

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Fergus Hamester

**MODELAGEM EM BIM DE UNIDADE HABITACIONAL
EXISTENTE PARA FINS DE ATUALIZAÇÃO DE
REVESTIMENTOS E SISTEMA ELÉTRICO**

Porto Alegre
Outubro de 2022

FERGUS HAMESTER

**MODELAGEM EM BIM DE UNIDADE HABITACIONAL
EXISTENTE PARA FINS DE ATUALIZAÇÃO DE
REVESTIMENTOS E SISTEMA ELÉTRICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de
Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos
requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientadora: Laís Zucchetti
Orientador: Sérgio Luiz Cardoso da Silva

Porto Alegre
Outubro de 2022

FERGUS HAMESTER

**MODELAGEM EM BIM DE UNIDADE HABITACIONAL
EXISTENTE PARA FINS DE ATUALIZAÇÃO DE
REVESTIMENTOS E SISTEMA ELÉTRICO**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pelo/a Professor/a Orientador/a e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, Outubro de 2022

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Laís Zucchetti (UFRGS)

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientadora

Prof. Sérgio Luiz Cardoso da Silva (UFRGS)

Eng. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Orientador

Prof^a. Juliana Klas (UFRGS)

Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Enga. Marciele Monique Lazzari Klein

Eng. pela Universidade Federal do Rio Grande

RESUMO

As edificações são construídas para atenderem seus usuários por um longo período sendo necessária sua correta operação, constante avaliação preventiva e manutenção. No Brasil existem normativas relacionadas a estas atividades, e mais recentemente publicadas leis sobre a estratégia de disseminação, o estabelecimento do uso e a preferência em obras públicas da metodologia *Building Information Modeling* (BIM). Essa metodologia proporciona maior facilidade de se trabalhar com um modelo 3D, além de auxiliar nos processos de cronograma e planejamento, orçamentação, sustentabilidade e na gestão da construção durante todo o seu ciclo de vida. Este trabalho apresenta uma proposta de atualização dos revestimentos internos e do sistema elétrico de uma unidade habitacional unifamiliar, no âmbito de modelagem em BIM. Para a representação e modelagem utilizou-se o *software* Revit, da empresa Autodesk. Apesar da complexidade do *software*, foi possível efetuar a modelagem das condições existentes assim como as propostas de atualização dos sistemas, e assim, extrair de forma precisa as informações pretendidas. Verificou-se neste trabalho a importância de um profundo conhecimento em ferramentas BIM para eficácia e eficiência em projetos da construção civil hoje e para os próximos anos.

Palavras-chave: BIM; Reforma; Sistema elétrico; Revestimento. NBR (ABNT). Modelagem

ABSTRACT

Buildings are built to serve their users for a long period being necessary correct operation, constant preventive evaluation and maintenance. In Brazil there are regulations related to these activities, and more recently published laws on the dissemination strategy, the establishment of use and preference in public works of the *Building Information Modeling* (BIM) methodology. This methodology provides greater ease of working with a 3D model, besides assisting in the processes of schedule and planning, budgeting, sustainability and construction management throughout its life cycle. This paper presents a proposal to update the internal coatings and the electrical system of a single-family housing unit, within the scope of BIM modeling. For the representation and modeling, the software Revit, from Autodesk company, was used. Despite the complexity of the software, it was possible to model the existing conditions as well as the proposals to update the systems, and thus accurately extract the desired information. This paper found the importance of a deep knowledge in BIM tools for effectiveness and efficiency in construction projects today and for years to come.

Keywords: BIM; Reform; Electrical system; Coating. NBR (ABNT). Modelling

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de trabalho	17
Figura 2 - Pavimento térreo - projeto inicial	19
Figura 3 - Planta baixa estrutural do pavimento térreo - projeto inicial	19
Figura 4 - Configuração dos filtros de fase do projeto	21
Figura 5 - Visualização dos revestimentos removidos e novos da suíte.....	21
Figura 6 - Nomenclatura da cerâmica da cozinha.....	22
Figura 7 – Vista do levantamento genérico do pavimento térreo completo da edificação.	24
Figura 8 - Corte A - Pré levantamento.....	25
Figura 9 - Planta baixa da unidade habitacional.....	26
Figura 10 - Revestimento da parede interna entre a suíte e o quarto.....	30
Figura 11 - Posição da janela a) no projeto b) existente	32
Figura 12 - Configuração da extensão do batente da porta para parede em camadas	32
Figura 13 - Materiais dos pisos fase existente.....	33
Figura 14 - Planta baixa com a disposição mobiliária	35
Figura 15 - Visualização da modelagem existente completa.	36
Figura 16 - Planta baixa com os elementos removidos em destaque.....	37
Figura 17 - Remoção dos revestimentos do banheiro social	38
Figura 18 - Revestimentos novos do banheiro social	41
Figura 19 - Detalhe sistema de piso e impermeabilização da suíte	42
Figura 20 - Planta baixa com os elementos novos em destaque.....	45
Figura 21 – Representação em perspectiva do filtro final da fase Existente.....	46
Figura 22 - Representação em perspectiva do filtro final da fase Reforma	47
Figura 23 - Imagem da Tabela 59 da NBR 5410 (ABNT, 2004)	52
Figura 24: Identificação dos condutores por cor	55
Figura 25 – Imagem da tabela 58 da NBR 5410 (ABNT, 2004).....	56
Figura 26 - Imagem da Tabela 46 da NBR 5410 (ABNT, 2004)	57
Figura 27 - Imagem parcial da Tabela 36 da NBR 5410 (ABNT, 2004).....	57
Figura 28 – Imagem parcial da Tabela 42 da NBR 5410 (ABNT, 2004)	59
Figura 29 - Imagem parcial da Tabela 40 da NBR 5410 (ABNT, 2004).....	59
Figura 30: Imagem da expressão para cálculo da demanda “D” do RIC-BT (2017)	65
Figura 31 – Quadro de distribuição existente.....	68
Figura 32 - Configuração de exibição de vista de vínculo	70

Figura 33 - Paleta de propriedades de uma luminária.....	73
Figura 34 - Representação gráfica da luminária do Quarto 2.....	74
Figura 35 - Imagem parcial da Tabela 1 da NBR 5597 (ABNT, 2013).....	76
Figura 36 - Dimensões eletroduto corrugado amarelo.....	76
Figura 37 - Lançamento dos condutos existentes	77
Figura 38 - Representação gráfica da fiação no Quarto 1	80
Figura 39 – Imagem da tabela do Revit da correção de corrente dos condutores	81
Figura 40 - Novas luminárias do corredor	85
Figura 41 – Retirada ponto de tomada e condutos do Quarto 1 e Suíte.....	86
Figura 42 - Novo ponto de tomada e condutos do Quarto 1 e Suíte.....	87
Figura 43 – Imagem da tabela do Revit dos elementos dos novos condutos.	90
Figura 44 - Posição do novo quadro de distribuição (QD)	91
Figura 45 - Caminho do circuito para as TUGs da sala	94
Figura 46 – Imagem da tabela do Revit dos diâmetros definidos para os novos condutos.....	97
Figura 47 - Posição dos novos condutos, destacados em vermelho.	97
Figura 48 - Cálculo da demanda no Excel	102

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de ambientes.	25
Tabela 2: Alguns valores comerciais para os disjuntores	61
Tabela 3: Relação Disjuntor x DR.....	62
Tabela 4 - Relação dos disjuntores existentes no quadro de distribuição	67
Tabela 5 - Cálculo da potência mínima de iluminação nos espaços.....	71
Tabela 6 - Quantidade mínima de pontos de tomadas	72
Tabela 7 - Tabela de iluminação existente por ambiente	73
Tabela 8 - Quantidade e potência de tomadas por ambiente.....	75
Tabela 9 - Circuitos mínimos exigíveis	79
Tabela 10 - Cálculo diâmetro interno dos condutos	82
Tabela 11 - Tabela do forro de gesso.....	84
Tabela 12 - Quantitativo de luminárias retiradas.....	85
Tabela 13 - Tabelas dos elementos dos novos sistemas de luminárias	85
Tabela 14 - Dispositivos elétricos retirados	88
Tabela 15 - Dispositivos elétricos novos	88
Tabela 16 - Quantitativo de conduítes retirados	89
Tabela 17 - Nova distribuição dos circuitos	92
Tabela 18 - Disjuntores por capacidade de corrente dos novos circuitos	93
Tabela 19 - Tabela da queda de tensão dos circuitos novos.....	95
Tabela 20 - Diâmetro interno mínimo dos condutos	96
Tabela 21 - Quantitativo de condutores, em metros	98
Tabela 22 - Relação dos novos disjuntores.	98
Tabela 23 - Quadro de cargas do quadro de distribuição.....	100

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Revestimentos por ambiente	28
Quadro 2 - Quadro geral de janelas	28
Quadro 3 - Quadro geral de portas.....	29
Quadro 4 - Quadro de revestimentos removidos	39
Quadro 5 - Quadro geral de rodapés removidos.....	40
Quadro 6 - Quadro de portas removidas	40
Quadro 7 - Quadro quantitativo dos novos materiais de revestimento por ambientes	43
Quadro 8 – Quantitativo total dos materiais novos por tipo de material	44
Quadro 9 - Quadro quantitativo dos novos rodapés modelados.....	44
Quadro 10 - Quantitativo de portas modeladas na etapa reforma	45

LISTA DE SÍMBOLOS

A – Unidade Ampère

V – Unidade Volts

m – Unidade de medida metros

m² - Unidade de medida de área em metros quadrados

mm – Unidade de medida milímetros

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	DESENVOLVIMENTO DO MODELO.....	17
2.1	Documentos e informações iniciais	17
2.2	Configuração do <i>template</i> e organização da informação.....	20
2.3	Construção do modelo inicial.....	23
2.3.1	Levantamento presencial / <i>in loco</i>	26
2.4	Construção do modelo Existente.....	29
2.4.1	Sistemas de vedação vertical interno e externo – SVVIE	30
2.4.1.1	Paredes.....	30
2.4.1.2	Esquadrias	31
2.4.2	Sistemas de piso e forro.....	33
2.4.3	Mobiliário	34
2.5	Construção do modelo da etapa de reforma.....	36
2.5.1	Demolição e remoção de materiais	37
2.5.2	Modelagem dos novos materiais	40
3	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO	48
3.1	Fundamentos para instalações elétricas	48
3.1.1	Definição de potência elétrica.....	48
3.1.2	Potência de Alimentação – Critérios da Norma NBR 5410 (ABNT, 2004).....	49
3.1.2.1	Critérios mínimos para pontos de iluminação	49
3.1.2.2	Critérios mínimos para pontos de tomada	49
3.1.3	Representação	50
3.1.4	Quadro de distribuição	51
3.1.5	Distribuição dos circuitos	52
3.1.6	Condutos	53
3.1.7	Condutores	54
3.1.7.1	Seção mínima.....	56
3.1.7.2	Capacidade de Condução de corrente	56
3.1.7.3	Queda de tensão.....	59
3.1.8	Proteções Elétricas	60
3.1.8.1	Proteção contra sobrecorrentes	61
3.1.8.2	Proteções contra choques elétricos - Dispositivos DR	62

3.1.9	Quadro de cargas.....	63
3.1.10	Entrada de energia.....	64
3.1.10.1	Cálculo da demanda.....	64
3.2	Modelagem do sistema elétrico	66
3.2.1	Documentos e informações.....	66
3.2.2	Levantamento.....	66
3.2.3	Configuração do <i>template</i> elétrico	68
3.2.4	Vinculação do arquivo de arquitetura	69
3.2.4.1	Configuração das vistas.....	69
3.2.4.2	Colocação dos Espaços	70
3.2.4.3	Potência de iluminação e quantidade mínima de pontos de tomadas.....	70
3.2.5	Lançamento dos componentes existentes no modelo.....	72
3.2.5.1	Luminárias	72
3.2.5.2	Interruptores e ponto de tomada	74
3.2.5.3	Condutos.....	76
3.2.5.4	Quadro de distribuição	77
3.2.5.5	Condutores e circuitos.....	78
3.2.5.6	Conclusões modelagem existente	82
3.2.6	Proposta atualização do sistema elétrico	83
3.2.6.1	Luminárias	84
3.2.6.2	Interruptores e pontos de tomada.....	86
3.2.6.3	Condutos.....	88
3.2.6.4	Quadro de distribuição	90
3.2.6.5	Circuitos e dimensionamento dos condutos e condutores	91
3.2.6.6	Sistema de proteção.....	98
3.2.6.7	Quadro de cargas	99
3.2.6.8	Dimensionamento da entrada de energia	101
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
5	BIBLIOGRAFIA	105
	APÊNDICE A – PROJETO ELÉTRICO	108
	ANEXO A - PLANTA BAIXA DO PAVIMENTO TÉRREO	111
	ANEXO B - CORTES AA E BB.....	113
	ANEXO C - CORTES CC E FACHADA	115
	ANEXO D - FÔRMAS DO PRIMEIRO PAVIMENTO TIPO.....	117

ANEXO E - PROJETO ELÉTRICO	119
ANEXO F - COLUNAS DO PROJETO ELÉTRICO	121

1 INTRODUÇÃO

Na construção civil, o ciclo de um empreendimento não termina com a conclusão da obra e entrega do bem ao proprietário e/ou cliente. Na verdade, torna-se um processo contínuo de prevenção, manutenção e reformas nas mais diversas áreas que compõem a construção. As edificações possuem a característica de serem construídas para atenderem seus usuários por um longo período e, para possuírem condições adequadas ao uso a que se destinam durante todo esse período, é de elevada importância o controle destas atividades de operação e manutenção. No Brasil temos regulamentações em relação ao acompanhamento das manutenções, como a NBR 5674 (ABNT, 2012) que trata da gestão do sistema de manutenção de edificações, a NBR 16280 (ABNT, 2020) que se aplica exclusivamente às reformas de edificações e contempla os sistemas de gestão de controle de processos, projetos, execução e segurança, e o auxílio da norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2021) que explora conceitos como a “durabilidade dos sistemas, a manutenibilidade da edificação e o conforto tátil e antropodinâmico dos usuários”.

Cabe salientar que a gestão, os softwares e as normativas, relacionados às manutenções e reformas, estão sempre em contínua revisão e adaptação, visando melhoria e eficiência nos resultados. Uma das metodologias de auxílio nesses processos hoje é a Modelagem da Informação da Construção, conhecida como BIM, do inglês *Building Information Modeling*. BIM, segundo a CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção) em seu volume 1 da Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras (CBIC, 2016), é um ambiente virtual em que são alimentadas informações de todos os processos de modelagem e gerenciamento de um projeto, no qual o acesso é concedido a todos os envolvidos e onde é possível compatibilizar os dados informados. Assim, ganha-se agilidade e eficiência, durante toda a vida útil do projeto, não só na maior facilidade de se trabalhar com um modelo 3D, mas também nos processos de cronograma e planejamento, orçamentação, sustentabilidade e na gestão das instalações no qual o ciclo de vida é monitorado. Ou seja, BIM não é apenas um software, e sim, de acordo com a Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras, um “conjunto de políticas, processos e tecnologias que, combinados, geram uma metodologia para gerenciar o processo de projetar uma edificação ou instalação e ensaiar seu desempenho, gerenciar as suas informações e dados, utilizando plataformas digitais (baseadas em objetos virtuais), através de todo seu ciclo de vida” (CBIC, 2016).

No que se refere ao papel do setor público, na difusão do conteúdo BIM, foram recentemente publicados pelo Governo Federal três marcos legais: os decretos 9.983/2019 e 10.306/2020 e a nova Lei de Licitações. O Decreto 9.983/2019, dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM no Brasil. No âmbito desta, o Decreto 10.306/2020 estabelece o uso do BIM a ser utilizado na execução de obras do governo federal com objetivos de realizar novas construções ou ampliar e reformar as obras já existentes. A nova Lei de Licitações (14.133/2021) prevê preferência da metodologia BIM, ou tecnologias e processos integrados similares ou mais avançados que substituam as licitações públicas. Contudo, o Brasil está longe de atingir maturidade em BIM.

Em pesquisa conduzida pela Grant Thornton e pela Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), concluiu-se que dentre as organizações do setor de construção apenas 2,51% se consideram no mais avançado nível de maturidade BIM, 59,42% ainda contemplam os níveis 0 e 1, e 21,55% das empresas se encontram no nível 2. Por nível avançado se entende o processo de integração total BIM que incluiu a sua aplicação e o gerenciamento de informações relacionadas ao ciclo de vida do ativo. Os níveis 0 e 1 a informação é produzida basicamente com desenhos CAD 2D e 3D e os arquivos de projetos são compartilhados digitalmente, porém sem um modelo único de gerenciamento da informação. Já o nível 2 significa utilizar e compartilhar os dados, também de informações em 4D e 5D, entre os agentes do processo de forma unificada em um ambiente integrado.

Dentre as maiores barreiras para a implementação BIM estão a falta de capacitação profissional e a inexistência de processos adequados para adoção da metodologia. Já no restante do mundo, principalmente em países desenvolvidos e algumas outras regiões como os Tigres Asiáticos, a metodologia BIM vem sendo exigida com maior grau desde o início dos anos 2000.

Como ferramentas de aplicação da metodologia BIM, estão os *softwares*. Existem diversos programas hoje no mercado, como o Edificius (ACCA), Archicad (GRAPHISOFT) e dentre os mais difundidos está o Revit (Autodesk). O Revit é um *software* BIM que hospeda e integra diversas disciplinas de modelagem, como a arquitetura, a estrutura e MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing - em português, Mecânico, Elétrico e Hidráulico). Foi desenvolvido em 2000 e adquirido pela empresa Autodesk em 2002. Permite aos usuários projetar os seus componentes em 3D e fazer anotações no modelo com desenhos em 2D, e, assim, acessar as informações de construção a partir do banco de dados do modelo por diversos meios, como tabelas de quantitativos, por exemplo. O software também possui as ferramentas para planejar os vários estágios no ciclo de vida da edificação, desde o conceito até a construção e,

posteriormente, manutenção e/ou demolição, em diversas disciplinas da construção, como arquitetura, estrutura e MEP.

As informações do projeto podem ser inseridas e modeladas de forma “manual”, por programação, ou por nuvem de pontos. A forma apresentada acima como “manual” abrange a modelagem em que cada informação é incluída nos seus respectivos campos dos elementos por meio da digitação dos valores, assim como o formato dos componentes em vista é definido com a manipulação do cursor em tela. Existem no mercado diversos *plugins* que agilizam o processo, como um *plugin* que a partir de um número reduzido de dados gera automaticamente as paredes de determinado ambiente. A forma por programação é fornecida pelo Revit através do Dynamo, uma plataforma de programação visual de código-fonte aberto para projetistas. Já a modelagem por nuvem de pontos é quando os dados da construção já existente, capturados por scanner a laser ou por série de imagens, são compilados em pontos formando as nuvens de pontos, que então podem ser inseridas no software e assim, após algumas configurações, gerar o modelo de trabalho.

O objetivo deste trabalho é criar a modelagem arquitetônica de uma unidade habitacional de edificação multifamiliar para atualização de *layout*, revestimentos e sistema elétrico, com foco no quantitativo de material, com uso de ferramentas BIM. Em relação ao sistema elétrico, pretende-se verificar as condições existentes deste para suprimento da atual demanda do imóvel objeto de estudo, e, se necessário, elaborar o projeto de atualização da instalação, para adequação às normas e regularizações vigentes, através da modelagem dos componentes elétricos do sistema utilizando como base o arquivo .rvt referente ao modelo arquitetônico gerado para atualização dos revestimentos.

Paralelamente, objetiva-se aprimorar a leitura e criação da documentação de projetos da construção civil, assim como exercitar o desenvolvimento de projetos com o auxílio de ferramentas computacionais, buscando a capacitação para compreender e tratar as informações em um ambiente virtual a partir de um objetivo final. Como no caso em estudo, busca-se a melhor representação visual e das informações para extração dos quantitativos.

Para o desenvolvimento do projeto, foi feita a leitura e estudo das normas técnicas, regulamentos, resoluções, decretos e demais bibliografias referentes ao estudo abordado. A obtenção das informações do imóvel construído, usadas para efetuar a modelagem, foi feita através da solicitação aos órgãos públicos das plantas da edificação da unidade habitacional e de levantamentos dimensionais *in loco*.

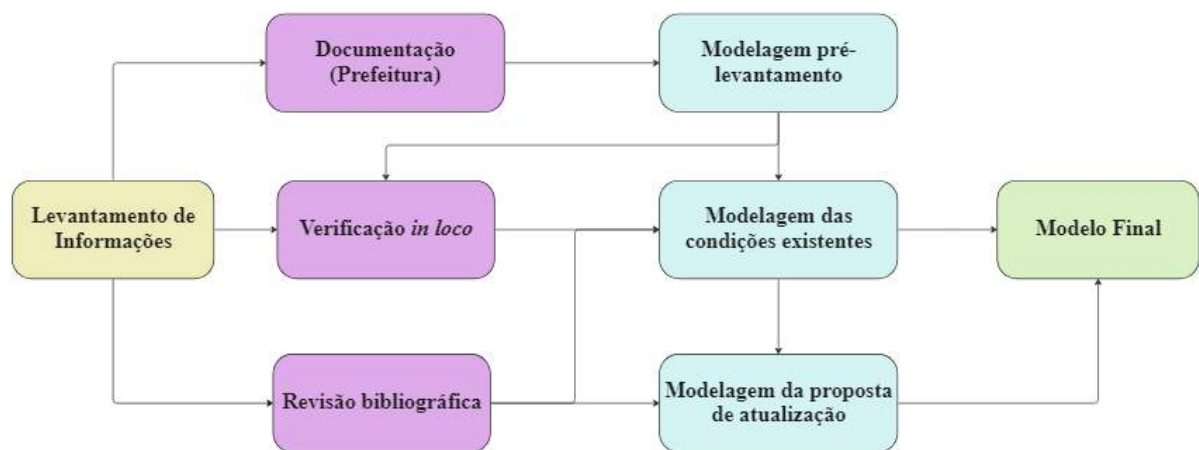
Para a representação e modelagem será utilizado o *Software* Revit (Autodesk), escolhido por ser um dos softwares com suporte BIM com maior uso no mercado, com opções de suporte e

tutoriais para estudo. Destaca-se, entretanto, o acesso à versão disponibilizada gratuitamente para o público estudante. O método de modelagem foi manual, escolhido por questões econômicas e didáticas de aprendizado. Para suporte ao programa, foi utilizado o sistema operacional Windows 11 Pro de 64 bits, processador Intel(R) Core(TM) i5-7400 de 3,00GHz, memória RAM 16 GB e resolução de tela de 1366 x 768 HD.

2 DESENVOLVIMENTO DO MODELO

A construção do modelo teve início com a busca por informações do condomínio, na prefeitura, para gerar um primeiro modelo arquitetônico de estudo. Foi realizado, em visita ao local, a conferência das referências iniciais - verificação das medidas e materiais existentes – de modo que os dados resultantes foram atualizados no *software*, estabelecendo, assim, o modelo digital das condições existentes. A partir de então, foi feita a proposta de atualização dos sistemas, bem como a apresentação do modelo final. O fluxograma deste processo de trabalho pode ser conferido na Figura 1 abaixo:

Figura 1 - Fluxograma de trabalho



Fonte: O Autor, 2022

2.1 Documentos e informações iniciais

O objeto de estudo trata-se de uma unidade habitacional unifamiliar, pertencente ao Edifício Dani, sito a Avenida Bagé, número 735, bairro Petrópolis em Porto Alegre. O referido apartamento, identificado pelo número 102 do edifício, fica situado no andar térreo, de frente para a Avenida Bagé e possui área real privativa de 80 m² de acordo a matrícula do registro de imóveis. Trata-se de um imóvel que apresenta desgaste no sistema de revestimento, apresentando placas cerâmicas com som cavo ao percuti-las, acabamento irregulares dos rejuntas, falta de inclinação nos ralos dos banheiros, bem como um sistema elétrico com

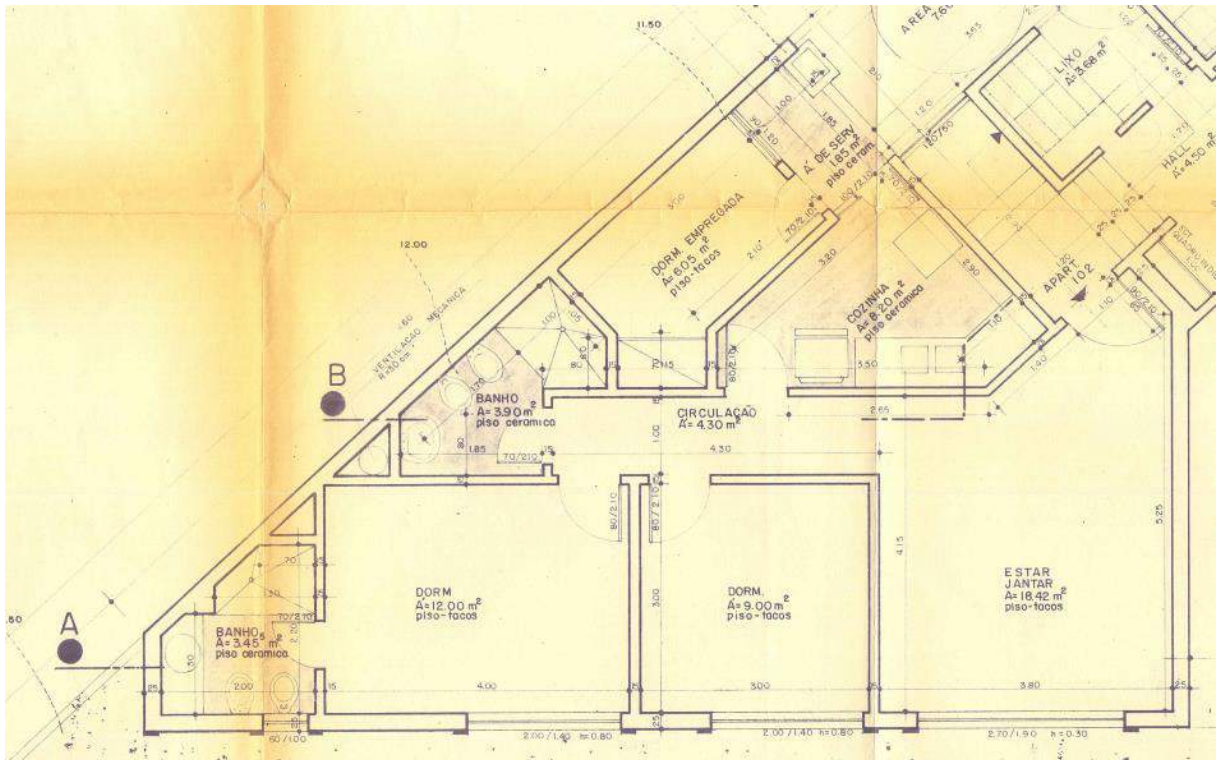
constantes quedas nos disjuntores. Apresenta sinais de intervenções ocorridas nos sistemas de piso e vedação vertical e no sistema elétrico, porém sem nenhuma informação ou documentação foram obtidas. O edifício é composto por 8 (oito) unidades habitacionais distribuídas em 3 pavimentos, sendo 2 apartamentos no andar térreo e mais 3 apartamentos em cada um dos demais andares.

Para o levantamento das informações do imóvel, solicitou-se à Prefeitura Municipal de Porto Alegre (RS) os documentos referentes ao edifício. Foram recebidos os documentos da Aprovação do projeto e Licenciamento da construção, ambos do ano de 1976. Na Aprovação do projeto continham as plantas de situação e localização, as plantas baixas dos pavimentos térreo e tipo, e vistas de 4 cortes representados nestas plantas. No licenciamento da construção contém as fôrmas estruturais dos pavimentos tipo, com cortes, e da cobertura. O projeto elétrico também está presente no documento. Estes registros foram utilizados na elaboração do modelo e estão apresentados nos anexos A a F: A planta baixa do pavimento térreo (Anexo A) apresenta as medidas das paredes, níveis dos pisos e indicação os ambientes; as folhas dos cortes AA e BB (Anexo B) e dos cortes CC e fachada (Anexo C) apresentam os desenhos em corte e os níveis dos pavimentos da edificação; A planta do primeiro pavimento tipo (Anexo D) demonstra as espessuras e posicionamentos dos elementos estruturais; O projeto elétrico (Anexo E) contém a planta baixa elétrica do pavimento tipo da edificação; e o documento das Colunas do projeto elétrico (Anexo F) exhibe as colunas dos apartamentos e de serviço bem como o quadro de medidores inicialmente projetados.

As plantas hidrossanitárias não foram encontradas pela prefeitura. O Departamento Municipal de Água e Esgotos também informou que foram feitas pesquisas em seus bancos de dados e que não há projeto cadastrado no DMAE para o endereço informado.

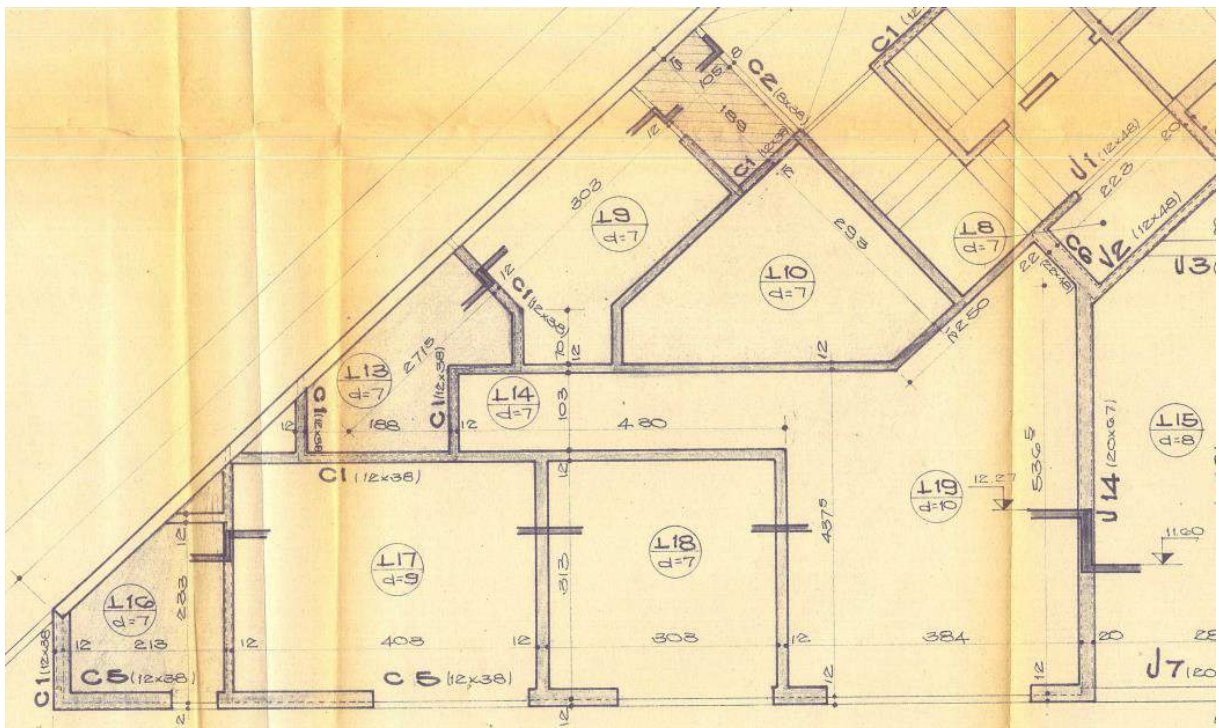
A Figura 2 apresenta a planta baixa arquitetônica e a Figura 3 contém a planta baixa estrutural da unidade habitacional objeto de estudo.

Figura 2 - Pavimento térreo - projeto inicial



Fonte: Documento "Aprovação do Projeto" fornecido pela prefeitura de Porto Alegre, 1976

Figura 3 - Planta baixa estrutural do pavimento térreo - projeto inicial



Fonte: Documento "Licenciamento" fornecido pela prefeitura de Porto Alegre, 1976

2.2 Configuração do *template* e organização da informação

Para modelagem foi utilizado um *template* da disciplina arquitetura já configurado no qual foi sendo ajustado conforme a necessidade. O *template* foi disponibilizado gratuitamente pela plataforma online de educação denominada Bee1 Aprendizado Coletivo.

Como organização da modelagem, foi separado o navegador de projeto em 3 etapas: Levantamento, Existente e Reforma. A etapa Levantamento englobou o processo inicial, ou seja, uma construção genérica para posterior conferência das dimensões no local. Na etapa Existente foi feito o detalhamento da modelagem das condições reais existentes do imóvel, com base nas informações obtidas nas leituras e interpretações das plantas fornecidas e na visita ao local. Já na etapa Reforma, foram desenvolvidas as transformações propostas, apresentando todos os ciclos de demolições e construções novas, seus quantitativos e localizações.

Para as representações gráficas (vistas) e sistemas de extração de quantitativos (tabelas), adotou-se as fases do projeto em conformidade com as etapas descritas acima, e foram nomeadas como Existente e Reforma: fase Existente para definir quando se está trabalhando na arquitetura atual, e fase Reforma para definir quando se está trabalhando no projeto de atualização dos elementos. Foram configurados também os filtros de fases para as vistas de cada fase de projeto, ou seja, fez-se a configuração de quais elementos são mostrados no modelo de acordo com a fase escolhida, conforme Figura 4 abaixo:

Figura 4 - Configuração dos filtros de fase do projeto

	Nome do filtro	Novo	Existente	Demolido	Temporário
1	Apenas o que foi construído	Sobreposição	Não exibido	Não exibido	Não exibido
2	Apenas o que foi demolido	Não exibido	Não exibido	Sobreposição	Não exibido
3	Final	Por categoria	Por categoria	Não exibido	Não exibido
4	Reforma (apenas Demolido)	Não exibido	Por categoria	Sobreposição	Sobreposição
5	Reforma (Vermelho + Amarelo)	Sobreposição	Por categoria	Sobreposição	Sobreposição
6	Reforma (Apenas Construído)	Sobreposição	Por categoria	Não exibido	Sobreposição
7	Show All	Por categoria	Sobreposição	Sobreposição	Sobreposição

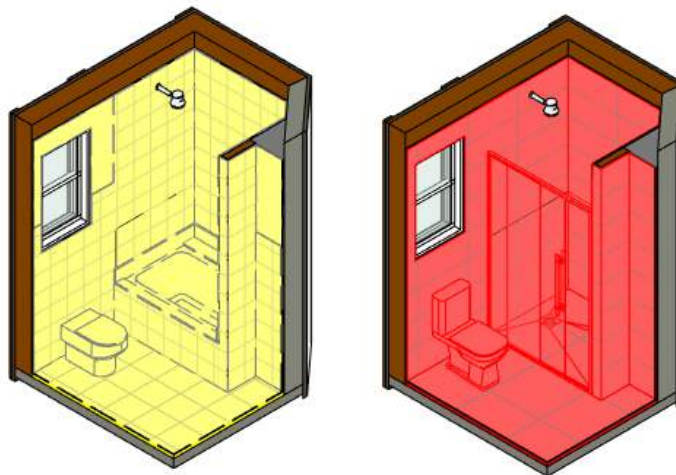
Novo Excluir

OK Cancelar Aplicar Ajuda

Fonte: O autor (2022)

Para a representação da aparência dos elementos em cada fase, convencionou-se que a cor amarela indica os componentes que foram demolidos e a cor vermelha representa os itens novos construídos, conforme Figura 5 que exemplifica a troca dos revestimentos de piso e de parede, assim como as peças hidrossanitárias e a mobília na suíte.

Figura 5 - Visualização dos revestimentos removidos (amarelo) e novos (vermelho) da suíte.

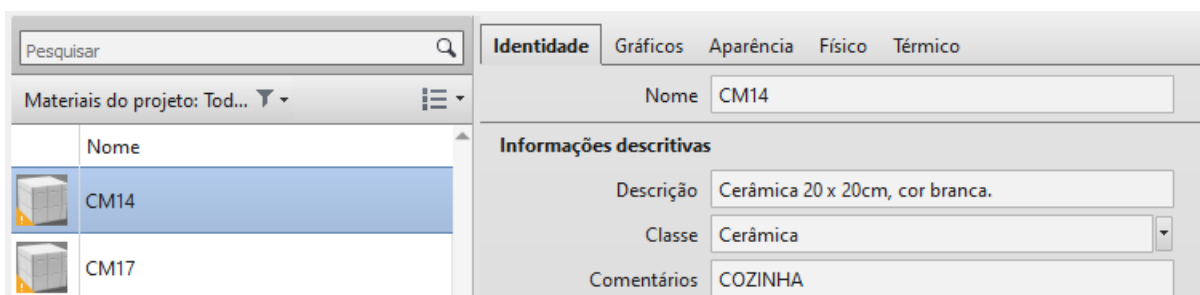


Fonte: O Autor, 2022

Foi determinado que, para um melhor controle e organização das informações, os materiais constituintes dos elementos da construção deveriam ser vinculados ao ambiente ao qual pertencem, ou seja, permitir a organização das informações por ambiente. Para adequar-se a esta determinação, para todos os materiais criados foram informados como um parâmetro de instância o nome do ambiente ao qual pertencem. Esta forma, apesar de simples, é plausível apenas para modelagem de pequeno porte por ser bastante trabalhosa, mas ainda sim é mais efetiva que outras formas disponibilizadas para a versão do *software* Revit utilizada, como a criação de montagem ou até mesmo usar um parâmetro direto no elemento modelado e não no material.

Para a organização da criação do material utilizou-se um sistema de nomenclatura em que cada ambiente recebeu um número identificador, cada material recebeu uma sigla identificadora e para cada diferente característica de um mesmo material acrescentou-se um número identificador. Assim, para representar cada material por ambiente, foram unidos os identificadores na sequência “material-tipo-ambiente”. Como o exemplo mostrado na Figura 6, o ambiente da cozinha, nomeado no parâmetro de instância “Comentários”, recebeu o número identificador “4”, o material cerâmico a sigla “CM” e a peça branca 20 x 20 cm recebeu o identificador “2”, e assim a nomenclatura da peça de “cerâmica branca 20 x 20 cm da cozinha” foi gerada como “CM14”.

Figura 6 - Nomenclatura da cerâmica da cozinha.



Fonte: O Autor, 2022

Para a modelagem inicial foi utilizado um método simples, apenas com famílias do tipo genérico dos elementos, representando as dimensões 3D e a localização destes. Esta escolha deu-se em função de esta etapa servir apenas como material base para conferência de medidas in loco. Por isso foi possível utilizar baixos níveis de informação e desenvolvimento com intuito de agilidade e evitar retrabalho em ajustes posteriores.

Para as etapas seguintes da modelagem das paredes, pisos, lajes e forros, foi escolhido o método de modelagem em camadas separadas, também conhecido como método “cebola”, em que cada

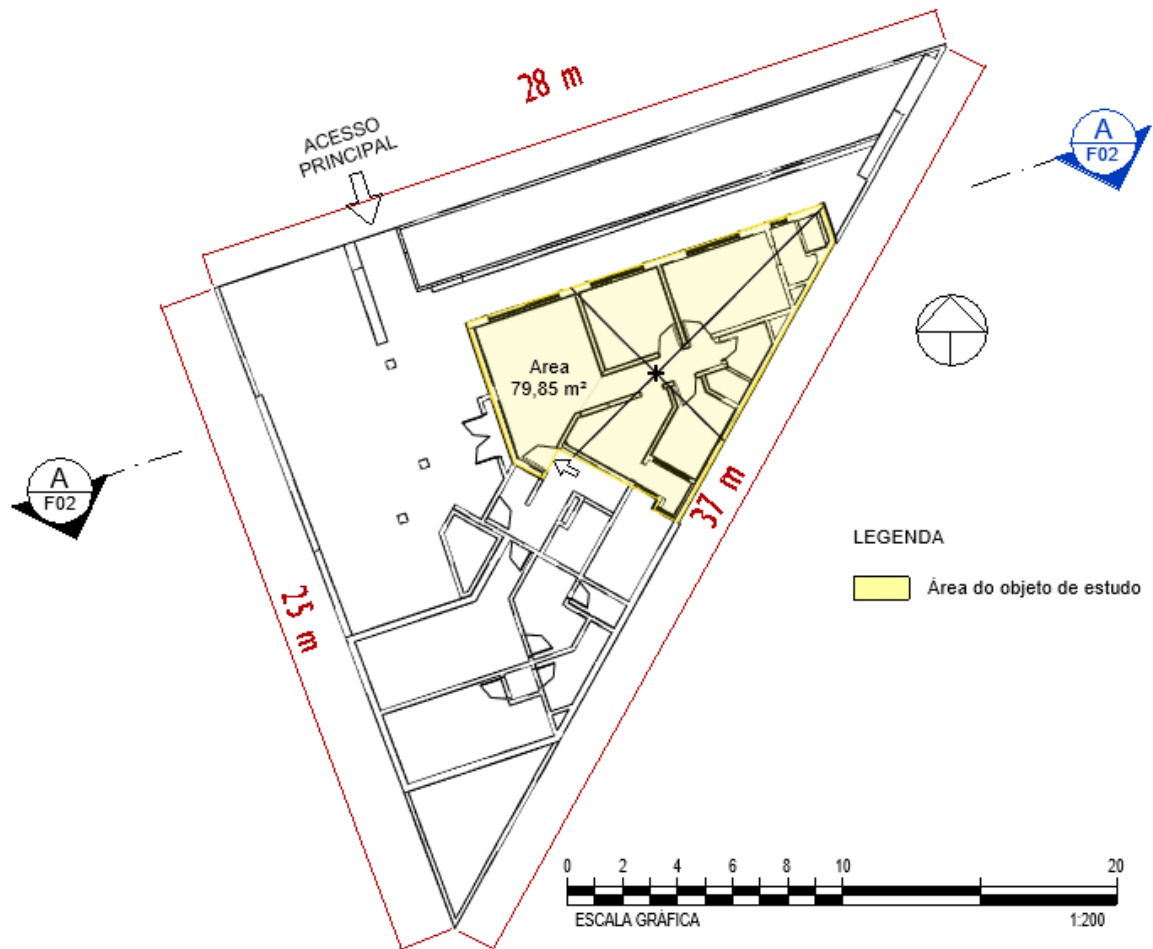
camada constituinte do elemento construtivo é modelada de forma isolada, sendo cada camada um elemento separado. Este método permite um melhor controle de dimensionamento e ajuste, e, assim, com resultado mais preciso em relação ao quantitativo dos materiais. Outro ponto importante na escolha deste método é o fato de poder controlar as fases do projeto em cada elemento de forma separada. Por exemplo, foi possível fazer a demolição (retirada) apenas dos revestimentos de paredes e pisos na fase Reforma sem que as informações das outras camadas dos elementos destas paredes e pisos fossem afetadas.

2.3 Construção do modelo inicial

A planta baixa do pavimento térreo disponibilizada no documento Aprovação do projeto foi fornecido em arquivo PDF. Sendo assim, foi feita a importação deste arquivo no Revit e sua imagem aberta na vista de planta de piso. O ajuste de escala em relação à imagem do arquivo importado foi realizado, bem como a configuração dos níveis de elevação da edificação em 2,75 m de altura entre o nível do piso acabado de cada pavimento, de acordo com as informações das plantas baixas e cortes. Foi fixada também a posição geográfica em relação ao norte geográfico.

Neste primeiro momento, fez-se a modelagem das paredes da construção utilizando família de paredes do tipo genérico, como mencionado anteriormente, sobre o desenho das paredes na imagem da planta baixa térreo do arquivo PDF vinculado. Suas alturas foram restringidas aos níveis estabelecidos e a espessura configurada com 15 cm. Concluídas as paredes foram modelados os pisos (lajes), também genéricos, com espessura de 15 cm e altura de deslocamento restringidas ao nível superior de cada pavimento, exceto para banheiros e lavanderia, com altura de deslocamento de 20 cm abaixo. Todas as medidas e componentes utilizados foram consultados nas plantas fornecidas pela prefeitura e determinados por um prévio conhecimento do local. Após as paredes e pisos, as portas e janelas foram incluídas, também como tipos genéricas de suas respectivas famílias, apenas para fornecer as informações de localização e dimensões apresentadas em planta para posterior conferência. Na Figura 7 está representada a modelagem genérica da planta baixa do pavimento térreo do edifício completo, e, destacado em amarelo, foi feita a delimitação da área do imóvel objeto de estudo.

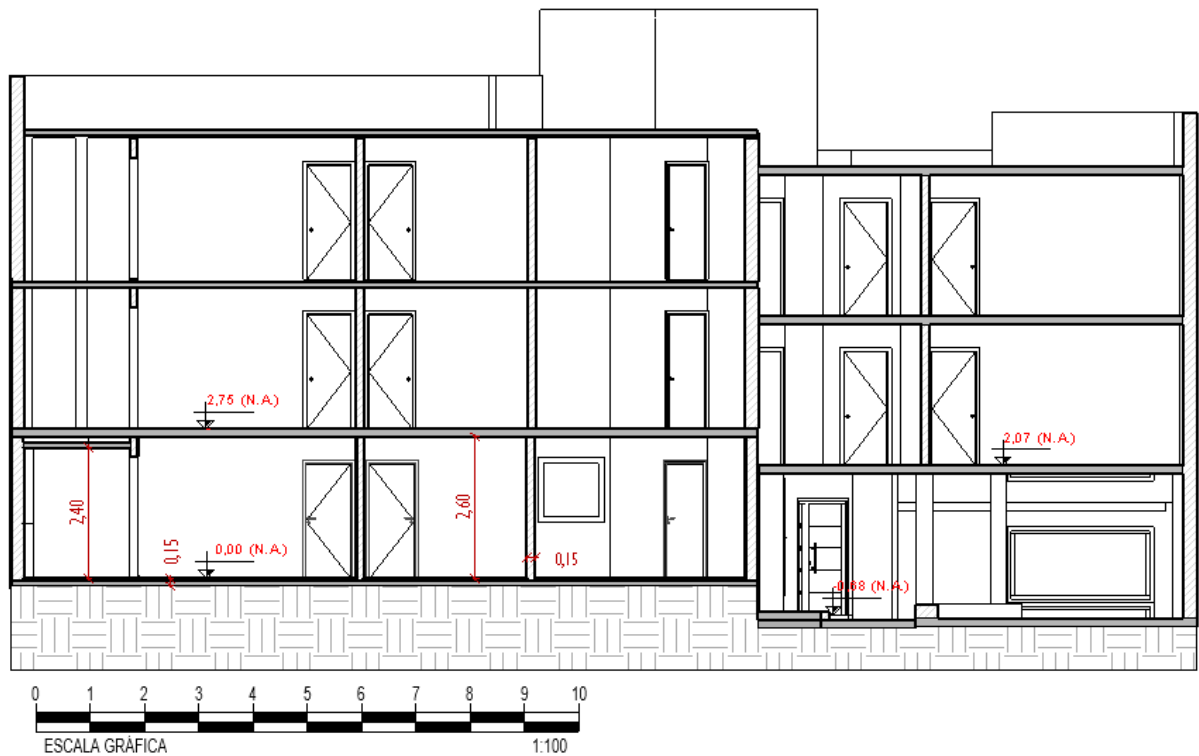
Figura 7 – Vista do levantamento genérico do pavimento térreo completo da edificação.



Fonte: O Autor, 2022

A Figura 8 representa o corte A mostrado na Figura 7, no qual informa as medidas de altura e largura das paredes e pisos genéricos traçados, bem como indica a elevação dos dois primeiros pavimentos da construção.

Figura 8 - Corte A - Pré levantamento



Fonte: O Autor, 2022

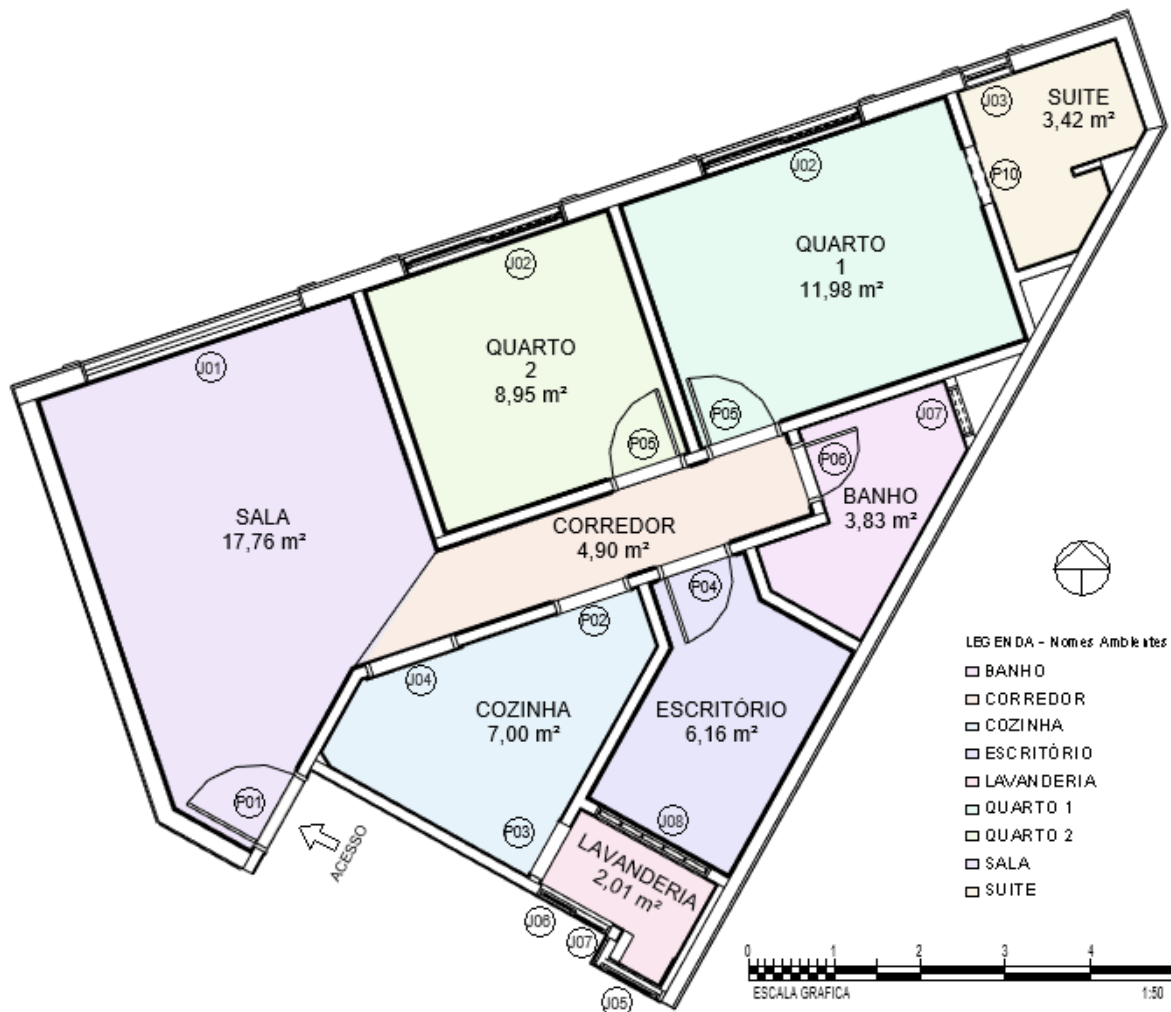
Com estes elementos modelados, foi possível a criação dos ambientes nos respectivos espaços, conforme Figura 9, onde são mostrados o nome e a área de cada ambiente. Na Tabela 1 foram resumidas as principais informações de dimensionamento dos ambientes.

Tabela 1 - Tabela de ambientes.

TABELA DE AMBIENTES			
NOME	Área (m)	Perímetro (m)	Pé direito (m)
Banho	3,83	8,91	2,40
Corredor	4,9	12,45	2,60
Cozinha	7	10,97	2,60
Escritório	6,16	10,7	2,60
Lavanderia	2,01	6,31	2,40
Quarto 1	11,98	13,99	2,60
Quarto 2	8,95	11,97	2,60
Sala	17,76	17,1	2,60
Suíte	3,42	8,49	2,60

Fonte: O Autor, 2022

Figura 9 - Planta baixa da unidade habitacional



Fonte: O Autor, 2022

2.3.1 Levantamento presencial / *in loco*

Constatou-se que o edifício foi dimensionado e construído com elementos construtivos do tipo misto, sendo pórtico, com pilares e vigas, e alvenaria estrutural. Contudo, para o local em que a unidade habitacional em estudo se encontra, a construção deu-se apenas em alvenaria estrutural com todas as paredes construídas com tijolo maciço, ou seja, sem a presença de pilares e vigas.

Foram conferidas apenas as medidas da unidade habitacional adotada como objeto de estudo deste trabalho. Com o auxílio de instrumentos de medição (trena a laser e trena métrica convencional) e escada, todas as dimensões foram verificadas e anotadas: pé-direito, espessura

e comprimento das paredes, e largura, altura, peitoril e referência em relação às paredes das portas e janelas.

Analisando as plantas fornecidas do projeto inicial, e comparando com a construção existente, observou-se que houve alterações da estrutura, com remoções e construções de partes de paredes estruturais. Não foram encontrados os estudos e projetos para tais modificações. As atualizações a serem propostas neste trabalho serão apenas nos sistemas de piso, forro e de vedação vertical interna, basicamente considerando a alteração de seus revestimentos, sem movimentações na estrutura.

Na conferência foram observadas diferenças nas medidas reais em relação às plantas de projeto. Janelas e portas mantinham suas dimensões informadas em planta, mas com algumas variações na posição em relação às paredes. As paredes mantêm o desenho original, contudo foram observadas variações nas direções e prumos, bem como variedade de espessuras, que foram de 14 cm até 17 cm enquanto o projeto inicial previu 15 cm.

Com observação visual e tátil em visita ao local, foram determinados os materiais constituintes dos revestimentos dos elementos construtivos. As paredes da cozinha, banheiros e lavanderia são revestidas de material cerâmico, em peças de 20 x 20 cm, sendo que na cozinha e em algumas paredes dos banheiros, a cerâmica reveste até a altura de 1,50 m e o revestimento restante é em argamassa com camada de tinta branca. O escritório possui revestimento em argamassa com pintura branca em todas as paredes. Para os demais ambientes da residência as paredes são de revestimento em argamassa com pintura bege. O revestimento do piso da suíte é constituído de peças cerâmicas azuis, 30 x 30 cm. Já no banheiro social o piso é revestido com cerâmica branca, 10 x 10 cm. Os pisos da cozinha e da lavanderia são revestidos de cerâmica preta, 30 x 30 cm. No restante do imóvel o piso é revestido com madeira tipo parquet. O teto de todo o imóvel é constituído pelo fundo da laje do pavimento superior revestido com argamassa e pintura branca. O Quadro 1 ilustra esta distribuição dos revestimentos do imóvel.

Quadro 1 - Revestimentos por ambiente

AMBIENTE	SISTEMA DE PISO	SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL	SISTEMA DE FORRO
Banheiro social	Cerâmica branca 10 x 10 cm	Cerâmica branca 20x20 cm; Cerâmica branca 20x20 cm (h = 1,50 m) e pintura branca	Pintura branca
Corredor	Madeira (parquet)	Pintura bege claro	Pintura branca
Cozinha	Cerâmica preta 20 x 20 cm	Cerâmica branca 20 x 20 cm (h = 1,50 m) e pintura branca	Pintura branca
Escritório	Madeira (parquet)	Pintura branca	Pintura branca
Lavanderia	Cerâmica preta 20 x 20 cm	Cerâmica branca 20x20 cm	Pintura branca
Quarto 1	Madeira (parquet)	Pintura bege claro	Pintura branca
Quarto 2	Madeira (parquet)	Pintura bege claro	Pintura branca
Sala	Madeira (parquet)	Pintura bege claro	Pintura branca
Suíte	Cerâmica azul 20 x 20 cm	Cerâmica branca 20x20 cm; Cerâmica branca 20x20 cm (h = 1,50 m) e pintura branca	Pintura branca

Fonte: O Autor, 2022

Em relação às esquadrias, constatou-se que as janelas da parede externa da fachada são de material PVC com vidros duplos. A janela do escritório e o passa prato são de madeira, e as janelas da lavanderia são de alumínio, conforme demonstrado no Quadro 2 abaixo.

Quadro 2 - Quadro geral de janelas

QUADRO GERAL DE JANELAS								
Janela	Descrição	B (m)	H (m)	Peitoril (m)	Material	Observação	Ambiente	Qtde
J01	Correr 2 folhas	2,70	1,90	0,30	PVC	Vidro duplo	Sala	1
J02	Correr 2 folhas	2,00	1,40	0,80	PVC	Vidro duplo	Quartos	2
J03	Maxim-ar dupla	0,60	1,00	1,20	PVC	Vidro duplo	Suíte	1
J04	Passa prato	1,00	1,00	1,00	Madeira	Verniz	Cozinha	1
J05	Maxim-ar simples	0,80	1,30	1,05	Alumínio	Vidro simples	Lavanderia	1
J06	Correr 2 folhas	0,92	1,30	1,05	Alumínio	Vidro simples	Lavanderia	1
J07	Fixa	0,35	1,30	1,05	Alumínio	Vidro simples	Lavanderia	1
J08	Correr 2 folhas	1,50	1,00	1,10	Madeira	16 vidros	Escritório	1
Sendo: B = Largura; H = Altura							Total	9

Fonte: O Autor, 2022

As portas são todas de madeira em cor natural com exceção das portas da sala e do escritório, que são revestidas em pintura branca, e a porta da lavanderia, que é de alumínio e vidro com acabamento em pintura amarela. O Quadro 3 ilustra o quadro geral de portas.

Quadro 3 - Quadro geral de portas

QUADRO GERAL DE PORTAS							
Porta	Descrição	B (m)	H (m)	Material	Acabamento	Ambiente	Qtde
P01	Porta de abrir, 1 folha	0,92	2,10	Madeira	Pintura branca	Sala	1
P02	Batente e guarnição	0,82	2,10	Madeira	Pintura branca	Cozinha	1
P03	Porta de abrir, 1 folha	0,70	2,10	Alumínio e vidro	Pintura amarela	Lavanderia	1
P04	Porta de abrir, 1 folha	0,80	2,10	Madeira	Pintura branca	Escritório	1
P05	Porta de abrir, 1 folha	0,82	2,10	Madeira	Verniz	Quartos	2
P06	Porta de abrir, 1 folha	0,62	2,10	Madeira	Verniz	Banheiro	1
P10	Abertura na parede	0,70	2,17	-	-	Suíte	1
						Total	8

Fonte: O Autor, 2022

2.4 Construção do modelo Existente

Com as dimensões reais, foi feita a adequação das medidas no modelo. Essas diferenças e variações das espessuras das paredes, e o fato de o imóvel possuir muitos encontros de paredes em ângulos diferentes de 90° e 45°, além de muitas paredes no mesmo ambiente, dificultaram a modelagem das condições existentes pelo método manual de modelagem escolhido. Não se conseguindo adequar exatamente às medidas reais, definiu-se que nenhuma medida do modelo teria um erro maior que 5% em comparação à medida real existente. Desta forma foi concluída na modelagem os dimensionamentos das medidas.

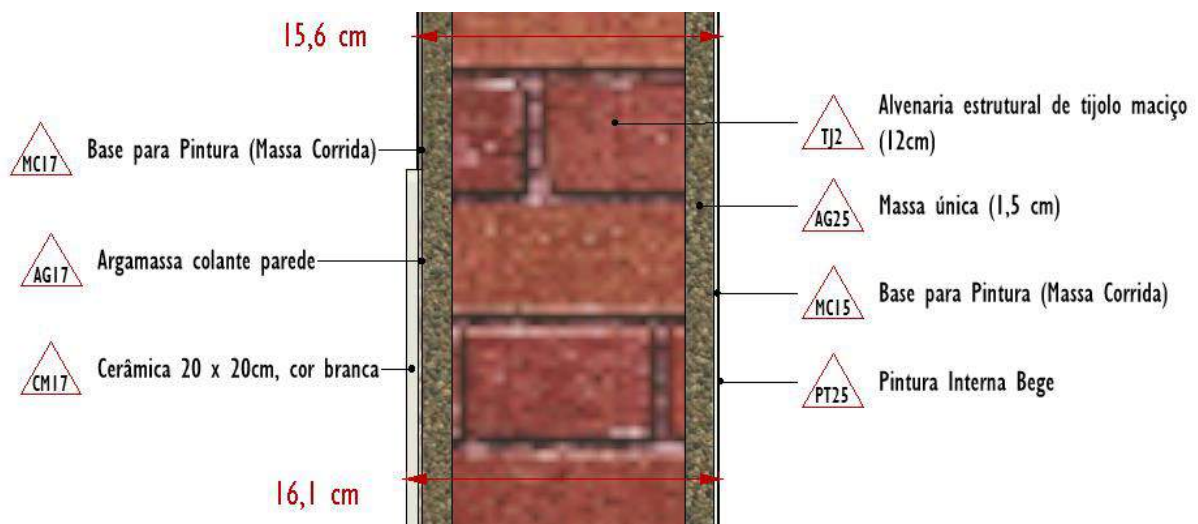
2.4.1 Sistemas de vedação vertical interno e externo – SVVIE

De acordo com a NBR 15575-4 (ABNT, 2021) o sistema de vedação vertical interno e externo compreende as “partes da edificação habitacional que limitam verticalmente a edificação e seus ambientes, como as fachadas e as paredes ou divisórias internas”.

2.4.1.1 Paredes

Para modelagem das paredes internas definiu-se o núcleo de alvenaria estrutural de tijolo maciço com 12 cm de espessura, conforme apresentado nas plantas estruturais, e o revestimento interno de argamassa em massa única de 1,5 cm de espessura, com uma camada de massa corrida de 2 mm e pintura de 1mm quando parede pintada, ou coberto com argamassa colante de 2 mm e camada de placa cerâmica de 6 mm quando parede de revestimento cerâmico. Nessa solução as espessuras das paredes variam entre 15,6 cm quando pintura dos dois lados e 16,1 cm quando pintura de um lado e cerâmica do outro, conforme Figura 10.

Figura 10 - Revestimento da parede interna entre a suíte e o quarto.



Fonte: O Autor, 2022

Esta configuração do sistema de vedação vertical interna, escolhida para modelagem, observou a NBR 13749 (ABNT, 2013) em relação à possibilidade de constituição do revestimento em argamassa ser em camada única, bem como à espessura admissível deste revestimento para

paredes internas, definida na norma entre 5 e 20 mm. Assim, como não há informação das camadas de revestimentos das paredes, optou-se pela modelagem da camada única por ser mais simples.

A configuração das camadas de revestimento cerâmico se deu conforme demonstrado na NBR 13754 (ABNT, 1996) em que as peças de cerâmica são coladas com argamassa colante sobre a base, sendo que as espessuras das camadas modeladas foram definidas de acordo com as dimensões e recomendações dos fabricantes dos elementos. Para a escolha das camadas de pintura atendeu-se ao disposto na NBR 13245 (ABNT, 2011) em que o sistema de pintura pode ser formado por massa e acabamento, e que as espessuras devem atender às recomendações dos fabricantes.

Dentro das margens de espessuras permitidas para cada elemento, o critério de escolha destas na modelagem foi a busca por uma espessura final do sistema mais próxima das espessuras reais encontradas nos elementos construídos na verificação *in loco*.

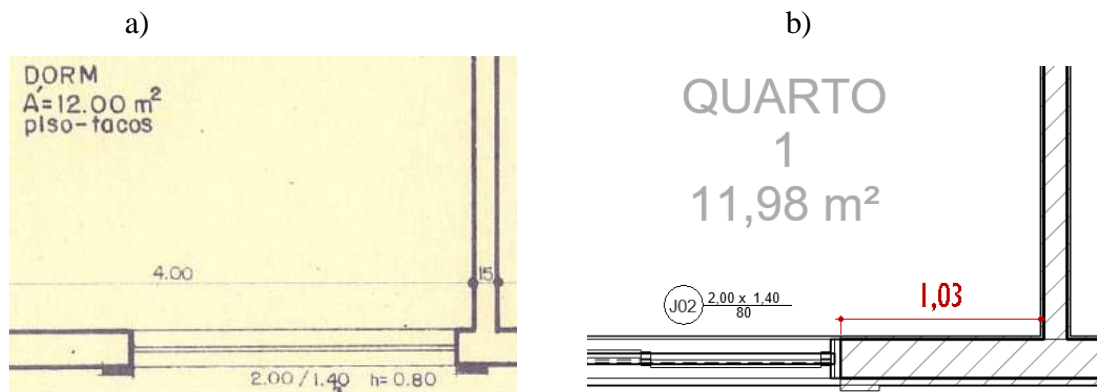
As paredes externas foram modeladas como alvenaria estrutural de tijolo maciço com 20 cm de espessura, também de acordo com o indicado nas plantas estruturais, e o revestimento como uma camada única de 3,0 cm e sistema de pintura. Para revestimentos externos em argamassa inorgânica, a NBR 13749 (ABNT, 2013) estabelece a espessura entre 20 e 30 mm. Como o revestimento externo não faz parte do escopo do trabalho essa configuração atende às normas de dimensão de argamassa, e sistema de pintura, e, assim, ao objetivo da modelagem.

Em relação às alturas, as bases das paredes de alvenaria foram posicionadas 5 cm abaixo do piso acabado, ou seja, sobre o piso osso (laje), e o topo a 15 cm do nível superior, ou seja, fundo do piso do pavimento superior. As paredes modeladas como revestimento tiveram a base e o topo restringidas pelo piso acabado e o fundo da laje do pavimento superior.

2.4.1.2 Esquadrias

As janelas não foram alteradas, apenas alterados os materiais conforme verificados no local, pois as dimensões iniciais permanecem as mesmas. Foram, contudo, ajustados os posicionamentos, como, por exemplo, no Quarto 1, em que na planta do projeto original a janela aparece posicionada perto da parede enquanto na construção existente a janela encontra-se a mais de 1 m de distância desta parede, conforme Figura 11(a) e (b) abaixo:

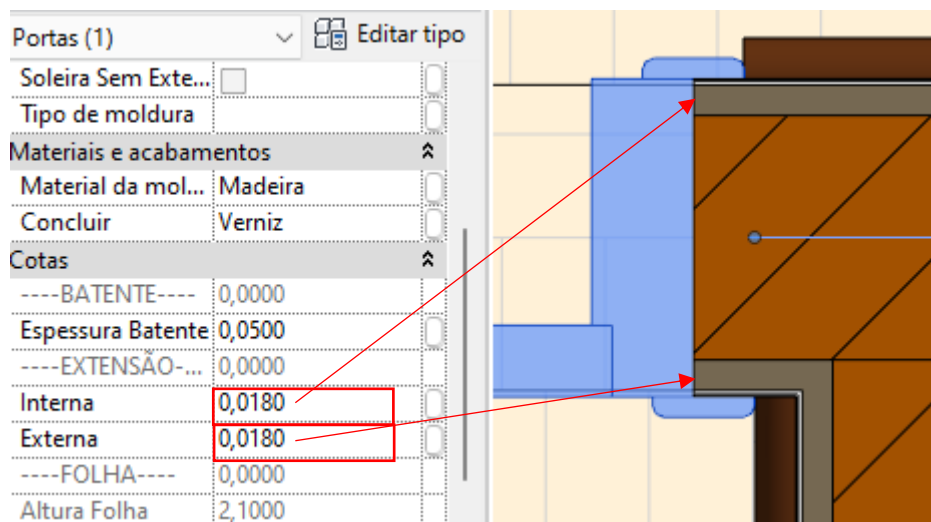
Figura 11 - Posição da janela a) no projeto b) existente



Fonte: O Autor, 2022

Para a modelagem das portas, foi necessário criar uma família de portas que fosse compatível com a modalidade de construção em camadas das paredes, ou seja, portas paramétricas com ajuste nas instâncias de extensão do batente de acordo com a espessura dos revestimentos, a partir da parede osso, conforme exemplo da Figura 12. As famílias de portas nativas no programa não são compatíveis com parede cebola pois são programadas para serem restringidas apenas a um único hospedeiro. Nas novas portas criadas foi incluído o material de madeira e assim substituídas pelas primeiras portas genéricas modeladas.

Figura 12 - Configuração da extensão do batente da porta para parede em camadas



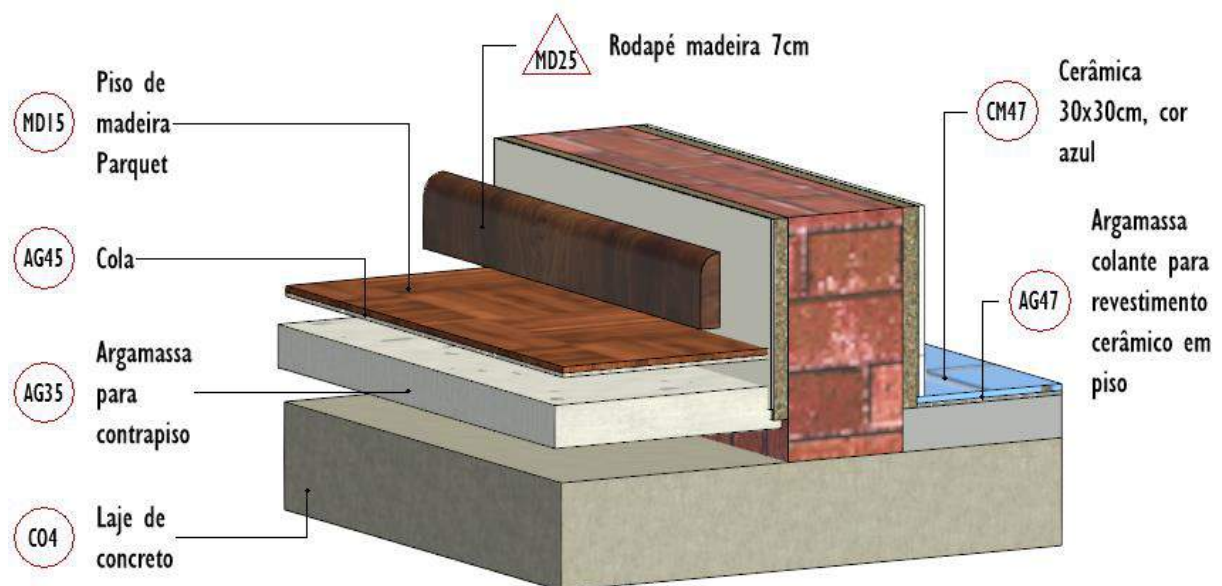
Fonte: O Autor, 2022

2.4.2 Sistemas de piso e forro.

Conforme a NBR 15575-3 (ABNT, 2021) um sistema de piso é definido como “sistema horizontal ou inclinado [...] composto por um conjunto parcial ou total de camadas (por exemplo, camada estrutural, camada de contrapiso, camada de fixação, camada de acabamento) destinado a atender à função de estrutura, vedação e tráfego, conforme os critérios definidos nesta parte da ABNT NBR 15575”. Baseado na informação da laje possuir 10 cm de altura e o sistema de piso completo 15 cm de altura, o piso foi então modelado com uma camada estrutural, sendo a laje da edificação, uma camada de contrapiso, com 4 cm, e o revestimento com 1 cm representando as camadas de fixação e acabamento. O material definido para a laje foi o concreto, para o contrapiso foi utilizado o material de argamassa, para a camada de fixação foi estabelecido 4 mm de espessura de argamassa colante sob 6 mm de espessura de peça cerâmica nos ambientes de revestimento cerâmico, e 4 mm de cola sob 6 mm de piso parquet nos demais ambientes de revestimento em madeira.

O rodapé existente foi modelado com o material madeira, de 7 cm de altura, de acordo com as dimensões verificadas in loco. A imagem da Figura 13 representa o exemplo dos sistemas de pisos e rodapés do Quarto 1 e da Suíte.

Figura 13 - Materiais dos pisos fase existente



Fonte: O Autor, 2021

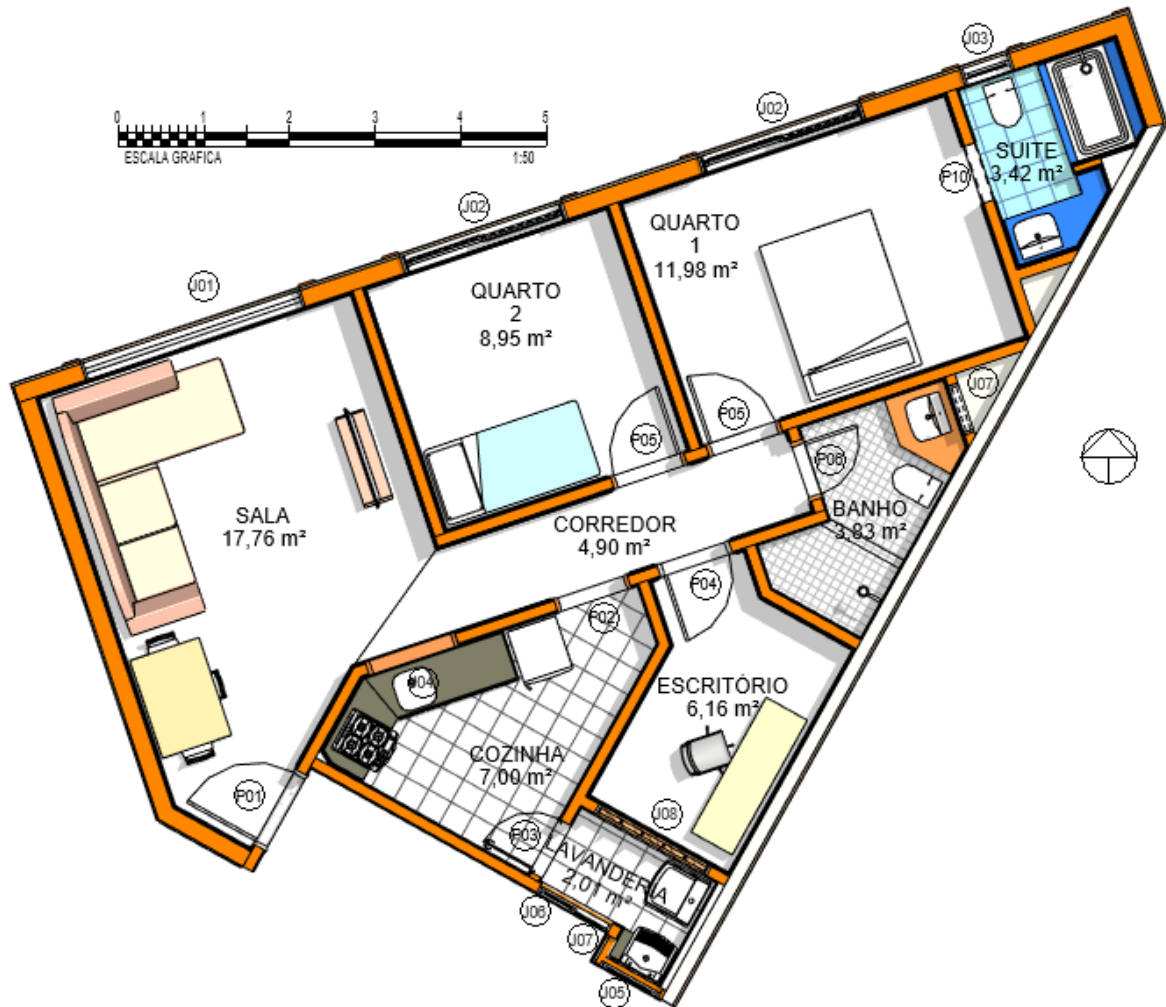
Para a modelagem do teto foi utilizado uma camada da família de forro com 1 mm de espessura criada com o material pintura branca. Foram modelados em todos os ambientes do imóvel.

2.4.3 Mobiliário

Após modeladas as paredes, pisos, forros, e ajustadas as portas e janelas, foram inseridos no modelo alguns mobiliários típicos de cada ambiente. A apresentação da disposição dos móveis auxilia na tomada de decisões durante a elaboração de diversos projetos, como o arquitetônico, o luminotécnico e o elétrico, dentre outros.

Para os mobiliários sob medida presente no imóvel foi feita a modelagem no local, com a criação dos materiais e dimensionamento dos componentes diretamente na modelagem arquitetônica, sob a categoria de família “mobiliário”. Para os demais móveis comuns aos ambientes, foram utilizadas famílias de mobiliários retirados de sites na internet. Assim, na Figura 14 foi apresentada a planta baixa com a distribuição de alguns móveis do imóvel para referência no projeto.

Figura 14 - Planta baixa com a disposição mobiliária



Fone: O Autor, 2022

A Figura 15 representa uma vista em corte, em 3D, da modelagem existente completa. A posição solar incidente sob a vista foi configurada para representar o dia 20 de setembro de 2022 às 12:15 horas, ou seja, o prolongamento da sombra revela a inclinação solar no momento.

Figura 15 - Visualização da modelagem existente completa.



Fonte: O Autor, 2022

2.5 Construção do modelo da etapa de reforma

Para modelagem desta etapa foram duplicadas as vistas de planta, forro e 3D e alteradas a etapa de projeto e tipo de vista para a fase reforma. Os novos materiais utilizados na modelagem da proposta de atualização foram criados com as mesmas características e dimensões explanadas anteriormente, assim como seguiu a mesma forma de classificação de nomenclatura. As escolhas dos materiais e disposição dos mesmos seguiram as instruções normativas.

2.5.1 Demolição e remoção de materiais

Foi determinado, por critérios das patologias apresentadas e estéticos, que seriam substituídos todos os revestimentos dos banheiros (piso, parede e teto), e pinturas da sala, corredor e quartos. Foi utilizada a ferramenta “Demolir” nos elementos removidos. Com esta ferramenta o componente demolido não deixa de existir, ele é simplesmente marcado na visualização como demolido, e, de acordo com o filtro de fases e a sobreposição de gráficos (configurada na aba fases do gerenciamento do *software*), é gerada a sua visualização (ou não visualização), bem como os quantitativos de acordo com as configurações das tabelas, como já demonstrado na Figura 5. A Figura 16 apresenta a planta baixa com os elementos removidos destacados em amarelo e por linhas tracejadas.

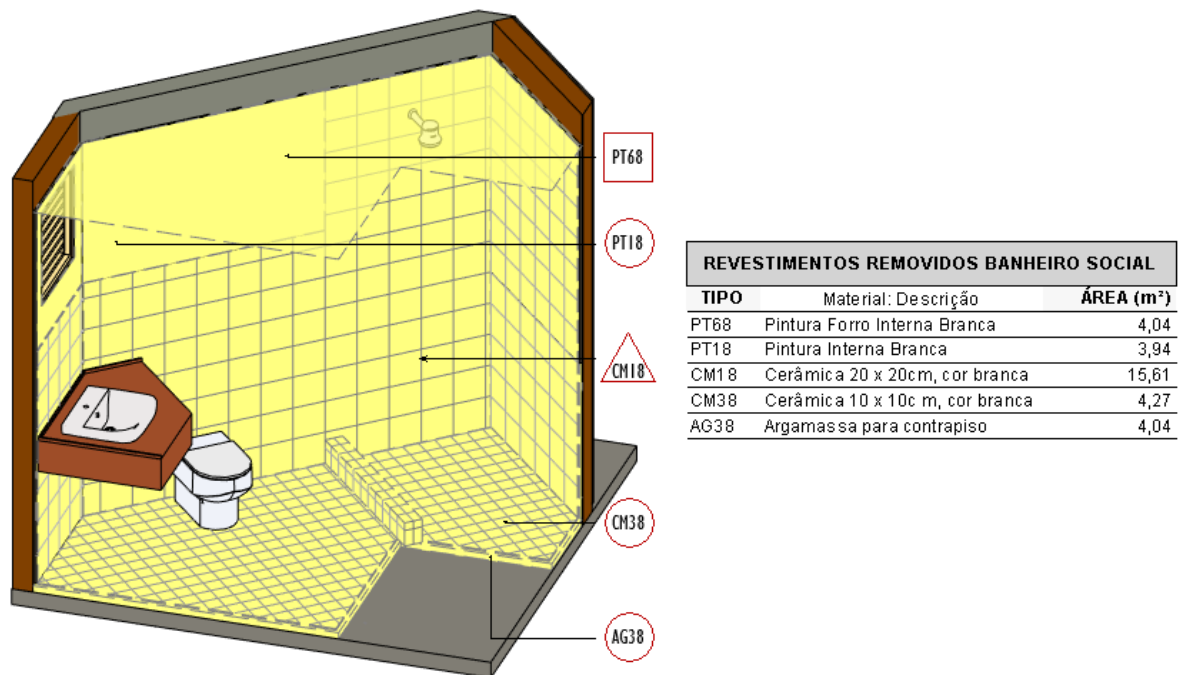
Figura 16 - Planta baixa com os elementos removidos em destaque



Fonte: O Autor, 2022

Na suíte e no banheiro social foram demolidas as alvenarias, de 47 cm de altura na suíte e 10 cm de altura do banheiro social, revestidas de cerâmica que separavam as respectivas áreas de banho dos banheiros. Foram retiradas todas as cerâmicas das paredes e pisos, assim como removidas (lixadas) as pinturas das paredes e tetos. Ainda na suíte foi feita a retirada da banheira que ficava sob o chuveiro e a bacia sanitária, enquanto no banheiro social foi também removida a bacia sanitária. A Figura 17 mostra o exemplo da representação gráfica da remoção dos materiais do banheiro social de acordo com as configurações do template e os dados dos quantitativos de área removida gerada com as informações do modelo.

Figura 17 - Remoção dos revestimentos do banheiro social



Fonte: O Autor, 2022

Nos quartos, na sala e no corredor, foram removidas todas as pinturas das paredes e tetos. Não houve alterações nos ambientes de cozinha e lavanderia. Concluída a demolição dos revestimentos, foi possível extrair a Quadro 4 com a quantidade total de cada material e peças retiradas de cada ambiente.

Quadro 4 - Quadro de revestimentos removidos

QUADRO DE REVESTIMENTOS REMOVIDOS			
Nome	Tipo	Material	Área (m²)
BANHEIRO SOCIAL			
CM18	PAREDE	Cerâmica 20 x 20cm, cor branca.	15,61
PT18		Pintura interna branca	3,94
TJ38		Alvenaria	0,16
CM38	PISO	Cerâmica 10 x 10cm, cor branca.	4,27
PT68	FORRO	Pintura interna branca	4,04
CORREDOR			
PT23	PAREDE	Pintura Interna Bege	18,11
PT63	FORRO	Pintura Forro Interna Branca	5,15
QUARTO1			
PT25	PAREDE	Pintura Interna Bege	30,12
PT65	FORRO	Pintura Forro cor Branca	12,23
QUARTO2			
PT22	PAREDE	Pintura Interna Bege	26,42
PT62	FORRO	Pintura interna branca	9,17
SALA			
PT21	PAREDE	Pintura Interna Bege	33,11
PT61	FORRO	Pintura interna branca	17,99
SUÍTE			
CM17	PAREDE	Cerâmica 20 x 20cm, cor branca.	15,26
PT17		Pintura interna branca	3,56
TJ37		Alvenaria	0,56
CM47	PISO	Cerâmica 30x30cm, cor azul	3,56

Fonte: O Autor, 2022

Também foram retirados todos os rodapés nos quartos, sala, corredor e escritório, e assim foi possível extrair o Quadro 5 com o comprimento destes por ambiente e o comprimento total de 54 m.

Quadro 5 - Quadro geral de rodapés removidos

QUADRO DE RODAPÉS REMOVIDOS				
Nome	Tipo	Descrição	L (m)	Ambiente
MD23	Rodapé	Madeira, 7 cm, cor natural	6,41	Corredor
MD26			9,75	Escritório
MD25			12,33	Quarto 1
MD22			10,99	Quarto 2
MD21			14,51	Sala
Total			54	

Fonte: O Autor, 2022

Foram também removidas as portas da sala, da cozinha, dos quartos e do banheiro social, conforme Quadro 6 abaixo, onde são mostradas as características de cada porta e o ambiente de localização.

Quadro 6 - Quadro de portas removidas

QUADRO DE PORTAS REMOVIDAS						
Cód.	Descrição	H (m)	B (m)	Material	Acabamento	Ambiente
P01	Porta de abrir, 1 folha	2,10	0,92	Madeira	Pintura branca	Sala
P02	Batente e guarnição	2,10	0,82			Cozinha
P05	Porta de abrir, 1 folha	2,10	0,82		Verniz	Quarto 1
P05		2,10	0,82			Quarto 2
P06		2,10	0,62			Banheiro

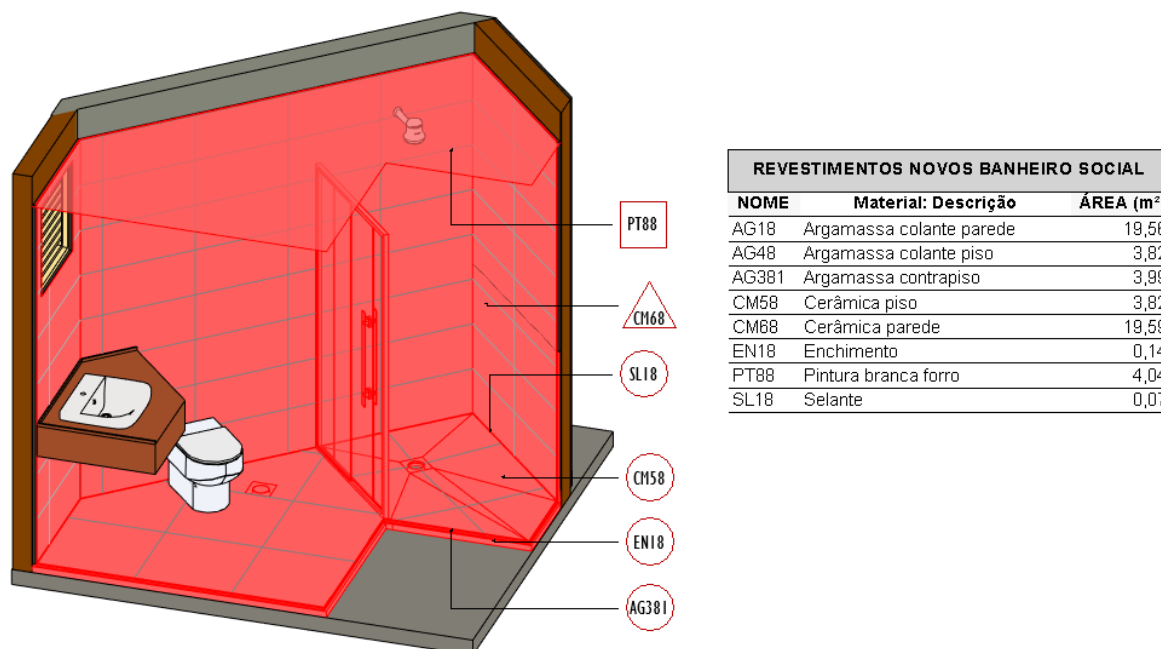
Fonte: O Autor, 2022

2.5.2 Modelagem dos novos materiais

Em relação aos revestimentos dos ambientes suíte e banheiro social, estes tiveram os pisos e as paredes totalmente revestidos com cerâmica. Foi definida argamassa colante do tipo AC II, que, de acordo com a NBR 14081 (ABNT, 2012), é indicada para revestimentos de pisos e paredes internas e absorve esforços sujeitos a variação termo higrométrica. Nos espaços dos chuveiros foram modeladas as inclinações dos pisos, em direção aos ralos existentes, e o sistema de impermeabilização nos pisos e paredes. A Figura 18 mostra o exemplo da representação gráfica

dos novos materiais do banheiro social de acordo com as configurações do template, e os dados dos quantitativos de área gerados com as informações do modelo.

Figura 18 - Revestimentos novos do banheiro social



Fonte: O Autor, 2022

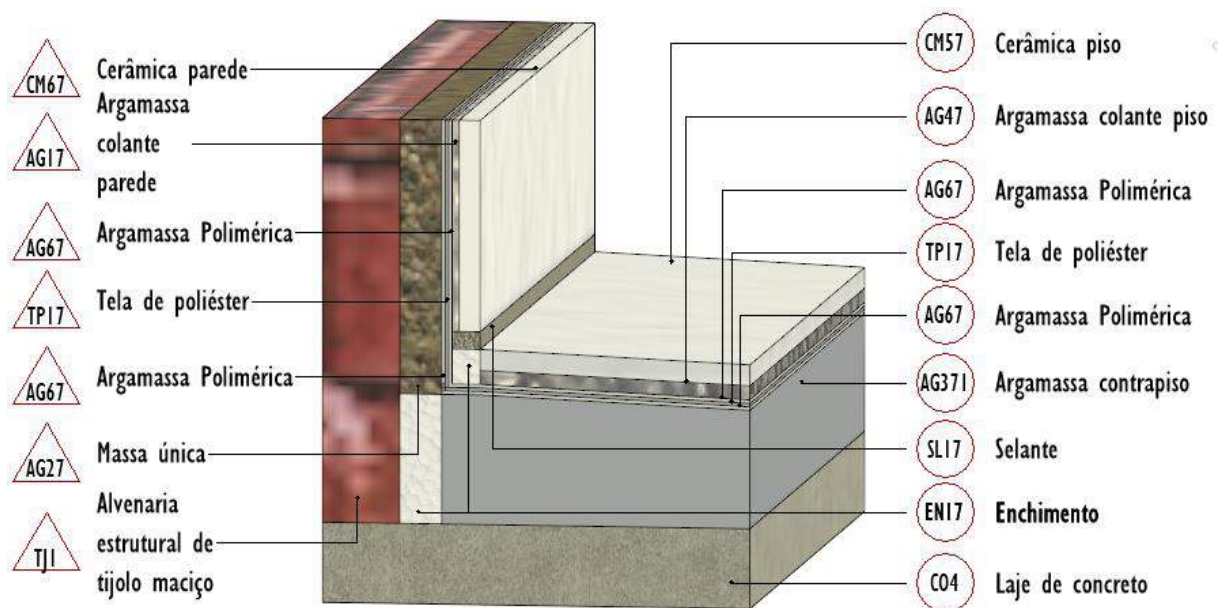
Para a modelagem das inclinações dos pisos, observou-se a NBR 13753 (ABNT, 1996) em que os caimentos em revestimento cerâmico nos boxes dos banheiros devem estar compreendidos entre 1,5% e 2,5%. Para tanto, um novo contrapiso de argamassa foi criado sobre a laje e, sobre essa camada foi aplicada a impermeabilização, de argamassa polimérica, que recebeu em seguida sobre ela o revestimento contendo as camadas de argamassa colante e as peças cerâmicas. Assim, a este conjunto de camadas do sistema de piso, foi imposto a inclinação necessária.

Para modelagem da impermeabilização dos pisos e paredes dos boxes do banheiro, adotou-se a argamassa polimérica, classificada como um material cimentício segundo a NBR 9575 (ABNT, 2010), em função desta ser um material indicado para vedação e eliminação da umidade em áreas molhadas e molháveis como o banheiro. Também por poder ser aplicada sobre concreto, possuir fácil trabalhabilidade e ser encontrada com facilidade no comércio. Em relação ao sistema de impermeabilização, este foi modelado com uma de tela poliéster entre duas demãos (camadas) da argamassa polimérica, seguindo recomendações dos fabricantes. Nas paredes, o sistema de impermeabilização foi modelado até a altura de 1 m do piso acabado, seguindo as boas práticas construtivas.

Ainda em relação ao revestimento cerâmico, foram modeladas as juntas de dessolidarização, que, conforme NBR 13753 (ABNT, 1996), devem ser construídas no perímetro da área revestidas e em encontros com colunas, vigas, saliências ou com outros tipos de revestimentos, sendo composta por material de enchimento altamente deformáveis e vedadas com selante à base de elastômero.

A Figura 19 apresenta o detalhamento do novo sistema de piso e impermeabilização do box da suíte.

Figura 19 - Detalhe sistema de piso e impermeabilização da suíte



Fonte: O Autor, 2022

Nos quartos, na sala e no corredor, foram modeladas todas as novas pinturas das paredes e tetos. O sistema de pintura utilizado foi o mesmo aplicado na etapa de modelagem do existente, com uma camada de massa niveladora (massa corrida) e uma camada de acabamento (pintura). Também foi possível extrair diversas tabelas com as informações dos quantitativos, sendo que no Quadro 7 abaixo foi aplicado a separação dos materiais por ambiente com a quantidade de cada material novo modelado, e no Quadro 8 a informação foi separada por cada material e seu total geral sem vinculação com os ambientes.

Quadro 7 - Quadro quantitativo dos novos materiais de revestimento por ambientes

QUADRO REVESTIMENTOS NOVOS POR AMBIENTE				
Nome	Descrição	Un. Medida	Valor	Ambiente
AG18	Argamassa colante parede	m ²	19,56	Banho
AG48	Argamassa colante piso	m ²	3,82	
AG68	Argamassa Polimérica	m ²	15,46	
AG381	Argamassa contrapiso	m ²	4,03	
CM58	Cerâmica piso	m ²	3,82	
CM68	Cerâmica parede	m ²	19,58	
PT88	Pintura branca forro	m ²	4,04	
TP18	Tela de poliéster	m ²	7,73	
EN18	Material de preenchimento	m	12,62	
SL18	Selante	m	8,23	
MC13	Base (Massa Corrida)	m ²	18,10	Corredor
PT73	Pintura interna parede	m ²	18,11	
PT83	Pintura branca forro	m ²	4,95	
MC15	Base (Massa Corrida)	m ²	29,82	Quarto 1
PT75	Pintura interna parede	m ²	29,82	
PT85	Pintura Branca Forro	m ²	11,98	
MC12	Base (Massa Corrida)	m ²	26,42	Quarto 2
PT72	Pintura interna parede	m ²	26,42	
PT82	Pintura branca forro	m ²	8,95	
MC11	Base (Massa Corrida)	m ²	33,11	Sala
PT71	Pintura interna parede	m ²	33,11	
PT81	Pintura branca forro	m ²	17,71	
AG17	Argamassa colante parede	m ²	18,42	Banho Suíte
AG47	Argamassa colante piso	m ²	3,41	
AG67	Argamassa Polimérica	m ²	13,45	
AG371	Argamassa contrapiso	m ²	3,61	
CM57	Cerâmica piso	m ²	3,47	
CM67	Cerâmica parede	m ²	18,35	
PT87	Pintura branca forro	m ²	3,44	
TP17	Tela de poliéster	m ²	6,73	
EN17	Material de enchimento (junta)	m	11,63	
SL17	Selante	m	7,82	

Fonte: O Autor, 2022

Quadro 8 – Quantitativo total dos materiais novos por tipo de material

TOTAL REVESTIMENTOS NOVOS		
Material: Descrição	Un. Medida	Valor
Pintura interna parede	m ²	107,47
Base para Pintura (massa corrida)	m ²	107,45
Pintura branca forro	m ²	51,06
Argamassa colante parede	m ²	37,98
Cerâmica parede	m ²	37,94
Argamassa Polimérica	m ²	28,91
Tela de poliéster	m ²	14,46
Argamassa contrapiso	m ²	7,64
Cerâmica piso	m ²	7,29
Argamassa colante piso	m ²	7,24
Material de enchimento (junta)	m	24,26
Selante	m	16,05

Fonte: O Autor, 2022

Também foram modelados todos os novos rodapés, em material PVC branco com 10 cm de altura, nos quartos, sala, corredor e no escritório. Assim, foi possível extrair o Quadro 5, em que consta o comprimento total das peças por ambiente e o comprimento total geral.

Quadro 9 - Quadro quantitativo dos novos rodapés modelados

QUADRO DE RODAPÉS NOVOS				
Nome	Tipo	Descrição	L (m)	Ambiente
RO13	Rodapé	PVC branco 10 cm altura	6,5	Corredor
RO16			9,76	Escritório
RO15			12,18	Quarto 1
RO12			11,01	Quarto 2
RO11			14,46	Sala
Total			54	

Fonte: O Autor, 2022

Em substituição às portas removidas, foram inseridas as novas portas da sala, da cozinha, dos quartos, e do banheiro social, conforme Quadro 10 abaixo, onde são mostradas as características de cada porta e o ambiente de localização.

Quadro 10 - Quantitativo de portas modeladas na etapa reforma

QUADRO DE PORTAS NOVAS						
Cód.	Descrição	H (m)	B (m)	Material	Acabamento	Ambiente
P11	Porta de abrir, 1 folha	2,10	0,92	Madeira	Pintura branca	Sala
P13	Porta de abrir, 1 folha	2,10	0,82			Quarto 1
P13	Porta de abrir, 1 folha	2,10	0,82			Quarto 2
P14	Batente e guarnição	2,10	0,82			Cozinha
P17	Porta camarão duas folhas	2,10	0,62			Suíte
P18	Porta de abrir, 1 folha	2,10	0,62			Banho
					Nº portas:	6

Fonte: O Autor, 2022

A Figura 20 apresenta a planta baixa com os elementos novos destacados em vermelho e por linhas tracejadas.

Figura 20 - Planta baixa com os elementos novos em destaque



Fonte: O Autor, 2022

Desta forma, foi concluída a modelagem das etapas Existente e Reforma. Foram feitas as modelagens e as representações gráficas de acordo com a fase, e a extração dos quantitativos por meio de tabelas. A Figura 21 apresenta o resultado final da modelagem da fase Existente enquanto a Figura 22 exibe a imagem final da fase Reforma

Figura 21 – Representação em perspectiva do filtro final da fase Existente



Fonte: O Autor, 2022

Figura 22 - Representação em perspectiva do filtro final da fase Reforma



Fonte: O Autor, 2022

Este modelo concluído, com as vistas e seus elementos de todas as fases presente no mesmo arquivo, serviu de base para a modelagem do sistema elétrico tanto da situação existente atual quanto para o projeto de atualização.

3 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

Nesta seção serão abordadas as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir a segurança, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens. Estas instruções aplicam-se principalmente às instalações elétricas de edificações, qualquer que seja seu uso, incluindo as pré-fabricadas.

Os critérios, requisitos e orientações aqui estabelecidas estão em conformidade com a NBR 5410 (ABNT, 2004) e com o Regulamento de Instalações Consumidoras (RIC-BT) desenvolvido pela CEEE-D na versão 1.5 de 2017. Os conteúdos aqui abordados estão relacionados exclusivamente às condições de alimentação de apenas uma unidade habitacional em uma situação de verificação das condições existentes e reforma neste imóvel. Para casos distintos destes ou situações mais específicas é necessário consultar os normativos e regularizações por completo.

Cabe salientar que neste ano de 2022 ainda continuamos, na cidade de Porto Alegre, em período transição entre a CEEE-D e a nova concessionária de abastecimento de energia. Durante o curso do trabalho foi homologado a nova Norma Técnica – NT.001 (Equatorial, 2022) com novas alterações em tabelas e desenhos. Assim, enquanto prossegue esse período de atualizações e correções, optou-se, para o presente trabalho, por efetuar o estudo com base no RIC-BT (CEEE-D, 2017), pois este foi formulado em bases científicas sólidas tanto quanto a nova Norma, e encontra-se consolidado em termos de oferta de segurança e eficiência nas instalações elétricas.

3.1 Fundamentos para instalações elétricas

3.1.1 Definição de potência elétrica

Potência elétrica é a quantidade de energia elétrica que é fornecida ou consumida por um circuito elétrico em um determinado intervalo de tempo, ou seja, a quantidade de energia que esse circuito converte em outras formas de energia, ou ainda, a quantidade de trabalho realizado neste intervalo de tempo. A potência elétrica é uma grandeza física que pode ser calculada por meio de grandezas como tensão, corrente e resistência elétrica.

3.1.2 Potência de Alimentação – Critérios da Norma NBR 5410 (ABNT, 2004)

A potência de alimentação é a potência (carga) destinada a alimentar os sistemas de iluminação e tomadas, a ser determinada seguindo padrões de economia e segurança da instalação, obedecendo limites adequados de elevação de temperatura e de queda de tensão. A definição da potência de alimentação dos pontos de iluminação e tomadas é uma das primeiras etapas ao iniciar um projeto elétrico.

3.1.2.1 Critérios mínimos para pontos de iluminação

Em cada cômodo ou dependência deve ser previsto pelo menos um ponto de luz fixo no teto, comandado por interruptor. As arandelas no banheiro devem estar distantes, no mínimo, 60 cm do limite do box.

De acordo com o item 9.5.2.1.2 da NBR 5410 (ABNT, 2004), na determinação das cargas de iluminação pode ser adotado o seguinte critério:

- a) em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m², deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA;
- b) em cômodo ou dependências com área superior a 6 m², deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m², acrescida de 60 VA para cada aumento de 4 m² inteiros

3.1.2.2 Critérios mínimos para pontos de tomada

Nos banheiros, devem ser previstos pelo menos um ponto de tomada, próximo ao lavatório, e devem ser observados os requisitos complementares para instalação em locais contendo banheira ou chuveiro.

Para cozinhas, lavanderias e locais análogos, precisa ser calculado no mínimo um ponto de tomada para cada 3,5 m ou fração de perímetro, sendo que acima da bancada da pia devem ser previstas no mínimo duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em pontos diferentes.

Em salas e dormitórios devem ser estabelecidos pelo menos um ponto de tomada para cada 5 m ou fração de perímetro, devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível.

Para os demais cômodos, de acordo com a norma NBR 5410 (ABNT, 2004), temos os seguintes critérios mínimos:

- um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for igual ou inferior a 2,25 m². Admite-se que esse ponto seja posicionado externamente ao cômodo ou dependência, a até 0,80 m no máximo de sua porta de acesso;
- um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for superior a 2,25 m² e igual ou inferior a 6 m²;
- um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, se a área do cômodo ou dependência for superior a 6 m², devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível.

Nos banheiros, cozinhas, lavanderias e locais análogos, deve-se atribuir no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até três pontos, e 100 VA por pontos a mais instalados. Se o total de pontos de tomadas nesses espaços for superior a seis pontos, admite-se atribuir no mínimo 600 VA em dois pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes.

Considerar, para corredores, circulações, varandas, sacadas, etc., no mínimo 1 ponto de tomada de uso geral (TUG) de 100 VA. Nos demais cômodos ou dependências, deve-se atribuir no mínimo 100 VA por ponto de tomada.

Os pontos de tomada de uso específico (TUE) devem ser localizados no máximo a 1,5 m do ponto previsto para a localização do equipamento a ser alimentado. Quando um ponto de tomada for previsto para uso específico, deve ser a ele atribuída uma potência igual à potência nominal do equipamento a ser alimentado ou à soma das potências nominais dos equipamentos a serem alimentados.

3.1.3 Representação

Os pontos devem ser representados por uma simbologia padronizada. A ABNT recomenda o uso da norma IEC 60417 (2004) como referência de simbologia, pois a norma NBR 5444 (ABNT, 1989) encontra-se cancelada.

O projeto elétrico deve ser detalhado e de clara compreensão e recomenda-se o uso de uma legenda da simbologia utilizada na prancha. Deve-se atentar ao *layout* e uso do ambiente no lançamento dos pontos.

As tomadas com potência diferente de 100VA devem ter sua potência indicada junto ao símbolo, assim como os condutores com seções diferentes das mínimas (para circuitos de iluminação 1,5mm² e para circuitos de tomadas 2,5mm²) devem ter a dimensão indicada na representação.

3.1.4 Quadro de distribuição

De acordo com a norma NBR 5410 (ABNT, 2004), “os quadros de distribuição devem ser instalados em local de fácil acesso e ser providos de identificação do lado externo, legível e não facilmente removível.” Segundo as anotações de aula do Prof. Sérgio Luiz Cardoso da Silva (2019), recomenda-se a observação de critérios de segurança, operacionais, estéticos e bom senso na escolha do local de instalação.

Segundo a NBR 5410 (ABNT, 2004), deve-se proporcionar condições de rápido acesso aos equipamentos de proteções elétricas contidos no quadro, e também estar localizado de forma a proporcionar um fácil acesso para operações de rotina, sem alterar de forma significativa a estética do ambiente. Não deve ser instalado atrás de móveis e quadros, em dormitórios, em áreas molhadas, entre outros.

Ainda de acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2004) nos quadros de distribuição devem ser previstos espaços de reserva, para futuras ampliações, com base no número de circuitos com que o quadro for efetivamente equipado, de acordo com a tabela 59 da norma mencionada anteriormente representa na Figura 23 abaixo:

Figura 23 - Imagem da Tabela 59 da NBR 5410 (ABNT, 2004)

Tabela 59 — Quadros de distribuição – Espaço de reserva

Quantidade de circuitos efetivamente disponível N	Espaço mínimo destinado a reserva (em número de circuitos)
até 6	2
7 a 12	3
13 a 30	4
N >30	0,15 N
NOTA A capacidade de reserva deve ser considerada no cálculo do alimentador do respectivo quadro de distribuição.	

Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004), p.157

3.1.5 Distribuição dos circuitos

Segundo a NBR 5410 (ABNT, 2004), na divisão da instalação devem ser consideradas as ampliações futuras, tanto na potência de alimentação quanto na taxa de ocupação dos condutos e dos quadros de distribuição. Ainda de acordo com a referida norma, deve-se seguir algumas outras exigências quanto à divisão da instalação:

[...] Os circuitos terminais devem ser individualizados pela função dos equipamentos de utilização que alimentam. Em particular, devem ser previstos circuitos terminais distintos para pontos de iluminação e para pontos de tomada.

[...] As cargas devem ser distribuídas entre as fases, de modo a obter-se o maior equilíbrio possível.

[...] Todo ponto de utilização previsto para alimentar, de modo exclusivo ou virtualmente dedicado, equipamento com corrente nominal superior a 10 A deve constituir um circuito independente.

[...] Os pontos de tomada de cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos devem ser atendidos por circuitos exclusivamente destinados à alimentação de tomadas desses locais.

Em locais de habitação, como exceção à regra de que pontos de tomada e pontos de iluminação não podem ser alimentados por um mesmo circuito, a NBR 5410 (ABNT, 2004) admite o compartilhamento desde que as seguintes condições sejam simultaneamente atendidas:

a) a corrente de projeto (IB) do circuito comum (iluminação mais tomadas) não deve ser superior a 16 A;

- b) os pontos de iluminação não sejam alimentados, em sua totalidade, por um só circuito, caso esse circuito seja comum (iluminação mais tomadas); e
- c) os pontos de tomadas, já excluídos os indicados em 9.5.3.2[*], não sejam alimentados, em sua totalidade, por um só circuito, caso esse circuito seja comum (iluminação mais tomadas).

[*] Os pontos de tomada de cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos [...]

Em relação à representação gráfica, deve-se indicar ao lado de cada ponto de luz e tomada um número de circuito. No interior do símbolo dos pontos de luz (círculo), é usual (mas não obrigatório) que o número do circuito seja indicado no quarto inferior esquerdo, a letra de comando do interruptor (sempre minúscula) dentro do quarto inferior direito e a potência em VA na metade de cima. Ao lado dos interruptores, deve ser indicado o número do circuito ao lado da letra minúscula do comando do respectivo ponto de luz.

Todo circuito deve dispor de condutor de proteção, em toda sua extensão, e todos os condutores deste mesmo circuito devem estar nas proximidades imediatas uns dos outros. Sobre condutores de mais de um circuito em um mesmo conduto, a NBR 5410 (ABNT, 2004) estabelece o seguinte:

6.2.10.2 Admite-se que os condutos fechados contenham condutores de mais de um circuito nos seguintes casos:

- a) quando as quatro condições seguintes forem simultaneamente atendidas:
 - os circuitos pertencerem à mesma instalação, isto é, se originarem do mesmo dispositivo geral de manobra e proteção;
 - as seções nominais dos condutores de fase estiverem contidas dentro de um intervalo de três valores normalizados sucessivos;
 - todos os condutores tiverem à mesma temperatura máxima para serviço contínuo;
- e
 - todos os condutores forem isolados para a mais alta tensão nominal presente; ou
- b) no caso dos circuitos de força, de comando e/ou sinalização de um mesmo equipamento.

3.1.6 Condutos

Os eletrodutos (condutos) são utilizados em linhas elétricas embutidas, subterrâneas ou aparentes e devem suportar solicitações mecânicas, químicas, elétricas e térmicas. Nas instalações elétricas abrangidas pela norma NBR 5410 (ABNT, 2004) só são admitidos eletrodutos não-propagadores de chama e só devem ser instalados condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares.

Em relação aos materiais, os eletrodutos devem ser de aço, alumínio ou PVC (rígido ou flexível), e podem ser dos tipos corrugado, flexível, plano ou rígido. As características como dimensões, tipo de conexão, revestimento, resistência mecânica, aplicação, representações, entre outras, e seus requisitos, devem ser observadas nos seus normativos específicos. As normas NBR 5597 (ABNT, 2013), NBR 5598 (ABNT, 2013) e NBR 5624 (ABNT, 2011) são aplicadas aos eletrodutos de aço, e a NBR 15465 (ABNT, 2020) é aplicada aos eletrodutos de PVC. Os condutos elétricos também podem ser do tipo canaleta, calhas, bandejas ou leito.

Dentre outras prescrições para instalação dos eletrodutos presentes na NBR 5410 (ABNT, 2004) destaca-se o seguinte:

6.2.11.1.6 As dimensões internas dos eletrodutos e de suas conexões devem permitir que, após montagem da linha, os condutores possam ser instalados e retirados com facilidade. Para tanto:

a) a taxa de ocupação do eletroduto, dada pelo quociente entre a soma das áreas das seções transversais dos condutores previstos, calculadas com base no diâmetro externo, e a área útil da seção transversal do eletroduto, não deve ser superior a: — 53% no caso de um condutor; — 31% no caso de dois condutores; — 40% no caso de três ou mais condutores;

b) os trechos contínuos de tubulação, sem interposição de caixas ou equipamentos, não devem exceder 15 m de comprimento para linhas internas às edificações e 30 m para as linhas em áreas externas às edificações, se os trechos forem retilíneos. Se os trechos incluírem curvas, o limite de 15 m e o de 30 m devem ser reduzidos em 3 m para cada curva de 90°.

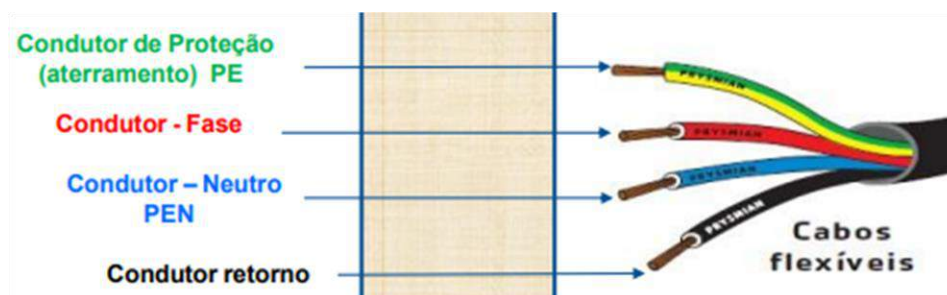
É necessário observar que em cada trecho de tubulação entre passagens, podem ser instaladas no máximo três curvas de 90° ou seu equivalente até no máximo 270° e nunca curvas com deflexão superior a 90°. Também devem ser empregadas caixas em todos os pontos da tubulação onde houver entrada ou saída de condutores, em todos os pontos de emenda ou de derivação de condutores, e sempre que for necessário separar a tubulação. Quando necessário, os eletrodutos só devem ser cortados perpendicularmente a seu eixo, e deve ser retirada toda imperfeição que possa vir a danificar a isolação dos condutores.

3.1.7 Condutores

Segundo a NBR 5410 (ABNT, 2004), é necessário que as linhas elétricas utilizadas possam ser facilmente identificadas durante o processo de instalação e manuseio posterior, seja para manutenção ou verificação de rotina. Quando identificados pela cor, como na Figura 24, os

condutores neutros devem ser azul-claro, os condutores de proteção (PE) devem ter coloração verde-amarela ou a cor verde (cores exclusivas da função de proteção), o condutor combinado terra e neutro (PEN) deve ser de cor azul-claro, com anilhas verde-amarelo nos pontos visíveis ou acessíveis, e para o condutor fase pode ser usada qualquer cor, observadas as restrições estabelecidas anteriormente.

Figura 24: Identificação dos condutores por cor



Fonte: notas de aula do Prof. Sérgio Luiz Cardoso da Silva (2019)

Os tipos de linha elétrica (método de instalação) permitidos nas instalações estão descritos na tabela 33 da NBR 5410 (ABNT, 2004), no qual contém o número do método de instalação, o esquema ilustrativo, a descrição e o método de referência. Outros tipos de linhas elétricas podem ser utilizados desde que atendam às prescrições gerais estipuladas na norma.

Ainda de acordo com a NBR 5410 (ABNT 2004), nas instalações devem ser utilizados condutores com isolação de PVC, EPR ou XLPE, sob a forma de condutores isolados, cabos unipolares e multipolares, dentre outros. Quando com isolação PVC, segundo a ABNT NBR NM 247-3, devem ser não-propagadores de chama. Os condutores devem ser de cobre ou alumínio, sendo que, no caso do emprego de condutores de alumínio, devem atender a algumas prescrições descritas na norma NBR 5410 (ABNT, 2004).

Os condutores de um mesmo circuito devem permanecer nas proximidades imediatas uns dos outros e as derivações e emendas dos condutores devem ocorrer apenas nas caixas, não permitindo que ocorram no interior dos eletrodutos. A enfição deve ocorrer apenas após a conclusão da instalação dos eletrodutos, quando o ambiente não apresentar riscos de danos aos condutores, que devem ser limpos.

3.1.7.1 Seção mínima

De acordo com a NBR 5410 (ABNT 2004), os condutores e cabos isolados, de fase, dos circuitos de iluminação devem obedecer a seção mínima de 1,5 mm² e os dos circuitos de tomadas devem obedecer a seção mínima de 2,5 mm², quando estes forem de cobre.

Em relação ao condutor neutro, a NBR 5410 (ABNT 2004) estabelece o seguinte:

6.2.6.2.1 O condutor neutro não pode ser comum a mais de um circuito.

6.2.6.2.2 O condutor neutro de um circuito monofásico deve ter a mesma seção do condutor de fase.

6.2.6.2.3 Quando, num circuito trifásico com neutro, a taxa de terceira harmônica e seus múltiplos for superior a 15%, a seção do condutor neutro não deve ser inferior à dos condutores de fase, podendo ser igual à dos condutores de fase se essa taxa não for superior a 33%.

A seção mínima do condutor de proteção pode ser determinada através da tabela 58 da NBR 5410 (ABNT 2004), demonstrada na Figura 25 abaixo, válida apenas se o condutor de proteção for constituído do mesmo metal que os condutores de fase.

Figura 25 – Imagem da tabela 58 da NBR 5410 (ABNT, 2004)

Tabela 58 — Seção mínima do condutor de proteção

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: NBR 5410 (ABNT, 2004), p. 150

3.1.7.2 Capacidade de Condução de corrente

A capacidade de condução de corrente dos condutores está preconizada nas tabelas 36 a 39 da NBR 5410 (ABNT 2004), que relacionam as seções nominais com os métodos de referência e número de condutores carregados, estes estabelecidos na Tabela 46 conforme Figura 26.

Figura 26 - Imagem da Tabela 46 da NBR 5410 (ABNT, 2004)

Tabela 46 — Número de condutores carregados a ser considerado, em função do tipo de circuito

Esquema de condutores vivos do circuito	Número de condutores carregados a ser adotado
Monofásico a dois condutores	2
Monofásico a três condutores	2
Duas fases sem neutro	2
Duas fases com neutro	3
Trifásico sem neutro	3
Trifásico com neutro	3 ou 4 ¹⁾
¹⁾ Ver 6.2.5.6.1.	

Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2004), p. 112

Cada tabela está padronizada pelos tipos de condutores, material de isolamento, temperatura no condutor e temperaturas de referência do ambiente. A Figura 27 abaixo apresenta as capacidades de corrente para as primeiras seções nominais da Tabela 36 da NBR 5410 (ABNT, 2004),

Figura 27 - Imagem parcial da Tabela 36 da NBR 5410 (ABNT, 2004)

Tabela 36 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D**Condutores: cobre e alumínio****Isolação: PVC****Temperatura no condutor: 70°C****Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)**

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número 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

Fonte: NBR 5410 (ABNT, 2022), p. 101

Em condições diferentes das padronizadas, a corrente de tabela (I_Z) deve ser “corrigida”.

Desta forma, caso a corrente de projeto (I_B), dada pela Equação (3.1) de acordo com as notas de aula do Prof. Sérgio Luiz Cardoso da Silva, seja submetida a um aumento anormal, por sobrecarga ou mesmo curto-circuito, deve ser interrompida por um dispositivo de proteção com a corrente I_n de acionamento (disjuntor), que deve ser maior do que a corrente de projeto e menor que corrente corrigida (I_Z).

$$I_B = \frac{S}{V} \quad (3.1)$$

Sendo:

I_B = corrente de projeto (A)

S = potência aparente (VA)

V = tensão nominal do circuito (V). Fase-fase 220V ou fase-neutro 127V.

A Equação (3.2), equação utilizada para o dimensionamento, representa a relação entre as correntes de projeto, do dispositivo de proteção e a de capacidade máxima corrigida do condutor.

$$I_B < I_n < I_Z \quad (3.2)$$

A corrente I_Z é corrigida por fatores previstos na NBR 5410 (ABNT, 2004). São os fatores de agrupamento, temperatura, resistividade do solo e presença de distorção harmônica.

Os fatores de correção por agrupamento são dados nas tabelas 42 a 45 da referida norma. A tabela 42, relaciona a forma de agrupamento dos condutores, os métodos de referência e o número de circuitos, ou cabos multipolares, para determinar o fator de agrupamento aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única. A Figura 28 apresenta a imagem Tabela 46 da NBR 5410 (ABNT, 2004) com os fatores de agrupamento da forma “Em feixe”.

Figura 28 – Imagem parcial da Tabela 42 da NBR 5410 (ABNT, 2004)

Tabela 42 — Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única

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	≥20	
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)

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

As tabelas 36 a 39 são estabelecidas as capacidades de corrente para a temperatura ambiente de 30°C, exceto para linhas enterradas. Quando instaladas em outras condições de temperatura, a capacidade máxima de corrente deve ser determinada aplicando o fator de correção de temperatura de acordo com a Tabela 40 da NBR 5410 (ABNT, 2004), na Figura 29 representada até a temperatura 50°C, no qual relaciona a temperatura com os materiais de isolamento para determinar o fator a ser aplicado.

Figura 29 - Imagem parcial da Tabela 40 da NBR 5410 (ABNT, 2004)

Tabela 40 — Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do 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

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

3.1.7.3 Queda de tensão

De acordo com a NBR 5410 (2004) a queda de tensão nos circuitos terminais deve ser inferior a 4%, e em qualquer ponto de utilização da instalação, deve ser inferior aos seguintes valores, dados em relação ao valor da tensão nominal da instalação:

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

Para o cálculo da queda de tensão num circuito deve ser utilizada a corrente de projeto do circuito. Para determinar o valor em termos de porcentagem, utiliza-se a Equação (3.3):

$$\Delta V_{\%} = \frac{2 \rho L I_b}{A V} \cdot 100 \quad (3.3)$$

Sendo:

$\Delta V_{\%}$ = Porcentagem da queda de tensão;

ρ = resistividade dos condutores (ohm mm²/m à 20°C). Para o cobre: 0,0175;

L = distância entre a fonte e a carga (m). A constante “2” representa a ida e volta;

A = seção reta dos condutores (mm²)

3.1.8 Proteções Elétricas

Segundo a NBR 5410 (ABNT 2004), as pessoas e os animais devem ser protegidos:

...contra choques elétricos, seja o risco associado a contato acidental com parte viva perigosa, seja a falhas que possam colocar uma massa acidentalmente sob tensão.

...contra os efeitos negativos de temperaturas ou solicitações eletromecânicas excessivas resultantes de sobrecorrentes a que os condutores vivos possam ser submetidos.

...contra as consequências prejudiciais de ocorrências que possam resultar em sobretensões, como faltas entre partes vivas de circuitos sob diferentes tensões, fenômenos atmosféricos e manobras.

Os dispositivos de proteção devem ser dispostos e identificados de forma que seja fácil reconhecer os respectivos circuitos protegidos. A proteção dos condutores não garante, necessariamente, a proteção dos equipamentos ligados a esses condutores.

3.1.8.1 Proteção contra sobrecorrentes

De acordo com a NBR 5410 (ABNT 2004), “os condutores vivos devem ser protegidos, por um ou mais dispositivos de seccionamento automático contra sobrecargas e contra curtos-circuitos.” Algumas exceções permitidas são descritas na seção 5.3 da referida norma.

O dispositivo de proteção contra sobrecargas, selecionado de acordo com o item 5.3.4 da NBR 5410 (ABNT 2004), pode prover também a proteção contra curtos-circuitos da linha situada a jusante do ponto em que for instalado, se possuir uma capacidade de interrupção pelo menos igual à corrente de curto-circuito prevista neste ponto, e atender ao disposto em 5.3.5.5.2 da referida norma.

A detecção de sobrecorrentes deve ser prevista em todos os condutores de fase, admitindo-se a exceção indicada em norma, e deve provocar o seccionamento do condutor em que a sobrecorrente for detectada. Em esquemas TT e TN quando a seção do condutor neutro for pelo menos igual ou equivalente à dos condutores de fase, não é necessário prever detecção de sobrecorrente no condutor neutro, nem dispositivo de seccionamento nesse condutor.

Para tais dispositivos, podem ser utilizados os disjuntores conforme ABNT NBR IEC 60947-2, e ABNT NBR NM 60898 (mini disjuntores). Estes são projetados para atuar abrindo o circuito sempre que a sua corrente nominal I_d , indicada no corpo do disjuntor ou na alavanca, seja ultrapassada. Como critério de escolha dos disjuntores para cada circuito utiliza-se a equação fundamental do dimensionamento, representada na Equação (3.2). Na Tabela 2 são apresentados alguns valores comerciais de referência para os disjuntores

Tabela 2: Alguns valores comerciais para os disjuntores

TABELA DE DISJUNTORES - VALORES COMERCIAIS	
Tipo	Valores (A)
IEC 60898 (Padrão DIN)	10 - 13 - 16 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 63
NEMA (USA)	10 - 15 - 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 - 60

Fonte: Notas de aula do Prof. Sérgio Luiz Cardoso da Silva

3.1.8.2 Proteções contra choques elétricos - Dispositivos DR

O IDR (Interruptor Diferencial Residual) também conhecido somente como DR, é um dispositivo que atua sobre correntes de fuga à terra e é obrigatório seu uso nos casos em que há risco associado com o contato acidental (direto ou indireto) com parte viva perigosa ou falhas que coloquem a carenagem do aparelho elétrico sob tensão. O DR não atua em sobrecorrentes, ou seja, não substitui um disjuntor.

Os DDR (disjuntor diferencial residual) são disjuntores e também atuam como proteção diferencial, onde já estão incorporados em um único produto as funções do DR e Mini Disjuntor.

Os DR podem ser de alta sensibilidade (com corrente diferencial-residual nominal de até 30 mA), que fornece proteção contra contato direto e indireto, ou de baixa sensibilidade (acima de 30 mA), que fornece proteção apenas para contatos indiretos. Os tipos mais comuns em instalações elétricas residenciais são os do Tipo AC, que detecta correntes residuais alternadas. A escolha do Interruptor DR é relacionada com a corrente nominal, em *Ampères*, do disjuntor do respectivo circuito e a corrente nominal do DR. A Tabela 3 apresenta essa relação, com a corrente diferencial-residual nominal do DR de valor máximo de 30 mA:

Tabela 3: Relação Disjuntor x DR

INTERRUPTORES DR (IDR)	
Corrente nominal do Disjuntor (A)	Corrente nominal mínima do IDR (A)
10 a 25	25
30, 40	40
50, 60	63
70	80
90, 100	100

Fonte: Notas de aula do Prof. Sérgio Luiz Cardoso da Silva

Ainda de acordo com a NBR 5410 (ABNT 2004), o uso de dispositivo diferencial-residual de alta sensibilidade como proteção adicional é obrigatório nos casos abaixo, sendo que para tomadas é aplicada a regra para até 32 A, e para tomadas até 2,5m de altura em áreas molhadas ou sujeitas à lavagem.

- a) os circuitos que sirvam a pontos de utilização situados em locais contendo banheira ou chuveiro (ver 9.1);
- b) os circuitos que alimentem tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação;
- c) os circuitos de tomadas de corrente situadas em áreas internas que possam vir a alimentar equipamentos no exterior;
- d) os circuitos que, em locais de habitação, sirvam a pontos de utilização situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens;
- e) os circuitos que, em edificações não-residenciais, sirvam a pontos de tomada situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e, no geral, em áreas internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens.

A proteção dos circuitos pode ser realizada de forma individual, por ponto de utilização ou circuito, ou por grupo de circuitos.

3.1.9 Quadro de cargas

O quadro de cargas é uma planilha que contém as informações dos circuitos de forma resumida. Devem ser apresentadas as seções nominais dos condutores e também as proteções elétricas associadas a cada um dos circuitos projetados. Deve ser incluída na prancha para facilitar para o executor a identificação dos elementos do projeto.

A potência dos circuitos deve ser distribuída de forma equilibrada de seus valores nas conexões das barras de fase do quadro de distribuição a qual pertencem estes circuitos. Essa distribuição deve ser apresentada no quadro de cargas, demonstrando em qual fase foi distribuído cada potência do circuito e o valor total de potência em cada fase. Não é normativo, mas utilizado como balizador, o seguinte critério: a diferença ponderada entre o maior valor e o menor valor, calculada pela Equação (3.4), não deve ultrapassar 15%.

$$\Delta_{\%} = \frac{\text{valor maior} - \text{valor menor}}{\text{valor maior}} \cdot 100 \leq 15\% \quad (3.4)$$

3.1.10 Entrada de energia

A conexão da instalação elétrica interna com a rede de distribuição deve atender aos padrões indicados nas normativas das concessionárias de distribuição de energia elétrica. Tem por objetivo padronizar e estabelecer as condições gerais para o fornecimento de energia elétrica e aplica-se tanto para projetos e/ou instalações novas, como para reformas.

Determinada pela quantidade de carga a ser instalada, a conexão com a rede externa em baixa tensão (carga prevista de até 75kW), caso do objeto deste estudo, envolve a distribuição secundária e tem tensões padronizadas em 220/127V (no caso apresentado) ou 380/220V. A carga instalada corresponde à soma das potências da unidade consumidora.

O Anexo J do RIC-BT (CEEE-D,2017) detalha e organiza o dimensionamento da entrada de serviço individual para cada tipo de fornecimento, de acordo com a carga instalada e a demanda calculada, com referência ao tipo de medição, características do condutor, do eletroduto, e limite máximo de potência.

Os tipos de fornecimento são determinados em função da carga a ser instalada e número de fases. São os seguintes: Fornecimento de carga instalada de até 10 kW a dois condutores (uma fase e o neutro); Fornecimento de carga entre 10 kW e 15 kW a três condutores (duas fases e o neutro); Fornecimento de carga instalada entre 15 kW e 75 kW a quatro condutores (três fases e o neutro). Para cargas superiores à 15 kW, a demanda deve ser calculada.

3.1.10.1 Cálculo da demanda

Quando a carga instalada “C” estiver contida na faixa entre 15 kW e 75 kW, para 220V/127V, a demanda “D” deve ser calculada. A demanda D está relacionada com a maior potência solicitada dos alimentadores devido ao funcionamento simultâneo das cargas (em kVA).

Para determinar a carga instalada C (kW) deve-se aplicar um fator de potência à potência aparente (VA), e então consultar no Anexo J do RIC-BT (2017) os intervalos correspondentes ao tipo de fornecimento. A ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica definiu, em sua resolução normativa nº 414, como fator de potência limite mínimo o valor de 0,92.

Para calcular a demanda “D” (kVA) utiliza-se a expressão da Figura 30, calculada a partir da carga declarada compatibilizada com as previsões constantes nos anexos D, E, F, G, H, I e item 7.2.2 do RIC – BT (2017), conforme abaixo:

Figura 30: Imagem da expressão para cálculo da demanda “D” do RIC-BT (2017)

$$D(\text{kVA}) = (a + b + c + d + e + f)$$

Sendo:

- a** = Demanda de iluminação e tomadas, calculada conforme **ANEXO D**;
- b** = Demanda dos aparelhos para aquecimento (chuveiros, aquecedores, fornos, fogões, etc.), calculada conforme **ANEXO I**;
- c** = Demanda dos aparelhos de condicionador de ar, tipo "janela", calculada conforme **ANEXOS E e F**, (unidade em kVA);
- d** = Demanda das unidades centrais de condicionadores de ar, calculadas a partir das respectivas correntes máximas totais (valores fornecidos pelos fabricantes), considerando o fator de demanda de 100%;
- e** = Demanda dos motores elétricos e máquinas de solda a motor, calculada conforme **ANEXO G**;
- f** = Demanda das máquinas de solda a transformador, aparelhos de eletrogalvanização e de raios-X, calculada conforme **ANEXO H**.

Fonte: RIC – BT (2017)

Para a demanda de iluminação e tomadas, o anexo D do RIC-BT (2017) estabelece o fator de demanda em relação à potência em kW, assim deve-se aplicar o fator de demanda para a iluminação e para as tomadas, que forem declaradas em VA, para o enquadramento no intervalo em kW. Em suas notas o anexo D do RIC-BT (2017) estabelece que:

- 1 Instalações em que, por sua natureza, a carga seja utilizada simultaneamente, devem ser consideradas com o fator de demanda de 100%;
- 2 Os letreiros luminosos e a iluminação de vitrinas não estão considerados nesta tabela;
- 3 O valor da carga para iluminação e tomadas de unidades residenciais, além de satisfazer a condição mínima de 30W/m² de área construída, nunca deve ser inferior a 2,2kW por unidade.
- 4 Para fins de cálculo de demanda do item 7.2.1 utilizar **fator de potência=1**.

Assim, a variável “a” da expressão da Figura 30 será calculado pela expressão abaixo

$$a = P \cdot FD \cdot FP \quad (3.5)$$

Sendo:

a = demanda de iluminação e tomadas na expressão da Figura 30;

P = potência aparente (VA);

FD = fator de demanda;

FP = fator de potência. FP = 1.

Para as demandas dos aparelhos de aquecimento (b) e de ar-condicionado tipo janela (c), aplicam-se diretamente as tabelas dos respectivos anexos citados na Figura 30.

3.2 Modelagem do sistema elétrico

3.2.1 Documentos e informações

Para a modelagem das condições existentes foram utilizadas as plantas do projeto elétrico de licenciamento da obra, fatura de energia com informações sobre o fornecimento, arquivo base de arquitetura do imóvel para vinculação. E verificações *in loco*.

Nas plantas do projeto elétrico foi possível consultar as distribuições dos circuitos e a localização dos equipamentos elétricos previstos. Também foi possível observar o dimensionamento previsto de entrada de energia no prédio e distribuição para as demais unidades consumidoras. Para o imóvel objeto deste estudo a previsão de carga observada nos documentos foi de 9,45 kW, conforme documentação do projeto elétrico solicitado à prefeitura.

3.2.2 Levantamento

Foi feita a verificação *in loco* do dimensionamento das condições atuais com auxílio de trenas comum e trena laser, lanternas, escada, chaves de fenda, chaves Philips e chave teste com medidor de tensão. Para as medições dos componentes, e conferências das distribuições dos circuitos e eletrodutos, foram removidos os suportes de luz nas luminárias, as caixas protetoras dos pontos de tomada e a proteção do quadro de distribuição.

O quadro de distribuição, situado na sala, ao lado da porta de entrada, possui dimensões 25cm x 15 cm, e sistema de proteção conforme Tabela 4 abaixo:

Tabela 4 - Relação dos disjuntores existentes no quadro de distribuição

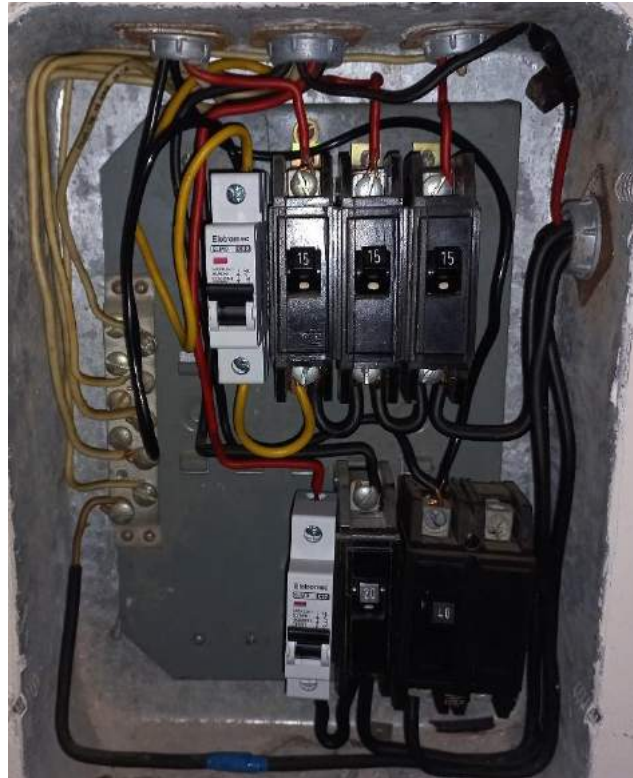
TABELA DE DISJUNTORES EXISTENTES NO QD			
Disjuntor	Tipo	Corrente (A)	Qtde
NEMA	Monopolar	15	3
		20	1
	Bipolar	40	1
DIN (IEC 60898)	Monopolar	C32	2
Total			7

Fonte: O Autor, 2022

Os condutores são compostos por cabos unipolares que passam por eletroduto de seção circular embutido em alvenaria. Observou-se que o material dos condutores é cobre, porém sem informações sobre material da isolação ou mesmo temperatura. No quadro de distribuição chegam quatro condutores do tipo fio, de aproximadamente 6,5 mm de diâmetro, sendo 3 fases e 1 neutro. As dimensões dos condutores dos circuitos terminais são basicamente de 1,5 mm² para circuitos de iluminação (e alguns pontos de tomada), de 2,5 mm² para os pontos de tomada, e de 4 mm² para os dois chuveiros. Foram verificadas muitas emendas – algumas dentro do eletroduto bloqueando a visualização do cabo de saída da emenda -, diferentes cores, diferentes dimensões e tipos de condutores. Alguns condutores um pouco ressecados.

Existem eletrodutos de material metálico, instalados na construção inicial, e eletrodutos corrugados amarelos, instalados em um momento posterior. No quadro de distribuição existem 1 eletroduto de entrada na parte lateral, de material metálico com diâmetro interno da sessão transversal em torno de 28 mm, e 3 eletrodutos de saída na parte superior, de material metálico, sendo um central, com diâmetro interno de aproximadamente 28 mm, entre outros 2 eletrodutos, com diâmetros internos de 22 mm, conforme demonstrada na Figura 31.

Figura 31 – Quadro de distribuição existente



Fonte: O Autor, 2022

O eletroduto de 28 mm de saída do quadro de distribuição foi instalado entre o quadro e a luminária do corredor. Todos os outros eletrodutos originais da construção possuem o diâmetro interno de 22 mm. Os eletrodutos corrugados amarelos possuem o diâmetro interno de 20 mm, aproximadamente.

As luminárias são compostas por caixa de passagem de material metálico. Já os pontos de tomada são compostos de material metálico entre condutos de mesmo material e de PVC na ligação dos condutos corrugados amarelos.

3.2.3 Configuração do *template* elétrico

Foi utilizado o *template* fornecido pela empresa Implanta BIM junto ao curso Revit Para Engenheiros 5.1. Este *template* possui algumas famílias de componentes elétricos já pré-configuradas para utilização, e algumas configurações elétricas já preenchidas, que, ao longo da modelagem, foram revisadas e mantidas ou alteradas, conforme o caso.

Para as configurações de tensão foi feito o ajuste para tensões de 127V e 220V, assim como o sistema de distribuição para trifásico (de acordo com a informação presente na fatura de energia e observação *in loco* no quadro de entrada) a 4 fios, com a tensão fase-fase em 220V e a tensão fase-neutro em 127V.

Foram configuradas as fases do projeto em “Existente”, para definir quando se está trabalhando no sistema elétrico atual, e “Reforma”, para definir quando se está trabalhando no projeto como o novo sistema elétrico proposto. Os filtros de fases foram ajustados para as vistas de cada fase de projeto, conforme estabelecido na disciplina de arquitetura.

3.2.4 Vinculação do arquivo de arquitetura

Para servir de base para o lançamento dos componentes elétricos, foi feita a vinculação do arquivo de arquitetura no arquivo do *template* elétrico. Importante configurar o posicionamento para “Automático – Da origem interna para origem interna” quando se vincula arquivos de origem .rvt, pois serve para manter a posição de origem do projeto nas diversas disciplinas.

Vinculado o arquivo, e com sua visualização ativada, este foi fixado para que não se mova durante a modelagem elétrica. Foi feita também a cópia e monitoração dos níveis do vínculo para o arquivo elétrico, bem como a criação das vistas dos níveis vinculados. Nesta etapa também foi necessário configurar o vínculo para possibilitar a delimitação de ambientes originais no novo arquivo com *template* elétrico.

3.2.4.1 Configuração das vistas

Para cada vista do modelo elétrico, de cada fase do projeto, foi necessário adequar as configurações de exibição do vínculo. Por exemplo, para modelagem dos componentes elétricos na fase “Existente”, a vista do vínculo foi alterada para uma vista de fase equivalente, configurando a fase e filtro de fase como “Existente” e “Final”, respectivamente, conforme Figura 32.

Figura 32 - Configuração de exibição de vista de vínculo

Configurações de exibição de vínculo RVT

Básico | Categorias de modelo | Categorias de anotação | Categorias de modelo analítico

Por vista hospedeira
 Por vista vinculada
 Personalizado

Vista vinculada: Planta de piso: 04_01_Terreo_Eletrico

Filtros de vista: <Por vista hospedeira>

Faixa da vista: <Por vista hospedeira>

Fase: Existente

Filtro de fase: Final

Nível de detalhe: <Por vista hospedeira> (Alto)

Disciplina: <Por vista hospedeira> (Elétrica)

Preenchimento de cor: <Por vista hospedeira>

Estilos de objeto: <Por modelo hospedeiro>

Vínculos incorporados: <Por vínculo principal>

Fonte: Revit, 2022

3.2.4.2 Colocação dos Espaços

Após ser habilitada a delimitação de ambientes, foi feita a colocação dos espaços analíticos em todos os cômodos do arquivo vinculado, ficando estes espaços restritos às mesmas delimitações dos ambientes criados no modelo de arquitetura. Por fim, atribuiu-se os nomes e números dos espaços de acordo com os ambientes de origem de forma automatizada.

Quando os espaços foram criados, foram vinculados a estes as informações de área e volume de cada espaço, no qual usou-se para calcular as potências aparentes mínimas para luminárias e a quantidade mínima de pontos de tomadas.

3.2.4.3 Potência de iluminação e quantidade mínima de pontos de tomadas

Para o cálculo das potências das luminárias, foram incluídos à tabela de “quantidades” dos espaços o parâmetro de área (m²) e um parâmetro calculado utilizando a equação (3.6) :

$$if(\text{Área} > 6, (\text{rounddown}((\text{Área}/1 - 6) * 60) + 100, 100)) \quad (3.6)$$

Desta forma obteve-se a Tabela 5 com as potências de iluminação mínima para cada espaço de acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2004). Estas potências também foram automaticamente inseridas nas TAGs (símbolo de representação) de identificação dos espaços na planta de representação destes, facilitando a visualização das informações.

Tabela 5 - Cálculo da potência mínima de iluminação nos espaços

POTÊNCIA DE ILUMINAÇÃO		
Ambiente	Área (m²)	Potência Mín. (VA)
SUÍTE	3,42	100
SALA	17,76	220
QUARTO 2	8,95	100
QUARTO 1	11,98	160
LAVANDERIA	2,01	100
ESCRITÓRIO	6,16	100
COZINHA	7,00	100
CORREDOR	4,90	100
BANHO	3,83	100

Fonte: O Autor (2022)

Para o cálculo das quantidades mínimas de ponto de tomada foram incluídos, na tabela de “quantidades” dos espaços, parâmetros de perímetro (m), de “distância máxima entre tomadas” (m), de “quantidade mínima de pontos” e um parâmetro calculado de acordo com a Equação (3.7).

$$\text{roundup}(\text{Perímetro} / \text{Distância Máxima entre Tomadas}) \quad (3.7)$$

Para os banheiros foi incluído diretamente os valores mínimos estipulados nos normativos, assim como no corredor, que depende da área, foi incluído diretamente na tabela. Para os ambientes que dependem do perímetro para definição da quantidade de tomadas foi inserido os valores de distância máxima, e através da Equação (3.7) foram calculados os valores de quantidade mínima. Os resultados foram organizados na Tabela 6.

Tabela 6 - Quantidade mínima de pontos de tomadas

QUANTIDADE MÍNIMA DE PONTOS DE TOMADAS				
Ambiente	Área (m²)	Perímetro (m)	Distância (m)	Qtde mínima
Banho	3,83	8,91	-	1
Corredor	4,9	12,45	-	1
Cozinha	7	10,97	3,5	4
Escritório	6,16	10,7	5	3
Lavanderia	2,01	6,31	3,5	2
Quarto 1	11,98	14	5	3
Quarto 2	8,95	11,97	5	3
Sala	17,76	17,1	5	4
Suíte	3,42	8,49	-	1

Fonte: o Autor, 2022

3.2.5 Lançamento dos componentes existentes no modelo

Após configurada a vista para modelagem do sistema elétrico existente, foi feito o lançamento, sob a vista vinculada, dos componentes existentes da instalação elétrica conforme verificado *in loco*. Na configuração dos fatores de potência dos componentes, foram utilizados valores para iluminação igual a 0,92, para as tomadas de uso geral igual a 0,80 e para as tomadas de uso específico foi informado o fator de potência igual a 1.

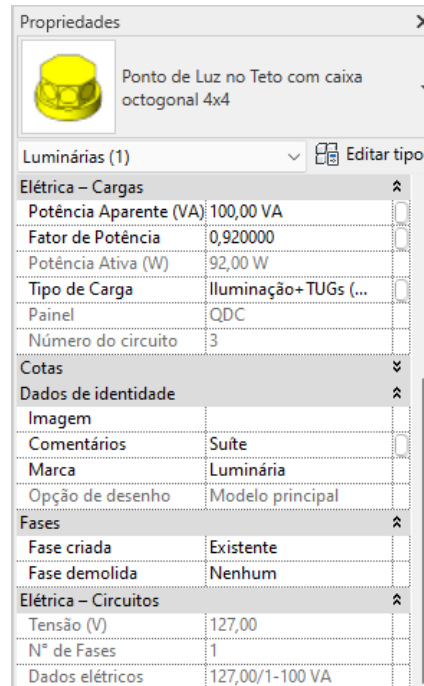
3.2.5.1 Luminárias

Para inclusão das luminárias representativas das condições atuais existentes, foi utilizada a família de luminárias já existente no *template* utilizado, sendo uma caixa ortogonal 4x4. Nesta etapa foram incluídas as luminárias de teto em todos os espaços (ambientes) e as arandelas nas paredes da suíte e do banheiro social.

Para cada luminária e arandela foi atribuído no nome o respectivo espaço no parâmetro de instância “Comentários” no grupo “Dados de identidade” na Paleta de Propriedades. Também foram informados nos parâmetros de instância os valores do fator de potência (0,92 para iluminação). Para atribuição da potência nos componentes foram observados os valores

mínimos normatizados e o uso atual. A Figura 33 exemplifica a entrada destes dados para uma luminária.

Figura 33 - Paleta de propriedades de uma luminária



Fonte: Revit, 2022

Desta forma foi possível compactar estas informações na Tabela 7 com a quantidade de luminárias e potência total das mesmas para cada espaço.

Tabela 7 - Tabela de iluminação existente por ambiente

TABELA DE ILUMINAÇÃO EXISTENTE		
Espaço	Quantidade	Potência Atribuída (VA)
Arandela		
Banho	1	60
Suíte	1	60
Luminária		
Banho	1	100
Corredor	1	100
Cozinha	1	100
Escritório	1	100
Lavanderia	1	100
Quarto 1	1	100
Quarto 2	1	100
Sala	2	220
Suíte	1	100

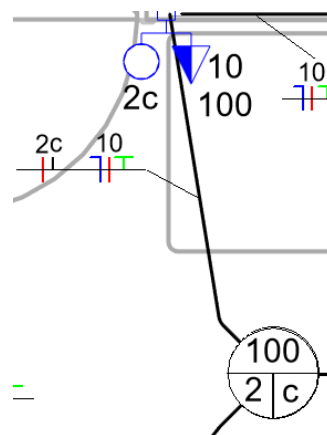
Fonte 1: O autor (2022)

Com relação à quantidade de luminárias existentes, a tabela demonstra que a situação atual atende a determinação das normativas. No caso das potências, os valores atribuídos no modelo, para os componentes existentes, seguiram os valores mínimos calculados na Tabela 5, acrescido das arandelas de 60 VA cada.

3.2.5.2 Interruptores e ponto de tomada

Para representar no modelo os interruptores existentes na habitação, foram utilizadas as famílias de interruptores já presentes no *template* utilizado. Para cada interruptor foi atribuído um “ID de comando” como um parâmetro de instância da família, em letra minúscula. Dessa forma foi possível selecionar, para cada luminária, sua respectiva chave (interruptor) de comando, permitindo assim que na representação gráfica (identificador da categoria de luminárias) essa informação seja automaticamente vinculada e exibida com a respectiva letra representativa do interruptor, como o exemplo da representação da luminária do Quarto 2 na Figura 34, em que possui uma potência de 100 VA alimentada pelo circuito “2” acionada pelo comando “c”.

Figura 34 - Representação gráfica da luminária do Quarto 2



Fonte: O Autor, 2022

Para os pontos de tomada existentes, também foram utilizadas as famílias já configuradas no *template*. Para cada ponto de tomada foram atribuídos valores de potência observando os valores mínimos aceitos e a utilização atual na habitação, que difere do projeto inicial. Também foram preenchidos os valores de fator de potência nos parâmetros de instância. A Tabela 8 apresenta a quantidade, os tipos e a potência dos pontos de tomada (quando tomada dupla, o

valor de potência apresentado corresponde ao somatório das potências de cada tomada do conjunto) em cada ambiente

Tabela 8 - Quantidade e potência de tomadas por ambiente

TABELA DISPOSITIVOS ELÉTRICOS EXISTENTES				
Descrição do Dispositivo	Qtde	P (VA)	T (V)	Ambiente
Conjunto 2 Interruptores Simples + 1 Tomada 2P+T, 20A, 4"x2"	1	600	127	Banho
Conjunto montado de 1 Placa para Saída de Fio, 4"x2"	1	5500	220	
Totais	2	6600		
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	1	100	127	Corredor
Totais	1	100		
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	5	1800	127	Cozinha
Conjunto montado 1 Tomada 2P+T, 20A, posto horizontal, 4"x2"	1	2000	127	
Conjunto montado de 2 Tomadas 2P+T, 10A, 4"x2"	4	900	127	
Totais	10	4700		
Conjunto 1 Interruptor Simples + 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	1	100	127	Escritório
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	5	1100	127	
Totais	6	1200		
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	1	300	127	Lavanderia
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	1	600	220	
Totais	2	900		
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	6	1100	127	Quarto 1
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	1	100	220	
Totais	7	1200		
Conjunto montado de 1 Interruptor Simples + 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	1	100	127	Quarto 2
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	2	450	127	
Totais	3	550		
Conjunto montado de 1 Interruptor Simples + 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	1	100	127	Sala
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	3	650	127	
Conjunto montado de 2 Tomadas 2P+T, 10A, 4"x2"	2	400	127	
Totais	6	1150		
Conjunto 2 Interruptores Simples + 1 Tomada 2P+T, 20A, 4"x2"	1	650	127	Suíte
Conjunto montado de 1 Placa para Saída de Fio, 4"x2"	1	7500	220	
Totais	2	8150		

Fonte: O Autor, 2022

De acordo com a tabela extraída do modelo, a quantidade existente e valor de potência informados estão acima da quantidade mínima exigida nos normativos e regulamentos.

3.2.5.3 Conduitos

Para o lançamento dos conduitos foi feita consulta à planta elétrica fornecida pela prefeitura, com a conferência das informações diretamente no imóvel.

Verificou-se que os caminhos dos conduitos especificados no projeto não condiziam com o efetivamente instalado. Dessa forma, as plantas foram utilizadas apenas como referência inicial e o lançamento no modelo se deu conforme o verificado visualmente através das luminárias e pontos de tomada e interruptores.

Os conduitos utilizados no modelo foram configurados com as dimensões conforme os normativos e tabelas comerciais dos materiais. Para os eletrodutos de material metálico configurou-se de acordo com a Tabela 1 da norma NBR 5597 (ABNT 2013), representada na Figura 35.

Figura 35 - Imagem parcial da Tabela 1 da NBR 5597 (ABNT, 2013)

Tabela 1 – Dimensões e massa teórica dos eletrodutos

Diâmetro nominal DN	Diâmetro externo De mm	Espessura nominal da parede mm	Massa teórica do eletroduto sem luva kg/m	
			Com revestimento de zinco	Com revestimento de tinta
15	21,3	2,25	1,093	1,059
20	26,9	2,25	1,414	1,370
25	33,7	2,65	2,088	2,032
32	42,4	3,00	2,989	2,919
40	48,3	3,00	3,437	3,356

Fonte: NBR 5597 (ABNT, 2013), p. 3

Para os eletrodutos corrugados amarelos foi feita a configuração das dimensões de acordo com as especificações técnicas apresentadas no site da empresa Tigre, conforme Figura 36 abaixo.

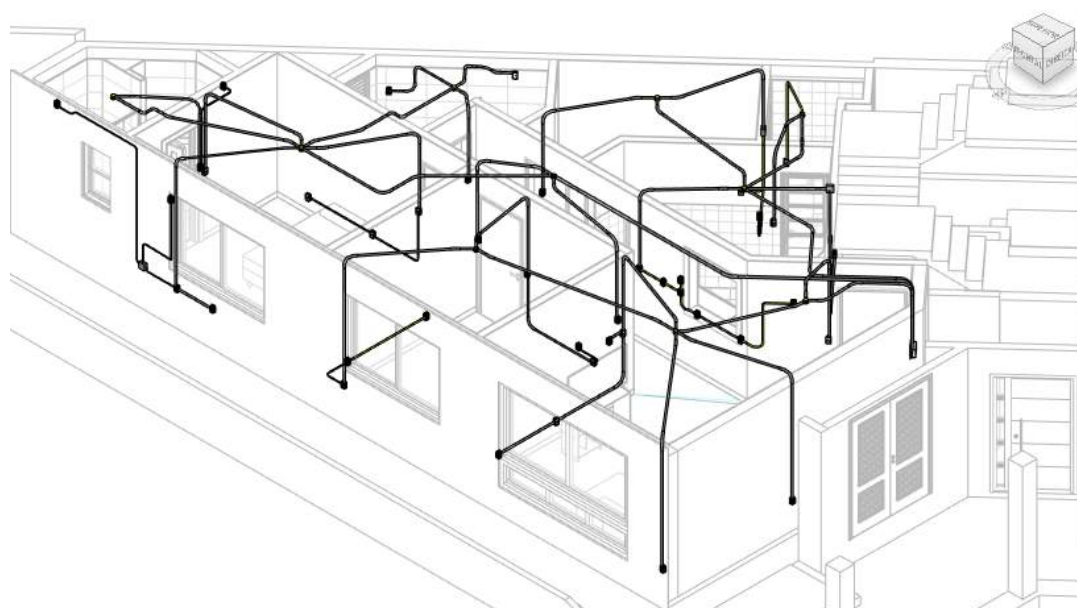
Figura 36 - Dimensões eletroduto corrugado amarelo

Dimensões (mm)			
Cotas	20	25	32
DE	20	25	32
Di	15,4	19	25
e	2,3	3	3,5

Fonte: Ficha técnica do produto

Concluídas as configurações, fez-se o lançamento dos eletrodutos no modelo sobre o arquivo arquitetônico vinculado. A Figura 37 apresenta uma vista 3D isométrica do modelo com os eletrodutos lançados de acordo com a disposição real existente no imóvel.

Figura 37 - Lançamento dos condutos existentes



Fonte: O Autor, 2022

3.2.5.4 Quadro de distribuição

O quadro de distribuição utilizado na modelagem pertence ao *template* inicial utilizado. Foi escolhido um quadro de distribuição embutido em alvenaria, genérico, para suporte de 6 a 8 disjuntores, ou seja, com conexões suficientes para reproduzir no modelo as condições existentes.

A configuração do quadro de distribuição é necessária para a criação e organização dos circuitos. O programa Revit entende que um circuito com duas fases são dois circuitos, nomeando-o com dois números. Para que cada circuito tivesse apenas um número representativo, foi necessário incluir um esquema de nomenclatura do circuito, nomeado como “índice”, nas configurações elétricas. Configurada a nomenclatura, vinculou-se esse novo esquema ao quadro de distribuição.

3.2.5.5 Condutores e circuitos

Pela dificuldade de compreender a divisão dos circuitos e seus respectivos condutores na instalação atual, optou-se por lançar em planta como estes deveriam estar dispostos para os componentes existentes de acordo com os normativos vigentes. Para tanto buscou-se, em princípio, dentro das exigências mínimas, a economia em número de circuitos e o menor número possível de condutores, tendo em vista os eletrodutos serem embutidos em laje sem possibilidade de atualização. Assim, foram criados 2 circuitos condutores apenas para iluminação, 1 circuito com iluminação e tomadas compartilhando os mesmos condutores, 1 circuito para cada ponto de tomada de uso específico (chuveiros, ar-condicionado e micro-ondas), e para o restante dos circuitos de tomada tomou-se a precaução de

Para cada circuito criado foram incluídas as informações de instância de nome, notas de circuito (para criação posterior de diagrama unifilar), e tipo de fiação. Também foi criado um parâmetro de instância na categoria de Circuitos elétricos, com o nome “Agrupamento”. O tipo de fiação escolhido para modelagem foi de material cobre, isolamento PVC, tensão de isolamento de 750 V e temperatura de serviço contínuo de 70°C. O modelo de referência para determinação da corrente máxima do condutor é o B1, com 2 condutores carregados. Ao final do processo foram criados 14 circuitos, conforme Tabela 9 a seguir:

Tabela 9 - Circuitos mínimos exigíveis

Resumo dos Circuitos						
Circ.	Descrição	P (VA)	T (V)	Ip (A)	# (mm²)	Iz (A)
1	Iluminação 3	300	127	2,36	1,5	17,5
2	Iluminação 2 / TUGs Q1	1140	127	8,98	2,5	24
3	Iluminação 1	320	127	2,52	1,5	17,5
4	TUGs Cozinha Lavanderia	1000	127	7,87	2,5	24
5	TUE Chuveiro Banho	5500	127	43,31	4	32
6	TUGs Sala	1000	127	7,87	2,5	24
7	TUGs Quarto 2 / Quarto 1	1100	127	8,66	2,5	24
8	TUGs Escritório	1200	127	9,45	2,5	24
9	TUE Micro-ondas	1300	127	10,24	2,5	24
10	TUG Lavanderia	600	220	2,73	2,5	24
11	TUE Ar Quarto 1	1100	220	5,00	2,5	24
12	TUE Chuveiro Suíte	7500	220	34,09	4	32
13	TUGs Banheiros	1200	127	9,45	2,5	24
14	TUGs Cozinha	1200	127	9,45	2,5	24
Total		24460				

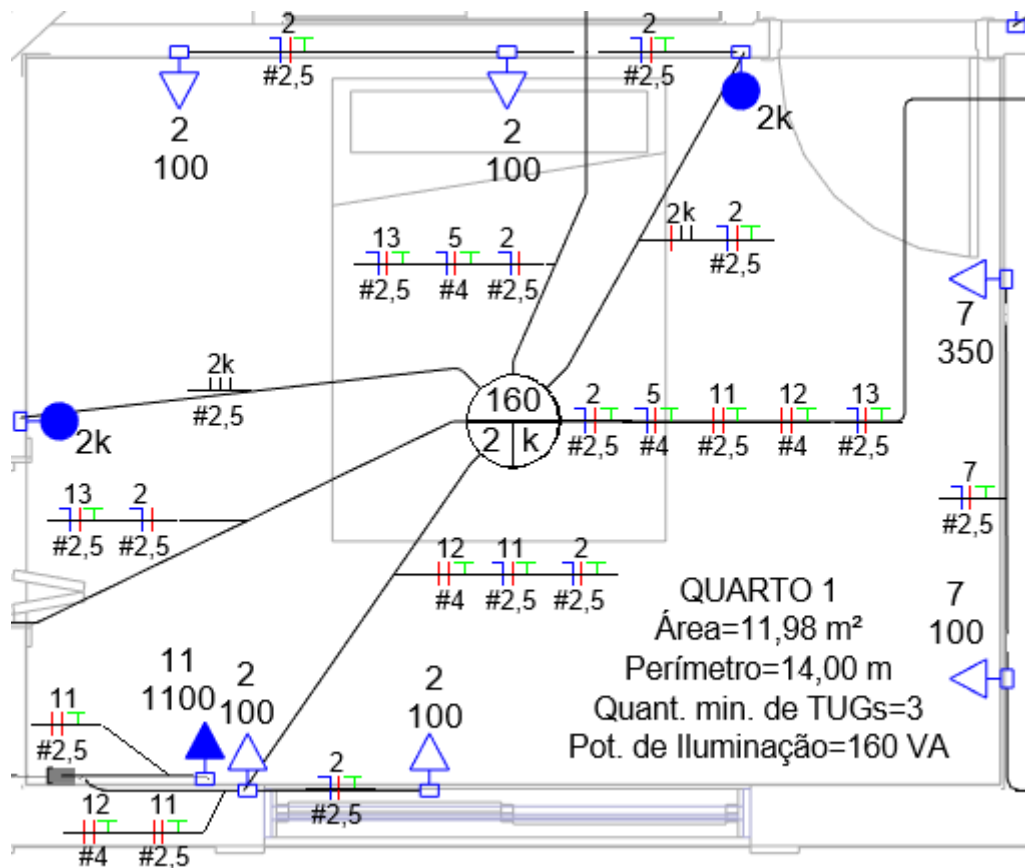
P = Potência; T = Tensão; Ip = Corrente de projeto; # = seção do condutor; Iz = Corrente máximo do condutor

Fonte: Autor, 2022

Definida a corrente máxima do condutor, observou-se que as correntes dos condutores dos circuitos dos chuveiros não suportam as correspondentes correntes de projetos.

Após criados todos os circuitos e com todos os pontos de luminária, interruptores, tomadas e condutos modelados e identificados, fez-se o lançamento da fiação em planta com sua representação em cada linha de conduto, como mostrado no exemplo da Figura 38 o lançamento da fiação no Quarto 1.

Figura 38 - Representação gráfica da fiação no Quarto 1



Fonte: O Autor, 2022

Desta maneira, ficou fácil a visualização dos agrupamentos dos circuitos nos condutos. Na Figura 38, por exemplo, os circuitos 2,5,11,12 e 13 ficaram agrupados em 5 circuitos em suas situações mais desfavoráveis. Assim, foram incluídas as informações de agrupamento no parâmetro “Agrupamento” de cada circuito, e obteve-se o fator de agrupamento e fator de temperatura nas tabelas de correção. Então, criando um novo parâmetro de cálculo na tabela dos circuitos, determinou-se a corrente do condutor corrigida para cada circuito, conforme Figura 39.

Figura 39 – Imagem da tabela do Revit da correção de corrente dos condutores

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Circ.	Descrição	P (VA)	T (V)	Ip (A)	# (mm ²)	Agru	Iz	FCA	FCT	Izc	Disjunto
QDC											
1	Iluminação 3	300	127	2,36	1,5	6	17,5	0,57	1	9,975	0,00 A
2	Iluminação 2 + TUGs Q1	1140	127	8,98	2,5	5	24	0,6	1	14,4	13,00 A
3	Iluminação 1	320	127	2,52	1,5	3	17,5	0,7	1	12,25	10,00 A
4	TUGs Cozinha Lavanderia	1000	127	7,87	2,5	6	24	0,57	1	13,68	13,00 A
5	TUE Chuveiro Banho	5500	127	43,31	4	5	32	0,6	1	19,2	0,00 A
6	TUGs Sala	1000	127	7,87	2,5	3	24	0,7	1	16,8	16,00 A
7	TUGs Quarto 2 / quarto 1	1100	127	8,66	2,5	3	24	0,7	1	16,8	16,00 A
8	TUGs Escritório	1200	127	9,45	2,5	6	24	0,57	1	13,68	13,00 A
9	TUE Microondas	1300	127	10,24	2,5	6	24	0,57	1	13,68	13,00 A
10	TUG Lavanderia	600	220	2,73	2,5	6	24	0,57	1	13,68	13,00 A
11	TUE Ar Quarto 1	1100	220	5,00	2,5	5	24	0,6	1	14,4	13,00 A
12	TUE Chuveiro Suite	7500	220	34,09	4	5	32	0,6	1	19,2	0,00 A
13	TUGs Banheiros	1200	127	9,45	2,5	5	24	0,6	1	14,4	13,00 A
14	TUGs Cozinha	1200	127	9,45	2,5	6	24	0,57	1	13,68	13,00 A
Totais:		24460									

Agrup = Agrupamento; FCA = fator de agrupamento; FCT: fator de temperatura

Fonte: O Autor, 2022

Na criação dos circuitos houve a necessidade de concentrar muitos condutores no mesmo caminho, pela reduzida quantidade de condutos, gerando assim grandes agrupamentos. Para verificar se as dimensões dos eletrodutos estariam adequadas à quantidade de condutores, foi utilizada a equação (3.8) que resulta no valor do diâmetro mínimo necessário para suportar os agrupamentos com 3 ou mais condutores, ou seja, para ocupação máxima de 40%.

$$D_i \geq 1,79 * \sqrt{A_t} \quad (3.8)$$

Sendo:

Di = Diâmetro interno do conduto, em mm;

At = Soma das áreas externas de todos os condutores passantes pelo conduto.

Para os locais de maior agrupamento por circuito foram dados os nomes de Agrupamento 1, 2 e 3. O agrupamento 1 foi formado por 6 circuitos (1, 4, 8, 9, 10 e 14). O agrupamento 2 foi composto por 3 circuitos (3, 6 e 7). Já o agrupamento 3 foi formado por 5 circuitos (2, 5, 11, 12 e 13). A Tabela 10 resume os valores calculados de diâmetro interno.

Tabela 10 - Cálculo diâmetro interno dos condutos

Agrupamento 1			Agrupamento 2			Agrupamento 3		
#	Qtd	At	#	Qtd	At	#	Qtd	At
1,5	3	21,2	1,5	3	21,2	1,5		0,0
2,5	15	161,3	2,5	6	64,5	2,5	9	96,8
4		0,0	4		0,0	4	6	83,1
6		0,0	6		0,0	6		0,0
10		0,0	10		0,0	10		0,0
16		0,0	16		0,0	16		0,0
Total	18	182,5	Total	9	85,7	Total	15	179,9
	Di	25,7		Di	17,6		Di	25,5

Fonte: Autor, 2022

Assim, verificou-se que o conduto utilizado pelos circuitos do agrupamento 1, além de um dos circuitos (1) não ser suportado por nenhum disjuntor comercial por ter a capacidade de corrente do condutor menor que 10 A quando aplicado o fator de agrupamento, deveria ter no mínimo diâmetro interno de 25,7 mm, porém possui apenas 22,4 mm. O agrupamento 2 utiliza seu conduto dentro da margem exigida. Já o agrupamento 3, além de os condutores dos circuitos 5 e 12 não atenderem os critérios de corrente máxima do condutor, os condutores deveriam ocupar um conduto de no mínimo 25,5 mm enquanto o atual possui apenas 22,4 mm de diâmetro interno. Para adequar os circuitos 5 e 12 à corrente máxima do condutor, de acordo com o agrupamento, ou seja, aumentar a seção do cabo, o diâmetro de 25,5 deveria ser ainda maior.

3.2.5.6 Conclusões modelagem existente

Verificou-se, então, que a quantidade de luminárias e de pontos de tomadas atendem às exigências mínimas. As potências foram inseridas no modelo seguindo as regras existentes, ou seja, também de acordo.

Contudo ao criar os circuitos para satisfazerem as condições existentes, foram encontradas irregularidades. Para atendimento da demanda dos componentes já instalados no imóvel, deveria haver 14 circuitos, enquanto que na caixa de distribuição existem apenas 8 disjuntores termomagnéticos (DTM). As seções mínimas dos condutores são satisfeitas, porém para os circuitos dos chuveiros, de condutores 4 mm², a capacidade de corrente máxima do condutor (isolado) é de 32 A, enquanto a corrente de projeto para o chuveiro do banheiro é 43 A, e para o chuveiro da suíte é 34A, ou seja, não atendem ao critério mínimo. Para o circuito 1 de condutor

1,5 mm², ao aplicar o fator de agrupamento sua capacidade de corrente cai para menos de 10 A. Para os demais, mesmo aplicando os fatores de agrupamento, os condutores suportam a corrente de projeto. Também os condutos dos circuitos pertencentes aos agrupamentos 1 e 3 não atendem às dimensões necessárias de uso.

Assim, a modelagem e as informações organizadas demonstraram que as instalações elétricas existentes não estão de acordo com as normas, sendo necessário sua atualização. Portanto, para adequação da instalação elétrica atual às normas vigentes, serão necessárias alterações nos circuitos e componentes.

3.2.6 Proposta atualização do sistema elétrico

A modelagem da proposta de atualização foi baseada na ideia de utilizar o maior número possível de condutos existentes, principalmente os embutidos na parede, utilizando a premissa de que estes conservaram suas propriedades materiais e suas dimensões intactas, e efetuar menor número possível de aberturas nas paredes. Para os novos eletrodutos e luminárias de teto optou-se por fazer um forro de gesso acartonado para suporte da nova instalação e *layout* arquitetônico. Já para os eletrodutos novos de descida/subida até os componentes elétricos a escolha foi por elementos aparentes, uma vez que as paredes do imóvel são estruturais. Foram estudados vários caminhos para os novos circuitos, como diferentes posições, diâmetros e materiais dos componentes para chegar nas sugestões apresentadas neste trabalho.

Para modelagem da proposta de atualização do sistema elétrico, foram duplicadas as vistas de modelagem, de apresentação, de espaços e 3D, renomeadas e alteradas suas fases de “Existente” para “Reforma”. Também foi alterada a vista do vínculo para uma vista correspondente da fase. Porém, no *software Revit 2022* não foi encontrada a possibilidade de vincular os circuitos às fases, ou seja, se alterar qualquer circuito, mesmo que em planta de modelagem na fase Reforma, toda a informação do circuito no projeto é alterada, mesmo voltando à vista Existente. Dessa forma, foi feita uma cópia do arquivo, salva com outro nome, para continuação do projeto, e, assim, manter o arquivo com os circuitos existentes sem alteração e disponível para consultas posteriores.

Em relação aos componentes elétricos, as fases e filtros de fase são respeitadas assim como na modelagem arquitetônica, ou seja, toda alteração envolvendo os componentes foi efetuada com

o comando demolir, que marca o elemento como demolido na fase da vista de trabalho alterando sua visualização com base na configuração do filtro de fase para cada vista em que se encontra. Para a modelagem do novo forro de gesso, foi necessário selecionar o vínculo no Navegador de projetos e abrir (e descarregar) o arquivo de arquitetura, criar os novos forros, voltar ao arquivo de elétrica e recarregar o arquivo arquitetura para então as alterações surtirem efeito no vínculo. A Tabela 13 apresenta os dados de área e altura de deslocamento do nível de referência (piso acabado) do forro de gesso modelado por ambiente. Cabe ressaltar que a altura de deslocamento ficou de acordo com a NBR 15575-1 (ABNT, 2021) em que o pé direito não pode ser inferior a 2,50 m, porém para certos ambientes, como com instalações sanitárias e despensas, é permitido que o pé direito seja situado ao mínimo de 2,30 m.

Tabela 11 - Tabela do forro de gesso

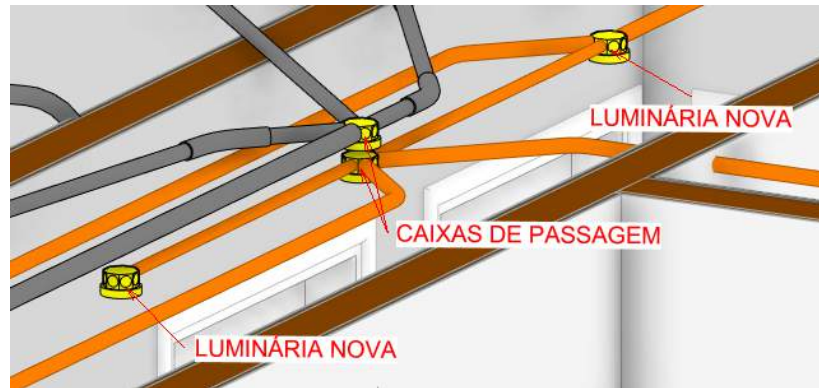
TABELA DO FORRO DE GESSO				
Nome	Descrição	Área (m)	h (m)	Ambiente
GE11		17,71	2,5	Sala
GE15		11,98	2,5	Quarto 1
GE16	Gesso	6,16	2,5	Escritório
GE13	acartonado com pintura branca	4,95	2,5	Corredor
GE17		3,42	2,3	Suíte
GE19		2,03	2,3	Lavanderia
Total		46,25		

Fonte: O Autor, 2022

3.2.6.1 Luminárias

Dentre as luminárias, foi alterada a posição do suporte da luz apenas no corredor. Foi retirada (demolida) a luminária do centro do ambiente, na altura de 2,60 m, e transformada apenas em caixa de passagem. Foi incluída, nas mesmas coordenadas horizontais, porém 10 cm abaixo, uma outra caixa de passagem a ser utilizada pelos novos condutos e condutores. Foram incluídas duas novas luminárias no corredor que também servirão de caixa de passagem para os novos condutos, conforme Figura 40. Todas as novas luminárias e caixas de passagem possuem altura de referência do piso acabado de 2,50 m.

Figura 40 - Novas luminárias do corredor



Fonte: O Autor, 2022

As luminárias de teto do escritório e do Quarto 1 também foram retiradas e a posição transformada em apenas caixa de passagem, para os condutos existentes, e foram instaladas novas luminárias na posição abaixo, a 2,50 m de altura. Para a arandela do banheiro social procedeu-se de maneira análoga, foi retirada a luminária e a posição foi aproveitada como caixa de passagem para o conduto existente, e a nova luminária para arandela foi posicionada sobre a existente, sendo o hospedeiro a parede. Com as informações devidamente cadastradas nos componentes, foi possível extrair a Tabela 12 e Tabela 13, que resumem as alterações das luminárias.

Tabela 12 - Quantitativo de luminárias retiradas

TABELA LUMINÁRIAS RETIRADAS				
Tipo	Qtde	P (VA)	Ambiente	
Arandela simples	1	60	Banho	
Ponto de luz no teto	1	100	Corredor	
Ponto de luz no teto	1	100	Escritório	
Ponto de luz no teto	1	100	Quarto 1	
Total	4			

Fonte: O Autor, 2022

Tabela 13 - Tabelas dos elementos dos novos sistemas de luminárias

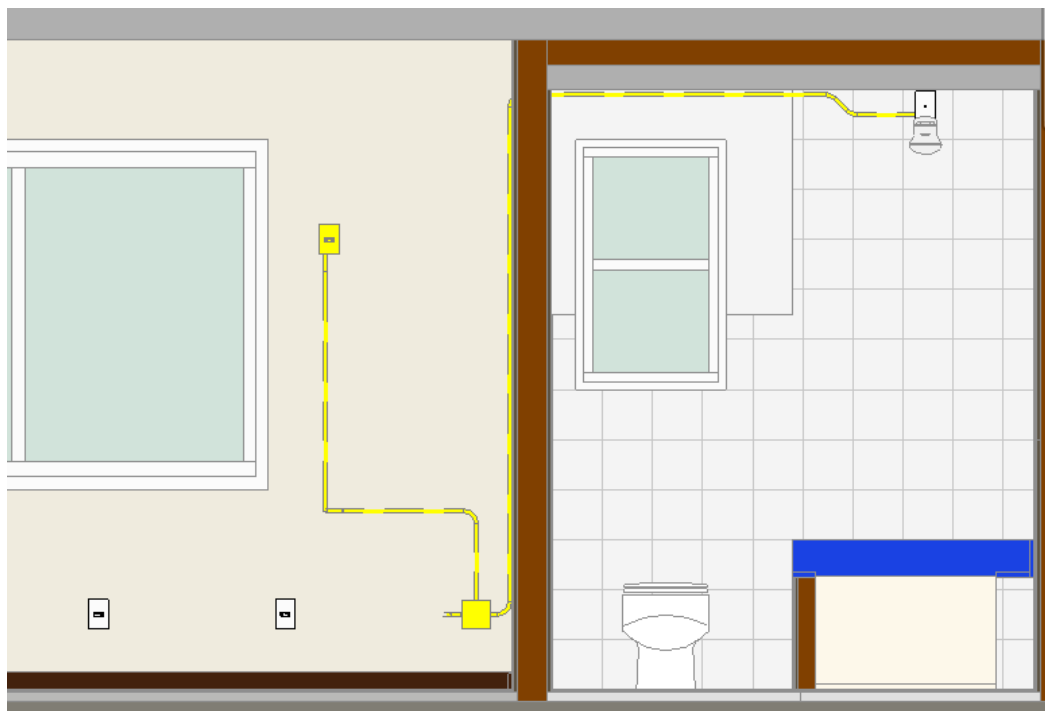
TABELA LUMINÁRIAS NOVAS				
Tipo	Qtde	P (VA)	H (m)	Ambiente
Arandela simples	1	60	1,95	Banho
Ponto de luz no teto	2	100	2,53	Corredor
Ponto de luz no teto	1	100	2,53	Escritório
Ponto de luz no teto	1	100	2,53	Quarto 1
Total	5			

Fonte: O Autor, 2022

3.2.6.2 Interruptores e pontos de tomada

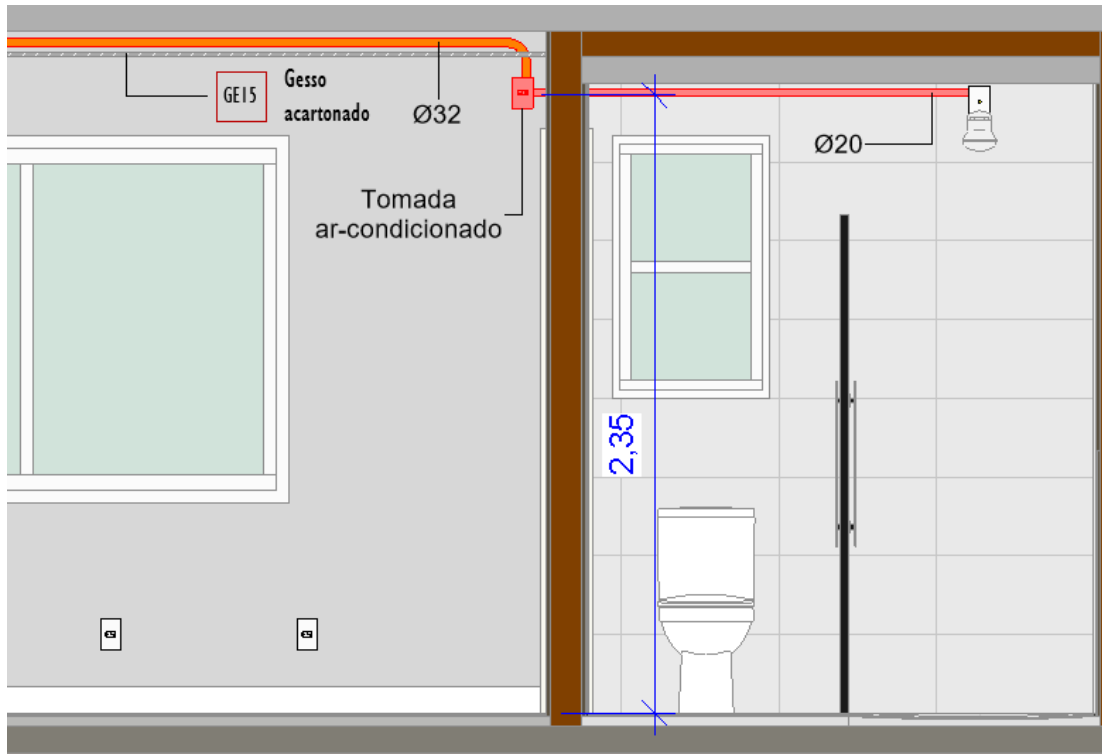
O ponto de tomada do ar-condicionado e seus condutos aparentes, no Quarto 1, que ligam ao chuveiro da Suíte, foram demolidos e o novo ponto foi instalado junto à parede divisória externa, na altura de 2,35 m, para receber o novo conduto que atravessa a parede entre a suíte e o Quarto 1 vindo do chuveiro, conforme Figura 41 e Figura 42 abaixo.

Figura 41 – Retirada ponto de tomada e condutos do Quarto 1 e Suíte



Fonte: O Autor, 2022

Figura 42 - Novo ponto de tomada e condutos do Quarto 1 e Suíte



Fonte: O Autor, 2022

Na lavanderia foi aproveitado o circuito único de 220 V para incluir mais um ponto de tomada com uma potência reserva para uma máquina de lavar ou outro utensílio. Na cozinha foi retirado o ponto de tomada acima do fogão e instalado uma caixa de passagem embutida na mesma altura a 47 cm de deslocamento para o lado do passa-prato, e sobre a caixa de passagem foi instalado um ponto de tomada de sobrepor. As tomadas duplas acima da bancada da pia da cozinha foram retiradas e no lugar instaladas dois pontos de tomadas simples.

No banheiro o ponto de tomada, que fazia conjunto com 2 interruptores, foi retirado por estar situado a menos de 60cm do box, porém foi instalado outro ponto de tomada, junto ao lavatório para adequação às normas. Já o ponto de saída de força para o chuveiro foi eliminado e isolado, e um novo ponto de força, de sobrepor, foi instalado a 20 cm do ponto original na direção horizontal para o lado interno do box.

Assim como nas luminárias, foram extraídas tabelas, conforme Tabela 14 e Tabela 15, que resumem as alterações feitas nos interruptores e pontos de tomada.

Tabela 14 - Dispositivos elétricos retirados

TABELA DISPOSITIVOS ELÉTRICOS RETIRADOS				
Descrição do Dispositivo	Qtde	P (VA)	T (V)	Ambientes
Conjunto de 2 Interruptores Simples + 1 Tomada 2P+T, 20A, 4"x2"	1	600	127	Banho
Conjunto montado de 1 Placa para Saída de Fio, 4"x2"	1	5500	127	
Totais	2	6100		
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	1	100	127	Cozinha
Conjunto montado de 2 Tomadas 2P+T, 10A, 4"x2"	2	900	127	
Totais	3	1000		
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	1	1100	220	Quarto 1
Totais	1	1100		

Fonte: Autor, 2022

Tabela 15 - Dispositivos elétricos novos

TABELA DISPOSITIVOS ELÉTRICOS NOVOS					
Descrição do Dispositivo	Qtde	P (VA)	T (V)	h (m)	Ambientes
Conjunto montado de Interruptor com 2 teclas simples, 4"x2"	1	-	127	1,2	Banho
Conjunto montado de 1 Placa para Saída de Fio, 4"x2"	1	7500	220	2,3	
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 20A, 4"x2"	1	600	127	1,2	
Totais	3	8100			
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	1	150	127	1,75	Cozinha
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	1	100	127	0,95	
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	1	100	127	0,95	
Totais	4	350			
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	1	1600	220	1,7	Lavanderia
Totais	1	1600			
Conjunto montado de 1 Tomada 2P+T, 10A, 4"x2"	1	2000	220	2,3	Quarto 1
Totais	1	2000			

Fonte: Autor, 2022

3.2.6.3 Condutos

Conforme a Tabela 16, houve poucas retiradas de condutos. Apenas os eletrodutos compostos por calhas aparentes que alimentavam o ar-condicionado e o chuveiro da suíte foram retirados, bem como dois pequenos trechos de condutos embutidos de PVC amarelo na cozinha.

Tabela 16 - Quantitativo de conduítes retirados

TABELA DE CONDUÍTES RETIRADOS		
Trecho	Tipo	L (m)
Quarto 1	Canaleta em PVC	6,03
Cozinha	PVC amarelo	0,82
Total		6,84

Fonte: O Autor, 2022

Os caminhos dos novos condutos foram projetados para diminuir o agrupamento nos condutos existentes permitindo a continuidade de sua utilização. Para os eletrodutos aparentes foram escolhidos os fabricados em aço devidos sua função permitir em uso aparente e apelo estético. Já os condutos flexíveis de PVC corrugado, por serem mais simples, econômicos e atenderem aos critérios exigidos.

Foi instalado novo conduto aparente em aço de diâmetro externo 26 mm (diâmetro comercial $\frac{3}{4}$ " – 20 mm) no trecho entre o chuveiro da suíte e a nova tomada do ar-condicionado do Quarto 1, sendo necessário furar a parede na altura 2,35 m do piso acabado com um furo de aproximadamente 30 mm de diâmetro, conforme demonstrado anteriormente na Figura 41 e Figura 42. Da tomada do ar, pela parte superior partiu um novo eletroduto de PVC laranja que se deslocou até a nova luminária do corredor e desta posição até o novo quadro de distribuição. Para o chuveiro do banheiro social, a partir do novo ponto de força aparente, ligou-se um conduto de aço rígido que atravessou a parede divisória com o escritório e, com uma curva 90°, subiu até uma caixa de passagem situada entre a laje superior e o novo forro de gesso. A partir desta caixa, um novo conduto de PVC laranja foi instalado até a nova luminária do escritório, e desta se deslocou até a nova caixa de passagem do corredor, abaixo da antes existente luminária, e a partir deste ponto se deslocou até o novo quadro de distribuição

Da nova caixa de passagem de teto no corredor, entre o teto e o forro de gesso, partem dois novos condutos de PVC laranja que ligam às novas duas luminárias do corredor, conforme Figura 40

Na cozinha, acima da bancada, foram utilizados os condutos existentes até o novo ponto de tomada, especificado anteriormente, para abastecer um futuro depurador. Deste novo ponto parte o novo conduto aparente de aço até 2,55 m e com uma curva de 90° atravessa perpendicularmente a parede divisória com a sala até uma caixa de passagem instalada, e, partir desta, ligou-se um novo eletroduto de PVC laranja até a nova caixa de distribuição.

A Figura 43 apresenta o resumo dos trechos, tipos de eletrodutos e comprimento L de cada trecho. No total foi necessário 35 m de novos condutos, entre rígidos e flexíveis, para o novo sistema elétrico, sendo nenhum com mais de 15 m e nem superior a 3 curvas de 90° ou somatório de 270°.

Figura 43 – Imagem da tabela do Revit dos elementos dos novos condutos.

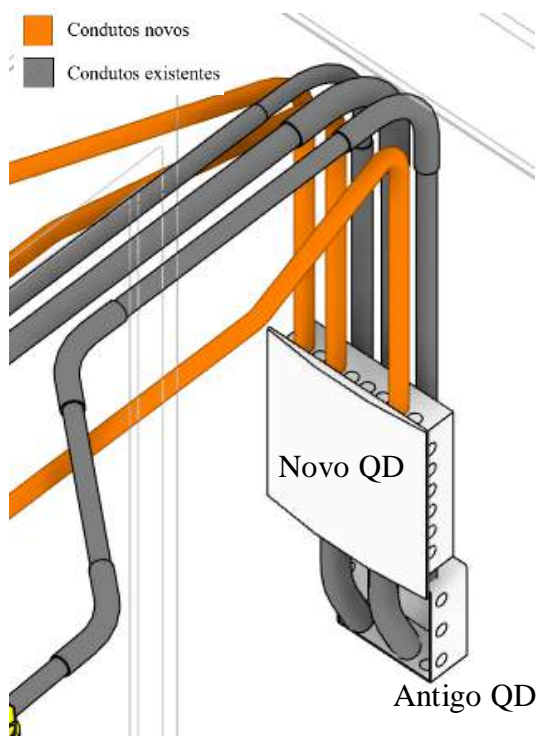
<TABELA CONDUÍTES NOVOS>		
A	B	C
Trecho	Descrição	L (m)
Banho arandela - tomada	Eletroduto rígido em aço	0,61
Banho chuveiro - escritório caixa	Eletroduto rígido em aço	0,35
Cozinha tomada - Sala caixa	Eletroduto rígido em aço	0,64
Suíte chuveiro - Quarto 1 ar	Eletroduto rígido em aço	1,67
		3,28
Corredor caixa - luminária 1	Eletroduto flexível corrugado Em PVC, laranja	1,02
Corredor caixa - luminária 2	Eletroduto flexível corrugado Em PVC, laranja	0,98
Corredor luminária 1 - QD	Eletroduto flexível corrugado Em PVC, laranja	8,36
Corredor luminária 2 - QD	Eletroduto flexível corrugado Em PVC, laranja	6,94
Escritório caixa - luminária	Eletroduto flexível corrugado Em PVC, laranja	1,63
Escritório luminária - Corredor caixa	Eletroduto flexível corrugado Em PVC, laranja	2,51
Quarto 1 ar - Corredor caixa	Eletroduto flexível corrugado Em PVC, laranja	7,24
Sala caixa - QD	Eletroduto flexível corrugado Em PVC, laranja	2,97
		31,66
Total geral		34,94

Fonte: O Autor, 2022

3.2.6.4 Quadro de distribuição

O quadro de distribuição existente se mostrou pequeno para a quantidade de circuitos e sistema proteção necessários, e com apenas 3 saídas de eletrodutos embutidos, não suporta as configurações mínimas. Assim este foi transformado em caixa de passagem com o eletroduto de entrada e os três eletrodutos de saída. Foi escolhido então um novo quadro de distribuição, com suporte para até 36 disjuntores, dimensões 30 x 47 cm, de sobrepor. Ficará acima do novo quadro de passagem. Receberá os condutores de entrada pela lateral e irá distribuir para os circuitos terminais pelas saídas inferiores, que passam pela caixa de passagem inicial, e pelas saídas superiores, que alimentam os novos condutos posicionados acima do forro gesso, conforme Figura 44 abaixo.

Figura 44 - Posição do novo quadro de distribuição (QD)



Fonte: O Autor, 2022

3.2.6.5 Circuitos e dimensionamento dos condutos e condutores

Dentre os circuitos, em relação à quantidade, houve apenas a separação do circuito com iluminação e tomadas, compartilhados, em dois circuitos distintos, sendo um apenas para iluminação e outro apenas para tomadas, ficando então com 15 circuitos em uso e mais 4 circuitos reservas, conforme Figura 23. Houve alteração também na numeração dos circuitos, pela redistribuição das potências entre as fases.

Em relação às potências, alguns pontos de tomada tiveram seus valores alterados para um melhor proveito destes, ou seja, foram aumentados em relação ao inicialmente projetado. O chuveiro do banheiro social terá sua tensão alterada para 220 V e potência projetada de 7500W. Os condutores serão todos substituídos por novos. Foram escolhidos condutores do tipo cabo de cobre, de isolamento PVC, tensão de isolamento de 750 V e temperatura de serviço contínuo de 70°C. Estes são de fácil localização no comércio, estão dentro das exigências da NBR 5410 (ABNT, 2004), e em relação ao XLPE são de menor diâmetro e, apesar de menor capacidade

de corrente, verificou-se que mesmo em agrupamento exigem um diâmetro interno de conduto menor.

Modelado as alterações nos componentes e configurado os novos circuitos, foi possível extrair a tabela mostrada na Tabela 17 - Nova distribuição dos circuitos com a carga, a tensão e a corrente de cada circuito.

Tabela 17 - Nova distribuição dos circuitos

CIRCUITOS NOVOS - CORRENTE DE PROJETO						
Circ.	Descrição	P (VA)	F. P.	P (W)	T (V)	i (A)
1	Iluminação cozinha escr lavand	300	0,92	276	127	2,36
2	Iluminação sala e quarto	320	0,92	294	127	2,52
3	Iluminação corredor quarto e banho	520	0,92	478	127	4,09
4	TUGs Escritório	1200	0,8	960	127	9,45
5	TUGs Quarto 1	650	0,8	520	127	5,12
6	TUGs Sala	1150	0,8	920	127	9,06
7	TUGs Banheiros	1250	0,8	1000	127	9,84
8	TUGs Cozinha Lavanderia	1100	0,8	880	127	8,66
9	TUG Lavanderia	2200	0,8	1760	220	10
10	TUGs Quarto 2	1100	0,8	880	127	8,66
11	TUGs Cozinha	1250	0,8	1000	127	9,84
12	TUE Ar Quarto 1	2000	1	2000	220	9,09
13	TUE Microondas	2000	1	2000	127	15,75
14	TUE Chuveiro Suíte	7500	1	7500	220	34,09
15	TUE Chuveiro Banho	7500	1	7500	220	34,09
Totais:		30040		27969		

Fonte: O Autor, 2022

Para cada circuito, em relação à fiação, foram feitos os mesmos procedimentos descritos em 3.2.5.5 de lançamento da fiação em planta, verificações de seção mínima e de capacidade de condução de corrente de cada condutor e escolha do disjuntor. O circuito 4 e o circuito 12 ficaram com as dimensões dos condutores acima do exigível apenas para respeitar as condicionantes do agrupamento dos circuitos, pois compartilham os mesmos condutos dos circuitos 15 e 14 respectivamente. Os resultados podem ser observados na Tabela 18 abaixo.

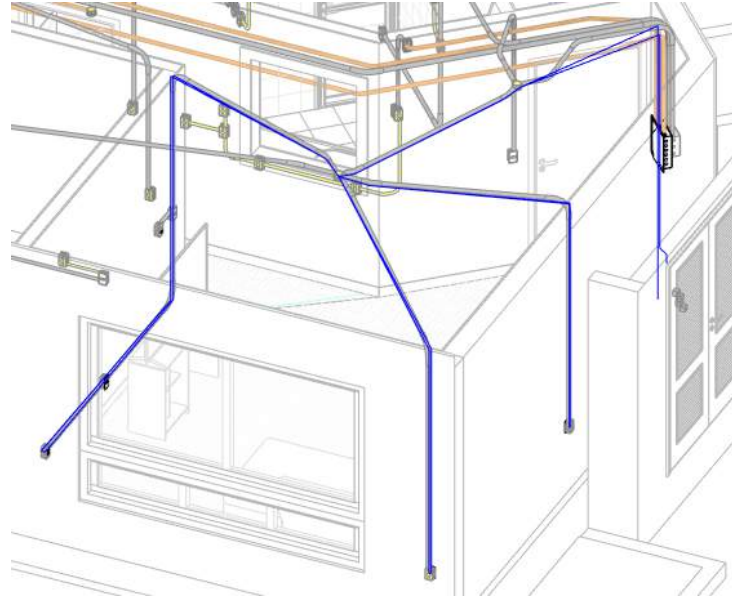
Tabela 18 - Disjuntores por capacidade de corrente dos novos circuitos

CIRCUITOS NOVOS - CAPACIDADE DE CORRENTE									
Circ.	Descrição	i (A)	# F (mm²)	I_z (A)	Agrup	FCA	FCT	I_{zc} (A)	Disjuntor (A)
1	Iluminação cozinha escr lavand	2,36	1,5	17,5	3	0,7	1	12,25	10
2	Iluminação sala e quarto	2,52	1,5	17,5	3	0,7	1	12,25	10
3	Iluminação corredor quarto e banho	4,09	1,5	24	3	0,7	1	16,8	10
4	TUGs Escritório	9,45	4	32	2	0,8	1	25,6	13
5	TUGs Quarto 1	5,12	2,5	24	3	0,7	1	16,8	13
6	TUGs Sala	9,06	2,5	24	3	0,7	1	16,8	13
7	TUGs Banheiros	9,84	2,5	24	3	0,7	1	16,8	13
8	TUGs Cozinha Lavanderia	8,66	2,5	24	3	0,7	1	16,8	13
9	TUG Lavanderia	10,00	2,5	24	3	0,7	1	16,8	13
10	TUGs Quarto 2	8,66	2,5	24	3	0,7	1	16,8	13
11	TUGs Cozinha	9,84	2,5	24	2	0,7	1	16,8	13
12	TUE Ar Quarto 1	9,09	6	41	2	0,8	1	32,8	16
13	TUE Microondas	15,75	2,5	24	2	0,8	1	19,2	16
14	TUE Chuveiro Suíte	34,09	10	57	2	0,8	1	45,6	40
15	TUE Chuveiro Banho	34,09	10	57	2	0,8	1	45,6	40

Fonte: O Autor, 2022

Foi feita também a verificação de queda de tensão para cada circuito utilizando a Equação (3.3). O comprimento L foi estabelecido personalizando no modelo o caminho dos circuitos, no qual foi possível especificar o deslocamento e reposicionar os segmentos individuais de cada caminho, conforme Figura 45 que mostra o exemplo do circuito das TUGs posicionadas na sala.

Figura 45 - Caminho do circuito para as TUGs da sala



Fonte: O Autor, 2022

Como o caminho do circuito criado já foi modelado com duas linhas (ida e volta), não foi utilizada a constante “2” na Equação (3.3). Sendo o parâmetro comprimento, vinculado à edição do caminho, passível de visualização em tabelas, foi possível criar a tabela com os valores da queda de tensão, denominada “delta V”, para cada circuito conforme demonstrado na Tabela 19 abaixo:

Tabela 19 - Tabela da queda de tensão dos circuitos novos

CIRCUITOS NOVOS - QUEDA DE TENSÃO							
Circ.	Descrição	# F (mm²)	i (A)	Disjuntor (A)	Izc (A)	L (m)	Delta V
1	Iluminação cozinha escr lavand	1,5	2,36	10	12,25	28,77	0,62%
2	Iluminação sala e quarto	1,5	2,52	10	12,25	35,26	0,82%
3	Iluminação corredor quarto e banho	1,5	4,09	10	16,8	84,87	3,19%
4	TUGs Escritório	4	9,45	13	25,6	39,95	1,30%
5	TUGs Quarto 1	2,5	5,12	13	16,8	49,38	1,39%
6	TUGs Sala	2,5	9,06	13	16,8	45,52	2,27%
7	TUGs Banheiros	2,5	9,84	13	16,8	47,99	2,60%
8	TUGs Cozinha Lavanderia	2,5	8,66	13	16,8	23,68	1,13%
9	TUG Lavanderia	2,5	10	13	16,8	22,51	0,72%
10	TUGs Quarto 2	2,5	8,66	13	16,8	33,66	1,61%
11	TUGs Cozinha	2,5	9,84	13	16,8	16,93	0,92%
12	TUE Ar Quarto 1	6	9,09	16	32,8	32,31	0,39%
13	TUE Microondas	2,5	15,75	16	19,2	16,42	1,43%
14	TUE Chuveiro Suíte	10	34,09	40	45,6	37,48	1,02%
15	TUE Chuveiro Banho	10	34,09	40	45,6	25,62	0,69%

Fonte: O Autor, 2022

Ao analisar a tabela percebeu-se que não há nenhum circuito terminal com queda maior que 4%, o que mostrou que o dimensionamento dos circuitos e condutores estão de acordo com as normas.

Foi feita também a conferência dos agrupamentos dos circuitos em cada conduto. Não foi encontrada, no Revit, forma de estabelecer vínculo entre os agrupamentos, seção dos condutores e capacidade máxima de ocupação dos condutos, por isso foi criada uma tabela no *software* Excel, conforme Tabela 20, com as informações fornecidas pelo modelo para calcular o diâmetro interno mínimo dos condutos.

Tabela 20 - Diâmetro interno mínimo dos condutos

	AGRUPAMENTO 1		AGRUPAMENTO 2		AGRUPAMENTO 3	
Circuitos:	1, 8, 9		2, 6, 10		3, 5, 7	
#	Qtd	At (mm²)	Qtd	At (mm²)	Qtd	At (mm²)
1,5	3	21,2	5	35,3	3	21,2
2,5	6	64,5	6	64,5	6	64,5
4	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-
16	-	-	-	-	-	-
TOTAL	9	85,7	11	99,9	9	85,7
	Di (mm)	17,6	Di (mm)	19,0	Di (mm)	17,6
	AGRUPAMENTO 4		AGRUPAMENTO 5		AGRUPAMENTO 6	
Circuitos:	4, 15		11, 13		12, 14	
#	Qtd	At (mm²)	Qtd	At (mm²)	Qtd	At (mm²)
1,5	-	-	-	-	-	-
2,5	-	-	6	64,5	-	-
4	3	41,6	-	-	-	-
6	-	-	-	-	3	54,3
10	3	82,0	-	-	3	82,0
16	-	-	-	-	-	-
TOTAL	6	123,6	6	64,5	6	136,3
	Di (mm)	21,1	Di (mm)	15,3	Di (mm)	22,2

Fonte: O Autor, 2022

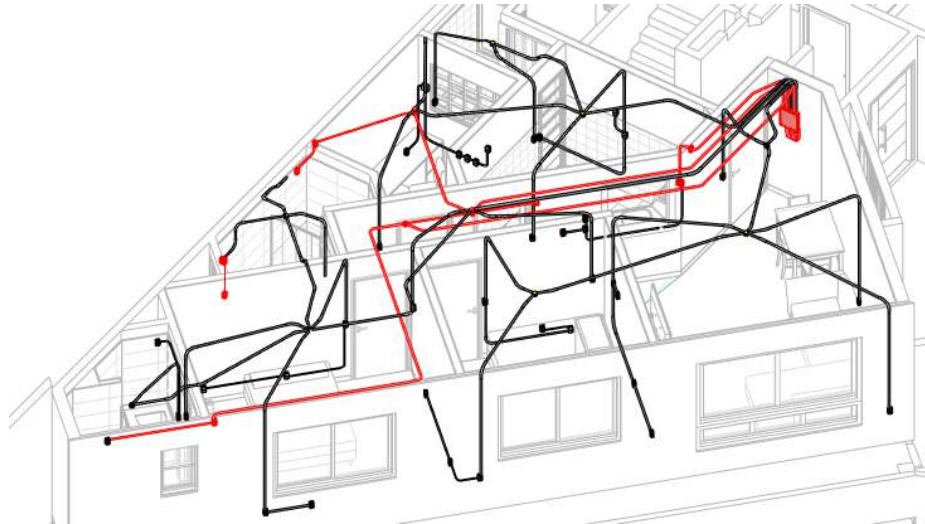
Com esta informação dos diâmetros mínimos por agrupamento foi possível confirmar as escolhas para os novos eletrodutos, disponível na tabela da Figura 46, em que é possível verificar os trechos, comprimentos e diâmetros escolhidos no modelo, e também confirmar as posições e rotas dos caminhos dos novos condutos conforme Figura 47 em que aparecem destacados em vermelho. Para os eletrodutos já existentes, os diâmetros internos ficaram adequados aos agrupamentos dos circuitos projetados para serem utilizados pelos condutores, confirmando que a distribuição dos circuitos é válida. Vale ressaltar que ainda sobraram espaço nos condutos dos agrupamentos 1, 2, 3 e 5 para mais um circuito de fiação PVC 70° de até 4 mm² de seção.

Figura 46 – Imagem da tabela do Revit dos diâmetros definidos para os novos condutos.

<TABELA CONDUÍTES NOVOS - Diâmetro>				
A	B	C	D	E
Trecho	Circuitos	L (m)	Dc (mm)	Di (mm)
Eletroduto rígido em aço				
Banho arandela - tomada	7	0,61	Ø15	17
		0,61		
Banho chuveiro - escritório caixa	15	0,35	Ø20	22
Cozinha tomada - Sala caixa	11, 13	0,64	Ø20	22
Suíte chuveiro - Quarto 1 ar	14	1,67	Ø20	22
		2,67		
Eletroduto flexível corrugado Em PVC, laranja				
Corredor caixa - luminária 1	3	1,02	Ø25	19
Corredor caixa - luminária 2	3	0,98	Ø25	19
Escritório caixa - luminária	15	1,67	Ø25	19
		3,67		
Corredor luminária 1 - QD	12, 14	8,36	Ø32	25
Corredor luminária 2 - QD	4, 15	6,94	Ø32	25
Escritório luminária - Corredor caixa	4, 15	2,51	Ø32	25
Quarto 1 ar - Corredor caixa	12, 14	7,24	Ø32	25
Sala caixa - QD	13, 11	2,97	Ø32	25
		28,03		

Fonte: Fonte: O Autor, 2022

Figura 47 - Posição dos novos condutos, destacados em vermelho.



Fonte: O Autor, 2022

Com os condutores definidos e verificados, foi feita a quantificação destes. Para isso, cada conduto foi abastecido com a informação da quantidade e dimensão dos condutores que passam por ele e assim vinculado o comprimento do conduto aos cabos. Para cada condutor informado foi acrescido 10% no comprimento em relação ao conduto, valor referente a emendas e ligações

dos condutores. Então, foi possível extrair a Tabela 21 com a quantidade, em metros, para cada cabo em relação do seu diâmetro e sua função.

Tabela 21 - Quantitativo de condutores, em metros

QUANTITATIVO CABOS (m)						
Condutor	1,5 mm²	2,5 mm²	4 mm²	6 mm²	10 mm²	Totais
Fase	55,7	121,3	12,7	52,3	61,5	303,6
Neutro	40,3	112,4	12,7	27,6	20,9	213,9
Terra	48,3	112,4	12,7	35,6	30,7	239,7
Retorno	70,0	2,4	-	-	-	72,4
Totais	214,3	348,5	38,2	115,5	113,1	829,6

Fonte: O Autor, 2022

3.2.6.6 Sistema de proteção

Concluídos todos os dimensionamentos e verificadas suas validades, determinou-se o sistema de proteção. Definiram-se então, para a proteção contra sobrecorrentes, os disjuntores termomagnéticos de acordo com a capacidade máxima de tensão do condutor e a corrente de projeto. Já as proteções contra choques elétricos, seguiram-se as diretrizes de obrigação por tipo de ambiente e circuito de acordo com a Tabela 3. A Tabela 22 exhibe a relação dos dispositivos de proteção adotados na solução. O disjuntor geral será o do tipo de maior curva, no caso do tipo C.

Tabela 22 - Relação dos novos disjuntores.

DISJUNTORES NOVOS		
Descrição do Material	Dimensões	Qtde
IDR Interruptor Diferencial Residual Bipolar In=25A, 30mA	In=25 A, 30mA	5
IDR Interruptor Diferencial Residual Bipolar In=40A, 30mA	In=40 A, 30mA	2
Mini Disjuntor Bipolar 13A Curva C, 60898, encaixe perfil DIN 35mm	C 13A	1
Mini Disjuntor Bipolar 16A Curva C, 60898, encaixe perfil DIN 35mm	C 16A	1
Mini Disjuntor Bipolar 40A Curva B, 60898, encaixe perfil DIN 35mm	B 40A	2
Mini Disjuntor Monopolar 10A Curva C, 60898, encaixe perfil DIN 35mm	C 10A	3
Mini Disjuntor Monopolar 16A Curva C, 60898, encaixe perfil DIN 35mm	C 13A	7
Mini Disjuntor Monopolar 16A Curva C, 60898, encaixe perfil DIN 35mm	C 16A	1
Mini Disjuntor Tripolar 63A Curva C, 60898, encaixe perfil DIN 35mm	C 63A	1
	Total	23

Fonte: O Autor, 2022

3.2.6.7 Quadro de cargas

Com todos os dimensionamentos realizados e as informações corretamente impostas na modelagem, foi possível configurar o *software* para o preenchimento automático do quadro de cargas. O *software* possui uma configuração do quadro de cargas que não atende às configurações brasileiras. Para configurá-lo foi necessário editar a família do quadro de distribuição, alterando de Painel de controle para Quadro elétrico. Assim, foi possível fazer a edição da tabela, inserindo e removendo parâmetros criados ou de sistema, redimensionar linhas e colunas entre outros ajustes de visualização. A partir dessa nova configuração foi possível ajustar a distribuição das potências de forma manual em cada uma das fases, o que inicialmente não era possível. O quadro de cargas pode ser consultado na Tabela 23.

Tabela 23 - Quadro de cargas do quadro de distribuição

Quadro de Cargas

QDC											
CIRCUITO	P (VA)	R	S	T	CORRENTE...	DIS JUNTOR...	Dispositivo...	# F (mm ²)	# N (mm ²)	# T (mm ²)	Nome da carga
1	300	0	0	300	2,4	10,00	-	1,5	1,5	1,5	Iluminação cozinh...
2	320	0	320	0	2,5	10,00	-	1,5	1,5	1,5	Iluminação sala e...
3	520	0	520	0	4,1	10,00	-	1,5	1,5	1,5	Iluminação corredo...
4	1200	1200	0	0	9,4	13,00	-	4	4	4	TUGs Escritório
5	650	650	0	0	5,1	13,00	-	2,5	2,5	2,5	TUGs Quarto 1
6	1150	0	1150	0	9,1	13,00	-	2,5	2,5	2,5	TUGs Sala
7	1250	0	0	1250	9,8	13,00	25 A - 30 mA	2,5	2,5	2,5	TUGs Banheiros
8	1100	0	1100	0	8,7	13,00	25 A - 30 mA	2,5	2,5	2,5	TUGs Cozinha...
9	2200	1100	1100	0	10,0	13,00	25 A - 30 mA	2,5	2,5	2,5	TUG Lavanderia
10	1100	1100	0	0	8,7	13,00	-	2,5	2,5	2,5	TUGs Quarto 2
11	1250	1250	0	0	9,8	13,00	25 A - 30 mA	2,5	2,5	2,5	TUGs Cozinha
12	2000	1000	0	1000	9,1	16,00	-	6	6	6	TUE Ar Quarto 1
13	2000	0	2000	0	15,7	16,00	25 A - 30 mA	2,5	2,5	2,5	TUE Microondas
14	7500	0	3750	3750	34,1	40,00	40 A - 30 mA	10	10	10	TUE Chuveiro Suíte
15	7500	3750	0	3750	34,1	40,00	40 A - 30 mA	10	10	10	TUE Chuveiro...
16	0	0	0	0	0,0	0,00					Reserva 1
17	0	0	0	0	0,0	0,00					Reserva 2
18	0	0	0	0	0,0	0,00					Reserva 3
19	0	0	0	0	0,0	0,00					Reserva 4
Potência por fase:		10050 VA	9940 VA	10050 VA							
					Equilíbrio fases	0,010945					

Classificação da Carga	Potência	Fator de Demanda	Potência Demandada	Dados do Quadro	
TUE Aquecimento	15000 VA	0,75	11250 VA	Potência Total:	30040 VA
TUE Ar Condicionado	2000 VA	1,00	2000 VA	Potência Total Demandada:	17814 VA
Circuito Reserva	0 VA	0,00	0 VA	Corrente Total:	78,83 A
Iluminação+TUGs (Residencial)	13040 VA	0,35	4664 VA	Corrente Total Demandada:	46,75 A
				Sistema de Distribuição:	127/220V Trifásico (3F+N+T)
				Alimentado Por:	

Fonte: O Autor, 2022

3.2.6.8 Dimensionamento da entrada de energia

Definidas todas as potências do novo projeto, efetuaram-se os cálculos do dimensionamento da entrada de energia através das cargas, instalada e demandada, de acordo com o item 3.1.10. Foram inseridos, nas configurações elétricas, os fatores de demanda das tabelas, de acordo com as classificações dos tipos cargas estabelecidas nas propriedades de cada elemento. Na montagem do quadro de cargas foram incluídos os parâmetros que envolvem os cálculos de demanda e os resultados.

Para conferência dos resultados apresentados pelo *software*, os cálculos foram também executados em uma planilha criada no software Excel, conforme Figura 48, em que os dados de iluminação, tomadas, aparelhos de aquecimento e ar-condicionado, foram consultados nas tabelas extraídas do modelo no Revit e incluídas na planilha manualmente. O valor da potência total demandada encontrado na planilha Excel foi idêntico ao apresentado no modelo configurado, confirmando os resultados.

Com uma demanda de 17,81 kVA, obtém-se uma corrente de demanda de 46,75 A, o que poderia ser atendido por um sistema de proteção geral composto por um disjuntor termomagnético de 50 A. Porém, em detrimento dos circuitos reservas, optou-se por um disjuntor geral de 63 A. Desta forma, é necessário que os condutores que fazem a ligação do quadro medidor com o quadro de distribuição sejam de 16 mm², que, em um eletroduto com um circuito com três condutores carregados, pelo método de referência B1, possui capacidade de condução de corrente de até 68 A. Como este trecho é composto por cinco condutores (3 fases, 1 neutro e um terra), é necessário que o eletroduto tenha diâmetro interno mínimo de 26 mm para atender ao critério de 40% de ocupação máxima. O disjuntor geral da edificação é de 100 A (38 kVA de potência fornecida) e os condutores de ligação com o quadro de medidor são de 16 mm².

Figura 48 - Cálculo da demanda no Excel

CÁLCULO DA DEMANDA			
Área	80	m ²	
Tensão de fornecime	220/127V		
1. Carga Instalada			3 Cálculo da demanda
	VA	FP	W
Iluminação e tomadas	13040	var	10968
Aquecimento	15000	1	15000
	TOTAL		25968 W
	Se 25968 > 15 kW, demanda deve ser calculada.		
Adotada	25968 W		
2. Compatibilização da carga instalada com as previsões mínimas			3.1 Da iluminação e tomadas (conforme anexo D)
2.1 Iluminações e tomadas			$a = P \times FD \times FP$ $a = 13.040 \times 0,35 \times 1$
30W/m ² = 2400 W		declarada	10968 W
Adotada	10.968 W		
2.2 Aparelhos de aquecimento			3.2 Dos aparelhos de aquecimento (conforme anexo I)
Adotada	15000 W		
2.3 Condicionadores de ar			$b = P \times FD \times FP$ $b = 15000 \times 0,75 \times 1$
Adotada	2000 W		
2.4 Motores			3.3 Dos aparelhos de ar condic. (conforme anexo E)
Adotada	0 W		
			$c = P \times FD$ $c = 2000 \times 1$
			3.4 Dos motores (conforme anexo G)
			$e = P \times FD$ $e = 0 \times 1$
			3.5 Total da residência
			$D = a + b + c + e$
			$D = 17814$
			$D = 17,814 \text{ kVA}$
			DEMANDA = 17,81 kVA

Fonte: O Autor, 2022

Ao observar o painel do quadro de cargas do condomínio, constatou-se uma instalação sem o fornecimento do condutor terra para a unidade consumidora, além do precário suporte dos medidores e péssimas condições de distribuição da fiação. Deve o condomínio realizar a atualização da entrada de energia elétrica no edifício. Contudo, manteve-se o novo quadro de distribuição com barramento neutro e terra no qual será atualizada a instalação no mesmo momento que o condomínio regularizar a entrada da energia.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho apresentou de forma conclusiva as considerações pretendidas. Foi aperfeiçoado a leitura e interpretação das plantas arquitetônicas e estruturais, assim como desenvolvido a acurácia nas buscas e compreensão das informações nas normativas técnicas, fundamentais no desenvolvimento dos projetos da construção civil propostos. O grau de domínio necessário da ferramenta BIM para a execução da modelagem foi atingido, sendo assim determinante para conclusão do projeto e propositura da atualização dos sistemas de revestimento e sistema elétrico no imóvel objeto de estudo.

Verificou-se nesse processo a falta de informação necessária sobre o imóvel datado de 1976. Deveu-se ao fato de ser uma construção projetada em um período ainda sem registro digital, e em um ambiente com visão diversa da atual sobre os processos e necessidades da construção. Não foi encontrada, por exemplo, nenhuma informação sobre o sistema hidráulico e sanitário, assim como as informações sobre o sistema elétrico disponíveis estavam desatualizadas em comparação com o sistema instalado.

Constatou-se também a importância do domínio da ferramenta BIM, a que se propõe utilizar, para poder dispensar a maior energia possível do projetista na engenharia e menor trabalho na busca de soluções no uso do *software*. São ferramentas complexas com muitos parâmetros em diversos níveis que, se não há um amplo conhecimento, pode prejudicar o desenvolvimento do projeto, não cumprindo a expectativa de servir como uma ferramenta de ganho de tempo, produção e controle.

Foram encontradas dificuldades no processo de uso da ferramenta Revit em relação à modelagem da unidade habitacional objeto de estudo. A edificação possui muitos encontros de parede em ângulos diferentes de 90°. Apenas os dois quartos possuem 4 paredes com ângulo de encontro 90°, sendo que o restante dos ambientes é delimitado por diferentes quantidades de paredes e formas. Também dificultou a modelagem as condições dos revestimentos, que se encontravam com superfícies irregulares, falta de prumo e deslocamento das paredes do eixo de projeto. Assim, foi necessário um grande domínio das possibilidades de modelagem das paredes e revestimentos. Entretanto, conclui-se que o imóvel em questão possui uma arquitetura incomum, e assim não foi possível afirmar que a dificuldade de modelagem se deu em função do programa apenas, e sim do formato do imóvel e a falta de informações do dimensionamento do mesmo. Também foi necessário um aprimoramento na manipulação das famílias de objetos, como portas e janelas, para adequar ao sistema de modelagem por camadas escolhido. Este

sistema requer famílias especiais para compatibilizar com a modelagem em que diversas camadas de diferentes modelagens representam apenas um objeto.

Foi feito com sucesso o controle das diferentes fases do projeto no *software*. Este manuseio requereu muita atenção para não haver alterações de elementos em fases distintas da inicialmente escolhida, como demolir elementos em fases diferentes ao qual se pretendia. Constatou-se assim a importância do uso desta ferramenta de fases uma vez que toda a vida útil da construção pode ficar armazenada no arquivo para consulta a qualquer momento de todos os elementos de fazem parte ou em algum momento fizeram parte da edificação.

Foi realizada com êxito a vinculação do arquivo da disciplina de arquitetura no arquivo da modelagem dos sistemas elétricos, com as associações necessárias entre as duas disciplinas nos diferentes arquivos efetivadas adequadamente. Foi necessário também adquirir conhecimento de como o *software* interpreta os dados e quais os comandos necessários para a correta correlação.

A modelagem elétrica exigiu alterações nas configurações originais do Revit. Muito por se tratar de um programa importado, contudo foi possível adequar às normativas brasileiras as configurações do programa e assim concluir a proposta de atualização pretendida. Da mesma forma o controle das informações inseridas em cada componente elétrico foi fundamental na obtenção das informações necessárias para tomadas de decisões no projeto.

É muito importante quando se projeta em BIM ter como premissa bem definida o escopo do projeto, qual objetivo e/ou informação final se pretende. O processo de modelagem em BIM requer, para o melhor proveito da metodologia, o controle de todas as informações inseridas desde o princípio do projeto, e estas informações devem ser definidas antes da modelagem. Para os próximos projetos sugere-se que a modelagem dos componentes e inserção das famílias sejam realizadas simultaneamente com o uso de tabelas, para o controle instantâneo da informação, evitando assim o retrabalho de voltar ao componentes para preenchimento de parâmetros ou até mesmo a criação de novos para adequação de informações inseridas de forma equivocada, ou não inseridas, para obtenção e exportação da informação desejada.

5 BIBLIOGRAFIA

ABNT. **NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão**. Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

ABNT. **NBR 5597: Eletroduto de aço-carbono e acessórios, com revestimento protetor e rosca NPT — Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

ABNT. **NBR 5598: Eletroduto de aço-carbono e acessórios, com revestimento protetor e rosca BSP — Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

ABNT. **NBR 5624: Eletroduto de aço-carbono, com costura, com revestimento protetor e rosca ABNT NBR 8133 — Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011.

ABNT. **NBR 5674: Manutenção de edificações — Requisitos para o sistema de gestão de manutenção**. Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2012.

ABNT. **NBR 6492: Documentação técnica para projetos arquitetônicos e urbanísticos — Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2021.

ABNT. **NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e projeto**. Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2010.

ABNT. **NBR 13245: Tintas para construção civil — Execução de pinturas em edificações não industriais — Preparação de superfície**. Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2011.

ABNT. **NBR 13749: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas — Especificação**. Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

ABNT. **NBR 13753: Revestimento de piso interno ou externo com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1996.

ABNT. **NBR 13754: Revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1996.

ABNT. **NBR 14081: Argamassa colante industrializada para assentamento de placas cerâmicas Parte 1: Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2012.

ABNT. **NBR 15465: Sistemas de eletrodutos plásticos para instalações elétricas de baixa tensão — Requisitos de desempenho.** Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2020.

ABNT. **NBR 15575-1: Edificações Habitacionais - Desempenho Parte 1 – Requisitos gerais.** Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2021.

ABNT. **NBR 15575-3: Edificações Habitacionais - Desempenho Parte 3 – Requisitos para os sistemas de pisos.** Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2021.

ABNT. **NBR 15575-4: Edificações Habitacionais - Desempenho Parte 4 – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas — SVVIE.** Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2021.

ABNT. **NBR 16280-1: Reforma em edificações — Sistema de gestão de reformas — Requisitos.** Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2021.

ABNT. **NBR IEC 60947-2: Dispositivo de manobra e comando de baixa tensão Parte 2: Disjuntores.** Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.

ABNT. **NBR NM 247-3: Cabos isolados com policloreto de vinila (PVC) para tensões nominais até 450/750 V, inclusive- Parte 3: Condutores isolados (sem cobertura) para**

instalações fixas (IEC 60227-3, MOD). Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2006.

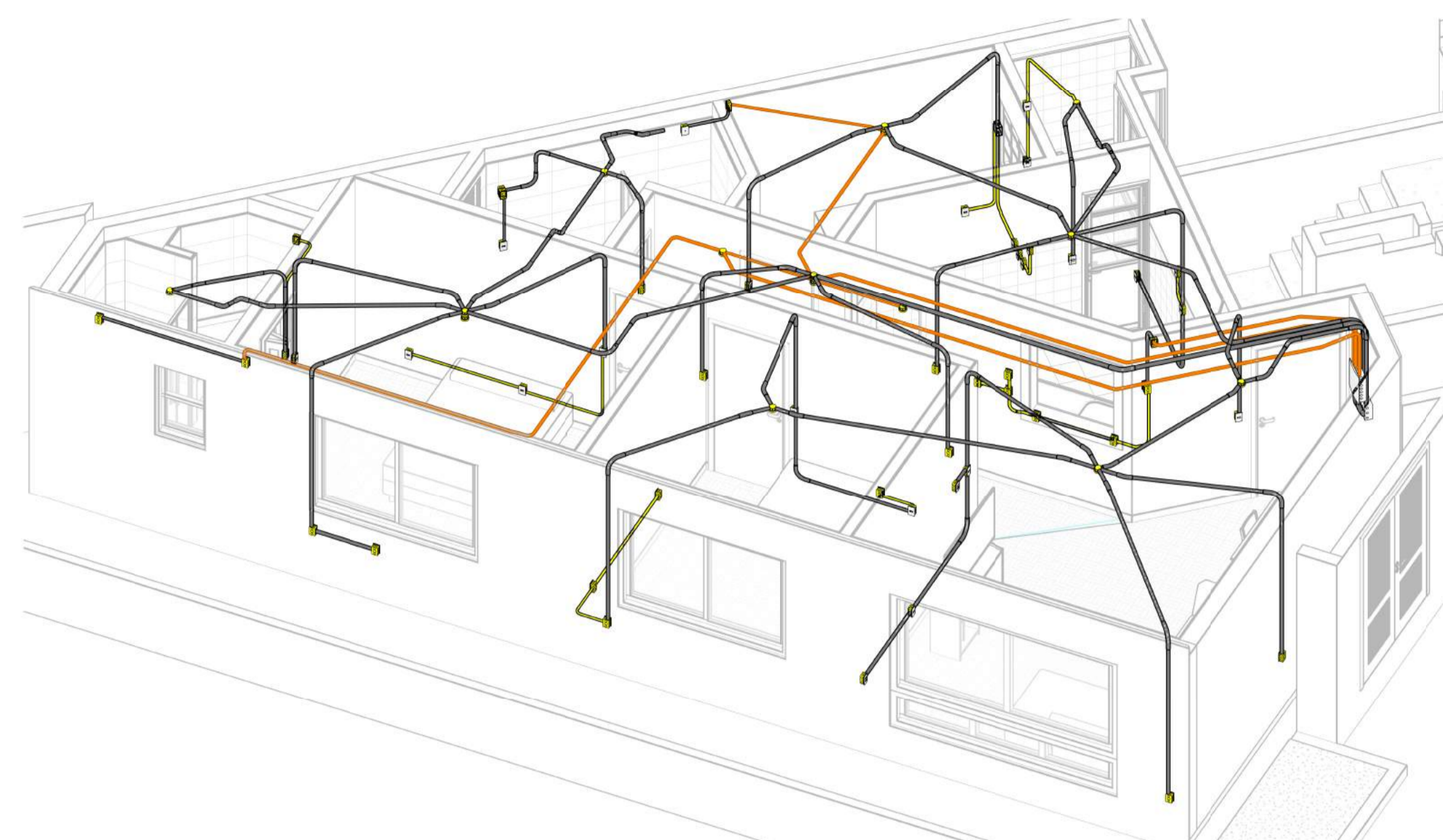
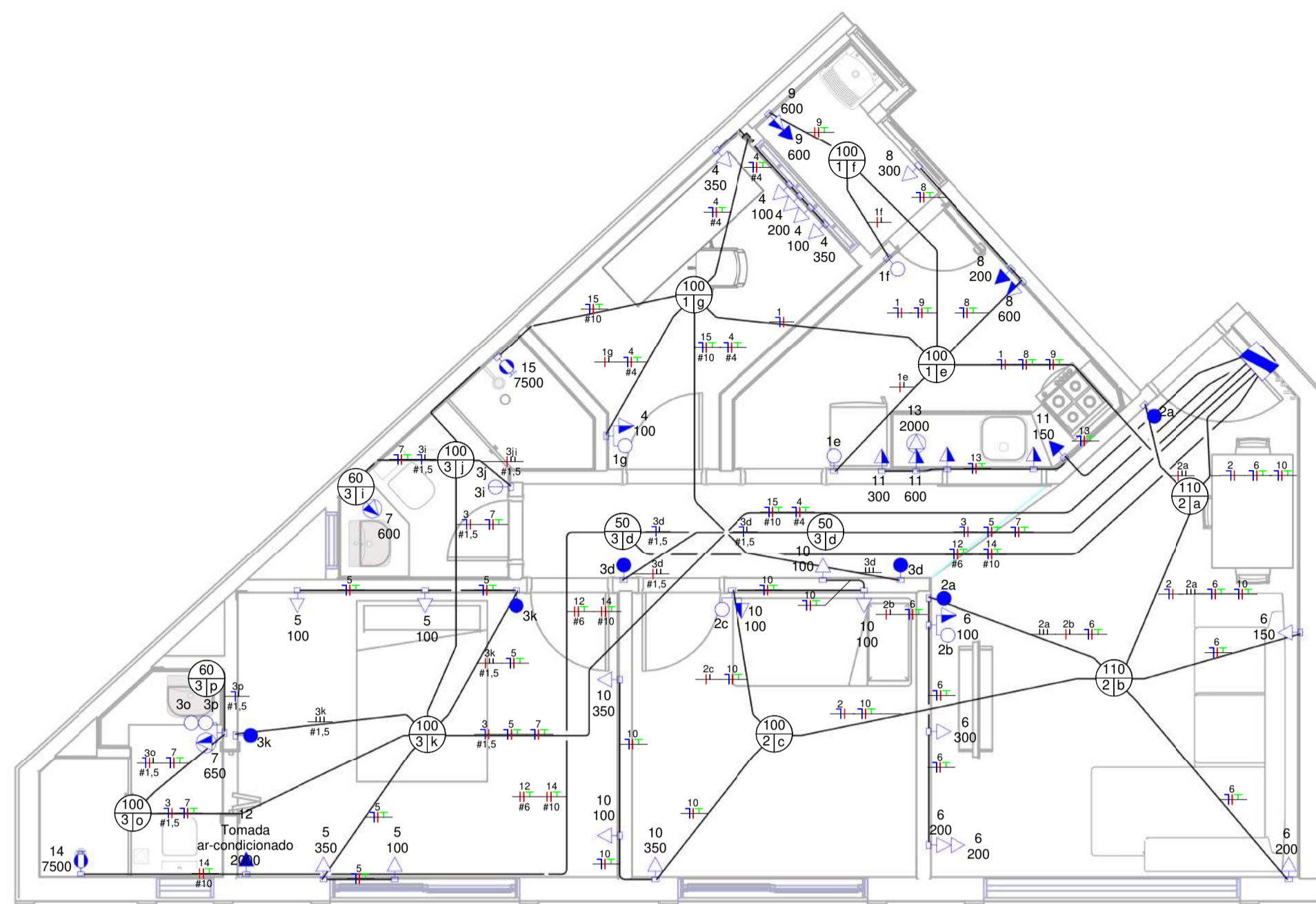
ABNT. NBR NM 60898: Disjuntores para proteção de sobrecorrentes para instalações domésticas e similares (IEC 60898:1995, MOD). Rio de Janeiro: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004.

Catelani W. S. Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras Volume 1 Fundamentos BIM. Brasília: CBIC, 2016

COMPANHIA ESTADUAL DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Regulamento de Instalações Consumidoras de Baixa Tensão. RIC – BT, versão 1.5. Porto Alegre, 2017.

SILVA, SÉRGIO LUIZ CARDOSO DA. Instalações Elétricas Prediais. Notas de aula – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2019

APÊNDICE A – Projeto Elétrico



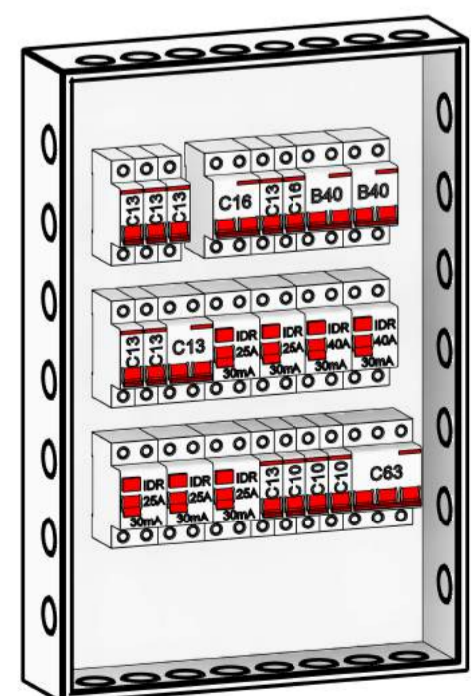
1 PLANTA BAIXA
ESCALA: 1:50

2 Vista Isométrica

Quadro de Cargas

QDC											
CIRCUITO	P (VA)	R	S	T	CORRENTE...	DISJUNTOR...	Dispositivo...	# F (mm²)	# N (mm²)	# T (mm²)	Nome da carga
1	300	0	0	300	2,4	10,00	-	1,5	1,5	1,5	Iluminação cozinh...
2	320	0	320	0	2,5	10,00	-	1,5	1,5	1,5	Iluminação sala e...
3	520	0	520	0	4,1	10,00	-	1,5	1,5	1,5	Iluminação corrido...
4	1200	1200	0	0	9,4	13,00	-	4	4	4	TUGs Escritório
5	650	650	0	0	5,1	13,00	-	2,5	2,5	2,5	TUGs Quarto 1
6	1150	0	1150	0	9,1	13,00	-	2,5	2,5	2,5	TUGs Sala
7	1250	0	0	1250	9,8	13,00	25 A - 30 mA	2,5	2,5	2,5	TUGs Banheiros
8	1100	0	1100	0	8,7	13,00	25 A - 30 mA	2,5	2,5	2,5	TUGs Cozinha...
9	2200	1100	1100	0	10,0	13,00	25 A - 30 mA	2,5	2,5	2,5	TUG Lavanderia
10	1100	1100	0	0	8,7	13,00	-	2,5	2,5	2,5	TUGs Quarto 2
11	1250	1250	0	0	9,8	13,00	25 A - 30 mA	2,5	2,5	2,5	TUGs Cozinha
12	2000	1000	0	1000	9,1	16,00	-	6	6	6	TUE Ar Quarto 1
13	2000	0	2000	0	15,7	16,00	25 A - 30 mA	2,5	2,5	2,5	TUE Microondas
14	7500	0	3750	3750	34,1	40,00	40 A - 30 mA	10	10	10	TUE Chuveiro Suite
15	7500	3750	0	3750	34,1	40,00	40 A - 30 mA	10	10	10	TUE Chuveiro...
16	0	0	0	0	0,0	20,00	-	-	-	-	Reserva 1
17	0	0	0	0	0,0	20,00	-	-	-	-	Reserva 2
18	0	0	0	0	0,0	20,00	-	-	-	-	Reserva 3
19	0	0	0	0	0,0	20,00	-	-	-	-	Reserva 4
Potência por fase:		10050 VA	9940 VA	10050 VA							
					Equilíbrio fases:		0,010945				

Classificação da Carga	Potência	Fator de Demanda	Potência Demandada	Dados do Quadro
TUE Aquecimento	15000 VA	0,75	11250 VA	Potência Total: 30040 VA
TUE Ar Condicionado	2000 VA	1,00	2000 VA	Potência Total Demandada: 17814 VA
Circuito Reserva	0 VA	0,00	0 VA	Corrente Total: 78,83 A
Iluminação+TUGs (Residencial)	13040 VA	0,35	4564 VA	Corrente Total Demandada: 46,75 A
				Sistema de Distribuição: 127/220V Trifásico (3F+N+T)
				Alimentado Por:



Quadro de Distribuição

LEGENDA

	Tomada Baixa 2P+T, 10A, a 30cm do piso acabado
	Tomada Média 2P+T, 10A, a 120cm do piso acabado
	Tomada Alta 2P+T, 10A, a 230cm do piso acabado
	Tomada Baixa 2P+T, 20A, a 30cm do piso acabado
	Tomada Média 2P+T, 20A, a 120cm do piso acabado
	Ponto de Força com placa saída de fio, a 230cm do piso acabado
	Interruptor simples de uma seção
	Conjunto de 2 Interruptores simples
	Interruptor paralelo (three way)
	Condutores Neutro, Fase, Terra e Retorno, respectivamente
	Ponto de luz embudo no teto
	Ponto de luz na parede
	Eletroduto no teto ou na parede
	Quadro geral de luz e força embudo a 1,50 do piso acabado

REVISÃO Nº	ALTERAÇÃO	DATA	DESENHO

Obra:			
Endereço:	Av Bagé, 735		
Disciplina	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	Prancha:	
Professores	Lais Zucchetti e Sérgio Luiz Cardoso da Silva	01	
Aluno	Fergus Hamester		

PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Autor	Data:	Escalas:	Unid. Medidas:	Conceito:
ALUNO	04/10/2022	Indicadas	Indicadas	

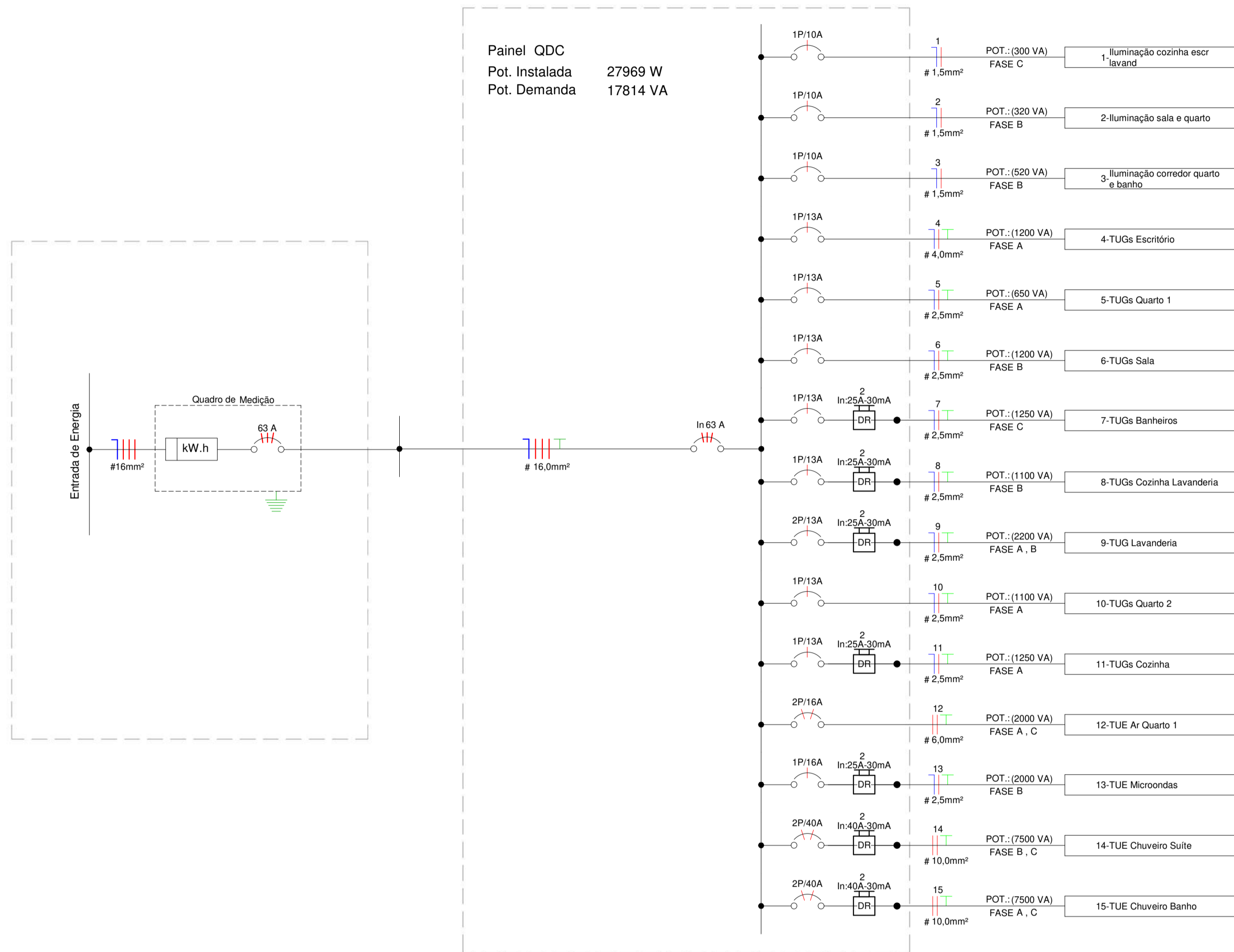


DIAGRAMA UNIFILAR

LEGENDA DIAGRAMAS

	Disjuntor Termomagnético Monopol
	Disjuntor Termomagnético Bipolar
	Disjuntor Termomagnético Tripolar
	Condutores Neutro, Fase, Terra, respectivamente
	IDR Interruptor Diferencial Residual (Imax=30mA)
	Medidor de Energia

Legenda Diagrama Unifilar Reforma

REVISÃO Nº	ALTERAÇÃO	DATA	DESENHO

Obra: _____
 Endereço: Av Bagé, 735 _____

Disciplina	TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO	Prancha:
Professores	Lais Zucchetti e Sérgio Luiz Cardoso da Silva	02
Aluno	Fergus Hamester	

PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 ESCOLA DE ENGENHARIA
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Autor	Data:	Escalas:	Unid. Medidas:	Conceito:
ALUNO	04/10/22	Indicadas	Indicadas	

ANEXO A - Planta baixa do pavimento térreo



ÁREA DO TERRENO		34730		m ² (LÍQUIDA)	
DADOS	LIMITES OBRIGATORIOS	NO PROJETO			
APROVEITAMENTO	MÁXIMO	69460	596,33		
Ocupação	MÁXIMO	23,54	22,60°		
LIVRE	MÍNIMO	115,76	134,65°		
ALTURA ZS					
DIVISA	MÁXIMO	7m			
FACHADA LESTE	MÍNIMO	DIVISA	DIVISA		
" SUDESTE		DIVISA	DIVISA		
" NOROESTE		400	400		
"					
Nº DE ECONOMIAS	8				
ESTACIONAMENTO	1				
OBS: Estacionamento calculado em proporção 596,33 de área resid					
ÁREAS E CÁLCULOS DE APROVEITAMENTO					
ÁREA COMPUTADA			ÁREA NÃO COMPUTADA		TOTAL
PAVIMENTO	ESPÉCIE	m ²	ESPÉCIE	m ²	m ²
SUB SOLO					
PAV TERREO	HALL E ESCADA	649	PILOTIS	35,22	214,59
	APTOS	14748	INSTALAÇÕES	0,57	
	BOX COBERTO	17,15	LIVRO	3,68	
PAV TIPO		425,21	RESERVATÓRIO	4,00	425,21
COBERTURA					
			RESERVATÓRIO	9,10	9,10
VALIDO PARA CÁLCULO DE APROVEITAMENTO		596,33		5257	648,90

EDIFÍCIO RESIDENCIAL
AV. RAGÉ 735

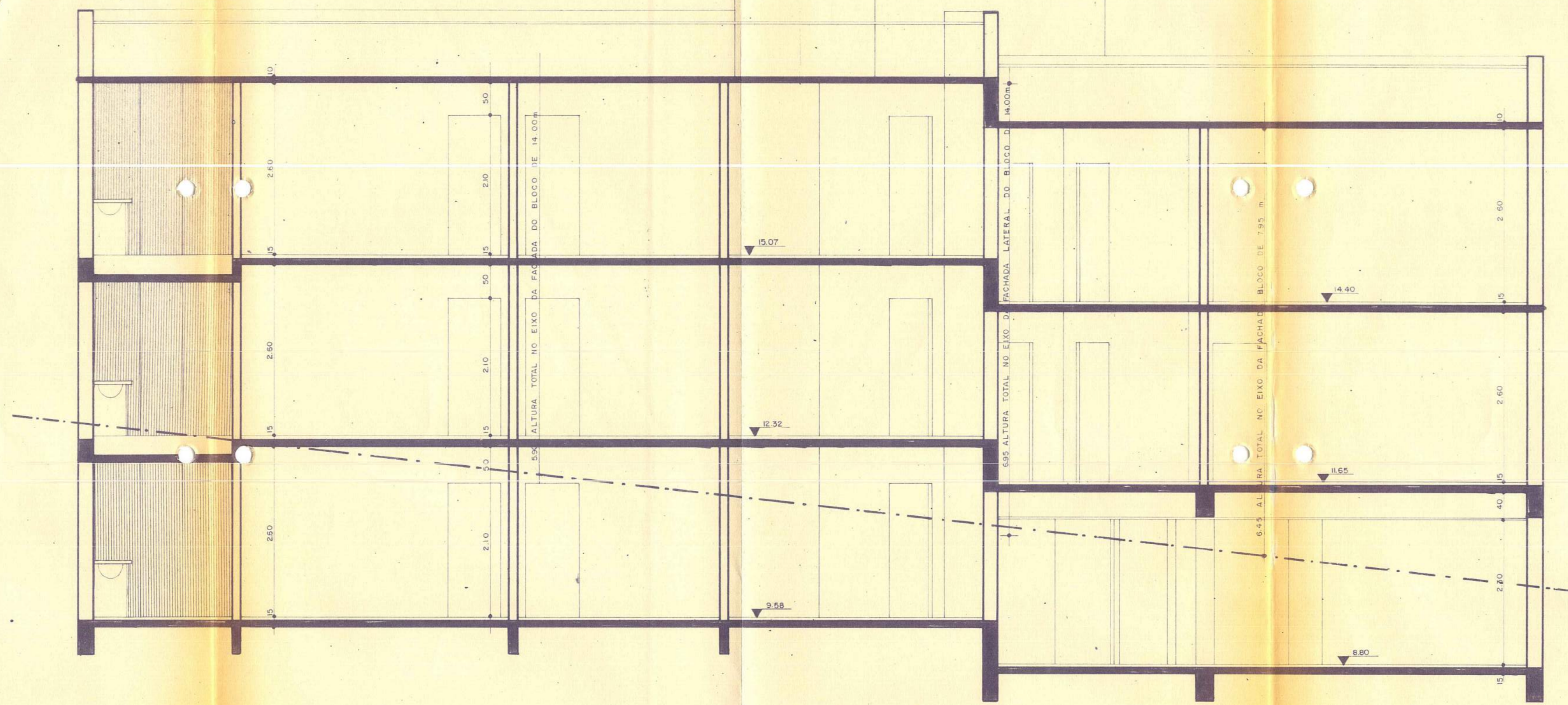
PREFEITURA MUNICIPAL - PORTO ALEGRE
S.M.O.V. - D.E.U.R.B.
APROVAÇÃO DE PROJETO
1ª FASE
Processo nº 83638/76
23/9/76
Tipo ED. RES.
Nº Pav 3
Total 648,90

RGS-SSP-CORPO DE BOMBEIROS-SEÇÃO TÉCNICA
PROJETO DA INSTALAÇÃO DE EXTINTORES
PROCESSO Nº 199-13941/76
PORTO ALEGRE, 25 DE Janeiro DE 1977
CH DA SEÇÃO TÉCNICA

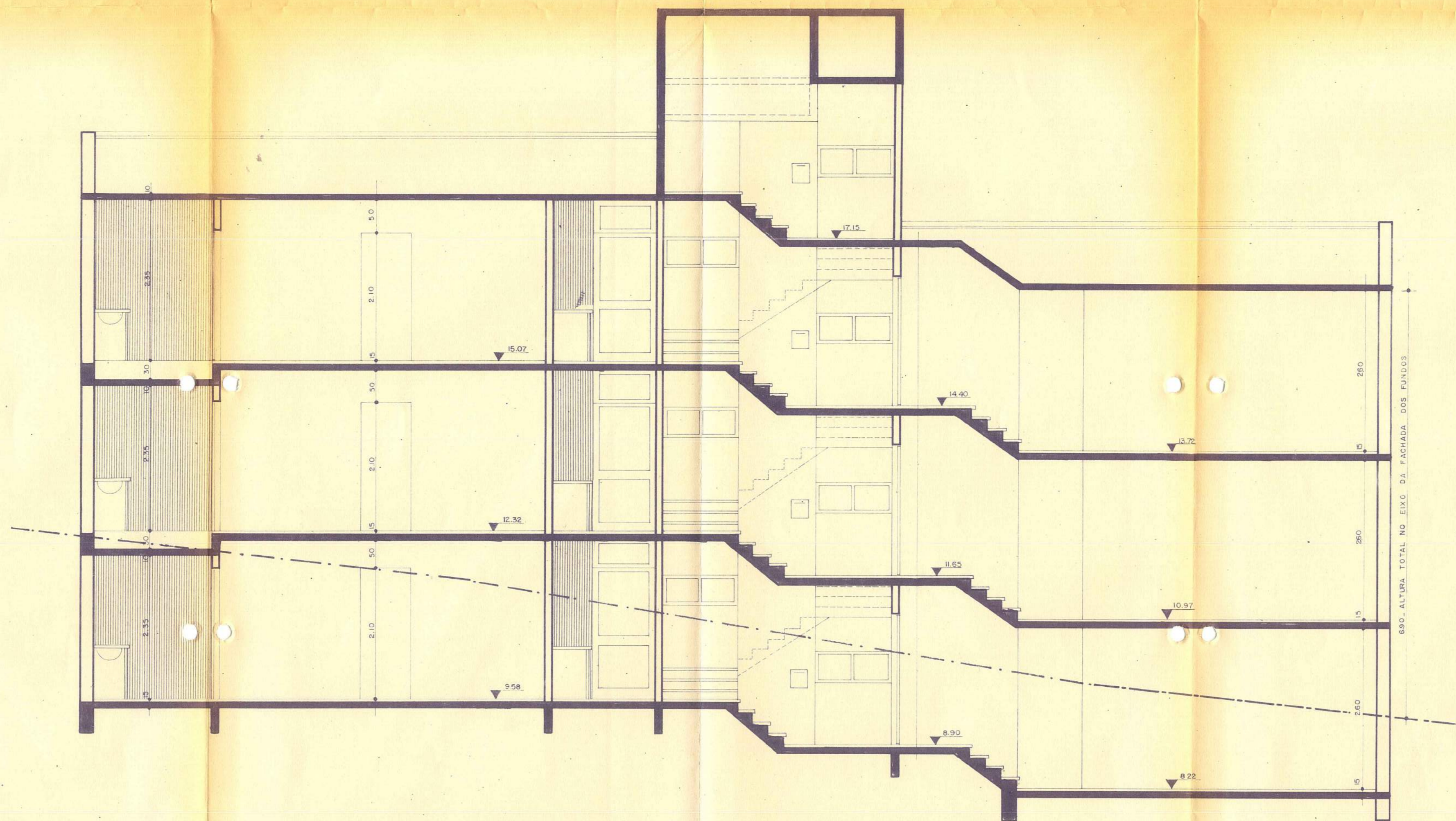
PREFEITURA MUNICIPAL - PORTO ALEGRE
LICENCIAMENTO DA CONSTRUÇÃO
2ª FASE
Processo nº 91058/76
17/01/77
S.M.O.V.-D.E.-
CONCLUSÃO 17/01/78

PROJETO	DATA	AGOSTO 76
PROPRIETÁRIO	ESCALA	1:50
CONSTRUÇÃO	DESENHO	
PLANTA BAIXA PAV TÉRREO		02

ANEXO B - Cortes AA e BB



CORTE A-A



CORTE B-B

SETE DE PROJETO - 1977
 NÚMERO 824/77
 AUTENTICAÇÃO
 CARTEIRO
 PROPOSTA

EDIFÍCIO RESIDENCIAL

ESTA PLANTA NÃO PODE SER RETIRADA DO PROCESSO

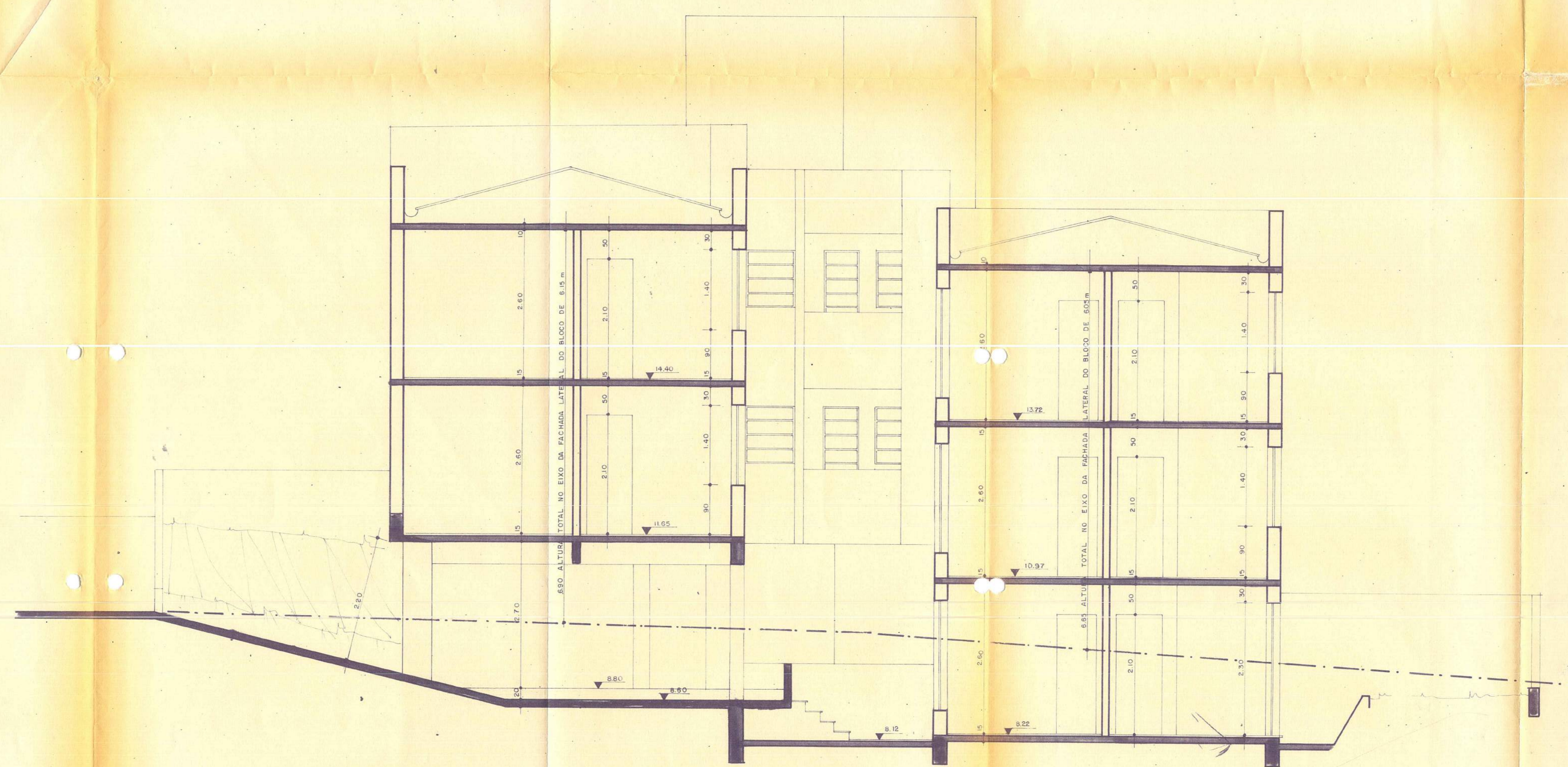
PREFEITURA MUNICIPAL - PORTO ALEGRE
 S.M.O.V. - D.E.U.R.
 APROVAÇÃO DE PROJETO 1.ª FASE
 processo n.º 83628/76
 23/9/76
 Tipo CARTEIRO
 N.º Pav
 Total m² 105

PREFEITURA MUNICIPAL - PORTO ALEGRE
 S.M.O.V. - D.E.
 LICENCIAMENTO DA CONSTRUÇÃO 2ª FASE
 processo n.º 91898/76
 17/01/77
 CONCLUSÃO 17/01/78

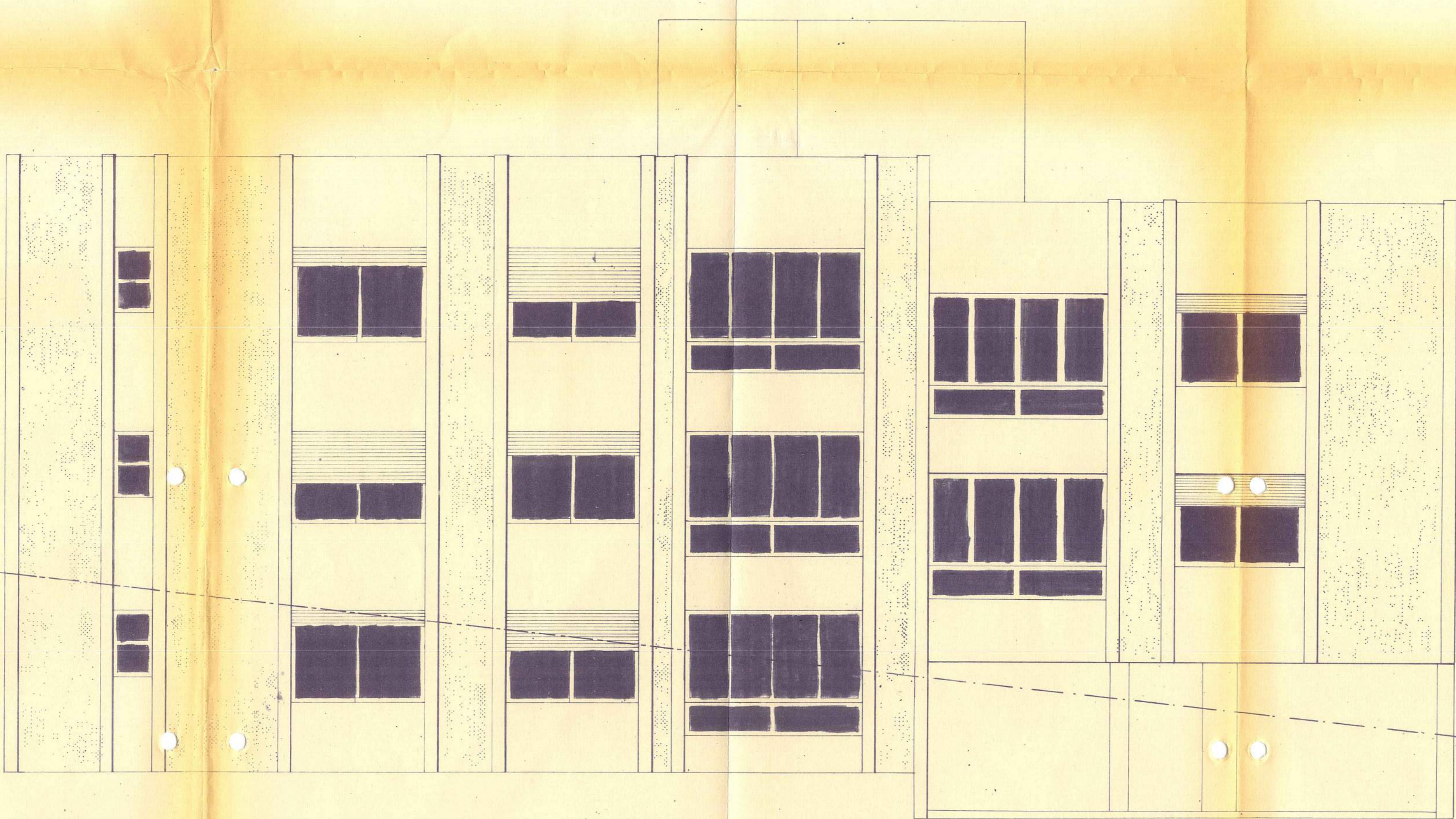
PROJETO	<i>[Signature]</i>	DATA	AGOSTO 76
PROPRIETÁRIO	<i>[Signature]</i>	ESCALA	1:50
CONSTRUÇÃO	<i>[Signature]</i>	DESENHO	
CORTES	A-A e B-B		04

17

ANEXO C - Cortes CC e fachada



CORTE C-C



FACHADA

SERVIÇO DE MAPOTECA - SMT
 NÚMERO { 824/73
 AUTENTICAÇÃO { CARTÓRIO
 PREFEITURA

EDIFÍCIO RESIDENCIAL

~~ESTA PLANTA NÃO PODE SER RETIRADA DO PROCESSO~~

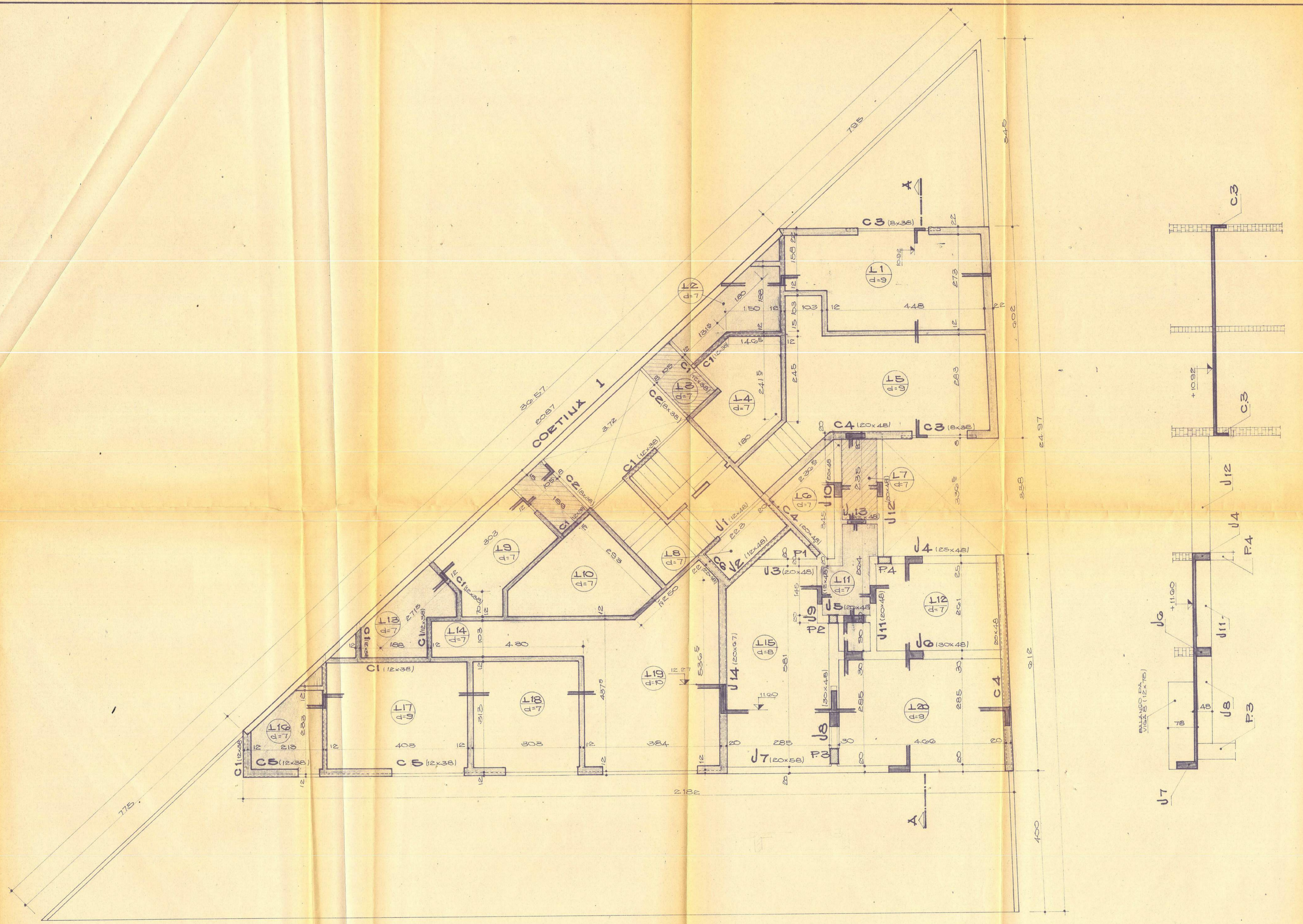
PREFEITURA MUNICIPAL - PORTO ALEGRE
 S.M.O.V. - D.E.U.R.
 APROVAÇÃO DE PROJETO 1.ª FASE
 processo n.º 83638/76
 23/9/76

PREFEITURA MUNICIPAL - PORTO ALEGRE
 S.M.O.V. - D.E.
 LICENCIAMENTO DA CONSTRUÇÃO 2ª FASE
 processo n.º 91859/76
 17/01/77

PROJETO	Luiz Sávio de Moraes Arquiteto - 19070	DATA	AGOSTO 75
PROPRIETÁRIO	J.L. Engenharia e Participações Ltda	ESCALA	1:50
CONSTRUÇÃO		DESENHO	
CORTE CC e FACHADA			05

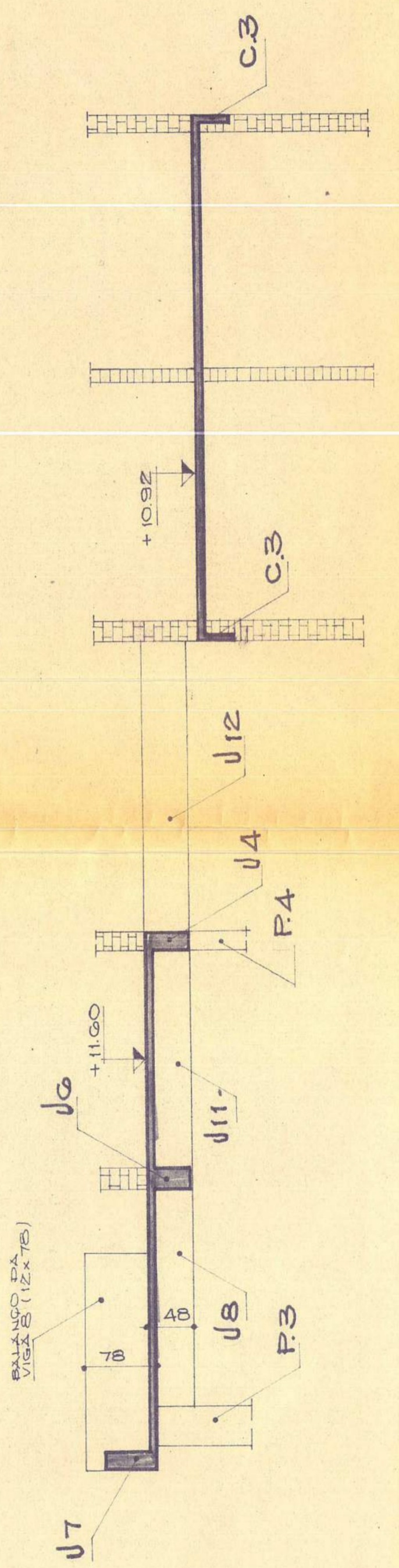
16

ANEXO D - Fôrmas do primeiro pavimento tipo



LEGENDA

- REBAIXO NA LAJE 10CM.
- REBAIXO NA LAJE 20CM.



P. M. - P. A.
 S. M. O. V. DE
 PROCESSO N.º
 VISTO
[Signature]

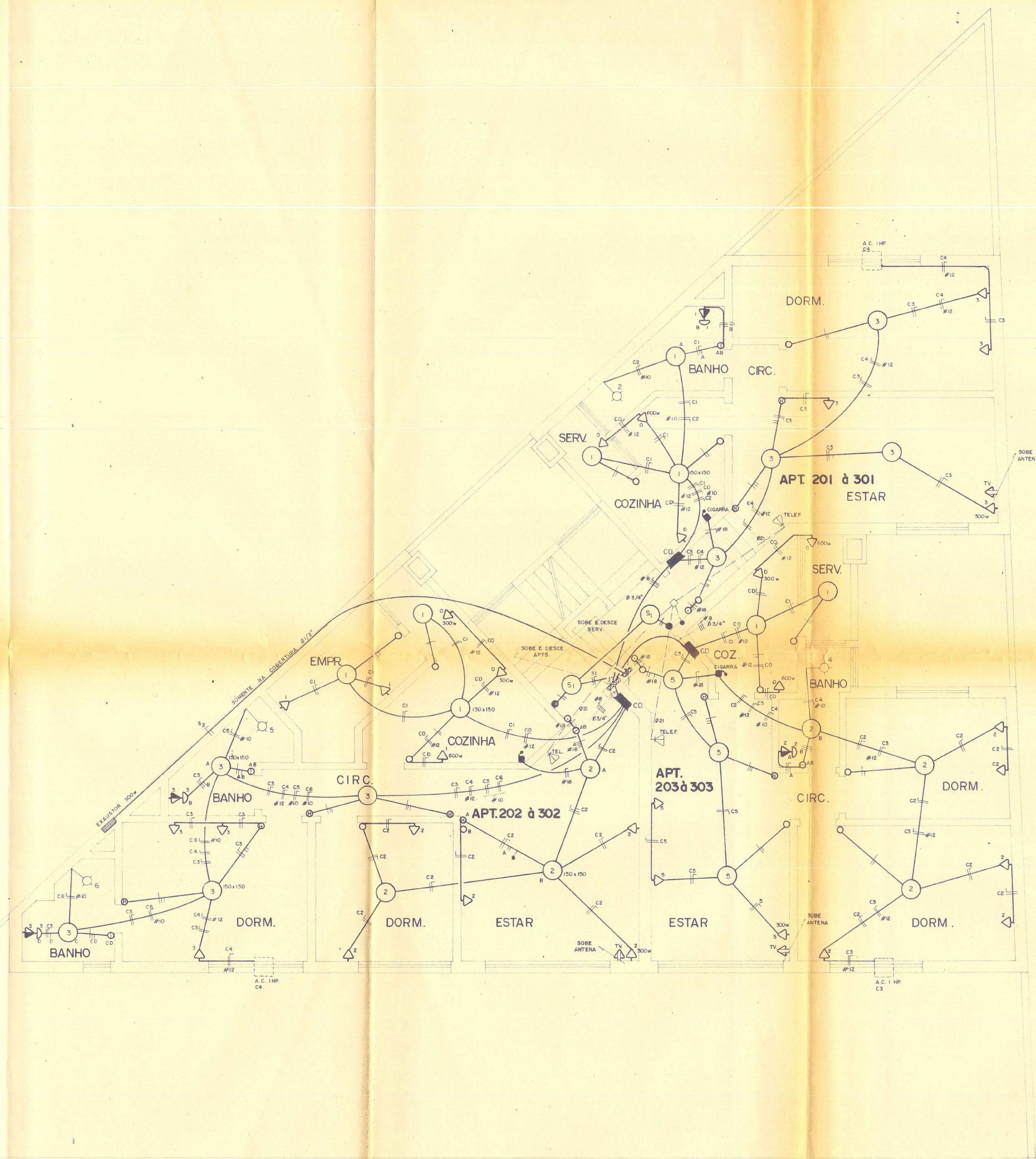
ESTA PLANTA NAO PODE SER RETORNADA AO PROCESSO

CORTE A-A

45

 JAYME PADOIM <small>ENG. CIVIL CREA 10.866</small>	MODIFICAÇÕES OBRA: ED. RESIDENCIAL AV. BAXE 725 ASSUNTO: FORMAS PAVIMENTO TIPO	ESCALA: 1:50 DATA: 1910-76 DES: REL:1 VISTO REV. VISTO CALC.
	RENATO SACHS <small>ENG. CIVIL CREA 12399</small>	O. C. BULO <i>[Signature]</i>

ANEXO E - Projeto elétrico



EDIFÍCIO RESIDENCIAL

AV. BAGÉ 733

P. M. - 1 - 1
 S. M. C. V. DE P.
 REC. 10/76
 19/11/76

PROJETO ELÉTRICO

PROJETO	<i>[Signature]</i> LUIZ GALEMI MOTHY - ARQUITETO - CREA 16.070	DATA	10/76
PROPRIETÁRIO	<i>[Signature]</i> J. J. S. ENR. IMOB. E PARTICIPAÇÕES - S.P.A.	ESCALA	1:50
CONSTRUÇÃO	<i>[Signature]</i> LUIZ GALEMI MOTHY - ARQUITETO - CREA 16.070	DESENHO	CARLOS
PAV. TIPO		PRANCHA	h 02

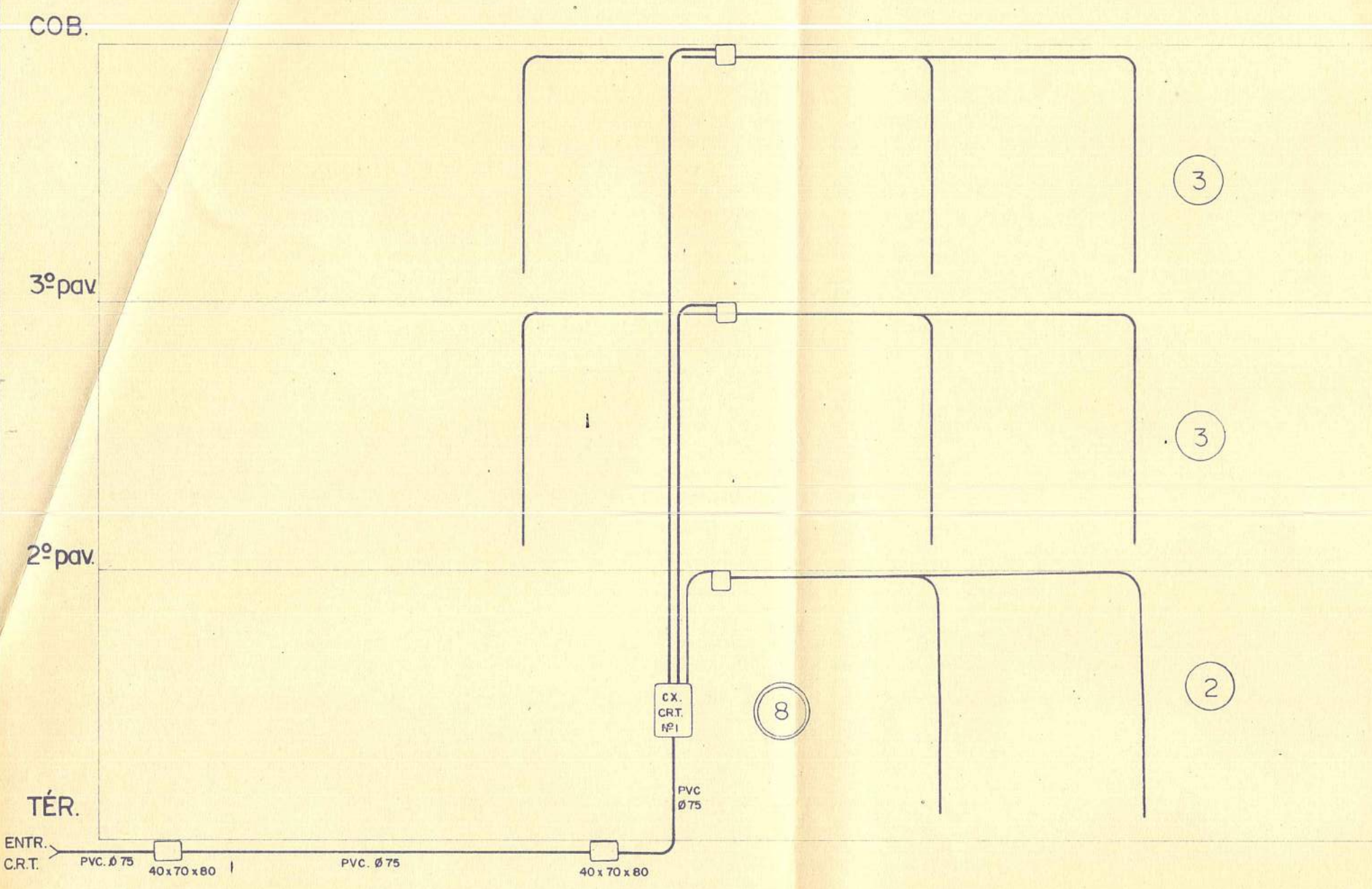
PAV. TIPO - Esc. 1:50

48

ANEXO F - Colunas do projeto elétrico

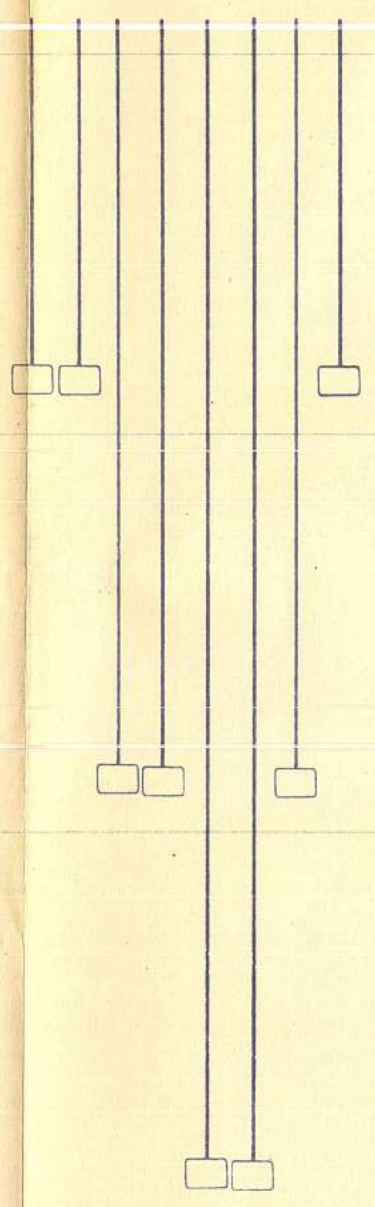
COL. CRT.

NOTAS: CXs NÃO COTADAS 100x100
ELETR " " Ø21
ESPERAS P/TEL. SÃO CXs 100x100

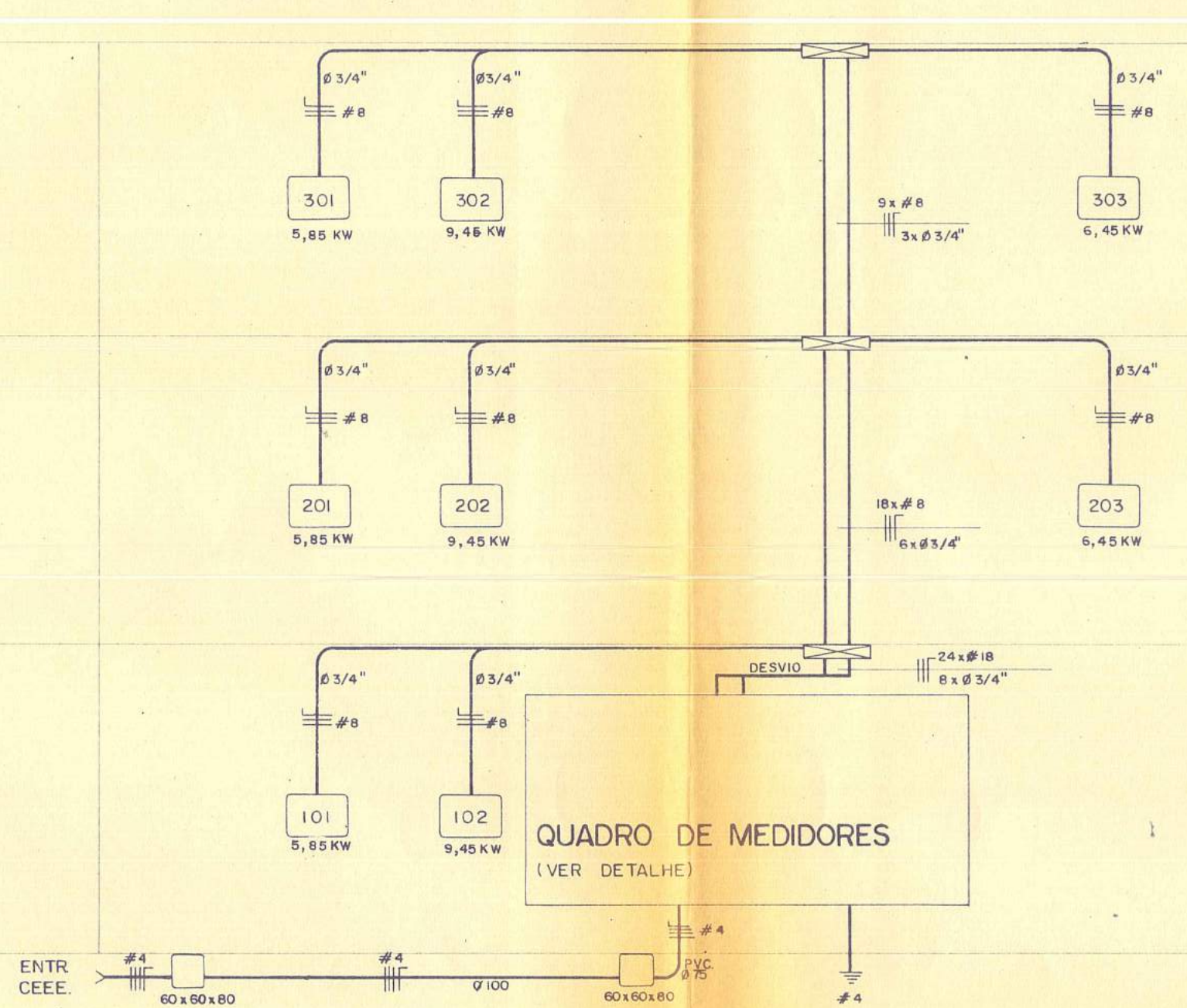


ANTENAS TV.

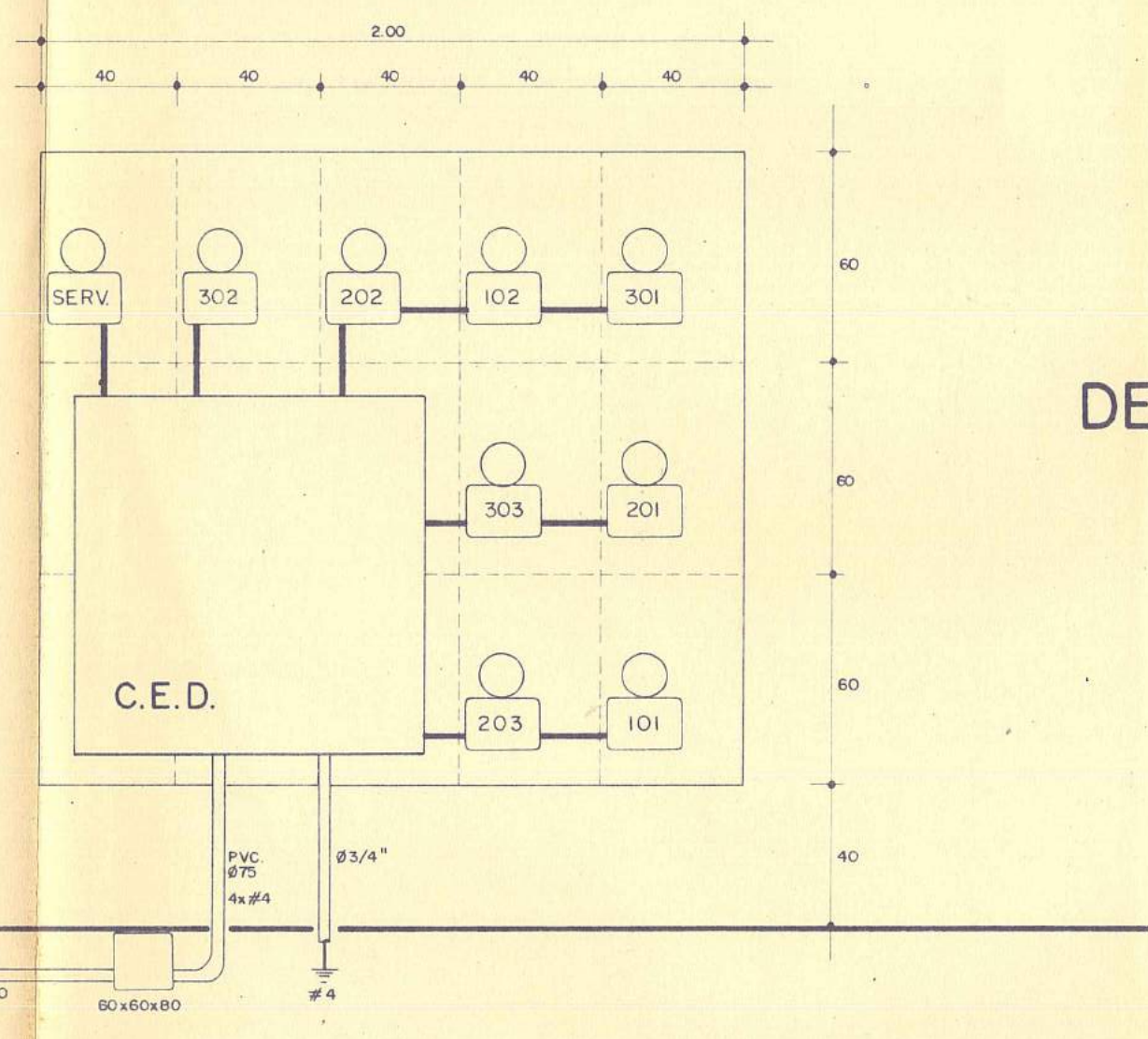
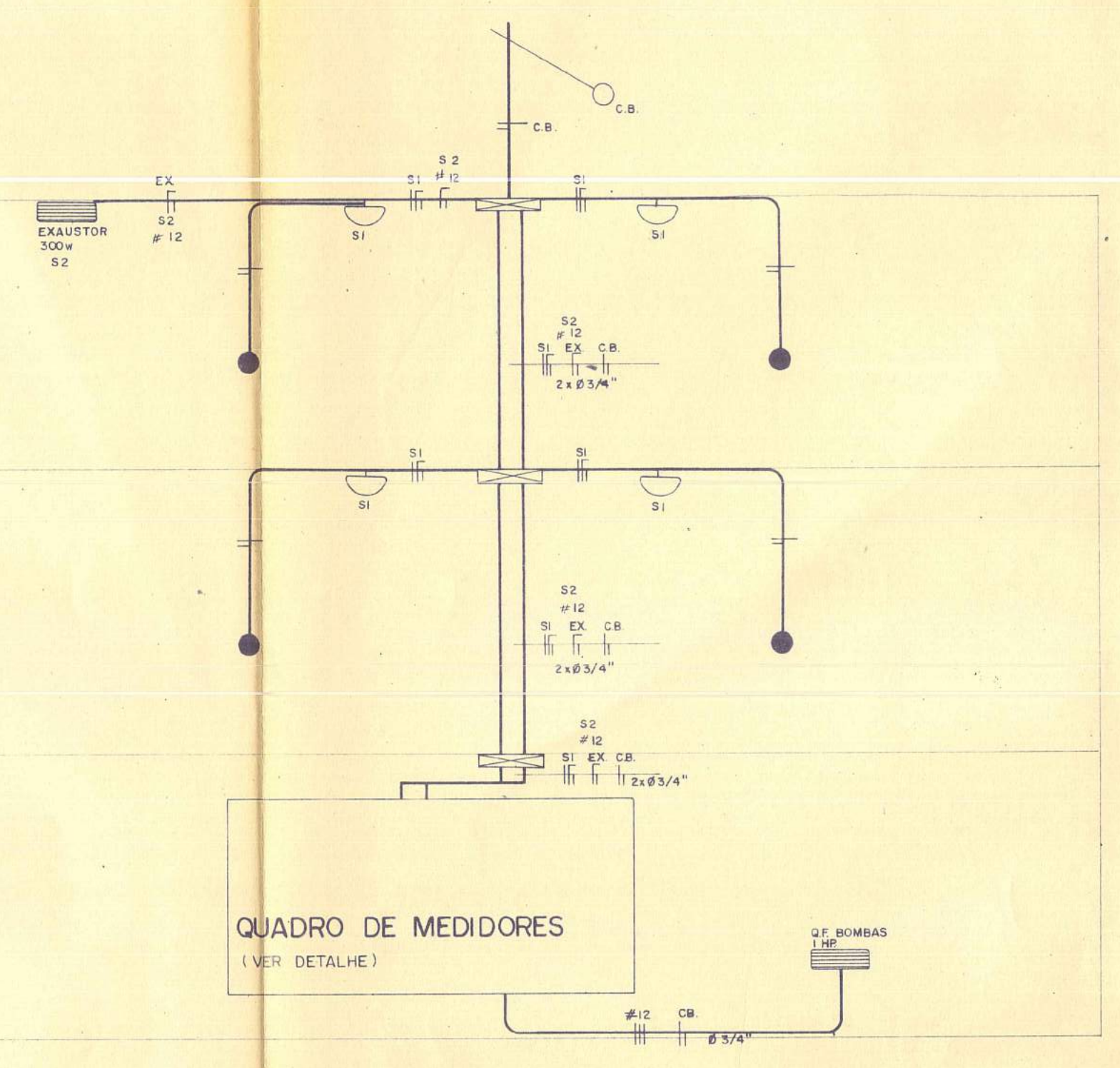
(PVC Ø3/4")



COL. APTS.



COL. SERV.



DET. DE MEDIDORES
Esc. 1:20

EDIFÍCIO RESIDENCIAL

AV. BASSÉ 733

P. M. V. P.
S. M. O. V. DE
PROF. CARLOS
19/11/76

PROJETO ELÉTRICO

PROJETO	<i>[Signature]</i> LUIZ BALduino NUNES - ARQUITETO - CREA 19.070	DATA	10/76
PROPRIETÁRIO	<i>[Signature]</i> S. S. ENFR. IND. E COM. S.A. - ENFR. - ETEN	ESCALA	1:50 1:20
CONSTRUÇÃO	<i>[Signature]</i> LUIZ BALduino NUNES - ARQUITETO - CREA 19.070	DESENHO	CARLOS
COLUNAS			BRANCA h03

47