

VIABILIDADE ECONÔMICA NA INSTALAÇÃO DE BARRAMENTO BLINDADO NA PRUMADA DE UM EDIFÍCIO DE USO COLETIVO COMPOSTO POR 20 PAVIMENTOS E 56 UNIDADES CONSUMIDORAS¹

Elton Junior Schinaider²
Marcelo Kenzi Makiyama³
Rodrigo Konrath⁴
Paulo Vicari⁵

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo geral realizar a análise de viabilidade econômica na instalação de barramento blindado na prumada de um edifício de uso coletivo composto por 20 pavimentos e 56 unidades consumidoras. Esse edifício será construído em uma cidade no oeste catarinense e já possui um projeto da entrada de energia aprovado junto à concessionária local. Porém, o projeto foi aprovado na forma convencional, utilizando cabos condutores na prumada geral do edifício. Assim, a análise de viabilidade visou realizar uma comparação entre os custos para instalação conforme o projeto aprovado e os custos para instalação com barramento blindado. Para isso, foi realizada uma pesquisa nas normas e catálogos de fabricantes, com o intuito de verificar quais são as exigências para o correto dimensionamento do barramento blindado, de acordo com as normas vigentes. Como resultado, obteve-se uma redução de custos de materiais de aproximadamente trinta mil reais utilizando barramento blindado, ao invés de cabos condutores conforme havia sido projetado.

Palavras-chave: Barramento blindado. Entrada de energia. Edifício de uso coletivo.

1 INTRODUÇÃO

Historicamente a utilização de barramentos blindados em instalações elétricas surgiu na indústria automobilística norte americana em meados de 1920. Nessa época os grandes investimentos tecnológicos possibilitaram que as fábricas de Henry Ford produzissem anualmente cerca de dois milhões de automóveis. Para atender essa alta demanda a indústria automobilística precisou inovar em suas linhas de montagem, desenvolvendo um sistema de distribuição de energia elétrica aérea e modular, onde fosse possível desmontar e remontar com agilidade, satisfazendo as constantes mudanças de *layout* das linhas de montagem das fábricas. Assim o barramento blindado foi a solução encontrada para substituir os fios e cabos, que tornavam as alterações de *layout* complexas e caras (BOMEISEL, 2015).

¹ Artigo Científico apresentado com requisito para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

² UCEFF Faculdades. Acadêmico do Curso de Engenharia Elétrica. E-mail elton_junior@unochapeco.edu.br.

³ UCEFF Faculdades. Esp. em Engenharia Elétrica. E-mail marcelokem@uceff.edu.br

⁴ UCEFF Faculdades. Me em Física E-mail konrath@uceff.edu.br.

⁵ UCEFF Faculdades. Docente do curso de Engenharia Mecânica. E-mail: paulo.vicari@uceff.edu.br.

No Brasil, assim como nos Estados Unidos, a utilização de barramentos blindados iniciou-se na indústria automobilística no final da década de 1950 e início de 1960, com grande participação na usina hidrelétrica de Furnas, onde foram utilizados barramentos blindados de alumínio oriundos dos Estados Unidos. Nos últimos anos o mercado brasileiro de barramentos blindados ampliou significativamente, sendo impulsionado principalmente pela utilização em instalações prediais, residenciais e comerciais, deixando de ser um produto exclusivamente industrial. Isso deu espaço para o surgimento de novos fabricantes de barramentos blindados no Brasil, que além de usuário e importador passou a ser desenvolvedor e exportador dessa tecnologia, fornecendo produtos para países da América Latina (CUNHA, 2009).

Segundo Incorposul (2019), o crescimento populacional está ocasionando a verticalização dos grandes centros urbanos, resultando na construção de edifícios cada vez maiores. De acordo com dados do IBGE entre 2000 e 2010 houve um aumento de 43% no número de apartamentos no Brasil, passando de 4,3 milhões para 6,1 milhões de unidades. A construção de edifícios mais altos faz com que seja necessário buscar novas tecnologias para distribuição da energia elétrica. Assim, a utilização de barramentos blindados na prumada de edifícios com várias unidades consumidoras pode substituir o sistema convencional com fios e cabos.

Com a tecnologia do barramento blindado outra prática começou a se tornar comum, a descentralização da medição de energia elétrica. No sistema convencional os quadros de medição ficam no pavimento térreo da edificação, sendo agrupados em centros de medição, que consequentemente ocupam uma grande área na edificação. Assim, com a descentralização é possível distribuir os quadros de medição nos pavimentos do edifício, liberando mais espaço, que pode ser utilizado para outros fins (CUNHA, 2009).

De acordo com Graziano e Kruger (2018), a utilização de barramentos blindados em relação ao sistema com cabeamentos traz alguns benefícios, como a redução no desperdício de materiais e agilidade na instalação, sendo possível reduzir em até 80% o tempo necessário para execução dos serviços. Também ocupa um menor espaço na prumada e proporciona uma instalação mais segura, pois o invólucro metálico além de proteger contra impactos, dificulta o acesso a elementos energizados.

Outra vantagem é a facilidade na manutenção, pois levando em consideração que no sistema com cabos caso haja alguma avaria em um condutor da prumada, será necessário a troca de todo o condutor, enquanto que no barramento blindado, por se tratar de um sistema modular, apenas é necessário substituir o trecho danificado (GRAZIANO e KRUGER, 2018).

Comparado ao sistema convencional com cabos a instalação do barramento blindado é mais simples, devido ao barramento ser auto estruturado. Também é possível dimensionar a prumada geral pela demanda média das unidades consumidoras, ao invés de dimensionar pela potência instalada de cada unidade, resultando em uma economia de 30 a 40% de material condutor (BOMEISEL, 2015).

O estudo de viabilidade econômica baseia-se em um projeto elétrico de um edifício de uso coletivo com vinte pavimentos e cinquenta e seis unidades consumidoras. Assim, a utilização de barramentos blindados na prumada da edificação pode se tornar viável, tendo em vista que poderá agilizar a execução, trazer economia ao cliente e proporcionar uma maior segurança nas instalações elétricas. Com base nessas considerações o presente artigo pretende responder a seguinte questão problema: **é viável economicamente a instalação de barramento blindado na prumada de um edifício de uso coletivo composto por 20 pavimentos e 56 unidades consumidoras?**

Tendo como objetivo analisar a viabilidade econômica na utilização de barramentos blindados entre o Quadro Geral de Proteção (QGP) e os Quadros de Medição Coletivos (QMCs) distribuídos nos pavimentos da edificação; utilizando-se das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e da concessionária local de energia elétrica, assim como catálogos de fabricantes de barramentos blindados.

Conseqüentemente, a viabilidade econômica das instalações elétricas beneficia quem irá executar o serviço e principalmente o cliente que terá uma instalação segura e confiável, sem desperdícios de materiais e com menor investimento possível.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BARRAMENTO BLINDADO

O barramento blindado, ou *busway*, é um conjunto de barras chatas com cantos arredondados fabricadas em alumínio ou cobre, dispostas sobre isoladores no interior de invólucros retangulares fabricados em alumínio ou em aço carbono zincado. São utilizados na transmissão e distribuição de energia, geralmente em correntes que variam entre 100 A até 6.000 A (FRANDOLI, 2019).

Os tipos de barramentos comumente utilizados em instalações de baixa tensão até 1 kV são os barramentos de barras separadas e os barramentos de barras coladas. No barramento de

barras separadas as barras são dispostas paralelamente com espaçamentos regulares, facilitando a realização de derivações do tipo *plugin*, onde os elementos podem ser encaixados no barramento principal, assim devido a essa característica são mais utilizados na distribuição de energia. Já nos barramentos de barras coladas as barras ficam separadas apenas por uma fita isolante, tornando as derivações mais complexas, sendo necessário separar as barras antes de acoplar os elementos de derivação, por esse motivo são mais utilizados na transmissão de energia (CUNHA, 2009).

Além das barras ativas constituídos pelas três fases e o neutro, o barramento pode ter uma barra destinada ao condutor de proteção. Porém, essa barra pode ser suprimida e utilizada a própria carcaça do barramento, desde que sejam feitos todos os ensaios e comprovada a eficácia para tal aplicação. Para isso, o barramento deverá contar com um terminal devidamente identificado para conexão das massas próximo ao centro de medição. Mesmo nos casos onde a carcaça não é utilizada como condutora de proteção, ela deverá ser aterrada no ponto mais próximo ao barramento de equipotencialização (E-321.0003, 2019).

2.1.1 Referências normativas

Atualmente a norma vigente no Brasil para fabricação de barramentos blindados é a ABNT NBR IEC 60439-2:2004. Já no que diz respeito a requisitos de instalação dos barramentos blindados a norma que deve ser aplicada é a ABNT NBR 16019:2011 em conjunto com a norma ABNT NBR 5410:2004 (GRAZIANO e KRUGER, 2018).

Em outubro de 2018 foi publicada a nova norma ABNT NBR IEC 61439-6:2018, que indica os requisitos de utilização, construção, verificação e características técnicas dos barramentos blindados. Essa norma irá substituir a NBR IEC 60439-2:2004, que ficará em vigor por um período de quarenta e seis meses após a data de publicação da nova norma (ABNT NBR IEC 61439-6, 2018).

Além das normas da ABNT também devem ser consultadas as normas e manuais da concessionária de energia, pois é ela que irá homologar fabricantes, analisar e aprovar o projeto, assim como realizar a vistoria das instalações após a execução dos serviços. Sendo assim, no estado de Santa Catarina os requisitos mínimos para homologação, especificação e instalação de barramentos blindados é feito através do manual especial E-321.0003 da CELESC.

Acerca da utilização de barramentos blindados em edifícios de uso coletivo, de acordo com CELESC (2019), a aplicação só é permitida em empreendimentos de grande porte, com pelo menos quinze pavimentos e que possuam ligação trifásica.

2.1.2 Grau de proteção

A norma ABNT NBR 16019 (2011) exige um grau de proteção mínimo IP31 (Índice de Proteção) para linhas pré-fabricadas (barramentos blindados). Contudo, a norma estabelece que deve ser observado o local de instalação, evitando que tubulações de água, gás ou vapor fiquem acima do barramento. Também devem ser tomadas medidas de precaução com o incremento de obstáculos, anteparos, barreiras isolantes ou até mesmo a utilização de barramentos blindados com maior grau de proteção, de forma que as ações externas sejam neutralizadas.

Mesmo com o grau de proteção mínimo IP31 previsto na norma da ABNT, as concessionárias de energia elétrica podem exigir níveis maiores, como no caso da CELESC, que especifica através do manual especial E-321.0003 (2019) um grau de proteção mínimo IP54 para barramentos blindados utilizados nas edificações comerciais e residenciais, sendo que em trechos onde ocorrer intersecções com instalações hidráulicas e o barramento estar sujeito a jatos acidentais de água, o grau de proteção mínimo a ser adotado deverá ser IPX5 ou então ser constituído por barreiras não inflamáveis.

O grau de proteção indica os índices de proteção do invólucro do barramento, o primeiro número significa o grau de proteção ao ingresso de objetos sólidos, assim como ao acesso a partes perigosas no interior do invólucro. Já o segundo número indica a proteção contra o ingresso de água. O grau de proteção IP54 exigido pela CELESC indica que o invólucro do barramento possui proteção contra poeira e também proteção ao acesso às partes perigosas do barramento através de fios com espessura igual ou superior a 1,0 mm. O numeral 4 indica que o invólucro protege o barramento contra projeções de água, enquanto que no caso do IPX5 o barramento possui proteção contra jatos de água incidindo em qualquer direção (ABNT NBR IEC 60529, 2017).

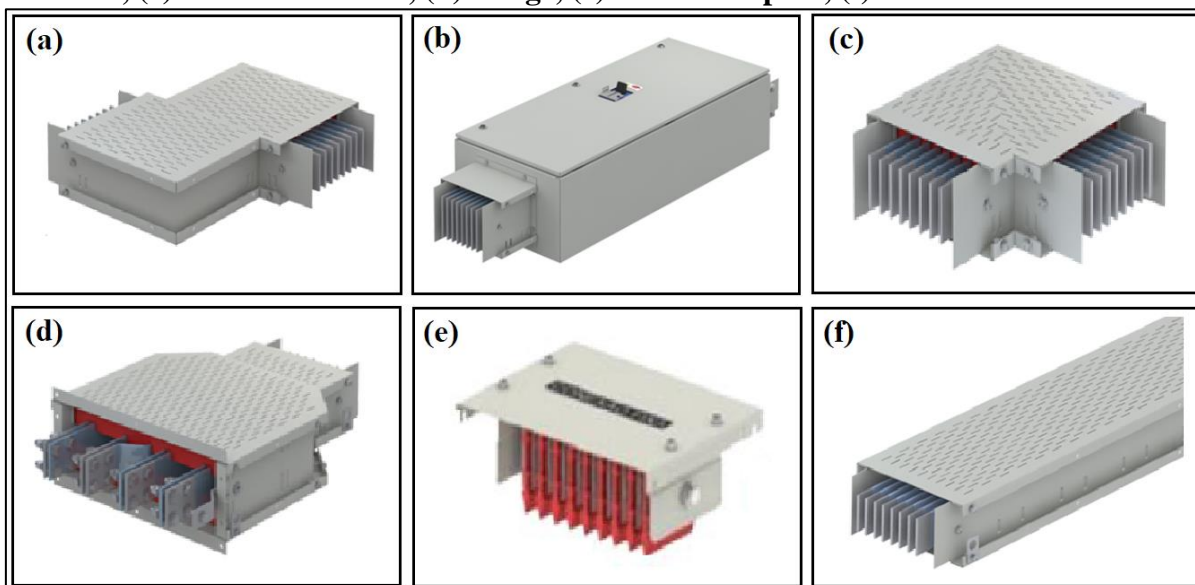
2.1.3 Elementos e acessórios

De acordo com o manual especial E-321.0003 (2019), o barramento blindado e todos os elementos que o compõem deverão ser fornecidos por fabricantes homologados pela CELESC.

Nos pontos de junção, derivação e interligação dos barramentos, assim como nos locais onde será necessário realizar algum desvio de trajeto, devem ser utilizados elementos apropriados para essa finalidade. As conexões entre esses elementos deverão possuir tratamento através de um processo de cobreamento, estanho ou prata e também possuir parafusos com duas cabeças sextavadas, sendo que a primeira deverá se romper ao atingir o torque especificado, enquanto que a segunda permanecerá disponível para futuras manutenções.

Segundo Frandoli (2019), os barramentos são fabricados geralmente em peças de três metros, possuindo acessórios como curvas verticais, curvas horizontais, tês (T), elementos de conexão, juntas de dilatação, entre outros. Também há disponível as caixas de alimentação, derivação e *plugins* que servem para alimentar ou realizar algum ponto de derivação do barramento principal. Na figura 1 estão ilustrados alguns desses acessórios disponíveis no mercado.

Figura 1 – Acessórios barramento blindado. (a) Desvio horizontal, (b) caixa de derivação extraível, (c) curva horizontal, (d) flange, (e) conexão rápida, (f) trecho reto



Fonte: Adaptado de WEG (2015).

O barramento blindado deverá ser instalado junto à parede ou sob a laje utilizando-se de suportes metálicos fornecidos exclusivamente pelo fabricante do barramento. Os suportes deverão ser fixados através de parafusos ou chumbadores, com espaçamentos inferiores a 1,50 m, evitando que fiquem próximos às emendas do barramento. Também deverão ser previstos suportes para as caixas de derivação e quadros de medição, de modo que em nenhuma hipótese o esforço mecânico de sustentação fique apoiado sobre o barramento (E-321.0003, 2019).

2.1.4 Queda de tensão

Para Bomeisel (2009), o critério de dimensionamento pela queda de tensão na maioria das vezes é o fator determinante para a escolha do modelo do barramento blindado. Devido aos limites estabelecidos pelas concessionárias, o barramento precisa ser dimensionado com capacidade de condução de até cinco vezes a corrente máxima demandada pela instalação. Esse é um dos motivos pelo qual ainda há, em muitos casos, uma inviabilidade econômica para a aplicação dos barramentos blindados em edifícios residenciais e comerciais.

Conforme especificado no manual especial E-321.0003 (2019), os limites máximos admitidos para queda de tensão desde o ponto de entrega da concessionária até o ponto mais desfavorável do barramento são de 1% para edificações comerciais e 2% para edificações residenciais, considerando a carga concentrada trecho a trecho. O cálculo de queda de tensão pode ser determinado através das equações 1, 2 e 3, considerando um fator de distribuição de carga ($k=1$) e fator de potência igual a 0,92 na extremidade do trecho considerado, enquanto que os valores de resistência e reatância deverão ser fornecidos pelo fabricante do barramento blindado.

Além das resistências e reatâncias, conforme ABNT NBR IEC 61439 (2018) o fabricante poderá fornecer uma tabela especificando os valores pré-calculados em Volts por Ampère por metro para diferentes valores de fator de potência. Assim, utilizando a equação 4 é possível calcular a queda de tensão no trecho do barramento de uma forma mais simplificada.

$$Z = R * \cos\Phi + X * \sen\Phi \quad (1)$$

$$\Delta V_{(3f)} = k * \sqrt{3} * L * Z * I * 10^{-3} \quad (2)$$

$$\Delta V(\%)_{(3f)} = \frac{\Delta V_{(3f)}}{V} \quad (3)$$

$$\Delta V(\%)_{(3f)} = \frac{k * L * f_k * \left(\frac{I}{QVP}\right) * 100}{V} \quad (4)$$

Onde:

R e X = Valores médios de resistência e reatância expressos em $m\Omega/m$;

Z = Impedância de fase expressa em $m\Omega/m$;

L = Comprimento metros do trecho considerado;

I = Corrente de carga máxima do trecho considerado, expresso em Ampère (A);

V = Tensão nominal entre fase/fase, expresso em Volts (V);

$\cos\Phi$ = Fator de potência da carga considerada;

k = Fator de distribuição de carga;

f_k = Constante de queda de tensão, expresso em Volt por Ampère por metro (V/A.m);

QVP = Quantidade de vias em paralelo;

$\Delta V_{(3f)}$ = Queda de tensão expresso em Volts (V) na extremidade do trecho;

$\Delta V(\%)_{(3f)}$ = Queda de tensão na extremidade do trecho, expresso em porcentagem.

A equação 4 pode ser aplicada tanto para o cálculo de queda de tensão do barramento blindado, quanto para cabos condutores, desde que seja encontrada a constante de queda de tensão (f_k) em catálogos de fabricantes de cabos elétricos.

2.1.5 Corrente nominal e curto circuito

No que diz respeito a corrente nominal de operação, o manual especial E-321.0003 (2019) exige que o fabricante indique o valor com base em uma temperatura ambiente de 35 °C. Outro quesito exigido é que a corrente máxima demandada no barramento não poderá exceder 800 A, tendo em vista que a potência máxima admitida para o transformador é de 500 kVA. Caso seja necessário uma corrente e potência demandada superior a esses valores, a instalação deverá possuir mais de um transformador, assim como mais de um barramento blindado para prumada, sempre respeitando esse limite individual. O cálculo da corrente que irá circular no barramento poderá ser obtido através da equação 5.

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V} \quad (5)$$

Onde:

I = Corrente elétrica, expressa em Ampère (A);

S = Potência aparente, expressa em Volt Ampère (VA);

V = Tensão nominal entre fase/fase, expresso em Volts (V);

De acordo com o manual especial E-321.0003 (2019), a suportabilidade às correntes de curto circuito, assim como a capacidade de abertura do dispositivo de proteção do barramento blindado, deverão ser superiores à corrente de curto circuito prevista para o ponto de instalação do mesmo.

Tabela 1 – Níveis de curto circuito conforme transformador utilizado

Potência do transformador (kVA)	Níveis de curto circuito (kA)
150	6,0

225	7,5
300	10
500	17

Fonte: Adaptado de E-321.0003 (2019).

A Tabela 1 traz os níveis de curto circuito típicos que devem ser considerados conforme a potência do transformador que alimenta a instalação. Conforme manual especial E-321.0003 (2019), valores menores a esses podem ser adotados desde que sejam comprovados através de cálculos.

2.1.6 Proteções elétricas

O barramento blindado deverá possuir proteção contra sobrecorrentes e curto circuito através de dispositivo de proteção e manobra com carga, que deve ser instalado no QGP ou na caixa de alimentação do barramento. Junto a esse dispositivo deverão ser instalados também dispositivos de proteção contra surtos (DPS), para proteção contra surtos provenientes da rede de distribuição de energia ou de descargas atmosféricas (E-321.0003, 2019).

2.1.7 Medição descentralizada

A aplicação de barramentos blindados em edifícios de uso coletivo torna possível a descentralização do sistema de medição. Assim, ao invés de centralizar os quadros de medição em um centro de medição no pavimento térreo, o projetista poderá distribuir os quadros nos pavimentos da edificação. Entretanto, existe algumas exigências para que isso seja possível, como, por exemplo, ser considerado um sistema de comunicação entre os quadros de medição e as caixas concentradoras para realização da medição em um único ponto. Também devem ser instalados equipamentos de rede, como blocos de conexão, amplificadores de sinal e conversores de rede nos quadros de medição, para que seja possível realizar a medição remotamente através da telemedição (E-321.0003, 2019).

2.2 CÁLCULO DE DEMANDA EDIFÍCIO DE USO COLETIVO

De acordo com a norma NT-03 (1997) da concessionária CELESC, a entrada de energia das edificações de uso coletivo deve ser dimensionada através da demanda provável da edificação, avaliando as cargas que compõem o edifício, que basicamente são referentes aos

apartamentos, áreas comuns do condomínio, salas comerciais e outras cargas especiais. A demanda total de um edifício pode ser calculada de acordo com o critério do projetista, porém o cálculo não pode resultar em uma demanda inferior ao calculado através das seguintes equações:

$$DT = 1,2 * (D1 + D2) + E + G \quad (6)$$

$$D1 = F * A \quad (7)$$

$$D2 = B + C + D \quad (8)$$

Onde:

DT = Demanda total;

D1 = Demanda referente aos apartamentos residenciais;

D2 = Demanda referente as áreas comuns do condomínio;

A = Demanda por apartamento em função da sua área útil;

B = Demanda referente a iluminação das áreas comuns;

C = Demanda referente às tomadas das áreas comuns;

D = Demanda referente aos motores elétricos;

E = Demandas das cargas especiais;

F = Fator de diversidade em função do número de apartamentos;

G = Demanda referente as salas comerciais;

Para determinar a demanda das áreas comuns do condomínio (D2) é necessário somar as parcelas de demanda referente às tomadas de corrente, iluminação e motores elétricos. Enquanto que, a demanda dos apartamentos (D1) deve ser determinada verificando os tipos e quantidades de apartamentos com suas respectivas áreas em metros quadrados. Sendo assim, a Tabela 2 traz alguns valores de fator de diversidade e demanda típicos determinados pela norma, de acordo com área e a quantidade de apartamentos.

Tabela 2 – Fator de diversidade e de demanda típicos

Quantidade de Apartamentos	Fator de Diversidade	Área (m ²)	Demanda (kVA)
01	1,00	150	3,10
04	3,88	180	3,65
08	7,72	181	3,67
20	17,44	182	3,68

Fonte: Adaptado de NT-03 (1997).

Conforme especificado na norma NT-03 (1997), deve ser considerado um fator de diversidade diretamente relacionado ao número de apartamentos, assim como um valor de

demanda para a uma determinada área. Aplicando esses valores na equação 7, é possível determinar a demanda provável dos apartamentos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A proposta para verificação da viabilidade econômica na instalação do barramento blindado foi elaborada para um edifício de uso coletivo, que será construído em uma cidade no oeste catarinense. O empreendimento já possui projeto da entrada de energia aprovado junto a concessionária de energia local (CELESC), porém esse projeto está na forma convencional, com um centro de medição localizado no pavimento térreo e toda a prumada projetada através de cabos condutores. Dessa forma, foi proposto ao cliente uma análise de viabilidade, apresentando os custos para a instalação do barramento blindado em comparação ao sistema convencional.

Através do projeto aprovado fornecido pelo cliente e desenvolvido no *software* AutoCad foi possível identificar algumas características construtivas do edifício, conforme especificadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Características construtivas da edificação

Descrição do pavimento	Quantidade de pavimentos	Unidades consumidoras
Subsolo (garagem)	01	-
Térreo (Salas comerciais + áreas comuns condomínio)	01	04
Pavimento tipo 1 (garagem)	04	-
Pavimento tipo 2 (apartamentos)	13	52
Sala de máquinas + barrilete	01	-
Total	20	56

Fonte: Dados do estudo (2020).

Com essas informações, observou-se que o edifício possuía vinte pavimentos distribuídos entre áreas de condomínio, salas comerciais e apartamentos, totalizando cinquenta e seis unidades consumidoras.

3.1 VERIFICAÇÃO E LEVANTAMENTO DE CUSTOS DO PROJETO APROVADO

Para realizar o levantamento dos custos da instalação com cabos condutores foi verificado no projeto aprovado os tipos de infraestruturas e condutores elétricos utilizados,

localização dos quadros de proteção e medição, assim como as distâncias dos ramais alimentadores dos quadros de medição e dos quadros de distribuição internos de cada unidade consumidora. Assim, foi possível fazer a lista de materiais e posteriormente, através de contatos via e-mail e ligações telefônicas, a cotação com os fornecedores dos materiais, realizando o levantamento dos custos necessários para atender a instalação na forma convencional com cabos condutores.

3.2 DIMENSIONAMENTO E LEVANTAMENTO DE CUSTOS PARA INSTALAÇÃO DO BARRAMENTO BLINDADO

Para o correto dimensionamento do barramento blindado foi verificado o projeto aprovado e realizado um estudo nas normas da CELESC, normas brasileiras da ABNT e catálogos de fabricantes de barramentos blindados homologados. Este estudo foi necessário para verificar as exigências mínimas para instalação do barramento blindado em edifícios de uso coletivo, assim como verificar as opções de modelos de barramentos e fabricantes disponíveis no mercado, com o intuito de dimensionar um barramento blindado que atendesse os requisitos contidos nas normas, encontrando o melhor custo benefício para instalação.

Após verificar o projeto aprovado e realizar o estudo das normas foi verificado os requisitos necessários para adequação do projeto e também quais as partes da instalação sofreriam alteração com a modificação da prumada para barramento blindado. Dessa forma, foi levado em consideração somente essas partes na contabilização dos materiais e levantamento dos custos, pois onde a instalação é semelhante o custo é o mesmo em ambos os casos, tornando-se irrelevante na análise de viabilidade.

4 RESULTADO E ANÁLISE DOS DADOS

A análise de viabilidade econômica iniciou-se com a verificação do projeto aprovado, onde foi possível pontuar alguns aspectos importantes, como, por exemplo, a potência instalada e demandada, seção dos condutores, tipos de infraestruturas, corrente nominal dos disjuntores, entre outros. Sendo essas informações relevantes para a contabilização dos materiais e principalmente para o dimensionamento do barramento blindado.

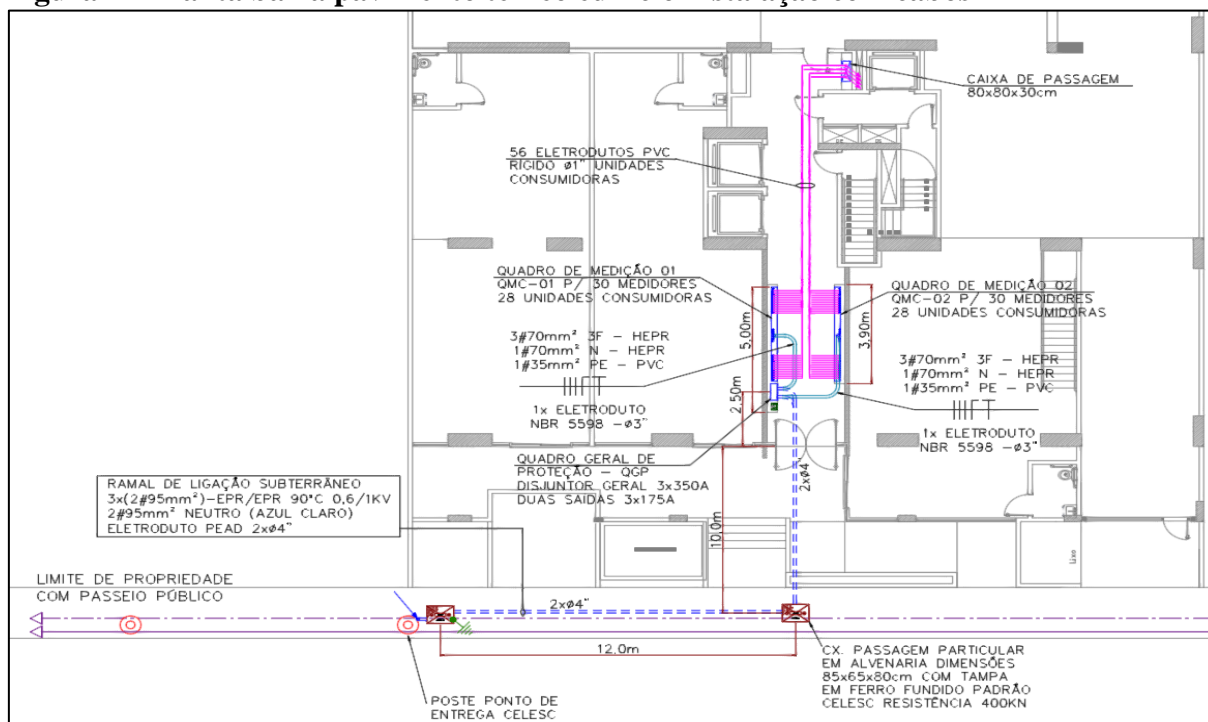
4.1 CONTABILIZAÇÃO DOS MATERIAIS CONFORME PROJETO APROVADO

No projeto aprovado a alimentação da edificação foi considerada em tensão secundária de distribuição, ou seja, em baixa tensão, derivando da rede da concessionária e alimentando diretamente o QGP no hall de entrada do edifício. O QGP possuía três disjuntores, sendo um disjuntor geral tripolar, termomagnético, corrente nominal de 350 A e dois disjuntores de saída tripolares, termomagnéticos, corrente nominal de 175 A cada, para alimentação do QMC-01 e QMC-02 respectivamente.

Conforme projeto aprovado os condutores para alimentação dos quadros de medição QMC-01 e QMC-02 foram previstos através de cabos de cobre, seção 70 mm^2 para as três fases e o neutro, com isolamento em Etileno Propileno (HEPR), temperatura de operação de $90 \text{ }^\circ\text{C}$ e classe de isolamento de 0,6/1 kV. Enquanto que, para o condutor de proteção havia sido previsto um condutor seção 35 mm^2 , isolamento em Cloreto de Polivinila (PVC), temperatura de operação de $70 \text{ }^\circ\text{C}$ e classe de isolamento de 450/750 V. Para proteção mecânica dos condutores, o projeto contemplava a instalação de eletrodutos em aço galvanizado a fogo do tipo pesado, atendendo a norma NBR-5598, diâmetro nominal de três polegadas.

Na Figura 2 está ilustrada a planta baixa do pavimento térreo do edifício conforme projeto aprovado, onde constam os quadros QGP, QMC-01, QMC-02 e também os eletrodutos de saída dos quadros de medição, que seguem para a prumada do edifício.

Figura 2 – Planta baixa pavimento térreo edifício instalação com cabos

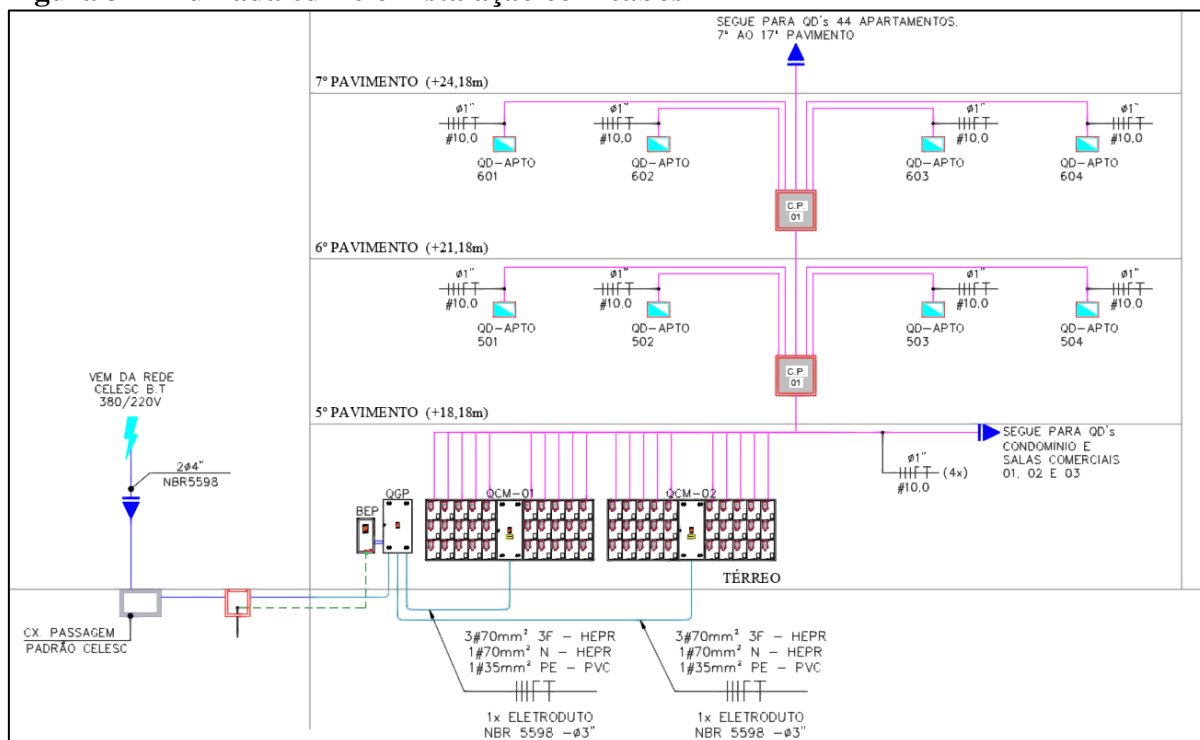


Fonte: Adaptado dos dados do estudo (2020).

Dentre as 56 unidades consumidoras do edifício uma delas é destinada a atender as cargas do condomínio, 03 unidades são para salas comerciais localizadas no pavimento térreo e as outras 52 unidades são compostas pelos apartamentos. Todas as unidades consumidoras foram projetadas para serem alimentadas por disjuntores termomagnéticos tripolares, corrente nominal de 50 A e condutores em cobre seção 10 mm², possuindo isolamento em HEPR para as fases e o neutro e isolamento em PVC para o condutor de proteção. A infraestrutura para proteção mecânica desses condutores foi considerada através de eletrodutos rosqueáveis do tipo antichama, material em PVC rígido e diâmetro de uma polegada, sendo cada circuito instalado em eletroduto independente.

Na Figura 3 está ilustrado de forma orientativa o início da prumada geral da edificação, sendo possível observar os quadros QGP, QMC-01, QMC-02, assim como os eletrodutos e condutores para alimentação das unidades consumidoras, conforme projeto aprovado.

Figura 3 – Prumada edifício instalação com cabos



Fonte: Adaptado dos dados do estudo (2020).

Através do projeto aprovado foi possível verificar os tipos de materiais que foram considerados para infraestrutura e condutores elétricos, assim como realizar a contabilização dos materiais verificando as quantidades e distâncias previstas em projeto. Sendo assim, a lista de materiais para instalação da forma convencional com cabos condutores contemplou os itens conforme Tabela 3.

Tabela 3 – Planilha de materiais e custos para instalação com cabos condutores

item	Descrição	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Total
1	Quadros de medição e caixas de passagem				
1.1	Quadro geral de proteção (QGP) equipado com disjuntores, DPS e acessórios internos.	01	Peça	R\$ 4.108,18	R\$ 4.108,18
1.2	Quadro de medição para 30 medidores equipado com disjuntores, DPS, cabeamento interno do quadro.	02	Peça	R\$ 11.723,50	R\$ 23.447,00
1.3	Caixa de passagem metálica 80x80x30cm.	19	Peça	R\$ 185,00	R\$ 3.515,00
	Subtotal deste item				R\$ 31.070,18
2	Ramal alimentador entre QGP e QMC-01 / QMC-02				
2.1	Eletroduto GF conforme NBR-5598, bitola 3"x3000 mm + curvas, buchas de acabamento e abraçadeiras.	05	Peça	R\$ 684,58	R\$ 3.422,90
2.2	Cabo flexível HEPR 70 mm 1 kV preto, branco, vermelho e azul.	72	Metros	R\$ 67,64	R\$ 4.870,08
2.3	Cabo flexível PVC 35 mm verde 750 V.	18	Metro	R\$ 32,07	R\$ 577,26
	Subtotal deste item				R\$ 8.870,24
3	Alimentação quadros de distribuição das unidades consumidoras				
3.1	Eletroduto PVC rígido bitola 1"x3000 mm + curvas, buchas de acabamento e abraçadeiras.	1.060	Peça	R\$ 33,50	R\$ 35.510,00
3.2	Cabo flexível HEPR 10 mm 1 kV preto, branco, vermelho e azul.	12.320	Metros	R\$ 9,72	R\$ 119.750,40
3.3	Cabo flexível PVC 10 mm verde 750 V.	3080	Metros	R\$ 9,08	R\$ 27.966,40
	Subtotal deste item				R\$ 183.226,80
	Custo total				R\$ 223.167,20

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A cotação dos valores comerciais dos materiais foi realizada no mês de outubro de 2020. Dessa forma, os custos totais para instalação da prumada com cabos condutores foi de R\$ 223.167,20.

4. 2 DIMENSIONAMENTO DO BARRAMENTO BLINDADO

O primeiro critério analisado no dimensionamento do barramento foi a capacidade de condução. Conforme projeto a corrente nominal do disjuntor geral da edificação era de 350 A, logo o barramento deveria possuir uma corrente nominal ligeiramente superior. Outro critério analisado foi a suportabilidade às correntes de curto circuito, onde foi considerado que a edificação seria alimentada por um transformador exclusivo com potência nominal de 225 kVA, instalado junto ao poste da concessionária. Sendo assim, utilizando a Tabela 1 foi possível

determinar que a corrente de curto circuito mínima que o barramento blindado deveria suportar seria de 7,5 kA.

Para realizar o dimensionamento do barramento blindado pelo critério de queda de tensão primeiramente foi analisada a potência demandada de cada QMC. Sendo assim, as demandas das salas comerciais e do condomínio foi mantida conforme projeto aprovado, onde haviam sido previstos 15 kVA para o condomínio e 10 kVA para cada sala comercial. Contudo, a demanda de cada QMC destinado para alimentação dos apartamentos foi recalculada. Verificando no projeto aprovado que cada pavimento possuía quatro apartamentos com 181 m² de área útil cada, foi possível buscar na Tabela 2 os valores correspondentes de demanda em função da área e o fator de diversidade de acordo com o número de apartamentos, aplicando esses valores na equação 7. Com a potência demandada definida também foi calculada a corrente demandada através da equação 8, sendo que os valores encontrados estão expressos na Tabela 4.

Tabela 4 – Potência e corrente demandada

Quadro de Medição Coletivo	Potência demandada (kVA)	Corrente demandada (A)
QMC-01	45	68,37
QMC-02 ao QMC 14	14,24	21,64

Fonte: Dados do Estudo (2020).

Para calcular a queda de tensão foi necessário pesquisar em catálogos de fabricantes os modelos de barramentos e seus respectivos valores das constantes de queda de tensão com base em um fator de potência de 0,92. Desta maneira, o modelo do barramento escolhido para realização dos cálculos foi o BWW01-MA630N-54, fabricante WEG, sendo composto por barras de alumínio separadas, instaladas em invólucro metálico com grau de proteção IP54, nas dimensões 92,5 x 138 mm (altura x largura), corrente nominal de 630 A e suportabilidade de 30 kA para correntes de curto circuito, com uma constante de queda de tensão de 0,0002102 V/A.m.

Também foi necessário verificar a constante de queda de tensão do condutor seção 95 mm², utilizado na entrada de energia e dimensionado conforme projeto aprovado. Assim, o valor encontrado foi de 0,00045 V/A.m (FICAP, 2010).

Verificou-se no projeto aprovado que o ramal de entrada era composto por dois condutores por fase, seção 95 mm², isolamento em HEPR 90°C, classe isolamento 0,6/1kV com comprimento total de 40 metros. Também foi feito um esboço com o trajeto do barramento

blindado, conforme figuras 4 e 5, onde foi possível verificar as distâncias de cada trecho. Assim, através da equação 4 foi realizado o cálculo da queda de tensão tanto para o barramento, como para os condutores do ramal de entrada, obtendo os resultados conforme especificados na Tabela 5.

Tabela 5 – Planilha para cálculo da queda de tensão

Trecho		Distância	UCs	Corrente demandada	Corrente nominal	Fator k	Queda de tensão do trecho	Queda de tensão acumulada
De	Até	(m)		(A)	(A)		(V/A.m)	(%)
Ponto Entrega	QGP	40,00	56	350,00	Cabos	1	0,8289	0,8289
	QGP	QMC-01	4,00	349,63	630	1	0,0774	0,906
	QMC-01	QMC-02	35,00	281,26	630	1	0,5445	1,451
	QMC-02	QMC-03	3,00	259,63	630	1	0,0431	1,494
	QMC-03	QMC-04	3,00	237,99	630	1	0,0395	1,533
	QMC-04	QMC-05	3,00	216,35	630	1	0,0359	1,569
	QMC-05	QMC-06	3,00	194,72	630	1	0,0323	1,602
	QMC-06	QMC-07	3,00	173,08	630	1	0,0287	1,630
	QMC-07	QMC-08	3,00	151,45	630	1	0,0251	1,655
	QMC-08	QMC-09	3,00	129,81	630	1	0,0215	1,677
	QMC-09	QMC-10	3,00	108,18	630	1	0,0179	1,695
	QMC-10	QMC-11	3,00	86,54	630	1	0,0144	1,709
	QMC-11	QMC-12	3,00	64,91	630	1	0,0108	1,720
	QMC-12	QMC-13	3,00	43,27	630	1	0,0072	1,727
	QMC-13	QMC-14	3,00	21,64	630	1	0,0036	1,731

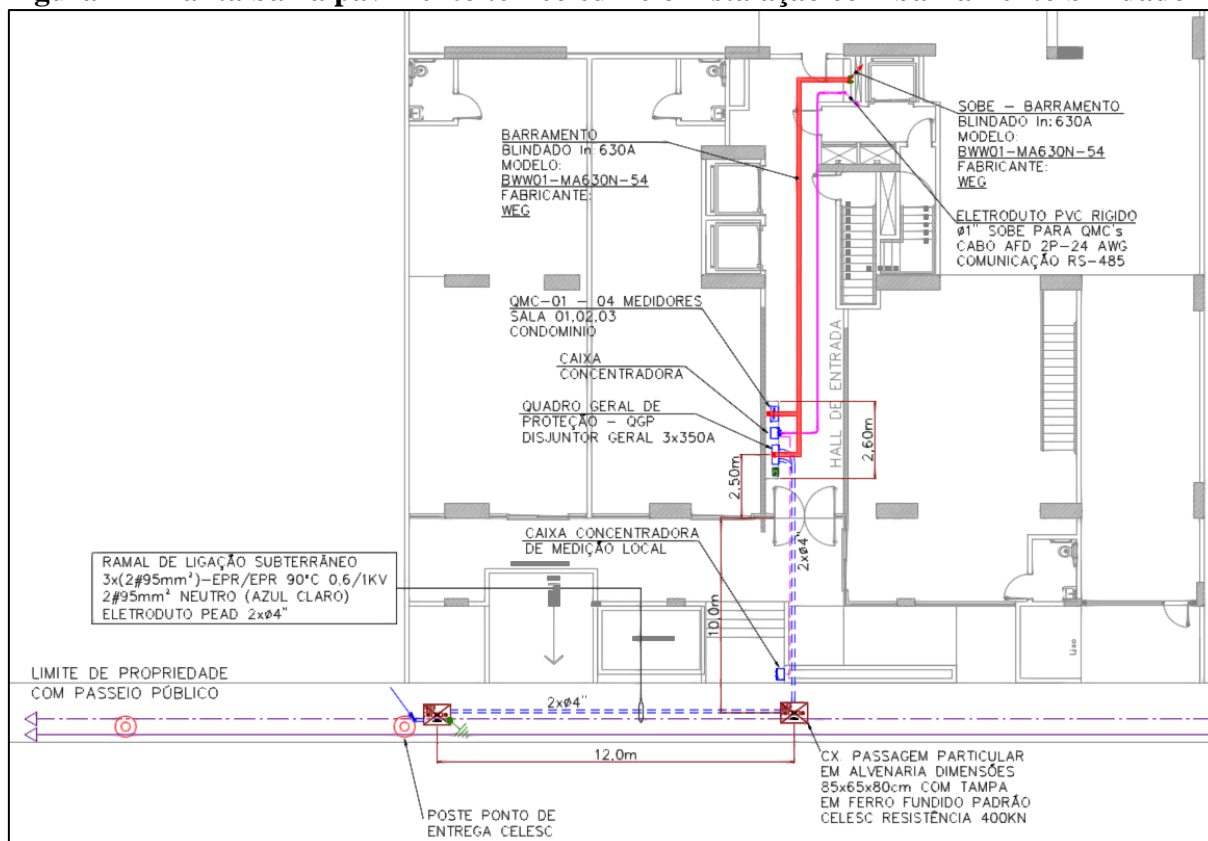
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Conforme especificado na Tabela 5 a queda de tensão no ponto mais desfavorável do barramento blindado foi de 1,731%, ficando abaixo dos 2% especificados para unidades residenciais. Também é possível verificar que para o QMC-01 que alimenta as unidades comerciais, a queda de tensão ficou em 0,906%, ficando abaixo de 1%, conforme especificado no manual especial E-321.0003 da CELESC. Portanto, o barramento escolhido atendeu os requisitos mínimos exigidos pelas normas, pois possui capacidade de condução superior a corrente nominal do disjuntor geral da edificação, suporta as correntes de curto circuito no ponto de instalação, além de possuir o grau de proteção IP54 solicitado pela concessionária.

4. 3 CONTABILIZAÇÃO DOS MATERIAIS PARA INSTALAÇÃO DO BARRAMENTO BLINDADO

A contabilização dos custos para instalação do barramento blindado levou em consideração somente as partes que foram modificadas em relação ao projeto aprovado. Com a instalação do barramento blindado os dois QMCs previstos no pavimento térreo não seriam mais instalados, passando a ser considerada a instalação de quatorze QMCs com capacidade para quatro medidores cada. O primeiro QMC foi considerado no pavimento térreo e destinado para alimentação do condomínio e das três salas comerciais, enquanto que, os outros treze QMCs foram considerados distribuídos nos pavimentos do edifício e destinados para alimentação dos apartamentos, caracterizando um sistema de medição descentralizado. Na figura 4 está ilustrado o pavimento térreo do edifício com a sugestão para instalação do barramento blindado.

Figura 4 – Planta baixa pavimento térreo edifício instalação com barramento blindado



Fonte: Adaptado dos dados do estudo (2020).

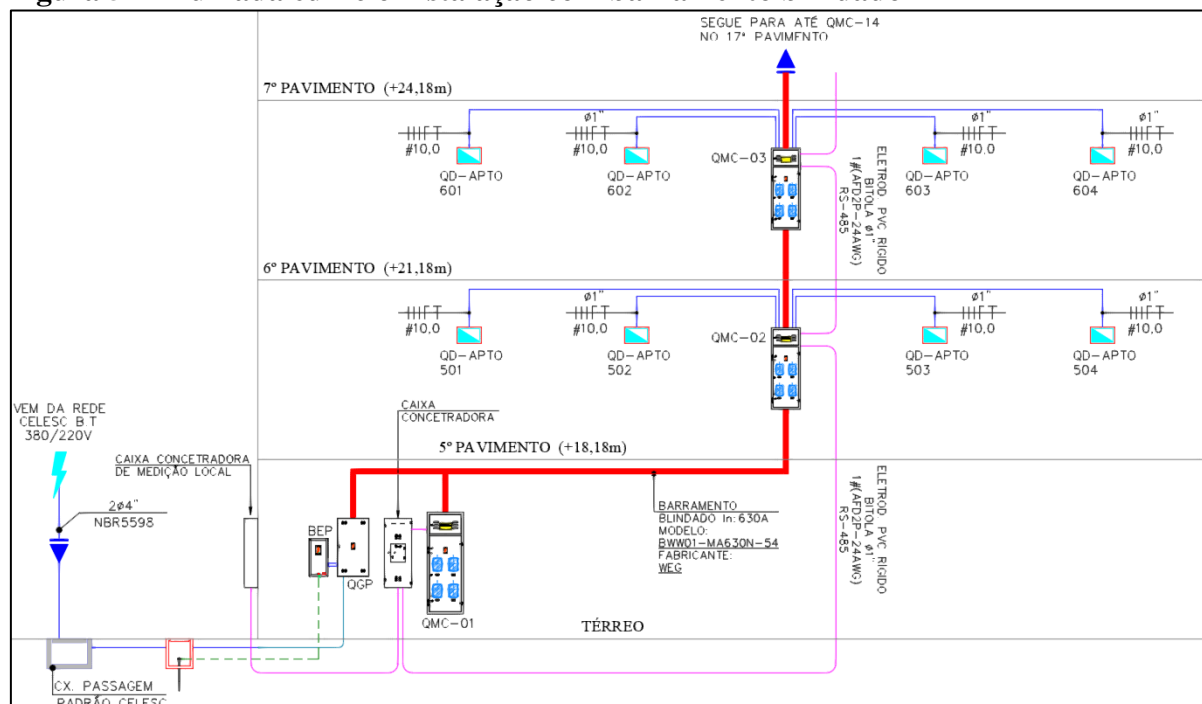
Pelo motivo da medição ser descentralizada foi necessário contemplar a instalação de um sistema de comunicação entre os quadros de medição e caixas concentradoras, para que a concessionária faça as aferições do consumo de energia em um único ponto. Além da comunicação, o sistema requer uma alimentação monofásica 220 Vca, que deve ser derivado

do quadro geral do condomínio. Assim, os custos para a instalação desse sistema também foram considerados na análise de viabilidade.

Para finalizar o levantamento dos custos para instalação da prumada com barramento blindado, foi acrescentado na relação de materiais a alimentação das unidades consumidoras no trecho entre os QMCs e os quadros de distribuição internos de cada unidade consumidora. Sendo que a seção dos condutores e a especificação da infraestrutura foram consideradas as mesmas que haviam sido projetadas no projeto aprovado.

Na Figura 5 está ilustrado o início da prumada da edificação considerando a instalação com barramento blindado. É possível observar no pavimento térreo o QGP e as caixas concentradoras para telemedição, assim como o QMC-01 destinado às unidades consumidoras do condomínio e salas comerciais. Também estão representados os quadros de medição QMC-02 e QMC-03 considerados nos pavimentos dos apartamentos.

Figura 5 – Prumada edifício instalação com barramento blindado



Fonte: Adaptado dos dados do estudo (2020).

Dessa forma, após dimensionado o barramento blindado e contabilizado o material necessário para instalação do mesmo, foi desenvolvida uma planilha com a lista dos materiais e seus respectivos valores, conforme especificado na Tabela 6.

Tabela 6 – Planilha de materiais e custos para instalação com barramento blindado

item	Descrição	Quantidade	Unidade	Custo Unitário	Total
------	-----------	------------	---------	----------------	-------

1 Barramento blindado e quadros de medição					
1.1	Barramento blindado em alumínio, corrente nominal 630 A, 30 kA, IP54, modelo BWW01-MA630N-54, fabricante WEG, equipado com curvas, emendas, barreiras corta fogo e outros acessórios.	75	Metro	R\$ 750,00	R\$ 56.250,00
1.2	Garras para derivação <i>plugin</i> .	14	Peça	R\$ 314,50	R\$ 4.403,00
1.3	Quadro para 04 medidores + disjuntores, acessórios e equipamentos de rede para telemedição.	14	Peça	R\$ 4.933,40	R\$ 69.067,60
Subtotal deste item					R\$ 129.720,60
2 Equipamentos e acessórios para telemedição					
2.1	Eletroduto PVC rígido bitola 1"x3000 mm + curvas, buchas de acabamento e abraçadeiras.	25	Peça	R\$ 33,50	R\$ 834,50
2.2	Eletroduto PVC rígido bitola 3/4"x3000 mm + curvas, buchas de acabamento e abraçadeiras.	25	Peça	R\$ 24,55	R\$ 613,75
2.3	Cabo comunicação AFD 2P-24 AWG.	100	Metro	R\$ 4,20	R\$ 420,00
2.4	Cabo Flexível HEPR 1 kV 3x2,5 mm ² .	100	Metro	R\$ 8,35	R\$ 835,00
2.5	Caixa concentradora.	01	Peça	R\$ 1.000,15	R\$ 1.000,15
2.6	Caixa concentradora p/ medição local.	01	Peça	R\$ 1.631,62	R\$ 1.631,62
Subtotal deste item					R\$ 5.338,02
3 Alimentação quadros de distribuição das unidades consumidoras					
3.1	Eletroduto PVC rígido bitola 1"x3000 mm + curvas, buchas de acabamento e abraçadeiras.	280	Peça	R\$ 33,50	R\$ 9.380,00
3.2	Cabo flexível HEPR 10 mm 1 kV preto, branco, vermelho e azul.	4.032	Metro	R\$ 9,72	R\$ 39.191,04
3.3	Cabo flexível PVC 10 mm verde 750 V.	1.008	Metro	R\$ 9,08	R\$ 9.152,04
Subtotal deste item					R\$ 57.723,68
Custo total					R\$ 192.782,30

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A cotação dos valores comerciais dos materiais foi realizada no mês de outubro de 2020. Dessa forma, os custos totais para instalação da prumada com barramento blindado foi de R\$ 192.782,30. Levando em consideração todos levantamentos de valores e quantidades de materiais, comprovou-se que utilizando barramentos blindados na prumada de um edifício de 20 pavimentos e 56 unidades consumidoras foi possível ter uma economia de R\$ 30.384,90 em materiais. Lembrando que nessa análise de viabilidade econômica não foi considerado o valor referente a mão de obra, pois varia de acordo com a empresa que irá executar os serviços.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se neste estudo que a utilização de barramentos blindados em edifícios de uso coletivo é algo que está em franco desenvolvimento, sendo impulsionado pela regulamentação desse mercado por parte das concessionárias de energia e principalmente pelo crescimento da construção civil que vem causando a verticalização dos centros urbanos. Assim, a busca por novas tecnologias para a distribuição de energia em edifícios de grande porte, que possuam mais de 15 pavimentos e várias unidades consumidoras, se torna algo imprescindível, pois além de trazer economia ao cliente, valoriza o empreendimento.

A possibilidade de instalar o barramento blindado trouxe outros benefícios, como a liberação de espaço físico ocupado pelos grandes quadros de medição. Observando as Figuras 2 e 4 é possível notar uma grande diferença no espaço ocupado, pois no projeto aprovado os quadros de medição estavam dispostos nos dois lados do hall de entrada do edifício, totalizando um comprimento de 8,90 m. Assim, com a utilização do barramento blindado reduziu-se esse comprimento para 2,60 m. Também foi possível reduzir o espaço ocupado pela prumada, pois onde estavam contemplados a instalação de cinquenta e seis eletrodutos bitola de uma polegada para abrigar os cabos condutores, foi reduzido em um único barramento blindado, com dimensões de 92,5 x 138 mm (altura x largura) diminuído consideravelmente a área ocupada pela prumada elétrica.

Mesmo com as restrições impostas pela concessionária quanto ao limite de queda de tensão, resultando em um barramento de 630 A para uma instalação com disjuntor geral de 350 A, a proposta para utilização do barramento blindado na prumada do edifício se mostrou algo atrativo, sendo economicamente viável e principalmente valorizando o edifício que poderá contar com um sistema de distribuição de energia moderno, confiável e que agregará segurança para as instalações elétricas.

Sugere-se para futuros trabalhos um estudo mais aprofundado nas normas, analisando a possibilidade de reduzir a seção transversal do barramento no trecho final da prumada, tendo em vista que a corrente demandada vai diminuindo ao longo do trajeto, conforme o número de unidades consumidoras conectadas ao barramento diminui. Também pode ser feito um estudo nas normas e catálogos de fabricantes, verificando quais são os requisitos para manutenção do barramento blindado, com o intuito de manter as instalações elétricas em perfeito estado de funcionamento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16019**: Linhas elétricas pré-fabricadas (barramentos blindados) de baixa tensão – Requisitos para instalação. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC 60529**: Graus de proteção providos por invólucros (Códigos IP). Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC 61439-6**: Conjuntos de manobra e comando de baixa tensão: Parte 6: Sistemas de linhas elétricas pré-fabricadas. Rio de Janeiro, 2018.

BOMEISEL, F. C. **Audiência pública ANEEL**. Número 033/2009, 2009. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2009/033/contribuicao/contribuicao_a_p033_novemp.pdf. Acesso em: 01 set. 2020.

BOMEISEL, F. C. **Um mercado em ascensão**. Revista Potência, 2015. Disponível em: <https://issuu.com/hmnews/docs/mercado-110>. Acesso em: 02 set. 2020

CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A. **Comunicado nº 26 (Retificação)**. Aplicação racional de medidores em projetos elétricos contendo telemedicação e barramento blindado, 2019. Disponível em: <https://www.celesc.com.br/arquivos/normas-tecnicas/padrao-entrada/comunicado26-retificacao-aplicacao-racional-medidores-telemedicao-barramento-blindado.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2020.

CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A. **Manual especial E-321.0003**. Barramento blindado (*Busway*), 2019. Disponível em: <https://www.celesc.com.br/arquivos/normas-tecnicas/padrao-entrada/E-321.0003.pdf>. Acesso em: 14 set. 2020.

CELESC DISTRIBUIÇÃO S.A. **Norma Técnica DPSC / NT - 03**. Fornecimento de energia elétrica à edifícios de uso coletivo, 1997. Disponível em: <https://www.celesc.com.br/arquivos/normas-tecnicas/padrao-entrada/Nt03.pdf>. Acesso em: 15 out. 2020.

CUNHA, L. **Barramentos blindados**. O setor elétrico, 2009. Disponível em: <https://www.osetoreletrico.com.br/barramentos-blindados/>. Acesso em: 29 ago. 2020

FICAP. **Fios e cabos para instalações em baixa tensão**. 2010. Disponível em: <http://www.euocabos.com.br/files/cabos/nexans-ficap/cabos-baixa-tensao/nexans-bt.pdf>. Acesso em: 08 nov. 2020.

FRANDOLI, F. **Linhas elétricas pré-fabricadas (barramentos blindados) de baixa tensão**. 2019. Disponível em: <http://www.eletricistaconsciente.com.br/pontue/fasciculos/guia-nbr-5410-fasciculo-39/linhas-eletricas-pre-fabricadas-barramentos-blindados-de-baixa-tensao/>. Acesso em: 02 set. 2020.

INCORPOSUL. **Verticalização urbana: O que é, vantagens, viabilidade e mais!** 2019. Disponível em: <https://www.incorposul.com.br/blog/verticalizacao/#artigo>. Acesso em: 30 ago. 2020.

WEG S.A. **Barramentos blindados de baixa tensão.** 2018. Disponível em:
<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h28/h56/WEG-50066627-barramentos-blindados-de-baixa-tensao-BWW-pt.pdf>. Acesso em: 01 set. 2020.