

Tabela 3 - Eletroduto de PVC rígido com rosca

Referência de rosca	Diâmetro externo nominal (mm)	Diâmetro interno (mm)	Espessura da parede (mm)	Área total aproximada (mm ²)	Área útil para 1 condutor (mm ²)	Área útil para 2 condutores (mm ²)	Área útil para 3 condutores ou mais (mm ²)
½"	20	16,0	2,2	201,1	106,6	62,3	80,4
¾"	25	21,0	2,6	346,4	183,6	107,4	138,6
1"	32	26,8	3,2	564,1	299,0	174,9	225,6
1 ¼"	40	35,0	3,6	962,1	509,9	298,3	384,8
1 ½"	50	39,8	4,0	1244,1	569,4	385,7	497,6
2"	60	50,2	4,6	1979,2	1049,0	613,6	791,7
2 ½"	75	64,1	5,5	3227,0	1710,3	1000,4	1290,8
3"	85	75,6	6,2	4488,8	2379,1	1391,5	1795,5

Fonte: compilação do autor.

Segundo Cavalin (2017), o dimensionamento do eletroduto é feito de acordo com a seguinte equação:

$$S_t = N_1 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} + N_2 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (16)$$

Onde:

- S_t - Seção total ocupada pelos condutores do eletroduto
- N_1 - Número de condutores da seção do condutor
- D - Diâmetro externo do condutor
- N_2 - Número de condutores da seção do condutor

$$S_t = 3 \cdot \frac{3,14 \cdot 3,4^2}{4} + 3 \cdot \frac{3,1 \cdot 3,4^2}{4} = 54,48 \text{ mm}^2$$

Como o disjuntor, o eletroduto, também é necessário encontrar o próximo eletroduto disponível na tabela no mercado, caso não tenha o eletroduto com o respectivo valor da equação é preciso encontrar o próximo com maior capacidade disponível. No exemplo a seção total

ocupada pelos condutores do eletroduto deu um total de 54,48 mm², conforme a tabela o valor imediatamente acima é 80,4 mm², ou seja, 20mm ou ½”. Para a finalização da instalação elétrica, é realizada a lista de materiais para serem utilizados na parte prática da instalação.

3. METODOLOGIA

O projeto de instalação foi realizado na Praça Bartolomeu Mitre, situada junto ao antigo Colégio Bartolomeu Mitre, fundado em 1927, que atualmente é o Colégio da Polícia Militar de Foz do Iguaçu - 5º CPM. A praça possui uma área de aproximadamente 2350 m² e uma fachada de aproximadamente 450 m² contando com o muro. No local estão presentes 20 árvores, 8 coqueiros, 2 pergolados, 1 chafariz, 1 busto do Bartolomeu Mitre, vários bancos, 8 postes modelo PO-10 e 2 postes modelo São Paulo.

Figura X – Fotografia da praça do mitre



Fonte: Alex Guimarães, Google. (2021)

Para o dimensionamento de carga levou-se em consideração o projeto realizado pelos alunos de Arquitetura e Urbanismo da Uniamérica, que foi realizado através da planta baixa original do local juntamente com o levantamento realizado pelos alunos para a coleta dos detalhes da fachada e da vegetação presente, onde todos os pontos que receberão uma luminária foram subdivididos em 11 categorias de instalação. Da mesma forma, definiu-se os tipos de

projetores para serem instalados em subdivisão, com o fluxo luminoso e o ângulo de abertura projetados.

Considerando os três pontos de entrega de energia existentes no local, as subdivisões de instalação foram organizadas em três setores (Anexo X - projeto) de forma a facilitar a execução da obra, aproveitando ao máximo os circuitos existentes. Desta forma a potência total instalada foi dividida conforme sua localização geográfica e os eletrodutos existentes. Como todas as cargas são ligadas simultaneamente, a demanda máxima de cada setor deverá ser equivalente à potência total instalada, sem a utilização de correção por fator de demanda.

Desta forma, todos os pontos de entrega se enquadram na categoria 12 da tabela de dimensionamento de padrão de entrada da concessionária de energia local, pois a potência máxima de cada circuito não excede os 6 kVA máximos definidos pela normativa.

Após a definição do padrão de entrada foram projetados os circuitos para cada setor e suas derivações seguindo os critérios de otimização da execução e reutilização dos circuitos existentes. Considerando que a corrente máxima nominal dos setores, foi calculada a corrente de projeto, utilizando o fator de correção de temperatura para 35°C para linhas elétricas subterrâneas do tipo 61 e 61A (método de referência D) e condutores com isolamento tipo EPR.

Como a instalação dos condutores será realizada em um espaço público e de forma permanente, considerando que todos os projetores a serem instalados receberão alimentação bipolar com aterramento utilizando a tensão de linha (220 V), facilitando a futura manutenção dos circuitos, diminuindo a corrente de projeto e consecutivamente sua seção, optou-se pela utilização de:

- cabo quadripolar de no mínimo 1,5 mm² 0,6/1kV para os circuitos principais, responsável pela distribuição dos três condutores de alimentação e um condutor de aterramento;
- cabo tripolar de no mínimo 1,5 mm² 0,6/1kV para as derivações que alimentarão cada subdivisão de instalação, responsáveis pela distribuição de dois condutores de alimentação e um condutor de aterramento.

Devido à dificuldade de encontrar cabos multipolares de 1,5mm² 0,6/1kV no mercado, foi considerado a utilização do maior valor mais próximo disponível, conforme catálogos de fabricantes. Neste caso, os condutores recomendados para os circuitos no projeto elétrico serão de 4x4mm² e 3x4mm².

Os dispositivos de proteção para sobrecorrente para cada circuito foram dimensionados de acordo com a Equação 14 e respeitando a relação de seletividade, considerando os

equipamentos disponíveis à pronta entrega no mercado local, entregando a proteção necessária para cada circuito respectivo. A curva magnética escolhida é a B, pois em circuitos de iluminação a ocorrência de surtos de corrente quando as luminárias são acionadas é mínima.

Para os eletrodutos, foi considerado a taxa de ocupação de 40%, em função de que todos os circuitos e derivações utilizarão cabos multipolares com mais de três condutores.

Após a realização do dimensionamento de todos os aspectos necessários, foi realizado um levantamento quantitativo de materiais elétricos a serem aplicados na instalação, possibilitando o controle de compra dos equipamentos para a obra executiva.

4. RESULTADOS

O projeto elétrico finalizado apresenta todos os detalhes técnicos necessários para a execução da obra, enfatizando os pontos geográficos de instalação das luminárias, divisão e subdivisão dos circuitos, seção mínima de condutores e seção mínima de eletrodutos. De acordo com o projeto arquitetônico, as 11 subdivisões de instalação de luminárias, são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Subdivisões dos pontos de instalação dos projetores

Subdivisões de Instalação	Descrição
1	Utilizada como balizadores entre os pilares do pergolado
2	Utilizada para iluminar os pilares entre os muros das fachadas laterais
3	Utilizada para iluminar a parede dos muros das fachadas laterais
4	Utilizada para iluminar as janelas superiores da fachada central
5	Utilizada para iluminar os pilares entre os marcos da fachada central
6	Utilizada para iluminar os coqueiros da praça
7	Utilizada para iluminar a parte inferior dos pilares entre os marcos da fachada central
8	Utilizada para iluminar os mastros das bandeiras
9	Utilizada para iluminar o busto do Bartolomeu Mitre e as paredes das janelas das fachadas laterais
10	Utilizada para iluminar as árvores
11	Utilizada nos postes de iluminação existentes modelo são paulo

Fonte: dos Autores.

Os projetores definidos, suas quantidades e suas características são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Características elétricas e luminotécnicas dos projetores

Subdivisão de Instalação	Ângulo de Abertura (°)	Fluxo Luminoso (lm)	Temperatura de Cor (K)	Quantidade	Potência Unitária (W)	Potência Parcial (W)
1	30	300	2700	20	4,5	90
2	12	740	2700	22	12	264
3	30	950	2700	20	18	360
4	30	480	2700	9	7	63
5	24	900	3000	4	15	60
6	120	2625	4000	16	50	800
7	12	700	3000	4	10	40
8	10	2625	4000	3	50	150
9	12	1100	2700	17	18	306
10	120	2625	4000	40	50	2000
11	180	1800	3000	4	20	80
Potência Total Instalada						4213

Fonte: dos Autores.

As Tabelas 6, 7 e 8 apresentam a potência total instalada e a corrente máxima para cada setor, ou seja, para cada circuito.

Tabela 6 - Cargas instaladas para o Setor 1

Subdivisão de Instalação	Quantidade de Projetores	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)	Corrente (A) @ 220Vac
1	8	4,5	36	0,2
2	10	12	120	0,5
3	9	18	162	0,7
6	6	50	300	1,4
10	8	50	400	1,8
Total			1018	4,6

Fonte: dos Autores.

Tabela 7 - Cargas instaladas para o Setor 2

Subdivisão de Instalação	Quantidade de Projetores	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)	Corrente (A) @ 220Vac
1	12	4,5	54	0,2
6	10	50	500	2,3
10	12	50	600	2,7
Total			1154	5,2

Fonte: dos Autores.

Tabela 8 - Cargas instaladas para o Setor 3

Subdivisão de Instalação	Quantidade de Projetores	Potência Unitária (W)	Potência Total (W)	Corrente (A) @ 220Vac
2	12	12	144	0,7
3	11	18	198	0,9
4	9	7	63	0,3
5	4	15	60	0,3
6	6	50	300	1,4
7	4	10	40	0,2
8	3	50	150	0,7
9	17	18	306	1,4
10	22	50	1100	5,0
11	2	20	40	0,2
Total			2401	8,7

Fonte: dos Autores.

Na Tabela 9, são apresentadas as correntes de ruptura dos dispositivos de proteção contra sobrecorrente para cada circuito, visualizando o atendimento às condições de seletividade de cada instância que a corrente elétrica percorre.

Tabela 9 – Correntes definidas para os disjuntores de acordo com a corrente de cada circuito corrigidas para 35°C

Circuito	Potência Instalada (W)	Corrente de Projeto (A)	Corrente Máxima dos condutores (A)	Corrente do Disjuntor (A)
1 (4x4mm ²)	718	5,17	22	10
2 (4x4mm ²)	654	5,84	22	10
3 (4x4mm ²)	1911	9,78	22	16

Fonte: dos Autores.

Na Tabela 10, são apresentadas as características físicas dos circuitos e suas derivações, a seção de ocupação dos condutores.

Tabela 10 – Eletrodutos recomendados para cada circuito ou derivação

Circuito ou Derivação	Potência Máxima	Metros Lineares	Cabo Recomendado	Diâmetro Externo Nominal (mm ²)
1	718	56,3	4x4mm ²	11,84
2	654	50,5	4x4mm ²	11,84
3	1911	132,0	4x4mm ²	11,84

4	300	98,4	3x4mm ²	10,84
5	354	143,2	3x4mm ²	10,84
6	200	136,2	3x4mm ²	10,84
7	282	10,0	4x4mm ²	11,84
8	63	20,0	3x1,5mm ²	10,84
9	100	27,0	3x1,5mm ²	10,84
Total			2401	8,7

Fonte: dos Autores.

De acordo com os valores apresentados, os eletrodutos escolhidos para o deslocamento dos condutores são de 1/2", visto que o diâmetro externo nominal dos condutores não ultrapassa a ocupação máxima deste eletroduto.

A lista dos materiais necessários para a execução da obra é apresentada na Tabela 11.

Tabela 11 – Lista de luminárias

Referência	Descrição	Quantidade	Aplicação
1	Luminária ROMA LUX 10032A 30° 2700K IP66 4,5W	20 un	Subdivisão 1
2	Luminária ROMA LUX 10109A 12° 2700K IP66 12W	22 un	Subdivisão 2
3	Luminária ROMA LUX 10131 30° 2700K IP66 18W	20 un	Subdivisão 3
4	Luminária ROMA LUX 30033 30° 2700K IP66 7W	9 un	Subdivisão 4
5	Luminária GERMANY 300163 24° 3000K IP65 15W	4 un	Subdivisão 5
6	Luminária LUMINATTI LM870 120° 4000K IP65 50W	56 un	Subdivisões 6 e 10
7	Luminária GERMANY 12920355 12° 3000K IP67 10W	4 un	Subdivisão 7
8	Luminária POWERLUME ES50W 10° 4000K IP66 50W	3 un	Subdivisão 8
9	Luminária ROMA LUX 10120A 12° 2700K IP66 18W	17 un	Subdivisão 9
10	Lâmpada LED TASCHIBRA TKL110 180° 3000K 20W	4 un	Subdivisão 11
11	Cabo multipolar 4x4mm ² HEPR 0,6/1kV	250 m	Circuitos 1, 2 e 3 e derivação 7
12	Cabo multipolar 3x4mm ² HEPR 0,6/1kV	380 m	Derivações 4, 5 e 6
13	Cabo unipolar 1,5mm ² PVC 450/750V	145 m	Derivações 8 e 9
14	Eletroduto Flexível Corrugado 1/2"	630 m	Todos os Circuitos e Derivações
15	Eletroduto Rígido de PVC Branco 1/2" 3m	9 un	Derivação 8
16	Eletroduto de ferro galvanizado 3m	2 un	Derivações 8 e 9
17	Caixa de passagem de sobrepor 4x2" de PVC Branco	9 un	Derivação 8

18	Adaptador para Condulete Branco 1/2"	24 un	Derivação 8
19	Abraçadeiras de PVC Branco 1/2"	18 un	Derivação 8
20	Caixa de passagem de embutir 4x2"	8 un	Derivação 9
21	Caixa de passagem de embutir 30x30x30cm	1 un	Derivações 8 e 9
22	Curva de PVC tipo cotovelo 1/2"	2 un	Derivação 8
23	Disjuntor tripolar 10A	2 un	Circuitos 1 e 2
24	Disjuntor tripolar 16A	1 un	Circuito 3
25	Contator Tripolar 1NA 12A 220V	2 un	Circuitos 1 e 2
26	Contator Tripolar 1NA 18A 220V	1 un	Circuito 3
27	Relé Fotoelétrico Bipolar 220V	3 un	Circuitos 1, 2 e 3

Fonte: dos Autores.

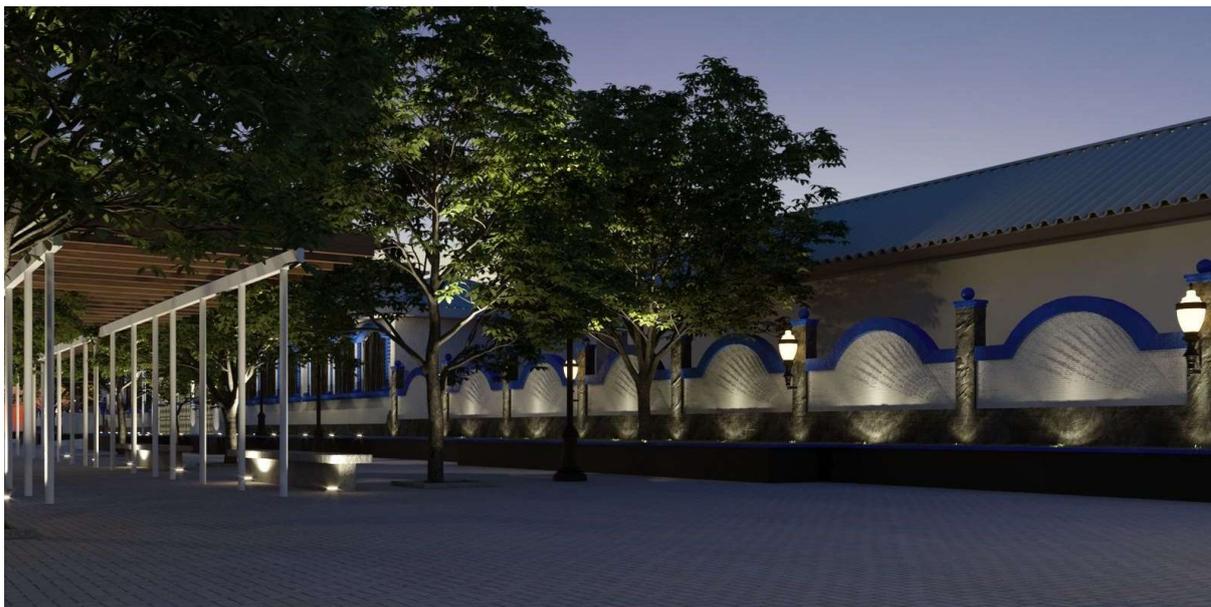
Nas Figura 10 e Figura 11 a seguir pode-se observar um modelo renderizado do resultado esperado para a iluminação projetada.

Figura 10 - Resultado esperado da iluminação da fachada do 5º CPM



Autores: Beatriz, Priscila, Victor, 2021.

Figura 11 - Resultado esperado da Iluminação dos muros, árvores e pergolado



Autores: Beatriz, Priscila, Victor, 2021.

5. CONCLUSÃO

Dentro de todas as expectativas para este projeto, conclui-se que o resultado esperado foi atingido, de forma que o produto do estudo realizado atendeu a demanda solicitada pelas partes envolvidas, entregando o projeto elétrico, a lista de materiais e o planejamento do projeto executivo.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, C. K.; SADIKU, M. N. O. **Fundamentos de Circuitos Elétricos com Aplicações**. Porto Alegre: Grupo A, 2013. 9788580551730. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788580551730/>. Acesso em: 27 set. 2021.
- A lâmpada incandescente e a fluorescente**. Ciclo diferente, 2014. Disponível em: <http://ciclodiferente.blogspot.com/2014/04/a-lampada-incandescente-e-fluorescente.tml>. Acesso em: 17 de out. 2021.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa Nº 414**. Brasília, 2010. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/bren2010414.pdf/3bd33297-26f9-4ddf-94c3-f01d76d6f14a?version=1.0>. Acesso em: 23 out. 2021.
- BAPTISTA, T. F. **Impacto no Sistema de Energia pela Troca das Lâmpadas Tradicionais por Lâmpadas LED**. Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10016335.pdf>. Acesso em: 17 out. 2021.
- BODAS, F. R. L.; JARDIM, M. I. A. ERROBIDART, N. C. G. **Proposta de material didático para contextualização histórica de fontes luminosas e tecnologias de iluminação**. XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Universidade Federal de Santa Catarina, 2017. Disponível em: <http://abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1791-1.pdf>. Acesso em: 17 out. 2021.
- BARBOSA, L. R. **Inversor classe D meia ponte para acionamento de Lâmpada HID**. Researchgate, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283462344_INVERSOR_CLASSE_D_HALF_BRIDGE_PARA_ACIONAMENTO_DE_LAMPADA_HID. Acesso em: 17 de out. 2021.
- CASTAGNA, A. C. et al. **Luminotécnica**. Porto Alegre: Grupo A, 2020. 9786581492403. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786581492403/>. Acesso em: 2021 ago. 31.
- CAVALIN, G.; CERVELIN, S. **Instalações elétricas prediais**. 23. ed. São Paulo: Érica, 2017. Constituição Federal. **Art. 216**. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/constituicao_federal_art_216.pdf. Acesso em: 19 out. 2021.
- CRUZ, B. B. **Sl. Iluminação Cênica em Fachadas de Edificações de Interesse de Preservação**. Trabalho de Conclusão de Curso, 2018. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/bitstream/1/17191/1/CT_%20CENOG_IV_2018_02.pdf. Acesso em: 19 out. 2021.
- DORF, R. C.; SVOBODA, J. A. **Introdução aos Circuitos Elétricos**, 9ª edição. Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2016. 9788521631309. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521631309/>. Acesso em: 27 set. 2021.