deve ter as mesmas seções do condutor fase, para poder haver diferença de potencial entre eles, no qual o condutor não pode ser comum a mais de um circuito (NBR 5410, 2004).

Nas instalações elétricas na empresa Brasil ao Cubo, assim como a norma determina, a cor do condutor neutro é azul clara. A Tabela 2 apresenta o dimensionamento do condutor neutro de acordo com o dimensionamento do condutor fase. É importante ressaltar que a Tabela 2 é utilizada para cargas trifásicas equilibradas. Sendo assim, para edifícios residenciais ou comerciais, como há várias cargas de diferentes consumidores na mesma fase, e estas são em sua maioria monofásicas, o neutro será igual à fase em todos os circuitos, desde a entrada da concessionária até os circuitos terminais.

Tabela 2 – Seção reduzida do condutor neutro.

Seção dos condutores de fase (mm ²)	Seção reduzida do condutor neutro (mm ²)
$S \leq 25$	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	185

Nota: ¹ As condições de utilização desta tabela são dadas em 6.2.6.2.6 da Norma.

Fonte: Adaptado de NBR 5410 (2004, p. 115).

2.3.11 Dimensionamento de condutor terra

O condutor terra tem como objetivo a proteção de pessoas e equipamentos evitando choques elétricos, no qual os circuitos com aterramento são conectados a um barramento, e posteriormente deslocados até a terra. Como o corpo humano é um condutor de energia, o condutor de terra serve para induzir a corrente como referência para ser descarregados na terra, evitando contato com pessoas e danos em equipamentos.

A Tabela 3 é utilizada para o correto dimensionamento do condutor terra, de acordo com o referencial de fase do circuito.

Tabela 3 – Seção mínima do condutor terra.

Seção dos condutores de fase S (mm ²)	Seção mínima do condutor de proteção correspondente (mm ²)
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$S/2$

Fonte: Adaptado de NBR 5410 (2004, p. 150).

2.3.12 Disjuntores termomagnéticos de proteção

Os disjuntores são dispositivos que têm a função de: promover a proteção elétrica dos condutores de um circuito detectando sobrecorrentes e abertura do circuito, por meio de abertura manual comandar circuitos ou equipamentos (por exemplo: iluminação servindo de interruptor) e também asseguram uma distância adequada de isolamento através do seccionamento do circuito (COTRIM, 2009).

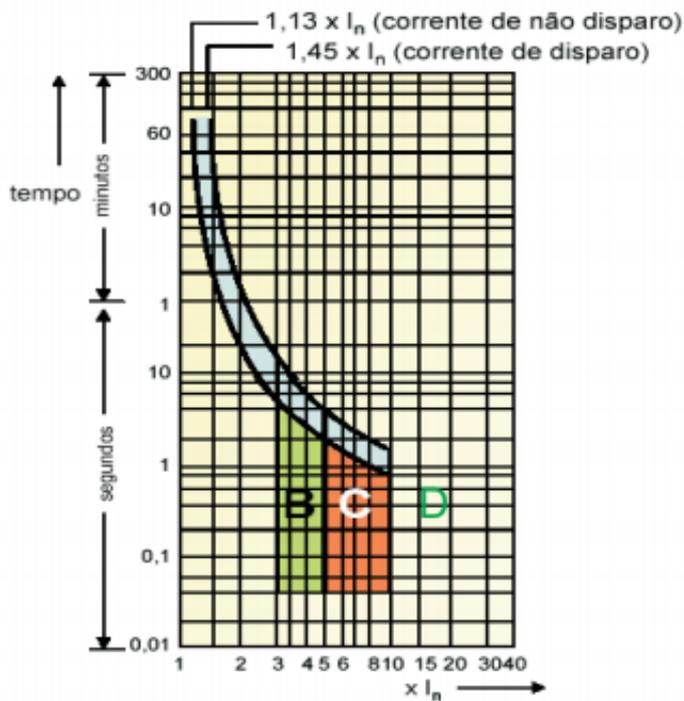
Atualmente, os disjuntores mais utilizados na maioria das instalações elétricas são os disjuntores termomagnéticos, que além de um custo-benefício melhor, ainda é mais preciso em relação aos outros dispositivos.

Em um disjuntor termomagnético existem algumas diferenças em relação à sua atuação. Esses disjuntores possuem três curvas distintas que diferem o modo de disparo: Curva B, Curva C e Curva D, conforme norma NBR IEC 60898 (ABNT, 1998).

- a) Os disjuntores termomagnéticos de curva B são os destinados à proteção de condutores de cargas resistivas (por exemplo: chuveiros, lâmpadas incandescentes, etc.), e o seu disparador magnético durante o curto-circuito atua entre 3 e 5 x IN (corrente nominal).
- b) Os disjuntores termomagnéticos de curva C são os destinados à proteção de condutores de cargas indutivas (por exemplo: motores, compressores, etc.), e o seu disparador magnético durante curto-circuito atua entre 5 e 10 x IN (corrente nominal).
- c) Os disjuntores termomagnéticos de curva A são os destinados à proteção de condutores de cargas fortemente indutivas (por exemplo: transformadores), e o seu disparador magnético durante curto circuito atua entre 10 e 50 x IN (corrente nominal).

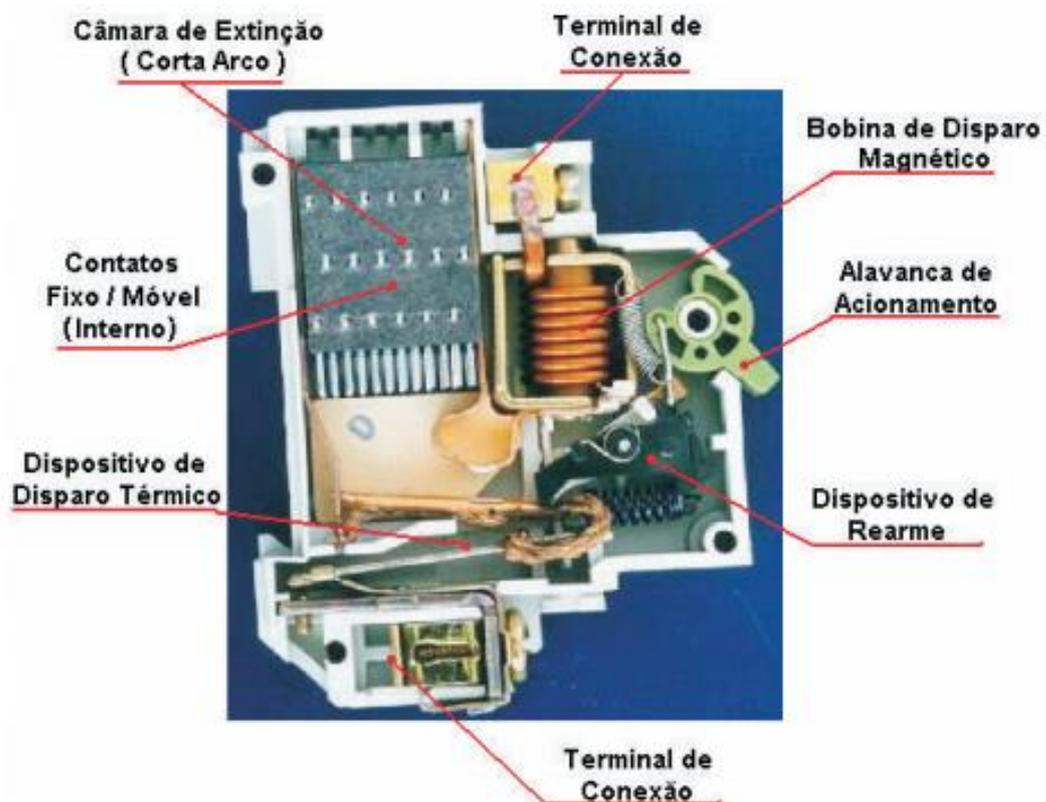
A Figura 4 ilustra as curvas de disparo dos diferentes tipos de disjuntores, enquanto a Figura 5 apresenta os aspectos construtivos dos disjuntores termomagnéticos.

Figura 4 – Curvas de disparo segundo NBR 60898.



Fonte: ABNT (1998).

Figura 5 – Aspectos construtivos dos disjuntores termomagnéticos.



Fonte: ABNT (1998).

Para a determinação do disjuntor termomagnético, deve-se calcular a corrente total de cada circuito, e selecionar o disjuntor com capacidade de corrente maior que esta corrente e menor que a capacidade de condução de corrente do cabo, levando em conta as correções para cada circuito.

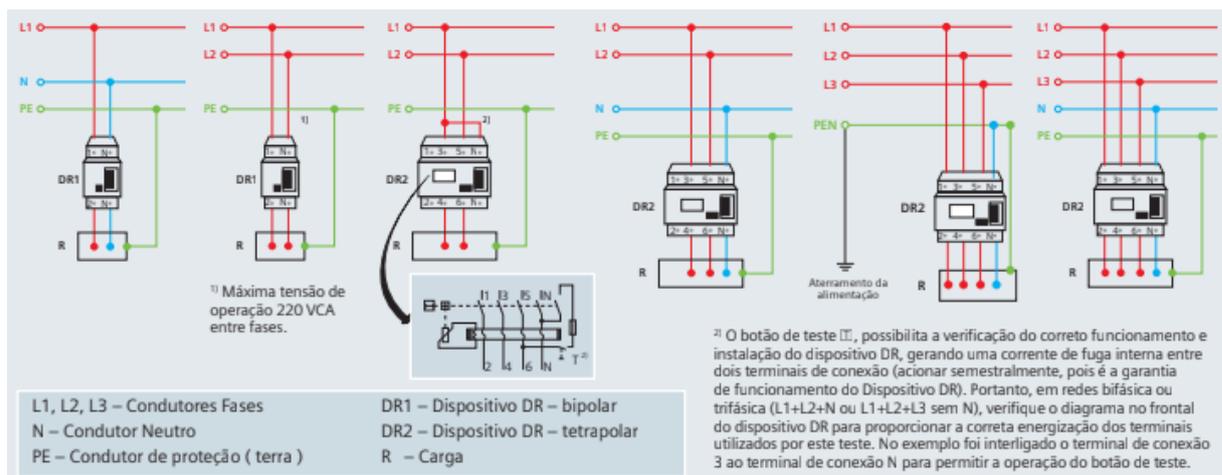
2.3.13 Disjuntores diferencial residencial (DR)

O disjuntor diferencial residencial é um sistema de proteção utilizado nas instalações elétricas. Funciona como proteção contra choques elétricos em pessoas, o qual desarma a partir de uma fuga de corrente no circuito. É o único meio ativo de proteção contra contatos diretos, e um dos mais eficientes em um contato indireto (COTRIM, 2009).

Nas instalações elétricas, pode ser usado apenas um que sirva como proteção geral de todos os circuitos, ou individualmente, distribuído para cada circuito indicado, em que os condutores fase e neutro devem ser interligados no DR.

Para um correto dimensionamento do disjuntor DR, deve-se basear de acordo com a capacidade de corrente do disjuntor escolhido para o circuito indicado, na qual a capacidade de corrente do DR deve ser igual ou maior do que a corrente do disjuntor termomagnético. Na Figura 6, verifica-se o esquema de alimentação do dispositivo com a rede elétrica do sistema.

Figura 6 – Esquemas de ligações básicas do dispositivo DR.



Fonte: Siemens (2009).

Para a correta escolha do dispositivo DR, as empresas de fabricação de disjuntores disponibilizam um padrão de disjuntores comercializados de acordo com o número de polos no

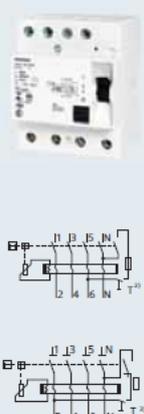
circuito. As Figuras 7 e 8 apresentam os padrões de disjuntores DR bipolares e tetrapolares comercializados, respectivamente.

Figura 7 – Padrão de disjuntores DR bipolares comercializados.

Diagrama Elétrico	Execução	Corrente nominal residual I _{Δn}	Corrente nominal I _n	Tipo AC	Tipo A	Proteção de curto circuito	
						Fusíveis ⁵⁾	Disjuntor
	Bipolar ¹⁾ 220V / 127 VCA (Fase e Neutro ou Fase e Fase)	10 mA	16 A	5SM1 111-0	5SM1 111-6	63 A	16 A
			25 A	5SM1 312-0 MB	5SM1 312-6	63 A	25 A
			40 A	5SM1 314-0 MB	5SM1 314-6	63 A	40 A
			63 A	5SM1 316-0	5SM1 316-6	100 A	63 A
			80 A	5SM1 317-0	5SM1 317-6	100 A	80 A
			100 A	5SM3 318-0KK	5SM3 318-6KK	125 A	100 A
		30 mA	125 A	5SM3 315-0KK	5SM3 315-6KK	125 A	125 A
			25 A	5SM1 412-0	5SM1 412-6	63 A	25 A
			40 A	5SM1 414-0	5SM1 414-6	63 A	40 A
			63 A	5SM1 416-0	5SM1 416-6	100 A	63 A
			80 A	5SM1 417-0	5SM1 417-6	100 A	80 A
			100 A	5SM3 418-0KK	5SM3 418-6KK	125 A	100 A
		100 mA	125 A	5SM3 415-0KK	5SM3 415-6KK	125 A	125 A
			25 A	5SM1 612-0	5SM1 612-6	63 A	25 A
			40 A	5SM1 614-0	5SM1 614-6	63 A	40 A
			63 A	5SM1 616-0	5SM1 616-6	100 A	63 A
			80 A	5SM1 617-0	5SM1 617-6	100 A	80 A
			100 A	5SM3 618-0KK	5SM3 618-6KK	125 A	100 A
300 mA	125 A	5SM3 615-0KK	5SM3 615-6KK	125 A	125 A		

Fonte: Siemens (2009).

Figura 8 – Padrão de disjuntores DR tetrapolares comercializados.

	Tetrapolar 220V / 127 VCA 380V / 220 VCA (3 Fases e Neutro) ou (2 Fases e Neutro) ⁴⁾	30 mA	25 A	5SM1 342-0 MB	5SM1 342-6	100 A	25 A
			40 A	5SM1 344-0 MB	5SM1 344-6	100 A	40 A
			63 A	5SM1 346-0 MB	5SM1 346-6	100 A	63 A
			80 A	5SM1 347-0	5SM1 347-6	100 A	80 A
			125 A	5SM3 345-0	5SM3 345-6	125 A	125 A
			25 A	–	5SM3 342-6KK01	100 A	25 A
		30 mA  ⁶⁾	40 A	–	5SM3 344-6KK01	100 A	40 A
			63 A	–	5SM3 346-6KK01	100 A	63 A
			40 A	5SM1 444-0	5SM1 444-6	100 A	40 A
			63 A	5SM1 446-0	5SM1 446-6	100 A	63 A
			125 A	5SM3 445-0	5SM3 445-6	125 A	125 A
			40 A	5SM1 642-0	5SM1 642-6	100 A	40 A
		100 mA	63 A	5SM1 644-0	5SM1 644-6	100 A	63 A
			80 A	5SM1 646-0	5SM1 646-6	100 A	80 A
			125 A	5SM1 647-0	5SM1 647-6	100 A	125 A
			40 A	5SM3 645-0	5SM3 645-6	125 A	125 A
			63 A	–	5SM1 644-8	100 A	63 A
			125 A	–	5SM1 646-8	100 A	125 A
300 mA	40 A	–	5SM3 645-8	125 A	125 A		
	63 A	–	5SM1 742-6	100 A	63 A		
	125 A	–	5SM1 744-6	100 A	125 A		
	25 A	5SM1 742-0	5SM1 742-6	100 A	25 A		
	40 A	5SM1 744-0	5SM1 744-6	100 A	40 A		
	63 A	5SM1 746-0	5SM1 746-6	100 A	63 A		
300 mA  ⁷⁾	125 A	5SM3 745-0	5SM3 745-6	125 A	125 A		
	40 A	–	5SM3 745-8	125 A	125 A		
	63 A	–	5SM3 846-8	100 A	63 A		
	125 A	–	5SM1 352-6	63 A	125 A		
	25 A	–	5SM1 354-6	63 A	25 A		
	40 A	–	5SM1 356-6	63 A	40 A		
500 mA	63 A	–	5SM1 652-6	63 A	63 A		
	125 A	–	5SM1 654-6	63 A	125 A		
	25 A	5SM3 745-0	5SM3 745-6	125 A	25 A		
	40 A	–	5SM3 846-8	100 A	40 A		
	63 A	–	5SM1 652-6	63 A	63 A		
	125 A	–	5SM1 654-6	63 A	125 A		
1000 mA  ⁷⁾	25 A	–	5SM1 656-6	63 A	25 A		
	40 A	–	5SM1 654-6	63 A	40 A		
	63 A	–	5SM1 656-6	63 A	63 A		
	25 A	–	5SM1 652-6	63 A	25 A		
	40 A	–	5SM1 654-6	63 A	40 A		
	63 A	–	5SM1 656-6	63 A	63 A		

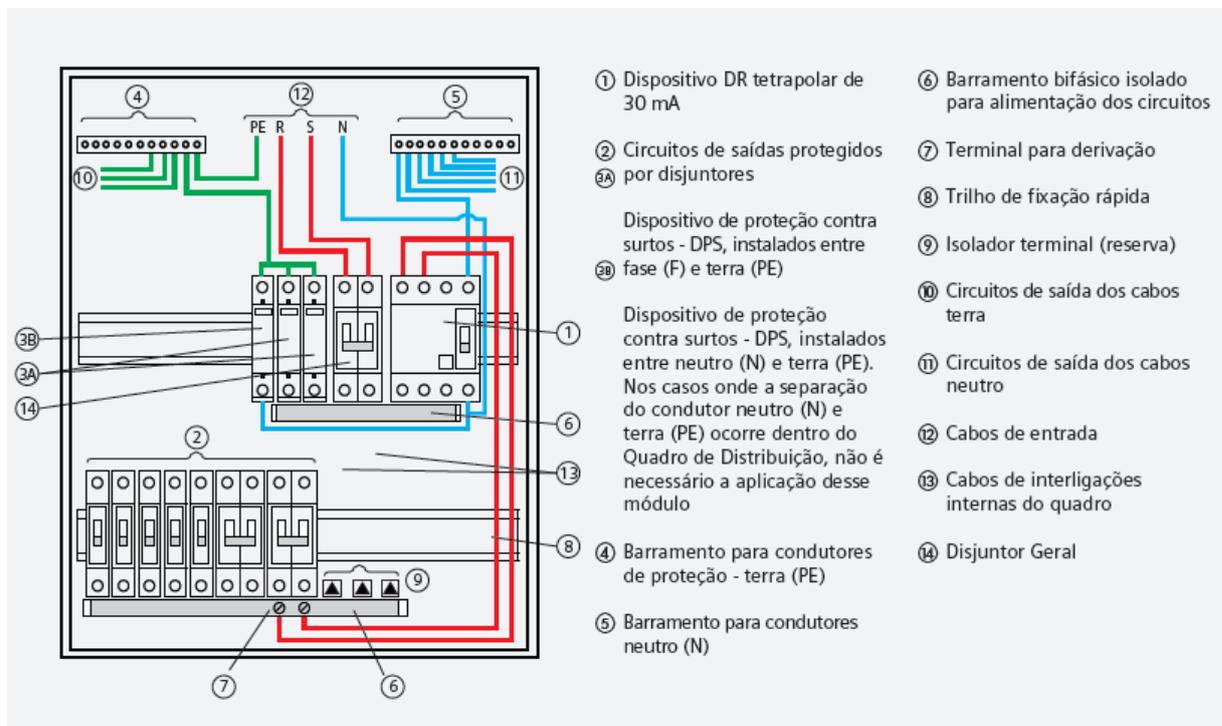
Fonte: Siemens (2009).

2.3.14 Dispositivos de proteção contra surtos (DPS)

O dispositivo de proteção contra surtos é um sistema de proteção utilizado nas instalações elétricas. Funciona como proteção contra sobrecargas provocadas por descargas atmosféricas, evitando danos a equipamentos elétricos e eletrônicos.

Nas instalações elétricas, os dispositivos devem ser instalados no quadro geral para proteção geral de todos os circuitos ou junto ao ponto de entrada da linha na edificação, onde são interligados com os condutores fases e neutro (NBR 5410, 2004). A Figura 9 representa o esquema de ligação do dispositivo DPS.

Figura 9 – Exemplo de montagem e ligação do DPS.



Fonte: Siemens (2017, p.14).

2.3.15 Condutores elétricos

Em uma instalação elétrica residencial ou predial, os dutos elétricos utilizados geralmente são de PVC ou ferro galvanizado. Os eletrodutos de PVC são utilizados para instalações em alvenaria ou enterrados no solo, e os de ferro galvanizado para construções aparentes ou em locais que precisam mais rigidez em relação à conexão (MAMEDE, 2002).

Para a passagem da fiação nos eletrodutos, deve-se obedecer a algumas normativas em relação ao limite máximo de cabos dentro do conduto, respeitando a sua área da seção transversal, de acordo com Mamede (2002):

- a) 53% no caso de um único condutor ou cabo;
- b) 31% no caso de dois condutores ou cabos;
- c) 40% no caso de três ou mais condutores ou cabos.

A NBR 5410 recomenda nas instalações como seção mínima para eletroduto, a de 20 mm ou 3/4". Porém, a Tabela 5 mostra a seção adequada de acordo com a quantidade de circuitos que passam dentro do eletroduto.

Tabela 4 – Seção nominal de acordo com número de condutores.

Seção nominal (mm ²)	Número de condutores no eletroduto								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tamanho nominal do eletroduto (mm)									
1,5	16	16	16	16	16	16	20	20	20
2,5	16	16	16	20	20	20	20	25	25
4	16	16	20	20	20	25	25	25	25
6	16	20	20	25	25	25	25	32	32
10	20	20	25	25	32	32	32	40	40
16	20	25	25	32	32	40	40	40	40
25	25	32	32	40	40	40	50	50	50
35	25	32	40	40	50	50	50	50	60
50	32	40	40	50	50	60	60	60	75
70	40	40	50	60	60	60	75	75	75
95	40	50	60	60	75	75	75	85	85
120	50	50	60	75	75	75	85	85	-
150	50	60	75	75	85	85	-	-	-
185	50	75	75	85	85	-	-	-	-
240	60	75	85	-	-	-	-	-	-

Fonte: Adaptado de Prysmian (2006, p. 106).

2.3.16 Quadros de distribuição

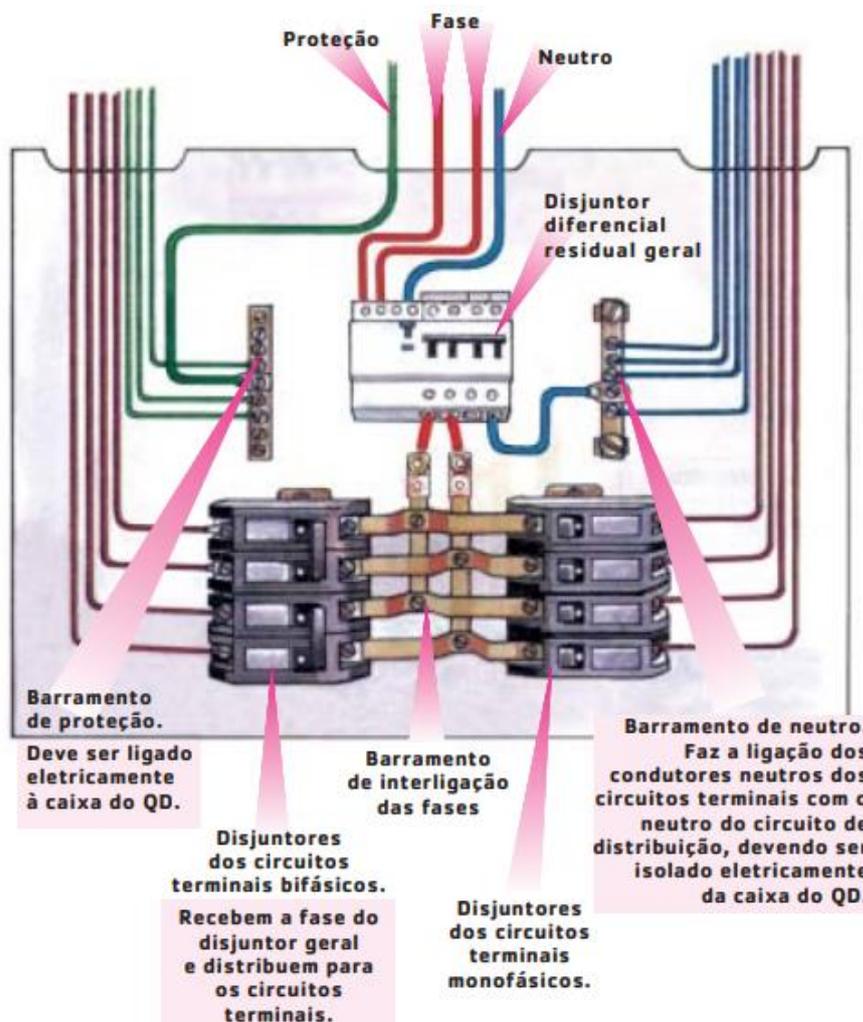
No âmbito de instalações elétricas, o quadro de distribuição é o centro de distribuição de toda a instalação, pois além de organizar os circuitos internos da edificação também recebe a alimentação vinda do medidor da rede da concessionária de energia (PRYSMIAN, 2006).

Os dispositivos de proteção da instalação como DR, DPS e disjuntor termomagnético são todos fixados dentro do quadro de distribuição, com um correto dimensionamento e interligação com os circuitos terminais e barramentos³.

Por ser um equipamento de proteção, os quadros de distribuição devem ser colocados em lugares estratégicos dentro da edificação, visando lugares mais secos, arejados e também com fácil acesso para facilitar uma futura manutenção. Sendo previsto sua fixação o mais próximo possível do medidor, para redução do custo com o cabo que provem da rede concessionária.

A Figura 10 ilustra um exemplo das interligações dos componentes de proteção dentro do quadro de distribuição e as ligações realizadas.

Figura 10 – Exemplo de interligação dos componentes elétricos no quadro de distribuição.



Fonte: Prysmian (2006, p. 33).

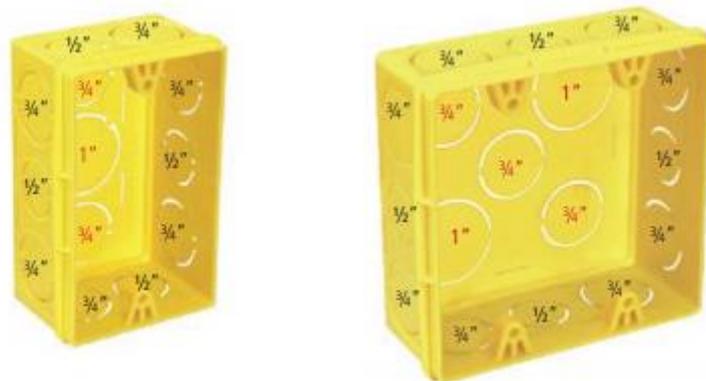
³ Barramentos – barras de cobre que auxiliam na condução de correntes elétricas.

2.3.17 Caixas de derivação

As caixas de derivação em uma instalação elétrica são primordiais para a correta passagem de eletrodutos e fiação em uma construção civil. Sua aplicação permite a derivação dos circuitos elétricos e fixação dos acessórios, como tomadas e interruptores. Dentre os seus benefícios, tem-se a facilidade para instalação, estocagem, durabilidade e a quantidade de entradas disponíveis para eletrodutos rígidos ou flexíveis com diâmetros de 20 mm (1/2”), 25 mm (3/4”) e 32 mm (1”) (TIGRE, 2016).

Nas obras em construção civil modular na empresa Brasil ao Cubo, são mais utilizadas as caixas de derivação em PVC com tamanhos 4x2” e 4x4”, com utilização para eletrodutos flexíveis. A Figura 11 indica as caixas de derivação PVC 4x2” e 4x4” para eletrodutos flexíveis e com designação de cada entrada com diâmetro do eletroduto.

Figura 11 – Caixas de derivação PVC 4x2” e 4x4” com indicação de diâmetro de eletroduto flexível.



Fonte: Adaptado de Tigre (2016).

2.4 UTILIZAÇÃO DE SOFTWARES BIM PARA MODELAGEM DE PROJETOS ELÉTRICOS

No setor de construção civil, a etapa das instalações elétricas encontra-se com diversos desafios e problemas no decorrer do andamento da obra, desde aditivos em orçamento, falta de êxito nos prazos estabelecidos, controle de materiais e alinhamento entre projeto e execução. Dessa forma, o foco em novas tecnologias tem sido cada vez mais evidente, buscando além de sanar as adversidades estabelecidas como também um compromisso mais assertivo entre o cliente e o responsável pelo projeto.

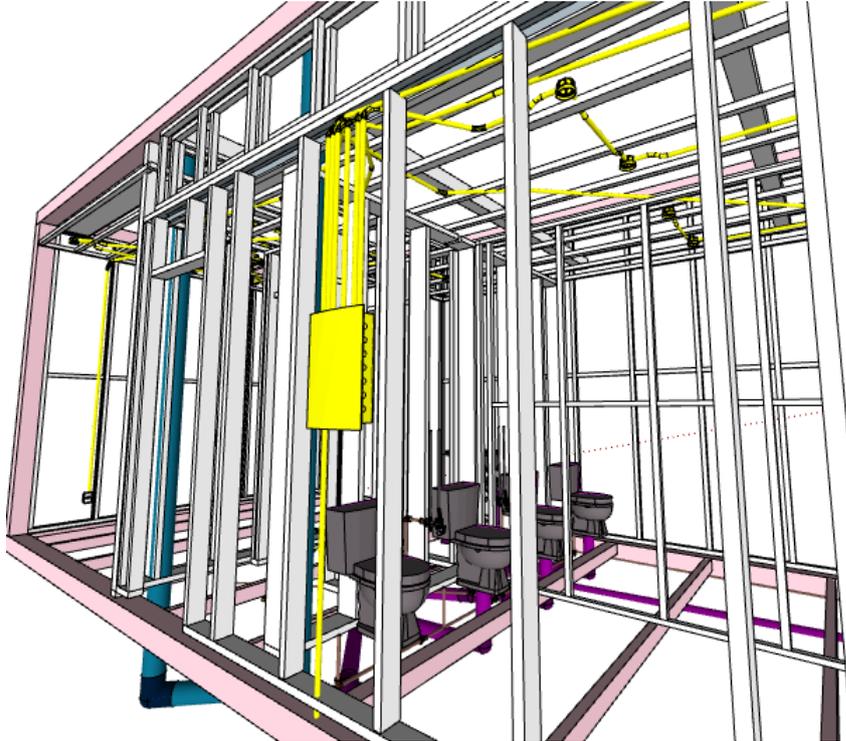
Nesse cenário, com a inovação tecnológica dos softwares para a modelagem dos projetos elétricos, percebe-se a quantidade e velocidade das informações geradas e sua demanda necessitando cada vez mais de atualização dos projetistas, se tornando não apenas um diferencial, transformando-se em uma exigência do mercado contemporâneo (CAMPESTRINI et al., 2015).

Os softwares para modelagem de projetos elétricos na plataforma BIM surgem como uma ferramenta de auxílio para otimização dos processos da construção civil, como compatibilização de vários projetos, tornando-se ágil e eficaz. O BIM tem como diferencial a quantidade de informações acopladas no projeto, sendo elas de diversas estruturas. O que na dimensão 2D era uma linha, no modelo BIM é um banco de dados com diversas informações, como: representação 2D e 3D, análise construtiva, quantificação, material, execução, características do elemento e associações com outros componentes. Com todas essas informações geradas automaticamente pelo software, além do ganho de tempo na modelagem do projeto, tem-se melhoria nos detalhamentos técnicos, acarretando credibilidade ao projeto. A quantidade de dados associadas a cada componente são ajustáveis, viabilizando alterações e criação de novos componentes no decorrer do projeto (MASOTTI, 2014).

Outro ponto em destaque nos benefícios da plataforma BIM é a assertividade nas listas de materiais, as quais, ao término da modelagem dos projetos técnicos, são geradas automaticamente e com todos os detalhamentos técnicos contidos no projeto. Dessa forma, reduzem-se os desperdícios em obra e custos, estabelecendo práticas mais sustentáveis para o procedimento construtivo.

Para a implementação do software na plataforma BIM em visualização 3D, foi realizado compatibilização de um projeto em instalações elétricas e projeto hidrossanitário em um módulo projetado pela empresa Brasil ao Cubo, conforme alude a Figura 12.

Figura 12 – Compatibilização de projetos em visualização 3D na plataforma BIM.



Fonte: Autor (2020).

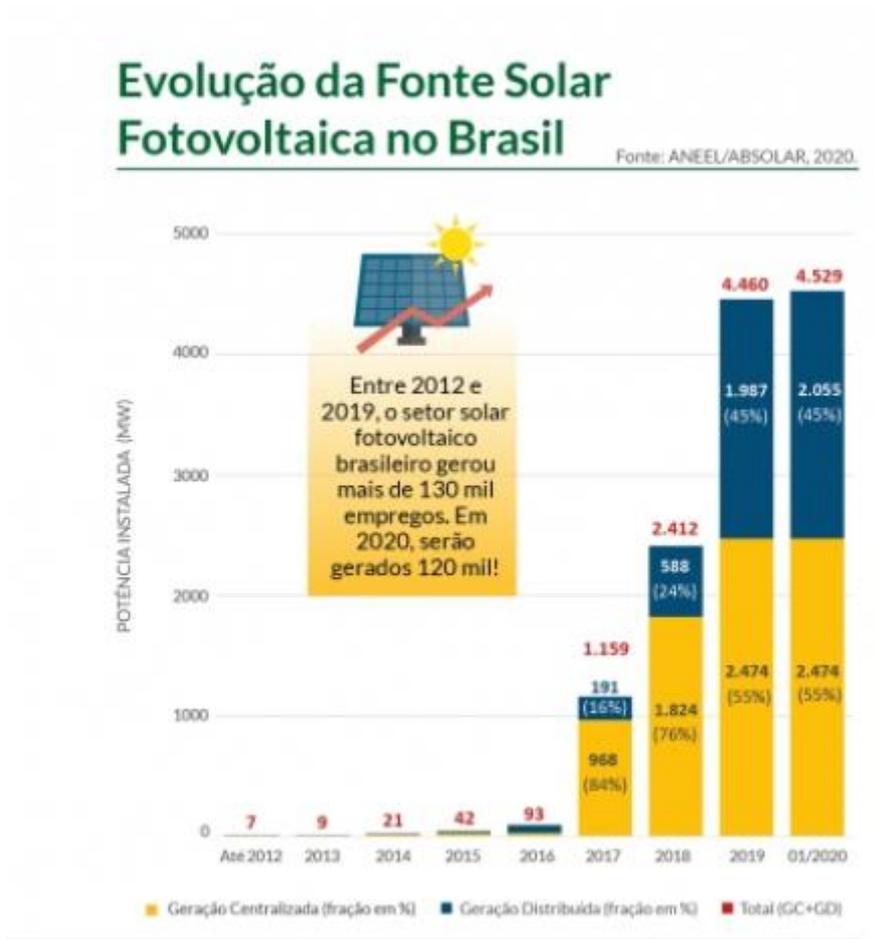
2.5 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia solar fotovoltaica é a energia obtida através da conversão da luz em eletricidade. O dispositivo responsável pela conversão é a célula fotovoltaica, que é fabricada com um material semicondutor (GTES, 2014).

Desde a crise do petróleo nos anos 70, o interesse e busca por esse método de fornecimento e geração de energia só aumentou, se tornando uma ótima alternativa a quem dependia do composto e seus derivados. Apesar das fontes não renováveis ainda serem o destaque no cenário energético mundial, a energia solar vem ganhando ênfase nos últimos anos, já que se mostrou positiva quando o assunto é sustentabilidade e economia (GTES, 2014).

O território brasileiro recebe elevados índices de irradiação solar quando comparado a países europeus, onde a tecnologia para sistemas fotovoltaicos tende a crescer para a geração de energia. Apesar do problema do custo das células, e das dificuldades de financiamento para obtenção das placas do usuário, a energia solar vem ganhando um vasto destaque em solo brasileiro, como informa a Figura 13.

Figura 13 – Evolução da Fonte Solar Fotovoltaica no Brasil.



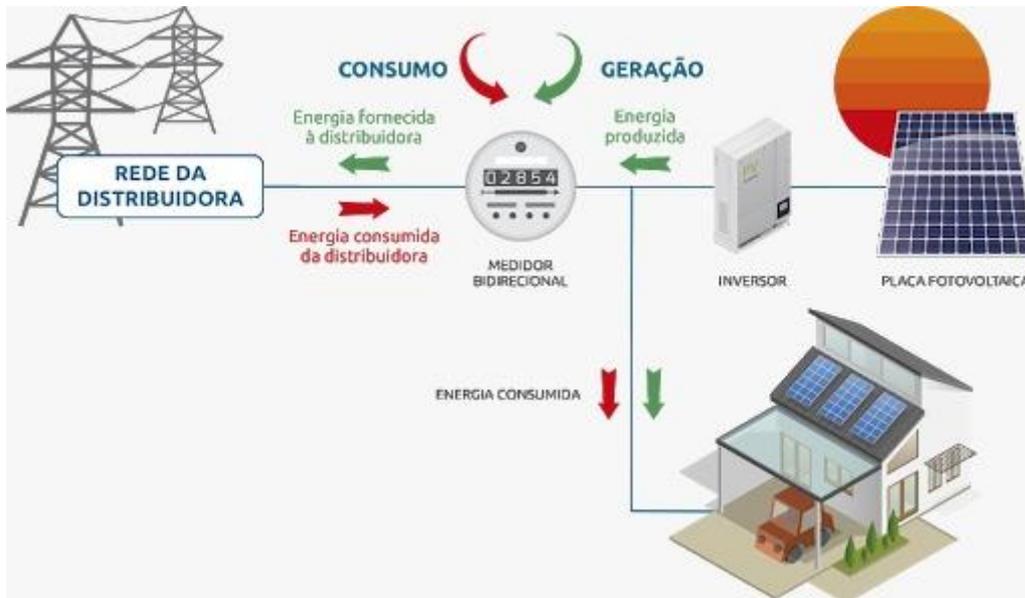
Fonte: Absolar (2020).

O crescimento da energia solar se dá aos seus diversos benefícios no qual oferece, como por exemplo, a sustentabilidade e economia. O principal ponto é o compromisso com o meio ambiente, ao contrário dos combustíveis fósseis, a energia solar é uma forma limpa, sendo que não produz resíduos poluentes e/ou gases de efeito estufa. Se tornando sustentável, logo se sua geração ocorre através de um processo natural que se repõe constantemente, de acordo com a emissão dos raios solares. Outro ponto importante é a economia, ao utilizar este tipo de sistema é possível reduzir cerca de 90% do valor da fatura, em razão da compensação de energia e o compartilhamento do Sistema Interligado Nacional (SIN). O sistema fotovoltaico injeta na rede e interliga o excedente de energia, transformando em crédito na concessionária, podendo ser descontado na fatura ou até mesmo armazenado para uso futuro. Ao instalar um sistema residencial também existe o beneficiamento da valorização do imóvel, podendo alegar que o local utiliza energia limpa e econômica, trazendo alto valor de apreciação para o futuro comprador.

Atualmente, existem dois tipos de sistemas fotovoltaicos: os conectados à rede (*on-grid*) e os desconectados à rede (*off-grid*). Os mais utilizados são os sistemas conectados à rede, já que se tornam mais baratos através do sistema de compensação de energia pela rede concessionária e não necessitam da utilização de baterias para o armazenamento de energia.

Evidencia-se na Figura 14, o sistema conectado *on-grid* e seus principais componentes em uma instalação.

Figura 14 – Sistema *on-grid* e seus componentes.



Fonte: Inovacare Solar (2020).

3 ESTUDO DE CASO

Esse capítulo abordará a elaboração do estudo de caso, após realizadas as devidas análises teóricas e complementares para o desenvolvimento do tema na empresa Brasil ao Cubo. Serão pressupostos estudos referentes às padronizações relacionadas às instalações elétricas, implementações de sistemas de energia solar em obra modular e aplicação de método personalizado de passagem de fiação e eletroduto, denominado chicote. A proposta tem como objetivo apresentar conceitos singulares de informação, possibilitando verificação de viabilidade econômica e a possibilidade de sugestões de melhoria.

3.1 PADRONIZAÇÕES NAS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DOS MÓDULOS

Com o processo de instalação elétrica sendo executado dentro do parque fabril, a empresa tem como foco a busca pela padronização e atualizações de componentes que auxiliam a etapa de instalação. Tecnologias têm sido implementadas para a facilitação do trabalho técnico, acarretando agilidade e segurança, e obedecendo as indicações normativas vigentes.

3.1.1 Conectores de emenda

Os módulos da Brasil ao Cubo são produzidos na fábrica, entretanto após a montagem se desmembram em partes para carregamento até o destino, formando uma espécie de “quebra-cabeça”. Nessa metodologia de processo produtivo, é natural a ocorrência de emendas nos circuitos de força e de carga para a alimentação de energia. Dessa forma, a empresa tem como padrão a utilização de acessórios que auxiliam o trabalho técnico do profissional de elétrica, e ajudam na segurança evitando mal contato nas conexões e emendas.

Os acessórios utilizados para a emendas nos circuitos de força e carga são os conectores de emenda automática. Fabricados para atender aos requisitos de acordo com a NBR 5410, e assim inovar o sistema de emendas e conexões para cabos até 6 mm². Esses conectores têm uma função versátil na instalação, pois permitem conectar e isolar ao mesmo tempo, eliminam o uso de solda e estanho nas emendas, além de não enferrujar e reduzir o tempo de instalação (WAGO, 2018).

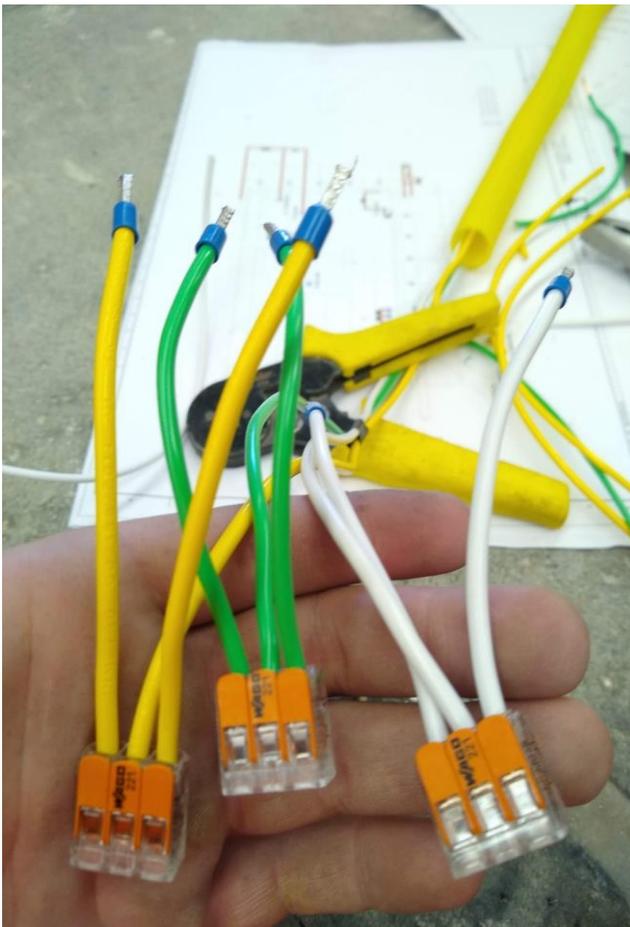
Atualmente, em instalações elétricas na empresa ocorre a utilização de conectores de emenda da marca Wago das linhas 221 e 222. A linha 221 contém modelos com espaço de 2,3 ou 5 polos de condutores para derivação, com uma intensidade de corrente de operação de até

32 amperes para condutor flexível 4mm² e 41 amperes para condutor flexível 6mm². A linha 222 contém modelos com mesmo número de polos da linha 221, ou seja, com 2,3 e 5 polos de condutores para derivação, mas com uma intensidade de corrente de 32 amperes para condutores flexíveis até 4mm² (WAGO, 2018).

Para a realização das conexões e emendas no sistema elétrico, os técnicos responsáveis são orientados a utilizar em circuitos de iluminação, iluminação de emergência e tomadas de uso geral conectores de emenda na linha 222, e para circuitos específicos como ar-condicionado, chuveiro e tomadas, conectores de emenda 221.

Na Figura 15 é possível verificar uma derivação realizada em um circuito de força de uso específico, com bitola do cabo 2,5mm² e conector Wago linha 221 com três polos em uma instalação elétrica realizada na Brasil ao Cubo.

Figura 15 – Emenda feita em circuito com conectores Wago.



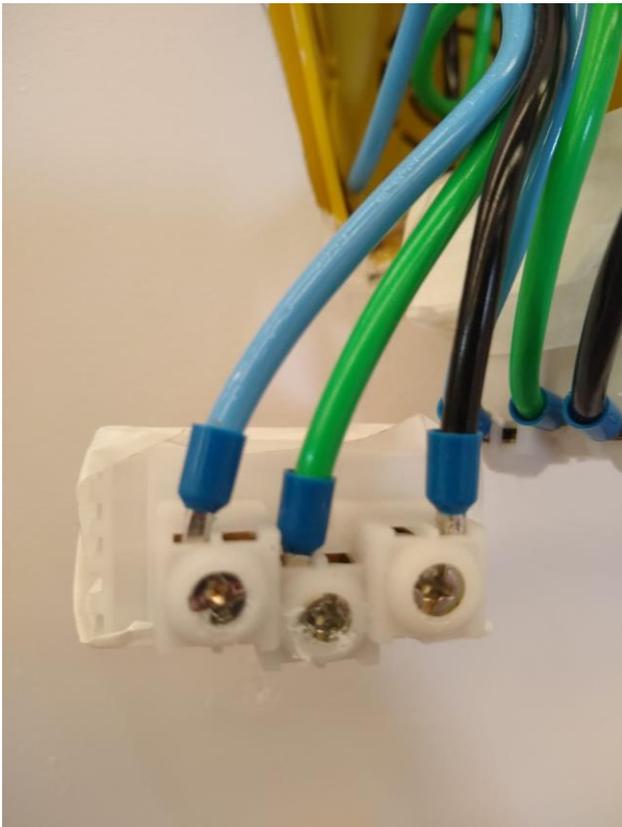
Fonte: Autor (2019).

3.1.2 Terminais

Com o objetivo de explorar as tecnologias atuais no âmbito de instalações elétricas, buscando agilidade e segurança, a empresa utiliza terminais para a conexão dos pontos elétricos e dispositivos utilizados dentro do quadro de distribuição. Eles servem para auxiliar o profissional a realizar uma instalação segura, minimizando o risco de choque elétrico e perdas de carga nos circuitos devido às más conexões e emendas.

Por ter usabilidade simples e um custo relativamente baixo, se torna uma opção viável para implementação nas instalações elétricas dos módulos. Para sua utilização é necessário fazer a decapagem do condutor, inserir no terminal e posteriormente usar o alicate para crimpar⁴, que é a ferramenta recomendada e específica para determinada aplicação. Mostra-se na Figura 16 um terminal após o processo de crimpagem utilizado em um ponto elétrico no módulo.

Figura 16 – Terminal utilizado em ponto elétrico do módulo.



Fonte: Autor (2020).

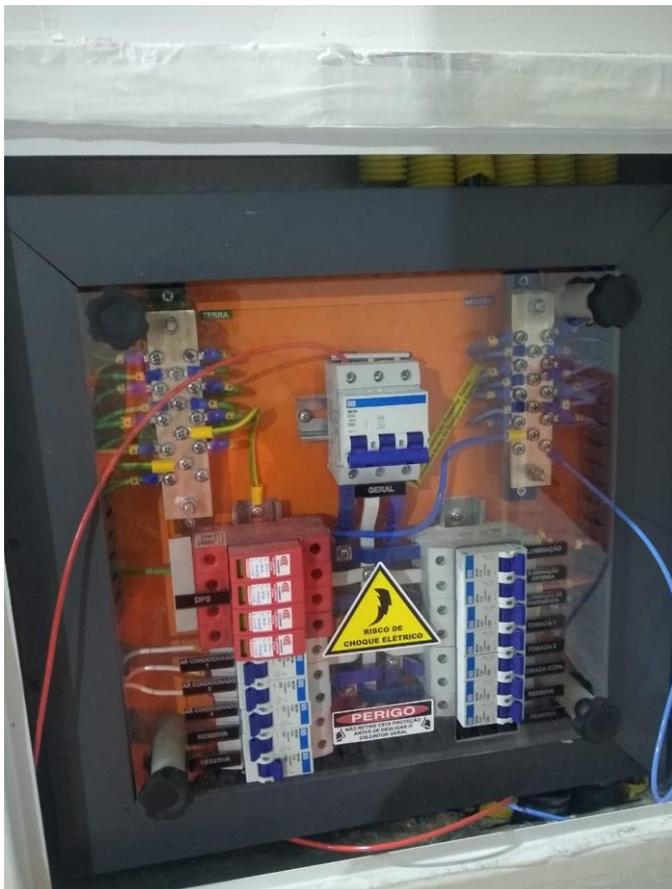
⁴ Crimpar - Fixação de terminal elétrico a um cabo ou fio utilizando alicate.

3.1.3 Quadro de distribuição

Na metodologia de montagem dos quadros de distribuição nos módulos, é necessário a análise dos métodos de segurança empregados e dos dispositivos utilizado nas ligações. Planejando a assertividade na funcionalidade da rede elétrica de alimentação, os quadros de distribuição seguem um protocolo de padronização desenvolvido pela empresa, de forma que as obras da empresa Brasil ao Cubo podem ser transportadas até o destino. Tem-se um cuidado especial visando a qualidade necessária para evitar futuras manutenções.

Seguindo políticas internas da empresa, os condutores inseridos nos dispositivos de proteção devem ser identificados e conectados através de terminais. O mesmo ocorre para a ligação dos condutores nos barramentos de neutro e terra, visando a garantia de segurança do sistema elétrico. Indica-se na Figura 17 um quadro de distribuição de uma obra montado pela empresa em fase de teste na fabrica.

Figura 17 – Quadro de distribuição montado na empresa.



Fonte: Autor (2020).

3.2 PASSAGEM DE ELETRODUTO E FIAÇÃO VIA MÉTODO DE CHICOTES

A passagem de eletrodutos e fiação em uma instalação elétrica leva um tempo considerável na execução de uma obra em construção civil. Com isso, a empresa está implementando métodos que consigam acarretar agilidade, segurança e padronização nas instalações. Para isso, tem-se foco em desenvolvimento de novas formas de instalação saindo de um método convencional, e visando viabilizar o curto prazo estimado para entrega da obra. O método construtivo de estrutura dos módulos da Brasil ao Cubo é adaptado para a passagem de eletrodutos da rede elétrica, na qual a parede que possui os pontos elétricos é produzida em partes, para otimização de tempo na execução do trabalho. O processo acontece fechando o lado interno da parede e deixando a parede externa livre para passagem, acesso e fixação dos eletrodutos, conforme Figura 18.

Figura 18 – Fechamento de parede em um módulo da Brasil ao Cubo.



Fonte: Autor (2020).

Com esse método de fechamento das paredes, ganha-se flexibilidade na instalação, pois, com o acesso às tubulações, tem-se facilidade para uma futura manutenção e agilidade para execução.

Visando melhoria constante e táticas personalizadas para padronização em instalações elétricas em uma construção civil dentro de um parque fabril, a empresa tem como objetivo adotar e implementar uma estratégia diferente de um método convencional de passagens de eletrodutos e fiação. Tendo em vista o processo de montagens em partes e a adaptação da estrutura viabilizando a facilitação nos acessos para execução na instalação, nota-se que o processo de passagem de eletrodutos e fiação poderia ser feito externo a instalação da obra, sendo realizado antes da obra iniciar na produção, ocasionando economia de tempo e facilidade na execução. Isso se dá com um planejamento estratégico e alinhamento entre projeto e instalação, juntamente com testes práticos em obra para validação e implementação do processo, cuja denominação é chicotes.

3.2.1 Teste prático em obra modular

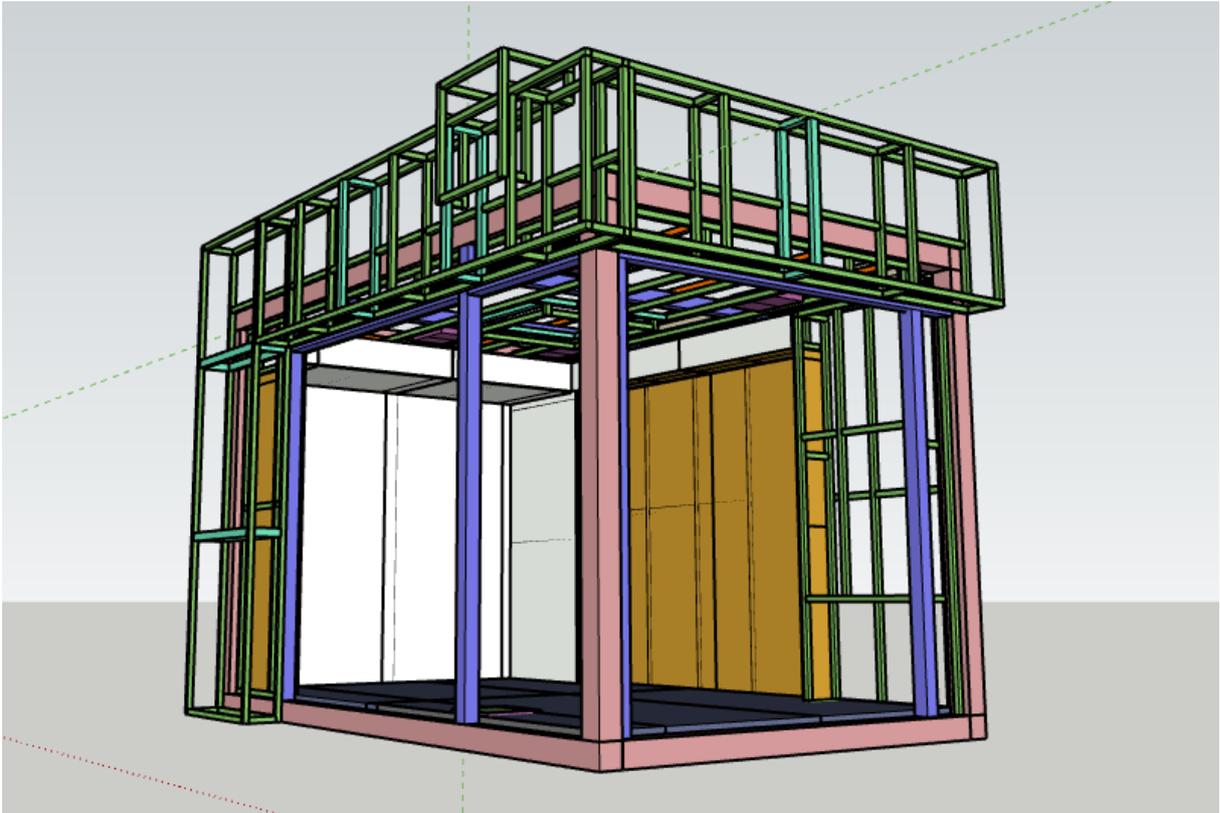
A viabilização da estratégia no procedimento de chicotes externos à construção se dá através de testes práticos feitos na empresa e análises subjetivas entre projeto e execução. Para implementação do procedimento, foi escolhido uma obra modular de um mercado autônomo que foi montado na cidade de São Paulo, chamado Zaitt.

3.2.1.1 Características da obra

A obra modular realizada em um mercado autônomo denominado Zaitt surgiu com intuito de aplicar as tecnologias avançadas de automação para facilidade na compra de mercadorias e padronização de processos operacionais, tendo em vista que o cliente não necessita de nenhum atendente para adquirir o produto.

O módulo tem estrutura metálica com medidas de 3,10 m x 4,83 m externas, pé direito interno de 2,83 m, e o fechamento interno das paredes e teto com gesso acartonado. Com isso, toda a instalação elétrica executada foi embutida, conforme exhibe a Figura 19, que ilustra o projeto estrutural em visualização 3D da obra modular Zaitt.

Figura 19 – Projeto estrutural da obra modular Zaitt.



Fonte: Brasil ao Cubo (2020).

3.2.1.2 Projeto elétrico executivo

Os pontos elétricos e equipamentos desejados foram disponibilizados pelo cliente via planta baixa, onde posteriormente realiza-se o dimensionamento dos circuitos, eletrodutos e fiação para atendimento adequado da alimentação de energia, com o cálculo de potência instalada total da obra. Levando em consideração a localização da construção e os diferentes níveis de tensão que podem existir nas alimentações de energia nos estados brasileiros, tem-se um cuidado para os cálculos de potência instalada total, nos quais, nesse caso, a tensão seria monofásica 127V e trifásica 220V, característico da cidade de São Paulo.

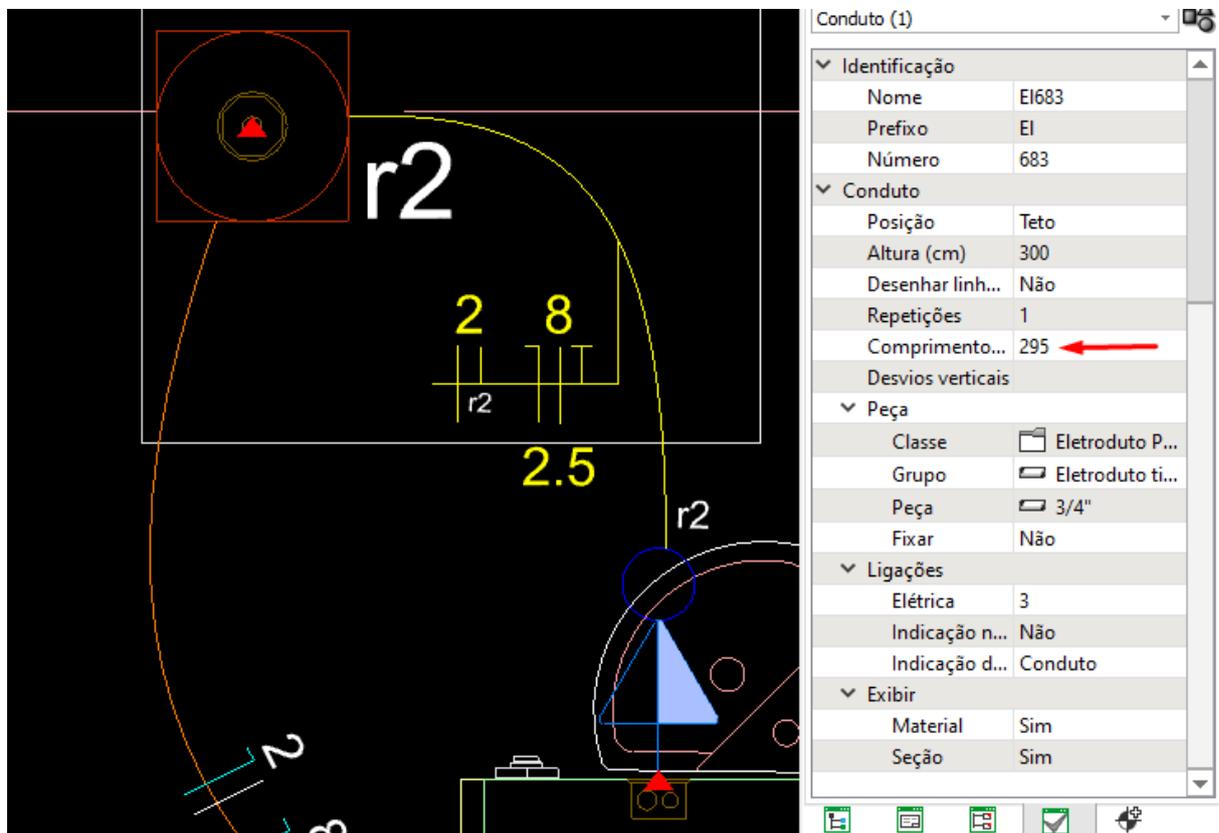
Posteriormente à definição de potência instalada, tem-se o dimensionamento correto dos circuitos elétricos. Tal procedimento sucede seguindo as exigências da norma brasileira em instalações elétricas em baixa tensão, a NBR 5410. Essa norma indica um padrão mínimo de seção dos cabos para segurança dos circuitos, como circuitos de iluminação bitola mínima de $1,5\text{mm}^2$ e circuitos de carga bitola mínima de $2,5\text{mm}^2$. Os demais circuitos são calculados analisando a capacidade de corrente do cabo e o tipo de isolamento, conforme Anexos A a F. Contudo, leva-se em consideração os fatores de correção para a definição de cada circuito, de

acordo com o Anexo G, Anexo H, Anexo I, Tabela 1 e os cálculos necessários para queda de tensão no circuito, respeitando a legislação vigente.

A próxima etapa é o equacionamento de eletrodutos e fiação para projeto executivo na fábrica. Entretanto, para a realização dessa etapa é necessário o auxílio de um software especializado em projeto elétrico na plataforma BIM, para obter a padronização assertiva das medidas dos componentes e minimizar erros na hora do procedimento de instalação elétrica. O software utilizado foi o QiElétrico, da empresa Alto Qi. Trata-se de um software desenvolvido no Brasil, adaptado a norma nacional em instalações elétricas, se tornando flexível e atualizado para atendimento de projetos elétricos para a empresa.

Visando a assertividade na passagem dos condutos e medidas, o software conta com o opcional de parametrização de cada eletroduto e fiação com seu comprimento entre um ponto e outro, viabilizando o método de chicotes externos. Para exemplificar, a Figura 20 indica a interligação entre um ponto de luz e um ponto tomada com interruptor simples em projeto, demonstrando o comprimento do conduto de conexão e levando em consideração que os dois pontos estão em medidas reais de execução: 3,0 m e 1,20 m, respectivamente.

Figura 20 – Identificação de comprimento de eletroduto em projeto no software QiElétrico.



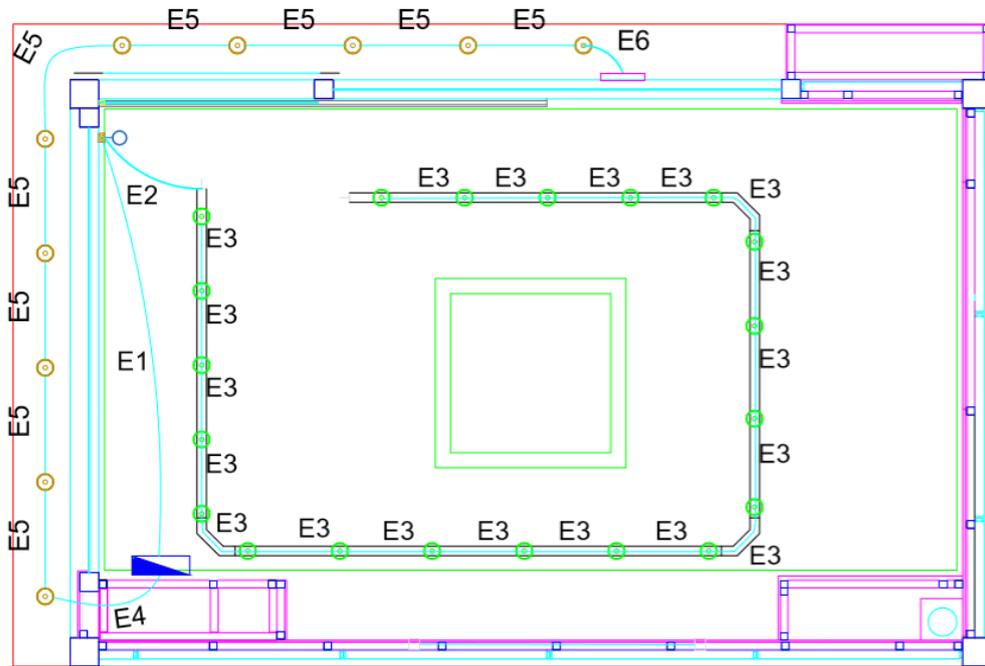
Fonte: Autor (2020).

Posteriormente à definição de medida do conduto ponto a ponto e de qual fiação passará dentro deste para alimentação, a próxima etapa é adicionar uma medida de segurança no eletroduto e fiação para evitar algum entrave na execução. A medida prevista em projeto elétrico é de 40 cm para eletroduto de ligação entre ponto no teto à parede, e 20 cm para pontos de interligação no teto. Já a fiação segue as medidas do eletroduto e é acrescentado mais 30 cm para interligação entre ponto no teto à parede, 15 cm para interligação entre os pontos de luz no teto e 1 m para a interligação de um circuito de alimentação até o quadro de distribuição, analisando a necessidade de uma fiação excedente para efetuar as conexões nos disjuntores e barramento. Essas medidas têm vasta importância na realização assertiva do método, pois além da segurança para evitar surpresas na hora de execução, auxiliam na redução de custos com os materiais elétricos.

Através das informações já obtidas de comprimentos de eletroduto, circuitos e definição da fiação, é realizado o dimensionamento dos diâmetros dos condutos para atender à alimentação. Conforme recomendação normativa da NBR 5410, a seção mínima para condutos em instalação elétrica de baixa tensão é de 20mm ou 3/4". Conforme a Tabela 4, pode ser realizado o dimensionamento correto dos eletrodutos levando em consideração a bitola e o número de cabos. Levando em conta também o espaçamento livre adequado dentro do conduto, conforme as porcentagens indicadas por Mamede (2002).

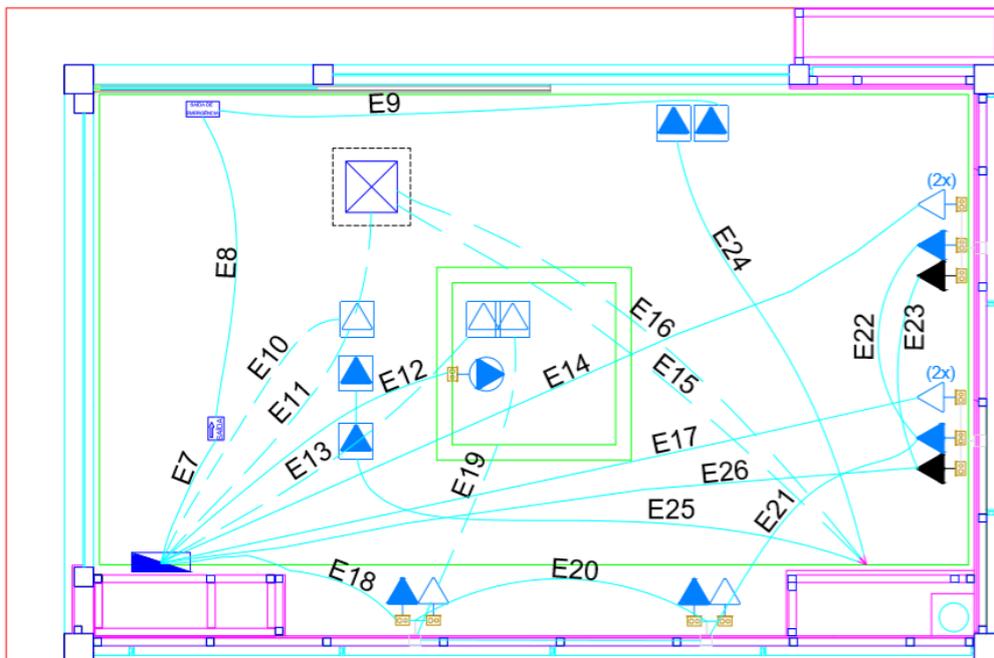
A próxima etapa do procedimento de chicotes externos é o detalhamento de cada conduto com uma nomenclatura padrão em planta baixa para projeto elétrico executivo, no qual o profissional de elétrica que irá executar a instalação analisará as ligações de cada eletroduto nos pontos desejados. Cada conduto é identificado com a letra E maiúscula e uma numeração sequencialmente de acordo com a passagem dos circuitos e facilidade na execução. Isso serve para a melhor leitura e entendimento do profissional que irá realizar o trabalho. A Figura 21 demonstra a identificação dos eletrodutos nos chicotes de iluminação em planta baixa na obra modular Zaitt. A Figura 22, por sua vez, indica a identificação dos eletrodutos nos demais pontos elétricos da obra, exibindo a distribuição destes na parede e teto.

Figura 21 – Identificação dos eletrodutos para iluminação em planta baixa.



Fonte: Autor (2020).

Figura 22 – Identificação dos eletrodutos nos demais pontos elétricos.



Fonte: Autor (2020).

Subsequentemente à identificação de cada eletroduto juntamente dos pontos dispostos em planta baixa, é disponibilizado uma legenda que indica a altura e nomenclatura dos pontos

elétricos existentes na obra. Essa legenda serve para o profissional acompanhar o andamento do processo de fabricação do módulo, seguindo corretamente os procedimentos padrões de montagem. Nesse caso, como o fechamento interno de parede e teto é todo de gesso acartonado, podem ser feitas as furações para colocação das caixas de PVC e deixar as passagens prontas em espera para instalação dos chicotes externos. A Figura 23 designa a legenda dos pontos elétricos para a obra Zaitt.

Figura 23 – Legenda dos pontos elétricos.

Legenda	
	Tomada baixa 10A a 0,30m do piso acabado
	Tomada no teto 10A para saída de emergência
	Tomada alta 10A a 2,60m do piso acabado
	Tomada média 10A a 1,10m do piso acabado
	Tomada alta 10A a 1,90m do piso acabado
	Tomada 10A no teto
	Tomada 10A no piso
	Caixa metálica no piso 50cmx50cm para NoBreak
	Ponto para iluminação (Spot par 20 - 6500k)
	Ponto para iluminação (MR16 - 3000k)
	QD de embutir - 48 disj. a 1,50m do piso acabado
	Passagem de eletroduto no teto para elétrica
	Passagem de eletroduto no piso para elétrica
	Eletrocalha tipo U 50cmX50cm
	Sensor de presença a 2,75m do piso acabado

Fonte: Autor (2020).

A próxima etapa do procedimento é o detalhamento de cada chicote com todas as referências necessárias para instalação como a bitola de fiação, diâmetro de eletroduto, distância de eletroduto, cor de cada fiação e circuito elétrico de cada condutor. Para isso, foi desenvolvido tabelas padrões para melhorar a implementação do método, agilizando o tempo do projetista e auxiliando a visualização do processo na fábrica. A Tabela 5 evidencia os detalhamentos necessários para a fabricação dos chicotes externos na fábrica.

Tabela 5 – Detalhamento dos chicotes.

Num.	Distância (m)	Diâmetro (mm)	Condutores	Cor da Fiação	Bitola (mm ²)	Circuito	
E1	6,28	25	Fase	Vermelho		1,5	1
			Neutro	Azul		1,5	1
E2	3,6	25	Neutro	Azul		1,5	1
			Retorno	Amarelo		1,5	1
E3	0,60	25	Neutro	Azul		1,5	1
			Retorno	Amarelo		1,5	1
E4	2,96	25	Fase	Vermelho		1,5	2
			Neutro	Azul		1,5	2
E5	0,46	25	Fase	Vermelho		1,5	2
			Neutro	Azul		1,5	2
			Retorno	Amarelo		1,5	2
E6	0,76	25	Fase	Vermelho		1,5	2
			Retorno	Amarelo		1,5	2
E7	3,62	25	Fase	Branco		2,5	3
			Neutro	Azul		2,5	3
			Terra	Verde		2,5	3
E8	1,62	25	Fase	Branco		2,5	3
			Neutro	Azul		2,5	3
			Terra	Verde		2,5	3
E9	1,43	25	Fase	Branco		2,5	3
			Neutro	Azul		2,5	3
			Terra	Verde		2,5	3
E10	3,34	25	Fase	Amarelo		2,5	4
			Fase	Vermelho		2,5	4
			Terra	Verde		2,5	4
E11	6,32	25	Fase	Vermelho		4	5
			Neutro	Azul		4	5
			Terra	Verde		4	5
E12	5,13	25	Fase	Amarelo		4	6
			Fase	Vermelho		4	6
			Terra	Verde		4	6
E13	5,85	25	Fase	Amarelo		2,5	7
			Fase	Vermelho		2,5	7
			Terra	Verde		2,5	7
E14	8,22	25	Fase	Amarelo		2,5	8
			Fase	Vermelho		2,5	8
			Terra	Verde		2,5	8
E15	4,7	25	Fase	Vermelho		2,5	5
			Neutro	Azul		2,5	5
			Terra	Verde		2,5	5
E16	4,7	25	Fase	Vermelho		2,5	5
			Neutro	Azul		2,5	5
			Terra	Verde		2,5	5
E17	7,96	25	Fase	Amarelo		2,5	9
			Neutro	Azul		2,5	9
			Terra	Verde		2,5	9

Tabela 5 – Detalhamento dos chicotes (Continuação).

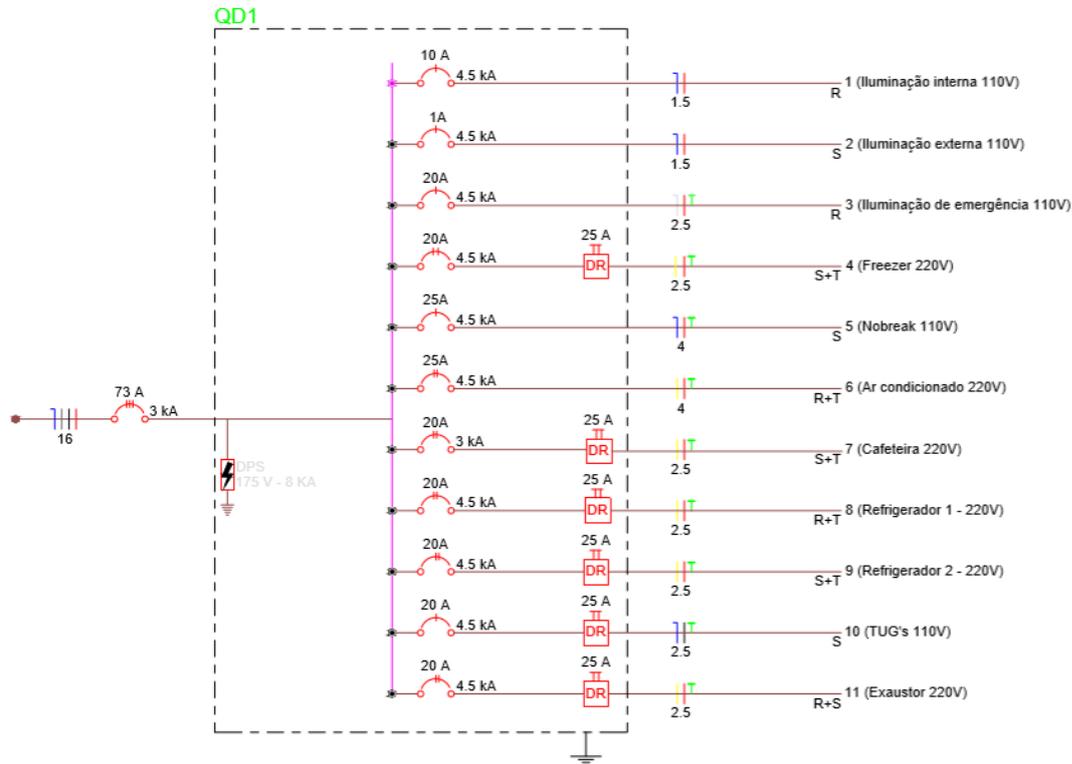
E18	8,6	25	Fase	Preto		2,5	10
			Neutro	Azul		2,5	10
			Terra	Verde		2,5	10
E19	3,7	25	Fase	Preto		2,5	10
			Neutro	Azul		2,5	10
			Terra	Verde		2,5	10
E20	5,3	25	Fase	Preto		2,5	10
			Neutro	Azul		2,5	10
			Terra	Verde		2,5	10
E21	4,85	25	Fase	Preto		2,5	10
			Neutro	Azul		2,5	10
			Terra	Verde		2,5	10
E22	3,65	25	Fase	Preto		2,5	10
			Neutro	Azul		2,5	10
			Terra	Verde		2,5	10
E23	4,51	25	Fase	Amarelo		2,5	11
			Fase	Vermelho		2,5	11
			Terra	Verde		2,5	11
E24	5,13	25	Fase	Vermelho		2,5	5
			Neutro	Azul		2,5	5
			Terra	Verde		2,5	5
E25	4,86	25	Fase	Vermelho		2,5	5
			Neutro	Azul		2,5	5
			Terra	Verde		2,5	5
E26	7,8	25	Fase	Amarelo		2,5	11
			Fase	Vermelho		2,5	11
			Terra	Verde		2,5	11

Fonte: Autor (2020).

Com o detalhamento realizado, o projeto elétrico dos chicotes externos é disponibilizado ao setor de PCP (Programação e Controle de Produção) juntamente com o diagrama unifilar⁵ dos circuitos elétricos para a montagem do quadro de distribuição. A Figura 24 mostra o diagrama unifilar dos circuitos elétricos para a obra Zaitt.

⁵ Diagrama unifilar – Forma de representação dos circuitos e seus componentes, indispensável na modelagem dos projetos elétricos e montagem do quadro de distribuição.

Figura 24 – Diagrama unifilar dos circuitos elétricos da obra Zaitt.



Fonte: Autor (2020).

Concluindo os procedimentos, os passos para a fabricação dos chicotes externos estão finalizados e a próxima etapa é a execução na fábrica e montagem na obra modular Zaitt com os métodos padrões da empresa Brasil ao Cubo.

3.2.1.3 Fabricação dos chicotes externos na fábrica

No parque fabril, são recebidas as informações com os detalhamentos provenientes do setor de projeto elétrico para a execução dos chicotes externos. Na montagem dos chicotes, é definido qual o tipo de acabamento será colocado na fiação. Na obra modular Zaitt foi definido que nos eletrodutos com circuitos de tomada e iluminação que finalize no interruptor será colocado a fiação, os módulos de tomada ou interruptor e também a caixa de PVC 4x2". Com todos esses componentes inseridos nos chicotes, ganha-se agilidade na execução, na qual, depois com os fechamentos de paredes e tetos finalizados, serão realizadas as furações para a colocação e fixação dos chicotes anteriormente concluídos externamente à construção.

Exibe-se na Figura 23 um chicote montado na fábrica com módulo de tomada já colocado e os conectores de emenda para fazer a derivação.

Figura 25 – Chicote montado em fabrica com modulo de tomada colocado.



Fonte: Autor (2020).

Continuadamente é dada sequência na montagem do restante dos chicotes, até que finalize conforme projeto elétrico. Para a identificação de cada chicote, com a finalidade de prevenir algum erro no momento da execução, são utilizados nas máquinas rotuladoras, de comum uso para identificação dos cabos e componentes elétricos. Logo após a finalização, eles são separados em um local designado pelo PCP e o profissional de elétrica dá ênfase aos procedimentos de furações e à preparação na obra para receber os chicotes de acordo com os manuais técnicos padrões da empresa. A Figura 26 exhibe os chicotes prontos na fábrica, à espera da instalação na obra.

Figura 26 – Chicotes montados em fabrica.



Fonte: Autor (2020).

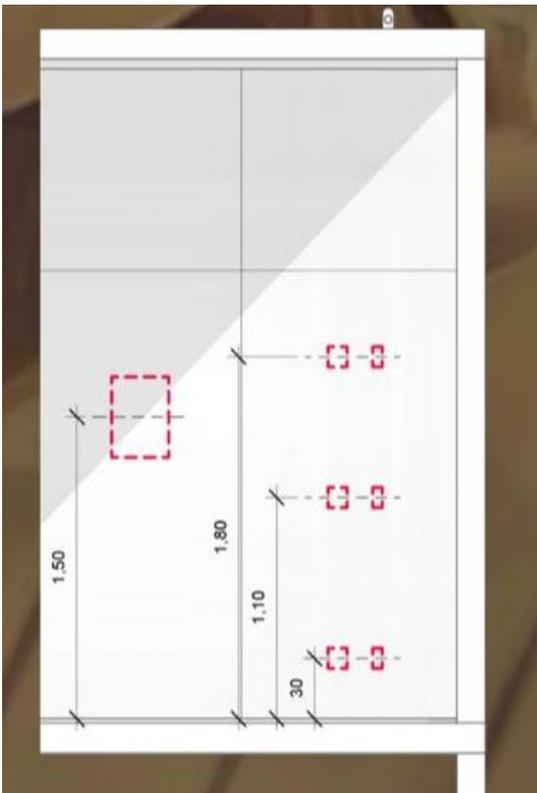
Com todos os chicotes prontos conforme indicações e definições do projeto elétrico, o profissional de execução realiza a parte de instalação na obra, dando continuidade ao processo. A etapa precedente é a de recortes no gesso acartonado para a colocação das caixas PVC 4x2” e a colocação da eletrocalha para passagem da fiação e fixação das luminárias, deixando o ambiente preparado para receber os chicotes.

Por ter um caráter industrial, a empresa busca como foco o desenvolvimento de processos e táticas personalizadas para produção, resultando em padronização para execução de cada etapa da obra. Nas instalações elétricas não é diferente, tendo em vista a importância de um alinhamento correto dos processos fabris, a empresa criou um manual técnico padrão para as instalações elétricas na fábrica, e com isso todos os profissionais que irão executar a

devida função participam de uma integração para conhecimento das etapas de montagem nesse método construtivo e a padronização indicada pela empresa nas instalações elétricas nos módulos.

Após período de testes e adaptações, foi definida uma medida correta para altura de cada ponto elétrico nos módulos, facilitando o trabalho, conferência de qualidade do processo produtivo e redução de possíveis erros na execução. A instalação dos chicotes externos na obra segue as padronizações indicadas, na qual se tem a definição de medida correta para recorte das caixas de PVC 4x2” e colocação do ponto elétrico. A Figura 27 expõe o procedimento correto evidenciado em treinamento para orientação nos cortes das caixas de PVC em gesso acartonado nos módulos da Brasil ao Cubo, conforme manual técnico.

Figura 27 – Procedimento de corte das caixas de PVC.

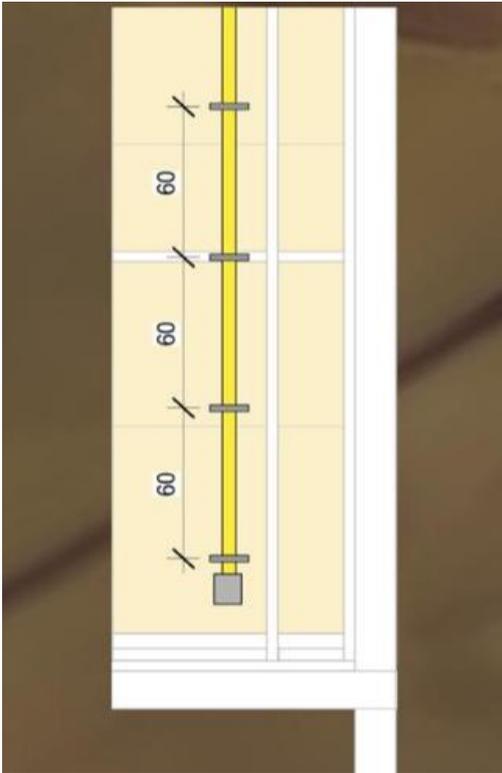


Fonte: Brasil ao Cubo (2020).

Seguindo as normativas internas padrão da empresa é realizada a fixação dos chicotes externos nas paredes dos módulos. Para esse processo ocorre um cuidado especial, pelo fato da obra ser transportada para diversos lugares podem ocorrer vibrações e trepidações ao decorrer do destino final *in loco*. A execução sucede parafusando cintas de aço perfuradas entre os eletrodutos para compressão, evitando possíveis oscilações e auxiliando o eletricista na

passagem dos condutores. Demonstra-se na Figura 28 um chicote fixado em estrutura modular e o distanciamento correto em centímetros de cada cinta para a garantia do funcionamento adequado do método, conforme manual técnico.

Figura 28 – Fixação de chicote na parede dos módulos.



Fonte: Brasil ao Cubo (2020).

Possibilitando adiantamento da instalação, o método é parcialmente finalizado após a fixação dos chicotes, assim dando sequência a outros processos referentes à obra, e aguardando o processo de acabamento das paredes e teto para realizar as devidas montagens de luminárias, tomadas, eletrocalha e quadro de distribuição. Dessa forma, finalizando o processo de instalação elétrica dos chicotes do módulo no parque fabril, e realizando testes práticos para conferência da execução correta e liberação para carregamento.

3.2.1.4 Viabilidade técnica e econômica

A implementação de novas metodologias e práticas para os processos produtivos dos módulos na empresa Brasil ao Cubo necessita de uma análise e monitoramento para viabilidade técnica e econômica dos métodos apresentados. Para o modo de instalação elétrica em chicotes,

foi realizado uma amostra indicativa de tempo e custo para a aplicação, auxiliando a assertividade na implementação do procedimento.

Buscando realizar uma análise mais condizente com a aplicável e próxima da realidade para facilitar o quantitativo, optou-se por escolher um método comparativo entre o modo de instalação elétrica em chicotes e o convencional utilizado em obras de alvenaria. Para isso, a empresa fabricou dois módulos iguais da obra Zaitt, mas executando cada um com um tipo de instalação diferente para obter as referências necessárias para diagnóstico de validação do procedimento. Dessa forma, realizou-se a contabilização do tempo e os valores pagos a cada profissional que participou da execução, levando em consideração como base para cálculo o custo diário dos profissionais, em que o profissional com experiência técnica (eletricista) recebe R\$ 200,00 e os profissionais sem experiência técnica (auxiliares) recebem R\$ 80,00.

Logo após a conclusão do projeto elétrico dos chicotes é dado início à fabricação destes, a qual deve estar pronta e finalizada antes do período de produção dos módulos na fábrica. Dessa forma, o procedimento ocorre em duas partes, antes da montagem do módulo, que seria a etapa de fabricação dos chicotes, e durante a montagem do módulo, que seria a etapa de instalação dos chicotes no módulo, em que o objetivo seria o eletricista focar apenas na fixação dos chicotes na posição correta dos pontos elétricos, evitando perda de tempo na passagem dos eletrodutos e cabos.

Pelo fato de o projeto elétrico dos chicotes conter os parâmetros necessários para a passagem de fiação, a fabricação pôde ser realizada com profissionais sem experiência técnica. Sendo assim, a execução do procedimento ocorreu em 1,2 dias contando uma carga horária diária de 8 horas, com dois profissionais atuando simultaneamente. Esse tempo equivale à etapa antes da montagem do módulo, que posteriormente será somado com o tempo atuante durante a montagem do módulo, contabilizando o tempo total de implementação do procedimento.

Com as informações obtidas foi realizado a contagem de tempo no processo durante a montagem do módulo, levando em consideração a quantidade de profissionais operantes. Deste modo, demonstra-se na Tabela 6 o indicativo de comparação da metodologia de instalação elétrica em chicotes e o do método convencional sem chicotes.

Tabela 6 – Comparativo de instalação elétrica com chicotes e sem chicote.

Descrição	Instalação com chicotes	Instalação sem chicotes
Quantidade de eletricistas	1 pessoa	2 pessoas
Quantidade de auxiliares	2 pessoas	2 pessoas
Tempo na execução	14,47 horas	21,5 horas

Fonte: Autor (2020).

Contabilizando o gasto na execução do método de instalação com chicotes, é realizada a soma do tempo de fabricação com o tempo de instalação, como aponta a Equação (5).

$$\text{Tempo total} = \text{Tempo de fabricação} + \text{Tempo de instalação} \quad (5)$$

$$\text{Tempo total} = 9,6 \text{ horas} + 14,47 \text{ horas}$$

$$\text{Tempo total} = 24,07 \text{ horas}$$

Com a definição do tempo total de instalação elétrica dos chicotes, pode-se estabelecer uma análise comparativa dos dois métodos. Levando em consideração que o objetivo principal da busca por novas metodologias de execução seja a minimização do tempo gasto no processo de montagem durante o módulos, o método utilizando chicotes se torna viável, pois o tempo gasto na fabricação diminui o tempo na instalação, ocasionando assim agilidade para a resolução de outros processos no módulo. Além da vantagem do prazo reduzido, ocorre a redução da necessidade da dependência técnica para execução, pois as especificações estabelecidas no projeto facilitam o entendimento, tornando a opção financeiramente viável.

3.2.1.5 Sugestões de melhorias

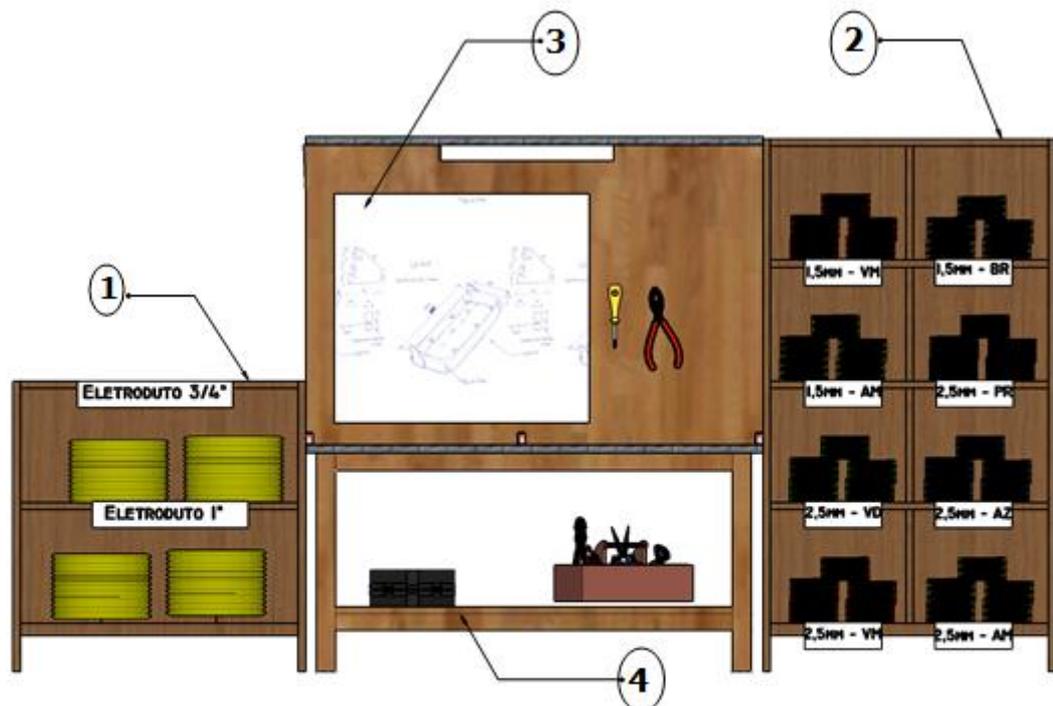
Mostrando resultados positivos, o método atende às expectativas e demandas solicitadas se tornando usual para os demais e variados projetos e obras. Apesar do benefício técnico e econômico, constituindo uma análise qualitativa no processo fabril dentro da empresa, notou-se melhorias a serem feitas no procedimento, tanto na parte de projeto quanto na parte de execução. As demasiadas mudanças surgem como um adendo para aproveitamento máximo das tecnologias disponíveis no software utilizado para projeto e técnicas específicas para o processo.

No seguimento de projeto elétrico dos chicotes, foi verificado que as medidas de segurança adicionadas ao tamanho das fiações e eletroduto podem ser reajustadas. No total dos 26 chicotes executados na obra Zaitt, quatro deles apresentaram interferências e problemas no decorrer do processo, pelo fato de colidir com a estrutura modular em methalon e necessitando desvio do destino previsto ao chicote. Após testes realizados *in loco*, concluiu-se o ajuste na medida de segurança adicional de mais 10 centímetros ao padrão utilizado, esse valor além de servir de vantagem na eficácia do método também dispõe facilitação da atividade do eletricista.

Visando benefícios já na parte de implementação do método no parque fabril, foi identificado uma dificuldade do profissional no manuseio da montagem dos chicotes na parte

de cortes e passagens dos eletrodutos e fiação conforme projeto elétrico executivo. Para isso foi elaborado um projeto de uma bancada específica para esse processo de montagem, viabilizando a precisão das medidas nos chicotes e também a segurança ergonômica dos profissionais que forem executar o procedimento. A Figura 29 demonstra o projeto da bancada desenvolvida para os chicotes em 3D na forma de vista frontal, e com a identificação dos espaços para aplicação da organização do procedimento.

Figura 29 – Vista frontal de bancada para chicotes.



- ① Espaço destinado para organização dos eletrodutos por diâmetro.
- ② Espaço destinado para organização dos condutores por diâmetro e cor.
- ③ Espaço destinado para colocação do projeto elétrico e acessórios.
- ④ Espaço destinado para colocação da caixa de ferramentas, terminais e conectores.

Fonte: Autor (2020).

Com cada espaço destinado e identificado para organização dos chicotes, se consegue ter uma padronização na montagem, e evitando sujeira e desperdício no parque fabril. A Figura 30 indica uma vista isométrica da bancada dos chicotes para melhor visualização do modelo de projeto em 3D.

Figura 30 – Vista isométrica de bancada para chicotes.



Fonte: Autor (2020).

A criação de padrões e adequações no procedimento produtivo dos chicotes ocorre de forma gradativa, na qual o objetivo é a melhoria constante no âmbito de projeto e execução. Com as sugestões indicadas, o método tende a ser cada vez mais eficaz para a empresa e atender as exigências de mercado e prazo estabelecido para a montagem dos módulos.

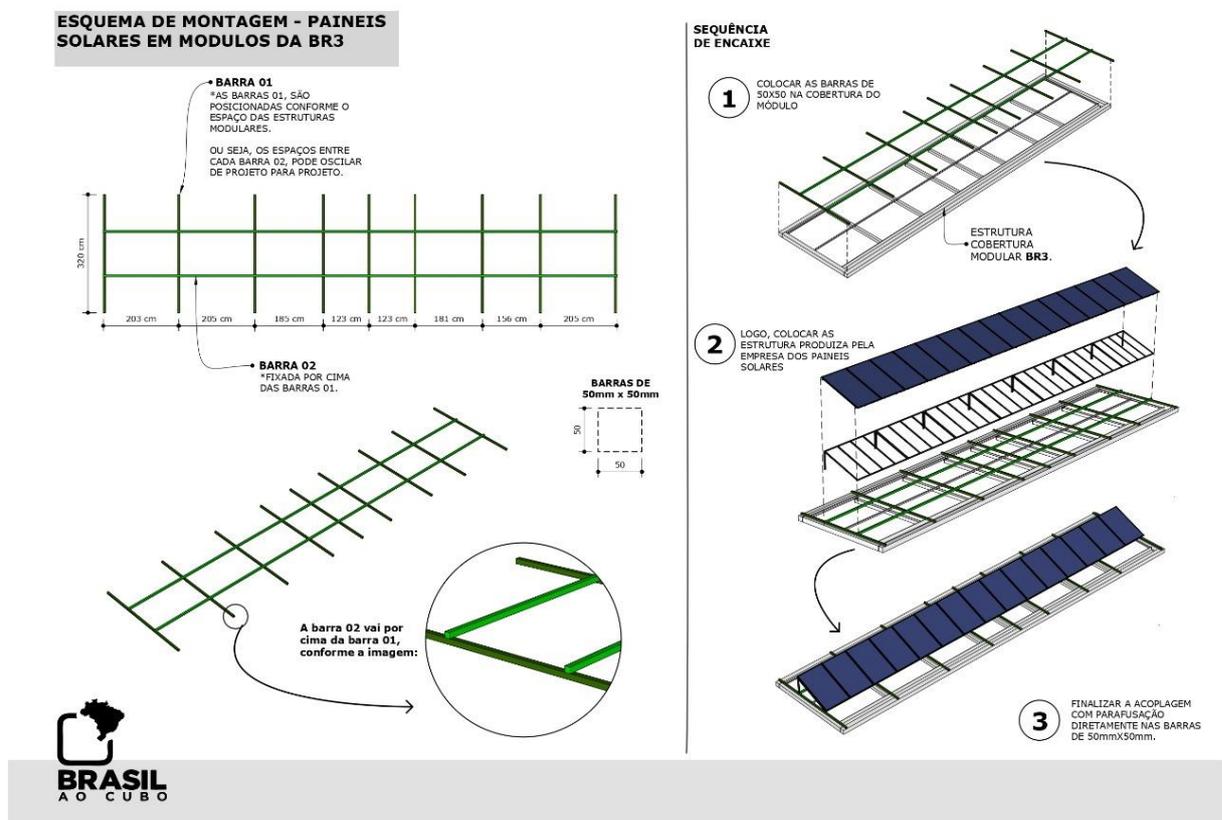
3.3 PROCESSO DE MONTAGEM E INSTALAÇÃO DE PAINÉIS DE ENERGIA SOLAR NA EMPRESA BRASIL AO CUBO

Com o crescimento da energia solar no Brasil, e a demanda necessitando cada vez mais sustentabilidade, flexibilidade e economia no processo de geração e instalação elétrica, os módulos produzidos e montados pela empresa Brasil ao Cubo dispõem de adaptações em relação ao seu método de estrutura e montagem de painéis fotovoltaicos. Todos os quadros de distribuição de energia elétrica interno nos módulos possuem um eletroduto em espera na cobertura da edificação, já prevendo a instalação, alimentação e integração dos painéis com o sistema elétrico modular da Brasil ao Cubo.

De acordo com a opção do cliente, os painéis fotovoltaicos podem ser instalados na empresa e já saírem semiprontos do parque fabril, onde são fixados em uma estrutura e integrados ao sistema elétrico modular. Para isso a estrutura modular deve atender a altura máxima de 3,2m, que seria a medida permitida para transporte, tendo em vista o aumento da altura depois das placas colocados na fabrica. Caso a altura dos módulos seja permitida, os cabos de corrente contínua CC provenientes das caixas de derivações dos painéis fotovoltaicos são associados em série ou em paralelo, dependendo do tipo de instalação e das especificações do sistema, deixando apenas as esperas prontas para conexão da *string box*⁶ *in loco*.

A estrutura para a fixação dos painéis fotovoltaicos é produzida com methalon de aço galvanizado 50 mm x 50 mm. Estes são posicionados estrategicamente para acoplar na estrutura modular através de parafusos, tornando a estrutura flexível a uma futura ampliação do fornecimento e mudança na posição dos painéis. A Figura 31 demonstra o processo de projeto e montagem em espera para colocação dos painéis fotovoltaicos em módulo da Brasil ao Cubo.

Figura 31 – Esquema de montagem de painéis fotovoltaicos em estrutura modular Br3.



⁶ *String box* – Equipamento utilizado para proteção dos componentes dos sistemas fotovoltaicos, sendo ajustável na utilização para correntes continua ou alternada.

Fonte: Brasil ao Cubo (2019).

Visando o melhor aproveitamento dos painéis solares, é realizado uma avaliação no terreno onde vai ser instalado a obra, posicionamento dos módulos que serão acoplados, no qual a partir desses requisitos é efetuado o direcionamento norte ideal dos painéis para maior eficiência possível do mesmo.

Após a fixação da estrutura dos painéis fotovoltaicos nos módulos, tem-se a colocação destes na estrutura em espera. Com isso, pode ser feita a finalização da instalação e integração com o sistema elétrico modular. A Figura 32 exibe um módulo da Brasil ao Cubo dentro do parque fabril pronto para carregamento com o sistema fotovoltaico instalado.

Figura 32 – Módulo pronto para carregamento com sistema fotovoltaico integrado.



Fonte: Brasil ao Cubo (2019).

Depois do carregamento do módulo até o destino final e a acoplagem do mesmo, é feita a parte de instalação elétrica final dos cabos em espera e finalização do sistema integrado com as conexões necessárias para a *string box*. A parte de montagem e estrutura é produzida de acordo com as normas vigentes para a instalação de um sistema fotovoltaico, e prevista

estrategicamente para não sofrer alterações em seu escopo na hora do transporte, sendo possível prejudicar seu funcionamento na geração de energia. Apresenta-se na Figura 33, uma obra finalizada com sistema elétrico fotovoltaico integrado à instalação.

Figura 33 – Obra modular finalizada com sistema fotovoltaico integrado.



Fonte: Brasil ao Cubo (2019).

3.3.1 Implementação de sistema de instalação com painéis solares em obra modular

Para efeitos de viabilidade econômica na opção da contratação de um sistema fotovoltaico em uma obra modular foi realizado uma análise de *payback*⁷. Através dos estudos desenvolvidos, pode-se obter a validação do sistema e sua valorização a custo-benefício através de informativo de orçamento realizado.

A análise foi realizada em uma obra modular do grupo Escola Dinâmica, que foi montada pela empresa Brasil ao Cubo no estado de Santa Catarina, na cidade de Florianópolis.

⁷ *Payback* – tempo que vai levar para o investimento ter o retorno.

3.3.2 Estimativa de geração anual e mensal

A metodologia de análise de *payback* se inicia com a disponibilidade dos dados mensais de geração em kWh. Para aplicação foram obtidos referenciais de três meses completos da obra em questão, de novembro a janeiro. Com essas informações se consegue ter uma base para estipular um valor de geração anual e projeção de uma estimativa mais assertiva de geração anual mesmo com algumas variações ao longo dos meses. A Figura 34 exibe a fatura de energia da Escola Dinâmica com indicativo dos valores de gerações mensais circulados na cor preta.

Figura 34 – Fatura de energia.

Celesc Distribuição S.A.		Conta de Energia Elétrica																									
<p>CELESC Distribuição S.A. Av Itamarati, 160 - Florianópolis CNPJ: 08.336.783/0001-90 Insc.Est.: 255266626</p>		<p>EMISSÃO: 14/01/2020 APRES.: 20/01/2020 NOTA FISCAL/CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA - SÉRIE ÚNICA: 000.020.540.163 - FAT-01-20205621292830-92 REF.: 01/2020</p>																									
<p>PASSEIO DO LESTE INCORPORAÇÕES IMO CPJ 31.136.503/0001-12 RD DOUTOR ANTONIO LUIZ MOURA GONZAGA RIO TAVARES - FNS - FLORIANOPOLIS - SC - 88048-300 Classificação: COMERCIAL, SERVICOS, OUTRAS ATIVIDADES / CONVENCIO Tensão nominal ou contratada (V): 220 Limites adequados de tensão (V): 202 a 231 Grupo de Tensão: B Tipo de Tarifa: Convencional</p>		<p>Nº DA UNIDADE CONSUMIDORA 6154123</p>	<p>VENCIMENTO 20/02/2020</p>																								
		<p>ATENDIMENTO AO CLIENTE LIGUE 0800 480120</p>	<p>CONSUMO TOTAL FATURADO 1.061 kWh</p> <p>VALOR ATÉ O VENCIMENTO R\$ 848,00</p>																								
<p>DADOS DA MEDIÇÃO</p> <p>Equipamento: MD 1442119 Unidade de medida: kWh Origem da leitura atual: LIDA Data da leitura anterior: 11/12/2019 Data da leitura atual: 10/01/2020 Data da próxima leitura: 11/02/2020 Número de dias faturados: 30 Leitura atual: 54929 Leitura anterior: 53868 Constante de faturamento: 1,00 Consumo medido no mês: 1061 Consumo faturado no mês: 1061 Fator de potência:</p>		<p>Dados do Faturamento</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Faturado</th> <th>Tarifa (R\$)</th> <th>Valor (R\$)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Consumo</td> <td>1.061</td> <td>699,74</td> </tr> <tr> <td>Adic Band. Amarela</td> <td></td> <td>19,98</td> </tr> <tr> <td>Subtotal (R\$)</td> <td></td> <td>719,72</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Lançamentos e Serviços</td> </tr> <tr> <td>Cosip</td> <td></td> <td>128,28</td> </tr> <tr> <td>Subtotal (R\$)</td> <td></td> <td>128,28</td> </tr> </tbody> </table>		Faturado	Tarifa (R\$)	Valor (R\$)	Consumo	1.061	699,74	Adic Band. Amarela		19,98	Subtotal (R\$)		719,72	Lançamentos e Serviços			Cosip		128,28	Subtotal (R\$)		128,28			
Faturado	Tarifa (R\$)	Valor (R\$)																									
Consumo	1.061	699,74																									
Adic Band. Amarela		19,98																									
Subtotal (R\$)		719,72																									
Lançamentos e Serviços																											
Cosip		128,28																									
Subtotal (R\$)		128,28																									
<p>HISTÓRICO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA - kWh</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Jan/2019</th> <th>Fev/2019</th> <th>Mar/2019</th> <th>Abr/2019</th> <th>Mai/2019</th> <th>Jun/2019</th> <th>Jul/2019</th> <th>Agos/2019</th> <th>Sep/2019</th> <th>Out/2019</th> <th>Nov/2019</th> <th>Dez/2019</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>609</td> <td>1071</td> </tr> </tbody> </table>		Jan/2019	Fev/2019	Mar/2019	Abr/2019	Mai/2019	Jun/2019	Jul/2019	Agos/2019	Sep/2019	Out/2019	Nov/2019	Dez/2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	609	1071		
Jan/2019	Fev/2019	Mar/2019	Abr/2019	Mai/2019	Jun/2019	Jul/2019	Agos/2019	Sep/2019	Out/2019	Nov/2019	Dez/2019																
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	609	1071																
<p>Mensagens:</p>																											

Fonte: Autor (2020).

Conhecendo as gerações mensais nos três meses, foi realizada uma média⁸ entre elas para posteriormente realizar um indicativo percentual para o restante do ano. Dessa forma, a Equação (6) prescreve o resultado obtido da média de geração nos meses em questão.

$$Média = VG^9(Nov. de 2019) + VG(Dez. de 2019) + VG(Jan. de 2020) \quad (6)$$

⁸ Média – Resultado da soma dos valores obtidos dividido pela quantidade de valores que foram somados.

⁹ VG – Valor de geração mensal.

$$Média = \frac{(609 \text{ kWh} + 1071 \text{ kWh} + 1061 \text{ kWh})}{3}$$

$$Média = 913,66 \text{ kWh}$$

Tendo em vista as variações climáticas e as trocas de horário no decorrer do ano, torna-se comum a inconstância no valor de geração. Dessa forma, muitos dos aparelhos domésticos passam a aumentar o seu consumo ou ser mais utilizado. Como a média obtida na Equação (6) em relação aos meses de verão e conseqüentemente são os que tem maior probabilidade de aumentar o valor gerado, sendo definido utilizar o valor médio calculado para os meses de fevereiro e março. Os demais meses restantes do ano serão o valor médio com uma porcentagem de decréscimo de 20%, como enfatiza a Tabela 7.

Tabela 7 – Estimativa de geração anual.

Mês	Valor estimado (kWh)	Fator de correção (100%)	Valor estimado total corrigido (kWh)
Janeiro	1061,00	1	1061
Fevereiro	913,66	1	913,66
Março	913,66	1	913,66
Abril	913,66	0,8	730,93
Maio	913,66	0,8	730,93
Junho	913,66	0,8	730,93
Julho	913,66	0,8	730,93
Agosto	913,66	0,8	730,93
Setembro	913,66	0,8	730,93
Outubro	913,66	0,8	730,93
Novembro	609,00	1	609,00
Dezembro	1071,00	1	1071,00
Geração anual (kWh)			9684,82

Fonte: Autor (2020).

Para a análise de viabilidade financeira, foi tomado como base o valor tarifário presente na Figura 35, cujo valor é R\$ 0,659510. Levando em consideração as poucas variações anualmente no custo da tarifa, tais variações foram consideradas desprezíveis. Com os dados definidos de valor estimado de geração anual e valor tarifário, é possível conhecer os valores de economia da geração em um ano com a contribuição de cada mês para o valor total, como ressalta a Tabela 8.

Com a projeção de economia gerada mensal considerando a sua contribuição anual para estimativa de carga, o próximo passo é a escolha do kit de painel solar que atende o

fornecimento e geração de energia. Para isso, é realizada a escolha do valor de geração mensal para atendimento, na qual foi considerado o pior caso, ou seja, o mês que teve maior consumo de energia no ano e adicionado o valor de 10% em kWh, com finalidade de obter segurança na instalação, equipamentos e uma possível ampliação para cargas futuras. Esse valor aditivo pode obter uma variação de caso a caso, tendo em vista a análise da capacidade de sobrecarga do inversor e as propriedades técnicas para atendimento do fornecimento de energia. Dessa forma, a Equação (7) indica o valor total em kWh considerando o mês de dezembro como referencial de cálculo, acrescendo o valor de porcentagem indicado.

Tabela 8 – Projeção de economia gerada mensal.

Mês	Economia de energia (kWh)	Valor da tarifa (R\$)	Total de economia (R\$)
Janeiro	1061	0,65951	699,7
Fevereiro	913,66	0,65951	602,6
Março	913,66	0,65951	602,6
Abril	730,928	0,65951	482,1
Mai	730,928	0,65951	482,1
Junho	730,928	0,65951	482,1
Julho	730,928	0,65951	482,1
Agosto	730,928	0,65951	482,1
Setembro	730,928	0,65951	482,1
Outubro	730,928	0,65951	482,1
Novembro	609	0,65951	401,6
Dezembro	1071	0,65951	706,3
Total	9684,816	0,65951	6387,2

Fonte: Autor (2020).

$$\text{Valor total} = \text{Valor mensal} + \frac{\text{Valor mensal}}{10} \quad (7)$$

$$\text{Valor total} = 1071 \text{ kWh} + \frac{1071 \text{ kWh}}{10}$$

$$\text{Valor total} = 1178,1 \text{ kWh}$$

O valor total indica a referência base para escolha do kit de painel fotovoltaico para atendimento energético, ocasionando eficiência e proteção ao sistema elétrico. A escolha do sistema fotovoltaico ideal pode acontecer de duas formas, por geração em kWh mensal ou anual. Como nesse caso o referencial selecionado foi um valor estimativo em geração mensal, será optado por um sistema de geração com valor equivalente ao valor total da Equação (7).

Visto que o valor total mensal médio de geração resultou em um número de casas decimais irrelevante para a opção da escolha do sistema fotovoltaico ideal, este foi arredondado para melhor entendimento e busca por padrões já utilizados no mercado, no qual o valor total foi definido como 1200 kWh mensal. Com a quantia total de geração mensal definida, será realizado orçamento para contratação de um sistema fotovoltaico que atenda a necessidade energética de fornecimento e geração.

3.3.3 Orçamento

Provindo das definições de valor total de geração mensal, conforme o consumo previsto, foi solicitado um orçamento para admissão de um sistema fotovoltaico com a empresa Reevisa Energia, localizada em Tubarão – Santa Catarina. O parâmetro estabelecido como base para estimativa de cotação foi o valor de 1200 kWh mensal.

Com os dados obtidos, foi definido a opção da contratação de um sistema com 35 unidades de painéis solares com potência de 350 Watts. Este consiste na implementação de métodos subjetivos para a aplicação, com uma capacidade de geração em volta de 1109 kWh mensais e quantificando uma economia mensal na tarifa de energia de até R\$ 687,64, conforme aponta o Anexo J.

A composição orçamentária para a admissão de um kit de painéis solares enfatiza os equipamentos utilizados para a instalação, visando a segurança constante dos materiais e garantia de vida útil para funcionamento do procedimento. O Anexo K indica os equipamentos necessários para a correta implementação do sistema de energia solar, contendo o quantitativo de cabos, conectores, painel de proteção, estrutura de fixação, inversor e painéis solares. Essa estimativa de quantidade é de suma importância, tendo em vista a necessidade de uma assertividade na cotação, evitando aditivos financeiros na etapa de execução e instalação.

Analisando as informações adquiridas e os quantitativos gerados, a empresa contratada Reevisa realizou o orçamento total para a implementação dos painéis solares na obra Escola Dinâmica, que resultou em um valor para investimento de R\$ 50.100,00, segundo mostra o Anexo L. Esse valor investido consiste no valor total para fornecimento do sistema de geração, incluindo os custos com mão de obra de instalação que não foram divulgados e as demais despesas recorrentes. As informações de quantia aplicadas ao orçamento sinalizam a necessidade de uma análise econômica para viabilização do método, obtendo o tempo de retorno do dinheiro investido e ganhos procedentes na contratação do sistema de energia solar.

3.3.4 Viabilidade econômica

Para quaisquer procedimentos integrados a processos produtivos ou formas de fornecimento de uma determinada etapa é necessário a análise de viabilidade econômica, que resulta na validação a custo-benefício dos investimentos realizados. Um método de avaliação financeiro vigente corresponde ao tempo de retorno do dinheiro investido, o *payback*.

Verificando o valor de investimento presente no orçamento e as economias procedentes no desconto mensal na tarifa de energia e na geração do sistema solar, foi definido um tempo de *payback* de aproximadamente 5,4 anos para retorno do capital aplicado. Após esse período o método terá atratividades lucrativas, como mostra o Anexo M.

Através dos estudos desenvolvidos e a realização do *payback* estimado, pode-se ter um diagnóstico assertivo na contratação do sistema de instalação com painéis solares para a obra Escola Dinâmica montado e fabricado pela empresa Brasil ao Cubo. Apesar de um investimento inicial consideravelmente alto, o valor tem um rendimento futuro rentável, visto o desconto mensal na tarifa e os recursos obtidos com a instalação. Adiante aos benefícios econômicos gerados também se tem a vantagem por ser um sistema de energia provinda do sol, possibilitando princípios que auxiliam o desenvolvimento de práticas que alinham economia e sustentabilidade, tornando a instalação de painéis solares viáveis para aplicação.

4 CONCLUSÃO

Tendo em vista o crescimento da busca pela contratação de uma obra em construção civil modular, o presente estudo de caso teve como objetivo analisar as adaptações do sistema elétrico em baixa tensão para esse modelo construtivo desenvolvido pela empresa Brasil ao Cubo. Para a realização da pesquisa, foram obtidas informações dos processos internos implementados, bem como uma forma de emitir análises sobre os procedimentos apresentados.

Inicialmente, foi realizado um estudo para conhecimento de alguns padrões internos que são utilizados nas instalações elétricas dos módulos. Notou-se o intuito da empresa em metodologias de implementação buscando padronização, segurança e agilidade na instalação.

Visando a redução no tempo de processo de instalação elétrica e o aproveitamento dos recursos obtidos pela utilização de softwares da plataforma BIM para projeto elétrico, foi desenvolvido um estudo para validação do método de passagem de eletroduto e fiação via chicotes na obra modular Zaitt, através de análises de viabilidade técnica, econômica e sugestões de melhoria para aplicação do procedimento. Evidenciando os dados apresentados, conclui-se que o método personalizado de instalação atende às demandas solicitadas, no qual, apesar do tempo maior contabilizando o período gasto na produção dos chicotes, ganha-se tempo na etapa de execução da instalação elétrica no módulo, agilizando o processo fabril e dando prosseguimento em outras frentes de trabalho. Diante das dificuldades apresentadas e buscando melhoria constante nos processos, foi indicada uma forma de aperfeiçoamento do procedimento, que seria a elaboração de bancada para a produção dos chicotes na fábrica. Para isso foi criado um projeto, com as diretrizes necessárias para a organização dos eletrodutos e fiação, visando auxiliar o profissional no manuseio dos itens e obter um ambiente mais limpo e preparado para a implementação do procedimento.

Levando em consideração o procedimento de instalação elétrica em módulos e a demanda necessitando cada vez mais processos sustentáveis de aplicação, foi feita uma pesquisa, analisando o *payback* na implementação de um sistema de energia solar na obra modular Escola Dinâmica. Foram obtidas informações de fornecimento e geração de energia mensal, através de uma tarifa disponibilizada pelo cliente. Com isso, foram realizados os processos estimativos necessários, e a partir disso, foi solicitado um orçamento na empresa de energia solar Reevisa para a admissão do sistema para atendimento do consumo indicado. Baseando-se no orçamento e no *payback* estabelecido, foi diagnosticado eficiência na opção de contratação do sistema de energia solar tendo em vista o retorno do capital investido em 5,4

anos, conforme Anexo M. Apesar do valor investido considerado inicialmente alto, a economia mensal estimada e o ganho sustentável do sistema, se torna uma opção viável para aplicação.

Com todos as informações obtidas e análises realizadas, concluiu-se a importância da abordagem do tema indicado, podendo agregar diferentes formas de fornecimento e métodos personalizado dos procedimentos de instalação elétrica em módulos, tendo em vista as tecnologias que podem ser aplicadas.

Buscando melhoria constante e analisando as demandas futuras de tecnologia que podem ser acopladas ao sistema construtivo modular desenvolvido na empresa, uma sugestão de trabalho futuro seria a abordagem do sistema com foco em tecnologias de automação residencial, chamado domótica. Além dos benefícios de segurança e conforto, se nota um crescimento desse segmento no mercado, podendo se tornar uma ferramenta de valor para agregar ao sistema construtivo modular.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR. **Energia Solar Fotovoltaica: Panorama, Oportunidades e Desafios**. Seminário Desafios da Geração de Energia Elétrica no Brasil. Brasília – DF, 2020.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Tensões Nominais**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/tensoes-nominais>. Acesso em: 19 outubro 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6251: Cabos de potência com isolamento extrudado para tensões de 1 kV a 35 kV — Requisitos construtivos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC 60898: Disjuntores para proteção de sobrecorrentes para instalações domésticas e similares**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6148: Condutores isolados com isolamento extrudado de cloreto de polivinila (PVC) para tensões até 750 V - Sem cobertura**. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 11301: Cálculo da capacidade de condução de corrente de cabos isolados em regime permanente (fator de carga 100%) – Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

BATTAGIN, Inês. **NBR 15873: entenda a norma da construção modular**. Entrevista cedida ao Mapa da Obra, 03 mar. 2013. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/inovacao/nbr-15873-entenda-a-norma-da-construcao-modular/>. Acesso em: 19 outubro 2019.

BRASIL AO CUBO. **Documento interno da empresa Brasil ao Cubo**. Acesso em: 18 outubro 2019.

BRASIL AO CUBO. **Documento interno da empresa Brasil ao Cubo**. Acesso em: 05 maio 2020.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Série Estudos da Demanda. 2º Revisão Quadrimestral das Projeções da demanda de energia elétrica**. Do Sistema Interligado Nacional, 2019-2023 Rio de Janeiro, 2019.

CAMPESTRINI, Tiago Francisco; GARRIDO, Marlon Câmara; MENDES JR., Ricardo; SCHEER, Sérgio; FREITAS, Maria do Carmo Duarte. **Entendendo BIM**. 1. ed. Paraná: Universidade Federal do Paraná, 2015.

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

DEGANI, Jonathan Albert. **Construção modular em light steel frame**: comparativo com construção em alvenaria convencional. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017.

FONSÊCA, Glicéria Emiliana da. **Dimensionamento dos condutores de uma instalação residencial em Angicos/RN, com base na NBR 5410:2004**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2013.

GTES. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Grupo de Trabalho de Energia Solar. Rio de Janeiro, 2014.

INOVACARE SOLAR. Sistema *on-grid* (conectado à rede). Disponível em: <http://inovacare.solar/tecnologia>. Acesso em: 12 junho 2020.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002.

MASOTTI, Luis Felipe Cardoso. **Análise da implementação e do impacto do BIM no Brasil**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

ONS, Operador Nacional do Sistema Elétrico. **Energia Agora, Carga e Geração**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/energia-agora/carga-e-geracao>. Acesso em: 19 outubro 2019.

PRYSMIAN, Cables & Systems. **Instalações Elétricas Residenciais**. São Paulo, 2006. Apostila sobre instalações elétricas residenciais. Disponível em: <https://br.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/Manual_Instalacoes_Eletricas_Residenciais.pdf>. Acesso em: 15 outubro 2019.

REEVISA ENERGIA. **Proposta comercial**. Gerador Fotovoltaico. Florianópolis – SC, 2020.

SILVA, Roger Motta. **Relatório de estágio obrigatório**. Bacharelado em Engenharia Elétrica – Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2019.

SIEMENS. **Dispositivos de Proteção contra Surtos – DPS 5SD7**: A solução contra raios e sobretensões transitórias. Ed. São Paulo: setembro/2017.

SIEMENS. **Proteção contra choques elétricos e incêndio**. São Paulo – SP, 2009.

TIGRE. **Orientações técnicas sobre instalações de eletricidade**. Catálogo técnico. Joinville – SC, Maio/2016.

WAGO. **Conexão automática**. Emenda elétrica rápida e perfeita. Catálogo técnico. Jundiaí – SP, 2018.

ANEXOS

ANEXO A – CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE, EM AMPERES, CABO PVC, PARA OS MÉTODOS DE REFERENCIA A, B, C E D.

Condutores: cobre e alumínio; Temperatura no condutor: 70°C; Temperatura 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	
	Números de condutores carregados											
	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	68	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	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	509	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1000	767	679	698	618	1012	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	186	181	160	226	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	488	422	366	305
500	396	356	360	324	512	456	425	378	563	486	414	345
630	456	410	416	373	592	527	488	435	653	562	471	391
800	529	475	482	432	687	612	563	502	761	654	537	446
1 000	607	544	552	495	790	704	643	574	878	753	607	505

Fonte: NBR 5410 (2004, p. 101).

ANEXO B – CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE, EM AMPÉRES, CABO EPR OU XLPE, PARA OS MÉTODOS DE REFERENCIA A, B, C E D.

Condutores: cobre e alumínio;

Temperatura no condutor: 90°C;

Temperatura 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	
	Números de condutores carregados											
	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	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1 122	923	711	596
800	885	792	805	721	1 158	1020	952	837	1 311	1 074	811	679
1000	1014	908	923	826	1332	1 173	1 088	957	1 515	1 237	916	767
Alumínio												
16	64	58	60	55	79	71	72	64	84	76	73	61
25	84	76	78	71	105	93	94	84	101	90	93	78
35	103	94	96	87	130	116	115	103	126	112	112	94
50	125	113	115	104	157	140	138	124	154	136	132	112
70	158	142	145	131	200	179	175	156	198	174	163	138
95	191	171	175	157	242	217	210	188	241	211	193	164
120	220	197	201	180	281	251	242	216	280	245	220	186
150	253	226	230	206	323	289	277	248	324	283	249	210
185	288	256	262	233	368	330	314	281	371	323	279	236
240	338	300	307	273	433	389	368	329	439	382	322	272
300	387	344	352	313	499	447	421	377	508	440	364	308
400	462	409	421	372	597	536	500	448	612	529	426	361
500	530	468	483	426	687	617	573	513	707	610	482	408
630	611	538	556	490	794	714	658	590	821	707	547	464
800	708	622	644	566	922	830	760	682	958	824	624	529
1 000	812	712	739	648	1061	955	870	780	1108	950	706	598

Fonte: NBR 5410 (2004, p. 102).

ANEXO C – CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE, EM AMPÉRES, CABO PVC, PARA OS MÉTODOS DE REFERENCIA E, F E G COM CONDUTOR DE COBRE

Condutores: cobre;

Temperatura no condutor: 70°C;

Temperatura de referência do ambiente: 30°C.

Seções nominais dos condutores em mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ¹⁾				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	Espaçados	
	Método E	Método E	Método F	Método F		Método F	Horizontal Método G
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre							
0,5	11	9	11	8	9	12	10
0,75	14	12	14	11	11	16	13
1	17	14	17	13	14	19	16
1,5	22	18,5	22	17	18	24	21
2,5	30	25	31	24	25	34	29
4	40	34	41	33	34	45	39
6	51	43	53	43	45	59	51
10	70	60	73	60	63	81	71
16	94	80	99	82	85	110	97
25	119	101	131	110	114	146	130
35	148	126	162	137	143	181	162
50	180	153	196	167	174	219	197
70	232	196	251	216	225	281	254
95	282	238	304	264	275	341	311
120	328	276	352	308	321	396	362
150	379	319	406	356	372	456	419
185	434	364	463	409	427	521	480
240	514	430	546	485	507	615	569
300	593	497	629	561	587	709	659
400	715	597	754	656	689	852	795
500	826	689	868	749	789	982	920
630	958	798	1005	855	905	1138	1070
800	1118	930	1169	971	1119	1325	1251
1 000	1 292	1 073	1 346	1 079	1 296	1 528	1 448

Fonte: NBR 5410 (2004, p. 103).

ANEXO D – CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE, EM AMPÉRES, CABO PVC, PARA OS MÉTODOS DE REFERENCIA E, F E G COM CONDUTOR DE ALUMÍNIO

Condutores: alumínio;

Temperatura no condutor: 70°C;

Temperatura de referência do ambiente: 30°C.

Seções nominais dos condutores em mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ¹⁾				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	Espaçados	
	Método E	Método E	Método F	Método F		Método F	Horizontal
Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Método G	Método G	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Alumínio							
16	73	61	73	62	65	84	73
25	89	78	98	84	87	112	99
35	111	96	122	105	109	139	124
50	135	117	149	128	133	169	152
70	173	150	192	166	173	217	196
95	210	183	235	203	212	265	241
120	244	212	273	237	247	308	282
150	282	245	316	274	287	356	327
185	322	280	363	315	330	407	376
240	380	330	430	375	392	482	447
300	439	381	497	434	455	557	519
400	528	458	600	526	552	671	629
500	608	528	694	610	640	775	730
630	705	613	808	711	640	775	730
800	822	714	944	832	875	1050	1000
1 000	948	823	1 092	965	1 015	1 213	1 161

¹⁾ Ou, ainda, condutores isolados, quando o método de instalação permitir.

Fonte: NBR 5410 (2004, p. 103).

ANEXO E – CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE, EM AMPÉRES, CABO EPR OU XLPE, PARA OS MÉTODOS DE REFERENCIA E, F E G COM CONDUTOR DE COBRE

Condutores: cobre;

Temperatura no condutor: 90°C;

Temperatura de referência do ambiente: 30°C.

Seções nominais dos condutores em mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ¹⁾				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	Espaçados	
	Método E	Método E	Método F	Método F		Método F	Horizontal
Método E	Método E	Método F	Método F	Método F	Método G	Método G	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre							
0,5	13	12	13	10	10	15	12
0,75	17	15	17	13	14	19	16
1	21	18	21	16	17	23	19
1,5	26	23	27	21	22	30	25
2,5	36	32	37	29	30	41	35
4	49	42	50	40	42	56	48
6	63	54	65	53	55	73	63
10	86	75	90	74	77	101	88
16	115	100	121	101	105	137	120
25	149	127	161	135	141	182	161
35	185	158	200	169	176	226	201
50	225	192	242	207	216	275	246
70	289	246	310	268	279	353	318
95	352	298	377	328	342	430	389
120	410	346	437	383	400	500	454
150	473	399	504	444	464	577	527
185	542	456	575	510	533	661	605
240	641	538	679	607	634	781	719
300	741	621	783	703	736	902	833
400	892	745	940	823	868	1 085	1 008
500	1 030	859	1 083	946	998	1 253	1 169
630	1 196	995	1 254	1 088	1 151	1 454	1 362
800	1 396	1 159	1 460	1 252	1 328	1 696	1 595
1 000	1 613	1 336	1 683	1 420	1 511	1 958	1 849

Fonte: NBR 5410 (2004, p. 104).

ANEXO F – CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE, EM AMPÉRES, CABO EPR OU XLPE, PARA OS MÉTODOS DE REFERENCIA E, F E G COM CONDUTOR DE ALUMÍNIO

Condutores: alumínio;

Temperatura no condutor: 90°C;

Temperatura de referência do ambiente: 30°C.

Seções nominais dos condutores em mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ¹⁾				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
					Justapostos	Espaçados	
	Método E	Método E	Método F	Método F		Método F	Horizontal Método G
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Alumínio							
16	91	77	90	76	79	103	90
25	108	97	121	103	107	138	122
35	135	120	150	129	135	172	153
50	164	146	184	159	165	210	188
70	211	187	237	206	215	271	244
95	257	227	289	253	264	332	300
120	300	263	337	296	308	387	351
150	346	304	389	343	358	448	408
185	397	347	447	395	413	515	470
240	470	409	530	471	492	611	561
300	543	471	613	547	571	708	652
400	654	566	740	663	694	856	792
500	756	652	856	770	806	991	921
630	879	755	996	899	942	1 154	1 077
800	1 026	879	1 164	1 056	1 106	1 351	1 266
1 000	1 186	1 012	1 347	1 226	1 285	1 565	1 472

¹⁾ Ou, ainda, condutores isolados, quando o método de instalação permitir.

Fonte: NBR 5410 (2004, p. 104).

ANEXO G – FATORES DE CORREÇÃO PARA TEMPERATURAS AMBIENTES DIFERENTES DE 30°C PARA LINHAS NÃO-SUBTERRÂNEAS E DE 20°C (TEMPERATURA SOLO) PARA LINHAS SUBTERRÂNEAS.

Temperatura °C	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
Ambiente		
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	–	0,65
70	–	0,58
75	–	0,50
80	–	0,41
Do solo		
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	–	0,60
70	–	0,53
75	–	0,46
80	–	0,38

Fonte: NBR 5410 (2004, p. 106).

ANEXO H – FATORES DE CORREÇÃO PARA LINHAS SUBTERRÂNEAS EM SOLO COM RESISTIVIDADE TÉRMICA DIFERENTE DE 2,5K.M/W

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	t20	
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A a F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70				36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única sobre leito, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

NOTAS

Esses fatores são aplicáveis a grupos homogêneos de cabos, uniformemente carregados.

2 Quando a distância horizontal entre cabos adjacentes for superior ao dobro de seu diâmetro externo, não é necessário aplicar nenhum fator de redução.

3 O número de circuitos ou de cabos com o qual se consulta a tabela refere-se

- à quantidade de grupos de dois ou três condutores isolados ou cabos unipolares, cada grupo constituindo um circuito (supondo-se um só condutor por fase, isto é, sem condutores em paralelo), e/ou
- à quantidade de cabos multipolares

que compõe o agrupamento, qualquer que seja essa composição (só condutores isolados, só cabos unipolares, só cabos multipolares ou qualquer combinação).

4 Se o agrupamento for constituído, ao mesmo tempo, de cabos bipolares e tripolares, deve-se considerar o número total de cabos como sendo o número de circuitos e, de posse do fator de agrupamento resultante, a determinação das capacidades de condução de corrente, nas tabelas 36 a 39, deve ser então efetuada:

- na coluna de dois condutores carregados, para os cabos bipolares; e
- na coluna de três condutores carregados, para os cabos tripolares.

5 Um agrupamento com N condutores isolados, ou N cabos unipolares, pode ser considerado composto tanto de N/2 circuitos com dois condutores carregados quanto de N/3 circuitos com três condutores carregados.

6 Os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com dispersão geralmente inferior a 5%.

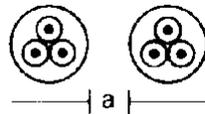
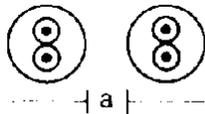
Fonte: NBR 5410 (2004, p. 108).

ANEXO I – FATORES DE AGRUPAMENTO PARA LINHAS COM CABOS DIRETAMENTE ENTERRADOS

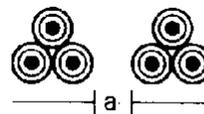
Número de circuitos	Distâncias entre cabos ¹⁾ (a)				
	Nula	Um diâmetro de cabo	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80

1)

Cabos multipolares



Cabos unipolares



NOTA Os valores indicados são aplicáveis para uma profundidade de 0,7 m e uma resistividade térmica do solo de 2,5 K.m/W. São valores médios para as dimensões de cabos abrangidas nas tabelas 36 e 37. Os valores médios arredondados podem apresentar erros de até r 10% em certos casos. Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à ABNT NBR 11301.

Fonte: NBR 5410 (2004, p. 109).

ANEXO J – ORÇAMENTO PARA PROJETO DE ENERGIA SOLAR NA OBRA ESCOLA DINAMICA



Fonte: Reevisa Energia (2020).

ANEXO K – EQUIPAMENTOS A SEREM UTILIZADOS NA INSTALAÇÃO DOS PAINÉIS SOLARES NA OBRA ESCOLA DINAMICA

EQUIPAMENTOS

Painéis Fotovoltaicos 340W	33 uni.
Inversor 5 kW	2 uni.
Cabo Solar	160mts.
Conector MC4	4 uni.
Painel de Proteção	1 uni.
Estrutura de fixação	1 uni.

NÓS GARANTIMOS

Equipamento	Marca	Garantia
Módulos solares	Canadian	25 anos*
Inversor 5 kW	Renovigi	6 anos
Estrutura	Renovigi	20 anos
Instalação	Reevisa	2 anos

* Os módulos possuem 12 anos contra defeitos de fabricação e 25 anos contra perdas de rendimento.

Fonte: Reevisa Energia (2020).

ANEXO L – INVESTIMENTO E POSSIBILIDADES DE FINANCIAMENTO PARA IMPLEMENTAÇÃO DE ENERGIA SOLAR NA OBRA ESCOLA DINAMICA

SEU INVESTIMENTO

À Vista	R\$ 50.100,00
Entrada + 12 parcelas no cartão de crédito	Consultar Financeiro
Entrada + 4 Parcelas no boleto	Consultar Financeiro
Financiamento	Solicite uma simulação



Este orçamento tem validade de 30 dias.

SUA ECONOMIA

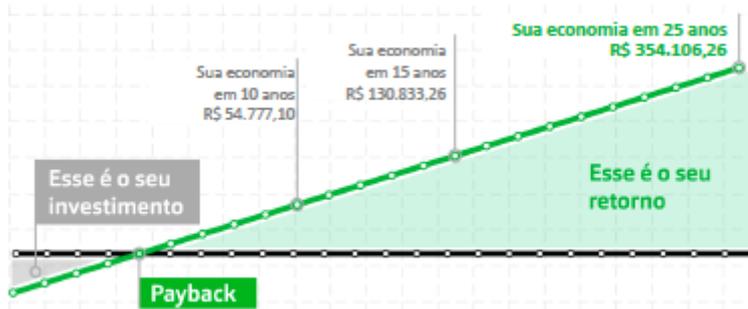
<p>Sua conta de energia anual sem a Reevisa</p> <p>R\$ 9.804,10</p> <p>R\$ 817,01 (mensal)</p>	<p>Sua conta de energia anual com a Reevisa</p> <p>R\$ 1.552,38</p> <p>R\$ 129,37 (mensal)</p>	<p>Sua economia anual será de:</p> <p>R\$ 8.251,72</p> <p>R\$ 687,64 (mensal)</p>
---	---	--

*Valores podem sofrer variação devido a ajustes tarifários e de impostos.

Fonte: Reevisa Energia (2020).

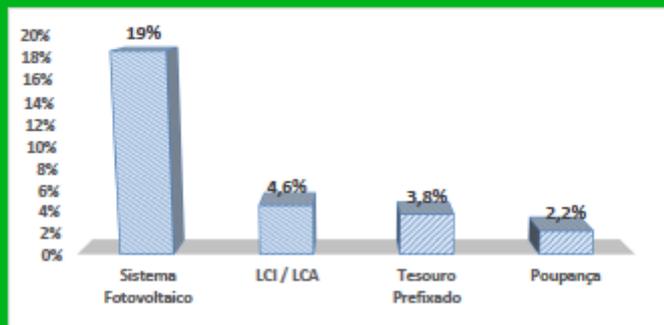
ANEXO M – TABELA DE PAYBACK PARA RETORNO FINANCEIRO E RENTABILIDADE NO DECORRER DOS ANOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PAINÉIS DE ENERGIA SOLAR NA OBRA ESCOLA DINAMICA

SEU RETORNO



 Retorno do seu investimento a partir de 5,4 anos.

SUA RENTABILIDADE



Apresentamos um comparativa com outros investimentos convencionais, afirmando que o investimento em sistema fotovoltaico é mais rentável e de baixo risco.

Fonte: Reevisa Energia (2020).