

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**MATEUS RONCHI ZANELATO  
THIAGO ARTUR MENDES DE SOUZA**

**ESTUDO DA APLICABILIDADE DE SOFTWARES  
BIM NA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS DE  
RESIDÊNCIA UNIFAMILAR**

**VITÓRIA  
2023**

MATEUS RONCHI ZANELATO  
THIAGO ARTUR MENDES DE SOUZA

**Estudo da aplicabilidade de softwares BIM na compatibilização de projetos  
de residência unifamiliar**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.  
Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Campos Rodrigues

VITÓRIA  
2023

MATEUS RONCHI ZANELATO  
THIAGO ARTUR MENDES DE SOUZA

**Estudo da aplicabilidade de softwares BIM na compatibilização de projetos  
de residência unifamiliar**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

**Comissão examinadora:**

---

Prof. Dr. Marcos Antônio Campos Rodrigues  
Orientador

---

Prof. Dra. Karla Moreira Conde  
Examinadora

---

Prof. Dra. Luciana Aparecida Netto de Jesus  
Examinadora

VITÓRIA  
2023

## RESUMO

A indústria brasileira da construção civil é bastante conservativa, se apoiando em tecnologias e sistemas mais tradicionais em prol de uma expertise acumulada e processos mais bem estabelecidos e amplamente aceitos. Apesar das dificuldades encontradas para implantação do *Building Information Modeling*, como a curva de aprendizado dos profissionais e um investimento inicial significativo em *software* e treinamento, além da própria baixa adoção da metodologia por parte das demais empresas de engenharia, os benefícios são por muitas vezes negligenciados. O presente trabalho de conclusão de curso busca explorar o uso da tecnologia *BIM* principalmente no que diz respeito à interoperabilidade e compatibilização entre as diversas disciplinas envolvidas em um projeto de arquitetura e engenharia, pela transformação de um projeto existente documentado em formatos tradicionais de *PDF* e *DWG* em um modelo tridimensional parametrizado compatível com a tecnologia *BIM*. Portanto, a partir de projetos de uma residência de alto padrão elaborados em softwares *CAD* (*Computer Aided Design*), foi realizada a modelagem em software *BIM*. Os projetos arquitetônico, elétrico, hidráulico e sanitário foram modelados utilizando o *Revit v.21*, enquanto que o projeto estrutural foi modelado no *TQS v.22* e então exportado para o *Revit v.21*. Em sequência, foi desenvolvida uma análise de interferência entre os diferentes projetos, utilizando ferramentas *BIM*, a fim de verificar sua importância durante a fase de projetos de uma edificação. Constatou-se a existência de diferentes incompatibilidades entre os projetos arquitetônico e complementares, sendo possível atestar a aplicabilidade da tecnologia tanto para uma modelagem mais integrada quanto para a identificação prévia de conflitos que repercutiriam em etapas já avançadas de uma obra.

Palavras-chave: compatibilização; modelagem; *BIM*; *Revit*.

## **ABSTRACT**

The Brazilian civil construction industry is highly conservative, relying on more traditional technologies and systems in favor of accumulated expertise and well-established, widely accepted processes. Despite the challenges encountered in implementing the Building Information Modeling (BIM), such as the professional's learning curve and significant initial investment in software and training, as well as the limited adoption of the methodology by other engineering companies, the benefits are often overlooked. This final paper aims to explore the utilization of the BIM technology, particularly with regard to the interoperability and compatibilization among the various disciplines involved in an architectural and engineering project, through the transformation of an existing project documented in traditional PDF and DWG formats into a parametric three-dimensional model compatible with the BIM language. Therefore, based on high-end residential projects, developed by Computer-Aided Design (CAD) softwares, the modeling was performed using the BIM technology. The architectural, electrical, hydraulic and sanitary projects were modeled using the Revit v.21, while the structural project was modeled in the TQS v.22 and then exported to the Revit v.21. After, an interference analysis was conducted between the different projects, using BIM tools to verify their significance during the building design phase. Different incompatibilities were identified between the architectural and complementary projects, demonstrating the applicability of the technology for both a more integrated modeling as for the early identification of conflicts that would have repercussions in a far later stage of the construction.

**Keywords:** compatibilization; modeling; BIM; Revit.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dificuldades de implementação do <i>BIM</i> .....	13
Figura 2: Custos de uma edificação.....	16
Figura 3: O <i>BIM</i> no processo de construção. ....	22
Figura 4: Dimensões do <i>BIM</i> .....	24
Figura 5: Níveis de desenvolvimento ( <i>LOD</i> ). ....	25
Figura 6: Processo de compatibilização por sobreposição de projetos em 2D.....	31
Figura 7: Sobreposição de projetos para compatibilização em <i>BIM</i> . ....	32
Figura 8: <i>Layout</i> do <i>Software Autodesk AutoCAD 2020</i> . ....	34
Figura 9: <i>Layout</i> do <i>Software Autodesk Revit 2021</i> . ....	35
Figura 10: <i>Layout</i> do <i>Software TQS</i> . ....	36
Figura 11: Planta baixa do pavimento térreo.....	39
Figura 12: Planta baixa do pavimento superior.....	39
Figura 13: Planta de cobertura.....	40
Figura 14: Corte transversal. ....	40
Figura 15: Renderização da fachada.....	41
Figura 16: Modelo arquitetônico da fachada, no <i>Revit</i> .....	42
Figura 17: Modelo arquitetônico dos fundos, no <i>Revit</i> . ....	42
Figura 18: Região da escada projetada. ....	43
Figura 19: Região da escada modificada. ....	44
Figura 20: Esquema de laje treliçada com EPS.....	45
Figura 21: Modelo estrutural no <i>TQS</i> . ....	46
Figura 22: Detalhamento da viga VP12. ....	46
Figura 23: Modelo estrutural importado pelo <i>Revit</i> .....	47
Figura 24: Projeto elétrico do pavimento térreo.....	48
Figura 25: Projeto de comunicações do pavimento térreo. ....	49
Figura 26: Modelagem do projeto elétrico da sala de estar do pavimento térreo.....	49
Figura 27: Representação da modelagem da sala de estar em planta.....	50
Figura 28: Modelo final do pavimento térreo.....	50
Figura 29: Modelo final do pavimento superior.....	51
Figura 30: Projeto de água fria e água quente - plantas pavimento superior.....	52
Figura 31: Vista geral do modelo dos sistemas hidráulicos de água fria e quente. ....	53
Figura 32: Vista isométrica da modelagem dos banheiros do pavimento superior.....	54

Figura 33: Projeto sanitário – plantas do térreo e pavimento superior.....	55
Figura 34: Vista geral de modelagem do sistema sanitário de esgoto e água pluvial. ....	56
Figura 35: Planta baixa do esgoto do banheiro do pavimento térreo. ....	57
Figura 36: Vistas isométrica (a) e em corte (b) da modelagem do esgoto do banheiro do pavimento térreo. ....	57
Figura 37: Seleção de categorias na ferramenta de verificação de interferências. ....	58
Figura 38: (a) Componentes elétricos sobrepondo um pilar estrutural e (b) relatório gerado decorrente desta interferência. ....	59
Figura 39: Relatório de interferências entre o arquitetônico e estrutural. ....	60
Figura 40: Sobreposição de moldura da janela com pilar. ....	61
Figura 41: Planta baixa da região da varanda. ....	62
Figura 42: Renderização da região da varanda. ....	62
Figura 43: Projeto elétrico da região da escada, no <i>AutoCAD</i> . ....	63
Figura 44: Modelagem do projeto elétrico na região da escada. ....	64
Figura 45: Vista em planta do lavabo térreo no projeto sanitário original. ....	64
Figura 46: Modelagem das conexões de água pluvial no lavabo térreo. ....	65
Figura 47: Vigas expostas na fachada. ....	66
Figura 48: Viga apoiando-se apenas em um pequeno segmento da seção. ....	67
Figura 49: Ressonância no banheiro causado por viga invertida. ....	68
Figura 50: (a) indicação do tubo de queda e (b) vista tridimensional da tubulação de ventilação exposta. ....	69
Figura 51: Categorias utilizadas na verificação de pilares e pontos elétricos. ....	70
Figura 52: Resultado da verificação de interferências entre pilares e pontos elétricos. ....	70
Figura 53: (a) Caso de interferência mínima entre o pilar e a tomada, e (b) caso de sobreposição completa. ....	71
Figura 54: Conflito com a passagem dos joelhos 90° na quina das áreas de banheiro. ....	72
Figura 55: Conflitos na passagem de tubulação dentro de pilares estruturais. ....	73
Figura 56: Conflito entre tubulações e blocos de fundação. ....	74
Figura 57: Caixa sifonada conflitando com bloco de fundação. ....	74

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Falhas nas edificações (%). .....	18
Tabela 2: Quadro de esquadrias das janelas. ....	41
Tabela 3: Relação de projetos base e vinculados. ....	59



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
1.1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA .....	11
1.2 OBJETIVOS .....	16
1.2.1 OBJETIVOS GERAIS .....	16
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
1.3 DELIMITAÇÃO / LIMITAÇÃO .....	17
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>17</b>
2.1 PROJETO .....	17
2.2 BIM.....	21
2.3 COMPATIBILIZAÇÃO .....	28
2.4 AUTODESK AUTOCAD .....	33
2.5 AUTODESK REVIT .....	34
2.6 TQS.....	36
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>37</b>
3.1. SELEÇÃO .....	37
3.2. PROJETOS .....	38
3.2.1. PROJETO ARQUITETÔNICO .....	38
3.2.2. PROJETO ESTRUTURAL.....	44
3.2.3. PROJETO ELÉTRICO .....	47
3.2.4. PROJETO HIDRÁULICO .....	51
3.2.5. PROJETO SANITÁRIO .....	54
3.3. COMPATIBILIZAÇÃO E ANÁLISE .....	58
3.3.1. SOFTWARE .....	58
3.3.2. RELATÓRIO DE INTERFERÊNCIAS .....	59
3.3.3. SELEÇÃO.....	60
<b>4 ANÁLISE DE INTERFERÊNCIAS .....</b>	<b>61</b>
4.1. VERIFICAÇÃO PRELIMINAR .....	61
4.2. VERIFICAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS.....	65
4.2.1. VIGAS X ARQUITETÔNICO .....	66
4.2.2. TUBULAÇÃO X ARQUITETÔNICO.....	68
4.2.3. PILARES X PONTOS ELÉTRICOS.....	69
4.2.4. CONEXÃO HIDRÁULICA X PILARES .....	71
4.2.5. TUBULAÇÃO X PILARES .....	72
4.2.6. TUBULAÇÃO DE ESGOTO E ÁGUA PLUVIAL X FUNDAÇÃO.....	73

4.2.7. CAIXA SANITÁRIA X FUNDAÇÃO.....	74
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>75</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO A – Projetos arquitetônico e complementares do estudo de caso .....</b>	<b>88</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTO E JUSTIFICATIVA

A indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) está em constante desenvolvimento desde seu surgimento. Inicialmente, todos os projetos eram realizados de maneira manual, dificultando o compartilhamento de informações em tempo real e apresentando erros usuais e uma grande dificuldade de modificações e trabalho integrado.

Com a chegada da tecnologia *CAD (Computer-Aided Design)*, os desenhistas passaram a ter mais liberdade durante a execução de um projeto, assim como uma maior facilidade para o armazenamento e controle dos arquivos. Porém, a etapa de finalização de projetos se manteve segmentada, com uma comunicação e integração ainda baseada em papéis (EASTMAN et al., 2008). Desse modo, mesmo fazendo uso de programas *CAD*, permaneceu a necessidade de alterações individuais entre os diversos desenhos e pranchas, sendo esta uma das principais desvantagens da documentação em 2D, uma vez que acarreta perda da eficácia do desenvolvimento de projetos (JUNIOR, 2018). Além disso, a grande quantidade de informações fragmentadas a serem analisadas e processadas dificulta o andamento da gestão da construção tradicional, prejudicando o gerenciamento eficiente das obras. Fora as dificuldades relacionadas com este controle, a gestão dos processos de implantação de projetos possui um alto custo, além de ser um trabalho sujeito a erros e com modificações frequentes (EASTMAN et al., 2008).

A procura por novas tecnologias, visando assessorar no desenvolvimento da industrialização e amplificar o controle de obras, se tornou mais evidente nos dias de hoje, visto que o mercado ficou cada vez mais competitivo e a exigência por processos mais sustentáveis é incontestável (SENA; FERREIRA, 2015). Desse modo, metodologias inovadoras, como o *BIM (Building Information Modeling)*, vêm sendo cada vez mais aceitas e implementadas pelo mercado da AEC mundial. Eastman et al. (2008) retrata o *BIM* como uma filosofia, sendo esta capaz de englobar cada parcela da AEC na construção virtual de um modelo, simulando a edificação real que será construída, com exatidão e fidelidade. O modelo é dotado de dados e informações relevantes para o processamento de atividades relacionadas, como orçamentos, cálculos energéticos, previsão de insumos e ações a serem tomadas em todas as fases de construção, até mesmo durante a sua utilização. A metodologia *BIM* manifesta uma elevada capacidade de aprimoramento dos processos de construção e das suas mais variadas etapas, possibilitando não somente a realização de testes, acrescentando ou retirando informações, mas

também permitindo a visualização do produto final como um todo (SANTOS; ANTUNES; BALBINOT, 2014).

Outros benefícios decorrentes da implantação do *BIM* em empresas, e sua adoção pelos profissionais de engenharia, estão relacionados com uma melhor visualização pelo cliente, melhoria no processo de ajustes e correções, maior praticidade na execução de compatibilização de projetos e verificação de interferências, redução de imprecisões e conseqüentemente despesas, elevada interoperabilidade, resultando em melhor sincronia entre compras e construção, e também possibilitando o trabalho integrado entre as diversas disciplinas de projetos, além das áreas de construção e fornecimento (STEHLING; ARANTES, 2014).

O *BIM* promove, além da adoção de novos programas e técnicas, a mudança da mentalidade dos profissionais envolvidos nas etapas de projeto e construção. Desse modo, mesmo diante várias tecnologias e *softwares*, a metodologia por ele introduzida ganha uma visibilidade especial (SOARES, 2013). Esta transformação do meio de trabalho, tradicionalmente fundamentado em um ambiente de *CAD 2D*, para um que faz uso da modelagem da informação em *3D* abrange muito mais do que capacitar profissionais e adquirir *softwares*, compreende também mudanças que envolvem toda a organização e esquema de negócios de uma empresa (KOELLN, 2015).

Sendo um novo processo, diferente do convencional e com grande dimensão, é de se presumir que, para uma melhor implantação do *BIM*, seja necessário uma série de modificações na forma de trabalho usual praticada pelas empresas de engenharia e construção. O método auxilia e simplifica a colaboração entre os profissionais envolvidos, porém, para isso, são necessárias mudanças em contratos e adaptações por parte dos agentes responsáveis, procurando nivelar as retribuições e também obrigações (SANTOS, 2012).

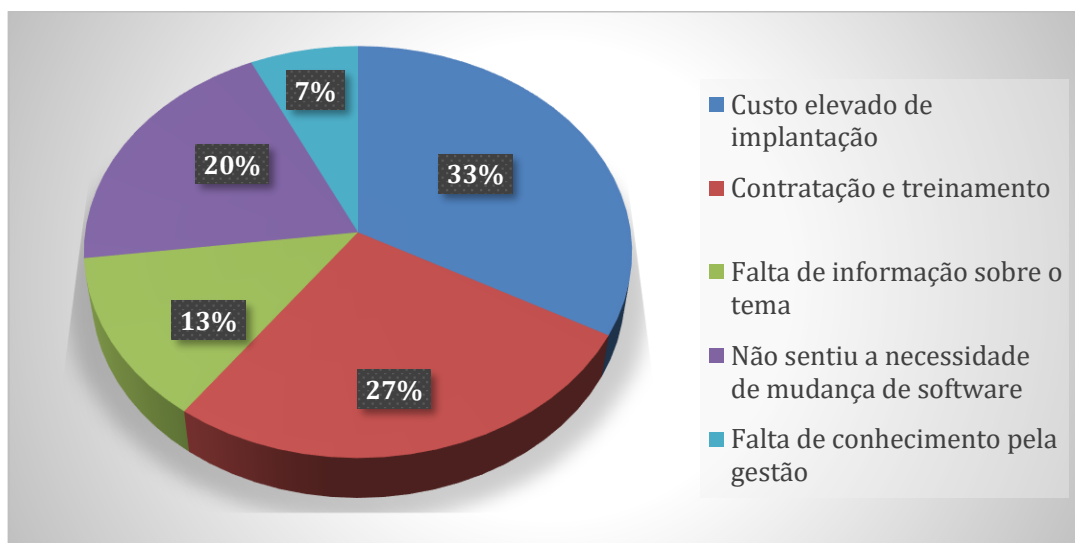
Neste aspecto, um dos maiores progressos tecnológicos do campo da construção civil pode ser visto como a introdução da Modelagem de Informação da Construção (SENA; FERREIRA 2015). Todavia, sua correta implantação e concretização talvez dependa essencialmente mais de uma mudança cultural em si (MASOTTI, 2014).

A partir do final do século XX, o segmento da construção civil nas empresas brasileiras veio passando por mudanças a medida em que o *BIM* foi ganhando espaço (MENEZES 2011). Com base em um estudo conduzido em 2013, ficou evidente que o maior motivo para a adoção da metodologia *BIM* por parte das empresas seria a facilidade de alterações em projetos, chegando a uma maioria de 75% dos entrevistados. Outros fatores comentados estavam

relacionados com a melhor apresentação dos projetos aos clientes, maior nível de detalhamento, elevado retorno de capital e redução no prazo de entrega de projetos (CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIM, 2013).

Em 2012, os Estados Unidos da América apresentaram um aumento de 71% no uso do *BIM*, assim como também houve uma elevação nos índices de utilização em outros países estrangeiros, principalmente nos europeus. O Brasil, por sua vez, exibiu uma baixa difusão da metodologia, sendo pouquíssima utilizada no meio profissional (WANDERLEY; LORDSESLEEM; MELHADO, 2017). A modelagem da informação ainda não foi totalmente aceita pelo mercado brasileiro, uma vez que os programas relacionados apresentam um custo elevado, além de existir um déficit de profissionais capacitados na área de desenvolvimento de projetos em *BIM* (MENEZES, 2011). Uma pesquisa realizada por Alves et al. (2019) com 18 empresas do ramo de projetos e construção civil da região da Grande Vitória, no Espírito Santo, ilustra melhor os principais motivos para a dificuldade da implantação da tecnologia. Os dados desta pesquisa estão expressos na Figura 1.

Figura 1: Dificuldades de implementação do *BIM*.



Fonte: adaptado de Alves et al. (2019)

Além disto, quando o seu emprego é estritamente necessário, os engenheiros contratam empresas terceirizadas para a execução do serviço, não sendo necessário que os mesmos se adequem ao novo mercado que começa a ser imposto (FERREIRA, 2017). Assim, passou a ser necessário a intervenção do governo, através de medidas e decretos, para impulsionar a

implementação desta nova tecnologia no mercado nacional, uma vez que é notória a preferência pelo uso do tradicional *CAD* pela maioria dos profissionais e organizações da AEC do Brasil (KASSEM; AMORIN, 2015).

Desse modo, foi composto o Decreto Federal Nº9.983, de 22 de agosto de 2019, que dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling* e institui o Comitê Gestor da Estratégia do *Building Information Modeling*. Além disso, através do Decreto Federal Nº10.306, de 2 de abril de 2020, foi estabelecida a utilização do *BIM* na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modeling*. Este decreto instituiu a implementação do *BIM* segmentada em três fases, exigindo sua utilização no desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia referentes a construções novas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de grande relevância para a sua disseminação. A segunda etapa iniciará a partir de 1º de janeiro de 2024, ampliando as exigências iniciais, enquanto a terceira se dará em 1º de janeiro de 2028, visando a utilização das tecnologias *BIM* em sua totalidade.

Dentre todos os fatores relacionados com o conceito de *BIM*, um dos principais é a capacidade de colaboração e comunicação entre os arquivos e *softwares*, possibilitando e facilitando a compatibilização antes mesmo de serem iniciadas as obras. O processo de compatibilização pode ser entendido como a sobreposição de projetos de diferentes especialidades – arquitetônico, hidrossanitário, elétrico e estrutural – de maneira a encontrar interferências, para que sejam estudadas e então resolvidas (NAKAMURA, 2011).

De acordo com Nakamura (2011), é essencial verificar as possíveis inconsistências ao analisar os diferentes projetos de uma obra como um todo, buscando realizar entregas em prazos menores, possibilitando uma execução mais rápida, diminuir o retrabalho e minimizar os custos. A compatibilização tem por finalidade a resolução dos conflitos ocasionados pela fragmentação do mercado da construção civil e seus vários projetos, realizando a interface entre as grandes áreas de desenvolvimento (REDAÇÃO AECWEB / E-CONSTRUMARKET, 2013).

Sousa (2010) declara que o melhor meio para solucionar com eficácia os maiores problemas relacionados com as incompatibilidades físicas, a redução da funcionalidade e a perda de recursos, que são algumas das principais dificuldades decorrentes da segregação do ramo de edificações, é através da utilização deste processo de compatibilização.

Esta fragmentação das disciplinas, que por sua vez deveriam originar um produto final unificado, é decorrente do processo tradicional de desenvolvimento de projetos. Este processo que é realizado por profissionais que não possuem uma perspectiva geral da criação da obra e não se atentam às repercussões em outras áreas, operando somente em suas próprias particularidades. Desse modo, o produto final é um conjunto de projetos que, como um todo, pode ser considerado como de baixo nível (MELHADO et al., 2005).

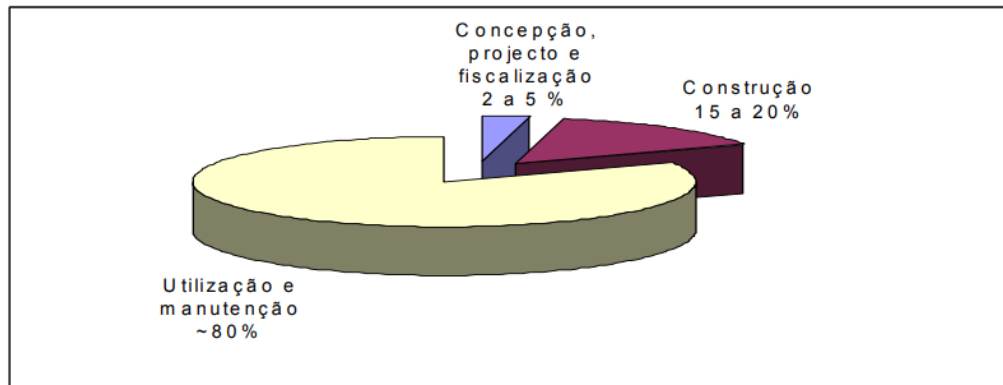
Através de várias pesquisas é confirmado o descaso com os processos relacionados com a garantia da qualidade dos projetos da área de engenharia civil, mais voltados para a construção de edificações. Este fato se refere principalmente ao mercado das pequenas empresas. Além disso, a etapa de compatibilização costuma ser efetuada de maneira leviana durante a realização da obra, ou com conferências esporádicas e sem controle a medida em que os projetos são desenvolvidos (SOLANO, 2005).

Outros estudos realizados em vários países que possuem um controle mais rígido quanto a elaboração de projetos afirmam que o gasto necessário para a manutenção das construções atingidas por patologias está relacionado com situações onde ocorreram omissões ou equívocos de projetos, chegando até 50% dos custos totais envolvidos. Assim, é de fácil reconhecimento que os descuidos por parte dos projetistas e gerentes são convertidos em perda da vida útil das edificações, assim como desequilíbrio orçamentário. Portanto, estes estudos determinam que o cuidado e a preocupação com o desenvolvimento de projetos de qualidade induzem diretamente na precificação das obras originais, mas também nas quantias necessárias para a realização de manutenções preventivas e corretivas durante todo o ciclo de vida das construções (COUTO, COUTO, 2007).

Silva e Soares (2003, p. 2) discorrem sobre os custos relacionados com o desenvolvimento de um edifício, afirmando que:

Se se contabilizar a totalidade dos custos envolvidos por um edifício, desde a sua concepção à sua demolição, a fase inicial de concepção, projeto e construção representa apenas 15 a 20%. Os outros 80 a 85% são custos de utilização e manutenção. Da parcela correspondente à concepção, projeto e construção, apenas uma pequena percentagem, da ordem dos 10 a 20%, é gasta em concepção, projeto e fiscalização, sendo os restantes 80 a 90% gastos na construção (Figura 2). Isto significa que apenas cerca de 3% dos custos totais envolvidos pela construção e exploração de um edifício correspondem à concepção, projeto e fiscalização. No entanto, a qualidade do projeto é primordial para a redução dos custos ao longo da vida útil do edifício.

Figura 2: Custos de uma edificação.



Fonte: Silva; Soares (2003)

Já Santos (2013) complementa que a aplicação da compatibilização pode ocasionar uma redução nos gastos de até 10% nas despesas da obra, enquanto o seu custo de implantação varia de 1% a 1,5%. Esta redução está ligada com a contenção dos retrabalhos, baixo desperdício de materiais e, principalmente, com a diminuição do cronograma de execução de obra.

Segundo Eastman et al. (2008), o método mais utilizado para a realização da determinação de interferências entre os vários projetos de diferentes disciplinas se dava através da sobreposição das camadas, onde os vários desenhos em *CAD 2D* são posicionados manualmente um sobre o outro para que possa ser feita a análise de incompatibilidades, processo que perdura até hoje.

Desse modo, a tecnologia *BIM* pode trazer um grande avanço através da utilização de um modelo inteligente 3D, construído virtualmente, possibilitando um estudo mais eficaz e preciso das incompatibilidades presentes. Esta modelagem da informação favorece um ambiente integrador que auxilia na etapa de construção e desenvolvimento de projetos, além de armazenar e gerenciar dados relevantes para a análise da edificação, sejam eles geométricos ou não (SOUSA, 2010).

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 OBJETIVOS GERAIS

Realizar a compatibilização de projetos arquitetônico e complementares de uma edificação residencial para identificação de conflitos e interferências em fase de projeto com o uso de ferramentas *BIM*, visando estudar as vantagens no uso da tecnologia frente às formas convencionais de modelagem bidimensional e não-parametrizada. Assim, será verificada a



precisão dessas ferramentas no que se refere a interoperabilidade do modelo e sua aplicação em um projeto completo de construção civil.

### 1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Reunir arquivos de projeto completo de uma edificação em modelo de *Autodesk AutoCAD* ou *PDF*, a fim de serem usados como base para a modelagem em *BIM*;
- Utilizar os *softwares Autodesk Revit* e *TQS* para realizar a modelagem em *BIM* dos seguintes projetos: arquitetônico, estrutural, de instalações hidráulicas de água fria e água quente, de instalações sanitárias e de instalações elétricas.
- Usar as ferramentas do *software Revit* para realizar a compatibilização entre projetos e identificar as possíveis interferências físicas encontradas;
- Analisar as interferências a fim de aferir a gravidade e complexidade dos conflitos encontrados, além da repercussão da identificação prévia ainda na fase de projeto.

### 1.3 DELIMITAÇÃO / LIMITAÇÃO

A modelagem *BIM* realizada para os fins desse trabalho se limitam, a princípio, ao modelo físico tridimensional dos projetos da edificação, sendo inclusas modelagem arquitetônica, de elementos estruturais, tubulações de água fria e esgoto, componentes e conduítes elétricos, além de outros elementos essenciais para a identificação de interferências físicas. Não estão incluídas na análise: metodologias de dimensionamento, listagem de quantitativos, cálculo estrutural e afins.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 PROJETO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas define, na NBR 16636-1: *Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos - Parte 1: Diretrizes e terminologia* (2018, p. 11), projeto pela:

representação do conjunto dos elementos conceituais, desenvolvida e elaborada por profissional habilitado, necessária à materialização de uma ideia, realizada por meio de princípios técnicos e científicos, visando à consecução de um objetivo ou meta, adequando-se aos recursos disponíveis, leis, regramentos locais e às alternativas que conduzam à viabilidade da decisão.

Para que um projeto de construção seja bem-sucedido, se faz necessário o gerenciamento de diferentes recursos, como materiais, mão-de-obra, equipamentos e capital, que podem ser limitados e restritos; e tal planejamento, por sua vez, depende da eficiência do modelo computacional utilizado (SANTO et al., 2009).

Segundo Jovanovichs e Mounzer (2021), o mercado da construção se adaptou a mudanças ao longo dos anos, sendo possível notar que as circunstâncias que transformam o desempenho do trabalho dependem do contexto socioeconômico. A necessidade do atendimento a crescentes demandas levou a uma mentalidade mais industrial, e a perda de profissionais com conhecimentos generalizados das fases de uma obra (COSTA, 2013).

Em razão da especialização de cada profissional em sua respectiva área, houve crescente segmentação dos projetos, com necessidade de aperfeiçoamento das técnicas para colaboração, assim como o agravamento dos erros construtivos (GONÇALVES JUNIOR, 2016). Rodriguez (2001) aponta que a maior quantidade de falhas na construção de edificações vem de problemas relacionados ao projeto, como visto na Tabela 1.

Tabela 1: Falhas nas edificações (%).

ORIGEM DAS FALHAS DAS EDIFICAÇÕES	
Fases da Obra	Porcentagem do total de falhas (%)
Projeto	40 a 45
Execução	25 a 30
Materiais	15 a 20
Uso	10

Fonte: Rodríguez (2001)

Para Mikaldo (2006), os projetos começam a apresentar diversas incompatibilidades provenientes do processo de terceirização de serviços. Tal caráter multidisciplinar dos projetos de construção torna importante a compatibilização que, segundo Jovanovichs e Mounzer (2021), caracteriza-se pela prática do confronto dos inúmeros elementos pela junção das diversas especialidades que compõe os projetos.

Por volta da década de 1960, o desenho manual dava lugar aos primeiros programas computacionais, em vista da grande demanda e necessidade de maior integração entre as disciplinas dos projetos e, para Scheer et al (2007), a adaptação dos profissionais ao uso do computador marcou grande inovação nessa indústria. Ayres Filho (2009), afirma que a

abordagem de modelagem geométrica foi introduzida junto com os programas iniciais de projeção digitalizada.

Posteriormente, as pressões atuantes na indústria levaram ao conceito de modelagem do produto, cujo principal objetivo fazia menção ao agrupamento das características espaciais, como forma, dimensão e posição junto a especificações não-geométricas, tais como custo, resistência, peso. Já em 1980, surgiu o termo *BIM*, que representa a reunião de dados genéricos ao longo do ciclo de vida de um empreendimento (KALE e ARDITI, 2005).

Devido a segmentação das disciplinas mencionada anteriormente, um empreendimento conta com diferentes frentes de projetos, alguns dos principais sendo: arquitetônico, estrutural e de instalações, divididos em elétrico, hidráulico e sanitário (ou hidrossanitário), cada qual abrangido por normas técnicas específicas.

Segundo NBR 16636-2: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos - Parte 2: Projeto Arquitetônico (2017):

O projeto de concepção arquitetônica da edificação abrange a determinação e a representação dos ambientes e seus compartimentos, seus elementos, componentes e materiais da edificação, com sua organização, agenciamento, definição estética e ordenamento do espaço construído para uso humano ou representativo, de cunho cultural ou monumental.

A NBR 16636-2 (2017) caracteriza como elementos da edificação: fundações, estruturas, instalações elétricas, hidráulicas e sanitárias, entre outros, fazendo-se necessário contínuo inter-relacionamento de interdependências entre as especialidades envolvidas em cada etapa do projeto arquitetônico. Entre estas fases e etapas designadas pela norma está a fase de planejamento, na qual são definidas previamente as especialidades e em que etapas elas participam. Já a fase de elaboração e desenvolvimento de projetos técnicos compreende determinação e representação prévia da apresentação arquitetônica de edificação, desenvolvida por intermédio de coordenação e orientação geral dos projetos de todos elementos da edificação, sistemas prediais, componentes construtivos e especificações de materiais, agregando em um projeto completo de edificação através do processo de sua compatibilização.

Entre as etapas compreendidas na fase de elaboração e desenvolvimento estão levantamento de dados, programa de necessidades, estudo de viabilidade, anteprojeto arquitetônico, estudo preliminar dos projetos complementares até a fase de projeto executivo arquitetônico e complementares, abrangendo ainda a documentação conforme construído (*as built*). Dentre os documentos técnicos que devem ser apresentados com o projeto arquitetônico

estão planta geral de implantação, plantas, cortes e elevações de diferentes ambientes, entre outros.

O projeto estrutural, de acordo com a NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento (2014), constitui-se de desenhos, especificações e critérios – constantes nos próprios desenhos ou em documentação separada – que contenham informações claras, corretas, consistentes entre si e com as exigências estabelecidas em norma. Dessa forma, deve proporcionar as informações necessárias para a execução da estrutura juntamente com projetos complementares como de escoramento e fôrmas. Ainda segundo a norma, os requisitos de qualidade estabelecidos referentes à capacidade resistente, ao desempenho em serviço e à durabilidade da estrutura devem ser atendidos pela solução estrutural adotada em projeto, e “a qualidade da solução [...] deve ainda considerar as condições arquitetônicas, funcionais, construtivas, estruturais e de integração com os demais projetos (elétrico, hidráulico [...] e outros)”.

Dentre os projetos de instalações prediais está o projeto elétrico, que descreve e detalha o sistema, listando componentes essenciais para instalação, pontos de utilização, entre outros itens pertinentes para a distribuição de energia. De acordo com a NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão (2004), o projeto deve conter, obrigatoriamente, plantas, esquemas unifilares e outros, quando aplicáveis, detalhes de montagem quando necessários, memorial descritivo da instalação, especificação dos componentes, parâmetros entre outros.

Outro sistema predial vem do projeto hidráulico, que deve conter, segundo a NBR 5626: Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção (2020): premissas de cálculos, métodos/critérios de dimensionamento, memorial descritivo, pressões de trabalho, fontes de abastecimento de água, previsão de dispositivos de segurança, desenhos, detalhes e diagrama vertical, entre outros elementos. Feito por profissional habilitado, os sistemas prediais de água fria e água quente devem ser projetados de modo a garantir determinados requisitos durante a vida útil de projeto, como preservar a potabilidade da água, assegurar o fornecimento de forma contínua em quantidades adequadas e pressões compatíveis com o funcionamento previsto dos aparelhos e peças, considerar acesso para verificação e manutenção e fornecer setorização adequada do sistema de distribuição.

Já o sistema predial de esgoto sanitário tem os requisitos definidos na NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução (1999), que estabelece por função básica “coletar e conduzir os despejos provenientes do uso adequado dos aparelhos sanitários a

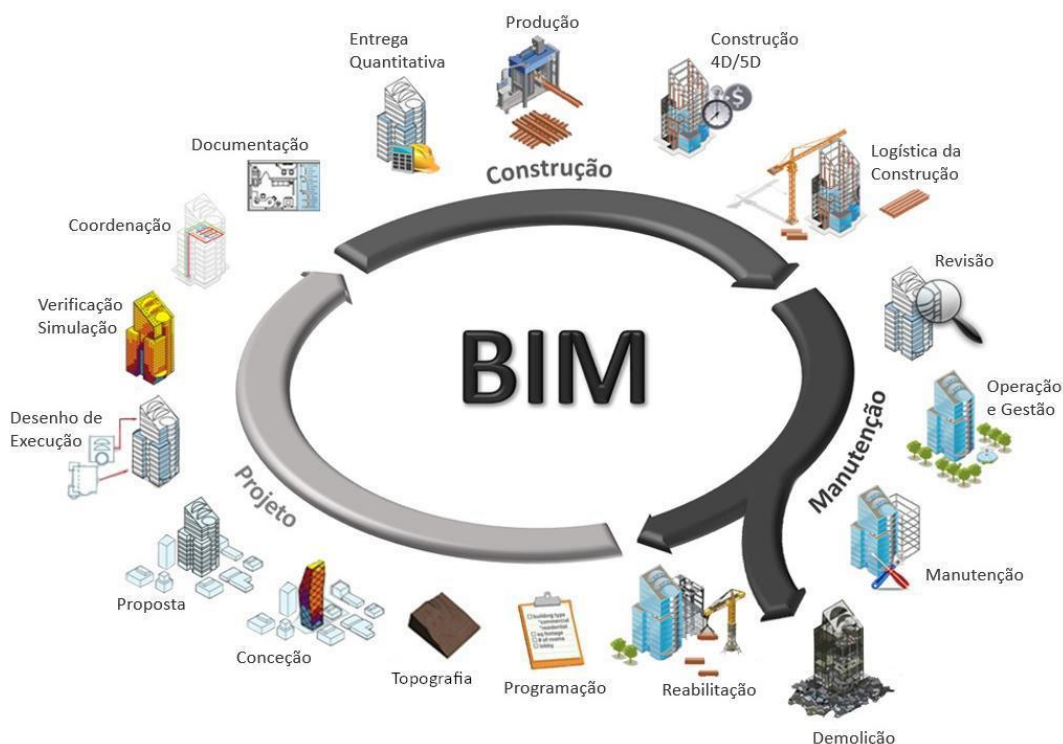
um destino apropriado”. O sistema deve ser projeto de modo a evitar a contaminação da água, permitir rápido escoamento, impedir o retorno dos gases provenientes do interior do sistema, impossibilitar acesso de corpos estranhos, permitir a fácil inspeção dos componentes, entre outras atribuições. O projeto deve garantir o estudo das alternativas de traçado, atendimento ao programa de necessidades, atendimento às normas, compatibilização com os demais subsistemas, análise crítica do dimensionamento, registro de não-conformidades e soluções adotadas, entre outros. A norma ainda atribui ao projetista a responsabilidade de elaborar o projeto nas suas diversas fases, elaborar o projeto “como construído” e assessorar o executor na elaboração de manuais de uso, operação e manutenção.

É perceptível, ao longo das definições e atribuições para cada tipo de projeto, que um tópico sempre em destaque é a compatibilização entre as especialidades; devido ao caráter multidisciplinar da construção civil, se torna crucial para o funcionamento do projeto completo de edificações que todos os componentes funcionem em conjunto. Por isso, é crescente o destaque em ferramentas que permitam a fácil conformação, conforme será visto a seguir.

## 2.2 BIM

Succar (2009) define o *Building Information Modeling (BIM)* como uma metodologia utilizada para controlar informações e modelos de projetos durante todo o ciclo de vida da construção, através de uma plataforma virtual que é gerida por uma coleção de tecnologias, relações e doutrinas. Já Ernstrom et al. (2006) afirma que o *BIM* é a simulação da construção, do uso e da manutenção de uma edificação virtual, por meio do desenvolvimento de *softwares* de computadores. Esta construção digital é retratada como um modelo inteligente, direcionada por objetos e elementos parametrizados, que contém informações suficientes para suprir a necessidade das diversas áreas de projetos, fornecendo dados para que possam ser analisados múltiplos cenários e então tomadas decisões específicas, visando uma qualidade de entrega superior, conforme mostra a Figura 3 abaixo, que exemplifica o papel do *BIM* nas etapas de uma construção

Figura 3: O BIM no processo de construção.



Fonte: Barata (2022)

Hoje em dia, a execução de uma obra ainda é através de um processo dividido e realizado através de projetos baseados em papeis. Esta comunicação fragilizada amplifica a possibilidade de falhas e omissões, ocasionando desavenças, adiamentos de prazos, gasto de capital fora do orçamento e também conflitos judiciais (EASTMAN et al., 2008). Desse modo, o *BIM* é indicado como um divisor de águas, possibilitando mudanças na forma de se projetar, unindo os diferentes setores da construção civil, aumentando a eficiência e reduzindo os investimentos provocados por estes problemas de comunicação (SUCCAR, 2009). Neste cenário, o *BIM* promete agregar *softwares* e ferramentas que permitem a integração do processo de desenvolvimento de projetos, através da criação e transferências de dados simultaneamente entre os engenheiros e arquitetos envolvidos (DELATORRE, 2012).

Os programas que fazem uso da tecnologia *BIM* de certo modo podem ser vistos como uma versão mais avançada e evoluída daqueles que ainda utilizam o *CAD*. Eles monitoram e controlam todos os dados relacionados ao ciclo de vida completo da edificação, mediante um modelo tridimensional que comporta elementos capazes de armazenar e exportar informações (COELHO; NOVAES, 2008). O que mais difere entre os dois sistemas é que o *CAD* é tido

apenas como uma prancheta virtual, contendo apenas linhas, enquanto o *BIM* apresenta objetos que possuem propriedades, podendo essas ser fixas ou alteradas pelos projetistas (ALDER, 2006).

Como citam Miranda e Matos (2015), o *BIM* pode ser subdividido em diversas dimensões (Figura 4), referidas como 3D, 4D e 5D, onde:

O *BIM* 3D refere-se à construção virtual da obra em ferramentas computacionais de modelagem 3D, em que é possível a geração de pranchas 2D automáticas e a conexão de diversas informações em um modelo centralizado, facilitando manter o conjunto de documentos atualizados, além de poder ser usado na análise de interferências e conflitos entre as diversas disciplinas da obra, minimizando os problemas durante a execução e a presença dos projetistas no canteiro. A visualização do modelo 3D, passeios virtuais e inúmeras possibilidades de cortes e vistas aumentam o grau de entendimento do projeto, possibilitando a detecção de erros na fase de execução da obra. *BIM* 4D associa os componentes 3D às tarefas do cronograma, isto é, inclui o tempo. Já o *BIM* 5D refere-se à ligação inteligente do *BIM* 4D e a informação relativa aos custos.

A partir do 5D, ainda é possível utilizar outros níveis de modelagem da informação, entretanto, não existe um consenso sobre o significado de cada uma, podendo adotar diversas características distintas. O nível 6D pode ser interpretado por alguns autores como a sustentabilidade, contendo informações relevantes para a análise energética da construção e uso da edificação, emissões de carbono e certificados de edifícios verdes. Outros autores já questionam que a sustentabilidade deve ser algo intrínseco a todos os níveis de projeto, não necessitando de um específico para ela. Desse modo, estes determinam a dimensão 6D como a de gestão do edifício construído, uma vez que a etapa de utilização é aquela que consome a maior parte do ciclo de vida da edificação e o monitoramento dos gastos e processos envolvidos em sua manutenção são de grande importância para o dono ou administrador do empreendimento. Esta configuração de gestão também pode ser vista como o *BIM* 7D por alguns, adicionando informações referentes aos materiais e equipamentos utilizados, como fornecedores, fabricantes, indicações e certificados de ferramentas, assim como outros fatores que reflitam naquilo que foi realmente construído, muitas vezes conhecido como *as built* (VENÂNCIO, 2015). Por fim, as dimensões 8D, 9D e 10D podem se referir, respectivamente, à segurança durante o projeto e a obra, ao método de *Lean Construction* e a construção industrializada (DARÓS, 2019).

Esta habilidade de se comportar multidimensionalmente foi apontada por Eastman et al. (2008) como a capacidade de criar um modelo da construção contendo ‘n’ dimensões, visto que o número de informações possíveis de se atribuir ao modelo é praticamente infinito.

Figura 4: Dimensões do *BIM*.



Fonte: Garibaldi (2020)

A combinação entre recursos e coordenação é capaz de construir um processo robusto para projetos de engenharia, através de um modelo unificado para o gerenciamento de informações. Apesar de muitas empresas adotarem softwares *BIM* em algum nível no cenário nacional, uma pesquisa realizada com apoio Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) em 2022 (Hub Imobiliário, 2022) aponta que 21,55% das empresas investigadas consideram utilizar e compartilhar modelos *BIM* de maneira unificada, com uso das dimensões 4 e 5D, e apenas 2,51% se veem utilizando um processo de integração total, que inclui a aplicação e o gerenciamento de informações relacionadas ao ciclo de vida do ativo.

Além das diferentes dimensões, o *BIM* também pode contar com uma outra classificação, referente ao nível de detalhes e desenvolvimento do modelo. Esta categoria é conhecida por *LOD*, do inglês *Level of Development*, e retrata os vários níveis em que um projeto pode ser desenvolvido, partindo de uma representação gráfica com símbolos e volumes



genéricos até um modelo que captura a realidade daquilo que foi construído. As definições de cada *LOD* se dão conforme a seguir e estão exemplificadas na Figura 5.

*LOD 100* – Os elementos são apenas representações simbólicas daquilo que deveria existir, sem nenhuma informação adicional, como formato, tamanho ou localização exata. Todos os dados devem ser considerados como aproximados.

*LOD 200* – Assim como no *LOD 100*, todas as informações devem ser consideradas aproximadas. Entretanto, os elementos passam a apresentar geometrias volumétricas que podem lembrar aquilo que realmente representam.

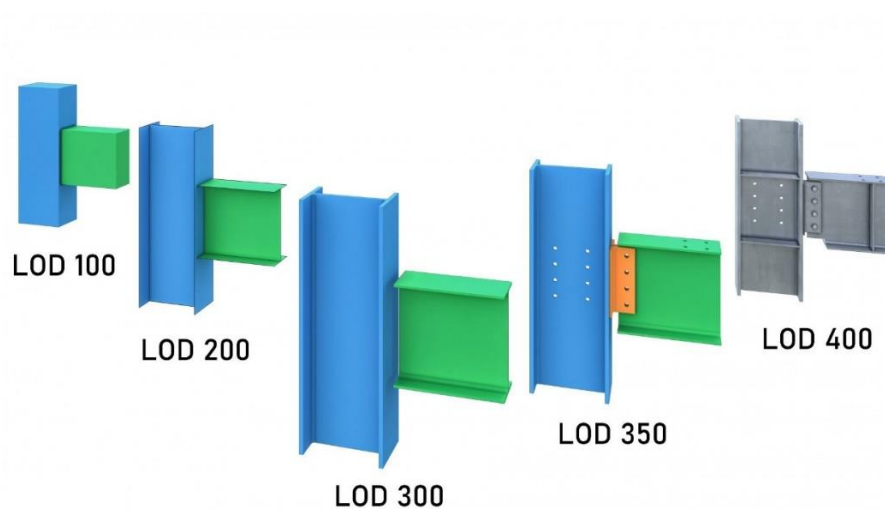
*LOD 300* – Os elementos contam com formato, tamanho, orientação e origem definidos. Todas estas informações podem ser extraídas do próprio modelo, sem a necessidade de dados ou anotações externas.

*LOD 350* – Possui todas as características do *LOD 300*, mas também detalhes de conexões e instalações, permitindo a interface entre diferentes objetos. Este é o nível de desenvolvimento sugerido para a realização da compatibilização entre os projetos.

*LOD 400* – Além de todos os atributos já citados, os elementos passam a representar fielmente aqueles fornecidos pelos fabricantes, com preço, localização, método de implementação e montagem.

*LOD 500* – Retrata a criação ou adaptação do modelo a partir da construção já efetuada, contando com todos as suas informações e detalhes.

Figura 5: Níveis de desenvolvimento (*LOD*).



Fonte: Verma (2022)

O *BIM*, como já citado, deve ser entendido como uma metodologia e não como um programa específico ou como uma classe de ferramentas de desenho, como é a realidade do *CAD*. Os diversos *softwares* disponíveis para o mercado da construção civil fazem uso desta metodologia ao aplicar seus conceitos e tecnologias em seus próprios processos, criando um ambiente apropriado para o desenvolvimento das principais áreas, como arquitetura, estrutura, elétrica, água e esgoto, assim como também para análises e usos em setores secundários, como de sustentabilidade, luminância, planejamento, orçamento, uso e manutenção, entre outros (SANTOS, 2012).

Com os projetos idealizados por meio desta tecnologia, o modelo final resultante é uma construção digital precisa do empreendimento. Todos os elementos geométricos possuem informações específicas e essenciais para o avanço da construção, fornecendo auxílio para o processo de fabricação e compra de materiais, além de todos os outros fatores essenciais para a execução da edificação (EASTMAN et al., 2008). Através deste modelo virtual, é possível realizar a compatibilização entre os projetos, estudar outras soluções e testar situações propícias. Além disso, permite averiguar quantitativos, administrar processos, buscar informações e planejar estratégias ao longo de cada etapa de projeto, assim como também durante todo o ciclo de vida da construção, não se atendo somente a fase de execução (ADDOR, 2010).

A utilização do *BIM*, quando introduzido de modo adequado, cria um meio integrado de desenvolvimento e controle, facilitando todo o processo de construção e também resultando em um projeto de maior qualidade, com prazos e custos reduzidos (EASTMAN et al., 2008). Outro fator importante é a possibilidade de sobreposição das diversas disciplinas de projeto em um meio tridimensional, oferecendo uma visão completa do edifício e seus sistemas muito antes da obra sequer ter se iniciado, permitindo também verificar possíveis interferências entre elas. Esta conferência no processo de projeto pode representar uma redução de até 20% no custo final da construção, além de reduzir retrabalhos e prazos (PORTAL ENGENHARIA BRASIL, 2016).

Ernstrom (2006) cita outros benefícios relacionados com a adoção do *BIM*. Eles estão relacionados com a possibilidade de simulação do ambiente final, permitindo que pessoas e clientes sem o entendimento técnico consigam explorar o modelo que será construído de maneira mais eficiente, além de proporcionar o estudo de diferentes cenários e diminuir a quantidade de correções e erros encontrados somente em campo.

Além do mais, o *Building Information Modeling* facilita a união do modelo construído com o ambiente urbano ou rural externo, propiciando uma melhor visualização da edificação no meio em que será inserida e viabilizando a troca de dados entre partes exteriores aos interessados diretamente. Isto também simplifica a gestão de obra de maneira geral, auxilia nos processos de testes e também favorece a tomada de medidas emergenciais (UNDERWOOD E ISIKDAG, 2011).

Para a construção destes modelos virtuais, são utilizadas famílias de elementos parametrizadas que, além de serem objetos inteligentes e tridimensionais, carregam uma gama de informações capazes de guiar planilhas de orçamentos e quantitativos de maneira automática, além de atualizar modificações de todas as vistas em tempo real, sem a necessidade de alterações individuais (COELHO; NOVAES, 2008).

Como citado anteriormente, a tecnologia *CAD 2D* compreende somente um conjunto de linhas, enquanto as famílias parametrizadas se comportam conforme explica Howell (2015, p. 06):

Os elementos da construção como tubos e vigas “sabem” o que eles são, o que eles fazem, e como reagem com o restante do modelo. Esta inteligência integrada permite que os modelos sejam analisados, visualizados, programados ou quantificados como uma montagem de edificação feita de materiais reais com características reais e relacionamentos funcionais.

Outro exemplo prático seriam as paredes. Elas são criadas como elementos de volume e com a possibilidade de apresentar várias camadas, onde cada uma pode ter um material específico associado. Toda vez em que uma nova parede é criada, a tabela de quantitativos é atualizada automaticamente, de acordo com os elementos e camadas utilizadas, como blocos, rebocos e pinturas. Também é possível adicionar preços a estes materiais, criando assim um orçamento de projeto (COSTIN, 2012).

Toda esta automação por trás do *BIM* é o que o torna “inteligente” e assegura uma melhor gestão. Tudo está conectado. Todos as plantas, vistas, isometrias e detalhes de planejamento são diretamente retirados da modelagem tridimensional da edificação, uma vez que ela conta com uma base de dados completa e integrada, carregando todos as propriedades e parâmetros definidos para cada elemento do projeto, sendo uma fonte precisa e duradoura de informações. Desse modo, o trabalho de sincronização manual entre cada desenho e documentação é praticamente inexistente, economizando uma tarefa que é extremamente

cansativa e demorada, além de manter a precisão necessária para garantir um bom produto final (HOWELL, 2015).

O desenvolvimento de novos *softwares* por diferentes equipes e empresas, ou a adaptação dos mais tradicionais, para utilizar a tecnologia da informação consolida a entrada da metodologia *BIM* no mercado da construção civil. Estes aplicativos estabelecem uma comunicação através de plataformas integradas, sendo capazes de trocar dados de maneira eficiente, com consistência e precisão. Assim, o *Building Information Modeling* passa a fazer parte da criação dos projetos e gestão de todas as disciplinas e operações específicas, através de diferentes profissionais e programas, fornecendo informações compartilhadas para todos durante a vida útil da edificação (MANZIONE, 2017).

Atualmente, o maior desafio da implantação definitiva do *BIM* na indústria é a falta de mentalidade dos profissionais já estabelecidos para aceitar mudanças, assim como também o despreparo estrutural para lidar com todas estas informações simultâneas (NATIONAL BIM STANDARD – USA, 2015).

### 2.3 COMPATIBILIZAÇÃO

Por volta da década de 60, as empresas de engenharia civil voltadas para o ramo de projetos começaram a se aprofundar em disciplinas específicas, trabalhando separadamente em projetos de arquitetura, estrutura ou de instalações, sejam elétricas ou hidrossanitárias. Essa mudança ocorreu muito devido ao crescimento do mercado imobiliário e, conseqüentemente, da demanda por projetos especializados. Desse modo, os engenheiros e arquitetos que inicialmente trabalhavam em um mesmo escritório, desenvolvendo e conduzindo os projetos, foram separados. Esta modificação funcionou a curto prazo, uma vez que os profissionais eram familiarizados com todas as etapas de criação de uma edificação, compreendendo de maneira geral todas as disciplinas envolvidas. Entretanto, a medida em que os anos se passaram, os profissionais ficaram cada vez mais focados em seus respectivos setores e foram perdendo contato com os outros sistemas. Assim, o conhecimento geral de projetos foi desaparecendo e se fragmentando, o que ocasionou o surgimento de situações onde um projeto interferia no outro, porém que somente eram visíveis durante a execução da obra (COSTA, 2013).

De acordo com Melhado et al. (2005), a partir de 1990 a integralização das áreas e procedimentos relacionados com o desenvolvimento de projetos voltou a ser foco de empresas e construtoras que passaram a adotar sistemas de gestão da qualidade. Esta ênfase no trabalho

em conjunto proporcionou melhores debates acerca da necessidade de projetos com uma maior qualidade e das alterações fundamentais para que esse objetivo fosse atingido. A integração dos profissionais especializados em diversas áreas se revelou essencial para o processo de controle e compatibilização dos projetos.

A compatibilidade pode ser entendida como um conjunto de informações e elementos compartilhados com coerência e segurança durante todo o desenvolvimento de projeto e execução da obra, onde os diversos sistemas ocupam locais similares, mas que não interferem um com o outro (GRAZIANO, 2003).

Por sua vez, a compatibilização de projetos refere-se a tarefa de alcançar um arranjo adequado para cada componente dos diversos sistemas através da associação de todas as disciplinas em um ambiente único, assegurando um projeto final eficiente. Esta atividade deve ser efetuada a cada fase do desenvolvimento dos projetos e se dá por meio da justaposição dos diferentes desenhos, investigando as interferências que possam existir entre eles (MELHADO et al., 2005). Picchi (1993) adiciona que a organização de reuniões e a convocação dos inúmeros profissionais envolvidos no desenvolvimento dos projetos de uma obra também faz parte do escopo da compatibilização de projetos, buscando assim assimilar e solucionar qualquer problema que tenha sido encontrado. Finalmente, é acentuado por Novaes (1998) que a coordenação de projetos deve ser a responsável por conciliar tal tarefa, administrando não somente a parte geométrica e física de todos os elementos que compõem a obra, mas também toda a parcela de tecnologia e eficácia compreendida nos problemas e soluções.

Portanto, a compatibilização de projetos é a verificação e solução de interferências através de um ambiente integrado, contando com os vários ramos da engenharia e arquitetura e permitindo a realização do empreendimento (MIKALDO, SCHEER, 2008). É uma opção para a redução dos conflitos encontrados em obras através do ajuste refinado dos projetos, diminuindo e racionalizando o consumo de materiais, simplificando e reduzindo o tempo de execução, controlando a mão de obra e também a necessidade de manutenções (CALLEGARI, 2007).

Todas as edificações necessitam de vários projetos para que possa ser executada corretamente. Além dos convencionais, ainda podem ser citados os projetos de fundações, topográficos e de climatização, dentre vários outros. Como na maioria das vezes cada projeto é desenvolvido separadamente, a probabilidade de serem identificados conflitos somente no decorrer da obra aumenta consideravelmente, demandando correções não planejadas ou

também afetando elementos e estruturas já consolidadas. Desse modo, a compatibilização de projetos encarou um aumento de visibilidade significativo, se tornando tendência no mercado da construção civil (SANTOS, 2013).

Dois exemplos de situações onde a falta de compatibilização dos projetos ocasionou prejuízos, além de afetarem o cronograma e qualidade final da obra, foram citados por Isatto et al. (2000). O primeiro é referente a demasiada quantidade de tubulações utilizadas para as instalações hidrossanitárias concentradas em certos pontos de elementos estruturais, o que ocasionou na necessidade de aumento da espessura das lajes. Já o segundo também é relacionado às instalações, mas agora quanto a demolição de paredes de vedação para a passagem de tubulações e conduítes, ou até mesmo o furo em elementos estruturais já definidos.

Além da redução do tempo de obra, ainda existe a diminuição dos gastos com materiais excessivos e também a quase extinção do retrabalho. Estes fatores podem representar de 5 a 10% na redução das despesas gerais do empreendimento, enquanto o investimento para a realização da compatibilização dos projetos gira em torno de somente 1 a 1,5% desse mesmo valor (SANTOS, 2013).

O atual processo de compatibilização de projetos mais utilizado é através da verificação manual e visual das possíveis interferências, realizada pela superposição de todos os desenhos e plantas (Figura 6). Ao ignorar as características de alturas e volumes dos elementos e executar somente a conferência por meios em 2D, este processo passa a ficar suscetível a muitos erros. Além disso, é uma tarefa extremamente cansativa e trabalhosa (COSTA, 2013). Shih (1996) salientou que grande parte do tempo gasto com o desenvolvimento de projetos é voltada para o processo de coordenação, sendo esse fundamentado em representações em duas dimensões. Então, além das restrições quanto a comunicação e consistência entre as diferentes vistas, como plantas, elevações e cortes, e da baixa produtividade na criação dos projetos, existe também um elevado consumo de tempo na gestão dos processos.

Figura 6: Processo de compatibilização por sobreposição de projetos em 2D.



Fonte: Carmo (2018)

O aumento da demanda trouxe outras problemáticas para o processo de compatibilização, como o acréscimo de profissionais envolvidos no desenvolvimento dos projetos e também a diminuição dos prazos de entrega. Porém, este avanço também influencia em um fator muito importantes para este assunto, que seria o início da utilização da tecnologia da informação para o controle e coordenação de dados, comunicação entre os projetos e também a capacidade de sobreposição dos desenhos em um meio tridimensional inteligente e incorporado (NAKAMURA, 2011).

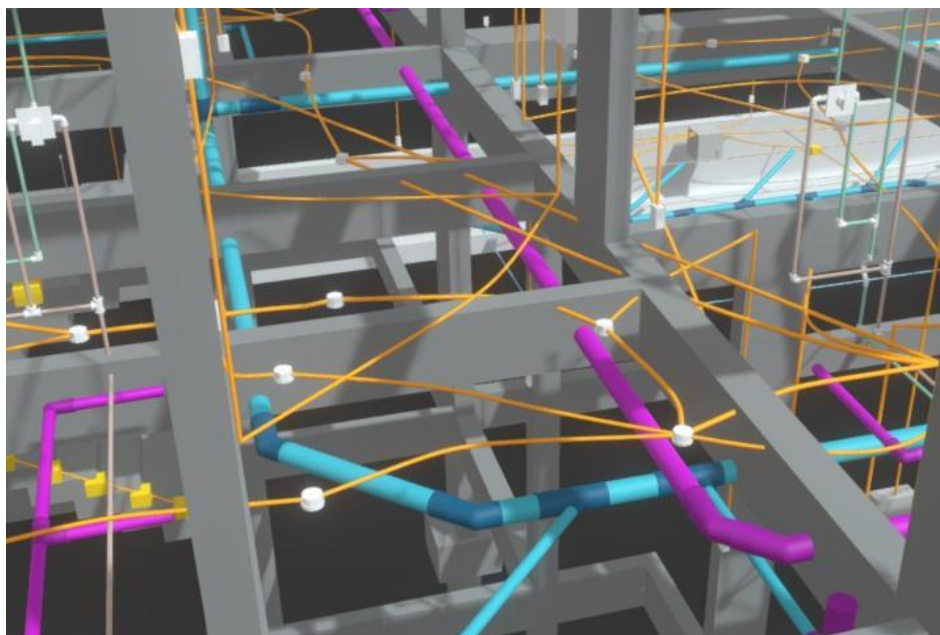
Para o mercado estrangeiro, o estabelecimento de metodologias de integração de projetos já é realidade e se apresenta como alterações tanto técnicas, como também da estrutura das empresas. Já o Brasil demonstra pouca adesão ao mercado da indústria da informação, não utilizando ferramentas mais avançadas, como o *BIM* ou até mesmo o tradicional *CAD*, mas em sua versão tridimensional, mesmo existindo muitos estudos sobre o assunto (COSTA, 2013).

O método da tecnologia da informação faz uso de um conjunto de dados compartilhados e acessados por todas as disciplinas de projetos, contendo todas as informações relevantes para

o desenvolvimento da edificação, apresentando uma representação tridimensional e funcional do modelo. Esta construção virtual, ao contrário dos desenhos bidimensionais convencionais, permite investigar as possíveis interferências de maneira mais ágil, eficiente e precisa (MONTEIRO, 2012).

A utilização de modelos em 3D já é amplamente difundida pelo mercado da AEC. Entretanto, esta representação é utilizada somente pra fins estéticos, contendo apenas massas volumétricas e sem nenhum tipo de informação técnica. Desse modo, como cita Costa (2013), o método de desenvolvimento de projetos através do *Building Information Modeling* trabalha com a parametrização de cada elemento da construção, onde cada item possui sua própria gama de dados, se tornando muito eficiente para a aplicação da compatibilização e resolução de problemas ocasionados pela interferência desses objetos (Figura 7).

Figura 7: Sobreposição de projetos para compatibilização em *BIM*.



Fonte: Alexandre (2023)

O *BIM* conta com uma série de *softwares* capazes de realizar a detecção destas interferências automaticamente, através das informações de geometria contidas em cada elemento do modelo. Estas ferramentas permitem escolher os tipos de interferência que o engenheiro deseja analisar, possibilitando que cada incompatibilidade seja estudada individualmente. Uma vez que o programa detecta qualquer situação de interferência, ele



prontamente a exibe no modelo 3D e produz um relatório reportando quais elementos que a está causando (PECCIN, 2018).

Para que a compatibilização seja efetivamente implementada, é necessário que haja uma mudança na cultura de administração e planejamento dos projetos, envolvendo todo este setor empresarial. Ela se revelou muito importante também por expor vários problemas e obstáculos que afligem esta área da construção civil, além da sua função principal, que é elevar a qualidade dos projetos e da execução de obras (RIBEIRO, 2010). Além do mais, vários autores citam que a dificuldade de se trabalhar com a criação e a compatibilização de projetos através de desenhos 2D, apesar de ser possível, é significativamente maior do que utilizar um modelo inteligente desenvolvido através do *BIM*, uma vez que esse possui maior domínio sobre o gerenciamento dos projetos e, principalmente, das modificações (EASTMAN et al., 2008).

#### 2.4 AUTODESK AUTOCAD

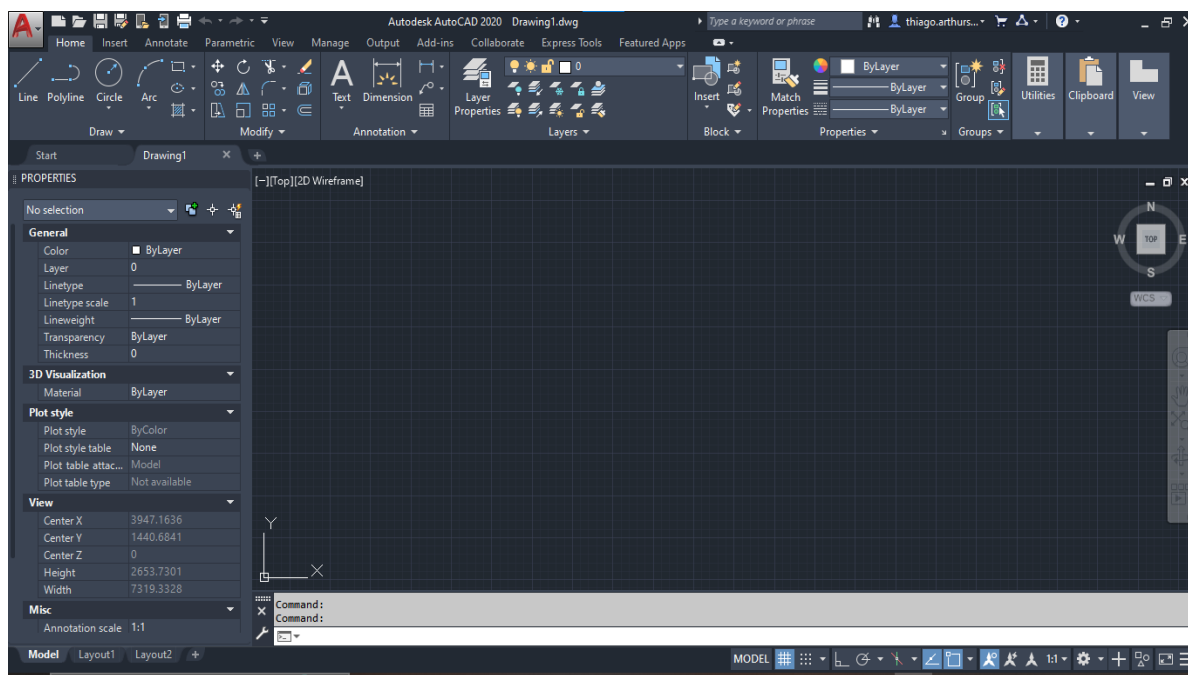
A década de 1980 foi marcada pelo crescente desenvolvimento de projetos em *CAD* (“projeto assistido por computador”, em tradução livre), levando a *Autodesk*, fundada em 1982 por John Walker, a lançar o *software AutoCAD*, que começa a ser comercializado no mesmo ano (AUTODESK, 2017). A partir de então, foi sendo aperfeiçoado até se firmar como um dos principais *softwares* para realização de projetos e desenhos, sendo inclusive disponibilizada licença gratuita para estudantes universitários.

O *AutoCAD* surge como forma de elaboração e compatibilização de projetos bastante utilizada, pela organização das informações através de *layers* (camadas) e de sobreposição de elementos para verificar interferências (GIACAGLIA, 2001). Esta forma de análise, entretanto, depende unicamente da capacidade do projetista de gerir o projeto com imaginação espacial e máxima atenção a detalhes, além de ser impossível perceber certas interferências, detectáveis apenas em perspectiva tridimensional (COSTA, 2013). Assim, acrescentou-se a terceira dimensão ao *software AutoCAD*, na qual o volume é formado a partir da extrusão dos modelos bidimensionais, aumentando o número de informações e melhorando a idealização do projeto (SCHEER et al., 2007).

Inicialmente, o *software* possuía desempenho pouco satisfatório em ferramentas de projeto, recebendo posteriormente o menu “*pull-down*” que o tornou mais interativo e, ao longo do tempo, as opções e comandos 3D se tornaram melhores e mais eficientes, apesar de ainda limitados frente a outras ferramentas, foi agregado um sistema de coordenadas e caixas de

diálogos, o que deixou para trás a obrigatoriedade do uso de *prompts* de comando, foram aprimorados processo de renderização e comandos de zoom e, aos poucos, o *software* foi otimizado para computadores mais básicos (AUTODESK, 2017). Na Figura 8, é possível ver a interface de usuário na versão 2020.

Figura 8: *Layout do Software Autodesk AutoCAD 2020.*



Fonte: Autores (2022)

Projetos e desenho técnicos produzidos com o *AutoCAD* geralmente acompanham registros de memoriais descritivos em documentos de textos, sendo reconhecido como método tradicional de produção (BAZJANAC, 2004). Apesar de se estabelecer como o programa mais difundido e adotado na construção civil para a elaboração e todos os tipos de projeto, a existência de diversos documentos gerados por cada especialidade provoca a fragmentação da informação (GOES, 2011).

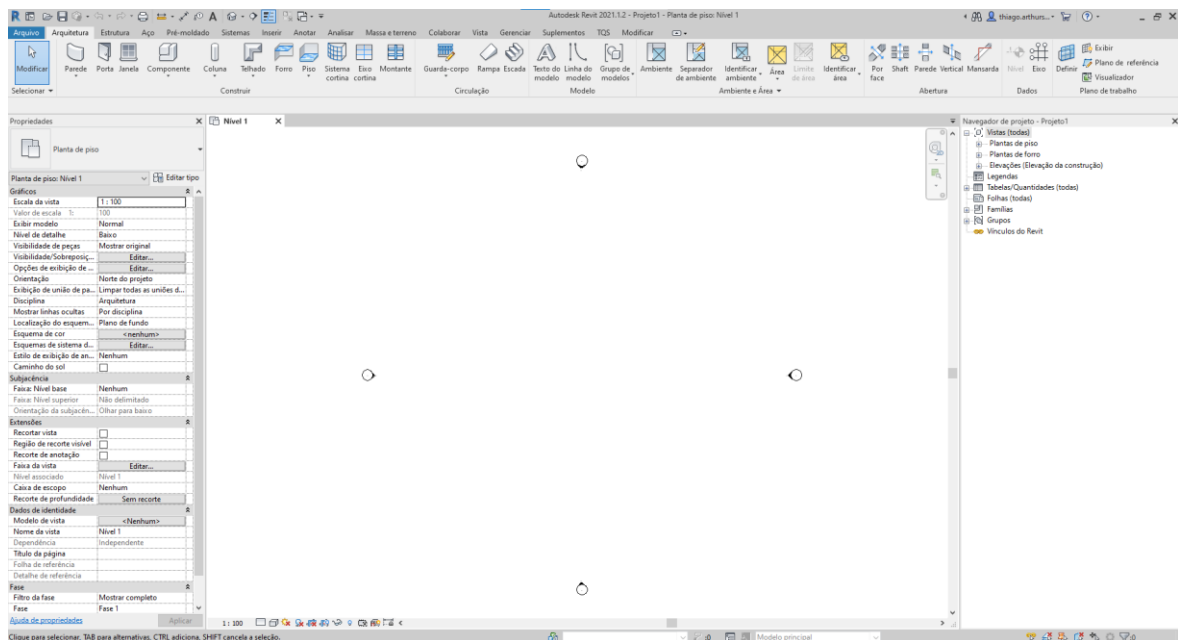
## 2.5 AUTODESK REVIT

O *Revit* foi inicialmente desenvolvido especificamente para projetos arquitetônicos, como modo de permitir aos profissionais projetar e documentar edifícios a partir de um modelo paramétrico tridimensional, com informações geométricas e não-geométricas do desenho e construção, conceito que passou a ser conhecido como *Building Information Modeling*. Em

2002, a Autodesk comprou os direitos do *software* e desenvolveu melhorias com base em pesquisas (VOLPATO, 2015).

O *Revit* é colocado pelo Instituto Bramante (2016) como o *software* mais importante do segmento *BIM*. Ele divide-se em três modalidades de projeto, sendo: *Architecture* para projetos arquitetônicos, *Structure* para projeto estrutural e *MEP* para instalações prediais (projetos elétrico e hidráulico), acessadas através do *layout* visto na Figura 9. Os projetos complementares idealmente são construídos usando de base o modelo arquitetônico completo, através de ferramentas de vinculação (ERON COSTIN, 2012).

Figura 9: *Layout* do *Software Autodesk Revit 2021*.



Fonte: Autores (2022)

Duarte (2016) define como as principais vantagens do programa a velocidade de execução de projeto, obtenção de quantitativos e totalização de custos; além disso, é possível obter automaticamente cortes, elevações e visualizações 3D a partir da modelagem, sem necessidade de atualização manual de todas as vistas a cada modificação. Outro grande ponto é o uso de componentes paramétricos, como pontua Duarte (2016, n.p):

Num programa que roda numa plataforma *BIM*, os objetos passam a conter informações anexadas aos mesmos (alguns chamam de objetos inteligentes), informações estas usadas por outros projetistas que estão envolvidos no projeto. Estes objetos carregam anexadas as informações necessárias para a execução de um projeto,

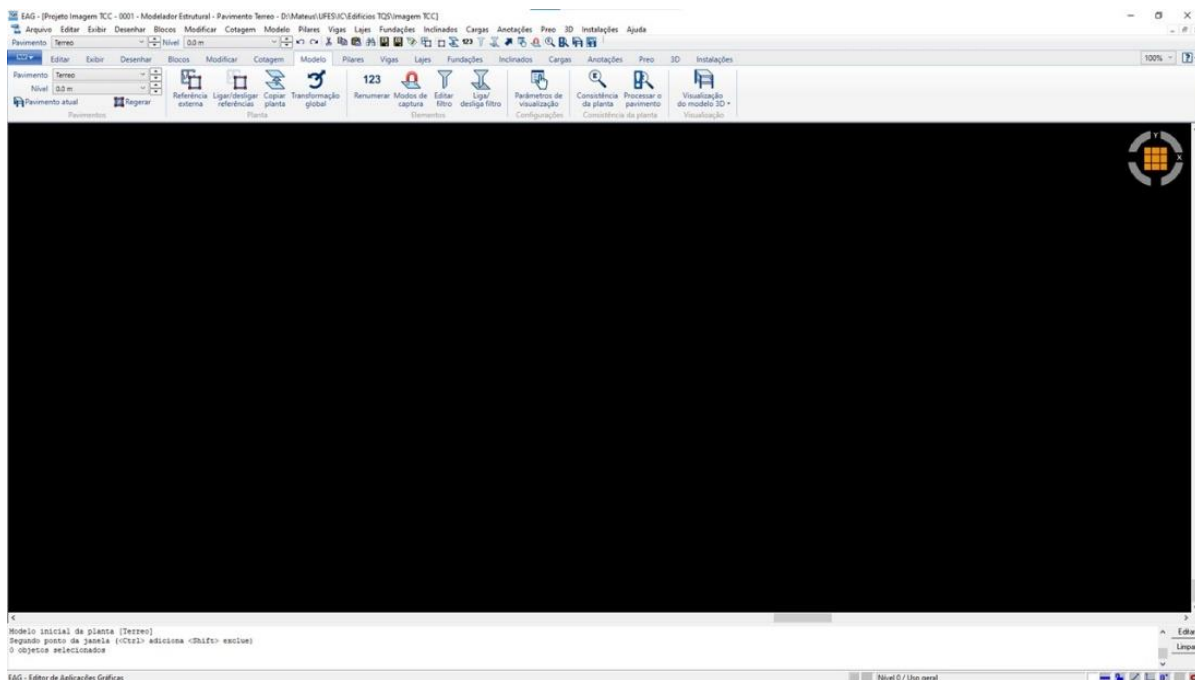
através de tabelas e vistas perspectivadas (vistas em 3D), e não apenas vistas em projeção (ou vistas 2D). Modificações feitas em uma tabela, ou em qualquer prancha ou partes do desenho, são automaticamente atualizadas em tudo que se relaciona ao projeto.

Apenas com o *Revit* obteve-se uma perspectiva virtual em 3D voltada para a construção, na qual o produto resulta da modelagem dos elementos constituintes (COSTA, 2013) e, através do *BIM*, as questões de colaboração, engenharia simultânea e interoperabilidade foram facilitadas.

## 2.6 TQS

*TQS* é um *software* de desenvolvimento de projetos estruturais em concreto armado e protendido, criado em 1986 por engenheiros civis. O programa brasileiro é uma plataforma capaz de realizar todas as etapas de projeto, desde a concepção até a exportação de plantas, por meio de processos automatizados e digitais que incorporam os cálculos e possibilitam a edição gráfica, no intuito de simular o que será construído no modelo de computador (TQS, c2023). A Figura 10 apresenta o *layout* da interface do *software*.

Figura 10: *Layout* do *Software TQS*.



Fonte: Autores (2022)

Como forma de resposta aos avanços do *BIM* no mercado da construção, a empresa responsável pelo *TQS* integrou ao programa a interface própria para convertê-lo para a tecnologia *BIM*. Sendo assim, passou a contar com modelagem 3D, conexão de informações ao modelo e interoperabilidade entre *softwares*, sendo ponto marcante da tecnologia (FARIAS, 2020).

Inicialmente, o *TQS* se conectava apenas ao *software Revit* da *Autodesk*, através de um arquivo gerado no formato *IFC (Industry Foundation Classes)*, recebendo suporte a demais programas, como *ArchiCAD* e *Sketchup* ao longo do tempo, no mesmo formato de arquivo, mas com linguagens próprias de cada ferramenta, aumentando ainda mais a eficiência da operação conjunta (FARIAS, 2020).

No entanto, o formato *IFC* possui algumas limitações quando importados para *softwares BIM*, gerando elementos não nativos a esses, acarretando dificuldades como na representação de cores, extração de atributos e renderização de cortes. Como maneira de contornar tal problema, a empresa *TQS* desenvolve, anualmente e de forma gratuita, *plug-ins* para alguns dos principais programas *BIM*, como o *Autodesk Revit*, *Trimble Tekla* e *Trimble Sketchup*. Os *plug-ins* são programas executáveis dentro do próprio *software BIM* a fim de habilitar a importação ou exportação de modelos. A desvantagem frente ao *IFC*, no entanto, é a necessidade de serem desenvolvidos e revisados para cada versão do software destino, porém a *TQS* tem dado suporte recorrente à ferramenta em seu site oficial (TQS DOCS, c2023).

### **3 METODOLOGIA**

O estudo de caso desenvolvido neste trabalho pode ser dividido em três principais etapas, indo desde os critérios para a seleção de um projeto adequado para a análise, passando pela leitura dos arquivos recebidos e a modelagem desses projetos com auxílio de *softwares* compatíveis com a tecnologia *BIM*, para só então realizar a compatibilização e as análises pertinentes. A seguir, cada uma dessas etapas será discutida, abordando todo o desenvolvimento do presente estudo.

#### **3.1. SELEÇÃO**

A definição do projeto a ser utilizado como estudo de caso levou em consideração diferentes aspectos, como o perfil do empreendimento, a quantidade de pavimentos e situação da obra. Na busca feita com contatos do ambiente acadêmico e profissional, priorizou-se um

projeto residencial de médio a alto padrão, que contasse com os projetos arquitetônico e complementares, de 2 a 3 pavimentos – uma vez que um edifício de múltiplos pavimentos traria maior complexidade à modelagem e com incompatibilidades semelhantes a projetos residenciais unifamiliares de alto padrão, além de repetições pelos pavimentos tipo – e que estivesse em fase de obra ou após a conclusão, para facilitar acesso às soluções de compatibilização adotadas e os possíveis erros acarretados da fase de projeto para a execução.

### 3.2. PROJETOS

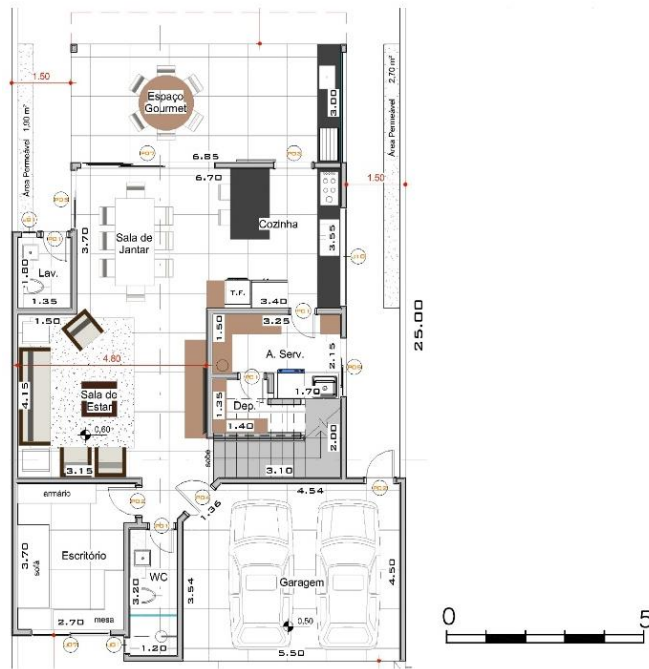
Definidos os parâmetros de projeto apropriados para o estudo de caso, foi realizada a pesquisa e, dentre alguns projetos recebidos e avaliados, foi escolhida uma residência unifamiliar de alto padrão, com 2 pavimentos e na conclusão da fase de construção. A edificação fica localizada no Condomínio Residencial Club Portinari, no município de Paulínia/SP e consta com os arquivos no formato *PDF* e ou *DWG* dos projetos (Anexo A): arquitetônico, estrutural, elétrico, comunicações, hidráulico de água fria e água quente e sanitário de esgoto e água pluvial. Somente foi disponibilizado contato com o proprietário da obra, mas não com os projetistas ou engenheiro responsável.

A partir da leitura e entendimento desses arquivos com auxílio do *software AutoCAD* ou leitor de *PDF*, os projetos foram modelados. O estrutural foi reproduzido através do *TQS v.22* e posteriormente exportado para o *Autodesk Revit 2021*, enquanto os outros foram desenvolvidos diretamente no *software* da *Autodesk* na versão 2021. O nível de detalhamento utilizado para os elementos de cada modelo flutuou entre o LOD 300 e 350, a depender da necessidade de cada projeto.

#### 3.2.1. PROJETO ARQUITETÔNICO

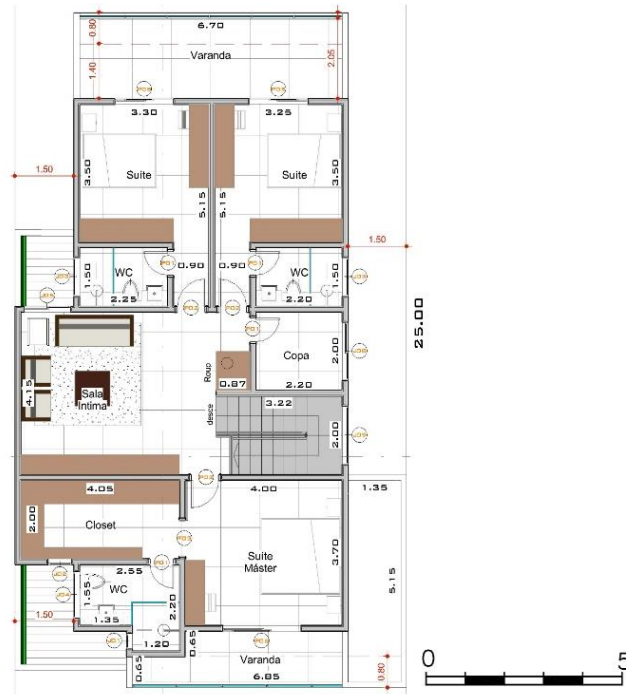
O projeto arquitetônico, usado de base para os projetos complementares, foi o primeiro a ser modelado. Sendo este constituído por planta baixa do pavimento térreo (Figura 11) e pavimento superior (Figura 12), planta de cobertura (Figura 13), cortes (Figura 14), planta de situação e renderizações (Figura 15).

Figura 11: Planta baixa do pavimento térreo.



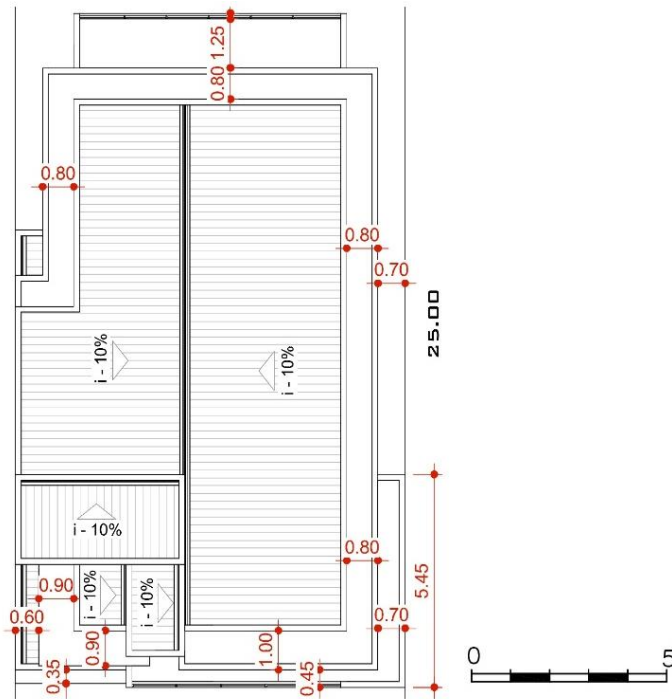
Fonte: Autores (2023)

Figura 12: Planta baixa do pavimento superior.



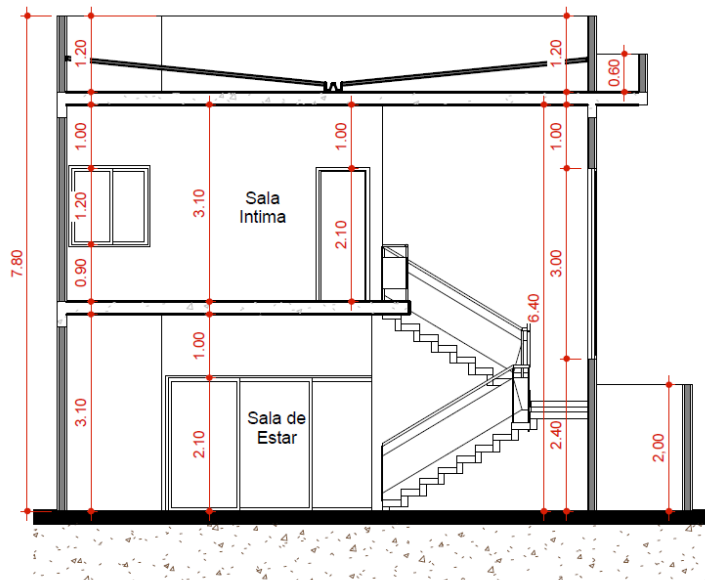
Fonte: Autores (2023)

Figura 13: Planta de cobertura.



Fonte: Autores (2023)

Figura 14: Corte transversal.



Fonte: Autores (2023)



Figura 15: Renderização da fachada.



Fonte: Autores (2023)

A área do terreno é de 250m<sup>2</sup> e a construção ocupa 131,05m<sup>2</sup> desse espaço, contabilizando uma área total construída de 231,23m<sup>2</sup> e 33,80m<sup>2</sup> de área permeável. Neste espaço, a residência apresenta três dormitórios, sendo duas suítes convencionais e o terceiro suíte com closet, quatro banheiros e um lavabo, um escritório, duas salas de estar e uma de jantar, uma cozinha, uma copa, uma área de serviço com despensa, além de um espaço gourmet e uma garagem dupla. Os ambientes possuem pé direito de 3,10m, com portas que vão de 0,70m até 3,40m de abertura e 2,10m de altura, e janelas de tamanhos e estilos variados (Tabela 2).

Tabela 2: Quadro de esquadrias das janelas.

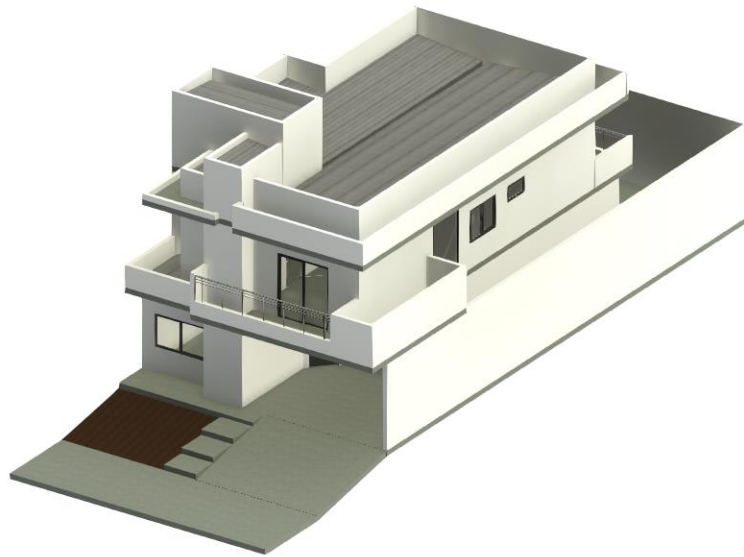
DETALHE CAIXILHOS				
TIPO	LARGURA	ALTURA	PEITORIL	QUANT.
01	0.40 M	0.60 M	1.50 M	3
02	0.60 M	2.00 M	0.90 M	1
03	1.00 M	0.60 M	1.50 M	2
04	1.20 M	0.60 M	1.50 M	1
05	1.20 M	1.20 M	0.90 M	1
07	2.00 M	1.20 M	0.90 M	1
08	1.50 M	1.20 M	0.90 M	1
09	1.50 M	3.00 M	2.40 M	1
10	2.50 M	0.60 M	1.10 M	1

Fonte: Autores (2023)

A modelagem se iniciou com a delimitação do terreno e a locação da construção. O desenvolvimento da edificação se deu através da planta baixa em *PDF*, escalada e anexada ao

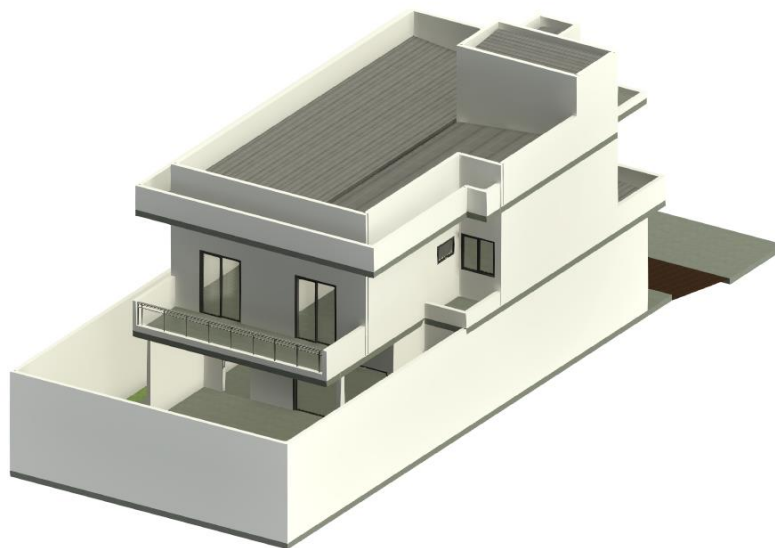
*Revit*, pela qual foi possível criar a arquitetura conforme projetado. Além das informações em planta, as alturas e volumetrias foram obtidas por meio de análise dos cortes e das vistas, resultando no modelo representado na Figura 16 e Figura 17. Devido a compatibilização necessitar somente do modelo geral da arquitetura, e não de seus detalhes, elementos como mobília, eletrodomésticos, pinturas e outros atributos secundários não foram reproduzidos.

Figura 16: Modelo arquitetônico da fachada, no *Revit*.



Fonte: Autores (2023)

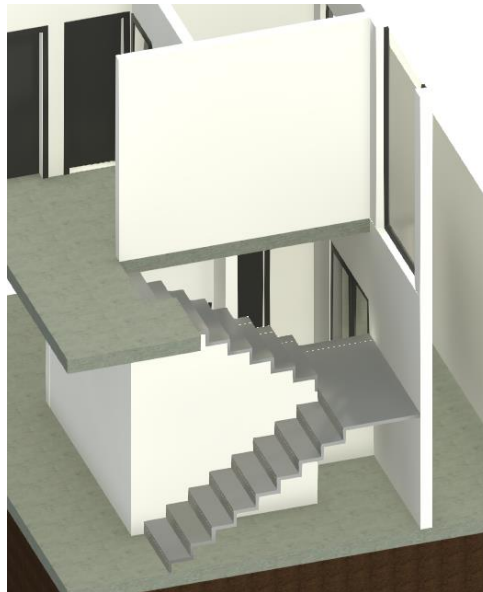
Figura 17: Modelo arquitetônico dos fundos, no *Revit*.



Fonte: Autores (2023)

Durante o processo de reprodução, o único problema encontrado foi em relação a região da escada. Provavelmente por alguma falha no projeto arquitetônico, as paredes laterais da escada não estão alinhadas, formando uma abertura entre a escada e a área de serviço, conforme indicado na Figura 18.

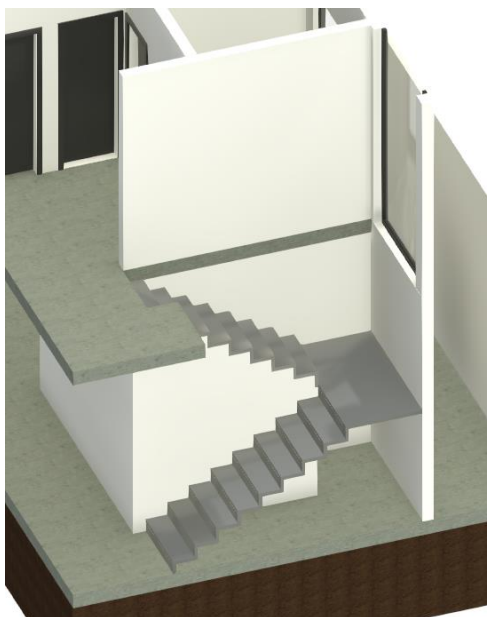
Figura 18: Região da escada projetada.



Fonte: Autores (2023)

Como este parece ser somente um erro de representação, o modelo foi corrigido para melhor se enquadrar nos projetos complementares, que aparentemente foram desenvolvidos como se tal problema não existisse. Deste modo, o resultado final desta região ficou conforme a Figura 19.

Figura 19: Região da escada modificada.



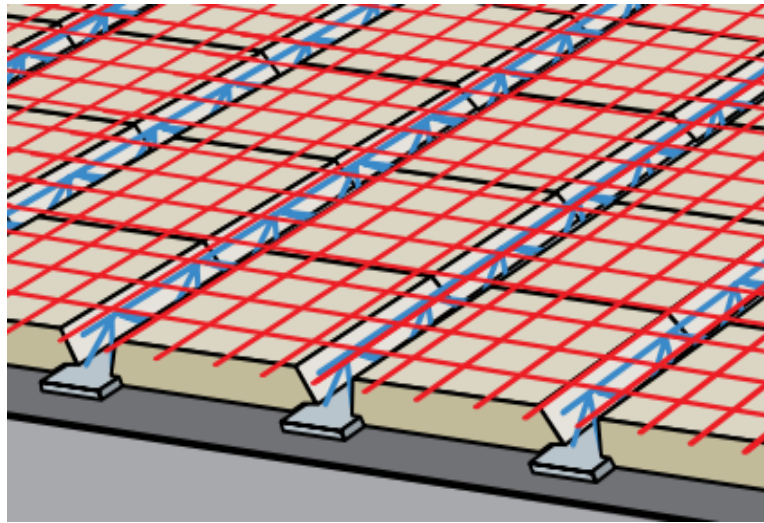
Fonte: Autores (2023)

### 3.2.2. PROJETO ESTRUTURAL

O projeto estrutural foi concebido seguindo o modelo de uma estrutura convencional, isto é, com pilares, vigas e lajes. A maior parte dos elementos moldada no local, enquanto uma parcela das lajes foi pré-moldada. Os projetos englobam plantas de locação de estacas, blocos e pilares, plantas de formas do pavimento, do pavimento superior e da cobertura, além de detalhamentos das armaduras das vigas e pilares.

As lajes recebem os carregamentos verticais da construção. O modelo utilizado nesta obra foi do tipo pré-moldado, onde existem vigotas de concreto com treliças pré-moldadas posicionadas espaçadamente na parte inferior, com blocos de EPS preenchendo os vãos. Acima vem uma capa de concreto com uma malha de aço finalizando a parte superior da laje (Figura 20).

Figura 20: Esquema de laje treliçada com EPS.



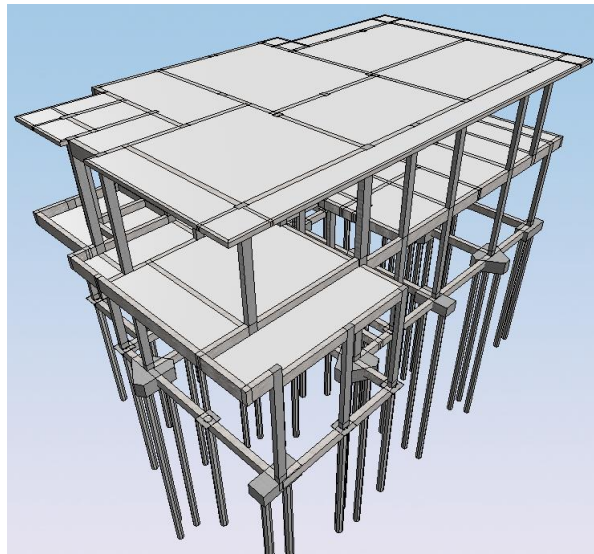
Fonte: ArcelorMittal (2017)

Já as vigas transmitem os esforços das lajes para os pilares. Suas seções são variáveis entre elas e apresentam deslocamentos em alguns trechos das vigas posicionadas na parte externa da estrutura do pavimento superior. O pavimento térreo conta com vigas de fundação, conhecidas como baldrame. Tais vigas realizam o travamento dos pilares e apoiam as lajes de fundação. Por fim, os pilares transferem os esforços das vigas até a fundação. Suas seções são retangulares e variam de 30 a 40cm de lado, além de terem 3,10m de altura entre pavimentos.

A fundação pode ser entendida como elementos a parte do sistema estrutural convencional e é responsável por transmitir os esforços de toda a edificação para o solo. Para esta construção foi escolhida uma fundação do tipo indireta, composta por blocos de coroamento e estacas moldadas *in loco*, sendo que essas estacas chegam a alcançar uma profundidade de até 8,00m abaixo do nível do terreno.

A modelagem do projeto estrutural foi feita utilizando o *TQS*. Para isto, as plantas em *CAD* foram importadas para o programa como uma referência externa, e então foi desenvolvido o modelo estrutural seguindo o dimensionamento do projeto (Figura 21).

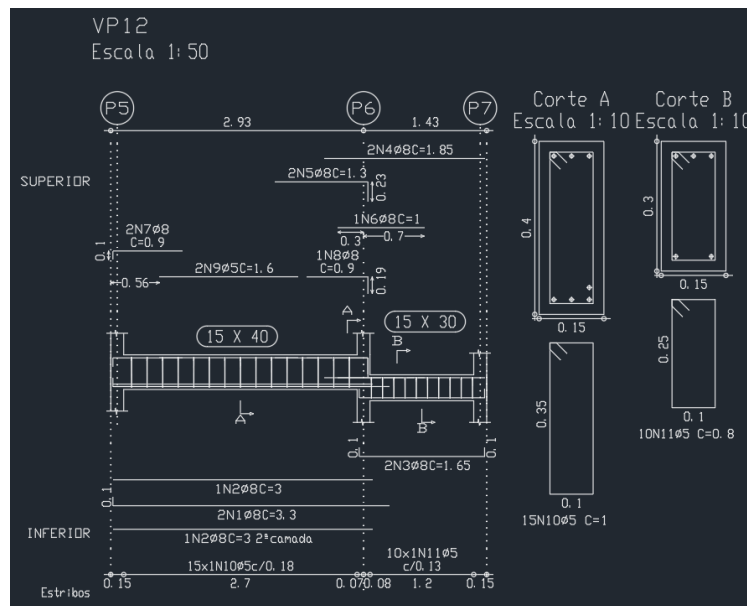
Figura 21: Modelo estrutural no TQS.



Fonte: Autores (2023)

Apesar dos projetos apresentarem a locação e a seção de cada elemento, um problema encontrado na reprodução da estrutura está relacionado com as vigas externas do pavimento superior, que possuem deslocamentos impostos a elas. Estes deslocamentos não estão expressos nas plantas e são visíveis somente pelo corte do pavimento e pelo detalhamento da armadura de cada viga (Figura 22).

Figura 22: Detalhamento da viga VP12.

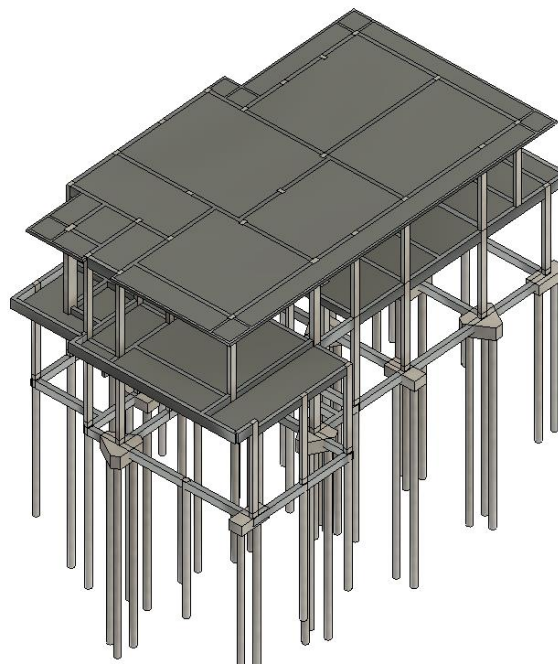


Fonte: Autores (2023)

Desse modo, a construção de um modelo preciso é prejudicada, assim como seria também no canteiro de obras, dando margem a interpretações equivocadas por parte dos executores. Este tipo de situação pode ocasionar interferências em outros projetos, mesmo que o projetista estrutural tenha previsto tal ocorrência e tentado contornar. Também é válido mencionar que o desnível da viga é elevado, tornando a continuidade da viga um modelo equivocado, não sendo, porém, escopo deste trabalho esse tipo de análise.

Por fim, o modelo estrutural foi exportado do *TQS* e importado pelo *Revit*, através de um arquivo com extensão *.tqr*. Este arquivo consegue ser lido pelo *software BIM* por meio de um *plug-in* desenvolvido pela própria empresa do programa de cálculo estrutural, que faz o papel de intermediar esta troca de informações de maneira adequada e precisa. Esta ferramenta permite alta interoperabilidade, gerando o modelo estrutural disposto na Figura 23.

Figura 23: Modelo estrutural importado pelo *Revit*.



Fonte: Autores (2023)

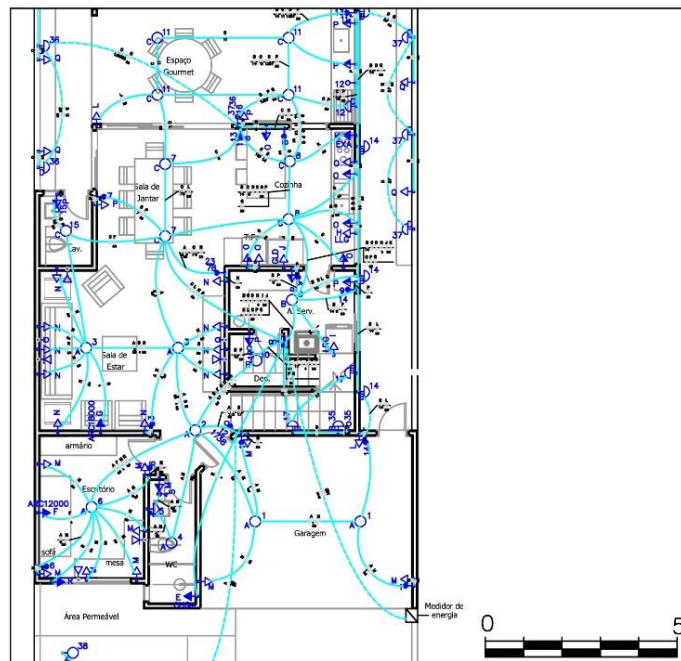
### 3.2.3. PROJETO ELÉTRICO

O projeto elétrico contempla todo o sistema necessário para receber e fornecer energia elétrica para todos os cômodos da residência, isso inclui a definição dos locais de recebimento e distribuição, pontos de energia, circuitos, fases, caminhamento de eletrodutos e cabos. Cada um destes elementos está disposto no projeto (Figura 24), já dimensionados e estipulados. As

pranchas contam com plantas baixas do térreo e pavimento superior, quadro de cargas, diagramas unifilares, lista de materiais, legenda, detalhes do medidor, posicionamento dos pontos e ligações, e notas gerais. Entretanto, os itens deste sistema que são de interesse para a modelagem e análise não são todos. Para a modelagem, é possível filtrar somente aqueles que ocupam espaço físico e podem interferir em outros projetos, sendo eles os seguintes:

- Quadro de Medição: é por onde chega a energia e está localizado à direita da entrada da garagem.
- Quadro de Distribuição: responsável por distribuir os circuitos para todo o pavimento. O quadro do térreo está localizado na despensa e o do pavimento superior em um corredor próximo a sala.
- Eletrodutos: condutores de PVC corrugados de 25mm que levam os cabos de energia até os pontos necessários. Estão espalhados por pisos, lajes e paredes.
- Pontos de Energia: são pontos de luz, interruptores, tomadas e afins que servem como pontos finais para a distribuição e utilização da energia. As tomadas possuem alturas de 30, 110 e 220cm, enquanto os interruptores 115cm, outros pontos distintos apresentam alturas variáveis.

Figura 24: Projeto elétrico do pavimento térreo.

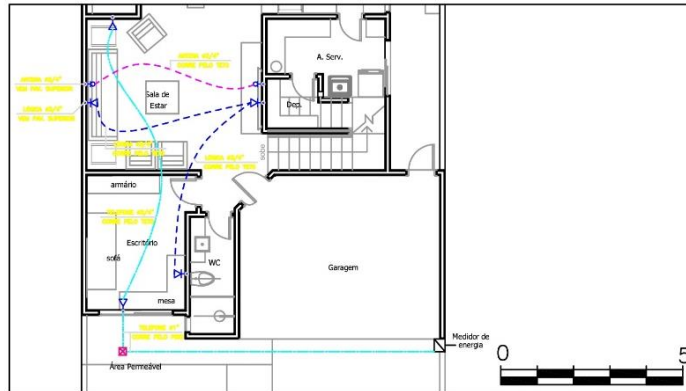


Fonte: Autores (2023)



Além disso, o projeto elétrico conta também com os sistemas de comunicações, englobando televisão, telefonia e internet (Figura 25). Apesar de serem projetos distintos, seguem o mesmo padrão citado acima, compondo as redes elétricas de toda a residência.

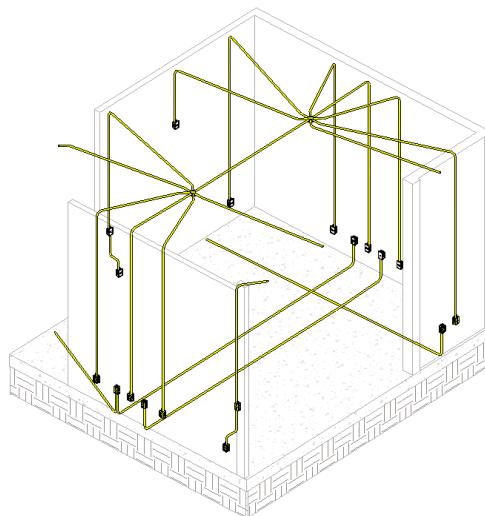
Figura 25: Projeto de comunicações do pavimento térreo.



Fonte: Autores (2023)

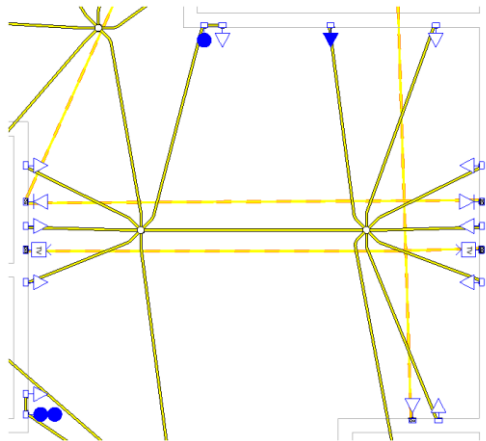
A modelagem do projeto elétrico foi realizada através do *Revit*, utilizando famílias de elementos disponíveis no *template MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing)* da própria *Autodesk*, além de outras obtidas em sites especializados, conforme pode ser visto nas Figura 26 e Figura 27, que mostram a modelagem da sala de estar do pavimento térreo e, respectivamente, sua representação em planta.

Figura 26: Modelagem do projeto elétrico da sala de estar do pavimento térreo.



Fonte: Autores (2023)

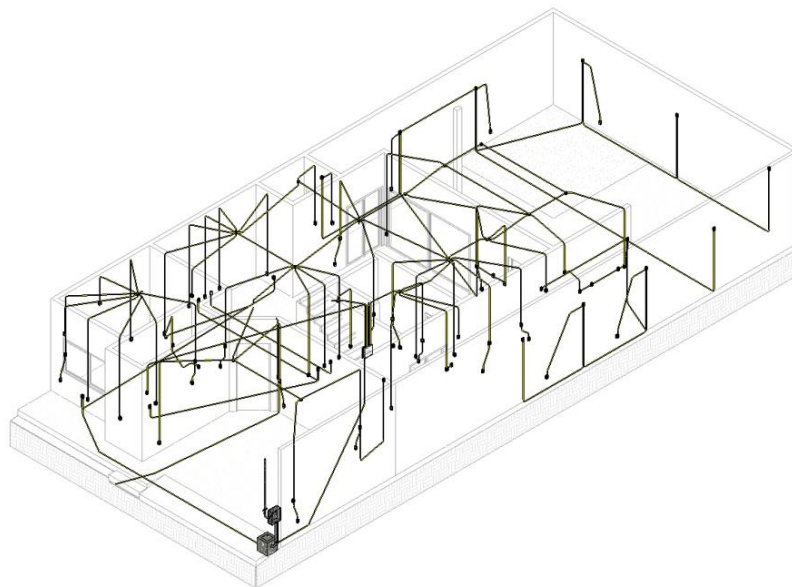
Figura 27: Representação da modelagem da sala de estar em planta.



Fonte: Autores (2023)

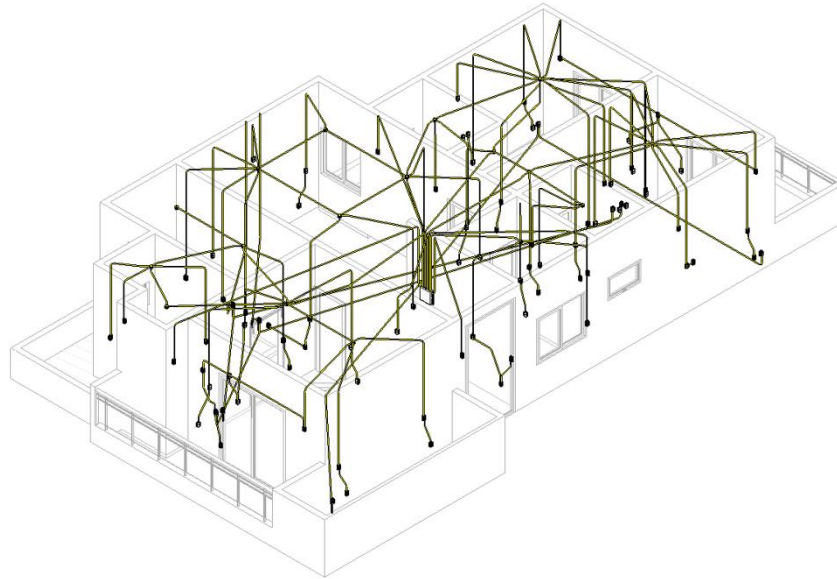
Para isto, as plantas baixas, em arquivos *CAD*, foram anexadas ao programa *BIM* como base para a recriação dos sistemas de maneira precisa, buscando desenvolver um modelo que se aproximasse o melhor possível daquele que seria efetivamente construído através de tais projetos. Toda a etapa de dimensionamento e definição de propriedades elétricas dos componentes não foi necessária, mesmo que o programa possua total capacidade de realizá-la, uma vez que somente as propriedades e características físicas são relevantes para o estudo. O modelo final da residência pode ser visto nas Figura 28 e Figura 29.

Figura 28: Modelo final do pavimento térreo.



Fonte: Autores (2023)

Figura 29: Modelo final do pavimento superior.



Fonte: Autores (2023)

Ao contrário do projeto estrutural, os elementos que compõe o projeto elétrico apresentam uma maior flexibilidade. Isto ocorre pois os eletrodutos corrugados permitem fácil manipulação pelas paredes ou pisos, enquanto os pontos elétricos podem ser deslocados de maneira mais simples para atender a alguma demanda da construção, mesmo que muitas vezes não seja o ideal.

Apesar disto, a falta de informações e detalhes específicos no projeto elétrico, decorrente da metodologia *CAD* utilizada, pode acarretar problemas construtivos, uma vez que ficará a cargo da “imaginação” do empreiteiro. Estes problemas estão relacionados com a verticalidade do projeto, ignorada nos projetos bidimensionais, e na falta de determinação de um caminho concreto para a passagem dos eletrodutos.

#### 3.2.4. PROJETO HIDRÁULICO

O projeto hidráulico conta com as instalações prediais de água fria e água quente, possuindo plantas baixas do térreo e 1º pavimento (apresentadas na Figura 30), vistas e isometrias dos respectivos ambientes, além de 4 detalhes a respeito dos reservatórios, sendo 2 caixas d’água de 1000L e um boiler de 600L. Se tratando de uma etapa preliminar, o projeto carece de algumas informações importantes para sua interpretação, como legenda dos pontos, simbologia dos acessórios e conexões, esquema vertical, detalhamento do aquecedor e coletores solares, entre outras. Porém, para uso na modelagem tridimensional, as informações fornecidas

eram satisfatórias, sendo algumas lacunas preenchidas em conformidade com a NBR 5626: Sistemas prediais de água fria e água quente (2020), uma vez que não foi disponibilizado contato dos projetistas.

Figura 30: Projeto de água fria e água quente - plantas pavimento superior.

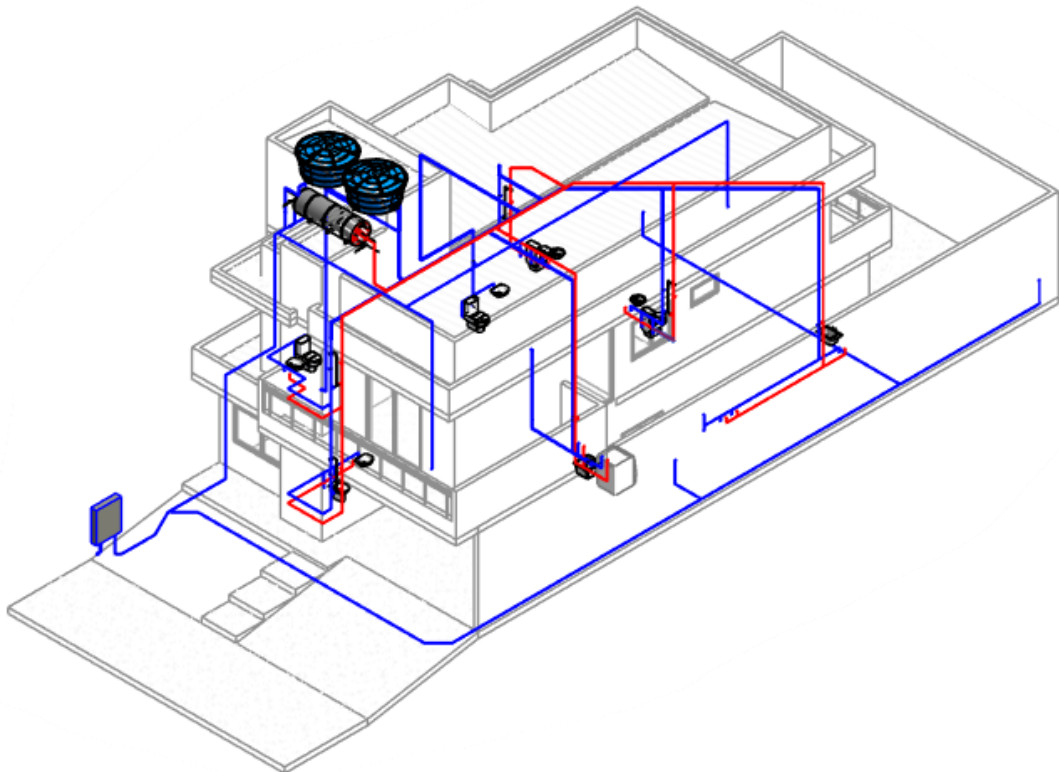


Fonte: Autores (2023)

O projeto foi modelado através do *software Autodesk Revit*, utilizando tubulação de PVC rígido para água fria (em azul) e CPVC para água quente (em vermelho), conforme Figura 31; para as peças sanitárias foram empregados modelos disponibilizados pela própria biblioteca do *Revit* ou através de *download* em bibliotecas online, vistos na Figura 32. A modelagem, no entanto, foi feita seguindo as vistas e isometrias do projeto original, sendo as famílias de peças sanitárias apenas para composição das vistas — apesar de ser possível atribuir a cada peça sanitária conectada à rede um parâmetro de “peso”, que poderia ser utilizado para dimensionamento automático pelo método dos pesos admitido pela norma supracitada. O

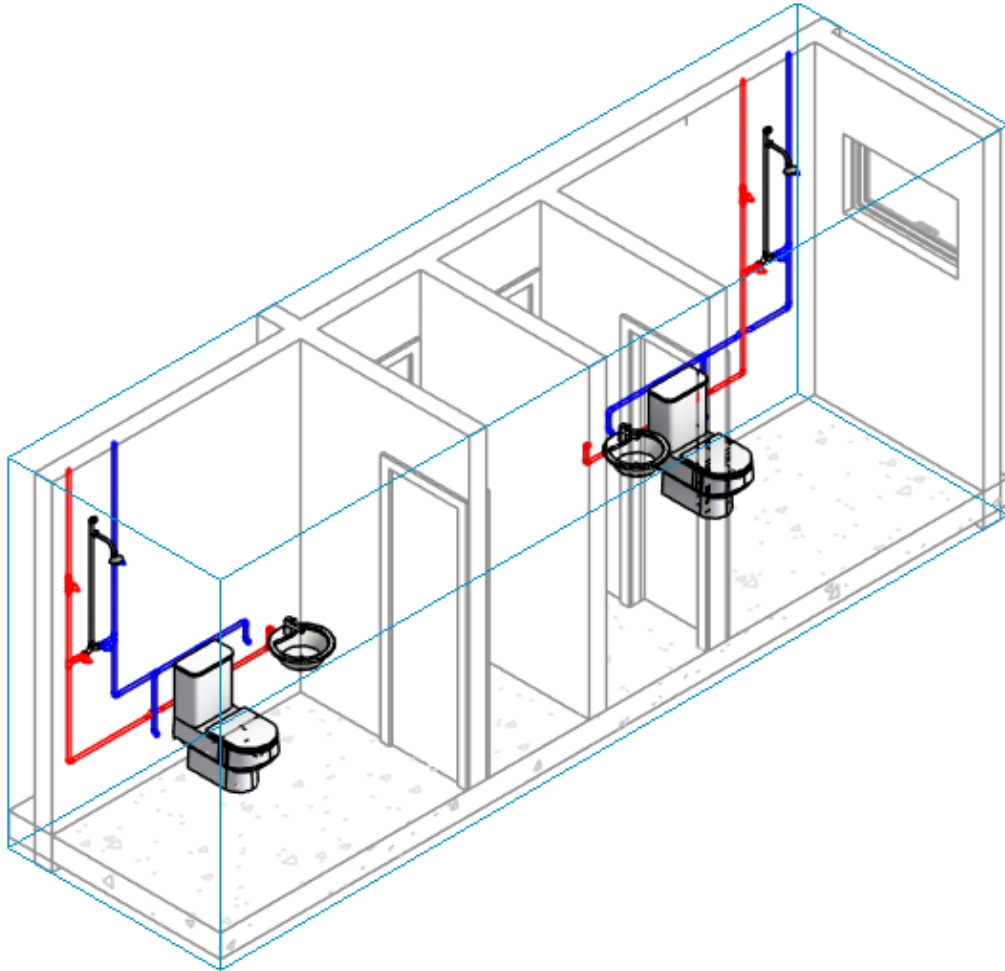
modelo projetado reproduz satisfatoriamente o projeto original, podendo variar em aspectos como a profundidade da tubulação de alimentação enterrada e a altura dos ramais de distribuição que passam pelo forro, o que será levado em consideração na análise de compatibilização entre os projetos. Porém a própria falta dessas informações pode levar a imprecisão no levantamento de quantitativos, problemas durante a execução e alteração dos projetos, como altura do forro.

Figura 31: Vista geral do modelo dos sistemas hidráulicos de água fria e quente.



Fonte: Autores (2023)

Figura 32: Vista isométrica da modelagem dos banheiros do pavimento superior.

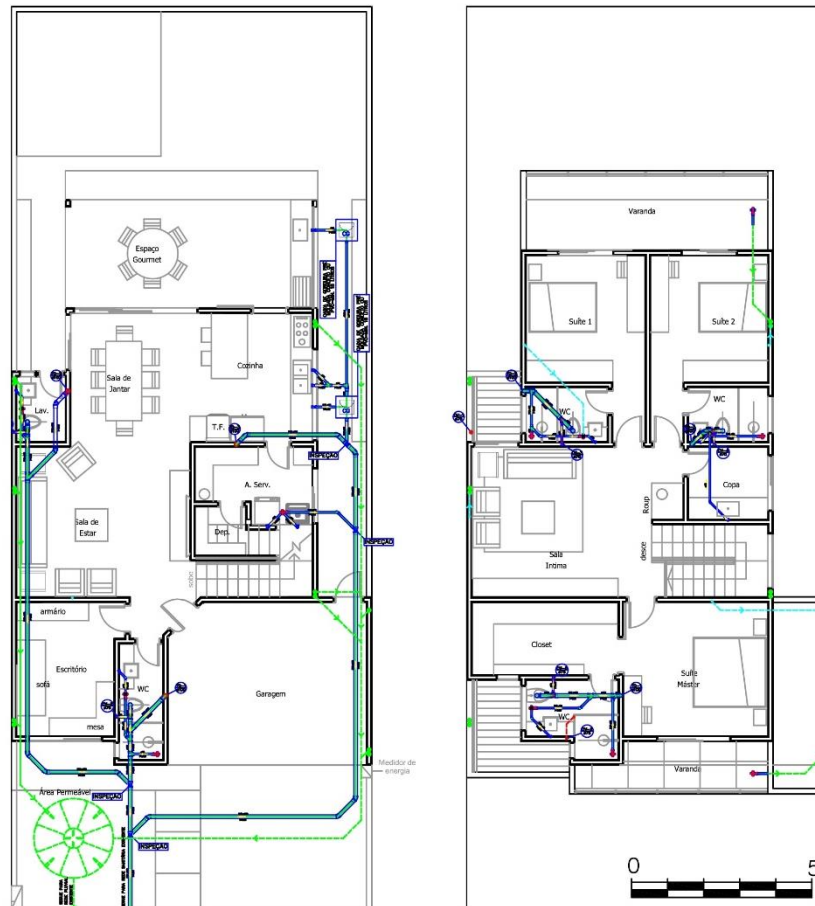


Fonte: Autores (2023)

### 3.2.5. PROJETO SANITÁRIO

O projeto sanitário, que engloba os sistemas de esgoto e água pluvial, conta com uma prancha com plantas baixas do térreo e 1º pavimento, mostradas na Figura 33, e outra com ampliações de alguns dos ambientes. O sistema de esgoto conta com a representação dos elementos em planta, como tubulações, conexões e acessórios, com indicação do diâmetro e respectiva inclinação; apesar disso, não conta com detalhamentos das caixas sanitárias, mas que não interferem no uso do modelo para compatibilização com outros projetos, ou cortes que indiquem profundidade dos elementos. Já o sistema de água pluvial conta apenas com o traçado da tubulação, com indicação das prumadas em planta e do diâmetro e inclinação na legenda.

Figura 33: Projeto sanitário – plantas do térreo e pavimento superior.

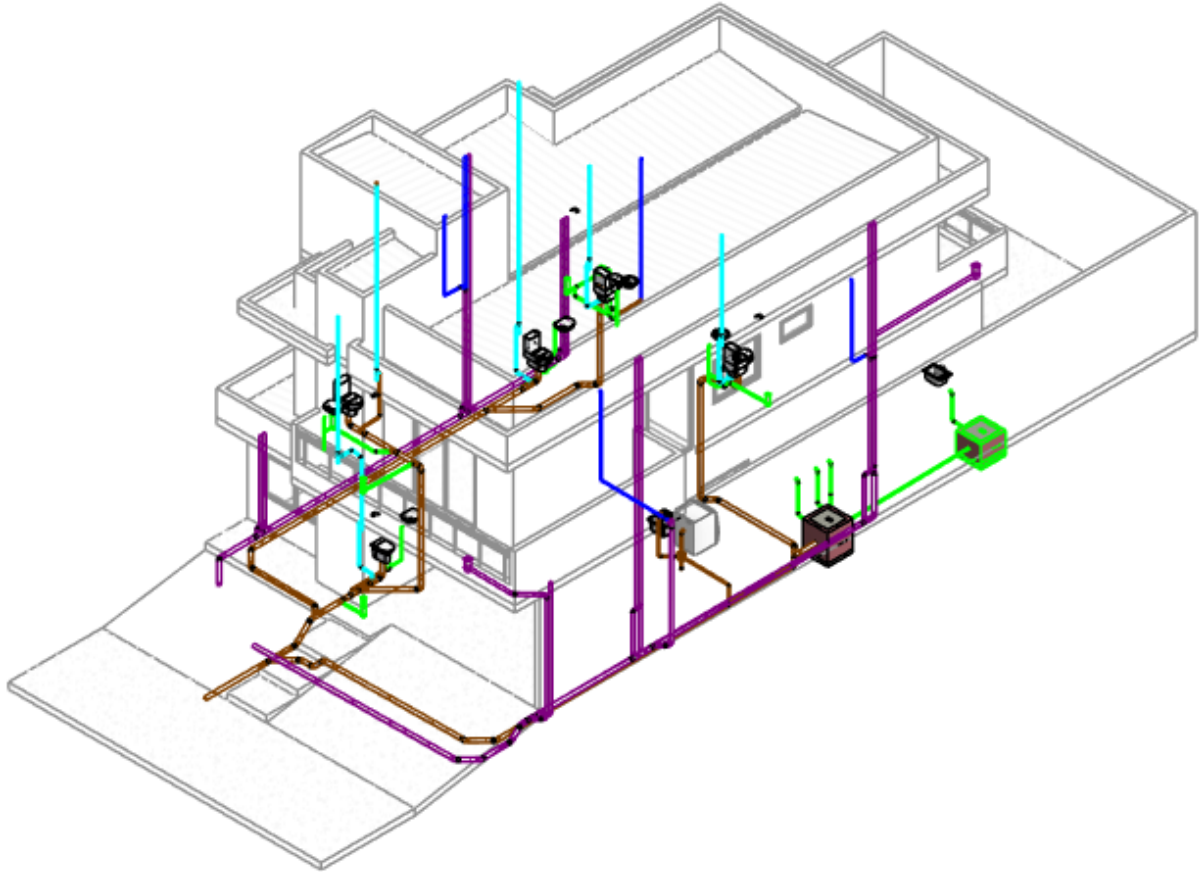


Fonte: Autores (2023)

Para a modelagem, o sistema de água pluvial foi reproduzido seguindo a locação das tubulações e prumadas e inclinação indicada. Em se tratando de um projeto em que a profundidade de cada tubulação ou peça é diretamente afetada pela inclinação de tubulações conectadas a ela, grande parte do sistema de esgoto é dificilmente aferida com exatidão apenas através de vistas em planta. Para a sua modelagem, o dimensionamento e posicionamento de tubulação e peças, como caixas sifonadas, de gordura ou de inspeção, foram respeitados conforme locação em planta. Já as profundidades foram ajustadas conforme o posicionamento de caixas sanitárias, peças, sistema de ventilação e inclinação das tubulações, respeitando a norma NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário (1999), de modo que toda a passagem do sistema se fizesse sob a laje dos respectivos pisos, sendo enterrada ou através do forro do pavimento térreo. O resultado é apresentado conforme a Figura 34, com o sistema de água

pluvial representado em coloração roxa, ventilação em ciano, drenos de ar condicionado em azul escuro, esgoto primário secundário em marrom e verde claro, respectivamente.

Figura 34: Vista geral de modelagem do sistema sanitário de esgoto e água pluvial.

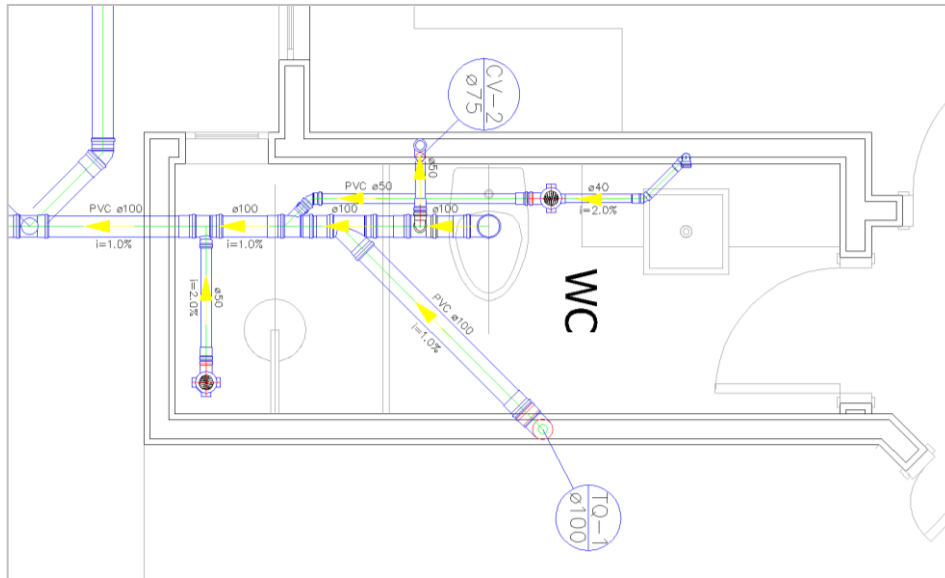


Fonte: Autores (2023)

A “subjetividade” na representação tridimensional do sistema será levada em conta nas análises, porém é importante destacar que a falta de exatidão no posicionamento do sistema pode levar a quantitativos imprecisos, aumento da altura do forro ou necessidade de maior escavação, além de desvios e conflitos durante a execução. A exemplo, são mostrados a seguir a ampliação do projeto original (Figura 35) e o modelo construído no *software Revit* (Figura 36) do banheiro do pavimento térreo:

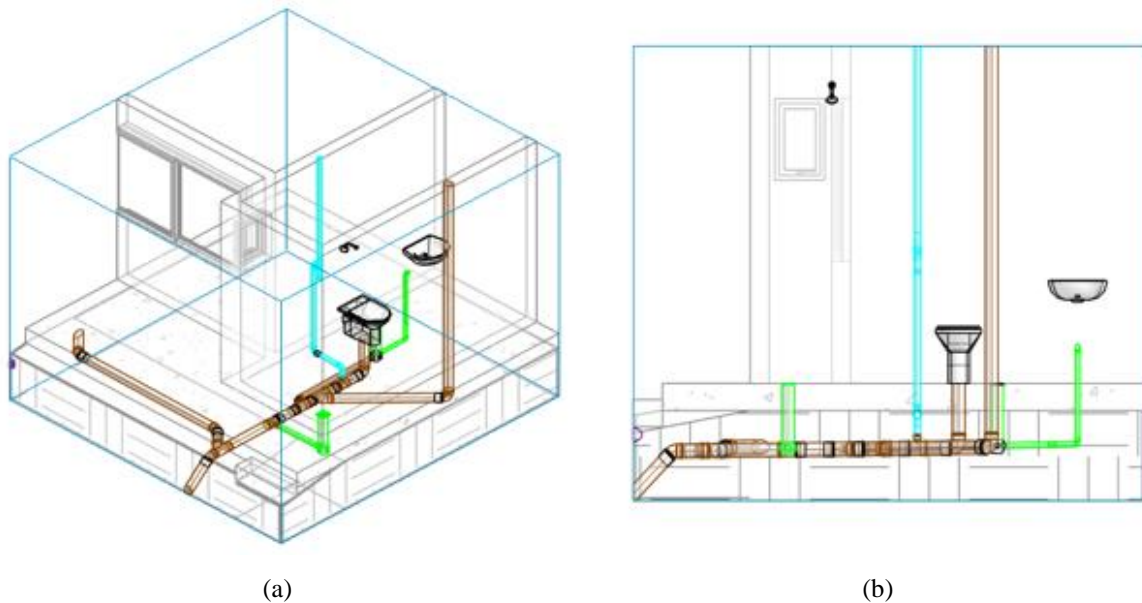


Figura 35: Planta baixa do esgoto do banheiro do pavimento térreo.



Fonte: Autores (2023)

Figura 36: Vistas isométrica (a) e em corte (b) da modelagem do esgoto do banheiro do pavimento térreo.



Fonte: Autores (2023)

Através do modelo, é perceptível que a profundidade das tubulações do ambiente é maior do que se espera numa análise isolada, uma vez que as tubulações aqui herdaram a profundidade das tubulações que partem de outro ambiente. O modelo tridimensional, compatível com o modelo arquitetônico, permite a análise imediata desse tipo de informação, possível anteriormente apenas com constante contato com projetista. Apesar de não ser o único

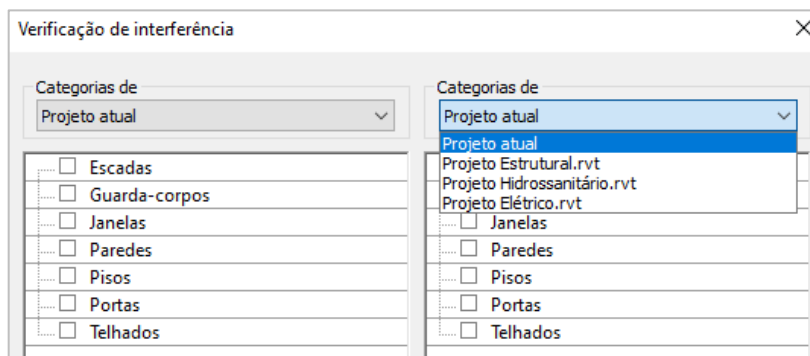
fator que determina um projeto em *BIM*, a simples facilidade e precisão na visualização auxilia na detecção e resolução de problemas em fase de projeto.

### 3.3. COMPATIBILIZAÇÃO E ANÁLISE

#### 3.3.1. SOFTWARE

O *software Revit* possui uma ferramenta própria para a verificação de interferências entre diferentes instâncias de projetos, localizada na opção “Coordenar”, na aba “Colaborar”. A verificação permite comparar dois conjuntos de elementos distintos, entretanto um deles deve pertencer obrigatoriamente ao projeto base (identificado como “Projeto atual”), enquanto o outro pode ser de um projeto adjacente vinculado ao atual, além do próprio modelo base; a Figura 37 mostra o menu correspondente, onde é necessário selecionar os Projetos em análise e as categorias dos elementos a serem avaliados. O recurso serve adequadamente ao fluxo de um projeto, uma vez que o responsável por determinada disciplina pode projetar enquanto avalia as incompatibilidades com as demais que podem ser anexados, fazendo alterações quando cabível a ele ou informando o projetista pertinente.

Figura 37: Seleção de categorias na ferramenta de verificação de interferências.



Fonte: Autores (2023)

No entanto, por conta de se fazer necessário que um dos projetos avaliados seja o projeto base (atual), não é possível criar um arquivo único com todos os projetos, arquitetônicos e complementares, anexados a ele. Em outras palavras, não é possível avaliar todos os projetos por meio de um só arquivo. Para a análise, então, foi necessário usar três projetos base para a compatibilização, comparando-os com os demais projetos em formato de vínculo. Inicialmente utilizou-se o projeto arquitetônico, em seguida o estrutural e por último o elétrico, cobrindo todas as possibilidades de verificação, conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Relação de projetos base e vinculados.

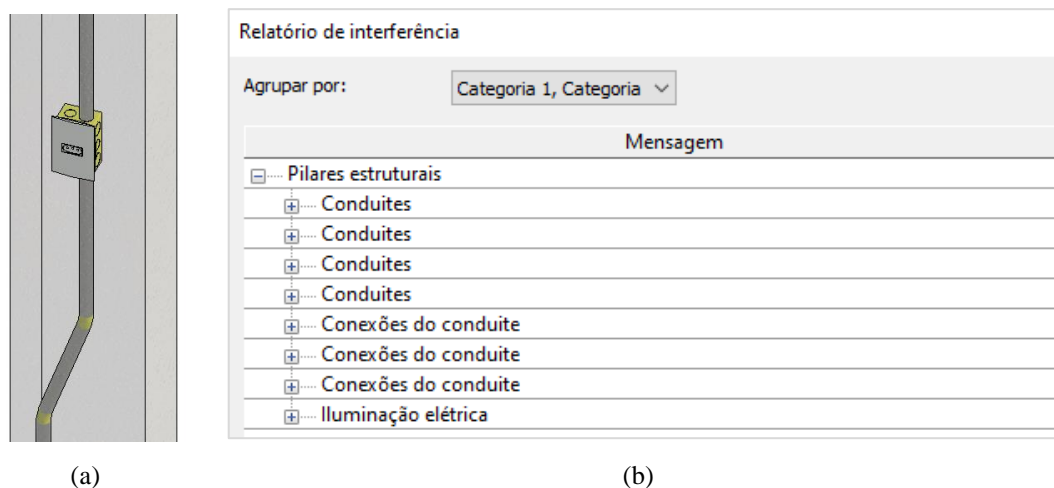
PROJETO BASE	PROJETOS VINCULADOS		
	Estrutural	Elétrico	Hidrossanitário
Arquitetônico	x	x	x
Estrutural		x	x
Elétrico			x

Fonte: Autores (2023)

### 3.3.2. RELATÓRIO DE INTERFERÊNCIAS

Com os modelos prontos e criados os arquivos para análise, deu-se início à verificação de incompatibilidade dos projetos através da ferramenta supracitada. O relatório obtido em cada uma das etapas de compatibilização abrange todos os elementos modelados de maneira individual. Isto significa que uma única incompatibilidade, como por exemplo um interruptor sobrepondo um pilar estrutural, pode gerar diversos avisos de interferências por parte do programa, uma vez que cada segmento de conduíte, equipamento elétrico e conexões será apontada como ocupando o mesmo espaço físico do pilar, como exemplificado na Figura 38.

Figura 38: (a) Componentes elétricos sobrepondo um pilar estrutural e (b) relatório gerado decorrente desta interferência.



Fonte: Autores (2023)

Desse modo, o relatório pode listar uma grande quantidade de interferências pouco significativas para um mesmo problema geral, fazendo-se necessário analisar e filtrar estas situações, desconsiderando o número final de interferências indicadas por ele. Apesar do

contratempo, como a ferramenta apresenta os resultados listados de maneira organizada e sequencial, além de destacar os elementos que se sobrepõe no modelo tridimensional, a identificação de conflitos pode ser facilmente conduzida e verificada.

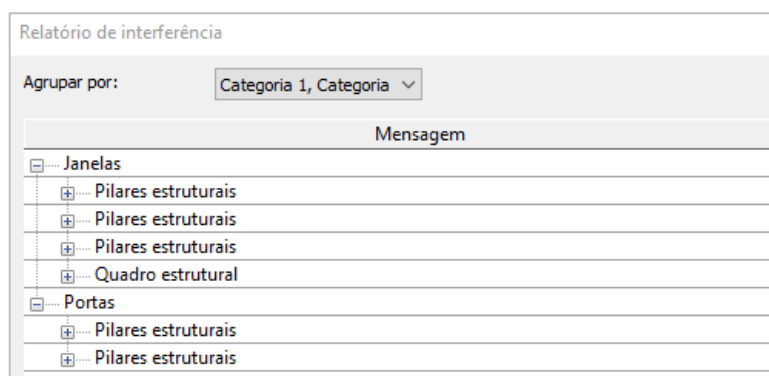
### 3.3.3. SELEÇÃO

Visto que várias interferências identificadas podem levar a um único conflito tangível, é importante também separar as interferências pouco representativas, que representam um problema facilmente resolvido ou que simplesmente não refletem a realidade. A exemplo, têm-se a análise de elementos do projeto arquitetônico com projeto estrutural.

O projeto estrutural, assim como os demais, toma como base as plantas fornecidas pela arquitetura. Entretanto, os elementos estruturais seguem um padrão de posicionamento horizontal e vertical muito atrelado à base arquitetônica, diferentemente das outras disciplinas complementares que possuem mais elementos e posições facultativas. Desse modo, as interferências da estrutura na arquitetura são poucas e pouco representativas.

O relatório de verificação comparando portas e janelas com os elementos estruturais apontou seis interferências (Figura 39). Porém, conforme observado na Figura 40, elas se resumem a ajustes milimétricos entre alguns pilares e a moldura de aberturas, que podem ainda variar a depender do modelo empregado em obra. Desse modo, este tipo de incompatibilidade foi desconsiderado da análise final.

Figura 39: Relatório de interferências entre o arquitetônico e estrutural.

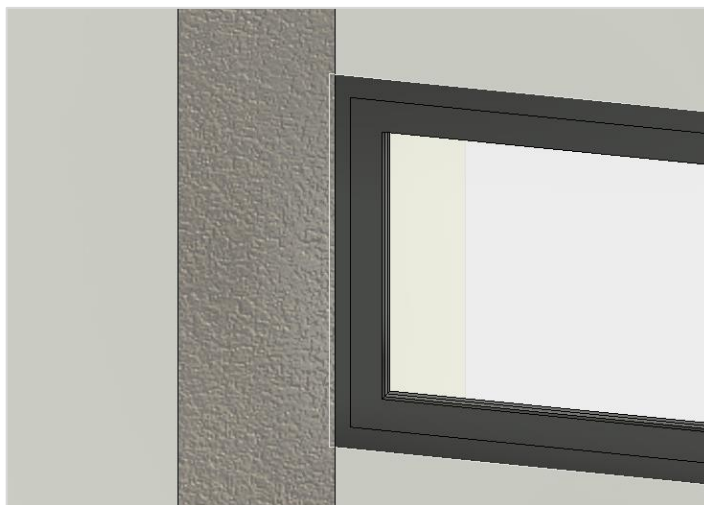


The image shows a screenshot of a software interface titled "Relatório de interferência". At the top, there is a dropdown menu labeled "Agrupar por:" with the selected option "Categoria 1, Categoria". Below this is a table with a header "Mensagem". The table contains six rows of data, grouped into two categories: "Janelas" and "Portas".

Relatório de interferência	
Agrupar por: Categoria 1, Categoria	
Mensagem	
[-] Janelas	
[+] Pilares estruturais	
[+] Pilares estruturais	
[+] Pilares estruturais	
[+] Quadro estrutural	
[-] Portas	
[+] Pilares estruturais	
[+] Pilares estruturais	

Fonte: Autores (2023)

Figura 40: Sobreposição de moldura da janela com pilar.



Fonte: Autores (2023)

## 4 ANÁLISE DE INTERFERÊNCIAS

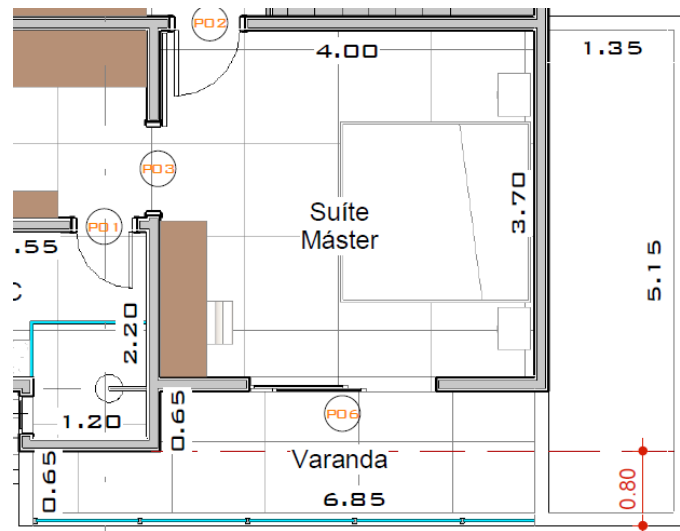
### 4.1. VERIFICAÇÃO PRELIMINAR

Descritos a ferramenta e o método de seleção de interferências significativas, a compatibilização de projeto se dá, antes de mais nada, pela modelagem dos projetos individuais. A forma de modelagem é impactada desde a concepção no método *BIM* usando programas como *Revit*, uma vez que os projetos complementares são idealizados em modelo paramétrico e volumétrico com a constante visualização do modelo arquitetônico base. Isso leva a percepções mais abrangentes sobre os elementos e como eles se integram entre si e também com os elementos do projeto base, permitindo identificar ou mesmo evitar interferências ainda na concepção inicial.

### **Projeto Arquitetônico**

A modelagem do projeto arquitetônico apresentou um erro de representação entre os desenhos do próprio projeto. Ao observar a planta baixa do pavimento superior, pode-se notar que a varanda possui uma meia parede isolando o corredor ao lado direito e que a fachada não é formada apenas por um guarda-corpo de vidro (Figura 41).

Figura 41: Planta baixa da região da varanda.



Fonte: Autores (2023)

Entretanto, a renderização da mesma região, sendo esta uma imagem de cunho realista que busca representar o resultado final da construção, mostra uma varanda com a fachada toda em vidro e sem a meia parede (Figura 42).

Figura 42: Renderização da região da varanda.



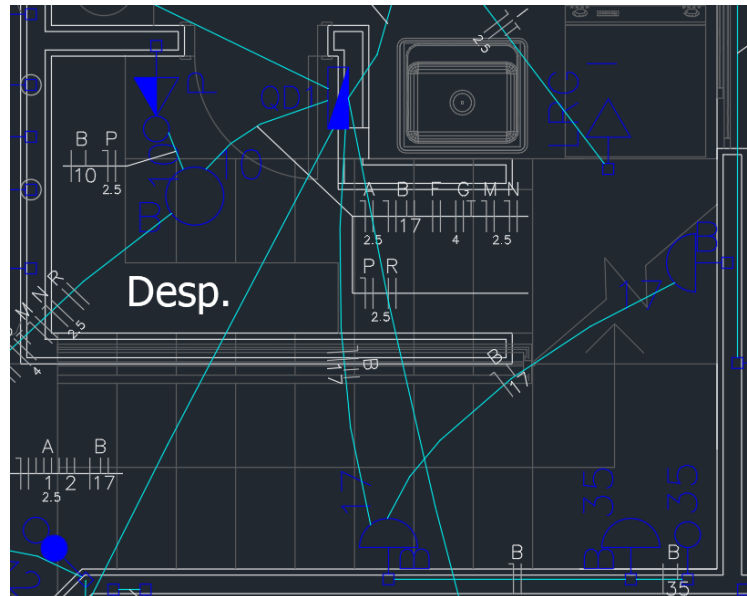
Fonte: Autores (2023)

Uma vez que a renderização, apesar de estar presente em documento oficial, é utilizada normalmente para fins estéticos e demonstrativos, imagina-se que a construção da edificação, assim como o desenvolvimento dos projetos complementares, tenha sido realizada através das plantas baixas.

## Projeto Elétrico

Ao analisar a região da escada durante a própria modelagem já era possível notar interferências claras dos elementos elétricos com a arquitetura. Conforme a indicação do projeto (Figura 43), existem vários pontos de iluminação, tanto no vão da escada como também na despensa, localizada abaixo dos últimos degraus, que provocam certas problemáticas.

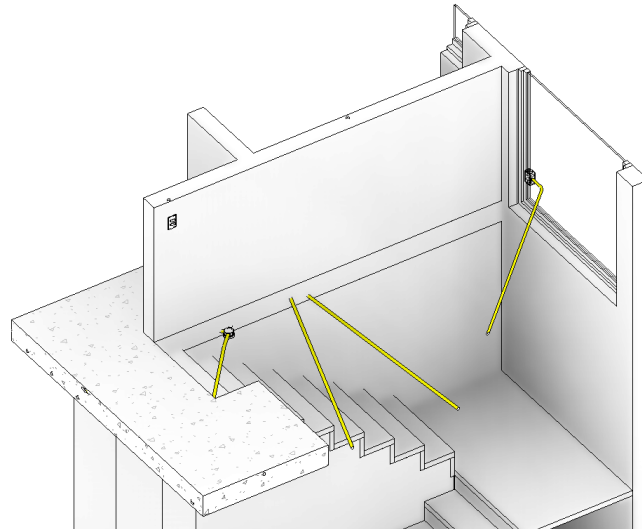
Figura 43: Projeto elétrico da região da escada, no *AutoCAD*.



Fonte: Autores (2023)

A principal é que a altura destes pontos em relação aos degraus não está expressada, assim como o percurso dos conduítes, que levam os cabos de energia do QDC (Quadro de Distribuição de Circuitos) até eles, também não está explicitado. Desse modo, uma vez que não existem lajes neste trecho para que os eletrodutos possam passar, o caminho indicado é impossível de ser realizado na prática. Além disto, a despensa conta com um ponto de luz localizado no teto, mas que é o topo da própria escada, e outro logo acima do patamar, mas que não leva em consideração a existência de uma grande janela, não sendo claro como deverá ser executado (Figura 44).

Figura 44: Modelagem do projeto elétrico na região da escada.

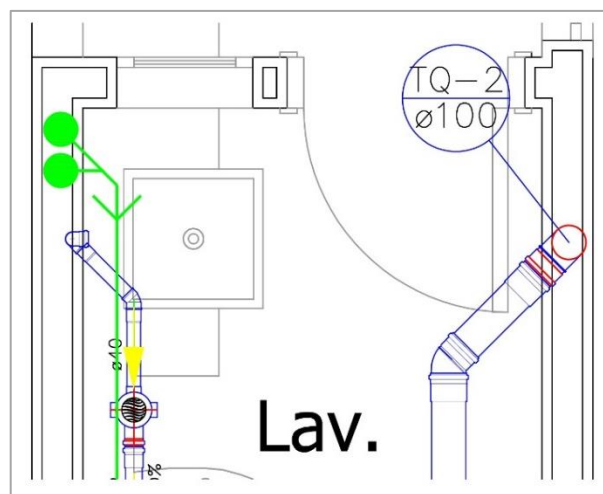


Fonte: Autores (2023)

### Projeto sanitário

A modelagem do projeto sanitário de esgoto e água pluvial evidenciou alguns conflitos entre elementos do próprio projeto e com elementos do arquitetônico. Alguns dos casos que valem destacar são as conexões das prumadas de água pluvial embutidas na alvenaria, de diâmetro indicado de 75mm (círculo preenchido em verde na Figura 45), com o encaminhamento enterrado de diâmetro 100mm (indicado pelo traçado em verde na mesma figura).

Figura 45: Vista em planta do lavabo térreo no projeto sanitário original.



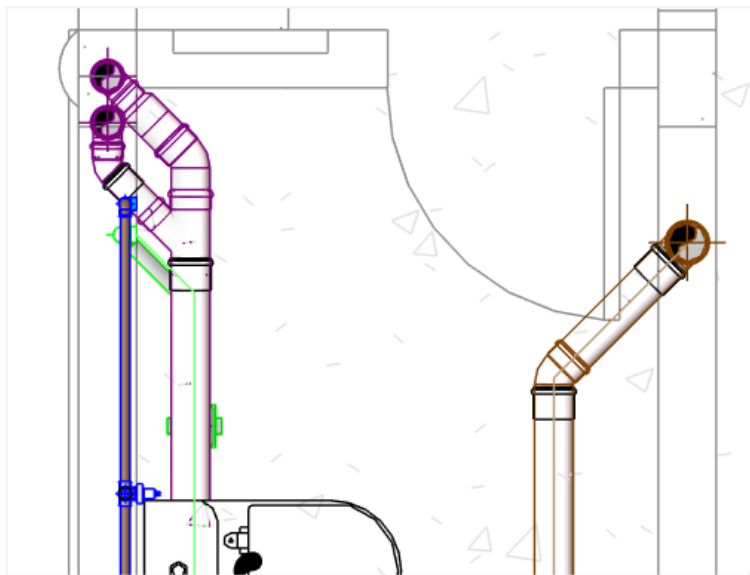
Fonte: Autores (2023)



Observa-se que a conexão na planta bidimensional é feita em pouco espaço e a tubulação passa ao lado da caixa sifonada do lavabo do pavimento térreo. Usando modelos tridimensionais parametrizados, é impossível realizar a conexão no espaço disponível, uma vez que há, além do encontro das duas tubulações, o aumento de diâmetro.

No modelo representado em planta na Figura 46, que tenta respeitar o traçado, se observa que a tubulação de drenagem (em roxo) exige muito espaço para as conexões, o que, junto ao próprio diâmetro da tubulação enterrada, torna impossível a passagem ao lado da caixa sifonada como indica o desenho da Figura 45, necessitando que a tubulação fosse enterrada abaixo do sistema de esgoto do lavabo, com escavações de mais de 50cm no trecho inicial e aumentando nos posteriores, ou um novo traçado para o seguimento da tubulação. Ambos os casos exigiriam a verificação de outros conflitos ao longo do encaminhamento. Além disso, a própria disposição das conexões se mostra pouco prática, devido aos espaçamentos, o que provavelmente acarretaria alteração na disposição das prumadas e da tubulação enterrada em obra, sem contar a imprecisão dos quantitativos, uma vez que o problema é de difícil detecção considerado apenas o traçado bidimensional.

Figura 46: Modelagem das conexões de água pluvial no lavabo térreo.



Fonte: Autores (2023)

#### 4.2. VERIFICAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS

Após a análise e alterações citadas durante a fase de modelagem, fez-se uso da ferramenta de detecção de interferências como descrito no item 3.3. Os conflitos detectados

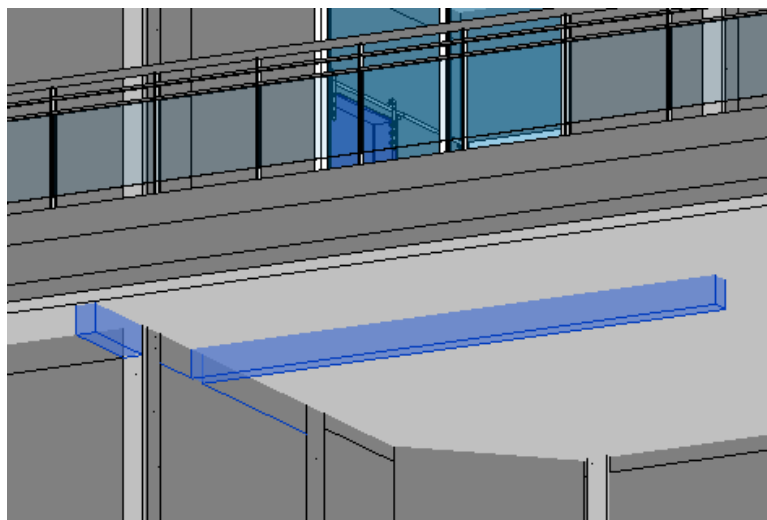
serão relacionados conforme os elementos que os originaram, que podem estar associados a diferentes situações, citadas sob o mesmo tópico. Situações geradas no mesmo contexto de incompatibilidade (como conflito entre uma conexão de joelho e um pilar, por exemplo) não serão listadas em repetido, uma vez que concernem ao mesmo tipo de análise.

#### 4.2.1. VIGAS X ARQUITETÔNICO

Parte da análise de conflitos envolvendo o projeto estrutural e o projeto arquitetônico se deu através de verificação visual, uma vez que a sobreposição de vigas e pilares com paredes é algo comum e seria apontado repetidamente pela ferramenta de detecção, sem apresentar resultados realmente relevantes para o estudo.

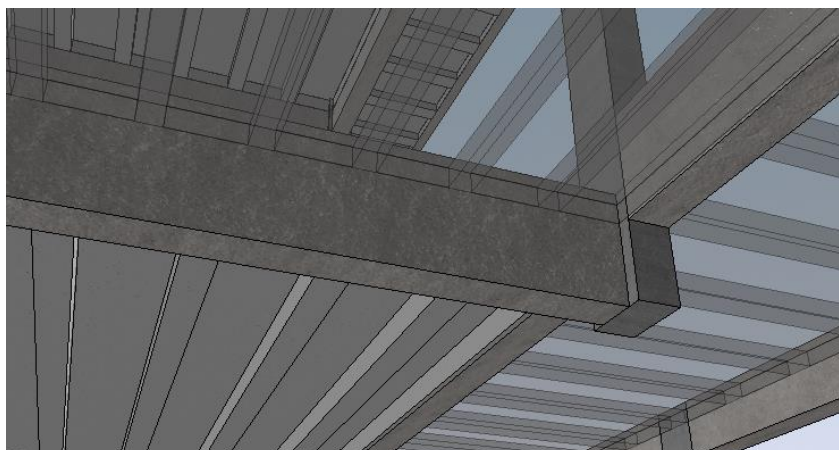
Na fachada, é nítida a interferência de duas vigas que se sobressaem no teto (Figura 47), fugindo totalmente da proposta arquitetônica de um vão livre e plano, uma vez que não aparenta ter sido projetado um forro e também que houve um esforço significativo para eliminar a visibilidade de qualquer viga externa. Além disso, uma destas vigas termina abruptamente no meio da laje da garagem, apoiando-se apenas em um pequeno segmento da seção de outra viga perpendicular a ela (Figura 48), causando um efeito ainda mais disforme.

Figura 47: Vigas expostas na fachada.



Fonte: Autores (2023)

Figura 48: Viga apoiando-se apenas em um pequeno segmento da seção.

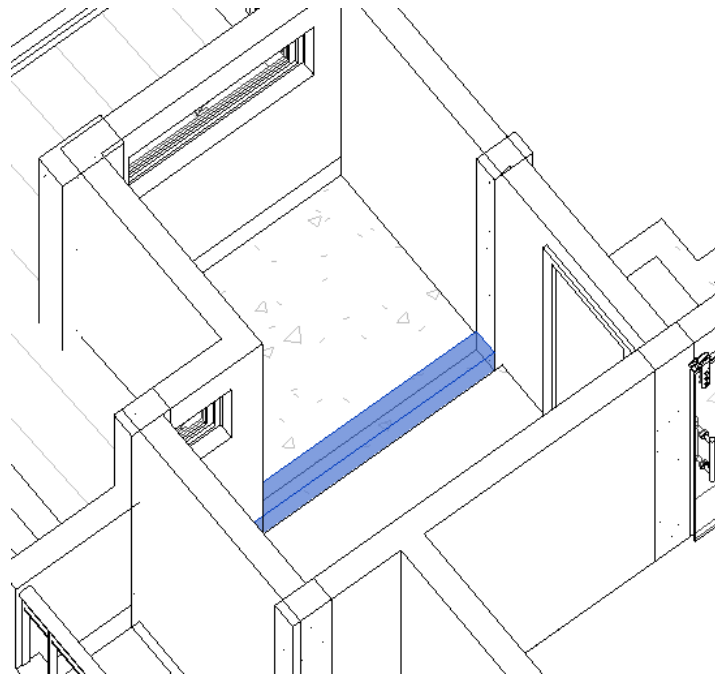


Fonte: Autores (2023)

Tal problema resultaria na necessidade de alterar a concepção arquitetônica desta região após a execução, uma vez que os elementos estruturais são os primeiros a serem levantados. Estas alterações causam não somente um elevado grau de retrabalho, mas também um alto adicional no custo de obra por necessitar de grandes intervenções. Além disso, a solução tradicional para este tipo de problema, que é a adoção de vigas invertidas (onde a maior parte da seção da viga fica acima da laje), método que foi utilizado em outras partes desta mesma fachada, é inviável. Isto se dá pelo fato de existir uma parede com uma grande porta de vidro logo acima, impossibilitando o deslocamento da viga, uma vez que criaria um grande ressalto e geraria uma nova interferência problemática.

Outra situação semelhante pode ser observada no banheiro da suíte do pavimento superior, onde uma das vigas está deslocada para cima, provocando um ressalto de aproximadamente 23cm no meio do cômodo (Figura 49). Este problema vai muito além de uma questão estética, atrapalhando efetivamente o funcionamento do ambiente, e sua solução pode não ser das mais simples, necessitando de grandes adaptações ou até mesmo uma mudança completa do cômodo.

Figura 49: Ressalto no banheiro causado por viga invertida.

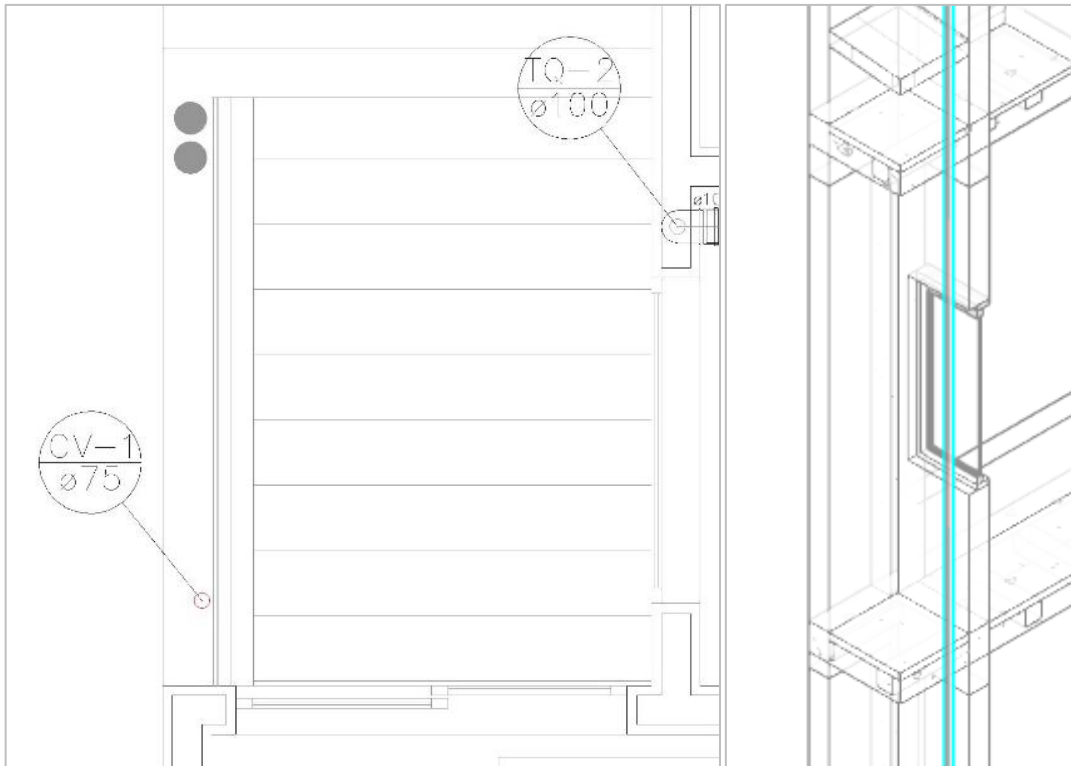


Fonte: Autores (2023)

#### 4.2.2. TUBULAÇÃO X ARQUITETÔNICO

A indicação da tubulação de ventilação no pavimento superior no projeto sanitário, como segue na Figura 50 (a) (identificada como CV-01), acarreta conflito com o projeto arquitetônico. Da forma como representada, a ventilação do esgoto do lavabo do pavimento térreo sobe pela platibanda que termina no pavimento superior, e não no nível da cobertura. Assim, ou a ventilação terminaria no nível do pavimento superior em frente a uma janela, o que não está em conformidade com a norma e também não é indicado considerando os gases exalados pelo sistema sanitário, ou teria que se estender até o nível do telhado, ficando exposta ao longo da extensão do pavimento superior até a cobertura (como visto na Figura 50 (b)). Caso o problema fosse alterado posteriormente, sem a adequada adaptação do esgoto do lavabo em questão para ajustar o local de subida da ventilação, iria ser necessário desvio horizontal (com conexão a 45°) da ventilação, ocasionando uso de mais material (tubulação e conexões) e possíveis furos em pilares próximos.

Figura 50: (a) indicação do tubo de queda e (b) vista tridimensional da tubulação de ventilação exposta.

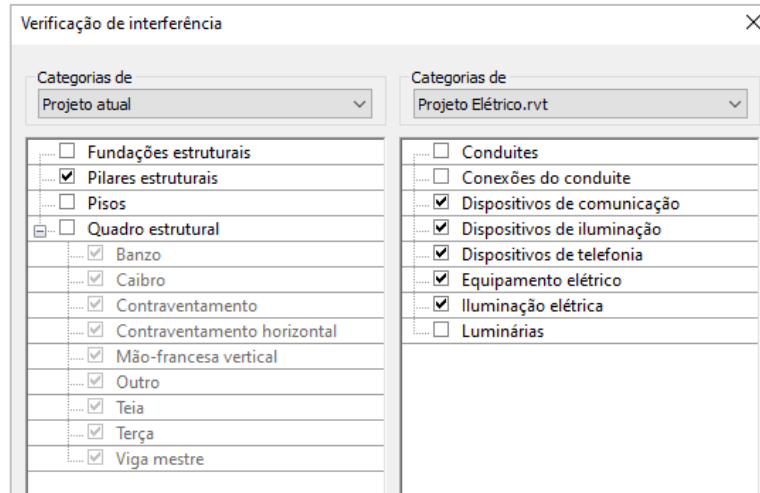


Fonte: Autores (2023)

#### 4.2.3. PILARES X PONTOS ELÉTRICOS

Esta análise foi iniciada através da verificação de interferências, por meio da ferramenta, entre os elementos elétricos, como tomadas, interruptores, pontos de telecomunicação e quadros, e os pilares estruturais. Por conta das famílias de equipamentos utilizadas no desenvolvimento do projeto elétrico, as tomadas se enquadram na categoria de “iluminação elétrica”, enquanto os interruptores estão sob “dispositivos de iluminação” e os quadros de distribuição e medição se encaixam como “equipamento elétrico” (Figura 51).

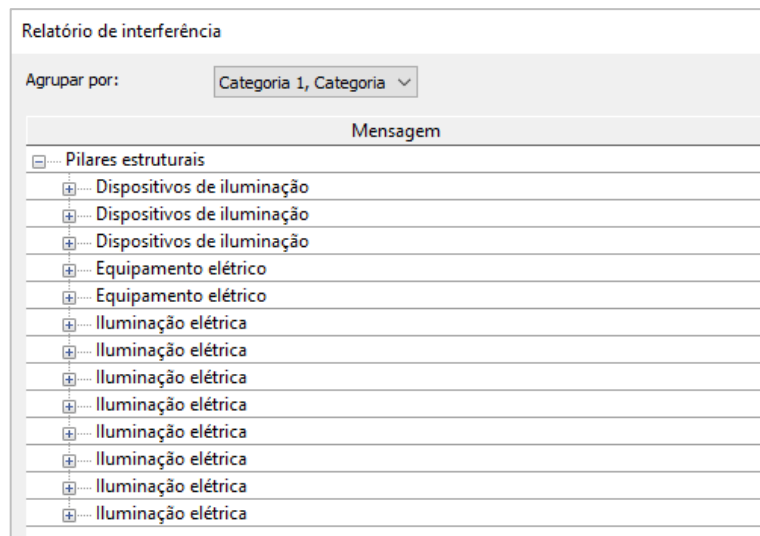
Figura 51: Categorias utilizadas na verificação de pilares e pontos elétricos.



Fonte: Autores (2023)

Ao acionar a ferramenta, o relatório de incompatibilidades retornou treze casos de sobreposição entre estes elementos e os pilares, sendo três referentes aos interruptores, dois aos quadros e oito aos pontos de tomada, conforme a Figura 52 a seguir.

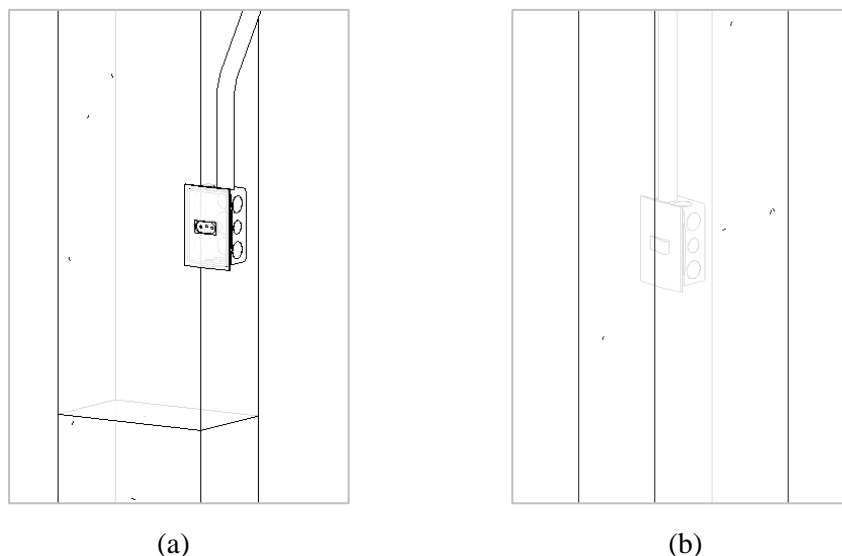
Figura 52: Resultado da verificação de interferências entre pilares e pontos elétricos.



Fonte: Autores (2023)

Analisando cada uma delas, nota-se que cinco foram ocasionadas por sobreposições mínimas, enquanto em todos os outros casos os pontos elétricos estão completamente alocados nos pilares estruturais (Figura 53).

Figura 53: (a) Caso de interferência mínima entre o pilar e a tomada, e (b) caso de sobreposição completa.



Fonte: Autores (2023)

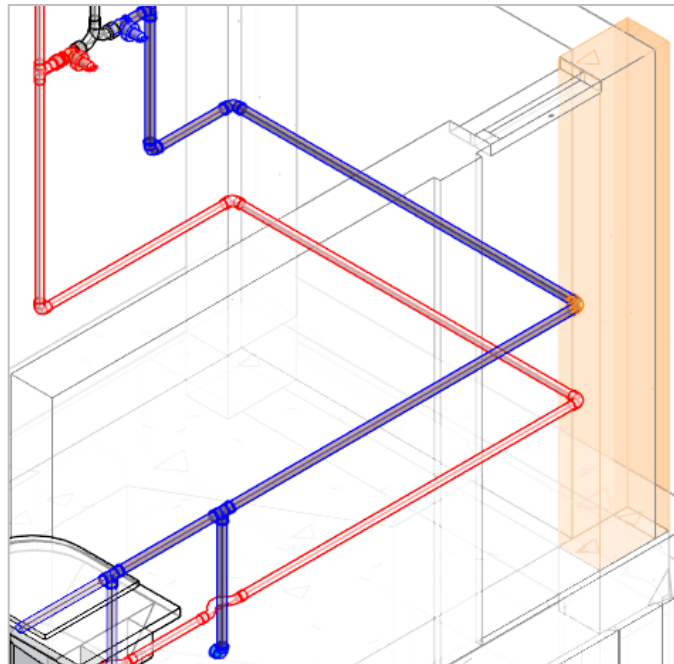
Conforme citado no item 3.2.3. PROJETO ELÉTRICO, os elementos pertinentes ao projeto elétrico possuem maior flexibilidade, tanto do material em si, quanto de sua localização. Isto permite que estas incompatibilidades sejam lidadas com certa facilidade durante a execução da obra, uma vez que os pilares não serão alterados, se fazendo necessário modificar o posicionamento destes pontos elétricos. Todavia, estas modificações, apesar de normalmente serem possíveis, intervêm na visão do projetista que havia determinado os locais que gerariam maior conforto e comodidade para os clientes. Desse modo, a necessidade de realocar elementos elétricos interfere majoritariamente no resultado final de utilização da edificação. Além disso, o carecimento de análises e adoções de medidas de correção, por mais simples que pareçam ser, interrompe o ritmo da obra e também muitas vezes deixa a cargo do próprio empregado realizar tais modificações por conta própria.

#### 4.2.4. CONEXÃO HIDRÁULICA X PILARES

Uma situação comum a todas as áreas de lavabo e banheiro ao longo dos pavimentos do projeto é a de peças joelho 90° nas quinas do ambiente, na passagem do ramal a alturas de 45 e 75cm de altura entre água quente e fria, respectivamente. Como visto na Figura 54, na maioria dos casos isso resultou na passagem do joelho (e tubulação associada) dentro dos pilares de canto, que ocupam toda a seção da parede nesses casos.

Solucionar o problema em obra resultaria em aumentar a espessura das camadas de acabamento da parede para cerca de 5cm para acomodar o joelho fora da seção do pilar, causando gasto de material não contabilizado, tempo e mão de obra, além de impactar no *layout* do ambiente.

Figura 54: Conflito com a passagem dos joelhos 90° na quina das áreas de banheiro.



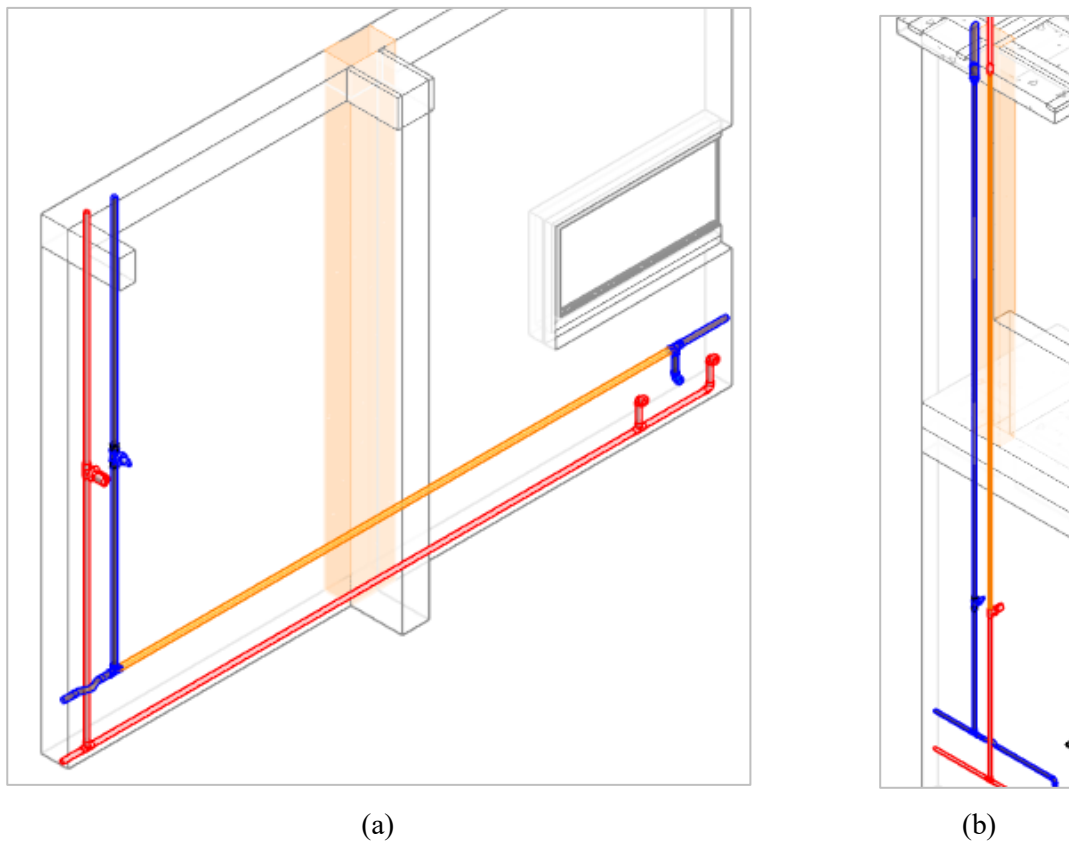
Fonte: Autores (2023)

#### 4.2.5. TUBULAÇÃO X PILARES

Outra situação comumente observada é a passagem de tubulações por dentro de pilares, como representada na Figura 55 (a), que deve ser rapidamente detectada para que o engenheiro estrutural possa avaliar e liberar a realização desses furos, em casos solicitando o reforço do elemento. As mesmas premissas se aplicam a furos em viga, sendo necessário conhecer a localização, dimensão e quantidade desses furos para avaliação, o que torna importante a prévia detecção e relação desses problemas em fase de projeto. Porém alguns conflitos encontrados podem ser muito acentuados, como no caso da Figura 55 (b), onde as prumadas de água fria e quente atravessam longitudinalmente o pilar no pavimento superior, exigindo ajustes mais expressivos no projeto hidráulico.



Figura 55: Conflitos na passagem de tubulação dentro de pilares estruturais.



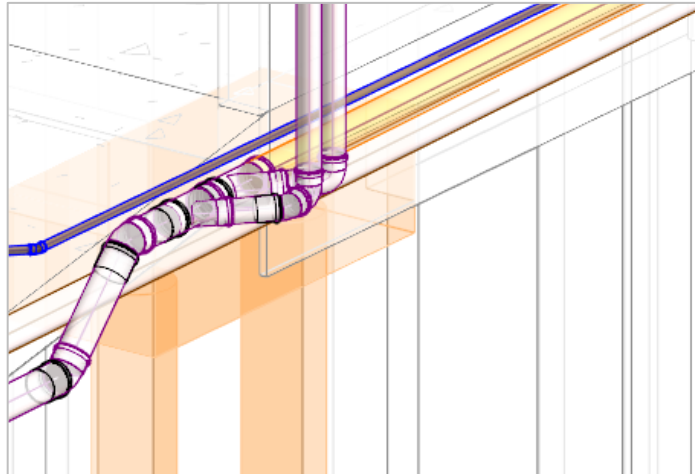
Fonte: Autores (2023)

#### 4.2.6. TUBULAÇÃO DE ESGOTO E ÁGUA PLUVIAL X FUNDAÇÃO

O sistema de esgoto tem profundidade variável, a qual não é indicada num projeto tradicional. Isto torna difícil definir a exata localização dos pontos sem um modelo paramétrico, porém o próprio traçado já pode evidenciar alguns conflitos, como com blocos e até mesmo estacas de fundação. Como visto na Figura 56, há tubulações de esgoto e conexões inteiras de água pluvial (com detalhe das conexões problemáticas do encontro de descidas de água pluvial em roxo, descritas no 4.1. VERIFICAÇÃO PRELIMINAR) conflitando com esses elementos de fundação.

Alteração no traçado de esgoto gera alterações em profundidades e novas análises de compatibilidade são exigidas, tornando esse tipo de problema especialmente complicado quanto mais tardiamente for detectado, podendo até mesmo exigir modificação na cota de assentamento de fundação, que só seria possível mediante análise estrutural e geotécnica do terreno, além de gerar gastos maiores com escavação e reaterro.

Figura 56: Conflito entre tubulações e blocos de fundação.

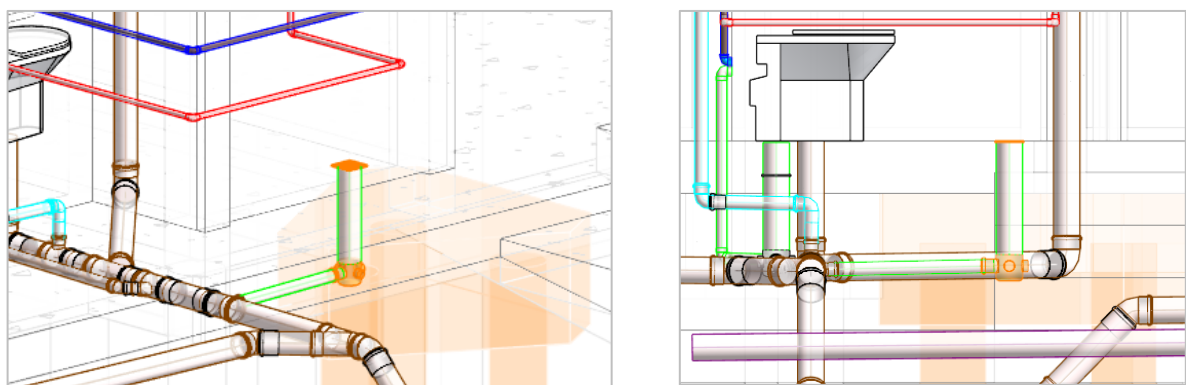


Fonte: Autores (2023)

#### 4.2.7. CAIXA SANITÁRIA X FUNDAÇÃO

Uma situação ainda mais grave é quando uma caixa sanitária, como a caixa sifonada, termina dentro de um bloco de fundação, como ocorre na Figura 57. Além do posicionamento inadequado, a profundidade herdada das demais tubulações que passam no ambiente colocam a peça no interior de um dos blocos, se fazendo necessário redesenho do *layout* do banheiro do pavimento térreo, alteração na conexão da caixa à rede primária de esgoto, alteração na cota de arrasamento do bloco de fundação ou ambos.

Figura 57: Caixa sifonada conflitando com bloco de fundação.



(a)

(b)

Fonte: Autores (2023)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho teve o intuito de investigar as vantagens do uso de *software BIM* na interoperabilidade e compatibilização de projetos de diferentes disciplinas frente a métodos tradicionais amplamente difundidos no mercado nacional de engenharia civil. Para isso, procedeu-se com a modelagem em *BIM*, por intermédio dos *softwares TQS* e *Autodesk Revit*, de projetos existentes em formatos tradicionais de *PDF* e *DWG*, a partir da seleção de uma residência unifamiliar apropriada para os objetivos do estudo.

Como visto, são claros os ganhos na integração entre projetos, coordenação entre diferentes disciplinas, maior facilidade na leitura e compreensão e detecção prévia de inconsistências. Com o uso do *software*, furos em vigas podem ser previamente ratificados pelo projetista estrutural, a passagem de conduítes são definidas com precisão, evitando que decisões feitas durante a execução causem variação nos quantitativos e potenciais novas interferências, conexões de elementos hidráulicos são feitas em proporções reais com peças parametrizadas, materiais e profundidades do sistema de esgoto sanitário são mais precisamente quantificados, elementos estruturais são melhor integrados à proposta arquitetônica e outras inconsistências entre diferentes projetos mais facilmente detectáveis ainda na fase de concepção e modelagem.

Assim, foi possível averiguar que diversos conflitos que poderiam repercutir durante a execução da obra podem ser identificados durante a própria modelagem dos projetos e também, posteriormente, através de ferramentas de compatibilização, como a verificação de interferências do *Revit*. Ao garantir uma melhor comunicação entre diferentes disciplinas, precisão no modelo e quantitativos e ainda ferramentas que facilitam a etapa de identificação de conflitos, a aplicação da metodologia *BIM* mostra diversos benefícios para a área de projetos de arquitetura e engenharia.

Futuros trabalhos podem inserir a influência da utilização de *softwares BIM* na quantificação e orçamentação dos serviços e materiais, além da programação de etapas de construção. Também podem ser realizadas avaliações da utilização da tecnologia *BIM* em edificações de mais pavimentos ou edifícios e plantas industriais, que possuem grande quantidade de tubulações subterrâneas e com elevada possibilidade de interferências ao se executar novas construções.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDOR, M. R. A.; CASTANHO, D. A. C.; CAMBIAGHI, H.; DELATORRE, J. P. M.; NARDELLI, E. S.; OLIVEIRA, A. L. Colocando “i” no BIM. **Revista Arq.Urb**, 2010. n. 4, p. 104 – 115. Disponível em: <<https://revistaarqurb.com.br/arqurb/article/view/207>>. Acesso em: 28 dez. 2022.

ALDER, M. A. **Comparing time and accuracy of building information modeling to on-screen take off for a quantity takeoff on a conceptual estimate**. 2006. Dissertação de Mestrado. School of Technology Brigham Young University, Provo, 2006.

ALEXANDRE, J. **QiBuilder: Vale a pena?**. DetalhamentosCAD, 2023. Disponível em: <<https://jonatasalexandre.com.br/qibuilder-vale-a-pena/>>. Acesso em: 8 dez. 2023.

ALVES, K. M.; ANTONIO, D. F.; CONDE, K. M.; JESUS, L. A. N. Estudo de caso de implementação e compatibilização em BIM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2019, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: PPGAU/FAUeD/UFU, 2019. p. 658-670.

ARCELORMITTAL. **Treliças Nervuradas**. [s. l.], 2017. Disponível em: <<https://brasil.arcelormittal.com/files/produtos-catalogos/56ef7b17-5790-4cb6-8972-eb44f8fc71e5>>. Acesso em: 16 jun. 2023.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626: Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção**. Rio de Janeiro. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução.** Rio de Janeiro. 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16636-1: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos – Parte 1: Diretrizes e terminologia.** Rio de Janeiro. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16636-2: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos – Parte 2: Projeto arquitetônico.** Rio de Janeiro. 2017.

AUTODESK. **A evolução do CAD.** Autodesk, 2017. Disponível em: <<https://blogs.autodesk.com/por-dentro-da-autodesk-brasil/2017/01/02/a-evolucao-do-cad/>>. Acesso em: 17 jan. 2023.

AYRES FILHO, C. **Acesso ao modelo integrado do edifício.** 2009. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

BARATA, J. C. S. **BIM: a metodologia de trabalho revolucionadora.** Novo Perfil, 2022. Disponível em: <<https://www.novoperfil.pt/Artigos/391607-BIM-a-metodologia-de-trabalho-revolucionadora.html>>. Acesso em: 22 dez. 2022.

BAZJANAC, V. **Virtual Building Environments (VBE) - Applying Information Modeling to Buildings.** Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California. U.S.A., 2004.

BEDRICK, J; IKERD, W.; REINHARDT, J. **Level of development (LOD) specification: Part I & Commentary.** BIM FORUM, 2020. Disponível em: <[https://bimforum.org/resource/%EF%BF%BC%EF%BF%BClevel-of-development-specification/#:~:text=The%20Level%20of%20Development%20\(LOD,the%20design%20and%20construction%20process.](https://bimforum.org/resource/%EF%BF%BC%EF%BF%BClevel-of-development-specification/#:~:text=The%20Level%20of%20Development%20(LOD,the%20design%20and%20construction%20process.)>. Acesso em: 6 fev. 2023.

BRASIL. **Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019.** Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling. Brasil: Presidência da República, 2019. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/decreto/d9983.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/d9983.htm)>. Acesso em: 22 dez. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020.** Dispõe sobre a utilização e disseminação do Building Information Modeling. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling - Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Brasil: Presidência da República, 2020. Disponível em: <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/decreto/d10306.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/d10306.htm)>. Acesso em: 22 dez. 2022.

CALLEGARI, S. **Análise da Compatibilização de Projetos em Três Edifícios Residenciais Multifamiliares.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

CARMO, A. **Compatibilização de Projetos na Construção Civil.** LinkedIn, 2018. Disponível em: < [https://www.linkedin.com/pulse/compatibiliza%C3%A7%C3%A3o-de-projetos-na-constru%C3%A7%C3%A3o-civil-alexandre-carmo/?trk=related\\_article\\_Compatibiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20Projetos%20na%20Constru%C3%A7%C3%A3o%20Civil\\_article-card\\_title](https://www.linkedin.com/pulse/compatibiliza%C3%A7%C3%A3o-de-projetos-na-constru%C3%A7%C3%A3o-civil-alexandre-carmo/?trk=related_article_Compatibiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20Projetos%20na%20Constru%C3%A7%C3%A3o%20Civil_article-card_title)>. Acesso em: 8 fev. 2023.

CHECCUCCI, E. S.; PEREIRA, A. P. C.; AMORIM, A. L. Uma visão da difusão e apropriação do paradigma BIM no Brasil – TIC 2011. **Revista Gestão e Tecnologia de Projetos.** v. 8, n. 1, p. 19-39, 2013.

COELHO, S. S.; NOVAES, C. C. 2008. 07 f. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil.**

Grupo de pesquisa aplicada em construção civil. Pelotas: 2008. Disponível em: <[http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/~gpacc/BIM/referencias/COELHO\\_2008.pdf](http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/~gpacc/BIM/referencias/COELHO_2008.pdf)>. Acesso dia: 28 dez. 2022.

COSTA, Eveline Nunes. **Avaliação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Ouro Preto, 2013.

COSTIN, E. (Org.). **BIM: vantagens e características**. Archdaily, 2012. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/01-49221/bim-vantagens-ecaracteristicas-eron-costin>>. Acesso em: 19 dez. 22.

COUTO, J. P.; COUTO, A. M. **Importância da revisão dos projetos na redução dos custos de manutenção das construções**. 2007. Congresso Construção – 3º Congresso Nacional, Universidade de Coimbra, Portugal.

DARÓS, J. **Guia completo: BIM 10D construção industrializada**. Utilizando BIM. 2019. Disponível em: <<https://utilizandobim.com/blog/bim-10d-construcao-industrializada/>>. Acesso em: 20 jul. 2023.

DELATORRE, J. **Tecnologia BIM: Do Projeto à Construção**. Autodesk University, 2012. Disponível em: <<https://damassets.autodesk.net/content/dam/au/Brasil-2014/documents/materialapoio/2012/AUBR-16-Apresentacao.pdf>>. Acesso em: 22 dez. 2022.

DUARTE, José Renato Aguiar. **Vantagens e dificuldades no uso do Revit**. Disponível em: <<http://www.jrrio.com.br/software/vantagens-e-dificuldades-no-usodo-revit.html>>. Acesso em: 16 jan. 2023.

EASTMAN, C.; SACKS, R.; LEE, G.; TEICHOLZ, P. **Manual de BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2008.

ERNSTROM, B.; HANSON, D.; HILL, D.; JARBOE.; KENIG, M.; NIES, D.; RUSSEL, D.; SNYDER, L.; WEBSTER, T. **The contractors' guide to BIM**. Associated General Contractors of America. Arlington: 2006.

ERON COSTIN. Archdaily. **BIM: vantagens e características**. 2012. Disponível em: <<http://www.archdaily.com.br/br/01-49221/bim-vantagens-ecaracteristicas-eron-costin>>. Acesso em: 10 dez. 2022.

FERREIRA, J. B. P. **Análise do cenário de implantação do BIM em obras e projetos de arquitetura, engenharia, construção e operação no governo brasileiro e estrangeiro**. 2017. 91 f. Monografia (Especialização) – Curso em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

GARIBALDI, B. C. B. **Do 3D ao 7D – Entenda todas as dimensões do BIM**. Sienge, 2020. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/dimensoes-do-bim/>>. Acesso em: 28 dez. 2022.

GIACAGLIA, M. E. **A organização da informação em sistemas CAD: análise crítica de esquemas existentes e proposta para o caso brasileiro**. São Paulo, 35, p. 70-74, 2001.

GOES, R. H. T. B. **Compatibilização de projetos com a utilização de ferramentas BIM**. Dissertação (Mestrado em Habitação) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2011.

GONÇALES JUNIOR, Francisco. Guia para compatibilização de projetos com o BIM. **Revista Alto QI: Tecnologia aplicada à Engenharia**. 2016.

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de Projetos**. 2003. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT), São Paulo, 2003.



HILGENBERG, F. B.; ALMEIDA, B. L.; SCHEER, S.; AYRES, C. Uso de BIM pelos profissionais de arquitetura em Curitiba. **Revista Gestão e Tecnologia de Projetos**. v. 7, n. 1, p. 62-72, 2012.

HOWELL, N. **Permanecendo Competitivo: Você consegue sobreviver sem o BIM?**. Resumo de Negócios BIM 04, Autodesk. 2015. Disponível em: <<https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/test-drive-bim-construction-br/bim-ebook.pdf>>. Acesso em: 19 dez. 22.

HUB IMOBILIÁRIO. Pesquisa revela que 2,51% das empresas consultadas se consideram no nível de integração de maturidade BIM no Brasil. 2022. Disponível em: <<https://hubimobiliario.com/pesquisa-revela-que-251-das-empresas-consultadas-se-consideram-no-nivel-de-integracao-de-maturidade-bim-no-brasil/>>. Acesso em: 14 jun. 2023.

INSTITUTO BRAMANTE. **Conheça o software Autodesk Revit Architecture**. Disponível em: <<http://www.institutobramante.com.br/conheca-o-software-revitarchitecture/>>. Acesso em: 17 jan. 2023.

ISATTO, E. L. **Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil**. 1. ed. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 2000. 183 p.

JOVANOVIČS, C. T.; MOUNZER, E. C. **Evolução tecnológica do desenvolvimento de projetos nos setores de engenharia civil e arquitetura**. Curitiba: Brazilian Journal of Development, 2021.

JÚNIOR, J. E. **Utilização do BIM 5D para estudo de viabilidade de um empreendimento residencial**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro de Engenharias, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

KALE, S.; ARDITI, D. **Diffusion of computer aided design technology in architectural practice.** Journal of Construction Engineering and Management, 131, p. 1135-1141, 2005.

KASSEM, M.; AMORIM, S. R. L. **Projeto de apoio aos diálogos setoriais União Europeia - Brasil: BIM - Building Information Modelling no Brasil e na União Europeia.** Brasília, 2015. 162 p. Disponível em: <<https://eubrdialogues.com/sites/default/files/acoes/documentos/bim.pdf>>. Acesso em: 22 dez. 2022.

KOELLN, F. P. **Tecnologia BIM na construção civil: Composição de custo direto.** 2015. 92 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

MANZIONE, Leonardo. **Pontos essenciais para implementação do Bim.** Revista MAKE BIM, 2017. Disponível em: <https://www.makebim.com/2017/10/05/pontos-essenciais-para-a-implementacao-dobim>. Acesso em 19 dez. 22.

MASOTTI, L. F. C. **Análise da implantação e do impacto do BIM no Brasil.** 2014. 72 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

MELHADO, S. B.; SOUZA, A. L. R.; FONTENELLE, E.; AQUINO, J. P. R.; GRILO, L. M.; FRANCO, L. S.; MESQUITA, M. J.; DUEÑAS PEÑA, M.; FABRICIO, M. M.; OLIVEIRA, O. J. **Coordenação de Projetos de Edificações.** São Paulo: O Nome da Rosa, 2005. 115p.

MENEZES, G. L. B. B. Breve histórico de implantação da plataforma BIM. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo.** v. 18, n. 22, p. 153- 171, 2011.

MIKALDO, J. J. **Estudo comparativo do processo de compatibilização de projetos em 2D e 3D com uso de T.I.** Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Curitiba, 2006.

MIKALDO, J. J.; SCHEER, S. Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea: Qual a melhor solução. 2008. 06 f. **Revista Gestão e Tecnologia de Projetos – Escola de Engenharia de São Carlos**, vl. 3, n. 1. São Carlos: 2008. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50928>>. Acesso em: 20 dez. 2022.

MIRANDA, A. C.; MATOS, C. R. Potencial uso do BIM na fiscalização de obras públicas. **Revista do TCU**, n. 133, p. 22-31, 2015.

MONTEIRO, A. **Implantação e Metodologia BIM**. Dharma Sistemas, 2012. Disponível em: <<https://dharماسistemas.wordpress.com/2010/11/01/voce-sabe-o-que-e-bim-2/>>. Acesso em: 20 dez. 2022.

NAKAMURA, J. **Como compatibilizar bem projetos de diferentes especialidades**. Instituto de Arquitetos do Brasil. Tocantins, 2011. Disponível em: <<https://iabto.blogspot.com/2015/04/como-compatibilizar-bem-projetos-de.html>>. Acesso em: 22 dez. 2022.

NBIMS. **National BIM Standard - United States**. 2015. Disponível em: [https://www.nationalbimstandard.org/files/NBIMS-US\\_FactSheet\\_2015.pdf](https://www.nationalbimstandard.org/files/NBIMS-US_FactSheet_2015.pdf). Acesso em 19 dez. 22.

NOVAES, C. C. A Modernização do Setor da Construção de Edifícios e a Melhoria da Qualidade do Projeto. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO: Qualidade no processo construtivo, Florianópolis, 1998. **Anais... NPC/ECV/CTC/UFSC**, v. 2, p. 169-175.

PECCIN, N. M. **Desenvolvimento e compatibilização de projetos em BIM**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

PICCHI, F. A. **Sistemas da qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**. 1993. 462 p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

PORTAL BRASIL ENGENHARIA. **Estudos de eficiência da edificação e sistema BIM podem garantir economia de 30% após obras**. 2016. Disponível em: <<http://www.brasilengenharia.com/portal/noticias/destaque/6664-estudos-deeficiencia-da-edificacao-e-sistema-bim-podem-garantir-economia-de-30-aposobras>>. Acesso em: 22 dez. 2022.

REDAÇÃO AECWEB; E-CONSTRUMARKET. Compatibilização de projetos economiza tempo e dinheiro. **Revista AECweb Digital**. 2013. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/compatibilizacao-de-projetos-economiza-tempo-e-dinheiro/6907>>. Acesso em: 28 dez. 2022.

RIBEIRO, T. G. R. **Modelagem de informações de edificações aplicadas no processo de projetos de aeroportos**. 2010. 132f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

RODRIGUEZ, Marco Antonio Arancibia. **Coordenação de projetos em edificações**. Publicação interna. Florianópolis, UNERJ, SC, 2001.

SANTOS, A. P. L.; WITICOVSKI, L. C.; GARCIA, L. E. M.; SCHEER, S. A. UTILIZAÇÃO DO BIM EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL. **Revista Iberoamericana de Engenharia Industrial**, Florianópolis, v. 1, n. 2, p.25-25, dez. 2009.

SANTOS, E. T. BIM - Building Information Modeling: um salto para a modernidade na tecnologia da informação aplicada à construção civil. In: **Criação, representação e**

**visualização digitais:** tecnologias digitais de criação, representação e visualização no processo de projeto. Brasília: UnB, 2012.

SANTOS, A. P. L.; ANTUNES, C. E. A.; BALBINOT, G. B. Levantamento de quantitativos de obras: Comparação entre método tradicional e experimentos em tecnologia BIM. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**. v. 6, n. 12, p. 134-155, 2014.

SANTOS, A. **Compatibilizar projetos reduz custo da obra em até 10%**. Portal Itambé, 2013. Disponível em: <<https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/compatibilizar-projetos-reduz-custo-da-obra-em-ate-10>>. Acesso em: 22 dez. 2022.

SCHEER, S.; ITO, A.; AYRES FILHO, C. A.; AZUMA, F.; BEBER, M. **Impactos do uso do sistema CAD geométrico e do uso do sistema CAD-BIM no processo de projeto em escritórios de arquitetura**. VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios. Curitiba: UFPR, 2007.

SENA, T. S.; FERREIRA, E. A. M. **A aplicação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**, 2015. 12 f. Monografia (Especialização) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia, Bahia, 2015.

SHIH, N. J. A study of 2D- and 3D-oriented architectural drawing production methods. *Automation in Construction*, **Elsevier**. v. 5, n. 4, p. 273-283, 1996.

SILVA, V. C.; SOARES, I. **A revisão dos projetos como forma de reduzir os custos da construção e os encargos da manutenção de edifícios**. 2003. OZ, Lda. Disponível em: <[http://www.oz-diagnostico.pt/\\_pt/brochuras/C\\_05.pdf](http://www.oz-diagnostico.pt/_pt/brochuras/C_05.pdf)>. Acesso em: 28 dez. 2022.

SOARES, J. D. R. T. **A metodologia BIM- FM aplicada a um caso prático**. 2013. 180 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2013.

SOLANO, R. S. Compatibilização de projetos na construção civil de edificações: método das dimensões possíveis e fundamentais. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, II, São Paulo, 2005. **Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil**. São Paulo: 2005. p. 7.

SOUSA, F. J. **Compatibilização de projetos em edifícios de múltiplos andares - estudo de caso**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2010.

STEHLLING, M. P.; ARANTES, E. M. Análise do processo de implantação de Bim em empresas de projetos industriais e arquitetônicos em Belo Horizonte. **PARC**. v. 5, n. 1, p. 35-44, 2014.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in construction**, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.

TQS. c2023. Disponível em: < <https://www.tqs.com.br/tqsabout/company>>. Acesso em: 07 fev. 2023.

TQS DOCS. **BIM**. c2023. Disponível em: < <https://docs.tqs.com.br/Docs/Details?id=154107982&language=pt-BR>>. Acesso em: 16 jan. 2023.

UNDERWOOD, J.; ISIKDAG, U. Emerging Technologies for BIM 2.0. **Construction Innovation**, Bingley, v.11, n. 3, p. 252-258, 2011.

VENÂNCIO, M. J. L. **Avaliação da Implementação de BIM Building Information Modeling em Portugal**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2015.

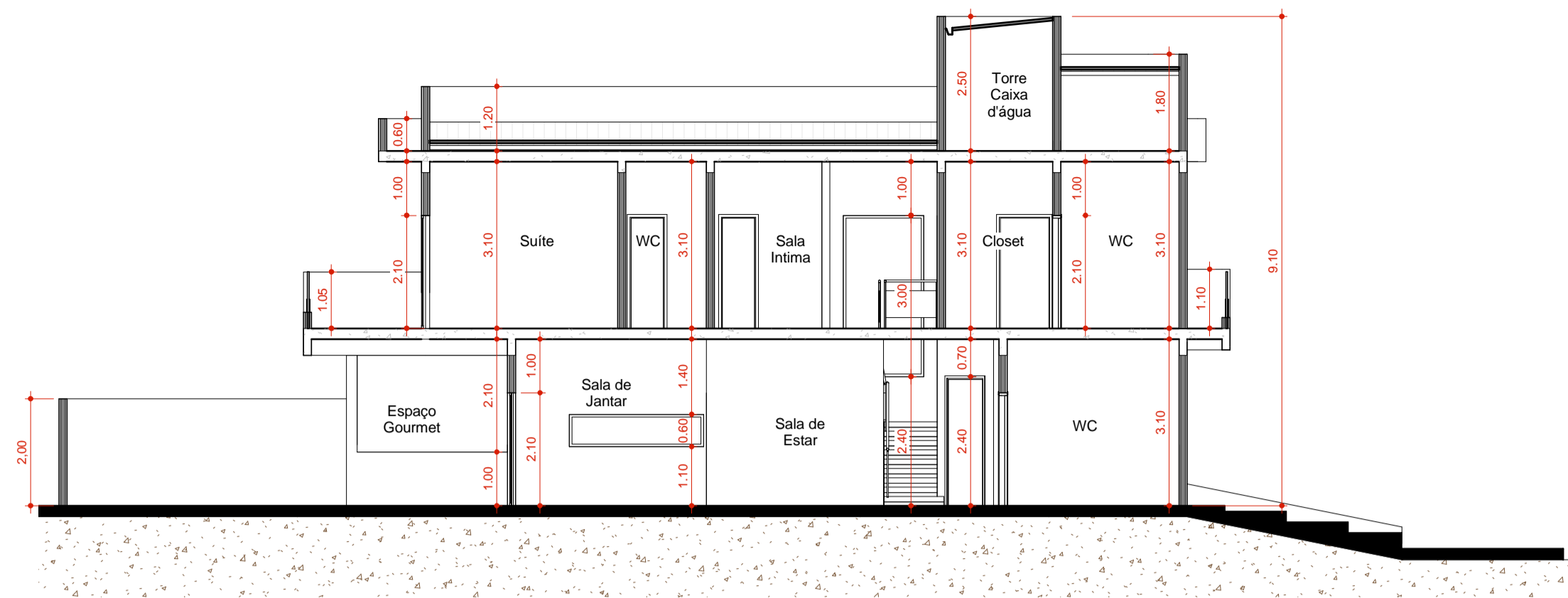
VERMA, S. **What is Lod & Everything About it in 3D Modelling**. Oneistox, 2022. Disponível em: <<https://www.oneistox.com/blog/what-is-lod>>. Acesso em: 8 fev. 2023.

VOLPATO, Mateus Pereira. **Modelagem, Compatibilização de projetos e Orçamentação de um Edifício Residencial através da Metodologia BIM**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

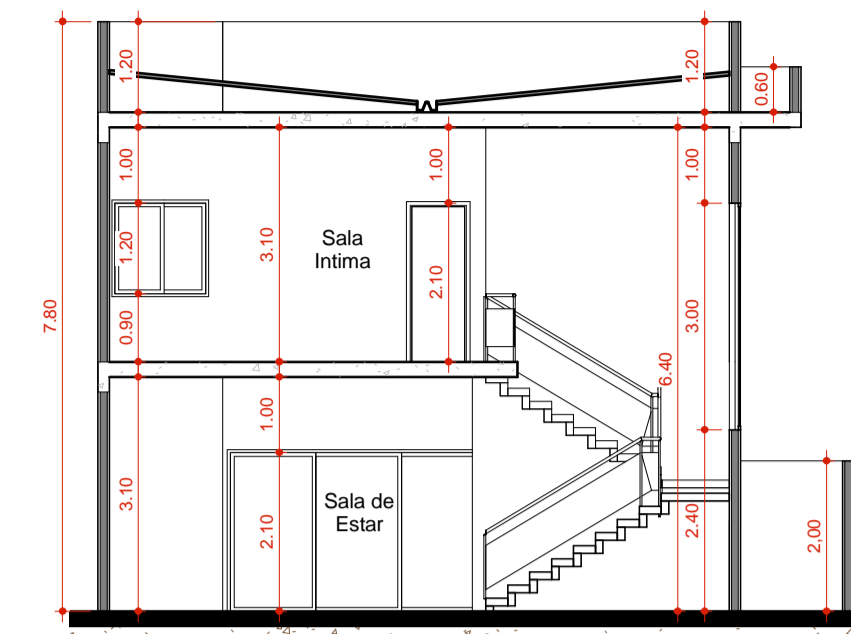
WANDERLEY, A.; LORDSESLEEM, J. R. A. C.; MELHADO, S. Premissas para implantação de BIM em empresas de projeto e de construção. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2017, João Pessoa. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2017. p. 1-13.

## **ANEXO A – Projetos arquitetônico e complementares do estudo de caso**





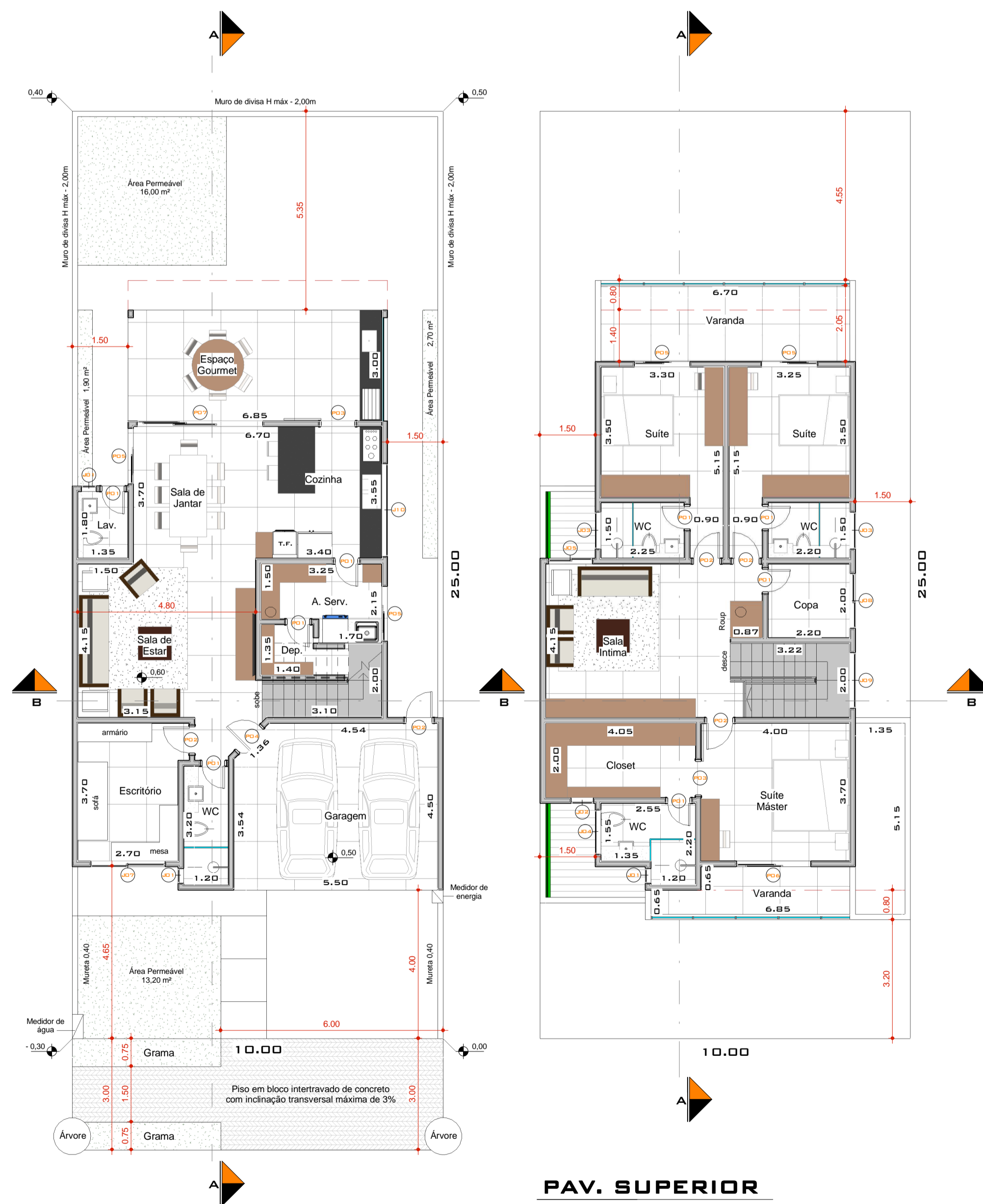
**CORTE A-A**  
1:100



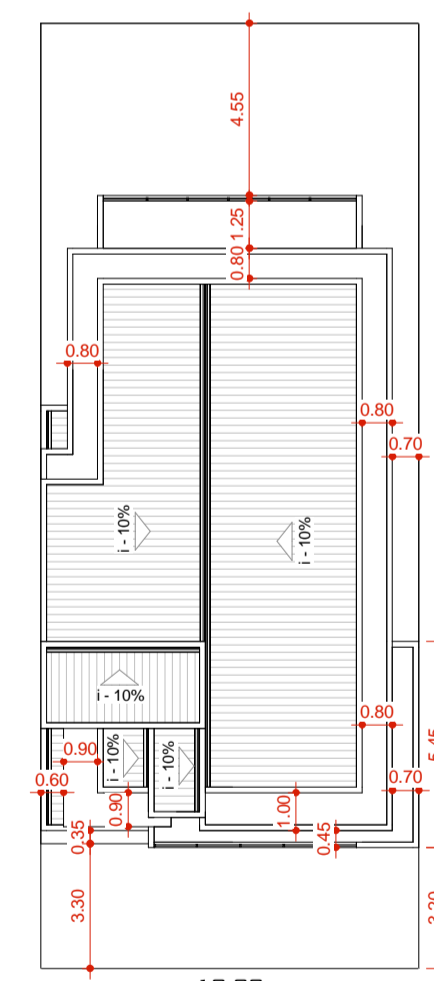
**CORTE B-B**  
1:100



**FACHADA**  
1:100



**PAV. SUPERIOR**  
1:100



**COBERTURA**  
1:200



**PAV. TÉRREO**  
1:100

**DETALHES PORTAS**

TIPO	LARGURA	ALTURA	QUANT.
01	0.70 M	2.10 M	8
02	0.80 M	2.10 M	5
03	1.00 M	2.10 M	2
04	1.00 M	2.40 M	1
05	1.50 M	2.10 M	4
06	2.00 M	2.30 M	1
07	3.40 M	2.10 M	1

**DETALHE CAIXILHOS**

TIPO	LARGURA	ALTURA	PEITORIL	QUANT.
01	0.40 M	0.60 M	1.50 M	3
02	0.60 M	2.00 M	0.90 M	1
03	1.00 M	0.60 M	1.50 M	2
04	1.20 M	0.60 M	1.50 M	1
05	1.20 M	1.20 M	0.90 M	1
07	2.00 M	1.20 M	0.90 M	1
08	1.50 M	1.20 M	0.90 M	1
09	1.50 M	3.00 M	2.40 M	1
10	2.50 M	0.60 M	1.10 M	1

**PROJETO COMPLETO**

Folha Única

OBRA: Construção de edificação residencial unifamiliar (Res. 1)  
 LOCAL: Nº  
 LOTE: QUADRA: QUARTEIRÃO:  
 LOTEAMENTO: Residencial Club Portinari BAIRRO:  
 PROPRIETÁRIO: MUNICÍPIO / UF: Paulínia/SP

ESCALAS INDICADAS	ZONA ZR3	VIA L	COTAS EM METROS		
Nº DORMITÓRIOS/UNIDADE: 03/01	TOTAL DE DORMITÓRIOS: 03	Nº BANHEIROS/UNIDADE: 05/01	TOTAL DE BANHEIROS: 05	TOTAL DE UNIDADES: 01	



**Declaração**  
 DECLARO QUE A APROVAÇÃO DO PROJETO NÃO IMPLICA NO RECONHECIMENTO DO DIREITO DE PROPRIEDADE DO TERRENO POR PARTE DA PREFEITURA.

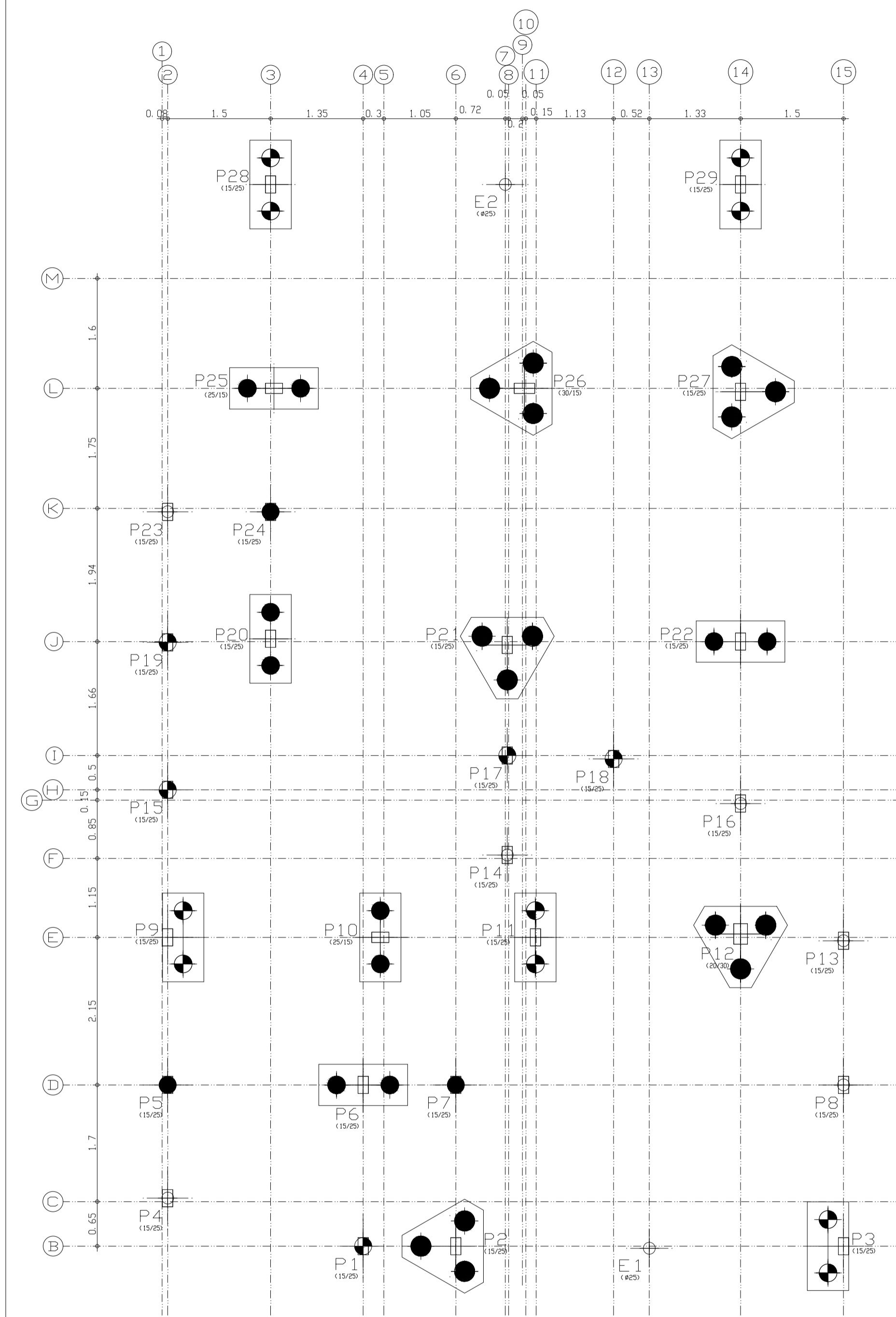
PROPRIETÁRIO: \_\_\_\_\_  
 CPF: \_\_\_\_\_  
 DECLARO PARA OS DEVIDOS FINS DE DIREITO, INCLUSIVE NA ESPERA PENAL, QUE ESTE PROJETO FOI ELABORADO COM TOTAL OBSERVÂNCIA À LEGISLAÇÃO EDILÍCIA VIGENTE, INCLUSIVE A DE ACESSIBILIDADE PARA OS CASOS PREVISTOS EM LEI DE PERMEABILIDADE DO SOLO.

**Áreas (em m²)**

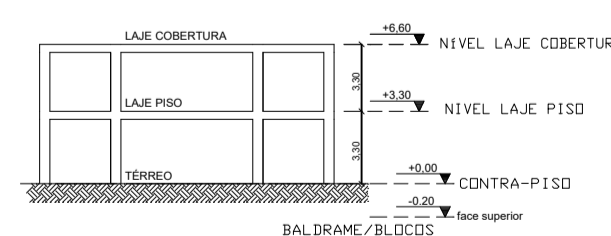
Terreno	250,00
Área a Construir:	
Pav. Térreo	131,05
Corpo Principal - (84,37)	
Garagem Aberta - (25,68)	
Varanda Aberta - (21,00)	
Pav. Superior	100,18
Total a Construir	231,23
Área Ocupada	131,05
Área Livre	118,95
Área Permeável	33,80
	(13,52%)
TOTAL DE ÁREAS ABERTAS (JÁ COMPUTADAS ACIMA)	46,68

ASSINATURA: \_\_\_\_\_  
 AUTOR DO PROJETO: \_\_\_\_\_ INSC. MUNICIPAL: \_\_\_\_\_  
 CAUI Nº: \_\_\_\_\_  
 RRT Nº: \_\_\_\_\_  
 1º) DECLARO QUE A OBRA SERÁ EXECUTADA DE ACORDO COM O PROJETO APROVADO PELA P.M.P. E SOMENTE APÓS A APROVAÇÃO DOS PROJETOS COMPLEMENTARES JUNTO AS EMPRESAS CONCESSIONÁRIAS DE SERVIÇOS PÚBLICOS, QUANDO ASSIM FOR NECESSÁRIO;  
 2º) DECLARO QUE QUALQUER ALTERAÇÃO DO PROJETO SERÁ IMEDIATAMENTE COMUNICADA À P.M.P.  
 ASSINATURA: \_\_\_\_\_  
 RESP. TÉCNICO: \_\_\_\_\_  
 CAUI Nº: \_\_\_\_\_  
 RRT Nº: \_\_\_\_\_

LOCAÇÃO ESTACAS E BLOCOS  
CONCRETO FCK-20 MPA  
Escala: 1:50

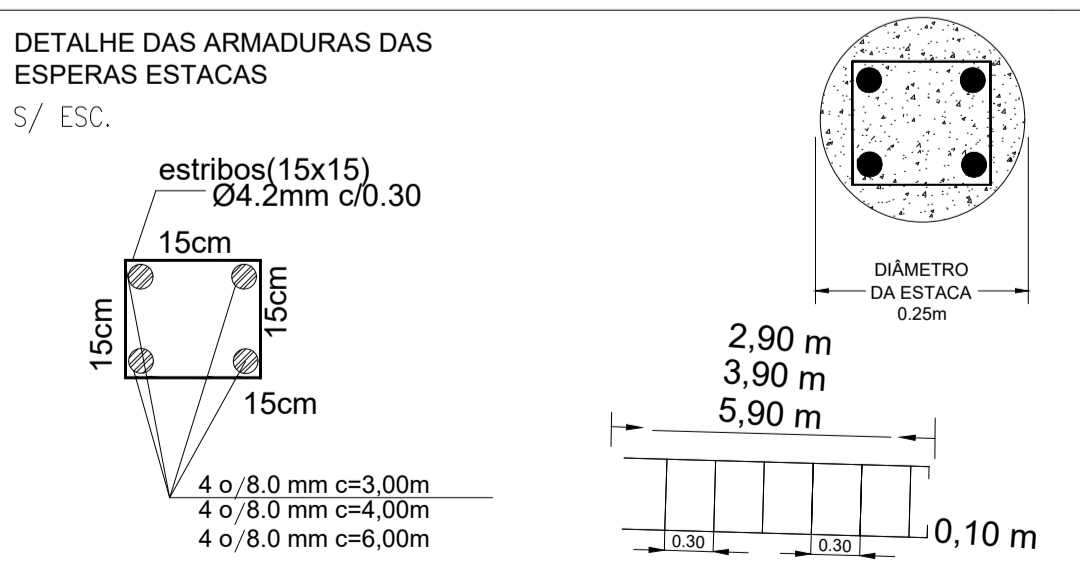
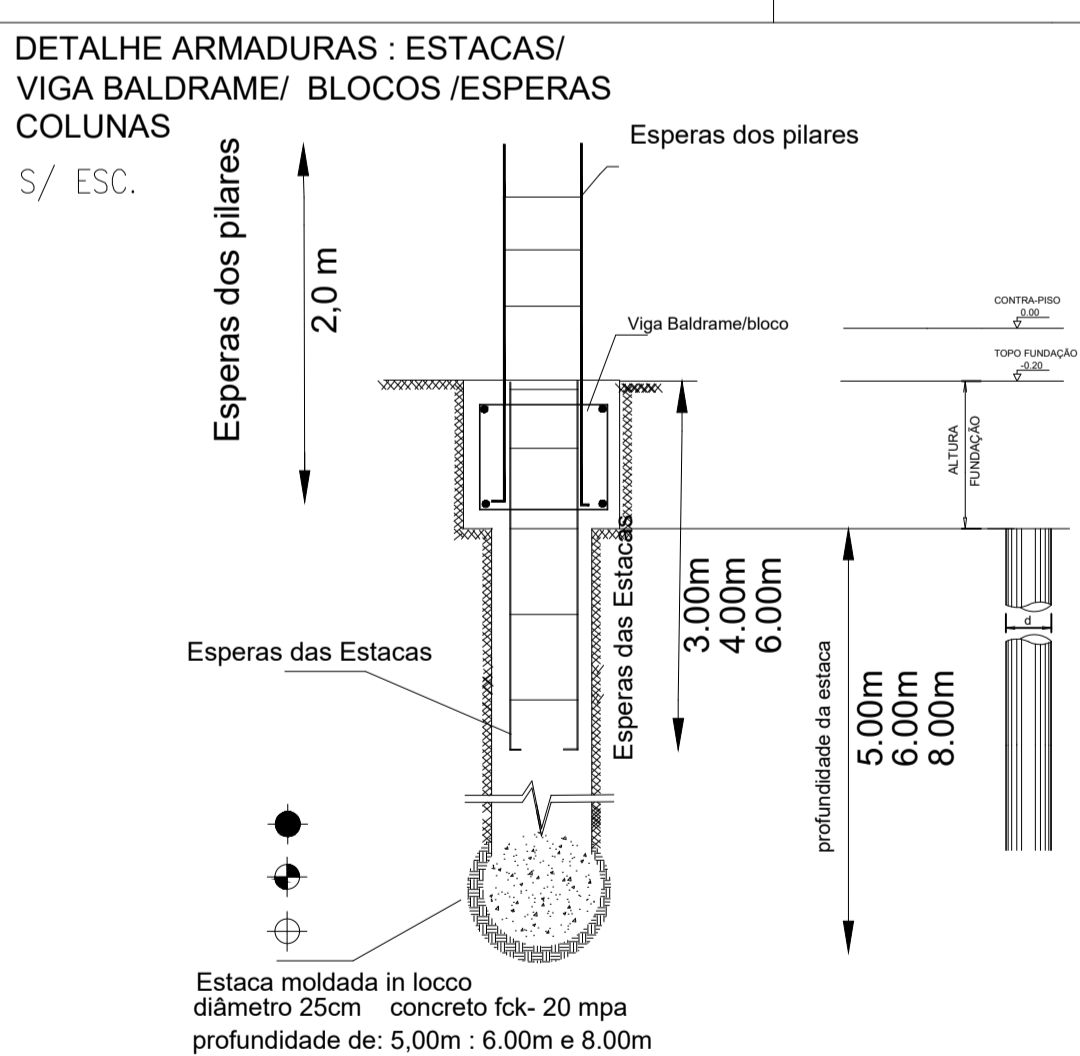
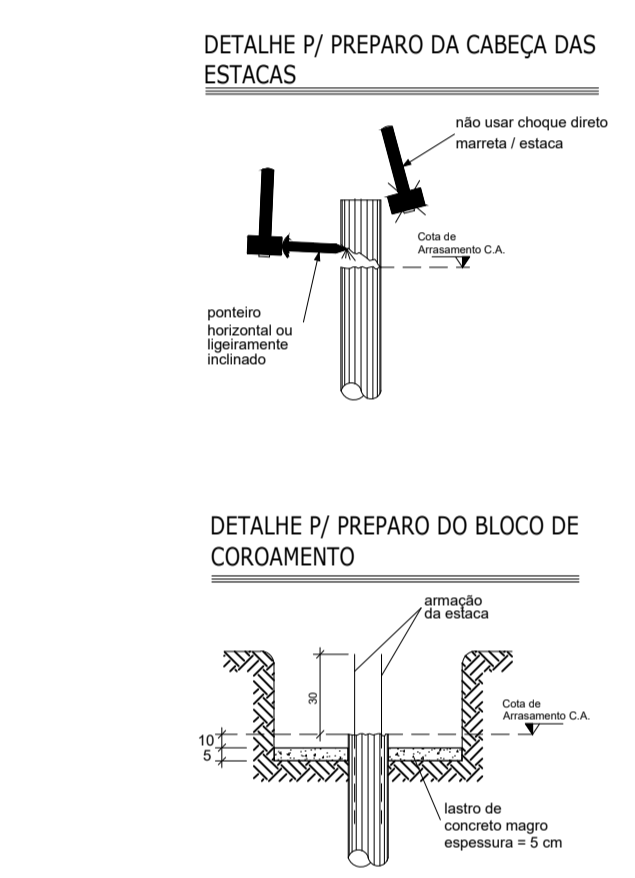


ESQUEMA DE NÍVEIS ESTRUTURA

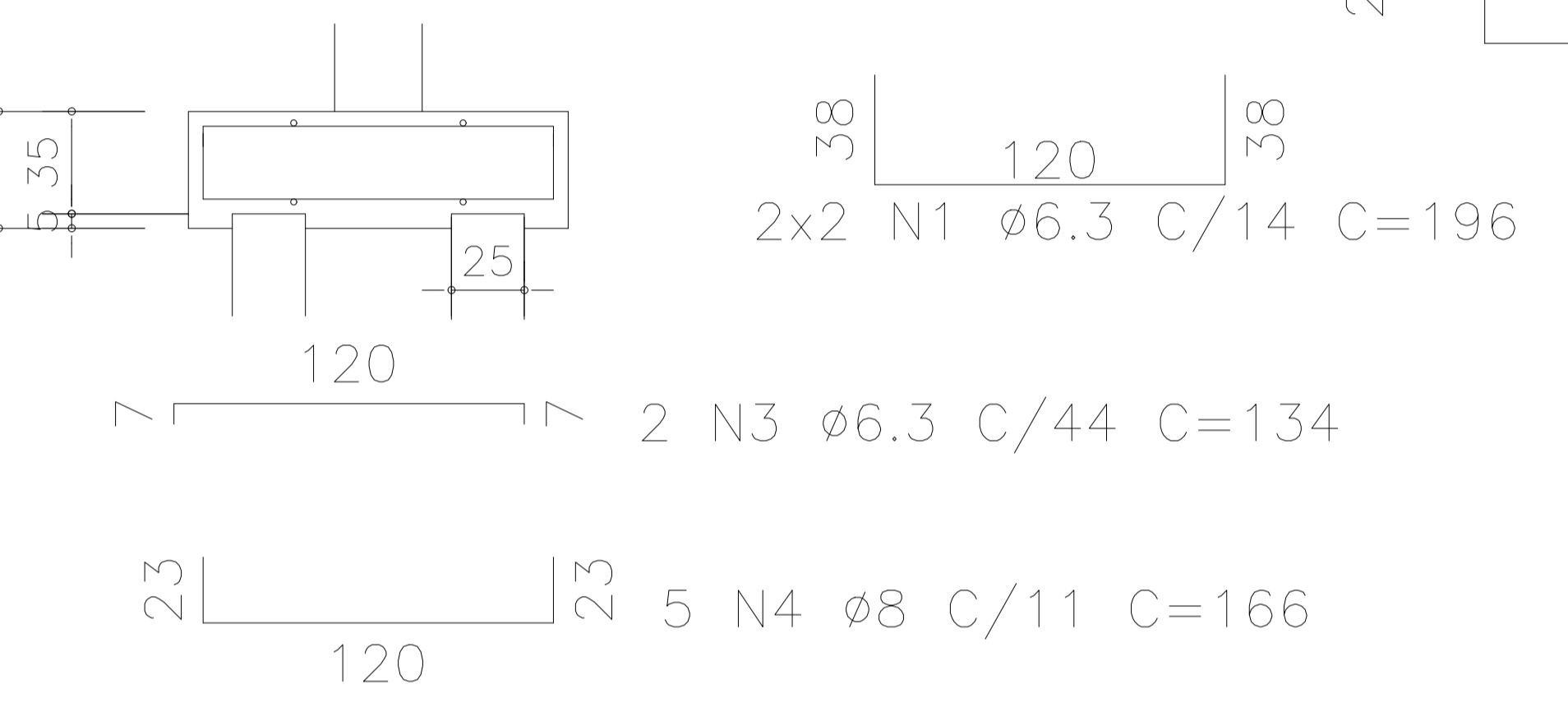
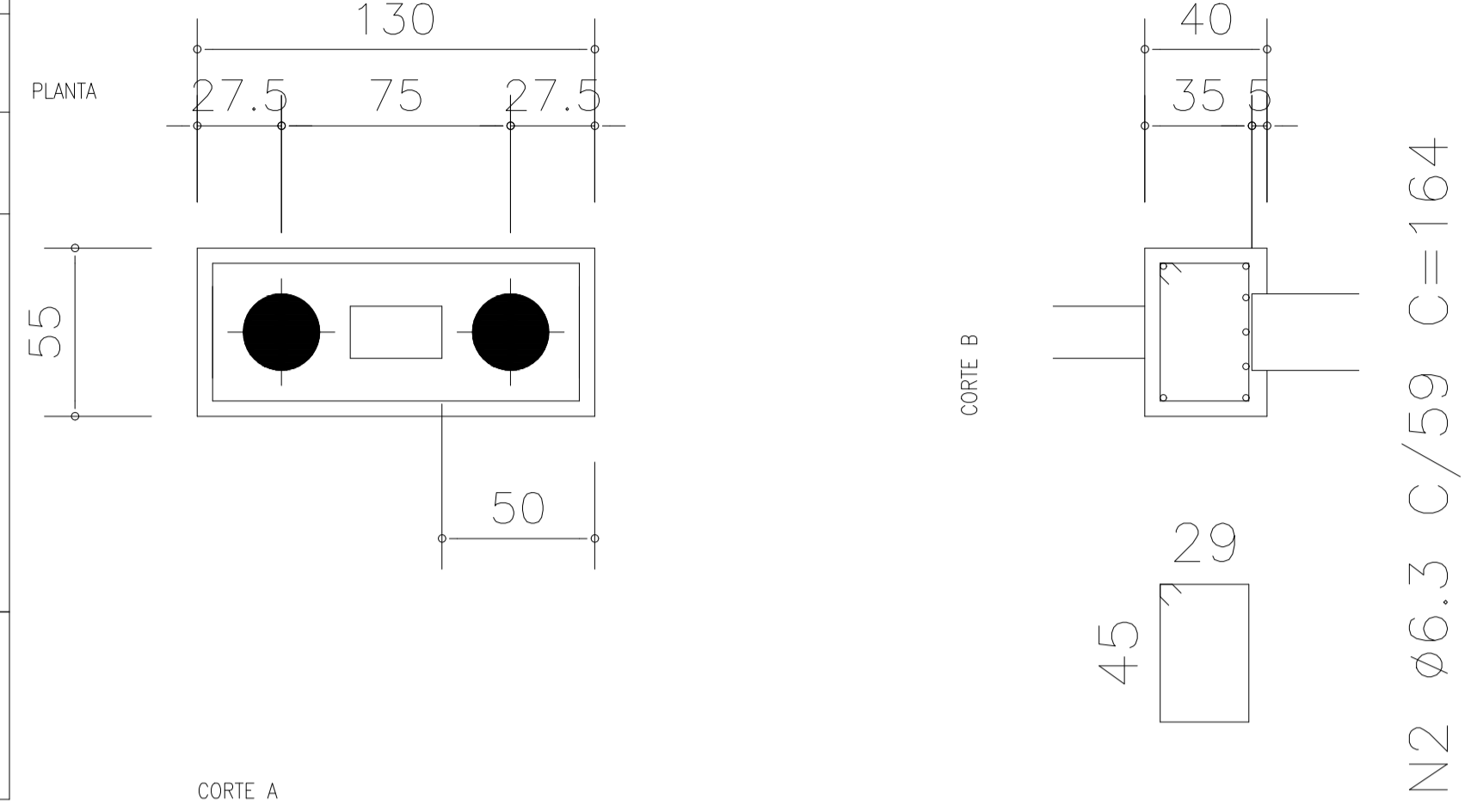


Projeto:	CÁLCULO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO	Data:	JAN/20
Local:	RESIDENCIAL CLUB PORTINARIA - PAULÍNIA - SP		
Nome:			
Des. no.:	Planta:	LOCAÇÃO ESTACAS E BLOCOS CONCRETO ARMADO	
Autor:	FL: 01/14		

- (28 X)  
ESTACAS MOLDADAS IN LOCCO - DIÂMETRO 25 cm  
CAPACIDADE CARGA 8,00 TONELADAS- profundidade= 8,00m  
CONCRETO FCK- 20 mpa
- (15 X)  
ESTACAS MOLDADAS IN LOCCO - DIÂMETRO 25 cm  
CAPACIDADE CARGA 6,0 TONELADAS- profundidade=6,00m  
CONCRETO FCK- 20 mpa
- (8 X)  
ESTACAS MOLDADAS IN LOCCO - DIÂMETRO 25 cm  
CAPACIDADE CARGA 5,0 TONELADAS- profundidade=5,00m  
CONCRETO FCK- 20 mpa
- (5X)  
BLOCO CONCRETO ARMADO 2 ESTACAS - 8,00 METROS  
CARGA SUPORTE 16 TONELADAS  
CONCRETO FCK- 20 mpa
- (5X)  
BLOCO CONCRETO ARMADO 3 ESTACAS - 8,00 METROS  
CARGA SUPORTE 24 TONELADAS  
CONCRETO FCK- 20 mpa  
(ver detalhe dimensões folha 3/16)
- (6X)  
BLOCO CONCRETO ARMADO 2 ESTACAS - 6,00 METROS  
CARGA SUPORTE 12 TONELADAS  
CONCRETO FCK- 20 mpa

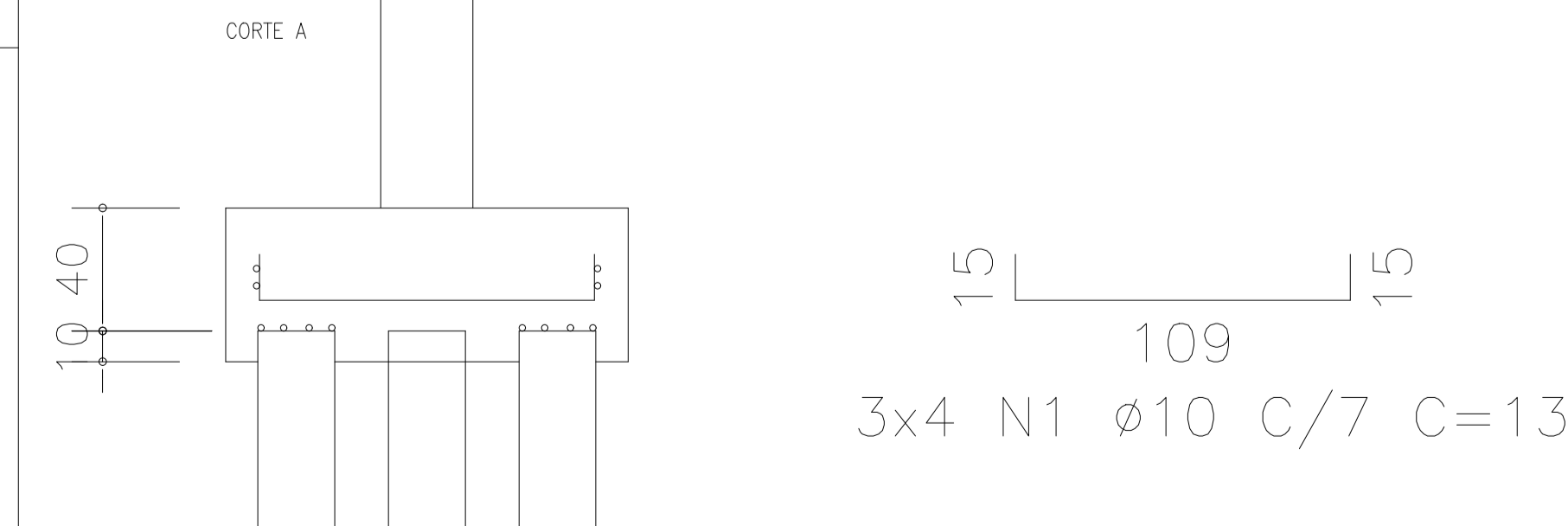
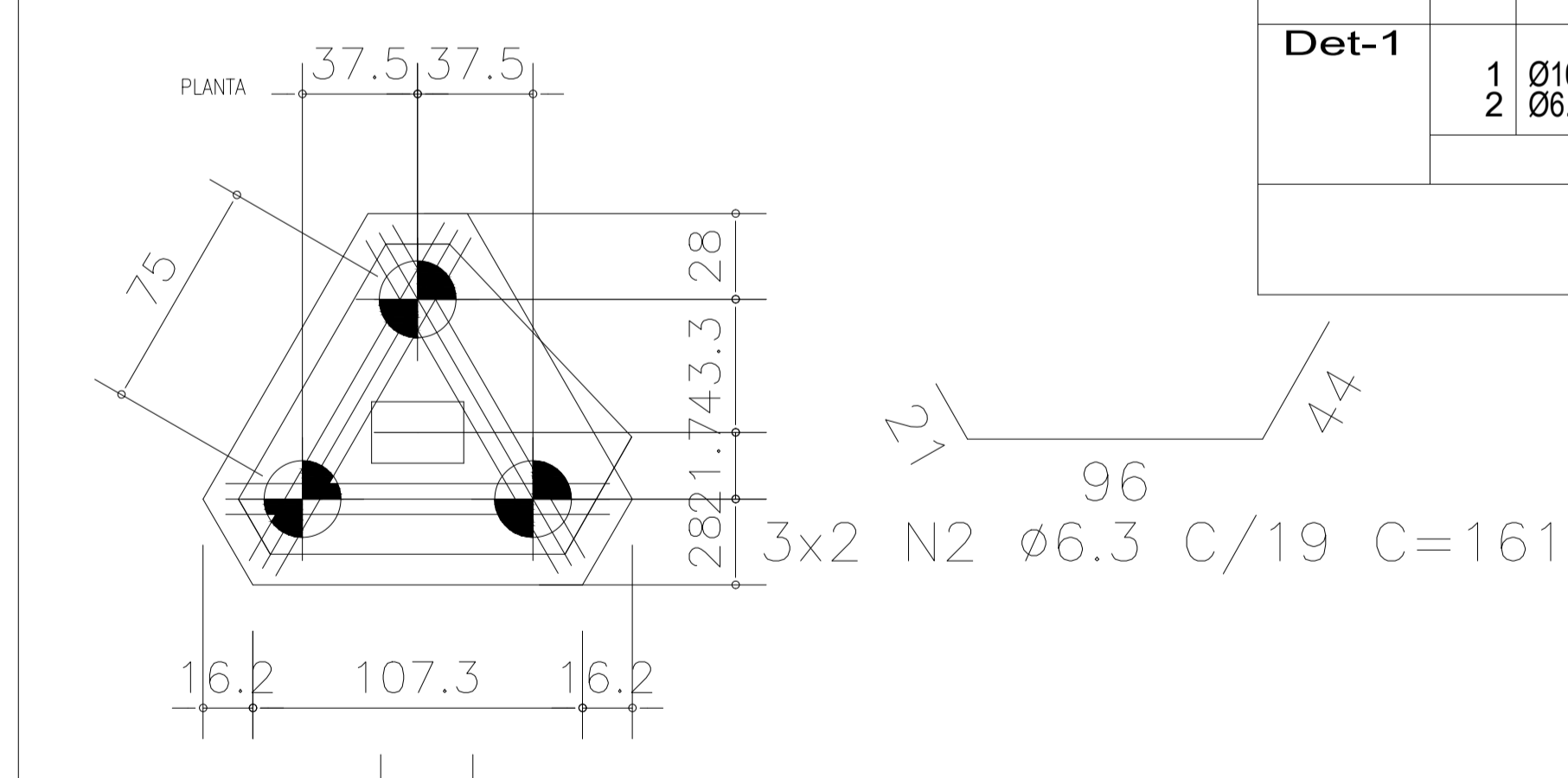


BLOCO DE 2 ESTACAS DE 6.00 METROS E 8.00 METROS 10X



Elemento	Pos.	Bit.	Q.	Comp. (cm)	Total (cm)	CA-50A (Kg)
Det-1	1	Ø6.3	4	196	784	1.94
	2	Ø6.3	2	164	328	0.81
	3	Ø6.3	2	134	268	0.66
	4	Ø8	5	166	830	3.26
Total+10%						7.34
Ø6.3:						3.75
Ø8:						3.58
TOTAL:						7.34

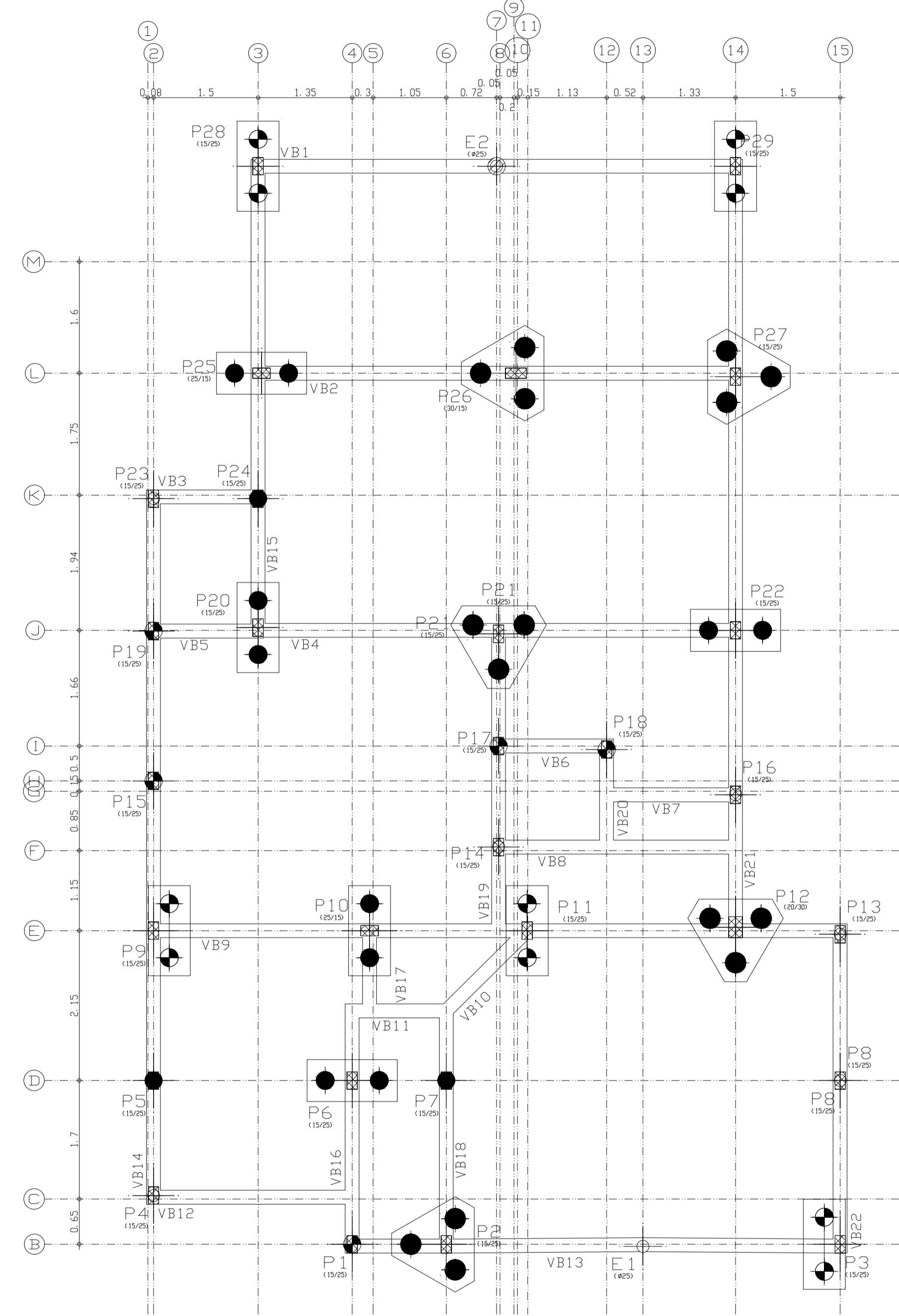
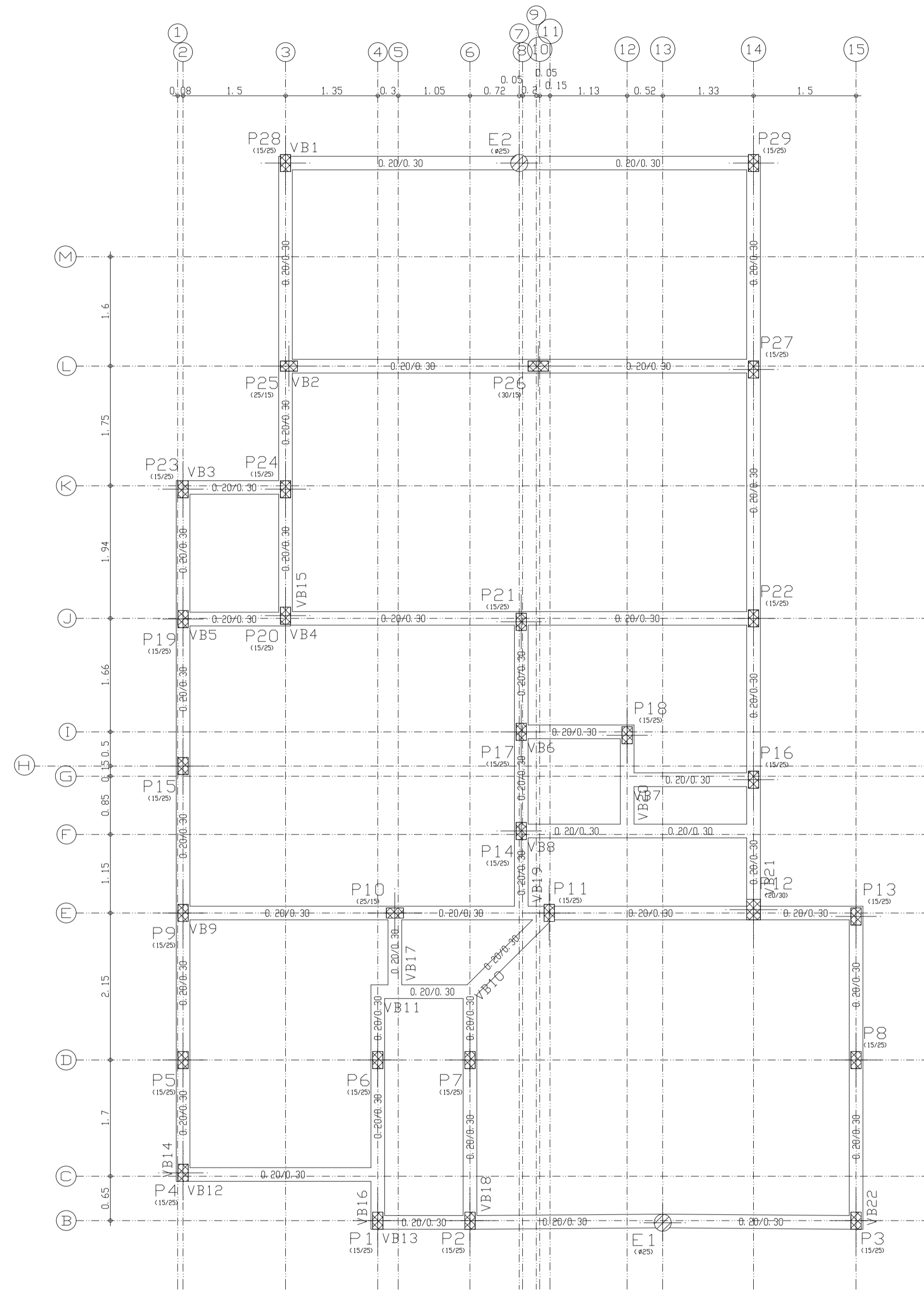
BLOCO DE 3 ESTACAS DE 8.00 METROS 5X



Elemento	Pos.	Bit.	Q.	Comp. (cm)	Total (cm)	CA-50A (Kg)
Det-1	1	Ø10	12	139	1668	10.48
	2	Ø6.3	6	161	966	2.39
Total+10%						14.15
Ø6.3:						2.63
Ø10:						11.52
TOTAL:						14.15

FORMA VIGA BALDRAME  
 CONCRETO FCK-20 MPA  
 Escala: 1:50

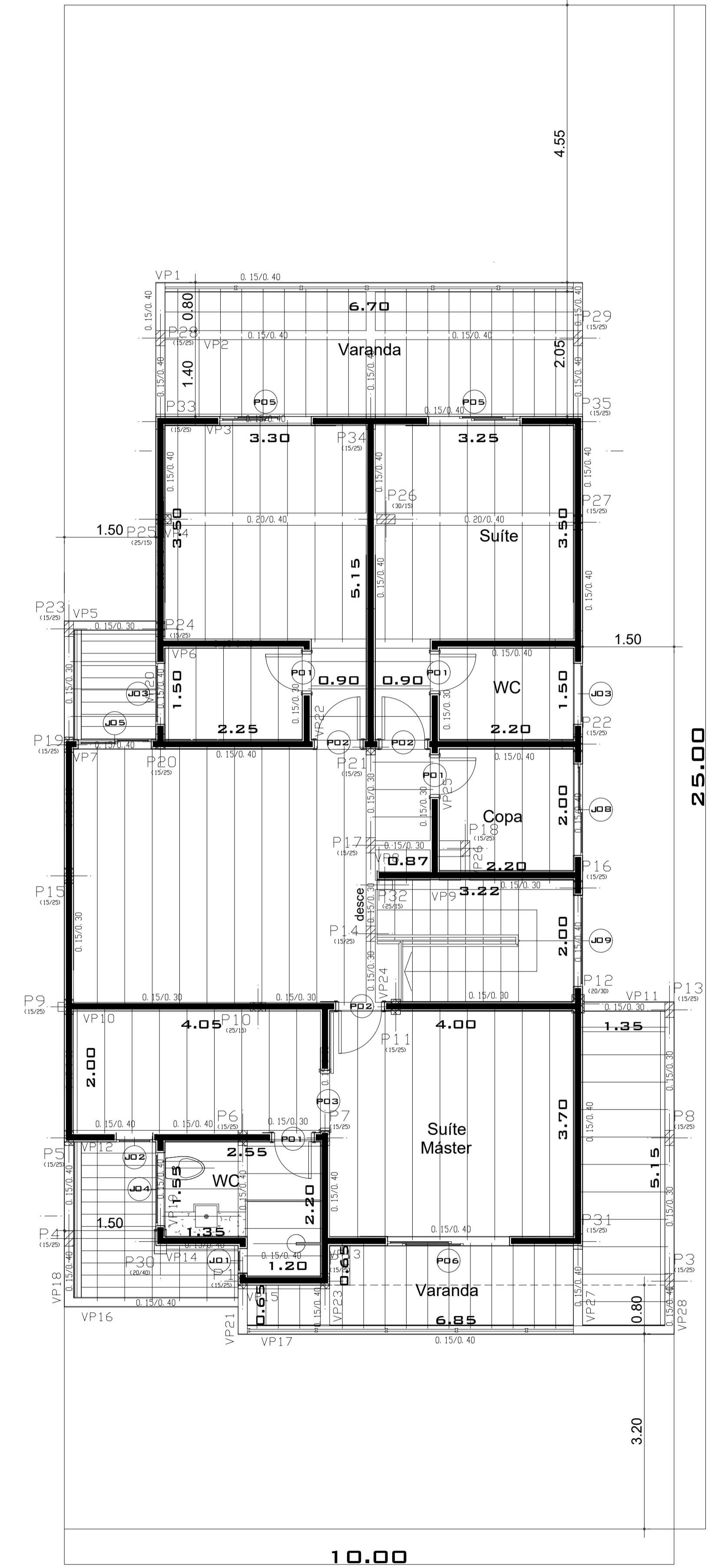
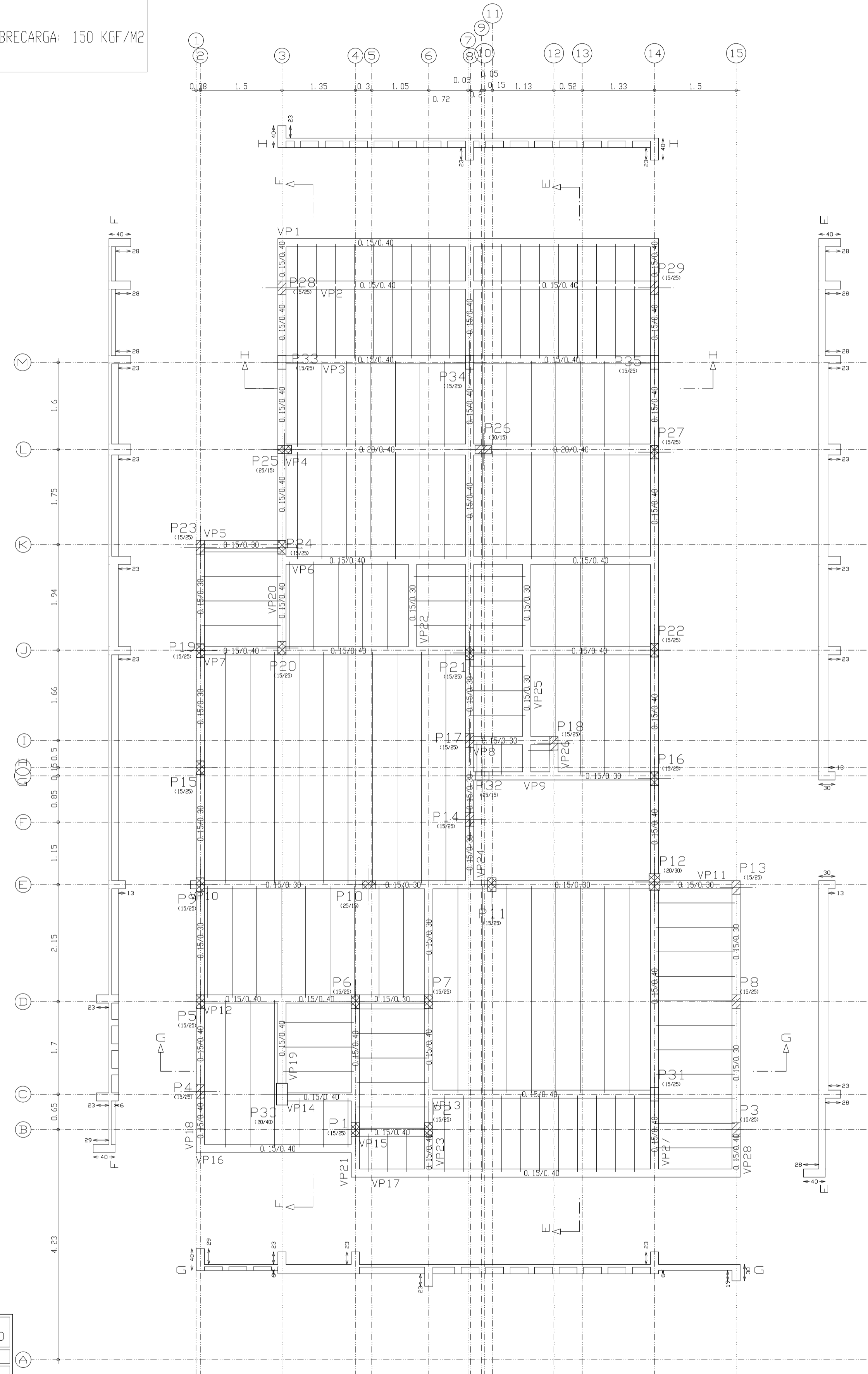
BALDRAME - Superfície total: 19,36 m2			
Elemento	Formas (m2)	Volume (m3)	Barros (kg)
Forma lateral	55,98	0,40	0,02
Pilares (Sep. Formas)	14,52	6,11	278
Total	70,50	6,51	280
Índices (por m2)	3,640	0,336	14,36



Projeto:	CALCULO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO	Data:	JAN/20
Local:	RESIDENCIAL CLUB PORTINARIA - PAULINIA - SP		
Nome:			
Des. no.:	Planta	FORMA VIGAS BALDRAME	
Autor:			FL: 02/14

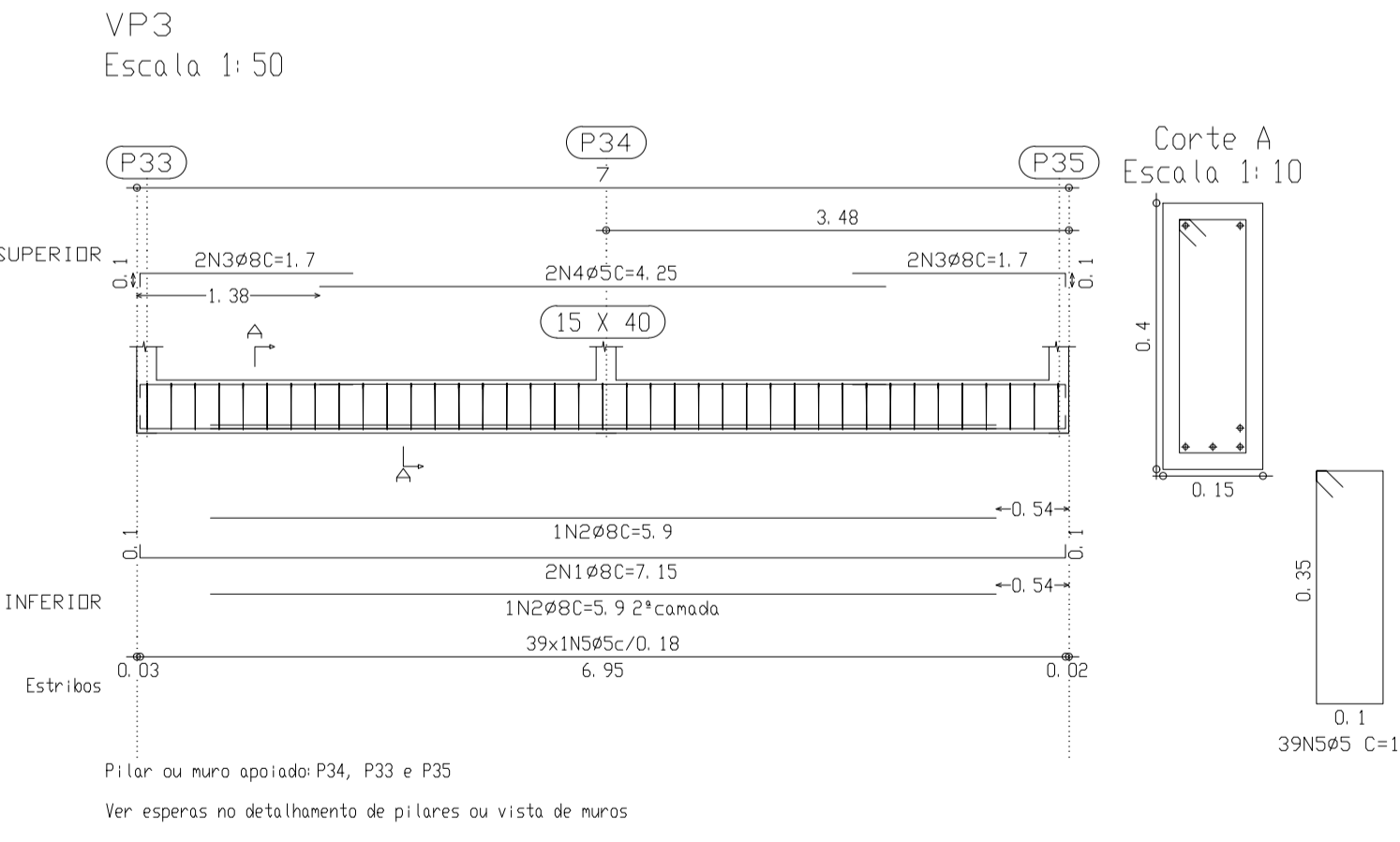
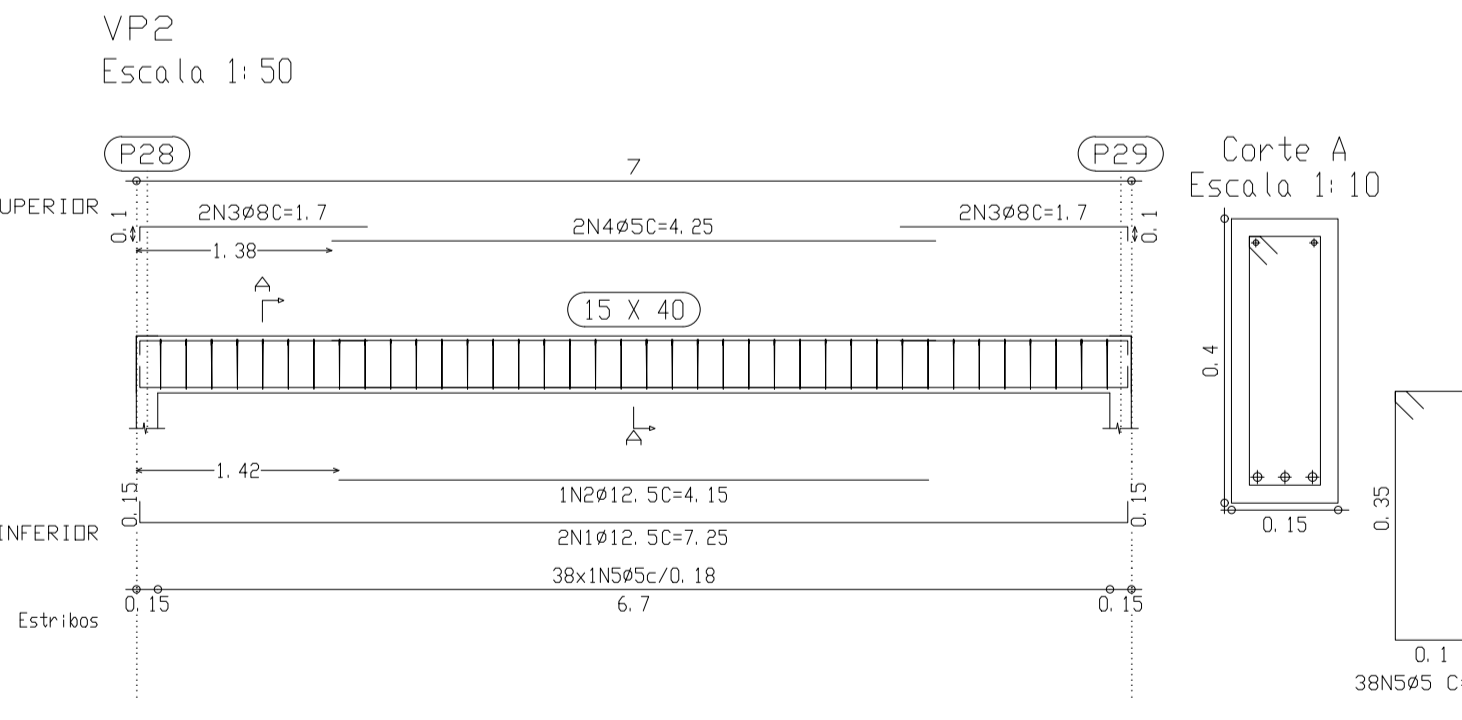
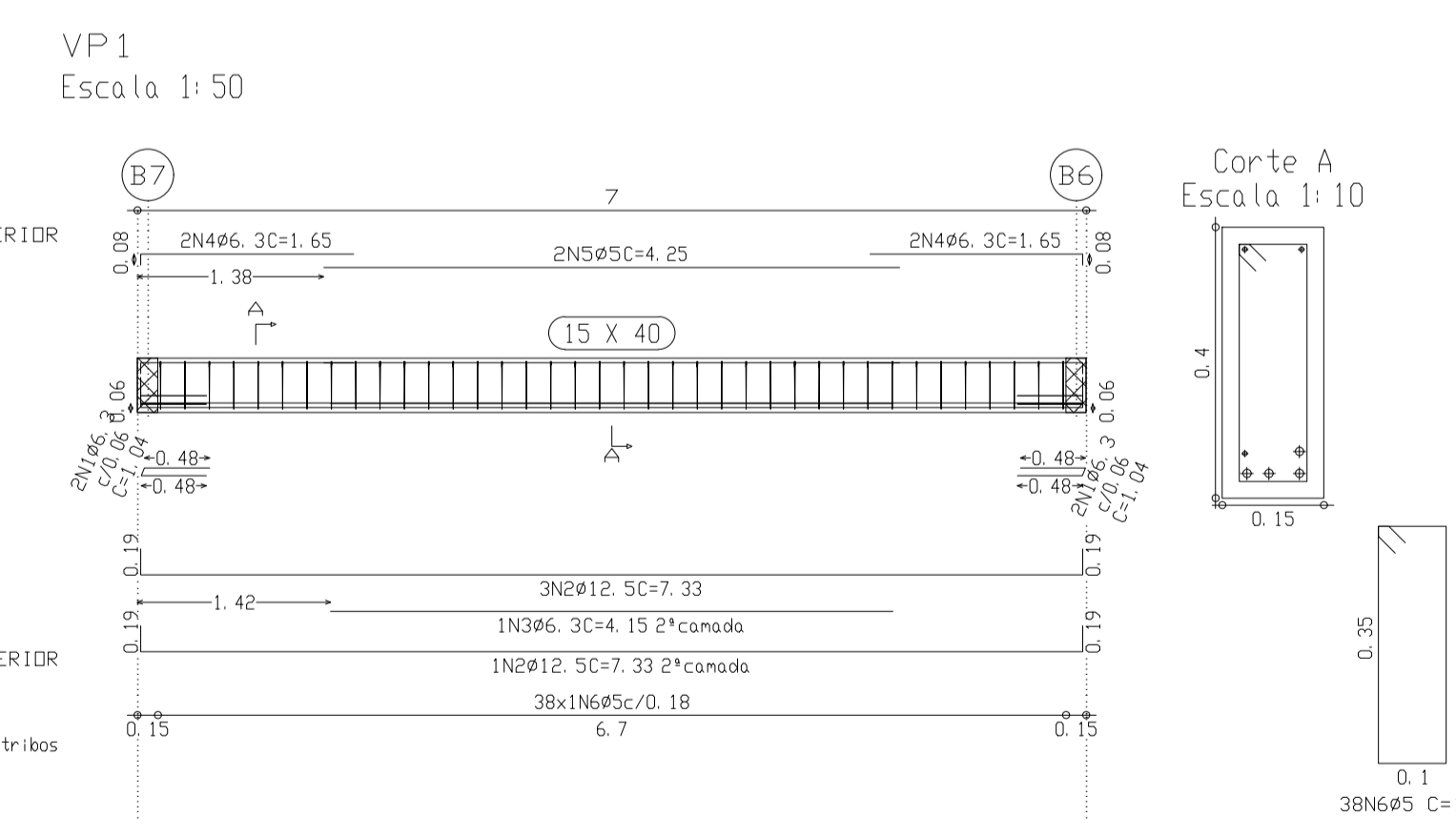
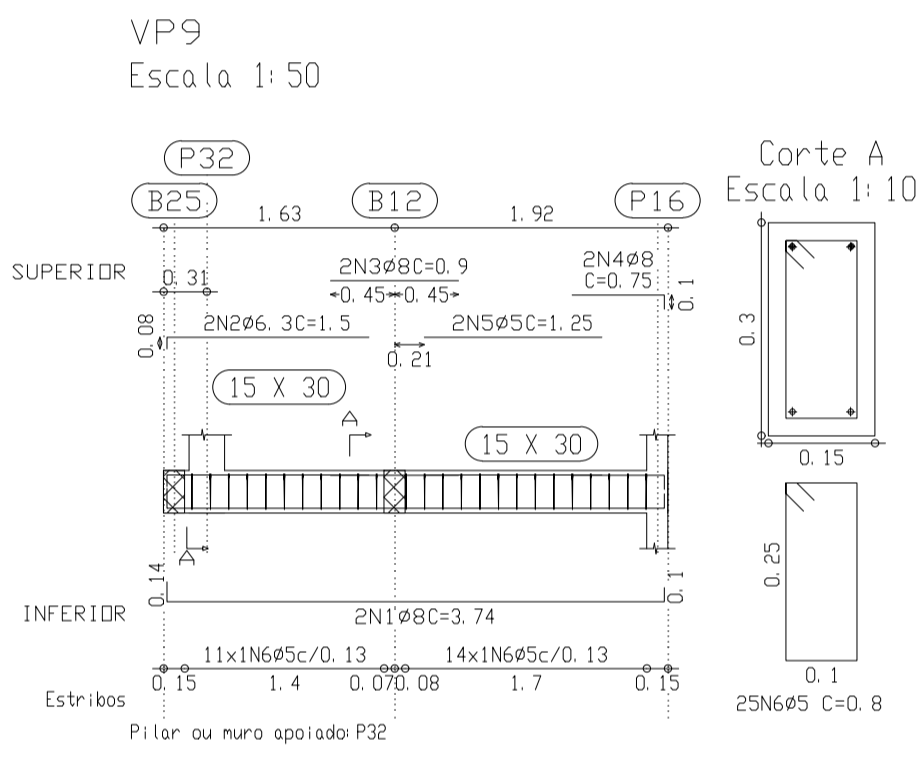
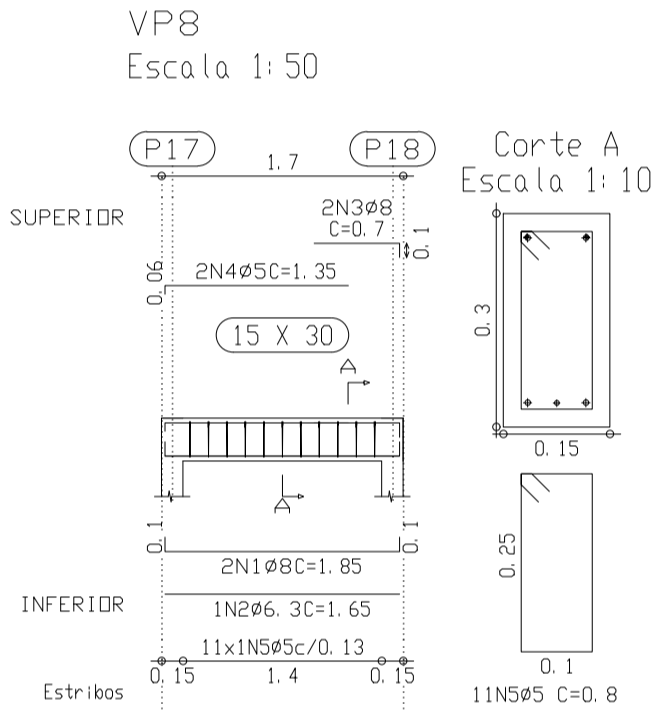
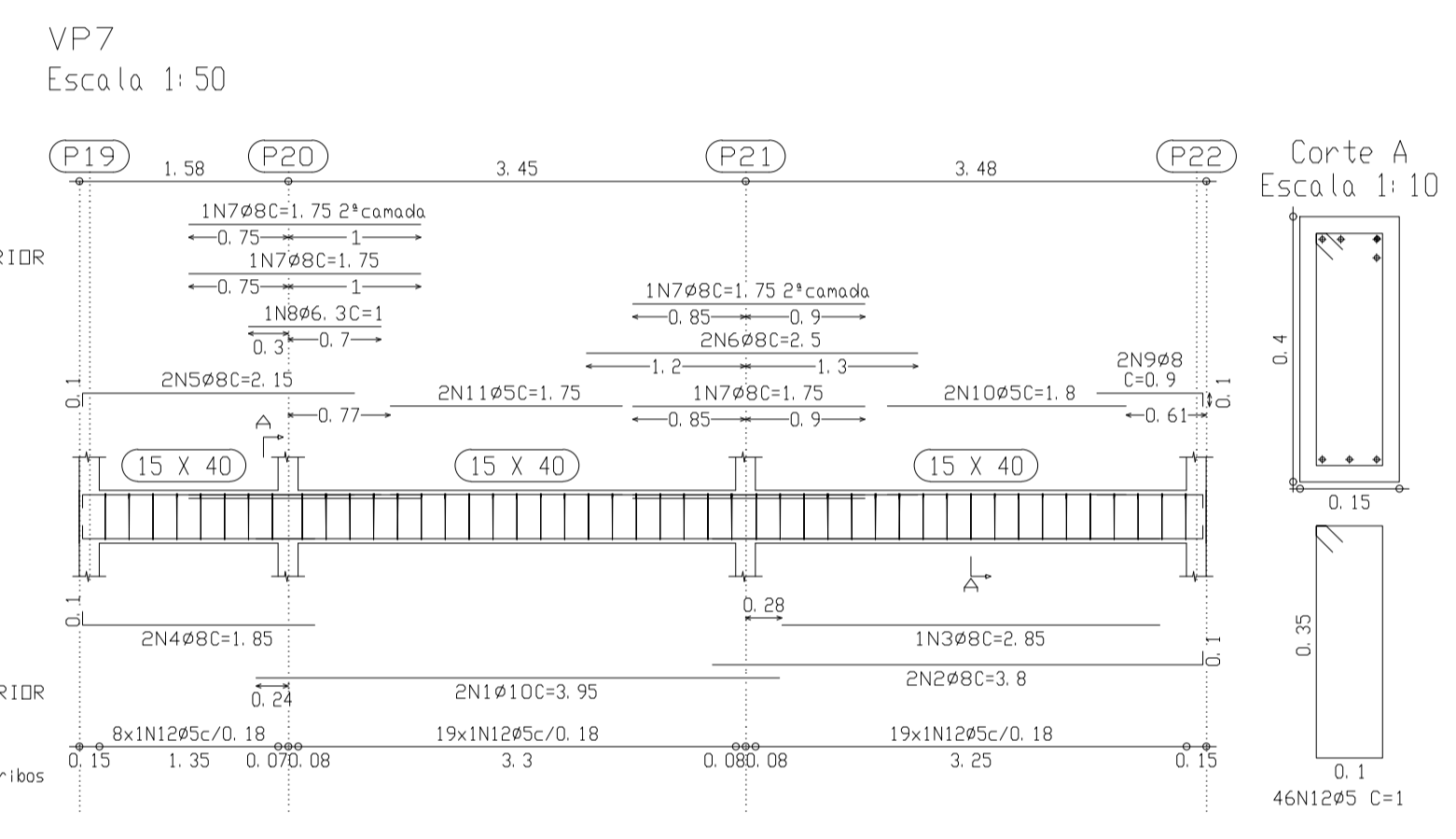
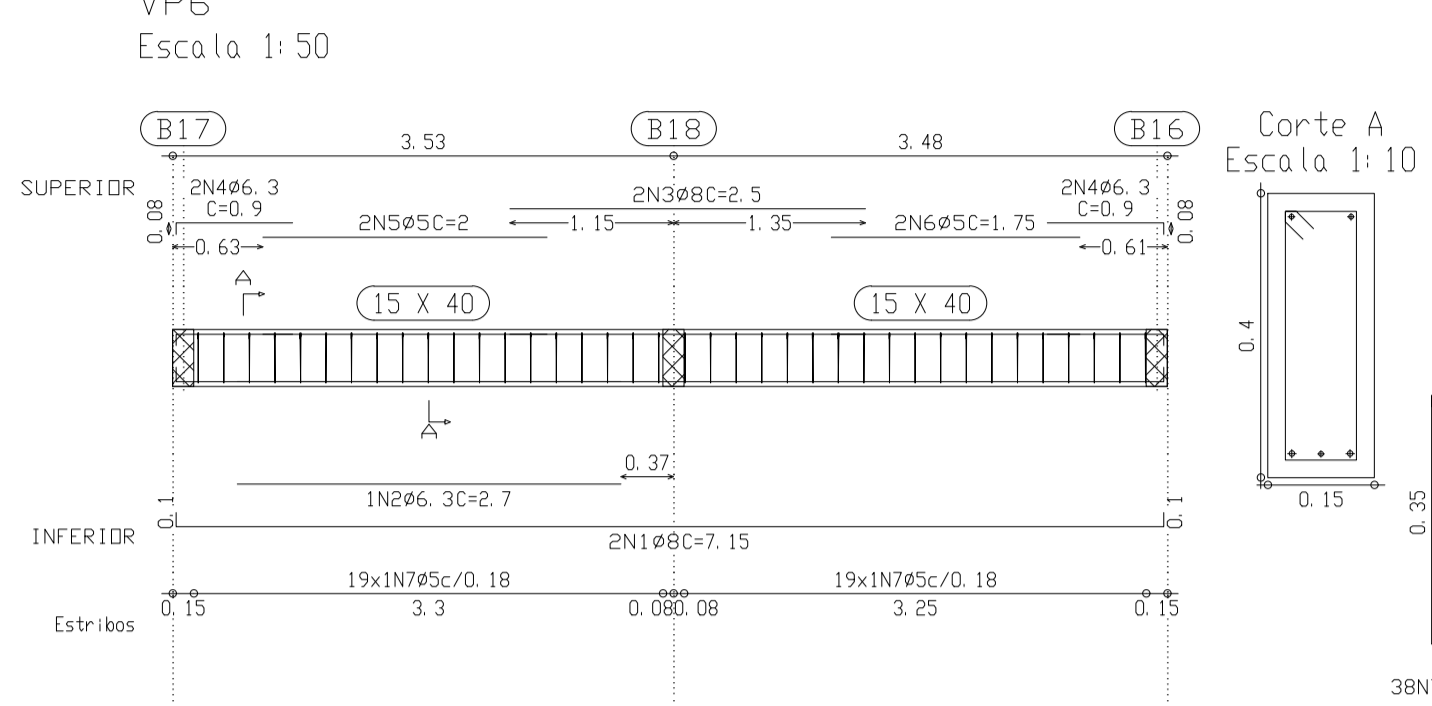
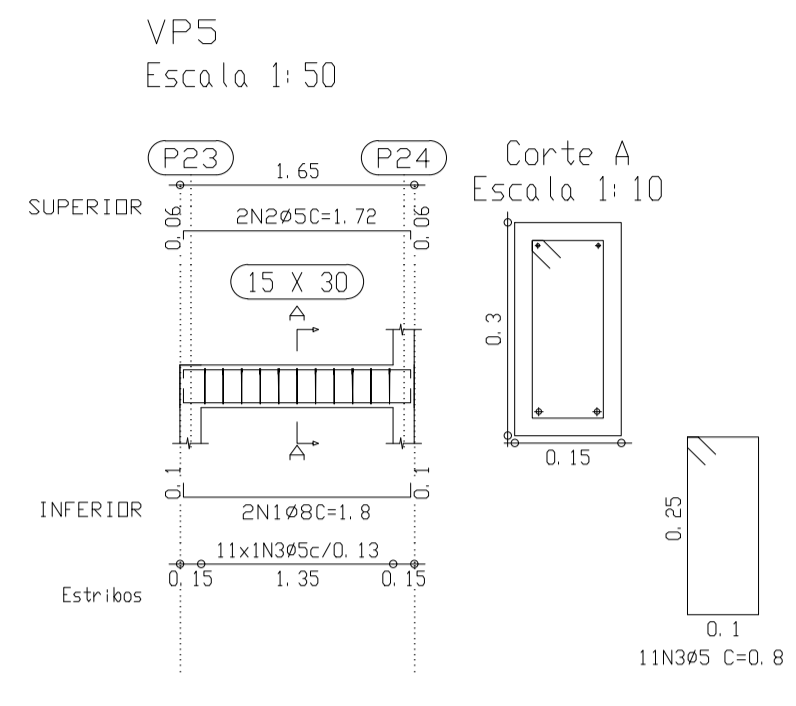
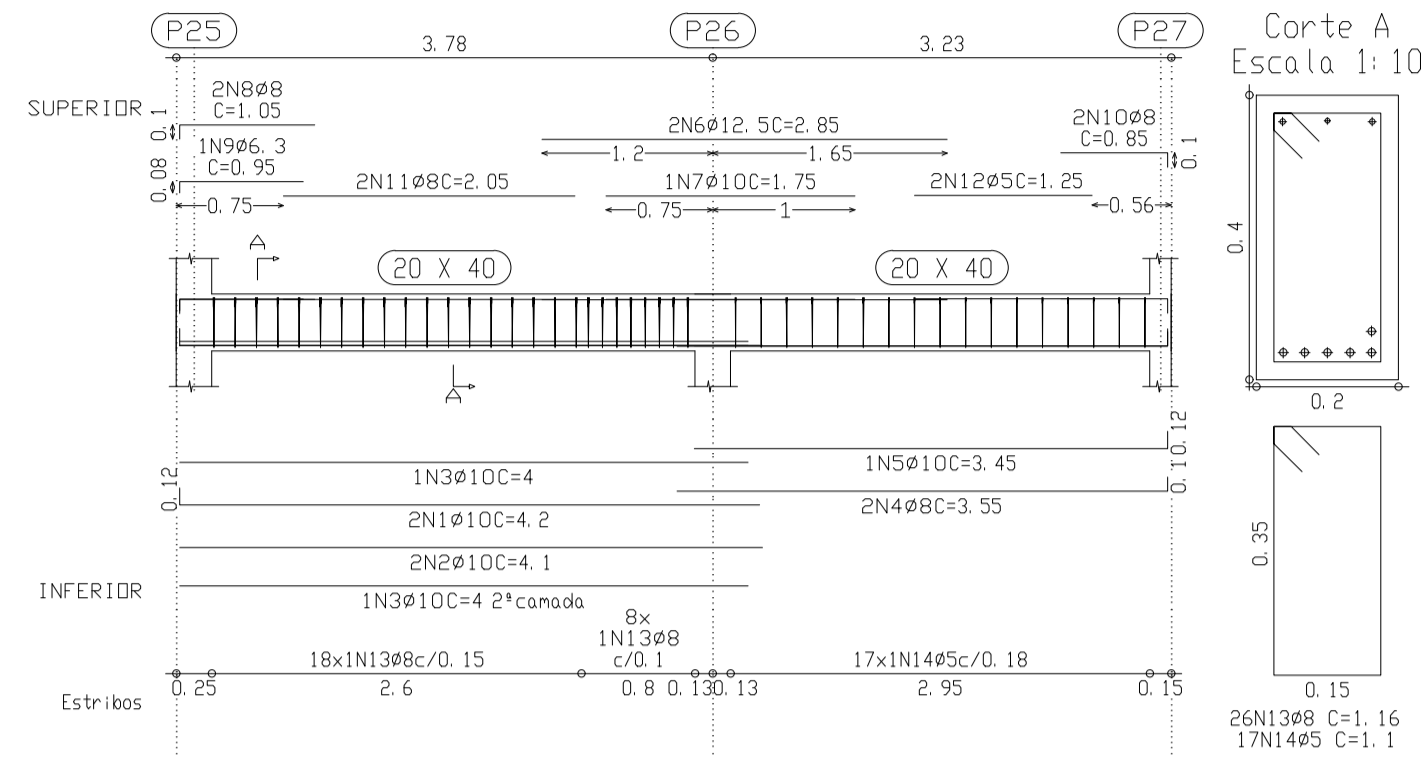
FORMA VIGAS NIVEL LAJE PISO  
 CONCRETO FCK-25 MPA TRAÇO BOMBÁVEL  
 LAJE TRELIÇA TIPO BETA 12 SOBRECARGA: 50KG/M<sup>2</sup> BETA 16 SOBRECARGA: 150 KG/M<sup>2</sup>  
 Escala: 1:50

PISO - Superfície total: 139,21 m <sup>2</sup>			
Elemento	Formas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Vigas Fund.	20,40	8,42	721
Form. lateral	68,60		
Pilares (Sup. Formas)	76,80	3,61	555
Total	265,80	12,04	1276
Índices (por m <sup>2</sup> )	2,035	0,140	10,66



Projeto:	CÁLCULO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO	Data:	JAN/20
Local:	RESIDENCIAL CLUB PORTINARIA - PAULÍNIA - SP		
Nome:			
Des. no.:	Planta:	ARMADURAS PILARES ATÉ NÍVEL LAJE PISO	
Auto:	FL: 07/14		

ARMADURAS VIGAS NIVEL LAJE PISO FL 01/03  
 Desenho de vigas  
 Concreto: C20, em geral  
 Aço: CA-50-A e CA-60-B  
 Escala vigas: 1:50  
 Escala seções: Est@10 1:50



Elemento	Pos	Diam	Q	Dob	Reta	Dob	Comp	Tota	CA-50-A	CA-60-B
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kg)	(kg)
VP1	1	Ø6.3	4	48	8	48	104	416	1.0	
	2	Ø12.5	4	19	695	19	733	2932	28.8	
	3	Ø6.3	1	1	415		415	415	1.0	
	4	Ø6.3	4	8	157		165	660	1.6	
	5	Ø5	4	4	425		425	850		1.3
	6	Ø5	38	38			100	3800		6.0
Total+5%								34.0	7.7	
VP2	1	Ø12.5	2	15	695	15	725	1430	14.2	
	2	Ø8	1	10	160		170	680	2.7	
	3	Ø8	1	10	160		170	680	2.7	
	4	Ø5	4	4	425		425	850	1.1	1.3
	5	Ø5	38	38			100	3800		6.0
Total+5%								22.1	7.7	
VP3	1	Ø8	10	695	10	715	1430	5.6		
	2	Ø8	10	590		590	1180	4.6		
	3	Ø8	10	160		170	680	2.7		
	4	Ø5	4	425		425	850	1.1	1.3	
	5	Ø5	39	39			100	3900		6.1
Total+5%								13.5	7.8	
VP4	1	Ø10	12	408		420	840	5.3		
	2	Ø10	12	410		410	820	5.1		
	3	Ø10	12	400		400	800	5.0		
	4	Ø8	10	345	10	355	710	2.8		
	5	Ø10	1	12	345	12	345	2.2		
	6	Ø12.5	1	1	285		285	570	5.6	
	7	Ø10	1	1	175		175	350	1.1	
	8	Ø8	10	95	105	105	210	0.8		
	9	Ø6.3	1	1	95	95	95	0.2		
	10	Ø8	1	1	75	75	75	0.7		
	11	Ø8	1	1	205		205	410	1.6	
	12	Ø5	1	1	125		125	250	0.4	
	13	Ø8	26	26	116	3016	11.8	11.8	0.4	2.9
	14	Ø5	17	17	110	1870				2.9
Total+5%								44.3	3.5	
VP5	1	Ø8	10	160	10	180	360	1.4		
	2	Ø5	6	160	6	172	344		0.5	1.4
	3	Ø5	11	11	80	880				2.0
Total+5%								1.5	2.0	
VP6	1	Ø8	10	695	10	715	1430	5.6		
	2	Ø6.3	1	1	270	270	270	0.7		
	3	Ø8	1	1	250	250	500	2.0		
	4	Ø6.3	8	8	90	360	0.9			
	5	Ø5	200	200	200	400	0.6			0.5
	6	Ø5	175	175	175	350	0.5			0.5
	7	Ø5	38	38	100	3800				6.0
Total+5%								9.7	7.5	
VP7	1	Ø10	12	395		395	790	5.0		
	2	Ø8	10	370	10	380	760	3.0		
	3	Ø8	10	285		285	285	1.1		
	4	Ø8	10	175		185	370	1.5		
	5	Ø8	10	205		215	430	1.7		
	6	Ø8	10	250		250	500	2.0		
	7	Ø8	1	1	175	175	700	2.7		
	8	Ø6.3	1	1	100	100	100	0.2		
	9	Ø5	8	8	90	180	0.7			
	10	Ø5	180	180	180	360	0.6			0.6
	11	Ø5	175	175	175	350	0.5			0.5
	12	Ø5	46	46	100	4600				7.2
Total+5%								18.8	8.7	
VP8	1	Ø8	10	165	10	185	370	1.5		
	2	Ø8	6	6	60	10	140	0.5		
	3	Ø5	1	1	129	135	270	0.4		
	4	Ø5	6	6	80	80	880			1.4
	5	Ø5	11	11	80	880				1.9
Total+5%								2.5	1.9	
VP9	1	Ø8	14	350	10	374	748	2.9		
	2	Ø8	8	142	150	300	0.7			
	3	Ø8	90	90	90	180	0.7			
	4	Ø8	65	10	75	150	0.6			
	5	Ø5	125	125	125	250	0.4			0.4
	6	Ø5	80	80	80	2000				3.1
Total+5%								5.1	3.7	
Pilar ou muro apoiado P32								Ø5	0.0	50.5
Ver esperas no detalhamento de pilares ou vista de muros								Ø6.3	7.0	0.0
								Ø8	64.3	0.0
								Ø10	24.9	0.0
								Ø12.5	35.3	0.0
Total								151.5	50.5	

Resumo Aço PISO Vigas	Comp. total (m)	Peso+5% (kg)	Total
CA-50-A Ø6.3	92.5	24	
Ø8	424.0	175	
Ø10	78.1	52	
Ø12.5	204.1	210	
Ø16	54.4	90	
Ø20	2.1	5	556
CA-60-B Ø5	1001.5	165	165
Total			721

Projeto:	CALCULO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO	Data:	JAN/20
Local:	RESIDENCIAL CLUB PORTINARIA - PAULINIA - SP		
Nome:			
Des. no.:	Planta: ARMADURAS VIGAS NIVEL LAJE PISO FL 01/03		
Autor:			
			FL: 08/14

ARMADURAS VIGAS NIVEL LAJE PISO FL 02/03

Desenho de vigas

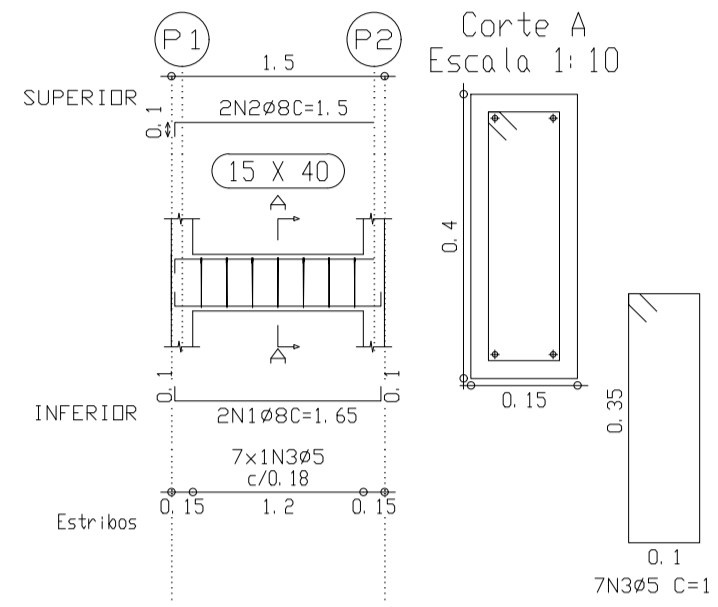
Concreto: C20, em geral

Aço: CA-50-A e CA-60-B

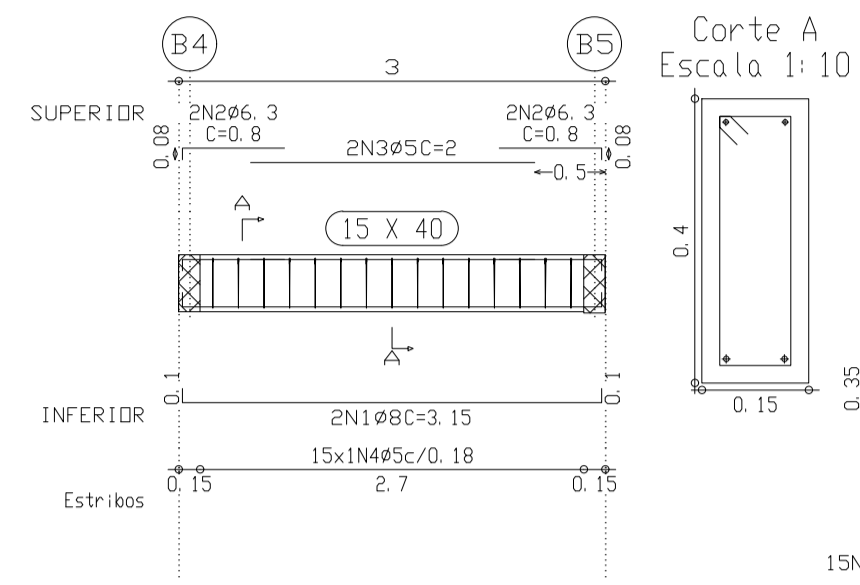
Escala vigas: 1:50

Escala seções: 1:10

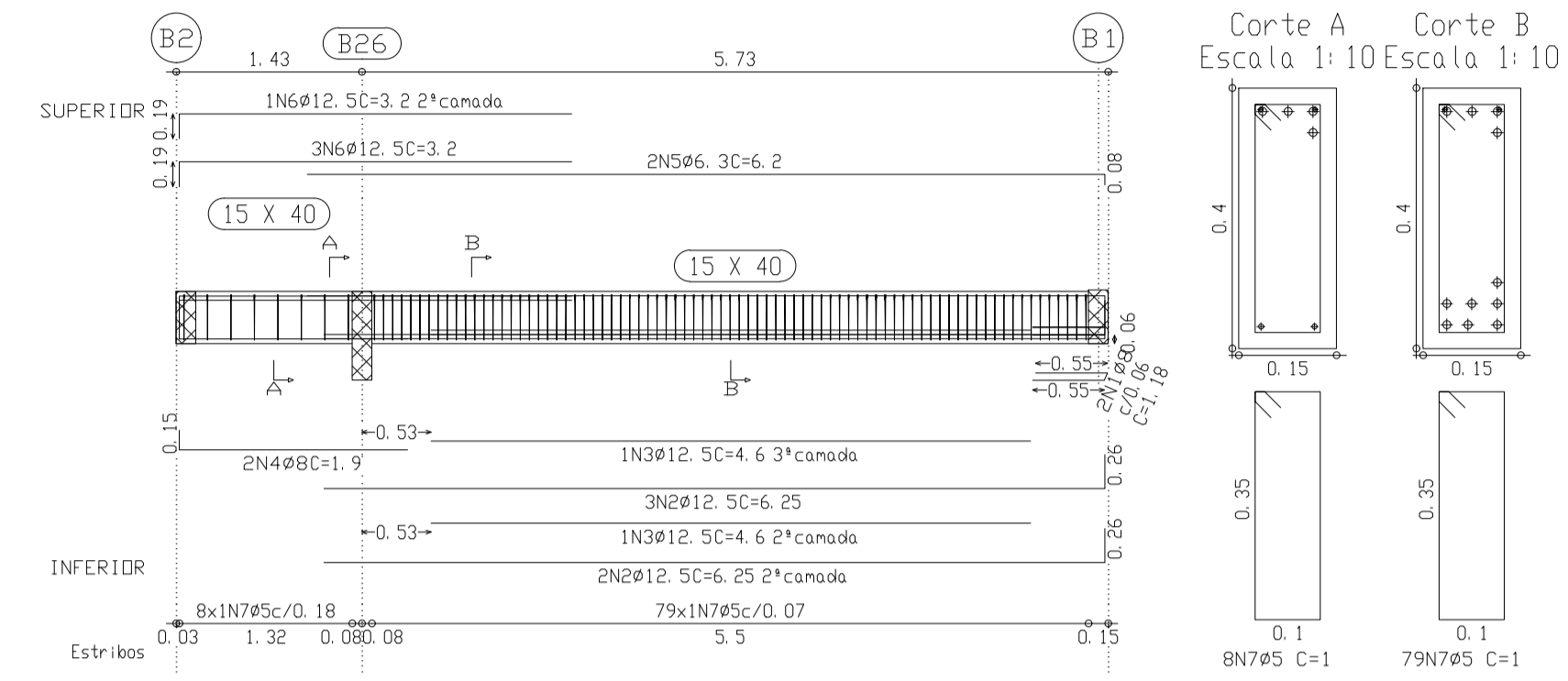
VP15  
Escala 1:50



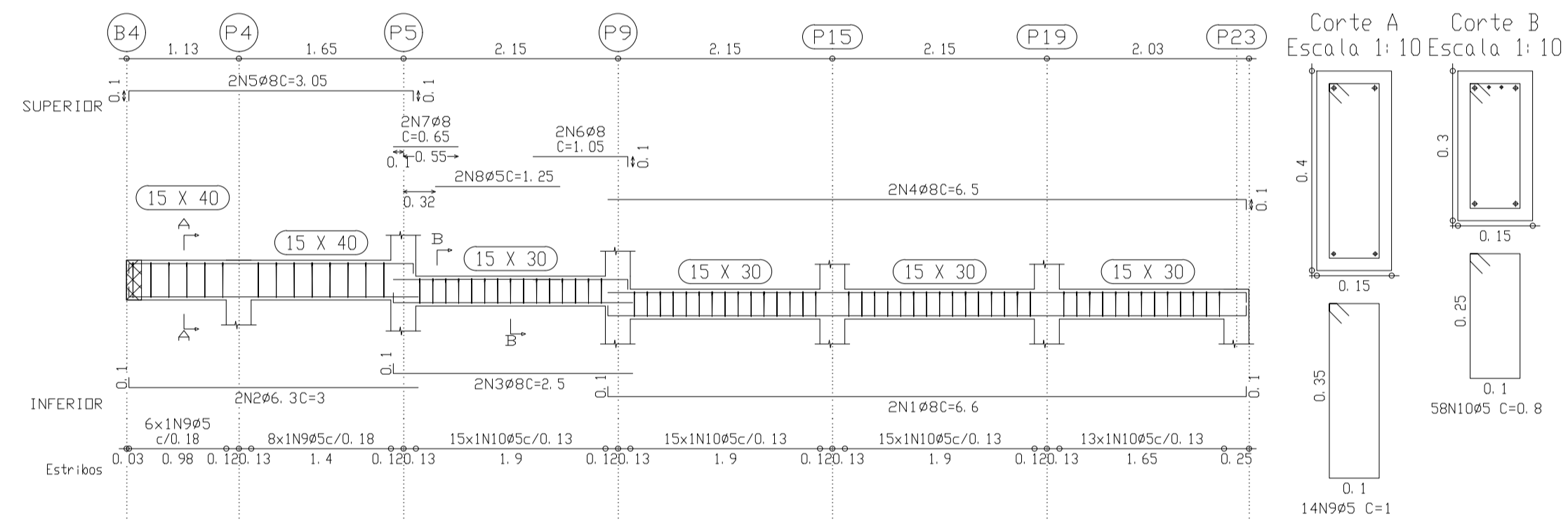
VP16  
Escala 1:50



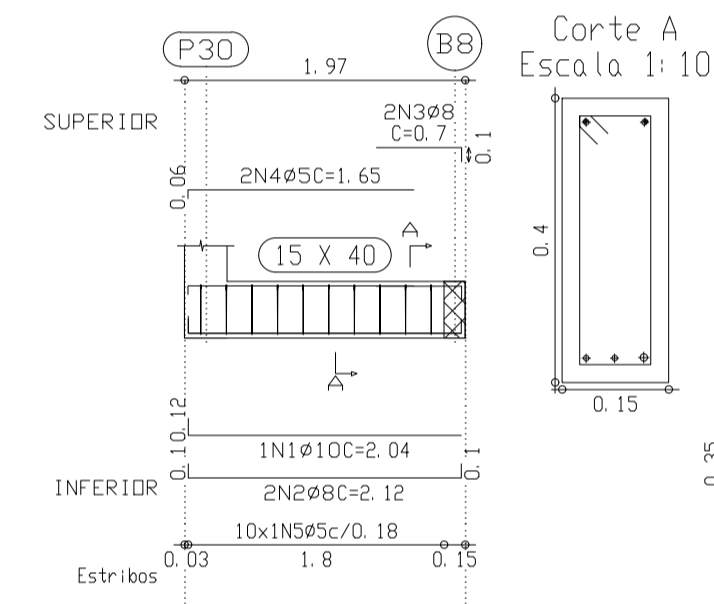
VP17  
Escala 1:50



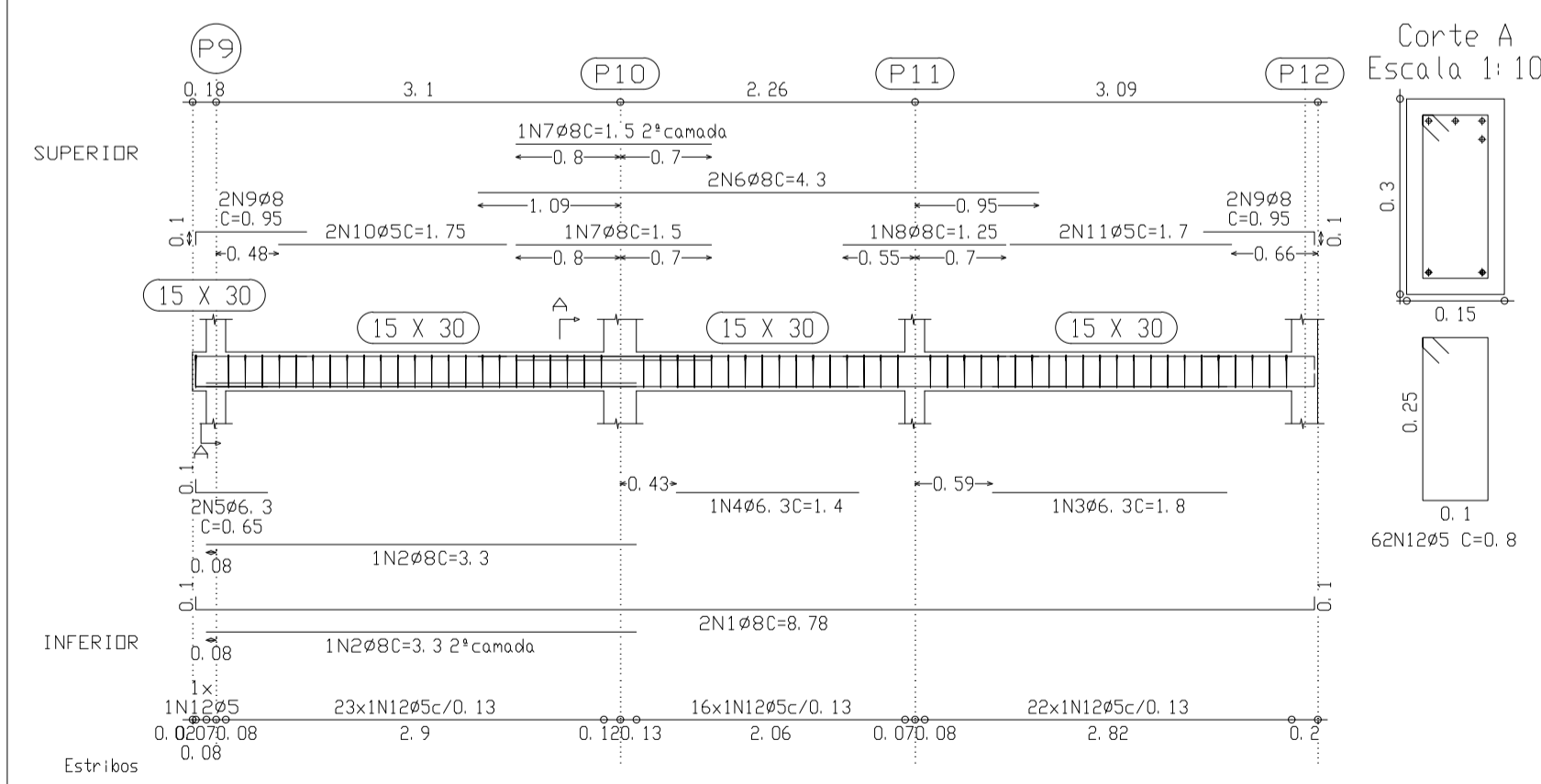
VP18  
Escala 1:50



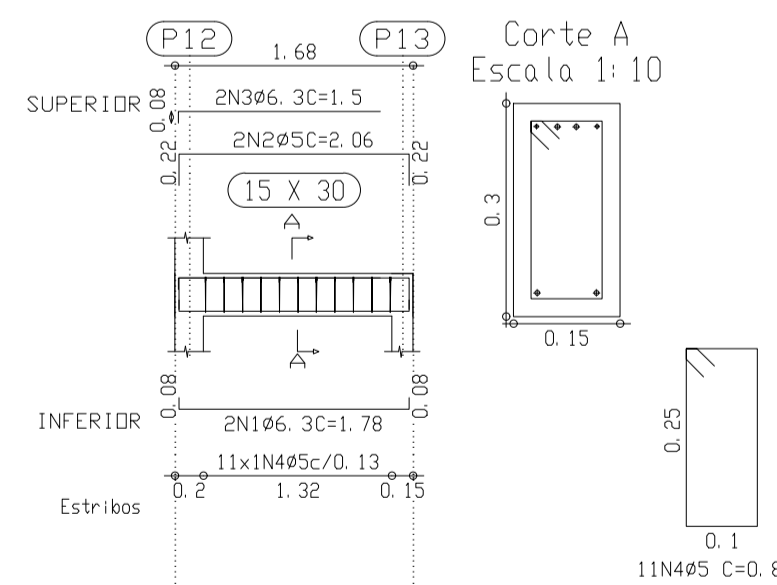
VP19  
Escala 1:50



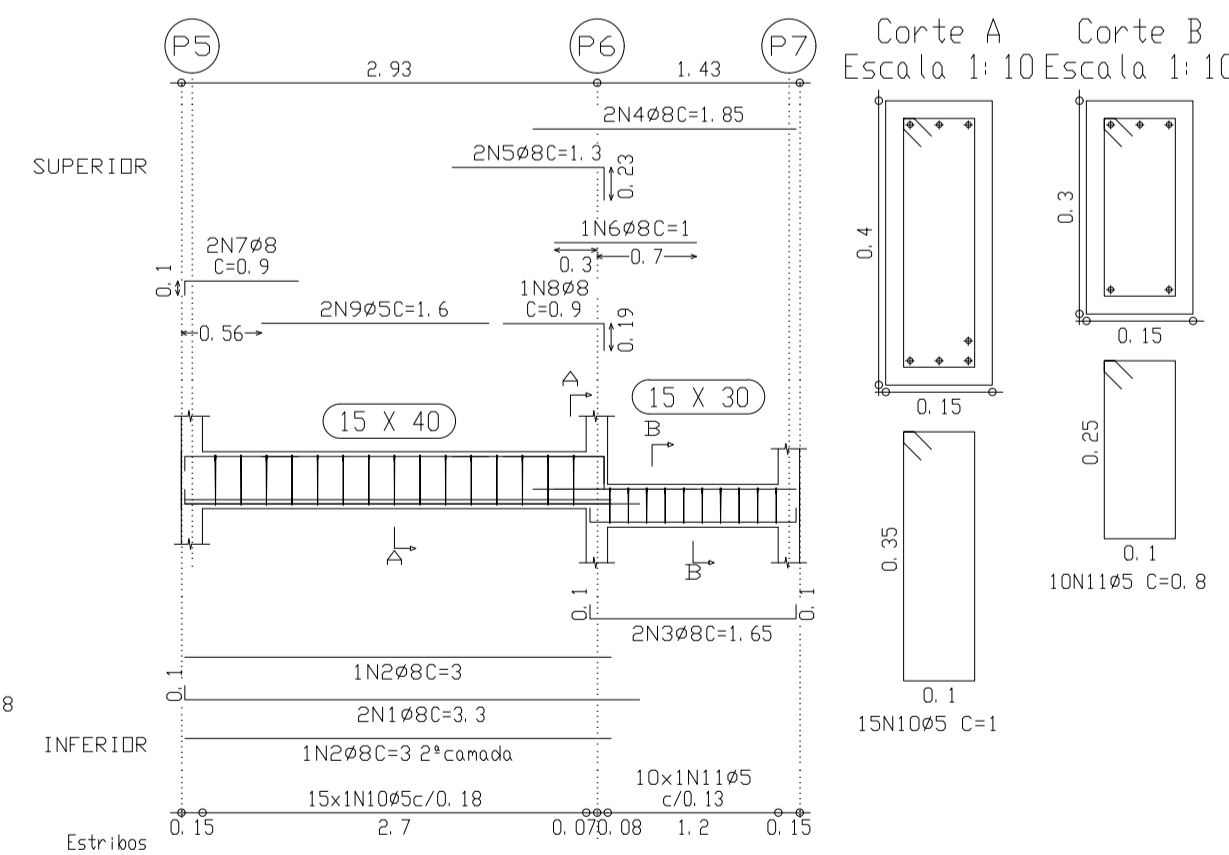
VP10  
Escala 1:50



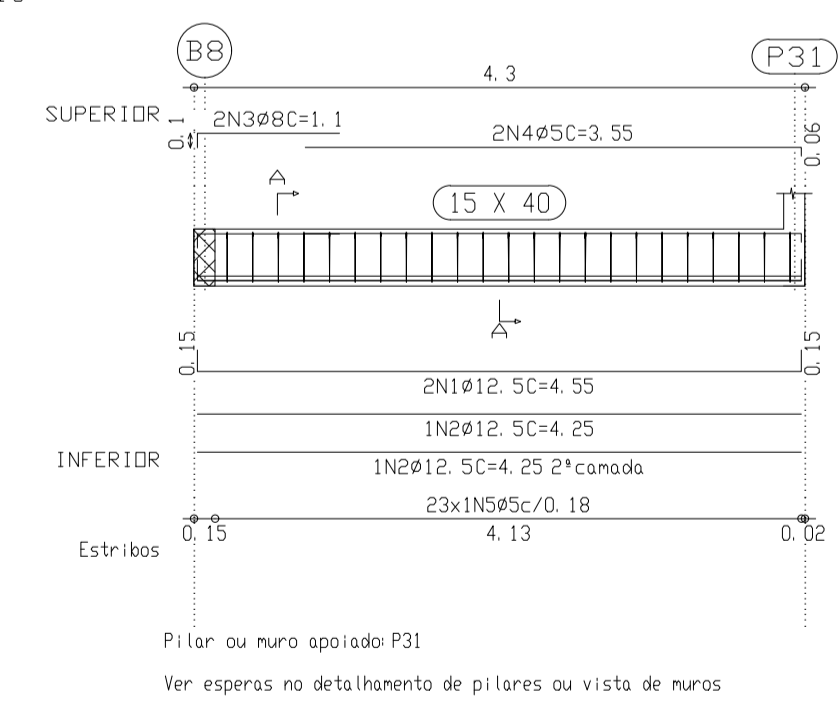
VP11  
Escala 1:50



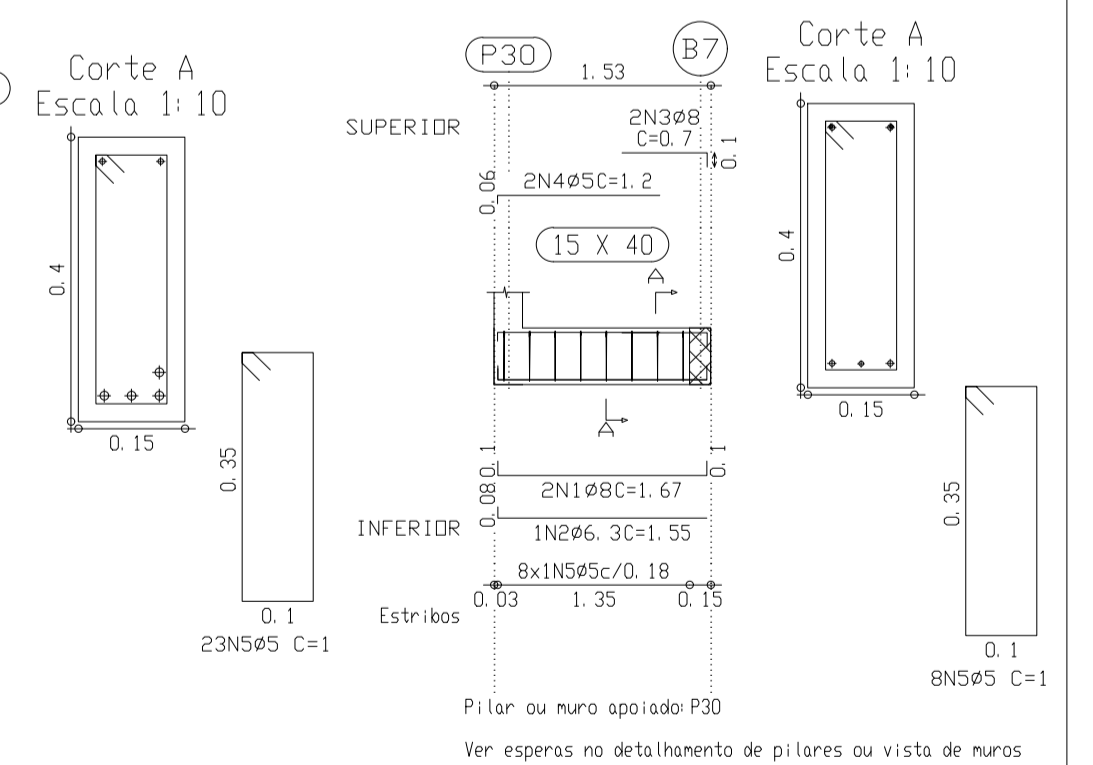
VP12  
Escala 1:50



VP13  
Escala 1:50



VP14  
Escala 1:50

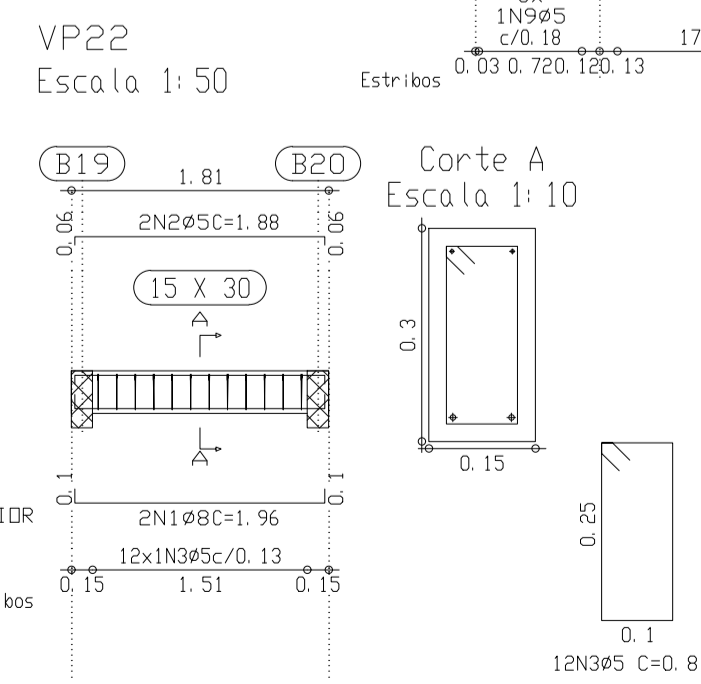
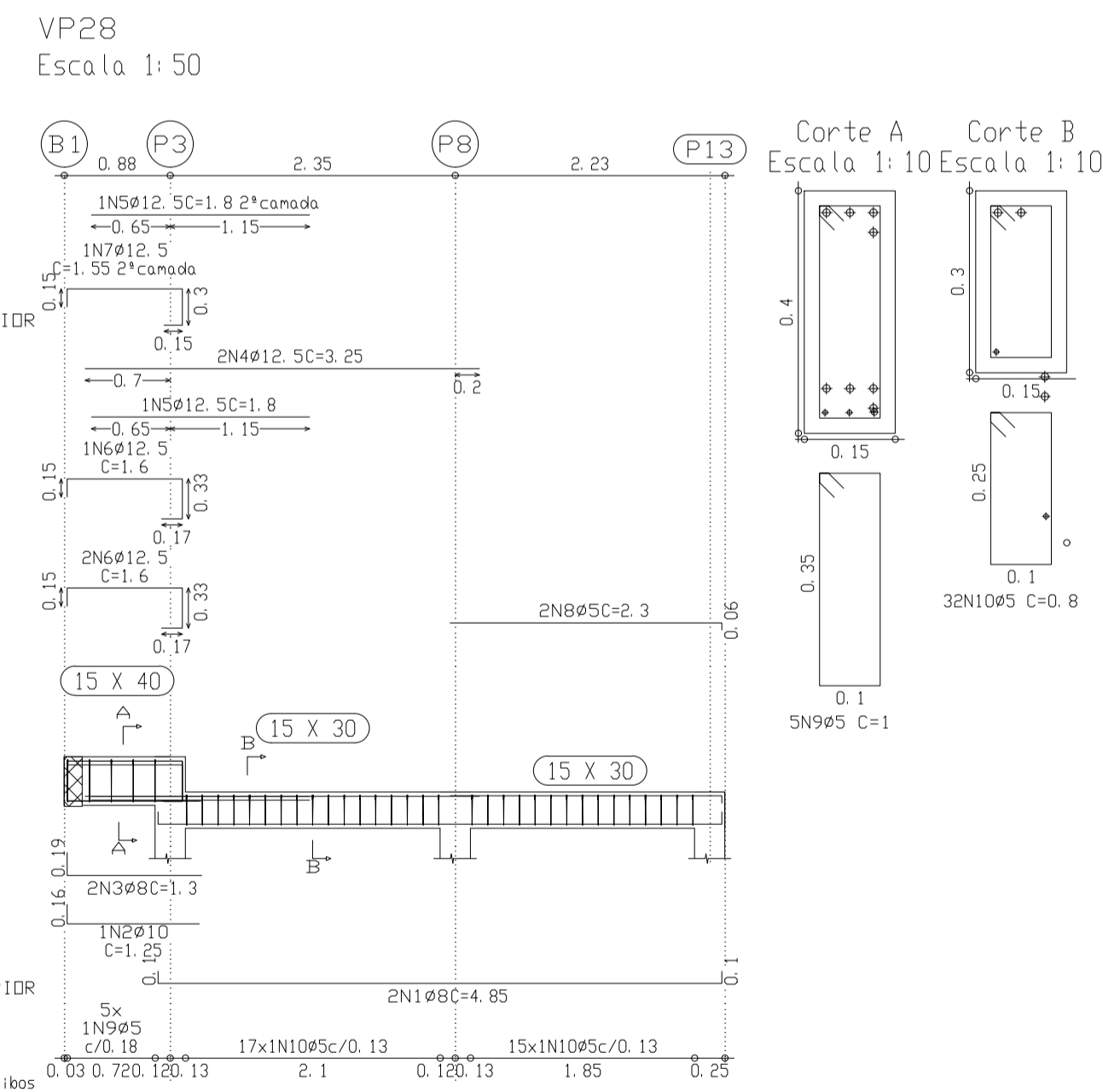
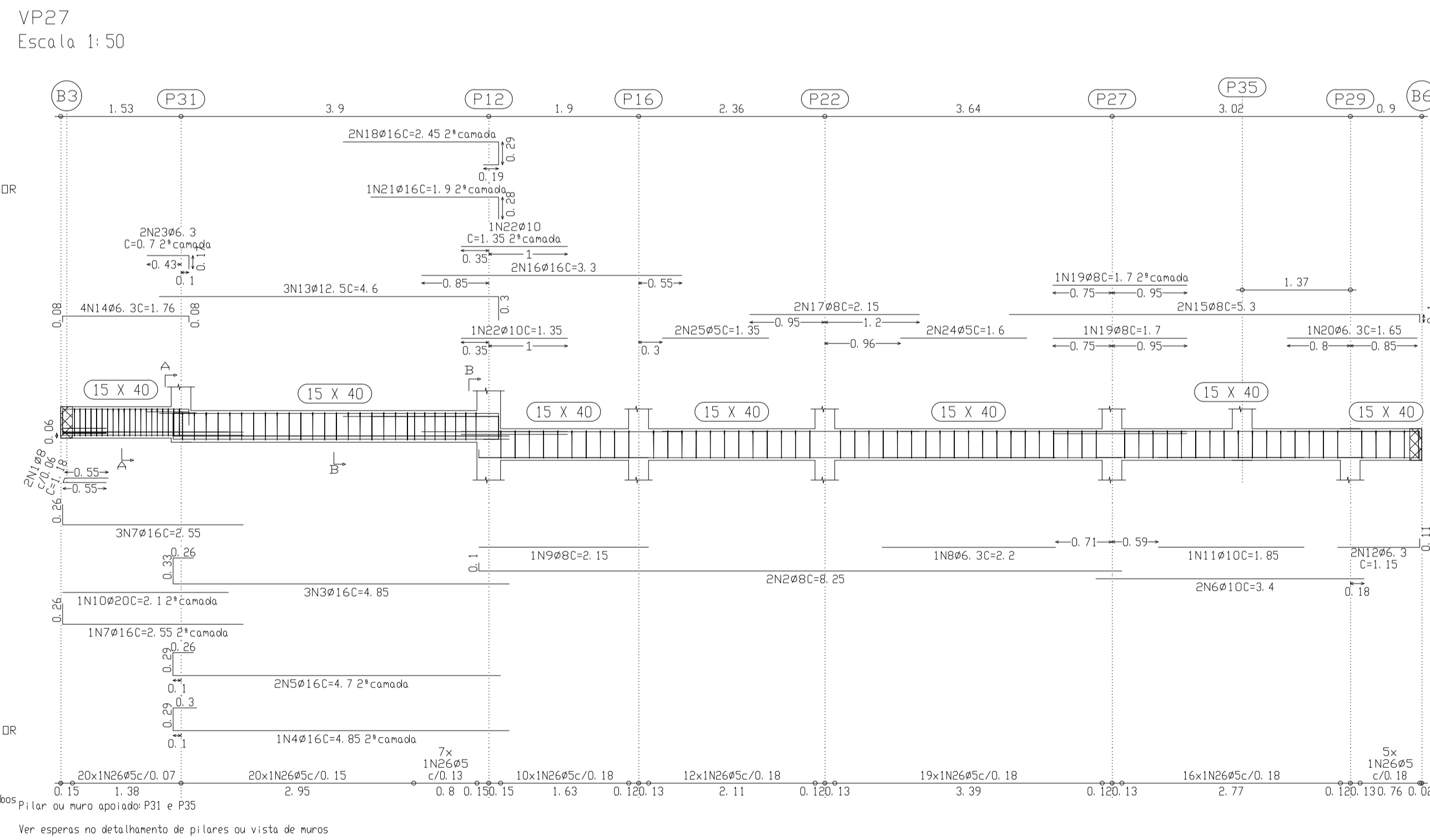
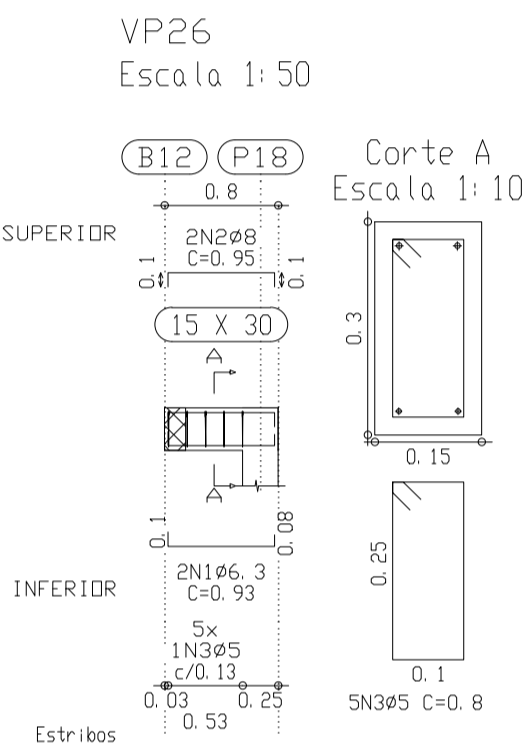
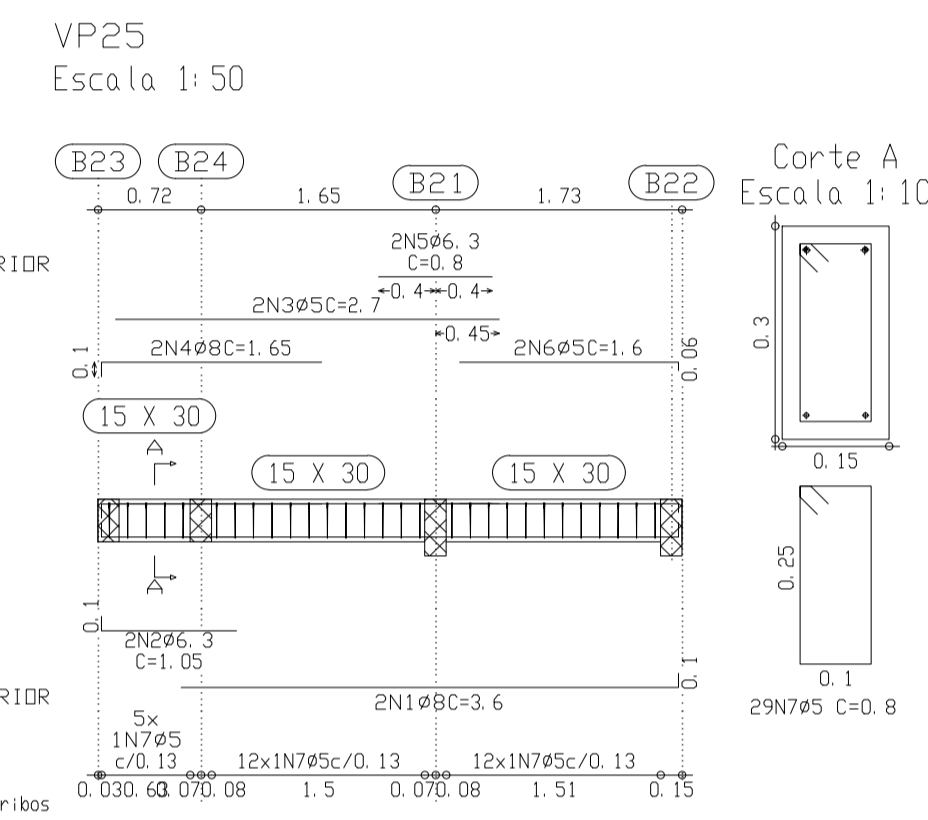
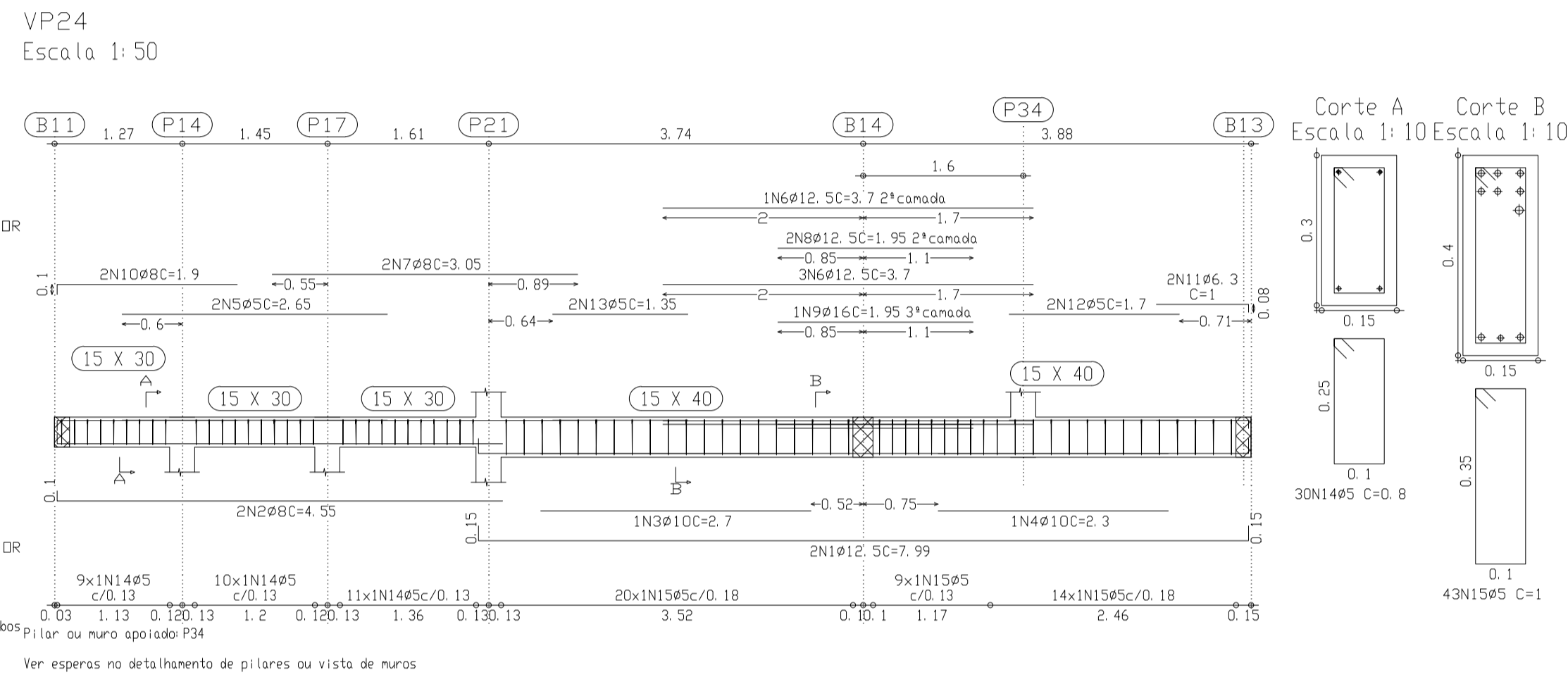
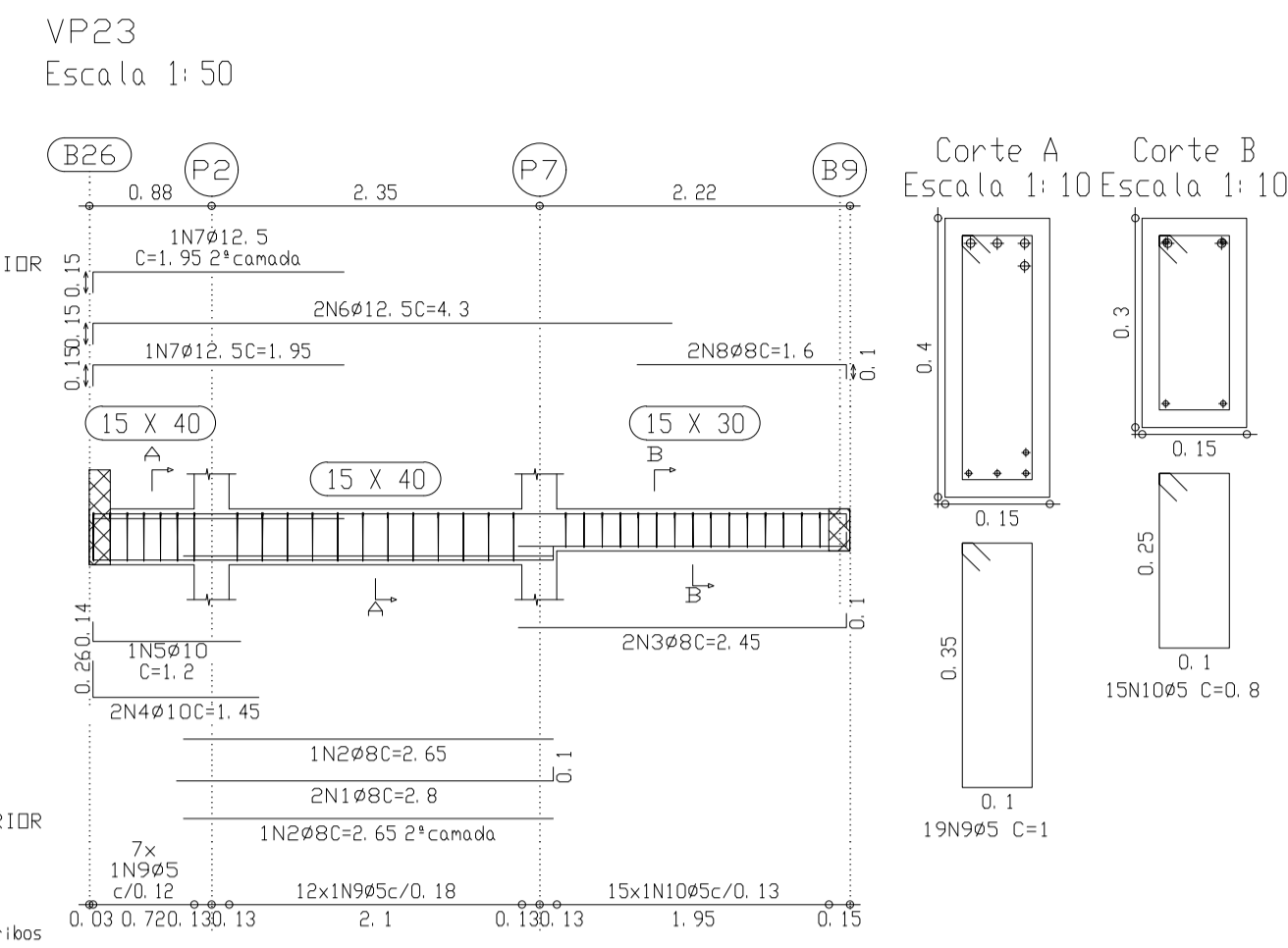
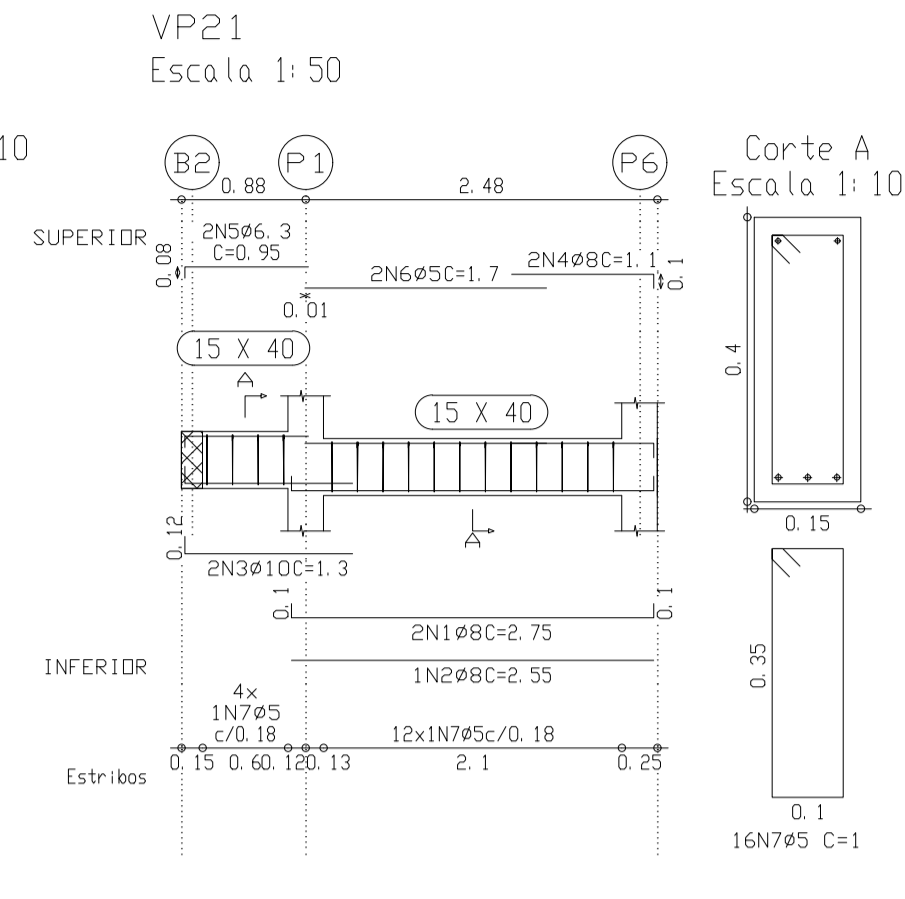
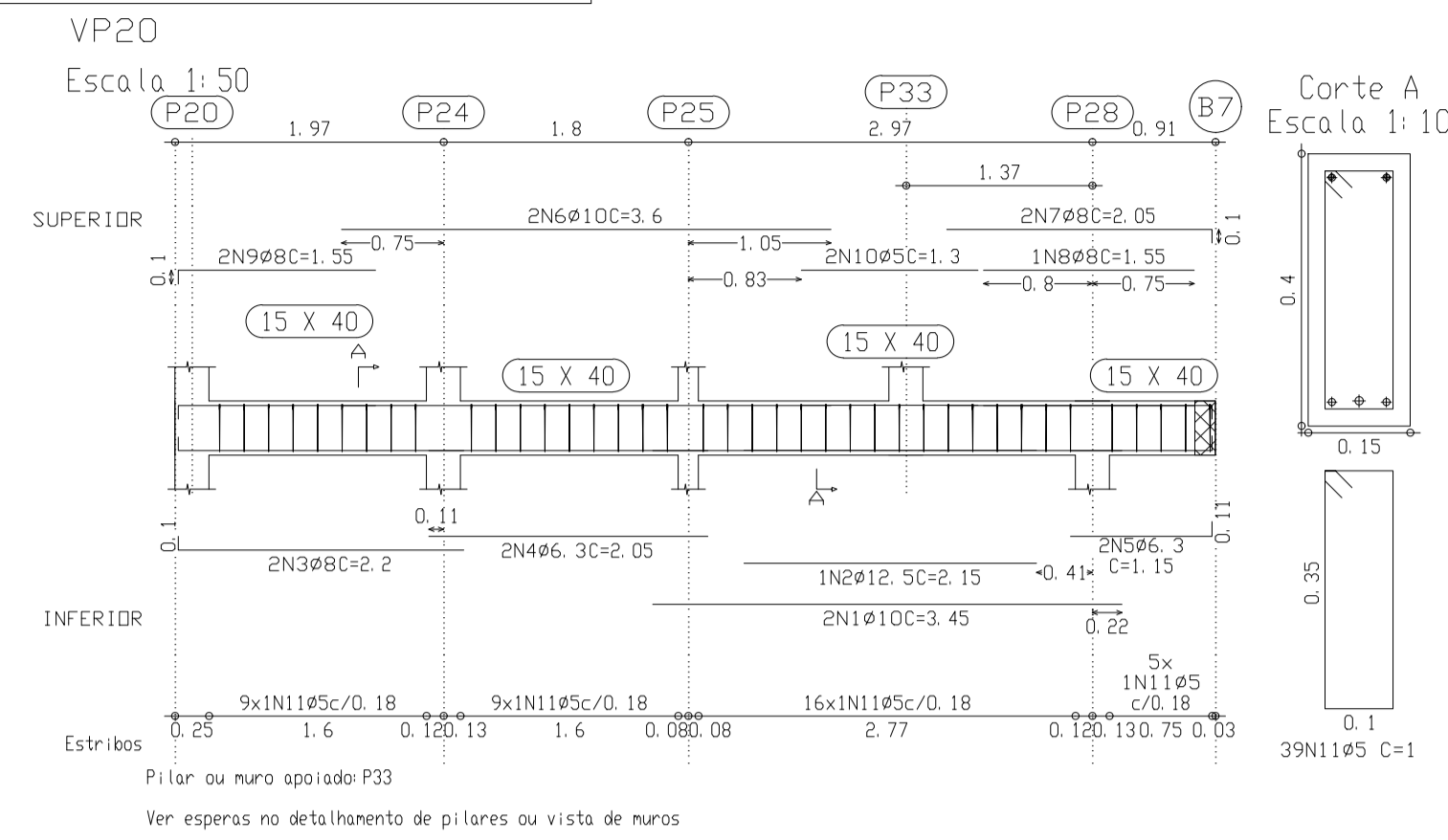


Elemento	Pos	Diam	Q	Dob	Reta	Dob	Comp	Tota	CA-50	CA-60-B	
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kg)	(kg)	
VP10	1	Ø8	10	858	10	878	1756	6.9			
	2	Ø8		330		330	660	2.6			
	3	Ø6.3	11	180		180	180	0.4			
	4	Ø6.3		140		140	140	0.3			
	5	Ø6.3		55		55	55	0.3			
	6	Ø8	10	430		430	860	3.4			
	7	Ø8		150		150	300	1.2			
	8	Ø8		125		125	125	0.5			
	9	Ø8		85	10	85	380	1.5			
	10	Ø5		175		175	350		0.5		
	11	Ø5		170		170	340		0.5		
	12	Ø5		80		80	4960		7.8		
Total+5%									18.0	9.2	
VP11	1	Ø6.3	8	162		178	356	0.9			
	2	Ø8	8	162		162	162	0.7			
	3	Ø6.3	8	142		150	300	0.7			
	4	Ø5	11			80	880		1.4		
Total+5%									1.7	2.1	
VP12	1	Ø8	10	320		330	660	2.6			
	2	Ø8		300		300	600	2.4			
	3	Ø8	10	145	10	165	330	1.3			
	4	Ø8		185		185	370	1.5			
	5	Ø8		107	23	130	260	1.0			
	6	Ø8		100		100	100	0.4			
	7	Ø8	10	90		90	180	0.7			
	8	Ø8		71	19	90	90	0.4			
	9	Ø5		160		160	320		0.5		
	10	Ø5		100		100	1500		2.4		
	11	Ø5		80		80	800		1.3		
Total+5%									10.8	4.4	
VP13	1	Ø12.5	15	425	15	455	910	8.9			
	2	Ø12.5		425		425	850	8.3			
	3	Ø8	10	100		110	220	0.9			
	4	Ø5		349		355	710		1.1		
	5	Ø5		100		100	2300		3.6		
Total+5%									19.0	4.9	
VP14	1	Ø8	10	147	10	167	334	1.3			
	2	Ø6.3	11	8		155	155	0.4			
	3	Ø8		60	10	70	140	0.5			
	4	Ø5	6	114		120	240		0.4		
	5	Ø5				100	800		1.3		
Total+5%									2.3	1.8	
VP15	1	Ø8	10	145	10	165	330	1.3			
	2	Ø8		140		150	300	1.2			
	3	Ø5				100	700		1.1		
Total+5%									2.6	1.2	
VP16	1	Ø8	10	295	10	315	630	2.5			
	2	Ø6.3	8	72		80	320	0.8			
	3	Ø5		200		200	400		0.6		
	4	Ø5				100	1500		2.4		
Total+5%									3.5	3.2	
VP17	1	Ø8	55	8	55	118	236	0.9			
	2	Ø12.5		59	26	625	3125	30.7			
	3	Ø12.5		460		460	920	9.0			
	4	Ø8	15	175		190	380	1.5			
	5	Ø6.3		612		620	1240	3.1			
	6	Ø12.5		320		320	1280	12.6			
	7	Ø5	87	19	301		100	8700		13.7	
Total+5%									60.7	14.4	
VP18	1	Ø8	10	640	10	660	1320	5.2			
	2	Ø6.3	10	290		300	600	1.5			
	3	Ø8	10	240		250	500	2.0			
	4	Ø8	10	640	10	650	1300	5.1			
	5	Ø8	10	285	10	305	610	2.4			
	6	Ø8		95	10	105	210	0.8			
	7	Ø8		65		65	130	0.5			
	8	Ø5		125		125	250		0.4		
	9	Ø5	14			100	1400		2.2		
	10	Ø5		80		80	4640		7.3		
Total+5%									18.4	10.4	
VP19	1	Ø10	12	192		204	204	1.3			
	2	Ø8	10	192	10	212	424	1.7			
	3	Ø8		60		70	140	0.5			
	4	Ø5	6	159		165	330		0.5		
	5	Ø5				100	1000		1.6		
Total+5%									3.7	2.2	
									Ø5	0.0	53.8
									Ø6.3	9.0	0.0
									Ø8	57.3	0.0
									Ø10	1.4	0.0
									Ø12.5	73.0	0.0
Total+5%									140.7	53.8	

Projeto:	CALCULO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO	Data:	JAN/20
Local:	RESIDENCIAL CLUB PORTINARIA - PAULINIA - SP		
Nome:			
Des. no.:	Planta:	ARMADURAS VIGAS NIVEL LAJE PISO FL 02/03	
Autor:			
			FL: 09/14

**ARMADURAS VIGAS NIVEL LAJE PISO FL 03/03**

Desenho de vigas  
 Concreto: C20, em geral  
 Aço: CA-50-A e CA-60-B  
 Escala vigas: 1:50  
 Escala seções: 1:10

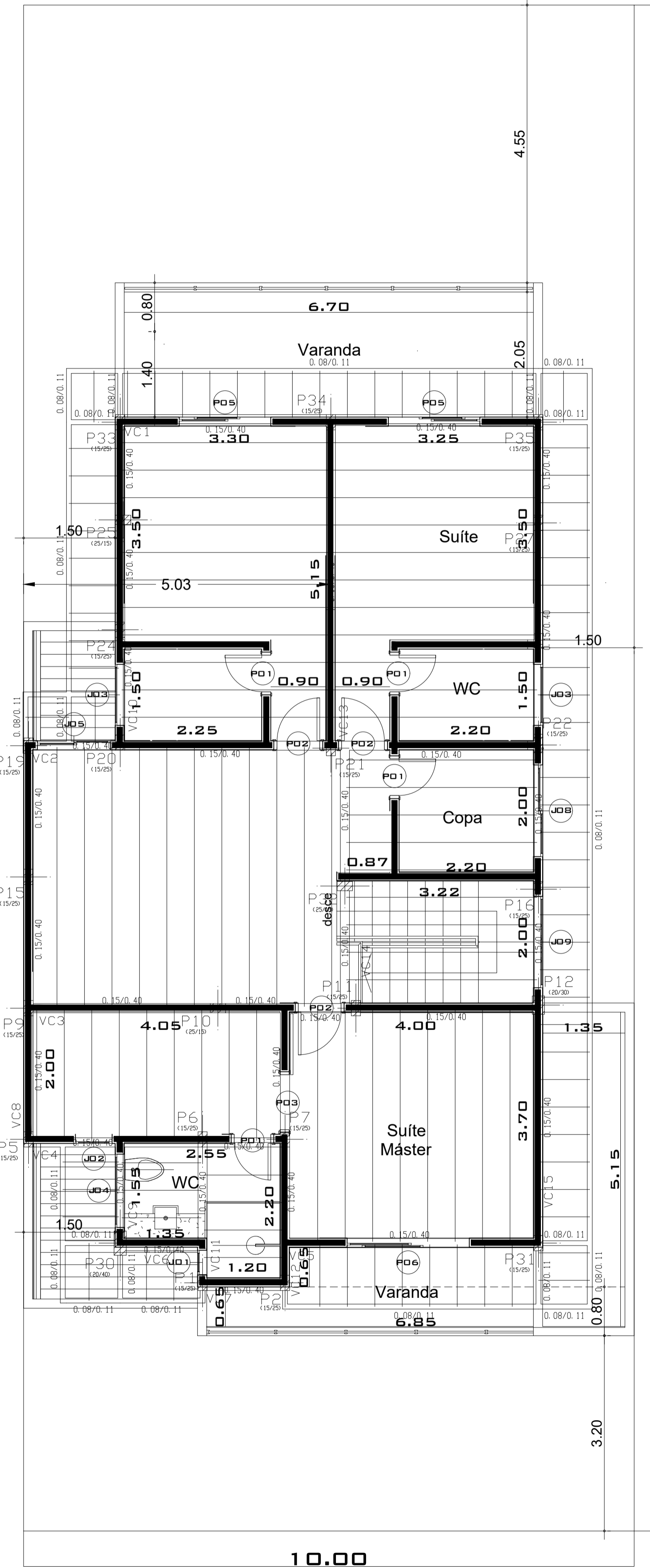
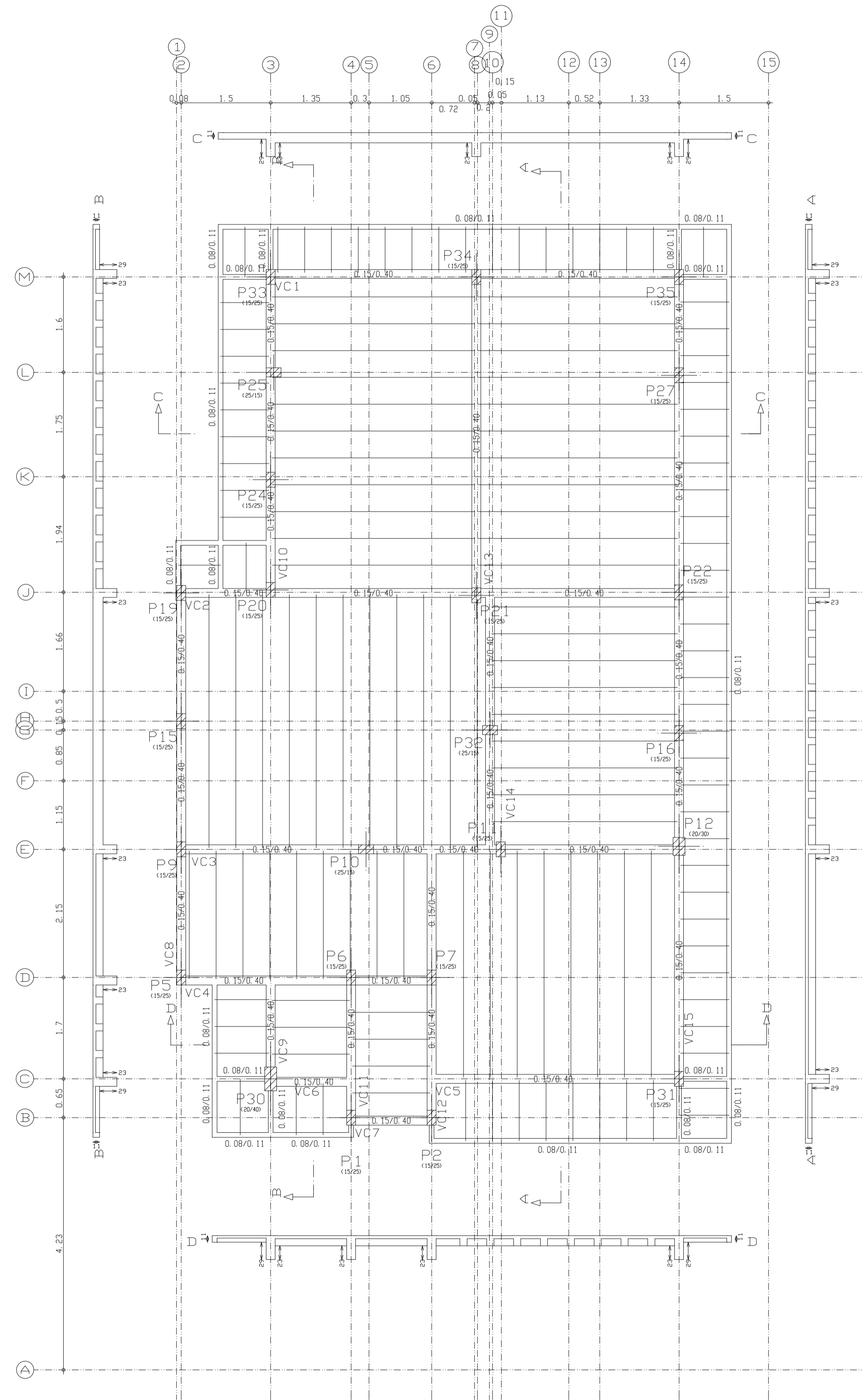


Elemento	Pos	Diam	Q	Dob	Reta	Dob	Comp	Tota	CA-50-A	CA-60-B	
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kg)	(kg)	
VP20	1	Ø10	1		345	345	690	4.3			
	2	Ø12.5	1		215	215	430	2.1			
	3	Ø8	10		210	210	440	1.7			
	4	Ø6.3	205		205	410	1.0				
	5	Ø6.3	104	11	104	230	0.6				
	6	Ø10	360		360	720	4.5				
	7	Ø8	195	10	205	410	1.6				
	8	Ø8	155	155	310	1.2					
	9	Ø8	145		145	290	0.6			0.4	
	10	Ø5	130		130	260	2.5			6.1	
	11	Ø5	39		100	390					
										18.5	6.8
VP21	1	Ø8			255	255	510	2.2			
	2	Ø10	10		255	255	510	1.0			
	3	Ø10	12		118	130	260	1.6			
	4	Ø8	100	10	110	220	0.9				
	5	Ø6.3	87		95	190	0.5			0.5	
	6	Ø5	170		170	340	2.5			2.5	
	7	Ø5	100		100	200					
										6.5	3.2
VP22	1	Ø8			176	10	196	1.5			
	2	Ø5	6		176	6	188	0.6			
	3	Ø5	10		80	960	1.5			1.5	
										1.6	2.2
VP23	1	Ø8			270	10	280	2.2			
	2	Ø8			265		530	2.1			
	3	Ø8			235	10	245	1.9			
	4	Ø10	26	119	145	290	1.8				
	5	Ø10	14	106	120	240	0.8				
	6	Ø10	15	415	430	860	8.4				
	7	Ø12.5	15	180	195	390	3.8				
	8	Ø8			150	10	160	320	1.3		
	9	Ø5	130		100	1900				3.0	
	10	Ø5	13		80	1200					
										23.4	5.1
VP24	1	Ø12.5	15	769	15	799	1598	15.7			
	2	Ø8	10	445		455	910	3.6			
	3	Ø10	1	270		270	270	1.7			
	4	Ø10	1	230		230	230	1.4			
	5	Ø5	265		265	530					
	6	Ø12.5	370		370	1480	14.5				
	7	Ø8	305		305	610	2.4				
	8	Ø12.5	195		195	390	3.8				
	9	Ø16	195		195	390	3.1				
	10	Ø8	10	180	190	380	1.5				
	11	Ø6.3	92	8	100	200	0.5				
	12	Ø5	170		170	340				0.5	
	13	Ø10	135		135	270	1.7			0.4	
	14	Ø5	30		80	2400				3.8	
	15	Ø5	43		100	4300				6.8	
										50.6	12.9
VP25	1	Ø8			350	10	360	720	2.8		
	2	Ø6.3	10	95		105	210	0.5			
	3	Ø10	10	270		270	330	1.3			
	4	Ø8	10	155		165	330	1.3		0.8	
	5	Ø6.3	80		80	160	0.4			0.5	
	6	Ø5	154		6	160	320			0.3	
	7	Ø5	80		80	2320					
										5.3	5.1
VP26	1	Ø6.3	10	75	8	93	186	0.5			
	2	Ø8	10	75	10	95	190	0.7			
	3	Ø5	10	80	400					0.6	
										1.3	0.6
VP27	1	Ø8			55	8	55	118	236	0.9	
	2	Ø10	10	815		825	1650	6.1			
	3	Ø16	59	426		485	1455	22.8			
	4	Ø16	1	59	426		485	7.6			
	5	Ø16	55	415		470	940	14.8			
	6	Ø10	340		340	680	4.3				
	7	Ø16	26	229	255	1020	16.0				
	8	Ø6.3	1	220	220	440	0.5				
	9	Ø8		215	215	430	1.7				
	10	Ø20		210	210	210	5.2				
	11	Ø10		185	185	370	1.2				
	12	Ø6.3		104	111	230	0.6				
	13	Ø12.5		430	30	460	1380	13.5			
	14	Ø6.3	8	160	8	176	704	1.7			
	15	Ø8		520	10	530	1060	4.2			
	16	Ø16		330	330	660	10.4				
	17	Ø8		215	215	430	1.7				
	18	Ø16		197	245	490	7.7				
	19	Ø8		170	170	340	1.3				
	20	Ø6.3	1	165	165	330	0.4				
	21	Ø16	28	190	190	380	3.0				
	22	Ø10		135	135	270	1.7				
	23	Ø6.3	53	17	70	140	0.3				
	24	Ø5		160	160	320				0.5	
	25	Ø5		135	135	270				0.4	
	26	Ø5	109		100	10900					
										133.5	18.9
VP28	1	Ø8			10	465	485	970	3.8		
	2	Ø10	16	109		125	250	0.8			
	3	Ø8	19	111		130	260	1.0			
	4	Ø12.5		325		325	650	6.4			
	5	Ø12.5		180		180	360	3.5			
	6	Ø12.5	15	95	50	160	480	4.7			
	7	Ø12.5	15	95	45	155	465	1.5			
	8	Ø5		224	6	230	460			0.7	
	9	Ø5		100		500				0.8	
	10	Ø5	30		80	2560				4.0	
										22.8	5.8
										0.0	60.6
										0.0	0.0
										53.4	0.0
										25.2	0.0
										81.8	0.0
										89.7	0.0
										5.0	0.0
										263.5	60.6

Projeto: CALCULO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO	Data: JAN/20
Local: RESIDENCIAL CLUB PORTINARIA - PAULINIA - SP	
Nome: _____	
Des. no.: _____	Planta: ARMADURAS VIGAS NIVEL LAJE PISO FL 03/03
Autor: _____	
	FL: 10/14

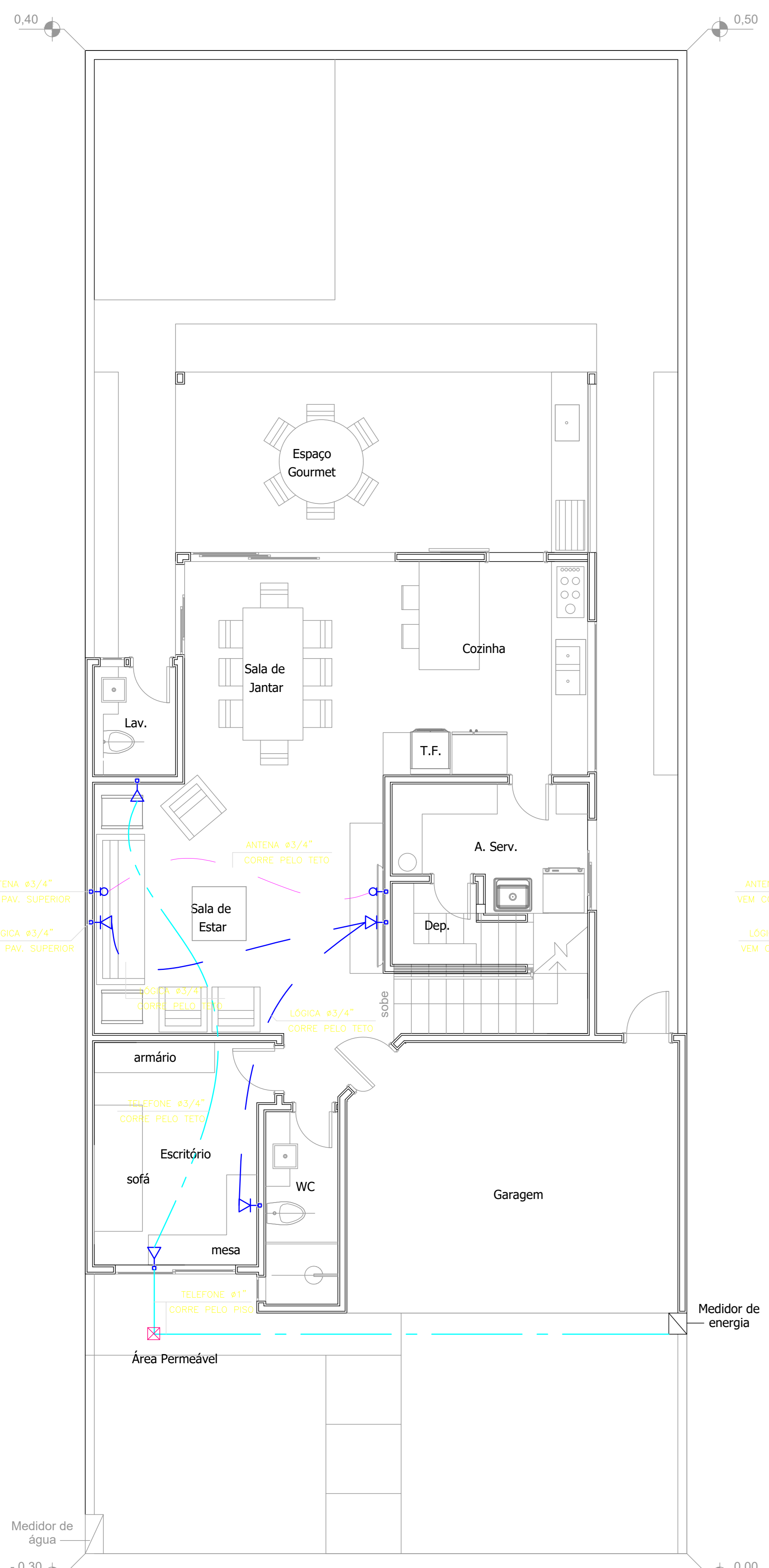
FORMA VIGAS NIVEL LAJE COBERTURA  
 CONCRETO FCK-25 TRAÇO BOMBEÁVEL  
 LAJE TRELIÇA TIPO BETA 12 - SOBRECARGA: 50 KG/M<sup>2</sup>  
 Escala: 1:50

COBERTURA - Superfície total: 137,32 m <sup>2</sup>			
Elemento	Formas (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Vigas Fundo	14,60	5,25	321
Forma lateral	40,44		
Pilares (Sup. Formas)	54,70	2,59	329
Total	211,70	18,67	890
Índices (por m <sup>3</sup> )	1,685	0,136	6,47

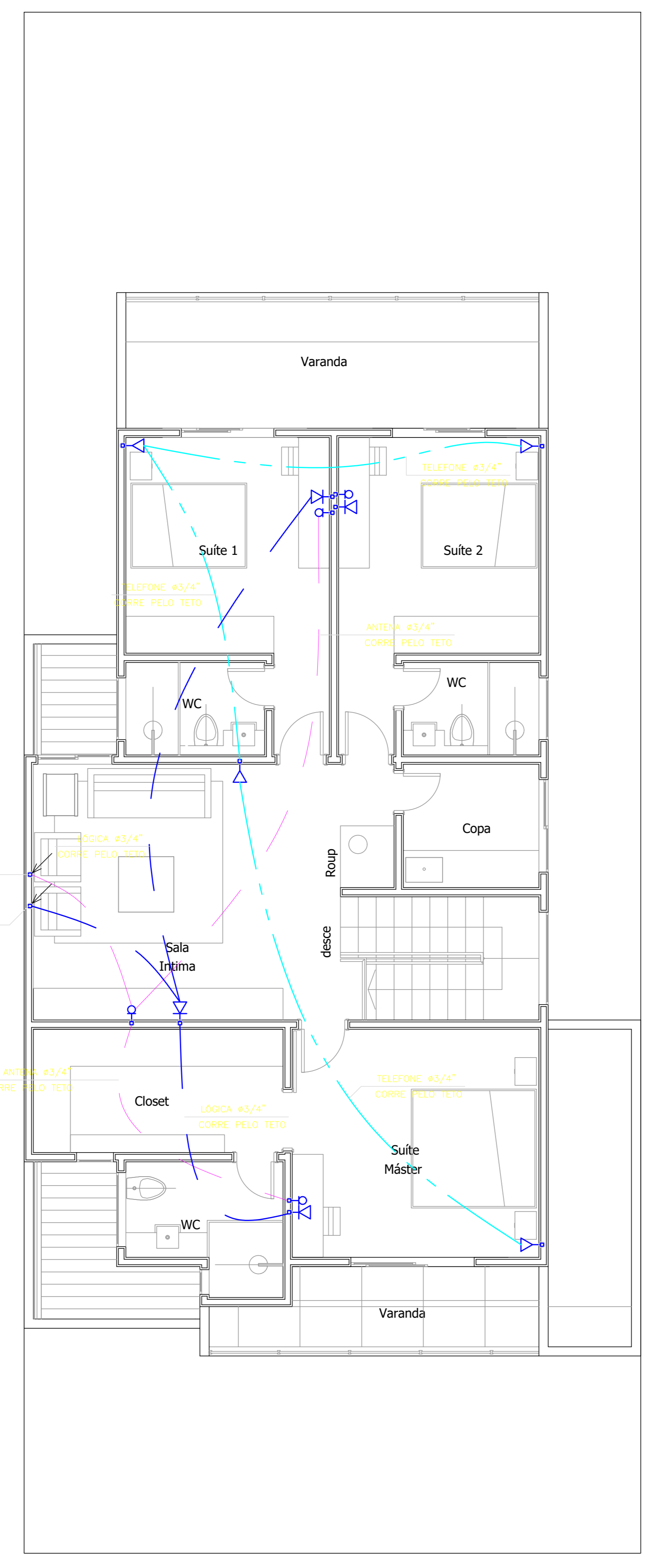


Projeto:	CÁLCULO ESTRUTURAL EM CONCRETO ARMADO	Data:	JAN/20
Local:	RESIDENCIAL CLUB PORTINARIA - PAULINIA - SP	Nome:	
Des. no.:	Planta:	FORMA VIGAS NIVEL LAJE COBERTURA	
Autor:			FL: 12/14

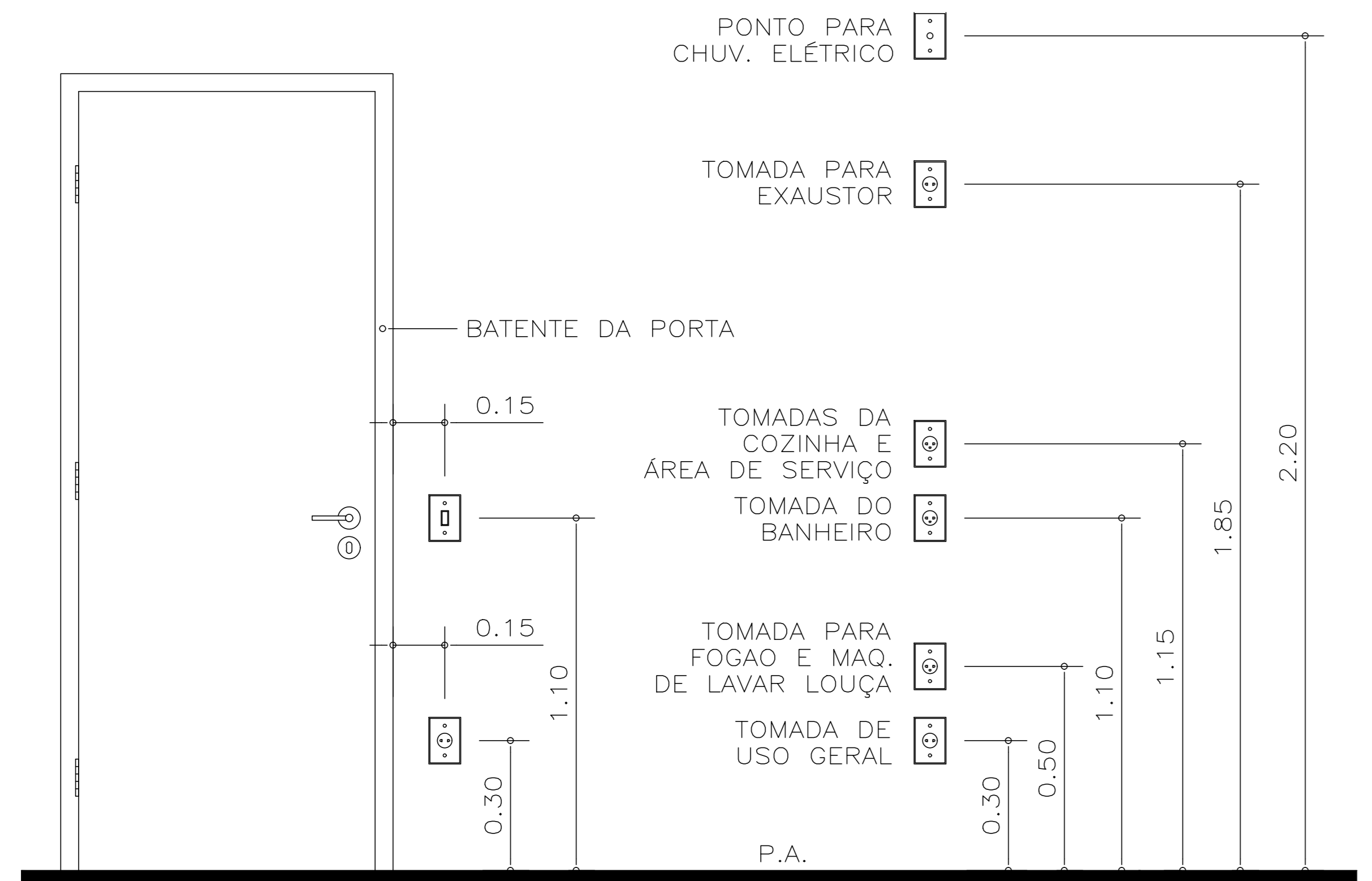




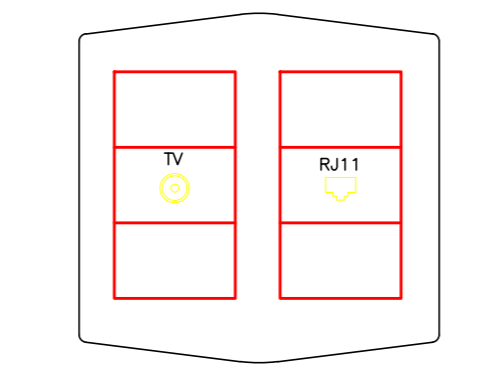
PAV. TERREO  
ESC.1:50



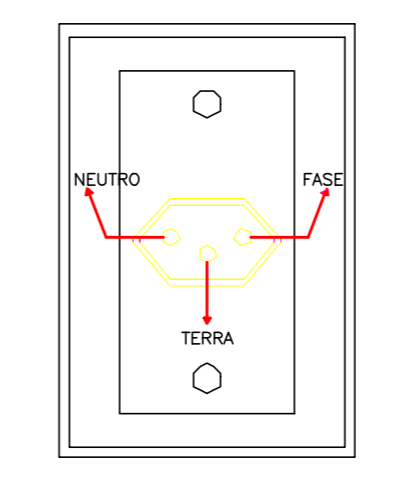
PAV. SUPERIOR  
ESC.1:50



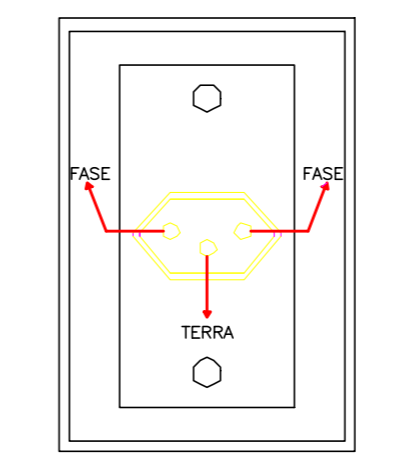
POSICIONAMENTO DOS INTERRUPTORES E TOMADAS  
S/ESC.



DETALHE CAIXA 4x4 PARA SISTEMAS  
S/ESC.



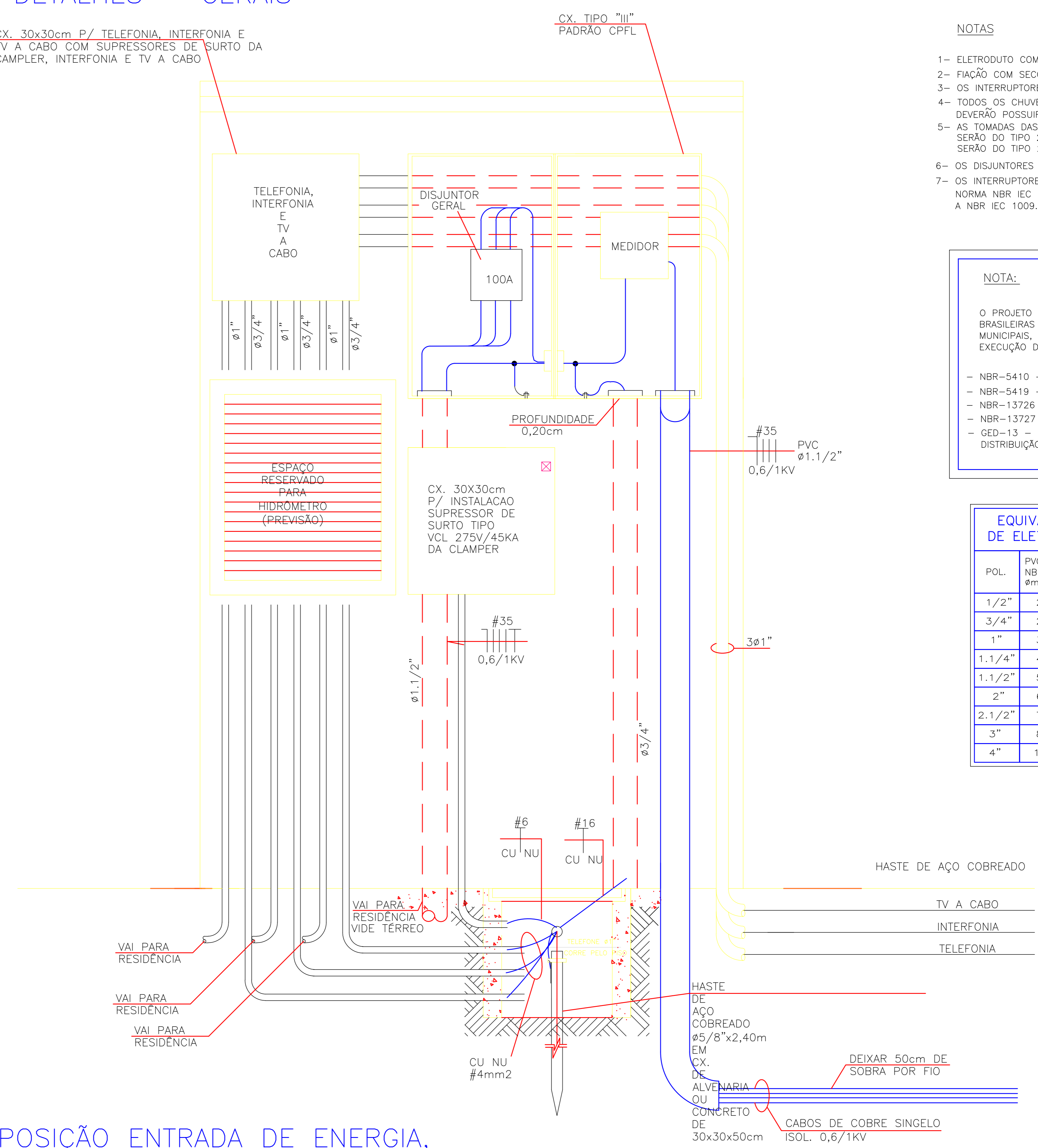
DETALHE DE LIGAÇÃO DOS CONDUTORES 110V  
S/ESC.



DETALHE DE LIGAÇÃO DOS CONDUTORES 220V  
S/ESC.

DETALHES – GERAIS

CX. 30x30cm P/ TELEFONIA, INTERFONIA E TV A CABO COM SUPRESSORES DE SURTO DA CAMPLER, INTERFONIA E TV A CABO



POSIÇÃO ENTRADA DE ENERGIA, MEDIÇÃO, TELEFONE, INTERFONE E TV A CABO  
S/ESC.

NOTAS

- 1- ELETRODUTO COM DIAMETRO NÃO INDICADO SERA DE Ø 1/2"
- 2- FIAÇÃO COM SEÇÃO NÃO INDICADA SERA DE # 1,5 mm<sup>2</sup>
- 3- OS INTERRUPTORES DE CABECEIRA TERÃO h=80 cm
- 4- TODOS OS CHUVEIROS E APARELHOS DE AQUECIMENTO DE ÁGUA DEVERÃO POSSUIR (ISOLAMENTO CLASSE II)
- 5- AS TOMADAS DAS MAQUINAS DE SECAR ROUPA E LAVAR LOUÇA SERÃO DO TIPO 2P+T, 20A DA PIAL LEGRAND, E AS DEMAIS SERÃO DO TIPO 2P+T, 10A DE ACORDO COM A NBR 14136
- 6- OS DISJUNTORES DEVERÃO ATENDER A NORMA NBR IEC 60898, CURVA C
- 7- OS INTERRUPTORES DIFERENCIAIS RESIDUAIS DEVERÃO ATENDER A NORMA NBR IEC 1008 E OS DISJUNTORES DIFERENCIAIS RESIDUAIS A NBR IEC 1009.

NOTA:

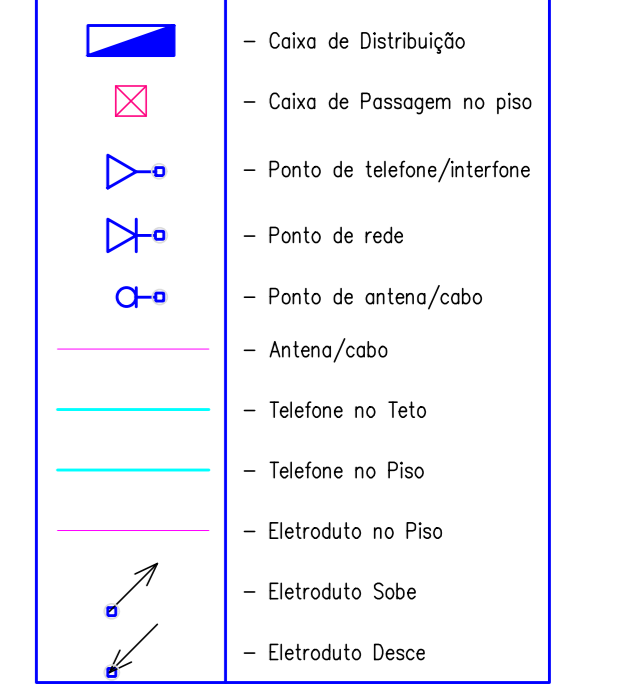
O PROJETO FOI DESENVOLVIDO SEGUNDO AS NORMAS BRASILEIRAS PERTINENTES, POSTULAÇÕES ESTADUAIS E MUNICIPAIS, AS QUAIS DEVERÃO SER SEGUIDAS QUANDO DA EXECUÇÃO DAS INSTALAÇÕES:

- NBR-5410 – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO;
- NBR-5419 – PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS;
- NBR-13726 – TUBULAÇÃO ENTRADA TELEFÔNICA EM PREDIOS;
- NBR-13727 – REDES TELEFÔNICAS INTERNAS EM PREDIOS;
- GED-13 – FORNECIMENTO EM TENSÃO SECUNDÁRIA DE DISTRIBUIÇÃO.

EQUIVALENCIA DE ELETRODUTOS

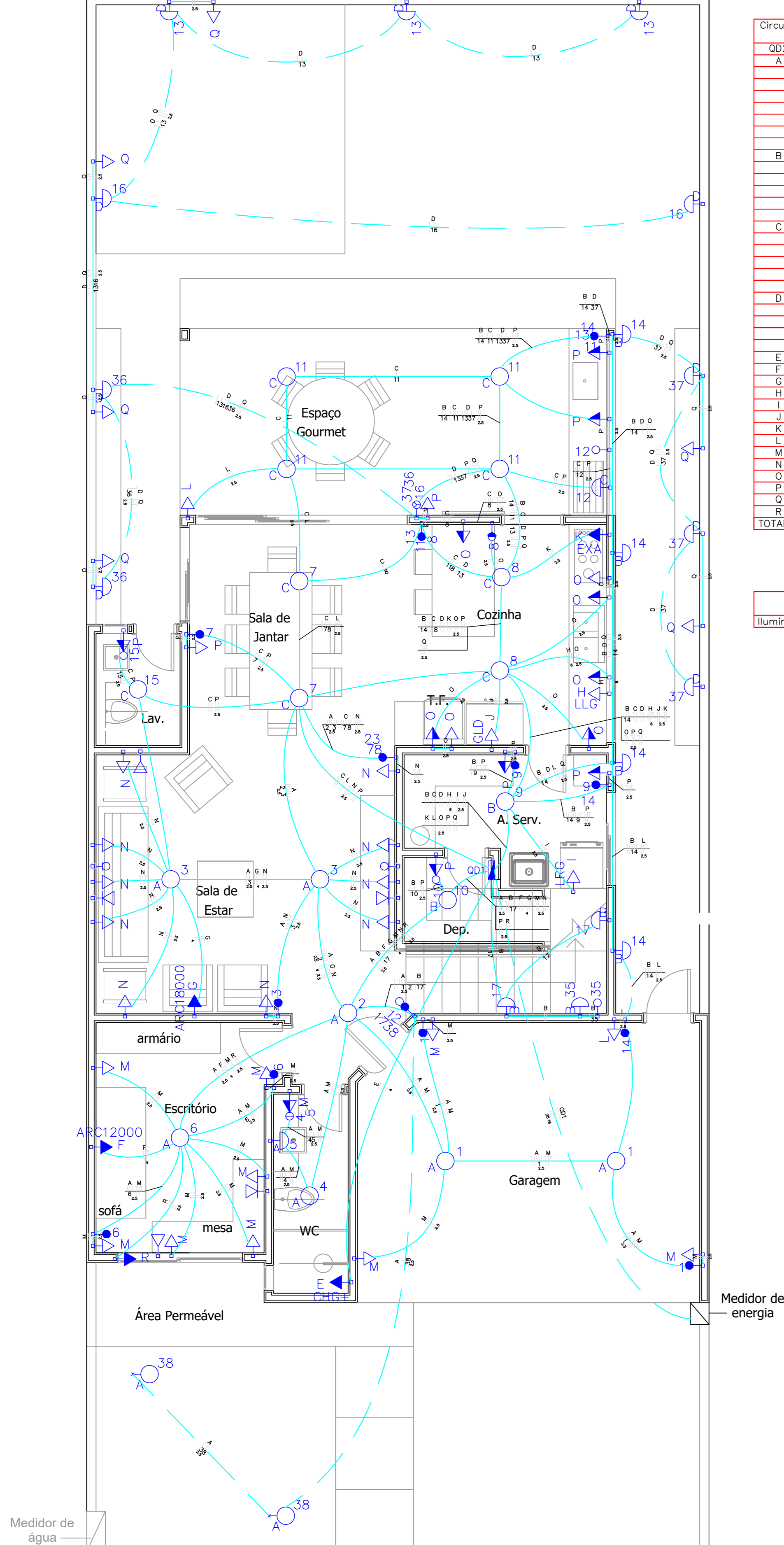
POL.	PVC NBR6150 Ømm	AÇO CARBONADO NBR5624 Ømm
1/2"	20	15
3/4"	25	20
1"	32	25
1.1/4"	40	32
1.1/2"	50	40
2"	60	50
2.1/2"	75	65
3"	85	80
4"	100	100

Legenda:



CLIENTE: \_\_\_\_\_  
 LOCAL: \_\_\_\_\_  
 ALIMENTAÇÃO GERAL/ANTENA/TELEFONIA E DETALHES REV: 00  
 PROJEIONISTA: \_\_\_\_\_ CREA: \_\_\_\_\_  
 TÍTULO: PROJETO ELÉTRICO FOLHA: 01/03

0,40 0,50



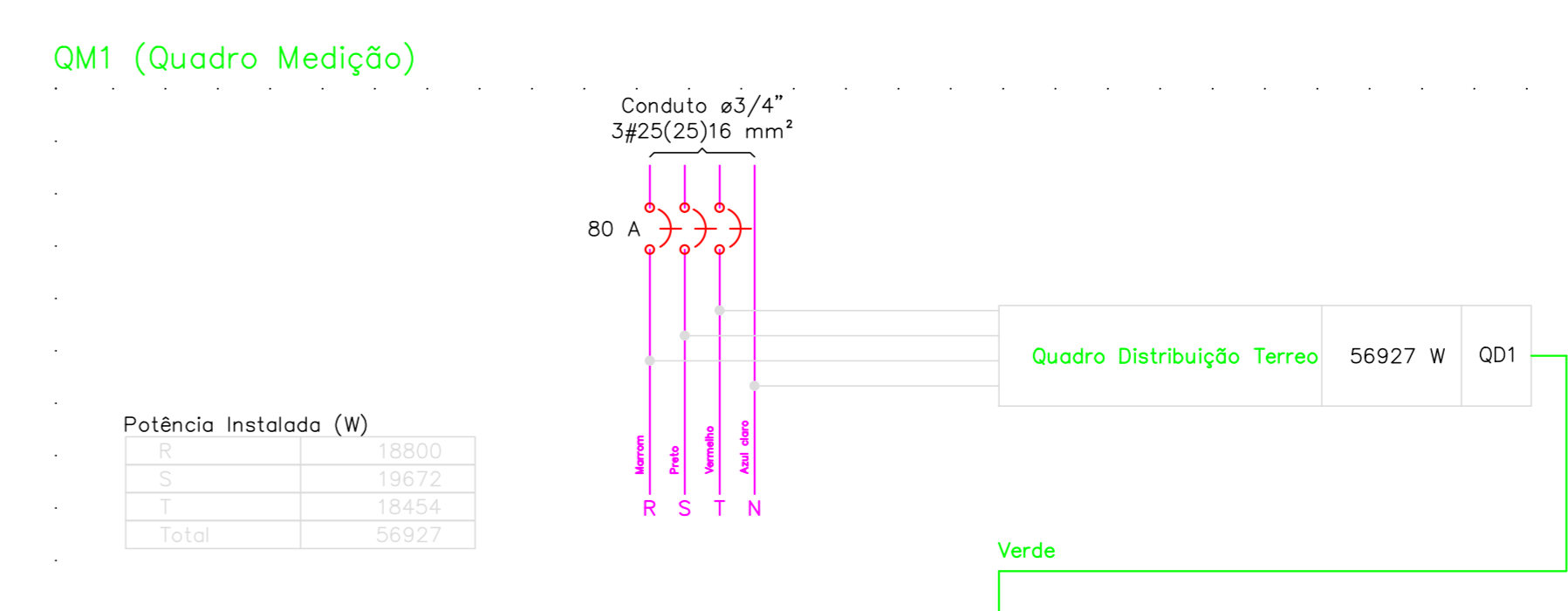
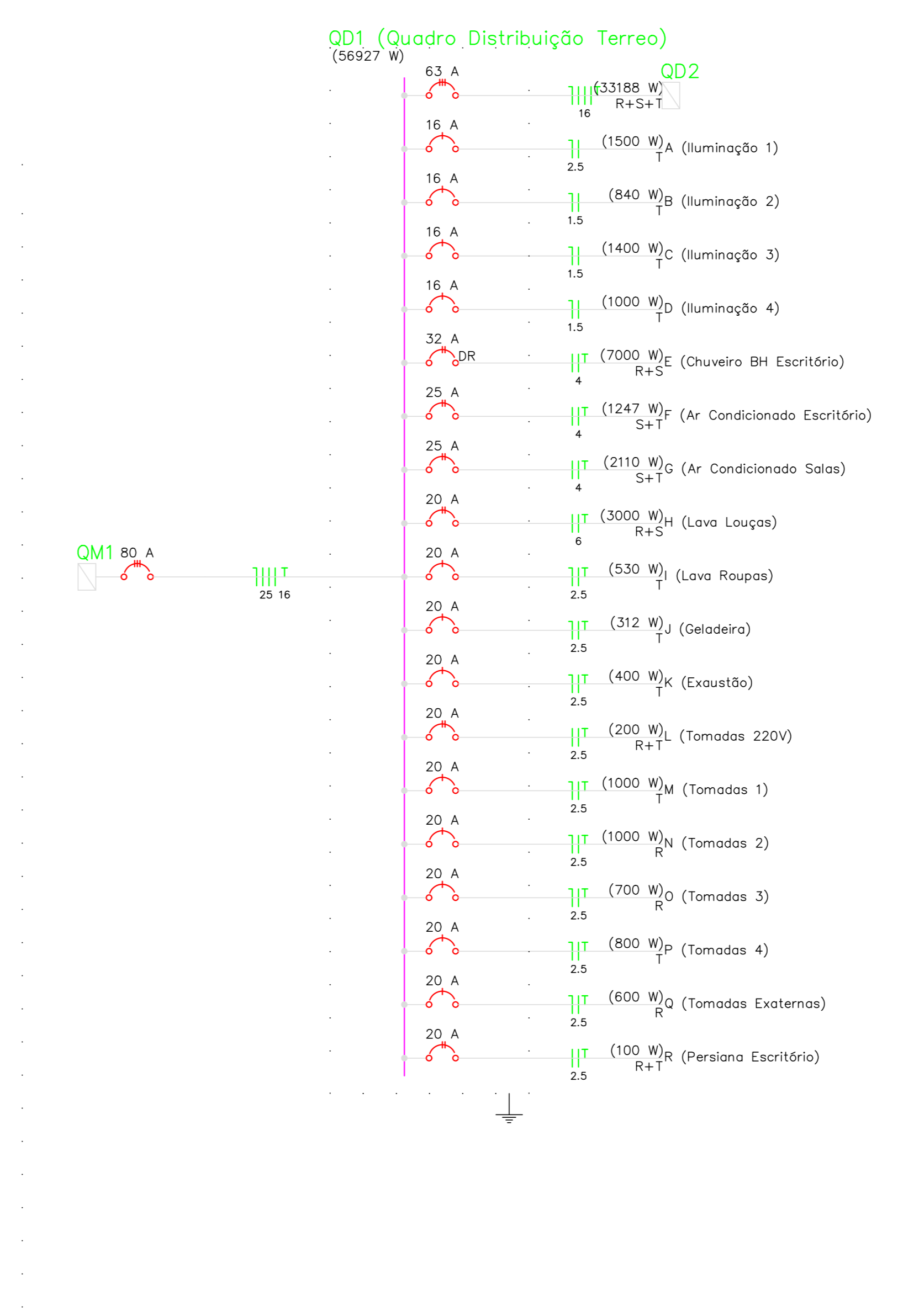
Medidor de água  
-0,30  
**PAV. TERREO**  
ESC.1:50

### Quadro de Cargas (QD1)

Circuito	Descrição	Esq. de inst.	Método	V. (V)	Iluminação (W)	Tomadas (W)	Pot. total (W)	Pat. total (VA)	Fases	R.Pot. (W)	S.Pot. (W)	T.FCT (W)	FCA (VA)	In. (A)	Seção (mm²)	IC (A)	Diaj. (mm)	dv. paro. (mm)	dv total (mm)	Status	
QD2	Quadro Distribuição Superior	F+N	B1	220	5	5	34751	33188	R+S+T	11350	12994	8844	1.00	1.00	25,0	16	68,0	63,0	0,13	1,10	Ok
A	Iluminação 1	F+N	B1	127	5	5	1500	1500	T	1500	1500	1000	1.00	0,52	22,7	2,5	24,0	16,0	1,62	2,59	Ok
1							400	400	T	400	400	100	0,80	3,9	2,5	24,0				Ok	
2							100	100	T	100	100	100	0,70	1,1	2,5	24,0				Ok	
3							400	400	T	400	400	100	0,70	4,5	2,5	24,0				Ok	
4							100	100	T	100	100	100	0,80	1,0	2,5	24,0				Ok	
5							100	100	T	100	100	100	0,80	1,0	2,5	24,0				Ok	
6							200	200	T	200	200	200	0,80	2,0	2,5	24,0				Ok	
38							200	200	T	200	200	200	1,00	1,6	2,5	24,0				Ok	
B	Iluminação 2	F+N	B1	127	1	1	840	840	T	840	840	1000	1,00	0,50	7,9	1,5	17,5	16,0	3,46	4,43	Ok
9							100	100	T	100	100	100	0,80	1,0	1,5	17,5				Ok	
10							100	100	T	100	100	100	0,80	1,0	1,5	17,5				Ok	
14							400	400	T	400	400	400	0,50	6,3	1,5	17,5				Ok	
17							200	200	T	200	200	200	0,52	3,0	1,5	17,5				Ok	
35							40	40	T	40	40	40	1,00	0,3	1,5	17,5				Ok	
C	Iluminação 3	F+N	B1	127	6	4	1400	1400	T	1400	1400	1400	1,00	0,50	15,7	1,5	17,5	16,0	2,26	3,23	Ok
6							400	400	T	400	400	400	0,70	4,5	1,5	17,5				Ok	
11							400	400	T	400	400	400	0,60	5,2	1,5	17,5				Ok	
12							100	100	T	100	100	100	0,80	1,0	1,5	17,5				Ok	
15							100	100	T	100	100	100	0,80	1,0	1,5	17,5				Ok	
D	Iluminação 4	F+N	B1	127	3	3	1000	1000	T	1000	1000	1000	1,00	0,50	15,7	1,5	17,5	16,0	3,61	4,58	Ok
16							200	200	T	200	200	200	0,80	2,0	1,5	17,5				Ok	
37							300	300	T	300	300	300	0,80	2,0	1,5	17,5				Ok	
E	Chuveiro BH Escritório	F+N+T	B1	220			7000	7000	R+S	3500	3500	3500	1,00	1,00	37,8	4	32,0	32,0	1,32	2,29	Ok
F	Ar Condicionado Escritório	F+N+T	B1	220		1	1386	1247	S+T	624	624	624	1,00	0,52	12,1	4	32,0	25,0	0,29	1,26	Ok
G	Ar Condicionado Salas	F+N+T	B1	220		1	2344	2110	S+T	1055	1055	1055	1,00	0,52	20,5	4	32,0	25,0	0,59	1,56	Ok
H	Lava Louças	F+N+T	B1	220		1	3750	3000	R+S	1500	1500	1500	1,00	0,50	54,1	6	41,0	20,0	0,39	1,06	Ok
I	Lava Roupa	F+N+T	B1	127		1	662	530	T	330	330	330	1,00	0,50	10,4	2,5	24,0	20,0	0,42	1,39	Ok
J	Geladeira	F+N+T	B1	127		1	390	312	T	150	150	150	1,00	0,50	6,1	2,5	24,0	20,0	0,31	1,08	Ok
K	Exaustão	F+N+T	B1	127		1	500	400	T	400	400	400	1,00	0,50	7,9	2,5	24,0	20,0	0,43	1,40	Ok
L	Tomadas 220V	F+N+T	B1	220		3	250	200	R+T	100	100	100	1,00	0,50	1,1	2,5	24,0	20,0	0,07	1,04	Ok
M	Tomadas 1	F+N+T	B1	127		10	1000	1000	T	1000	1000	1000	1,00	0,52	17,0	2,5	24,0	20,0	0,96	1,93	Ok
N	Tomadas 2	F+N+T	B1	127		10	1250	1000	R	1000	1000	1000	1,00	0,52	17,0	2,5	24,0	20,0	0,96	1,93	Ok
O	Tomadas 3	F+N+T	B1	127		7	615	700	R	700	700	700	1,00	0,50	13,8	2,5	24,0	20,0	0,53	1,50	Ok
P	Tomadas 4	F+N+T	B1	127		6	972	800	T	800	800	800	1,00	0,50	9,8	2,5	24,0	20,0	0,46	1,43	Ok
Q	Tomadas Externas	F+N+T	B1	127		6	750	600	R	600	600	600	1,00	0,50	11,8	2,5	24,0	20,0	1,20	2,17	Ok
R	Persiana Escritório	F+N+T	B1	220		1	125	100	R+T	50	50	50	1,00	0,52	1,1	2,5	24,0	20,0	0,05	1,01	Ok
TOTAL					29	9	44	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

### Quadro de Demanda (QD1)

Tipo de carga	Potência instalada (kW)	Fator de demanda (%)	Demanda (kW)
Iluminação e TUG's (Casas e Apartamentos)	60,98	24	14,64
TOTAL			14,64



- ### Legenda
- 1-teia simples & 1 tomada - 1,10m do piso
  - 2-teias simples & 1 tomada - 1,10m do piso
  - Interruptor 1 simples e 2 parafusos - 1,10m do piso
  - Interruptor intermediário 1-teia - 1,10m do piso
  - Interruptor paralelo 1-teia - 1,10m do piso
  - Interruptor paralelo 3-teias --- 1,10m do piso
  - Interruptor simples 1-teia - 1,10m do piso
  - Interruptor simples 3-teias - 1,10m do piso
  - Luminária p/ lâmp. incand. comum - parede
  - Luminária p/ lâmp. incand. comum - poste
  - Luminária p/ lâmpada incand. comum - teto
  - Porta 2P+T a 2,20m do piso
  - Ponto de TV a 0,30m do piso
  - Quadro de distribuição - embutir a 1,50m do piso
  - Tomada hexagonal (NBR 14136) - 2P+T 10 A a 0,30m do piso
  - Tomada hexagonal (NBR 14136) - 2P+T 20 A a 0,30m do piso
  - Tomada hexagonal (NBR 14136) - 2P+T 10 A a 2,20m do piso
  - Tomada hexagonal (NBR 14136) - 2P+T 20 A a 2,20m do piso
  - Tomada rede lógica a 0,30m do piso
  - Tomada telefone RJ11 a 0,30m do piso
  - Tomada universal 2P+T a 0,30m do piso
  - Tomada universal 2P+T a 1,10m do piso
  - Tomada universal 2P+T a 2,20m do piso

### Lista de Materiais

<b>Accessórios p/ eletrodutos</b>	
Arquivo retãno	1 pc
14mm	1 pc
1"	2 pc
3/4"	1 pc
Bucha zamak	2 pc
1/4"	2 pc
Caixa PVC	71 pc
Caixa PVC octogonal	37 pc
Curva 135° PVC rosca	1 pc
1"	1 pc
Curva 90° PVC longa rosca	1 pc
1"	1 pc
Luva PVC encaixe	1 pc
<b>Cabo Unipolar (cobre)</b>	
Isol. PVC - 450/750V (ref. Pirelli Pirastro Ecopius BWF Flexivel)	63740 m
1,5 mm²	22,30 m
16 mm²	1380,30 m
2,5 mm²	89,00 m
25 mm²	100,70 m
6 mm²	58,70 m
<b>Dispositivo Elétrico - embutido</b>	
Interruptor intermediária - 1 teia	1 pc
Interruptor paralelo - 1 teia	10 pc
Interruptor paralelo - 3 teias	3 pc
Interruptor simples - 1 teia	2 pc
Interruptor simples - 3 teias	2 pc
Placa cega	1 pc
Placa p/ 1 função	4 pc
Placa p/ 2 funções	2 pc
Placa p/ 3 funções retangulares	2 pc
Placa p/ 3 funções	1 pc
Placa p/ 3 funções retangulares	1 pc
S/ placa	2 pc
Interruptor 1 teia intermediária	2 pc
Interruptor 1 teia simples e tomada hexagonal (NBR14136)	1 pc
Interruptor 2 teias simples e tomada hexagonal (NBR14136)	1 pc
Interruptor 3 teias - simples e 2 parafusos	5 pc
Tomada hexagonal (NBR 14136) 2P+T 10A	1 pc
Tomada hexagonal (NBR 14136) 2P+T 20A	41 pc
Tomada universal retangular 2P+T 10A	41 pc
<b>Dispositivo de Proteção</b>	
Disjuntor Tripolar Termomagnético - norma DIN	1 pc
63 A	1 pc
80 A	1 pc
Disjuntor Unipolar Termomagnético - norma DIN	4 pc
16 A	8 pc
20 A	1 pc
Disjuntor bipolar DR (fase/ fase - In 30mA) - DIN	1 pc
32 A	1 pc
Disjuntor bipolar termomagnético - UL	3 pc
20 A	2 pc
25 A	1 pc
<b>Eletroduto PVC flexível</b>	
Eletroduto leve	510,70 m
Eletroduto PVC rosca	1 pc
Eletroduto, vara 3,0m	1,00 m
1/2"	1,00 m
<b>Luminária e acessórios</b>	
Arandela	18 pc
100 W	1 pc
40 W	1 pc
Luminária p/ paste p/ incandescente	2 pc
100 W	2 pc
Luminária sobrep p/ incandescente	9 pc
100 W	9 pc
200 W	9 pc
Plafonier	37 pc
4"	37 pc
Paste decorativo	2 pc
0,30m	2 pc
Quadro de distribuição - embutir a 1,50m do piso	39 pc
base E 27	39 pc
uso geral	29 pc
100 W	29 pc
200 W	9 pc
40 W	1 pc
<b>Quadro de medição - CFFI</b>	
Unidade consumidora individual - embutir	1 pc
Caixa medição tipo III - trifásica	1 pc
Caixa medição tipo V - trifásica	1 pc
Quadro distrib. plástico - embutir	1 pc
Barr. inf. - DR (Ref. Hager)	1 pc
Cap. 24 disj. unip. - in Pente 63A	1 pc
<b>Accessories p/ eletrodutos</b>	
Caixa PVC	3 pc
4x4"	3 pc
Dispositivo lógico - embutir	3 pc
Caixa PVC	3 pc
4x4"	3 pc
Dispositivo TV/Som	2 pc
Placa 2x4	2 pc
tomada TV/SAT	2 pc
<b>Accessories p/ eletrodutos</b>	
Caixa PVC	1 pc
4x2"	1 pc
<b>Dispositivo Elétrico - embutido</b>	
Placa 2x4	1 pc
S/ placa	1 pc
Placa p/ 1 função retangular	1 pc
Tomada telefone RJ11 retangular	1 pc

**Quadro de Cargas (QD2)**

Circuito	Descrição	Esquema	Método de inst.	V (V)	Iluminação (W)		Tomadas (W)			Pot. total.	Pot. total.	Fases	Pot. - R	Pot. - S	Pot. - T	FCT	FOA	In (A)	Seção (mm <sup>2</sup> )	Ic (A)	Disj (A)	dV parc (%)	dV total (%)	Status	
					100	200	100	1247	7000	(VA)	(W)	(W)	(W)	(W)											
A	Iluminação 1	F+N	B1	127 V	4	1				600	600	T				1.00	0.60	3.2	1.5	17.5	20.0	1.40	2.50	Ok	
	18				4	1				400	400	T					0.70	4.5	1.5	17.5				Ok	
	24				2	1				200	200	T					0.80	2.0	1.5	17.5				Ok	
	19	Iluminação 2	F+N	B1	127 V	7	2				1100	1100	T				1.00	0.80	10.8	1.5	17.5	20.0	1.75	2.85	Ok
	20					2	2				400	400	T					0.80	3.9	1.5	17.5				Ok

**Quadro de Demanda (QD2)**

Tipo de carga	Potência instalada (kVA)	Fator de demanda (%)	Demanda (kVA)
Iluminação e TUG's (Casas e Apartamentos)	34.75	24	8.34
<b>TOTAL</b>			<b>8.34</b>

**Legenda**

M O22: 1 tecla simples & 1 tomada – 1,10m do piso

N 28 3028: 2 teclas simples & 1 tomada – 1,10m do piso

18: Interruptor intermediária 1 tecla – 1,10m do piso

18 18: Interruptor paralelo 1 tecla – 1,10m do piso

17 17: Interruptor paralelo 2 teclas – 1,10m do piso

17 17: Interruptor simples 1 tecla – 1,10m do piso

21 21: Interruptor simples 2 teclas – 1,10m do piso

34 34: Luminária p/ lâmp. incand. comum – parede

18: Luminária p/ lâmpada incand. comum – teto

CHG+ J: Ponto 2P+T a 2,20m do piso

TV: Ponto de TV

ARC12000 G: Quadro de distribuição – embutir a 1,50m do piso

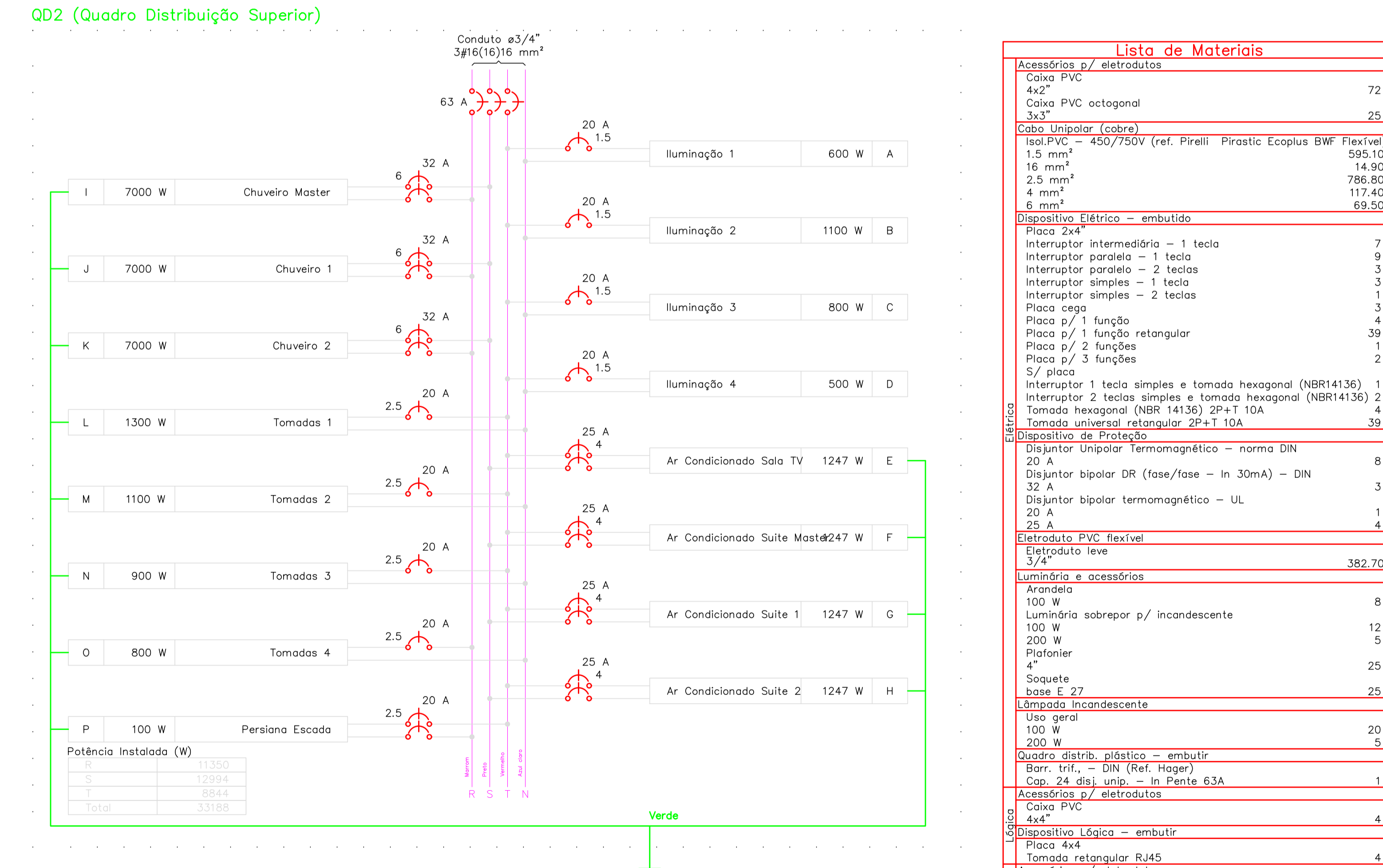
Tomada rede lógica

Tomada telefone

L: Tomada universal 2P+T a 0,30m do piso

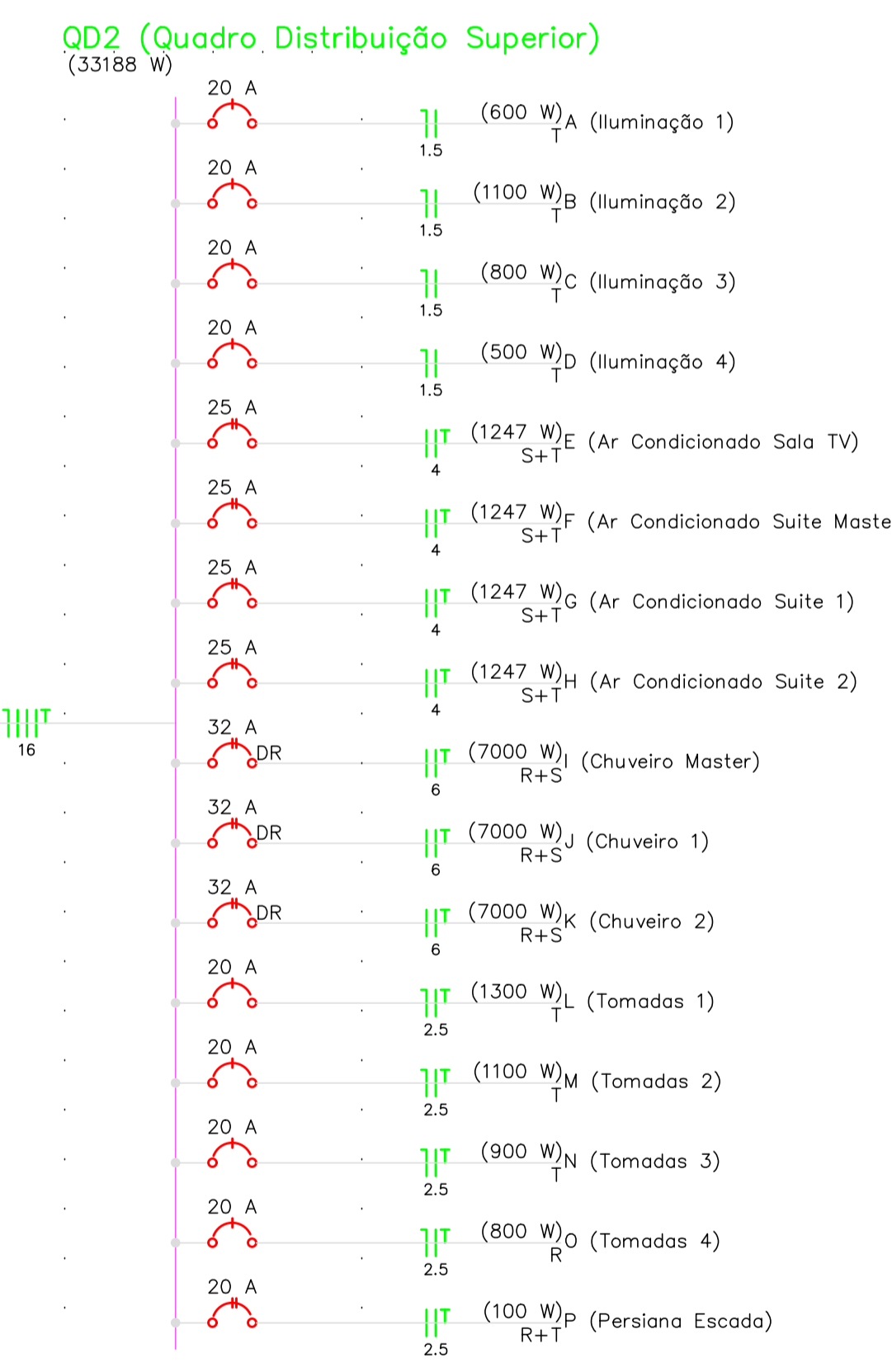
L: Tomada universal 2P+T a 1,10m do piso

P: Tomada universal 2P+T a 2,20m do piso

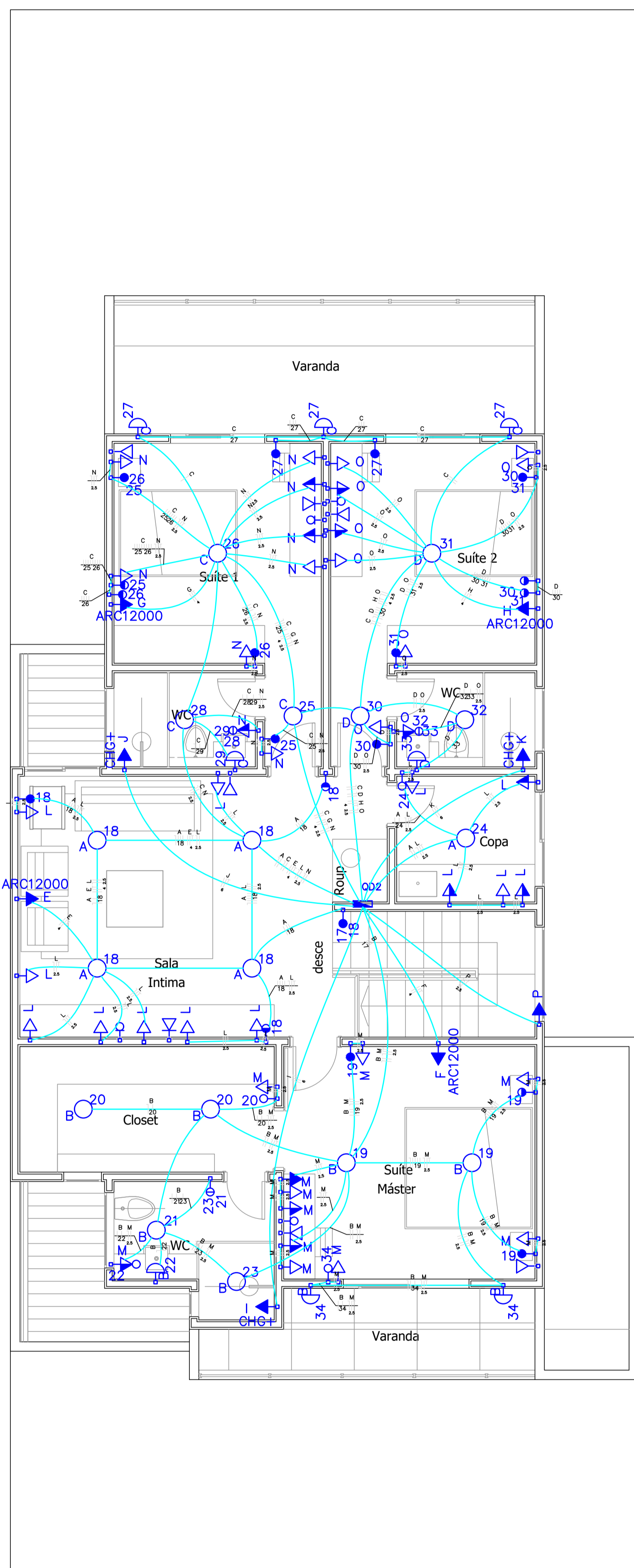


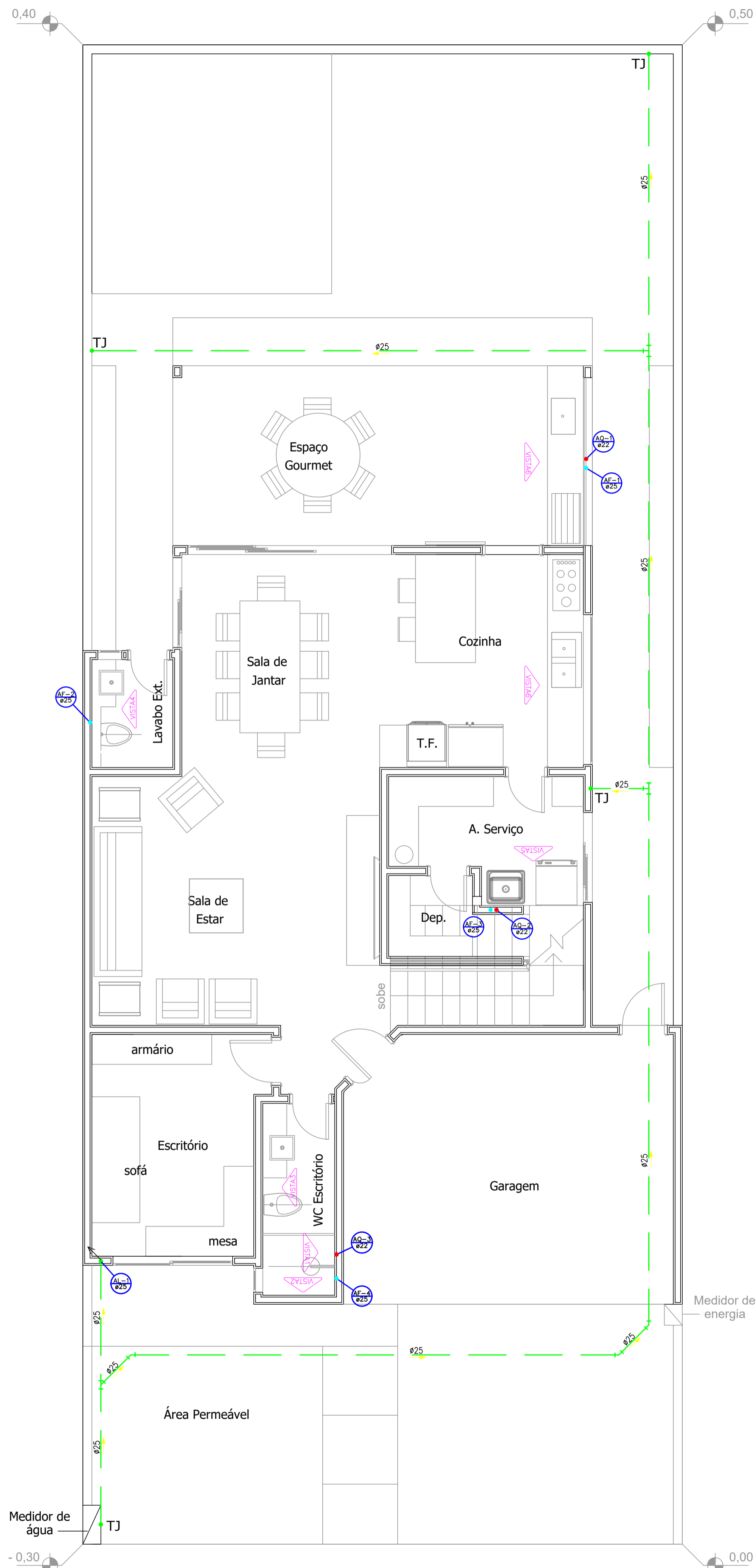
**Lista de Materiais**

Acessórios p/ eletrodutos	Qtd
Caixa PVC 4x2"	72 pg
Caixa PVC octogonal 3x3"	25 pg
Cabo Unipolar (cobre) Isol.PVC – 450/750V (ref. Pirelli Pirastic Ecoplus BWF Flexível) 1.5 mm <sup>2</sup>	595.10 m
16 mm <sup>2</sup>	14.90 m
2.5 mm <sup>2</sup>	786.80 m
4 mm <sup>2</sup>	117.40 m
6 mm <sup>2</sup>	69.50 m
Dispositivo Elétrico – embutido	
Placa 2x4"	7 pg
Interruptor intermediária – 1 tecla	9 pg
Interruptor paralelo – 1 tecla	3 pg
Interruptor paralelo – 2 teclas	3 pg
Interruptor simples – 1 tecla	1 pg
Interruptor simples – 2 teclas	3 pg
Placa cega	4 pg
Placa p/ 1 função	39 pg
Placa p/ 2 funções	1 pg
Placa p/ 3 funções	2 pg
S/ placa	
Interruptor 1 tecla simples e tomada hexagonal (NBR14136) 1 pg	
Interruptor 2 teclas simples e tomada hexagonal (NBR14136) 2 pg	
Tomada hexagonal (NBR 14136) 2P+T 10A	4 pg
Tomada universal retangular 2P+T 10A	39 pg
Dispositivo de Proteção Elétrica	
Disjuntor Unipolar Termomagnético – norma DIN 20 A	8 pg
Disjuntor bipolar DR (fase/fase – In 30mA) – DIN 32 A	3 pg
Disjuntor bipolar termomagnético – UL 20 A	1 pg
25 A	4 pg
Eletroduto PVC flexível	
Eletroduto leve 3/4"	382.70 m
Luminária e acessórios	
Arandela 100 W	8 pg
Luminária sobrep p/ incandescente 100 W	12 pg
200 W	9 pg
Platônier 4"	25 pg
Soquete base E 27	25 pg
Lâmpada Incandescente	
Uso geral 100 W	20 pg
200 W	5 pg
Quadro distrib. plástico – embutir Barr. trif. – DIN (Ref. Hager) Cap. 24 disj. unip. – In Pente 63A	1 pg
Acessórios p/ eletrodutos	
Caixa PVC 4x4"	4 pg
Dispositivo Lógica – embutir	
Placa 4x4	4 pg
Tomada retangular RJ45	4 pg
Acessórios p/ eletrodutos	
Caixa PVC 4x2"	4 pg
Dispositivo TV/Som	
Placa 2x4 tomada TV/SAT	4 pg
Acessórios p/ eletrodutos	
Caixa PVC 4x2"	4 pg
Dispositivo Elétrico – embutido	
Placa 2x4"	4 pg
Placa p/ 1 função retangular S/ placa	4 pg
Tomada telefone RJ11 retangular	4 pg

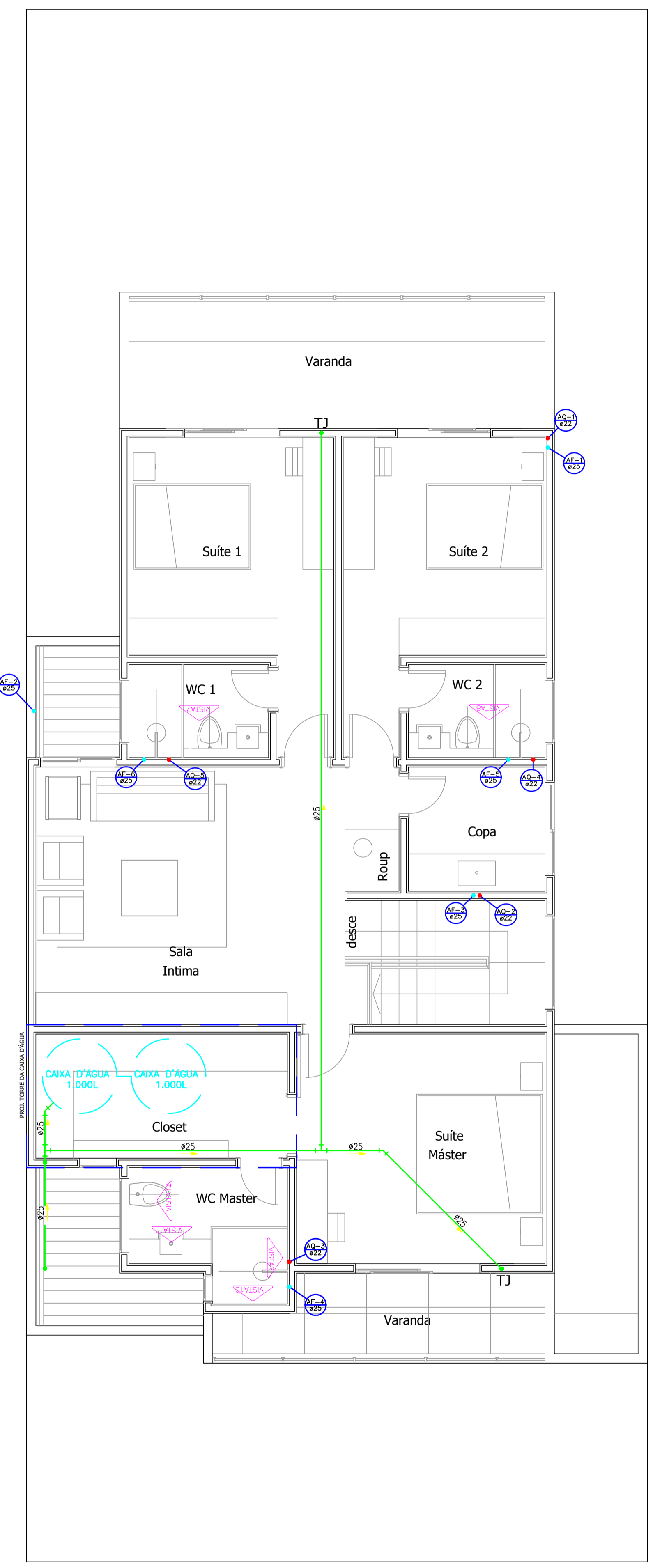


CLIENTE:	_____
LOCAL:	_____
ASSUNTO: DISTRIBUIÇÃO INTERNA CD02- PAV. SUPERIOR	REV: 00
ENGENHEIRA:	CREA: E
TÍTULO: PROJETO ELÉTRICO	FOLHA: 03/03





PAV. TERREO  
ESC. 1:50



PAV. SUPERIOR  
ESC. 1:50

Lista de Materiais  
PAV. TERREO

Aparelho	
Filtro 25mm x 1/2"	1 pc
Ducha higiênica 25mm x 1/2"	2 pc
Máquina de Lavar Pratos 25 x 3/4"	1 pc
Máquina de Lavar Roupa 25mm x 3/4"	1 pc
Torneira de Pia de Cozinha 25 mm - 1/2"	3 pc
Torneira de Tanque de Lavar 25mm x 3/4"	1 pc
Torneira de Injetário 25 mm - 1/2"	2 pc
Vaso Sanitário c/ cx. acoplada 1/2"	2 pc
Metais	
Registro de gaveta c/ canopia cromada 3/4"	4 pc
Registro de pressão c/ canopia cromada 3/4"	1 pc
PVC Acessórios	
Braço de ligação p/ vaso sanitário 1/2"	2 pc
Engate flexível cobre cromado com canopia 1/2 - 30cm	2 pc
Engate flexível plástico 1/2 - 30cm	3 pc
PVC misto soldável	
Joelho de redução soldável c/ rosca 25 mm - 1/4"	2 pc
Luva soldável c/ rosca 25 mm - 3/4"	1 pc
PVC rígido soldável	
Adapt. soldável c/ balsa-rosca p registro 25 mm - 3/4"	9 pc
Cruzeta soldável 25 mm	1 pc
Curva 90 soldável 25 mm	2 pc
Joelho 90° soldável 25 mm	7 pc
Tubos 25 mm	22.09 m
T8 90 soldável 25 mm	8 pc
PVC soldável azul c/ bucha latão	
Joelho 90° soldável com bucha de latão 25 mm - 3/4"	3 pc
Joelho de redução 90° soldável com bucha de latão 25 mm - 1/2"	8 pc
Aparelho	
Chuveiro 25mm x 1/2"	1 pc
Máquina de Lavar Roupa 25mm x 3/4"	1 pc
Torneira de Pia de Cozinha 25mm - 3/4"	3 pc
Torneira de Tanque de Lavar 25mm x 3/4"	1 pc
Torneira de Injetário 25 mm - 1/2"	1 pc
OPVC Aquatherm	
Conector 22 x 3/4"	7 pc
Curva 90 22 mm	2 pc
Joelho 90 22 mm	6 pc
Joelho 90° de transição 22 x 1/2"	5 pc
Luva de transição 22 x 3/4"	2 pc
Termostática RF 3/4"	2 pc
Tubo CPVC 3 Mts 22 mm	18.98 m
T8 90 22 mm	4 pc
Metais	
Registro de gaveta c/ canopia cromada 3/4"	3 pc
Registro de pressão c/ canopia cromada 3/4"	1 pc
PVC Acessórios	
Engate flexível cobre cromado com canopia 1/2 - 30cm	1 pc

Lista de Materiais  
PAV. SUPERIOR

Aparelho	
Bucha higiênica 25mm x 1/2"	3 pc
Torneira de Injetário 25 mm - 1/2"	3 pc
Vaso Sanitário c/ cx. acoplada 1/2"	3 pc
OPVC Aquatherm	
Termostática RF 3/4"	2 pc
Metais	
Registro de gaveta c/ canopia cromada 3/4"	3 pc
Registro de pressão c/ canopia cromada 3/4"	3 pc
PVC Acessórios	
Braço de ligação p/ vaso sanitário 1/2"	3 pc
Engate flexível cobre cromado com canopia 1/2 - 30cm	3 pc
Engate flexível plástico 1/2 - 30cm	3 pc
PVC misto soldável	
Joelho de redução soldável c/ rosca 25 mm - 1/4"	3 pc
Luva soldável c/ rosca 25 mm - 3/4"	3 pc
PVC rígido soldável	
Adapt. soldável c/ balsa-rosca p registro 25 mm - 3/4"	9 pc
Joelho 90° soldável 25 mm	9 pc
Tubos 25 mm	25.51 m
T8 90 soldável 25 mm	10 pc
PVC soldável azul c/ bucha latão	
Joelho de redução 90° soldável com bucha de latão 25 mm - 1/2"	6 pc
Aparelho	
Chuveiro 25mm x 1/2"	2 pc
25mm x 1/2"	1 pc
Torneira de Injetário 25 mm - 1/2"	3 pc
OPVC Aquatherm	
Conector 22 x 3/4"	9 pc
Joelho 90 22 mm	8 pc
Joelho 90° de transição 22 x 1/2"	5 pc
Luva de transição 22 x 3/4"	6 pc
Termostática RF 3/4"	1 pc
Tubo CPVC 3 Mts 22 mm	17.68 m
T8 90 22 mm	4 pc
Metais	
Registro de gaveta c/ canopia cromada 3/4"	3 pc
Registro de pressão c/ canopia cromada 3/4"	3 pc
PVC Acessórios	
Engate flexível cobre cromado com canopia 1/2 - 30cm	3 pc
PVC rígido soldável	
Tubos 25 mm	4.18 m
PVC soldável azul c/ bucha latão	
Joelho de redução 90° soldável com bucha de latão 25 mm - 1/2"	1 pc

CLIENTE: \_\_\_\_\_

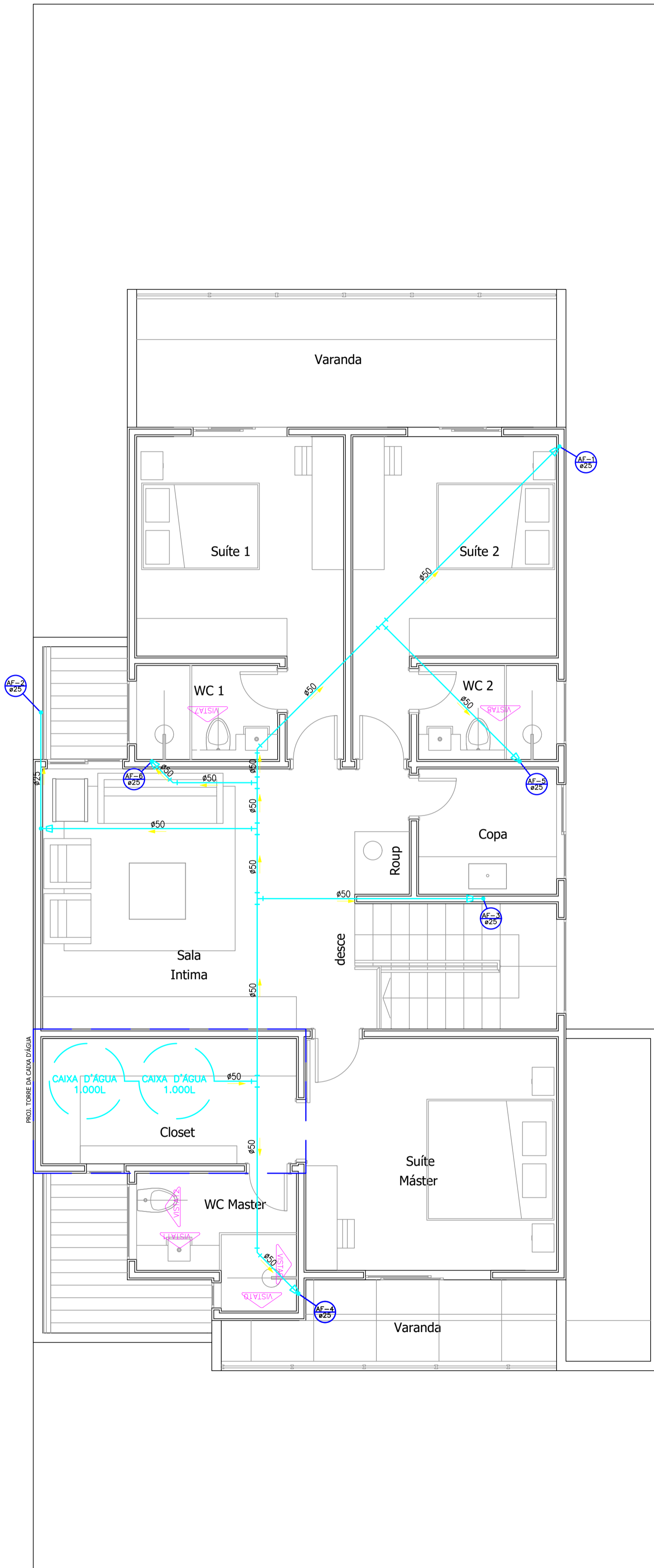
LOCAL: \_\_\_\_\_

ASSUNTO: ALIMENTAÇÃO GERAL - ÁGUA FRIA REV: 00

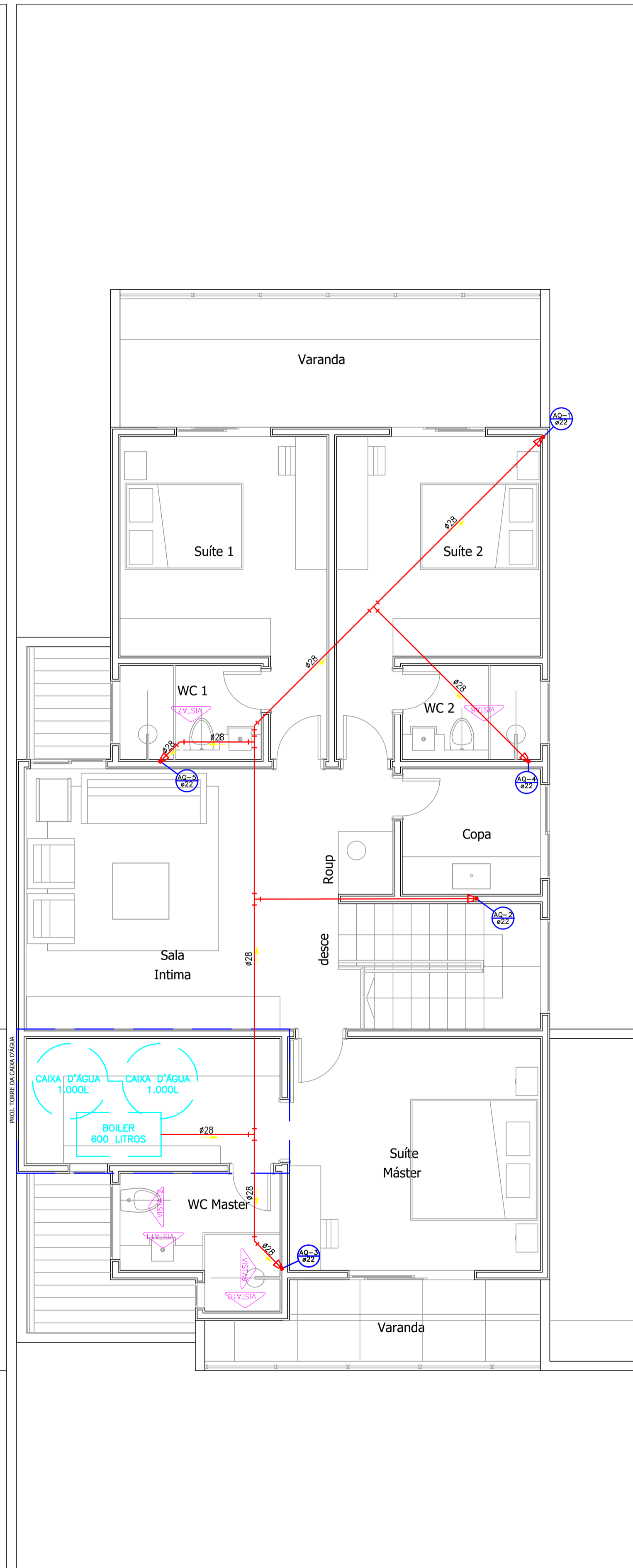
ENGENHEIRA: \_\_\_\_\_ CREA: \_\_\_\_\_

TÍTULO: PROJETO HIDRÁULICO FOLHA: 01/04

# DETALHES GERAIS

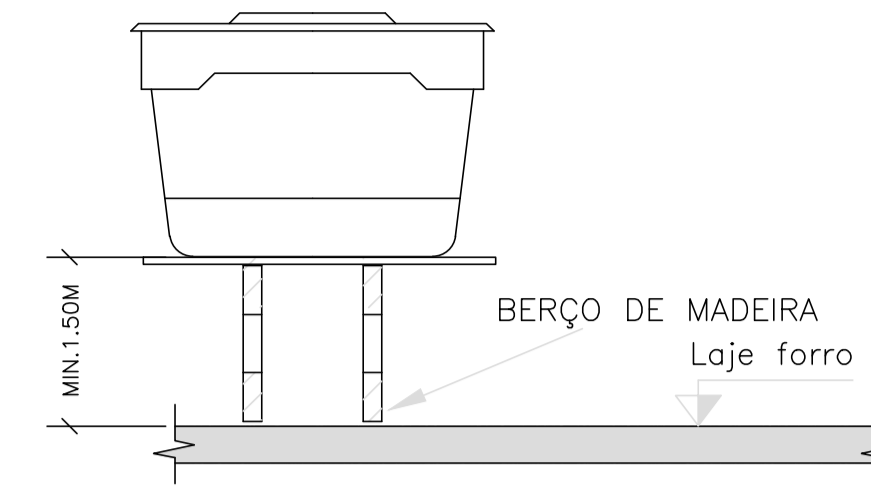


PAV. SUPERIOR – ÁGUA FRIA  
ESC.1:50

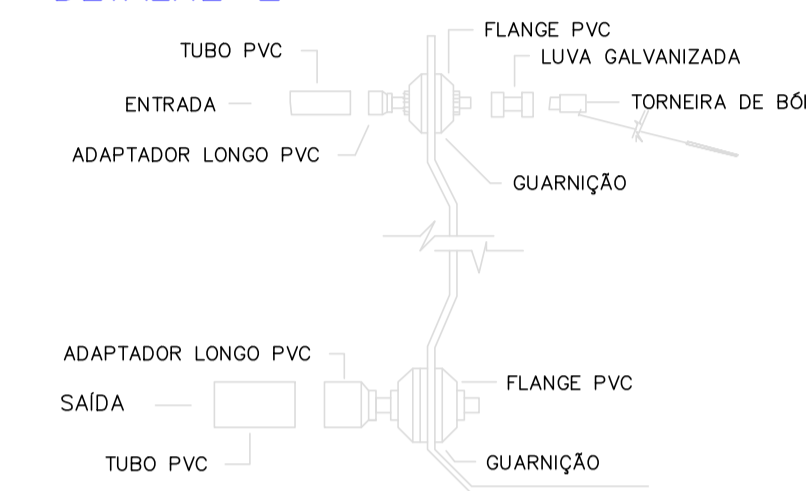


PAV. SUPERIOR – ÁGUA QUENTE  
ESC.1:50

## DETALHE-1



## DETALHE-2



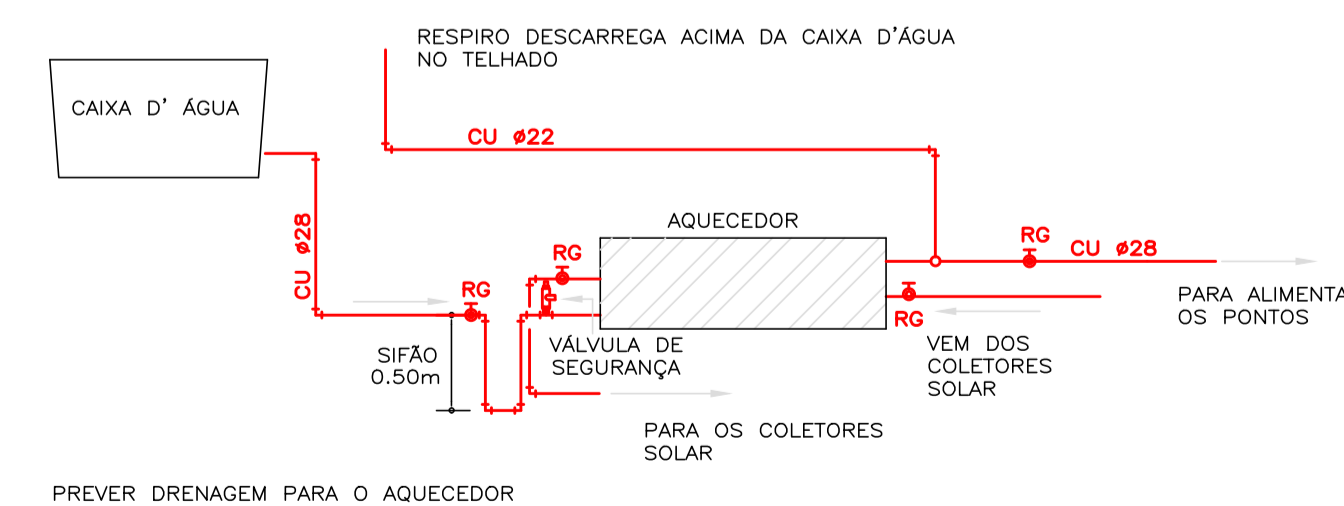
MONTAGEM DAS TUBULAÇÕES DE ENTRADA E SAÍDA COM TUBOS E CONEXÕES DE PVC EM CAIXAS DE ÁGUA COMUNS

## DETALHE-3



## DETALHE-5

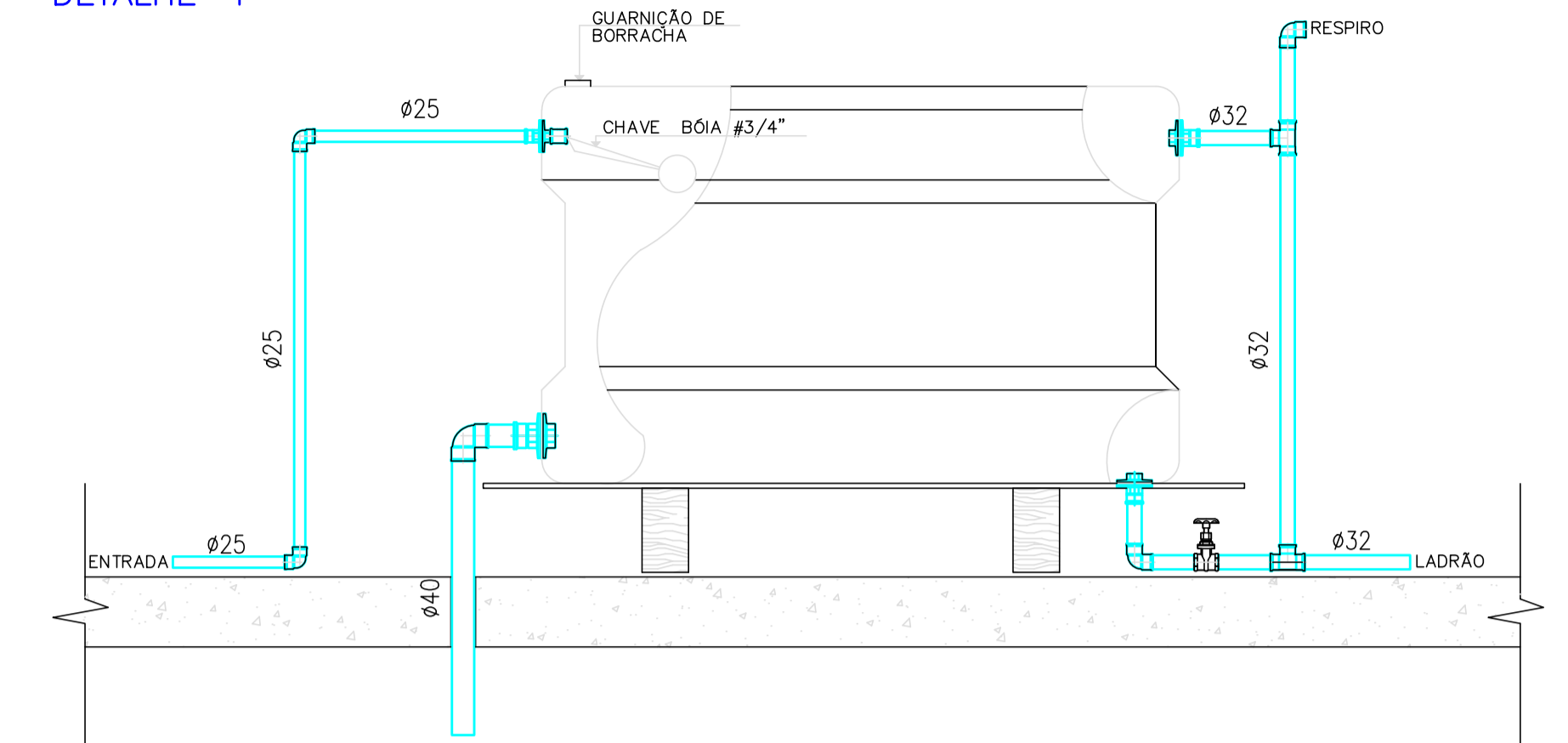
RESERVATÓRIO TÉRMICO INOX = 600 LITROS, COM FOLGA  
 $C = (3 \text{ QUARTOS} \times 2 \text{ PESSOAS}) \times 45 \text{ LITROS/DIA POR PESSOAS} \times 2 \text{ DIAS RESERVA} = 540 \text{ LITROS}$



## FLUXOGRAMA / SISTEMA DE AQUECIMENTO SEM ESCALA

O SISTEMA DEVERÁ SER DOTADO DE VÁLVULA DE SEGURANÇA E DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO PARA EVITAR SUPER AQUECIMENTO EM CASO DE FALHA NO TERMOSTATO  
 PREVER RECIRCULAÇÃO DO BARRILHETE DA LINHA DE ÁGUA QUENTE

## DETALHE-4



### OBSERVAÇÕES:

- O FUNDO DA CAIXA D'ÁGUA DEVERÁ FICAR COM MIN. 1,50M DA LAJE FORRO;
- O BOILER PODERÁ FICAR COM MIN. 0,50M DA LAJE FORRO;
- CONSIDERAR MIN. 5 PLACAS SOLARES PARA EFICIÊNCIA DO SISTEMA SOLAR;

### LEGENDA

- AL-1 → ALIMENTAÇÃO
- ø25 → DIÂMETRO 25 mm
- AF-1 → ÁGUA FRIA
- ø50 → DIÂMETRO 50 mm
- AQ-1 → ÁGUA QUENTE
- ø28 → DIÂMETRO 28 mm
- ↗ TUBO QUE SOBE
- ↘ TUBO QUE DESCE
- TJ TORNEIRA PARA JARDIM
- ▭ REDUÇÃO
- TUBULAÇÃO DE ÁGUA DE ALIMENTAÇÃO
- TUBULAÇÃO DE ÁGUA DE ALIMENTAÇÃO ENTERRADA
- TUBULAÇÃO DE ÁGUA DE FRIA PELO FORRO
- TUBULAÇÃO DE ÁGUA FRIA
- TUBULAÇÃO DE ÁGUA QUENTE
- TUBULAÇÃO DE ÁGUA QUENTE PELO FORRO

CLIENTE:	
LOCAL:	
ASSUNTO: DISTRIBUIÇÃO GERAL – ÁGUA FRIA/QUENTE	REV: 00
ENGENHEIRA:	CREA:
TÍTULO: PROJETO HIDRÁULICO	FOLHA: 02/04

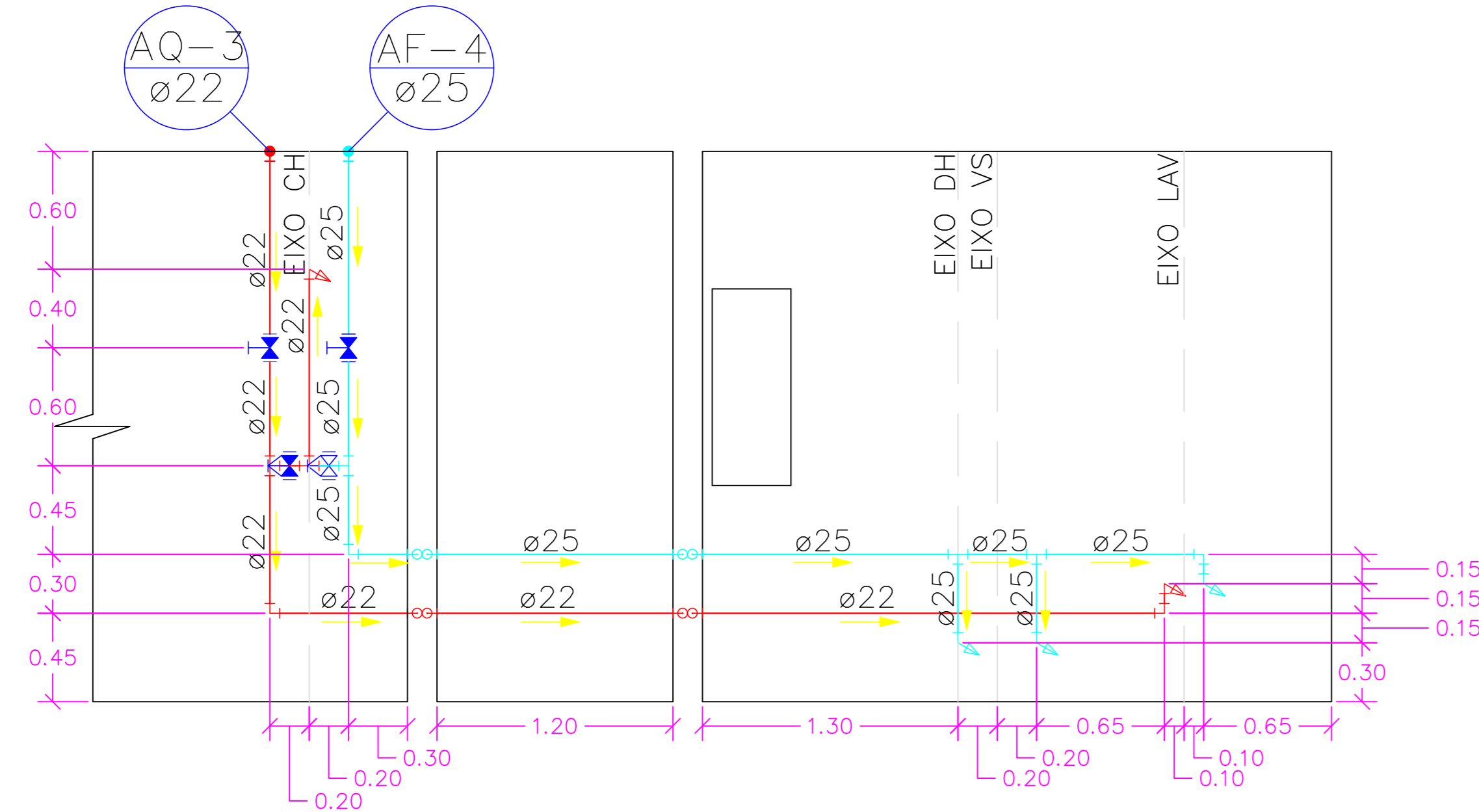
### BANHO ESCRITÓRIO

ESC. 1:25

VISTA-1

VISTA-2

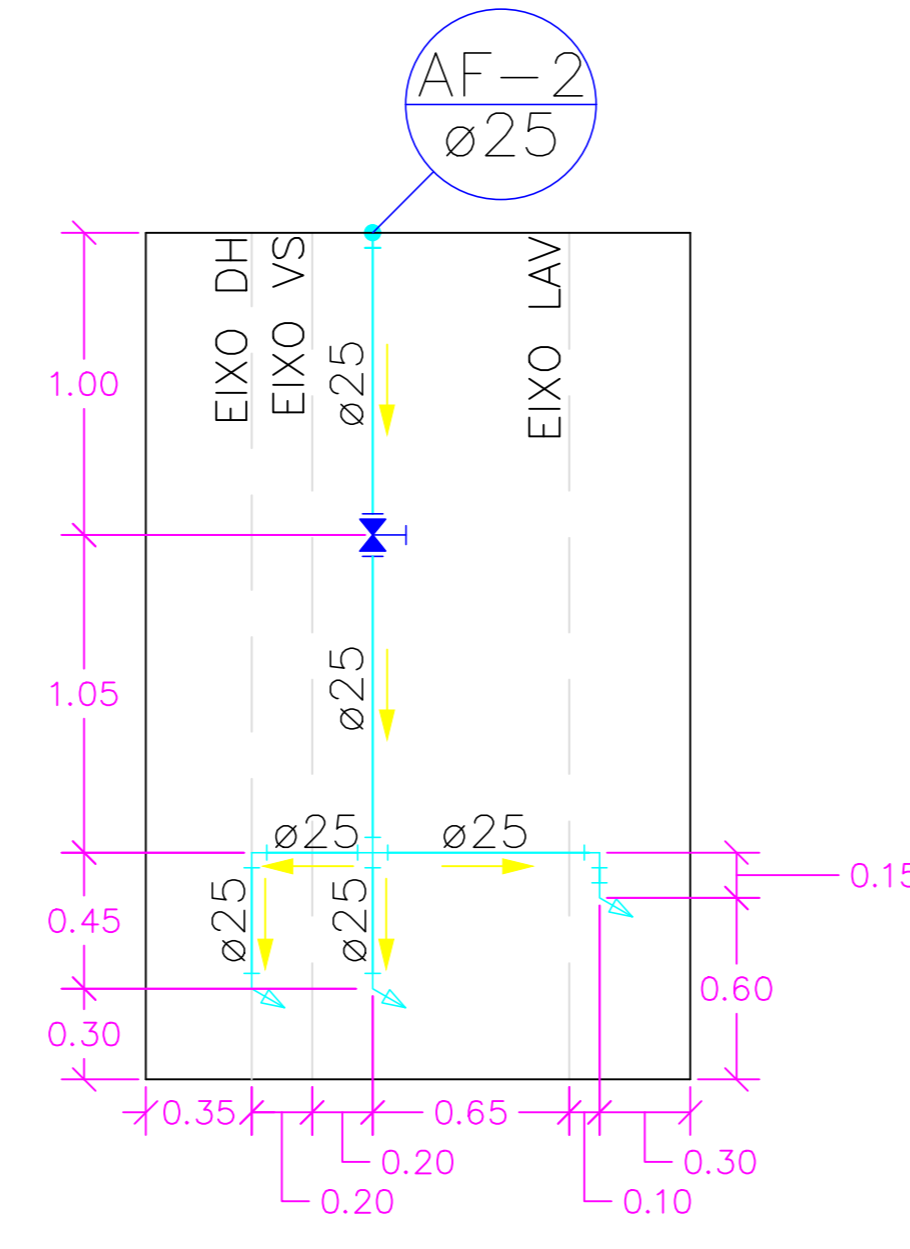
VISTA-3



### LAVABO EXTERNO

ESC. 1:25

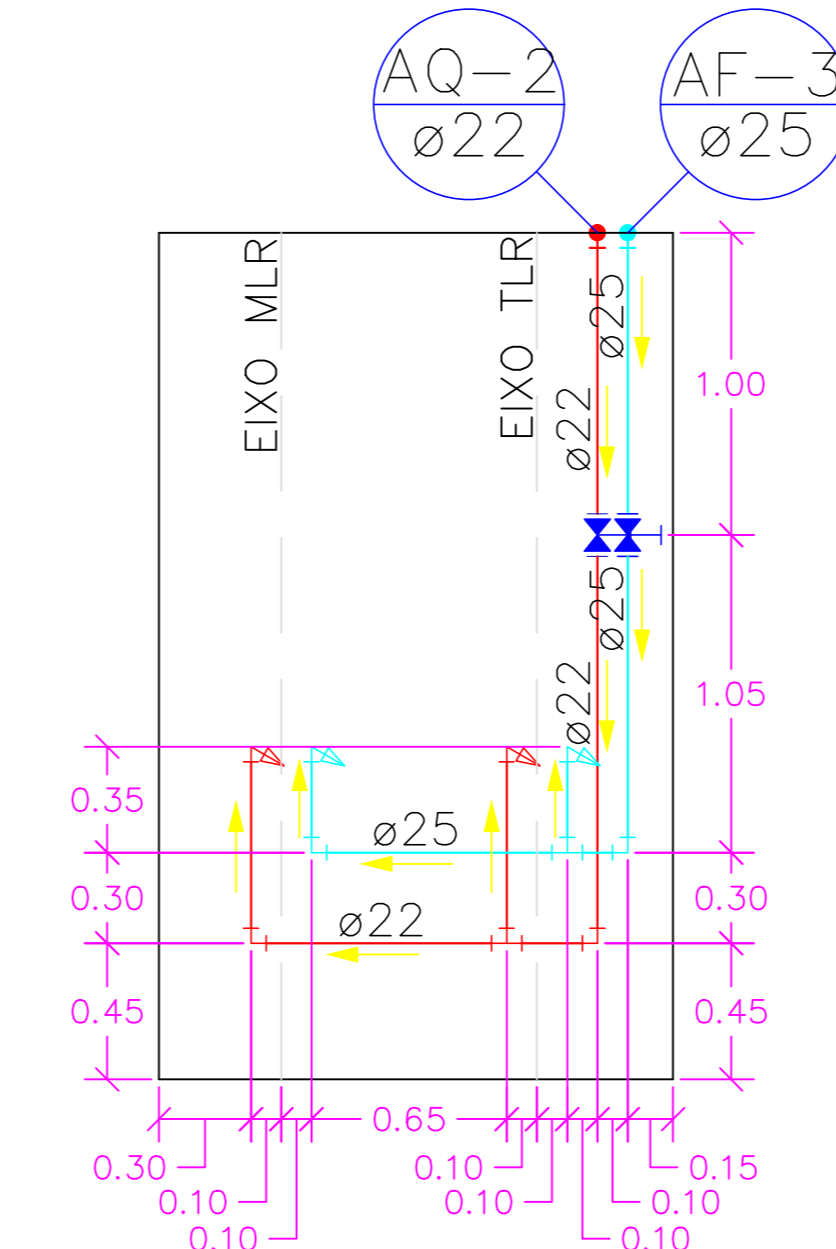
VISTA-4



### ÁREA SERVIÇO

ESC. 1:25

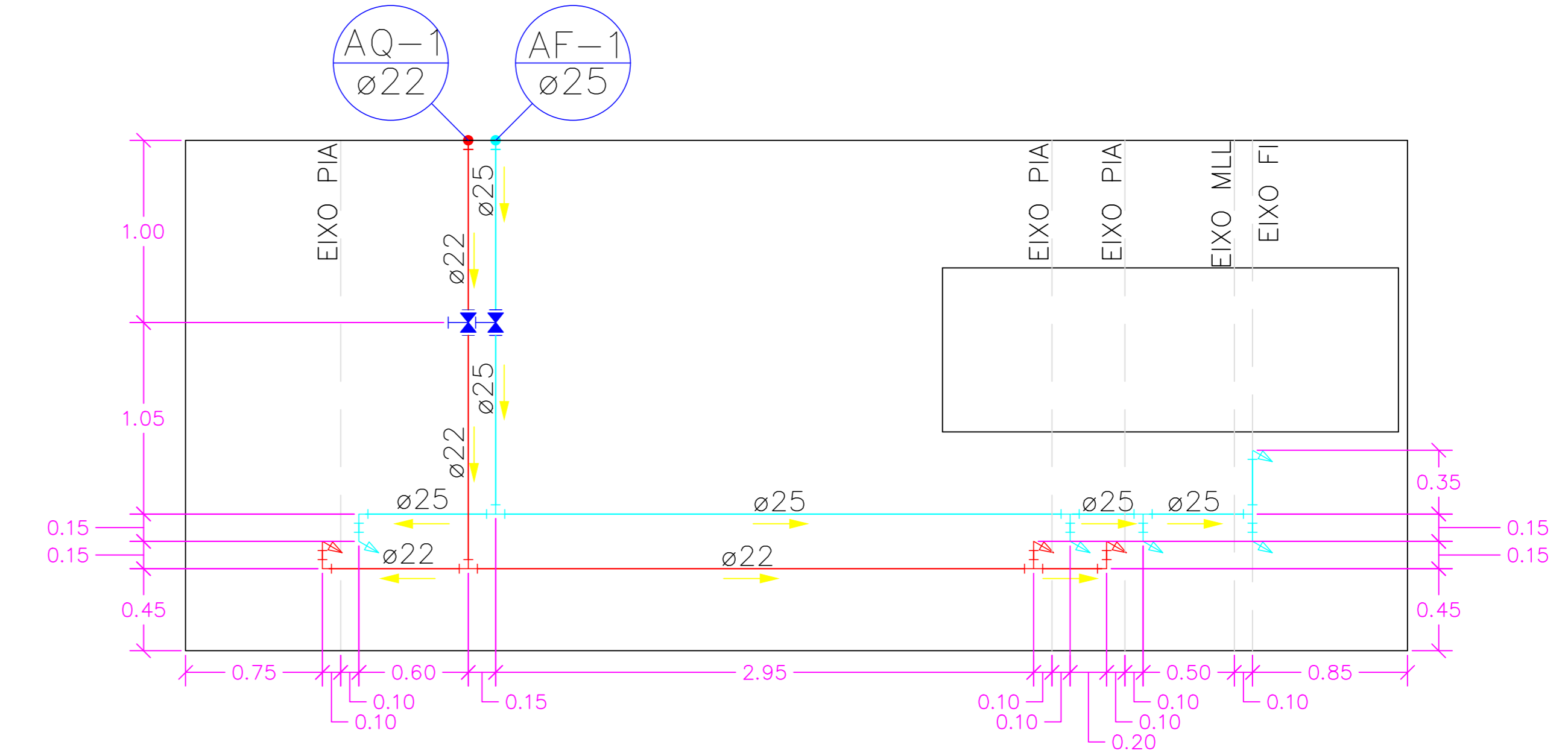
VISTA-5



### COZINHA/GOURMET

ESC. 1:25

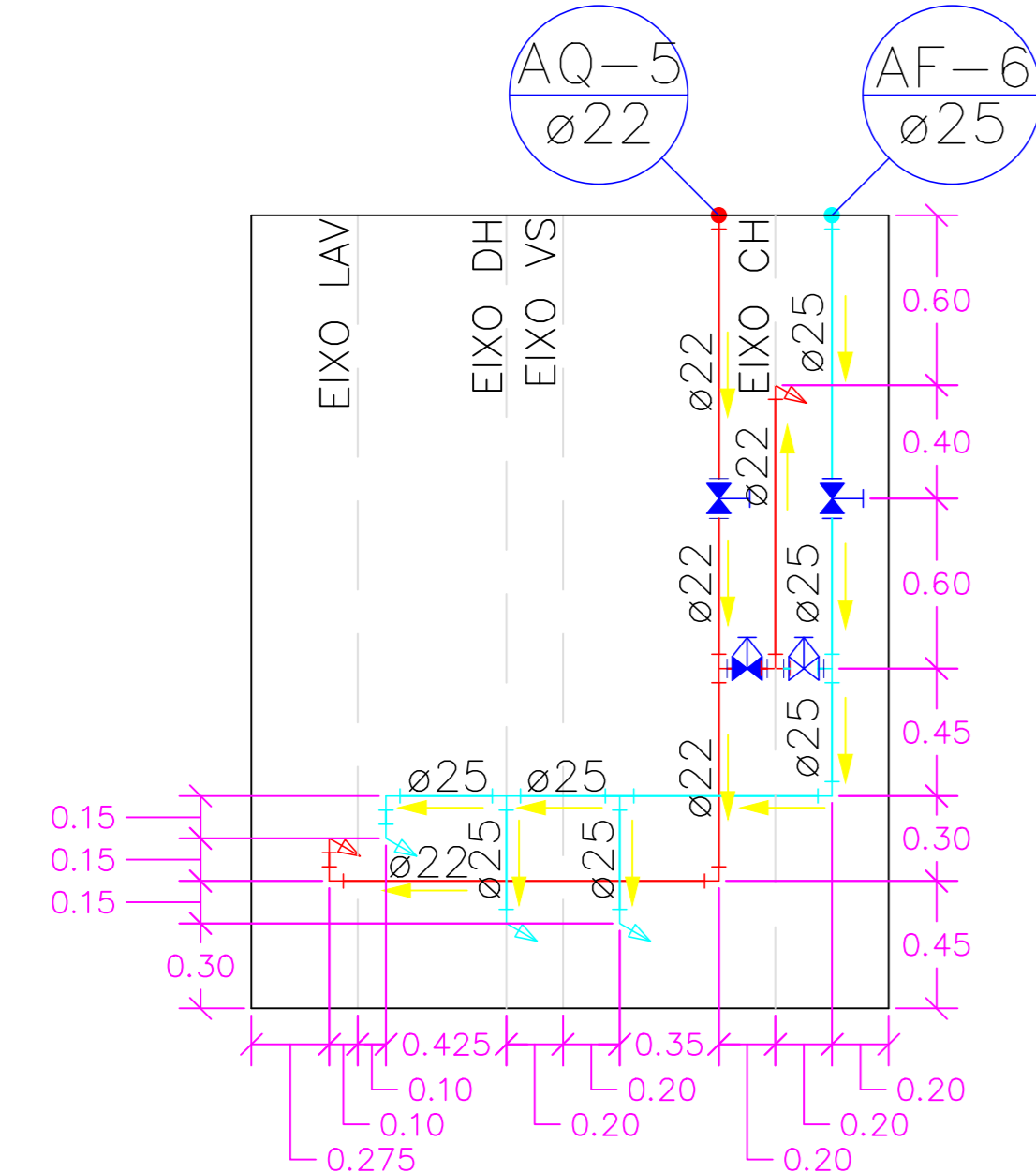
VISTA-6



### BANHO 1

ESC. 1:25

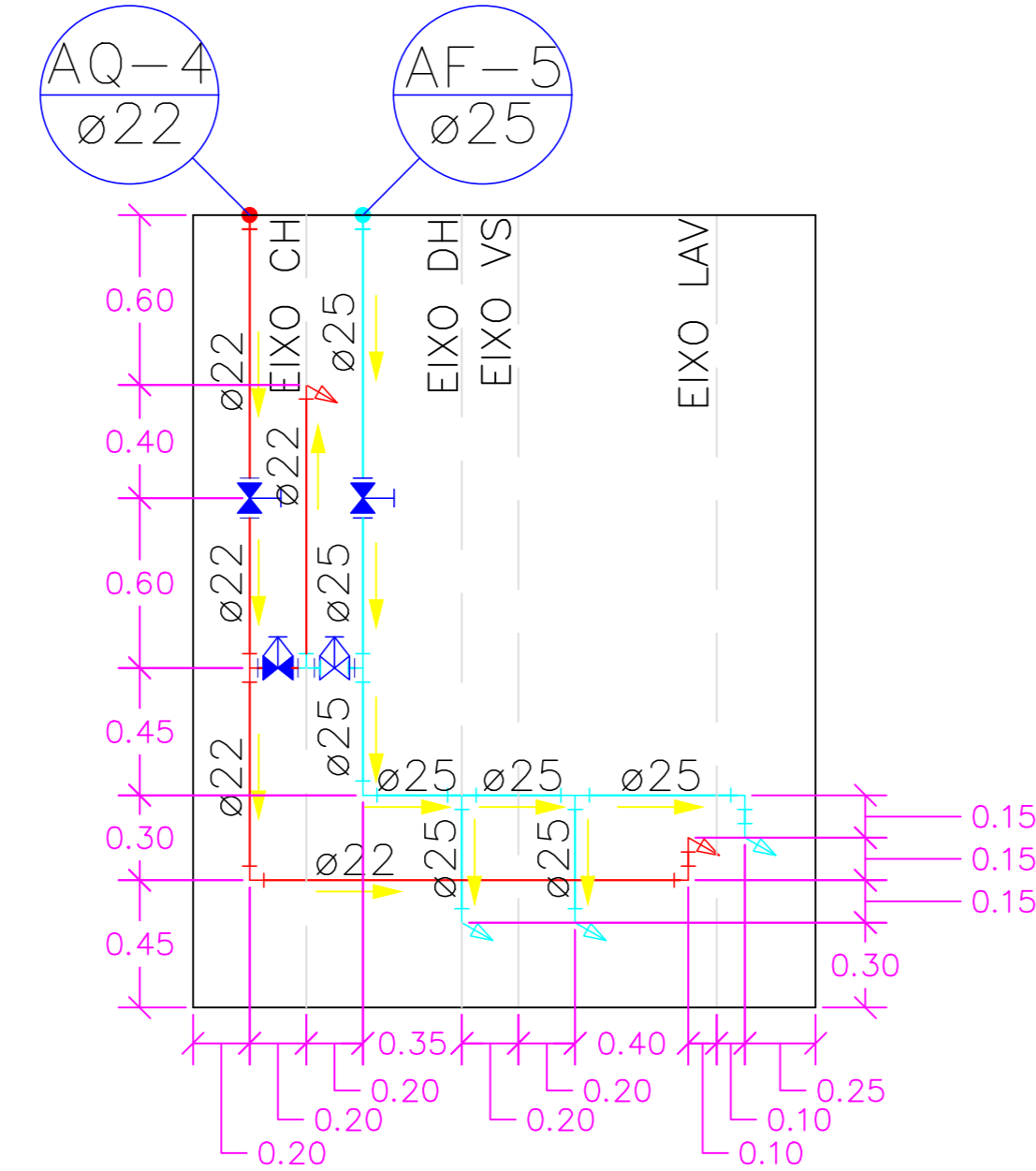
VISTA-7



### BANHO 2

ESC. 1:25

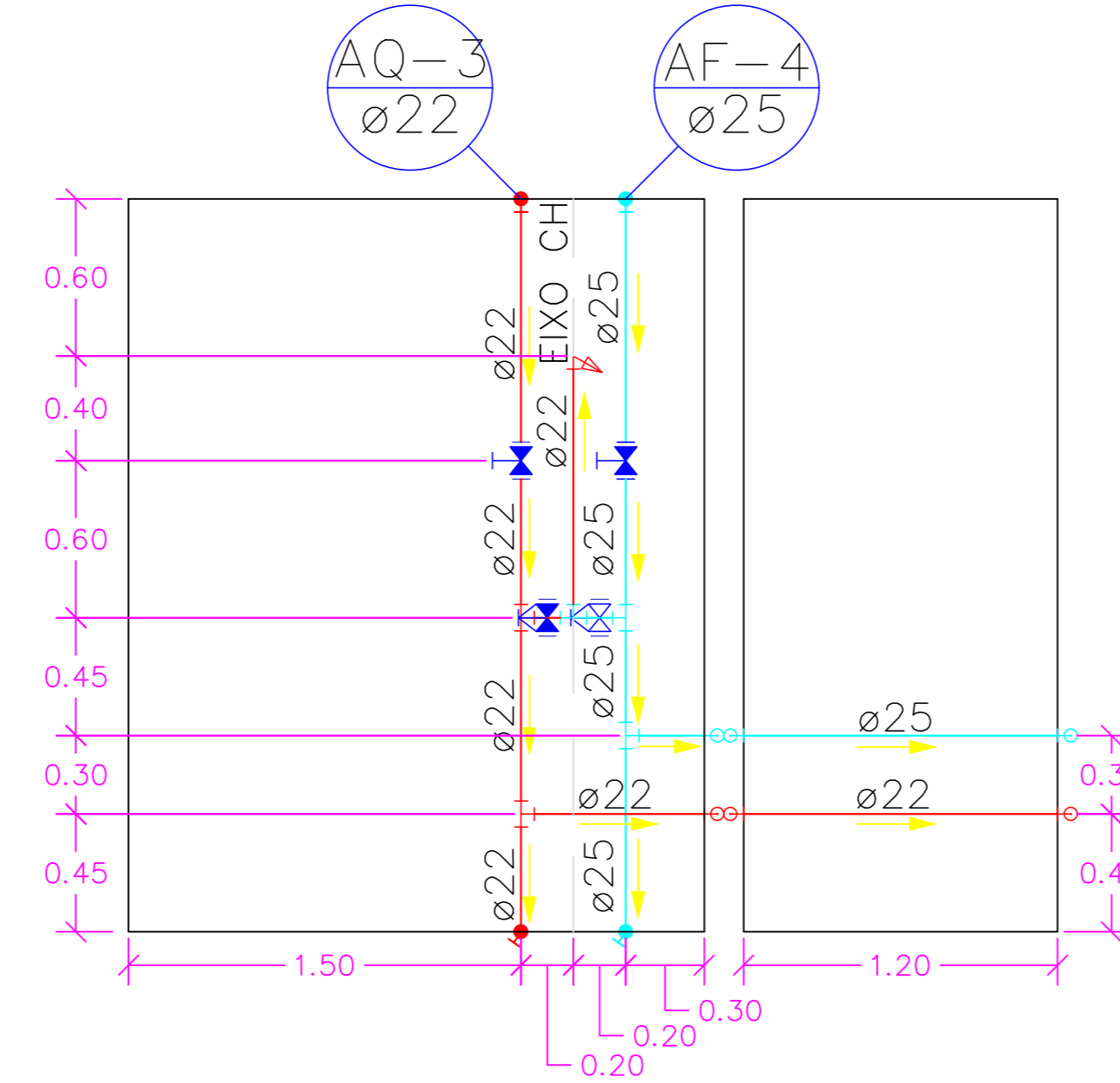
VISTA-8



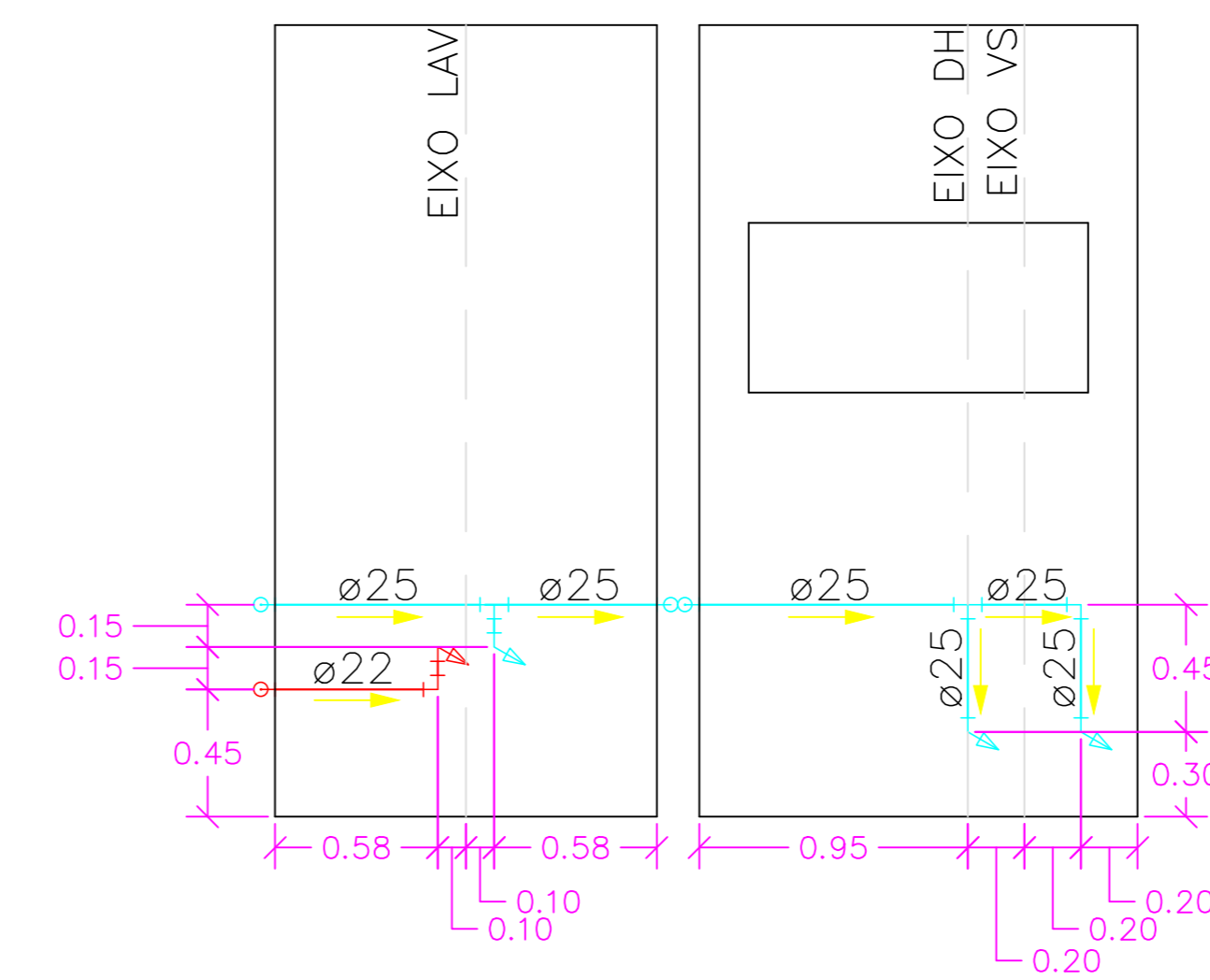
### BANHO MASTER

ESC. 1:25

VISTA-9



VISTA-10



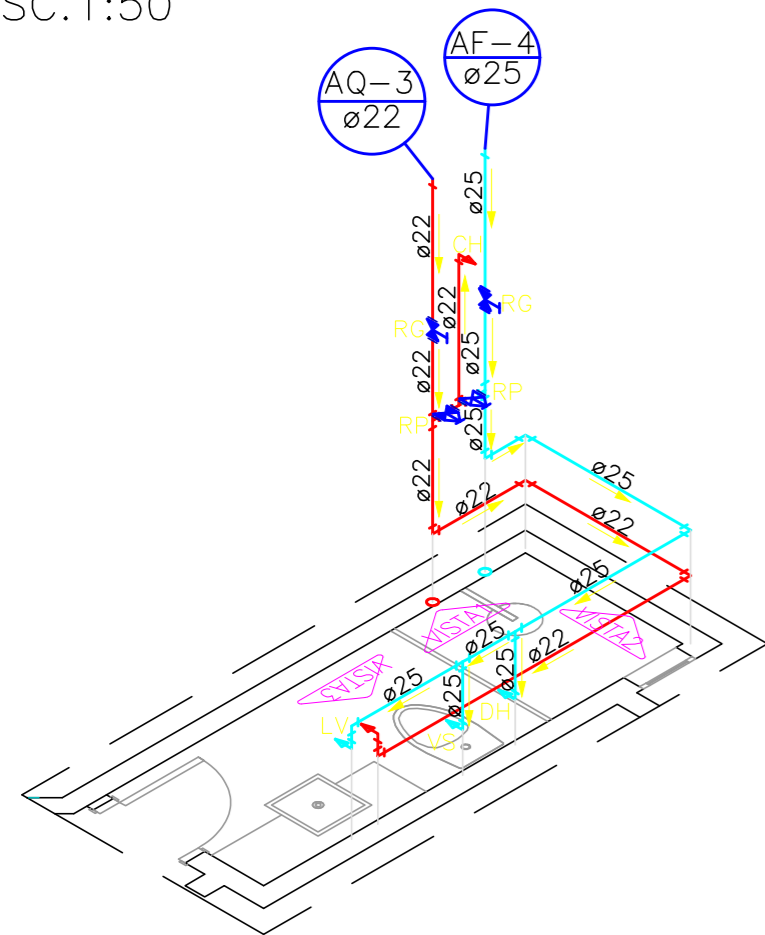
VISTA-11

VISTA-12

CLIENTE:	
LOCAL:	
ASSUNTO: VISTAS DOS AMBIENTES - ÁGUA FRIA/QUENTE	REV: 00
ENGENHEIRA:	CREA:
TÍTULO: PROJETO HIDRÁULICO	FOLHA: 03/04

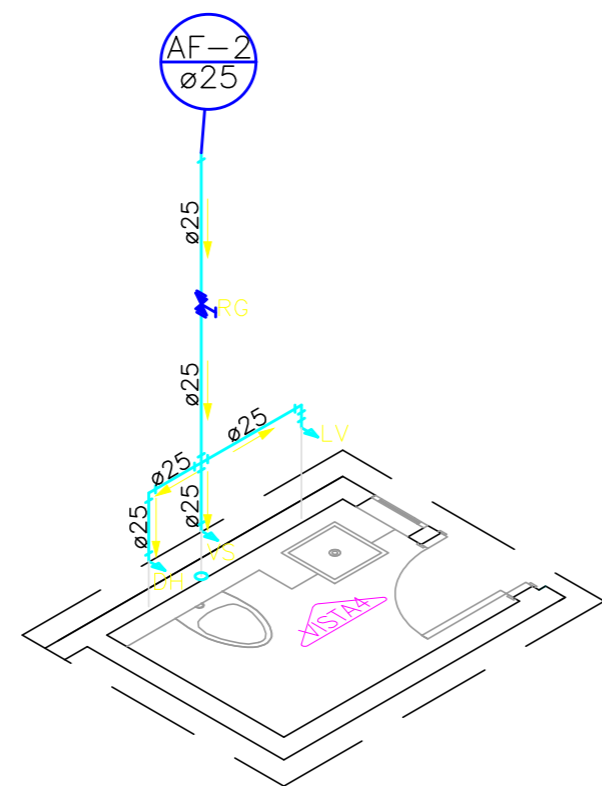
# BANHO ESCRITÓRIO

ESC.1:50



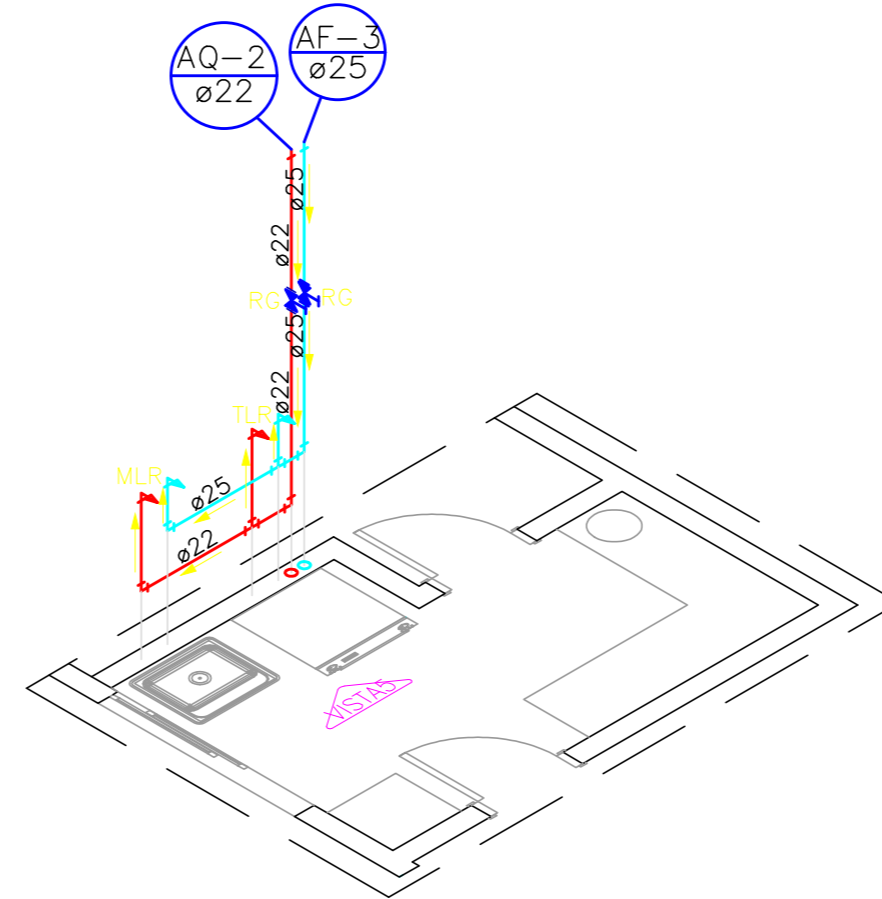
# LAVABO EXTERNO

ESC.1:50



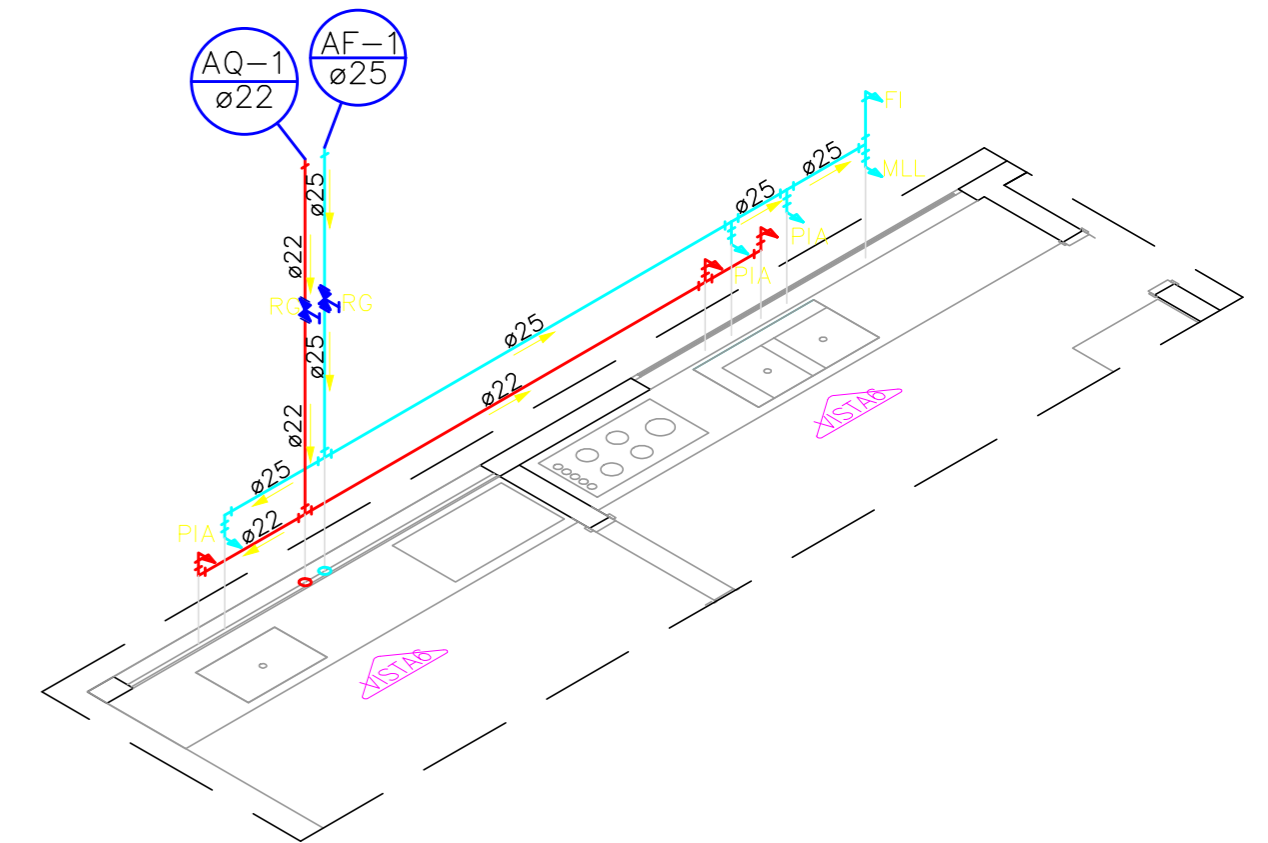
# ÁREA SERVIÇO

ESC.1:50



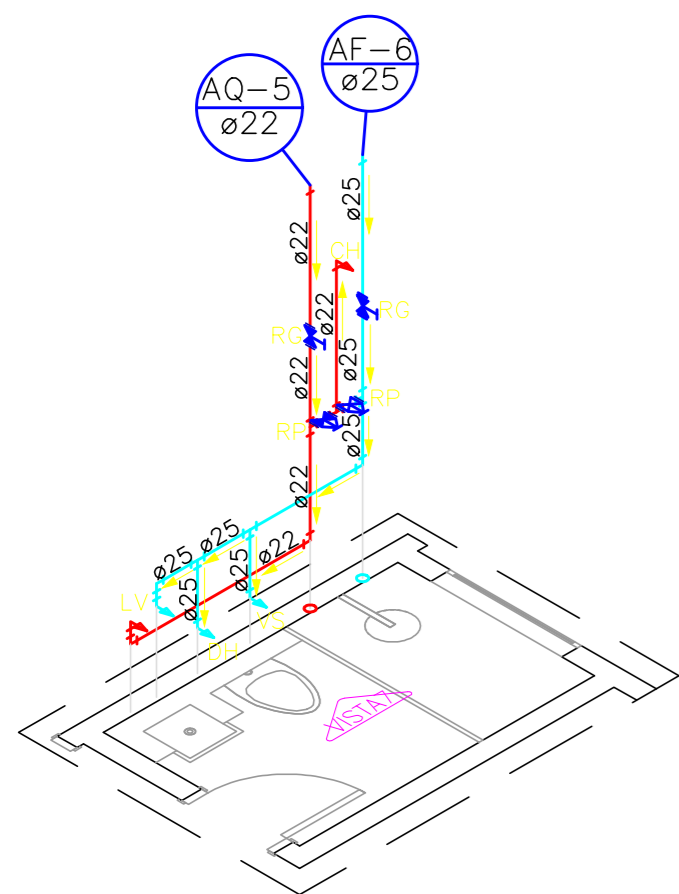
# COZINHA/GOURMET

ESC.1:50



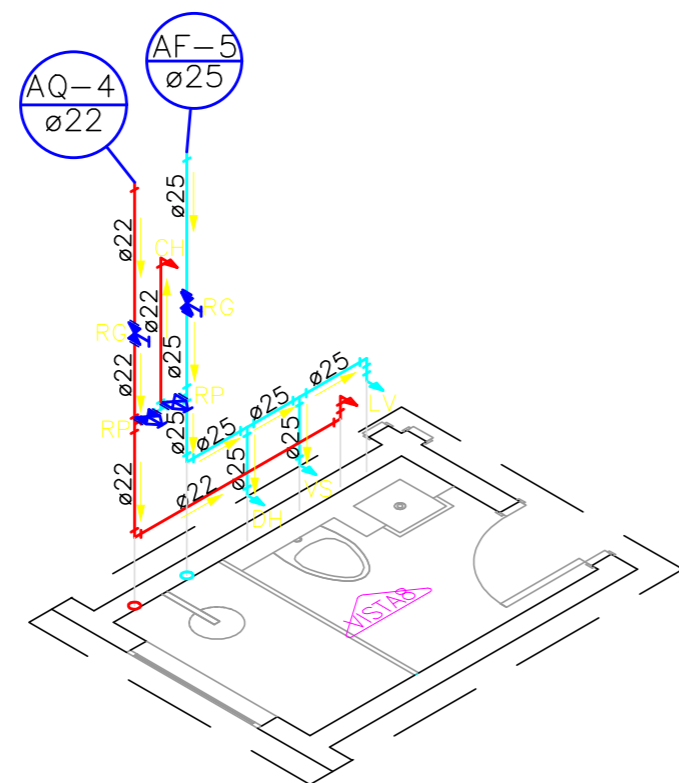
# BANHO 1

ESC.1:50



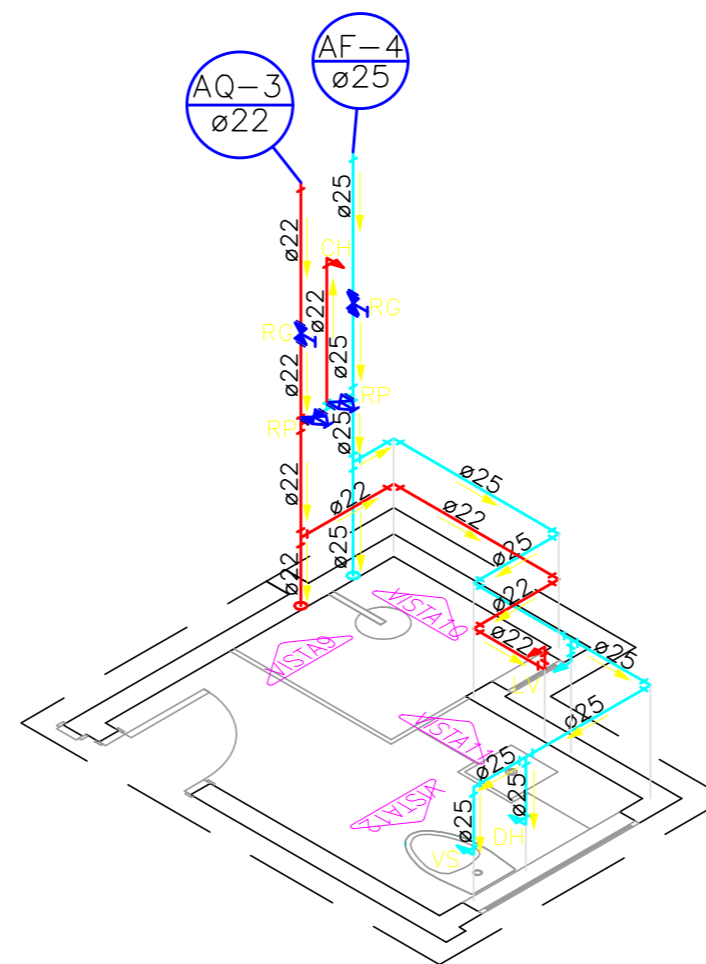
# BANHO 2

ESC.1:50



# BANHO MASTER

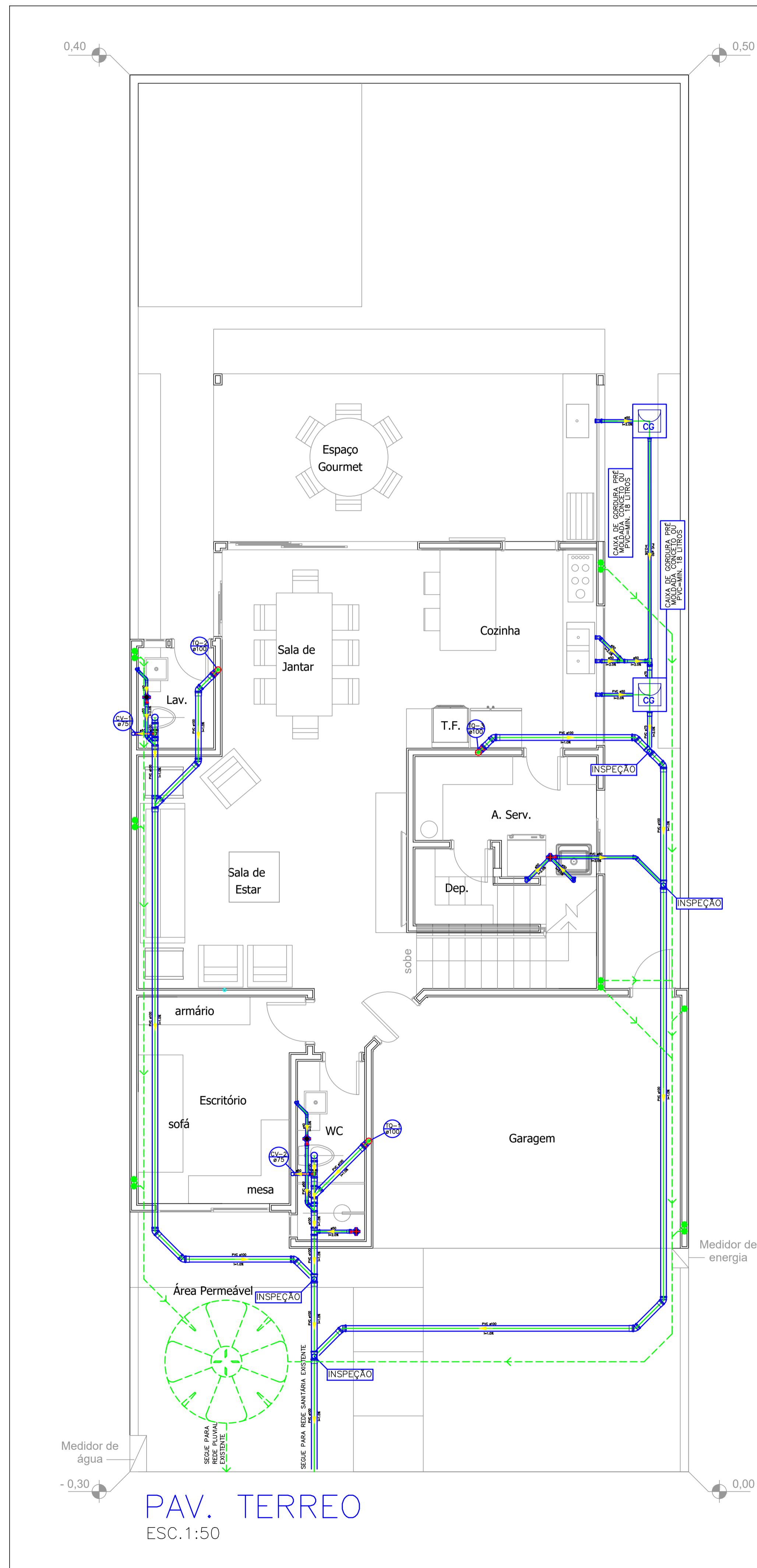
ESC.1:50



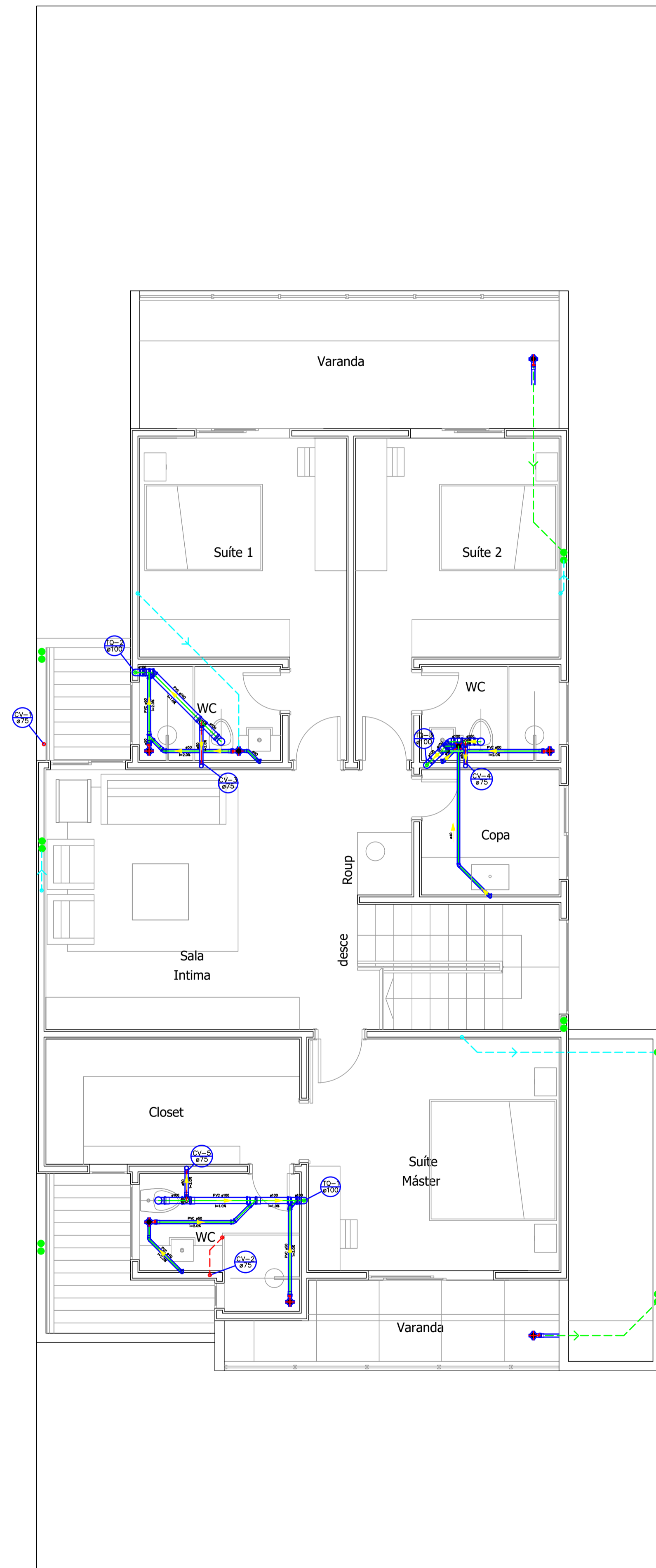
## LEGENDA

CH	-	CHUVEIRO - H=2,20 M
LAV	-	LAVATÓRIO - H=0,60 M
PIA	-	PIA DE COZINHA - H=1,10 M
FI	-	FILTRO DE ÁGUA - H=1,10 M
VS	-	VASO SANITÁRIO - H=0,30 M
DH	-	DUCHA HIGIÊNICA - H=0,30 M
RG	-	REGISTRO DE GAVETA - H=1,80 M
RP	-	REGISTRO DE PRESSÃO - H=1,20 M
TQ	-	TANQUE - H=1,10M
MLR	-	MÁQUINA DE LAVAR ROUPA - H=1,10 M
MLL	-	MÁQUINA DE LAVAR LOUÇA - H=0,60 M

CLIENTE:	
LOCAL:	
ASSUNTO: ISOMÉTRICO DOS AMBIENTES - ÁGUA FRIA/QUENTE	REV: 00
ENGENHEIRA:	CREA:
TÍTULO: PROJETO HIDRÁULICO	FOLHA: 04/04



PAV. TERREO  
ESC.1:50



PAV. SUPERIOR  
ESC.1:50

Lista de Materiais	
Caixas de Passagem	
Caixa de gordura	2 pc
CC 60x60 cm	2 pc
PVC Acessórios	
Caixa sifonada montada c/ grelha e porta grelha	2 pc
100x100x50	2 pc
100x100x50	2 pc
Sifão de copa p/ pia e lavatório	2 pc
1" = 1 1/2"	3 pc
1" = 2"	3 pc
Sifão flexível c/ Adaptador	1 pc
1 1/4"	2 pc
Válvula p/ lavatório e tanque	1 pc
1"	2 pc
Válvula p/ pia	3 pc
Válvula p/ tanque	1 pc
40 mm	
PVC Esgoto	
Curva 90 curto	5 pc
100 mm	2 pc
40 mm	11 pc
Joelho 45	2 pc
100 mm	3 pc
40 mm	2 pc
50 mm	3 pc
Joelho 90	12 pc
40 mm = 1 1/2"	2 pc
Joelho 90 c/anel p/ esgoto secundário	2 pc
40 mm = 50 mm	2 pc
Junção simples	2 pc
100 mm = 50 mm	2 pc
100 mm = 100 mm	1 pc
50 mm = 50 mm	1 pc
Tubo PVC ponta-bolsa c/ virola	38,46 m
100 mm = 4"	12,28 m
50 mm = 2"	1,49 m
75 mm = 3"	
Tubo rígido c/ ponta e bolsa soldável	1,20 m
40 mm	
Tubo rígido c/ ponta lisa	1,20 m
40 mm	3,60 m
50 mm = 2"	
18 de inspeção	4 pc
100 mm = 75 mm	1 pc
18 sanitário	2 pc
100 mm = 50 mm	1 pc
75 mm = 50 mm	1 pc
PVC Esgoto	
Curva 45 longa	2 pc
50 mm	2 pc
Joelho 90	2 pc
Tubo PVC ponta-bolsa c/ virola	0,24 m
50 mm = 2"	
18 sanitário	2 pc
100 mm = 50 mm	2 pc

Lista de Materiais	
PVC Acessórios	
Caixa sifonada montada c/ grelha e porta grelha	3 pc
100x100x50	3 pc
100x100x50	3 pc
Sifão de copa p/ pia e lavatório	3 pc
1" = 1 1/2"	
Válvula p/ lavatório e tanque	3 pc
PVC Esgoto	
Curva 90 curto	6 pc
100 mm	3 pc
40 mm	2 pc
Joelho 45	2 pc
100 mm	3 pc
40 mm	2 pc
50 mm	3 pc
Joelho 90	3 pc
50 mm	3 pc
Joelho 90 c/anel p/ esgoto secundário	3 pc
40 mm = 50 mm	4 pc
Junção simples	4 pc
100 mm = 50 mm	1 pc
50 mm = 50 mm	15,00 m
100 mm = 4"	7,28 m
50 mm = 2"	
Tubo rígido c/ ponta e bolsa soldável	1,65 m
40 mm	
Tubo rígido c/ ponta lisa	1,80 m
40 mm	
18 sanitário	4 pc
100 mm = 50 mm	
PVC Esgoto	
Curva 45 longa	3 pc
50 mm	
Tubo PVC ponta-bolsa c/ virola	0,81 m
50 mm = 2"	
75 mm = 3"	5,33 m

OBSERVAÇÕES:

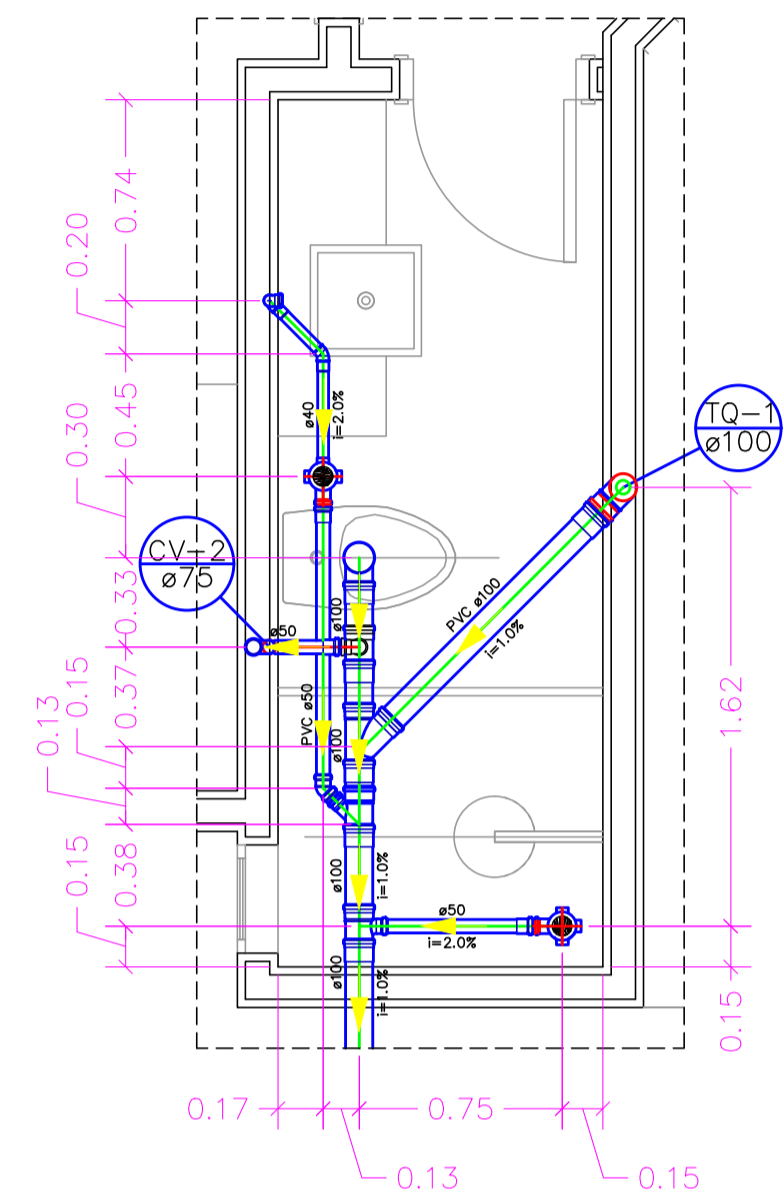
- DESCIDAS PLUVIAIS EMBUTIDAS NA ALVENARIA; ø75MM
- ENCAMINHAMENTO DAS TUBULAÇÕES PLUVIAIS ENTERRADAS; ø100MM
- DESCIDAS DRENO EMBUTIDAS NA ALVENARIA; ø40MM
- ENCAMINHAMENTO DRENO DO AR CONDICIONADO; ø40MM

1. AS DESCIDAS DOS RALOS DAS VARANDAS DEVERÃO SER INTERLIGADAS A REDE DE ÁGUA PLUVIAL.
2. NAS PROJ. DOS BANHEIROS DO SUPERIOR O TETO NO PAV. TERREO, DEVERÁ SER REBAIXADO COM GESSO PARA ESCONDER A TUBULAÇÃO QUE DEVERÁ PASSAR ABAIXO DA LAJE PISO; PARA ISSO CONSIDERAR PÉ DIREITO LIVRE ATÉ A LAJE DE MIN.=3,00M.

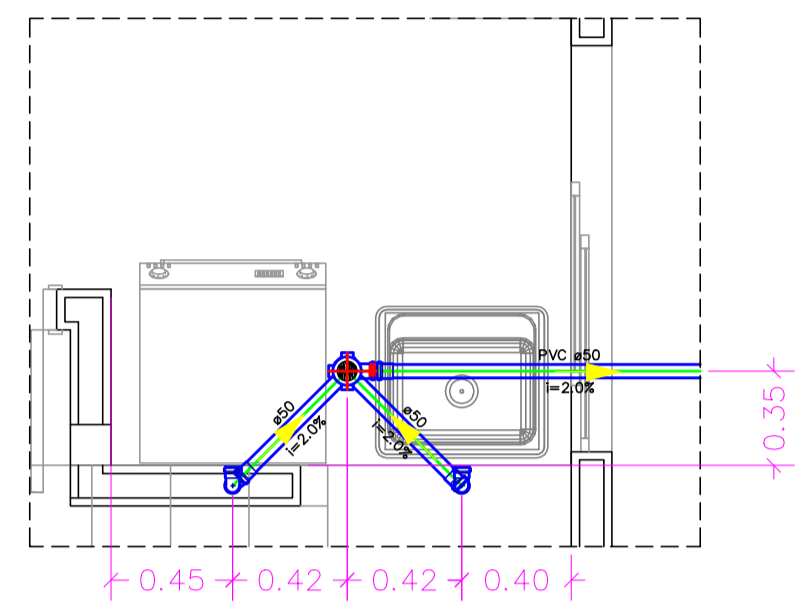
CLIENTE:	
LOCAL:	
ASSUNTO:	TRAÇADO DE ESGOTO E LISTA MAT. -- PAV. TERREO/SUP.
ENGENHEIRA:	CREA:
TÍTULO:	FOLHA: 01/02
	REV: 00



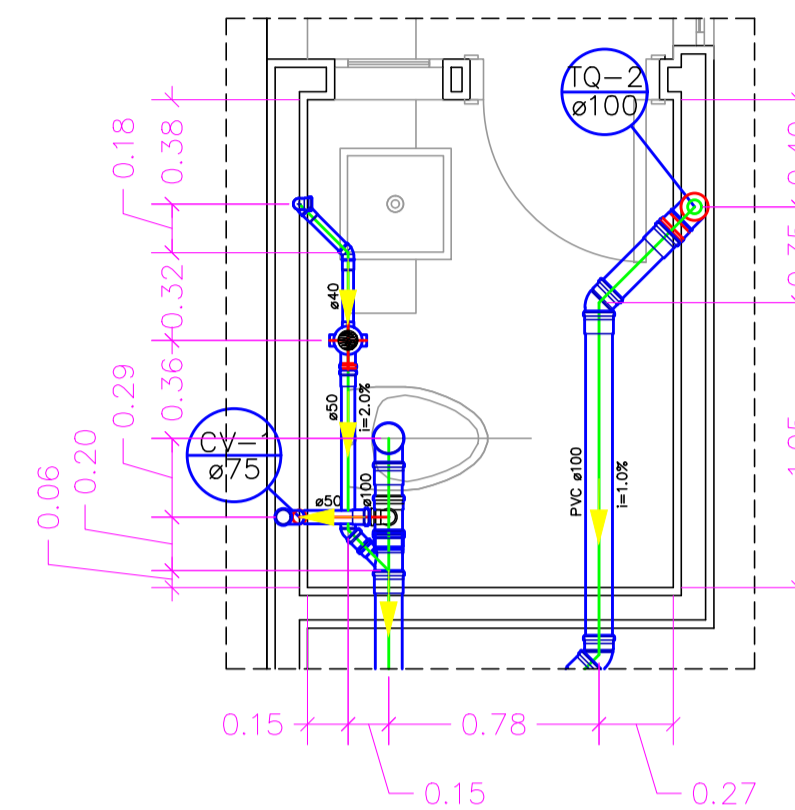
WC ESCRITÓRIO  
ESC.1:25



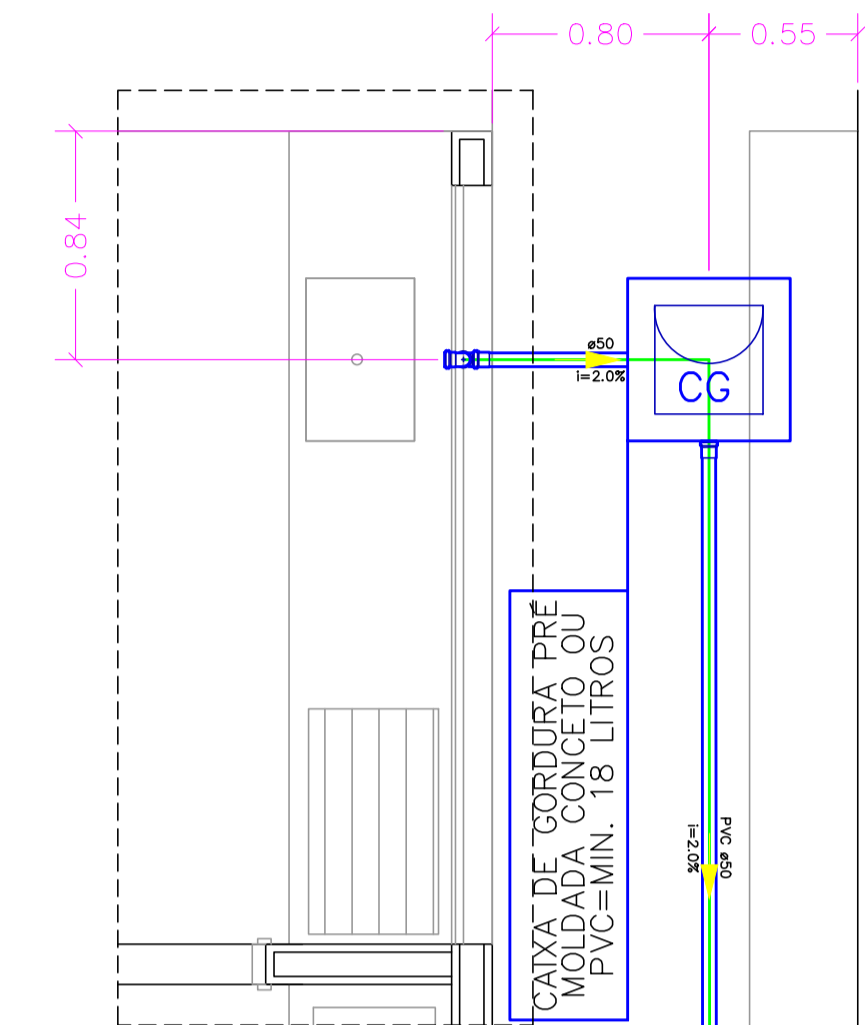
ÁREA DE SERVIÇO  
ESC.1:25



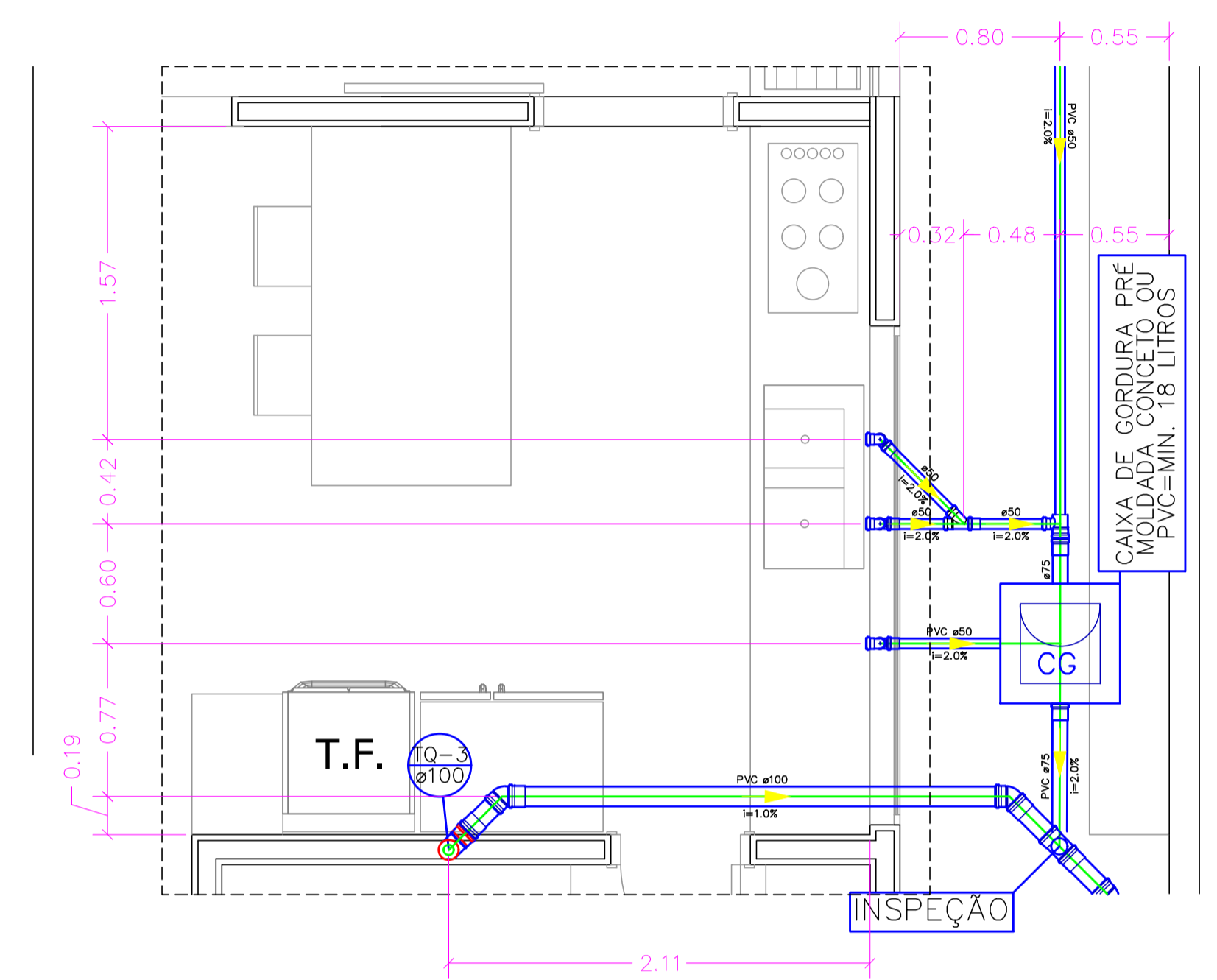
LAVABO  
ESC.1:25



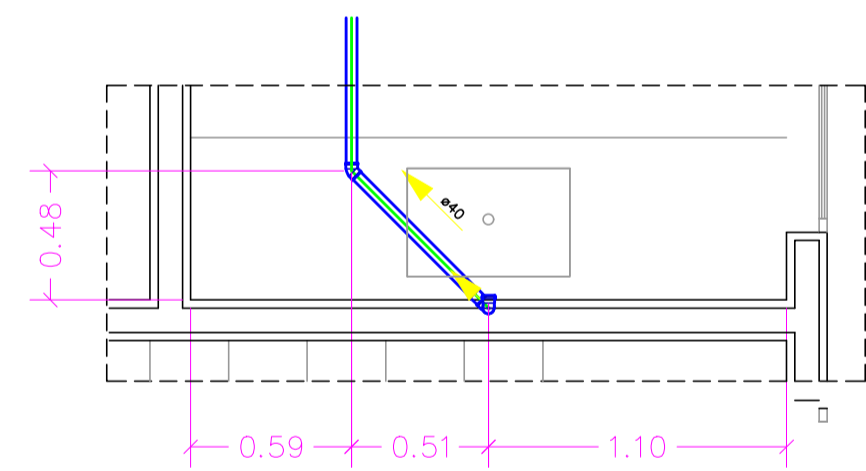
ESPAÇO GOURMET  
ESC.1:25



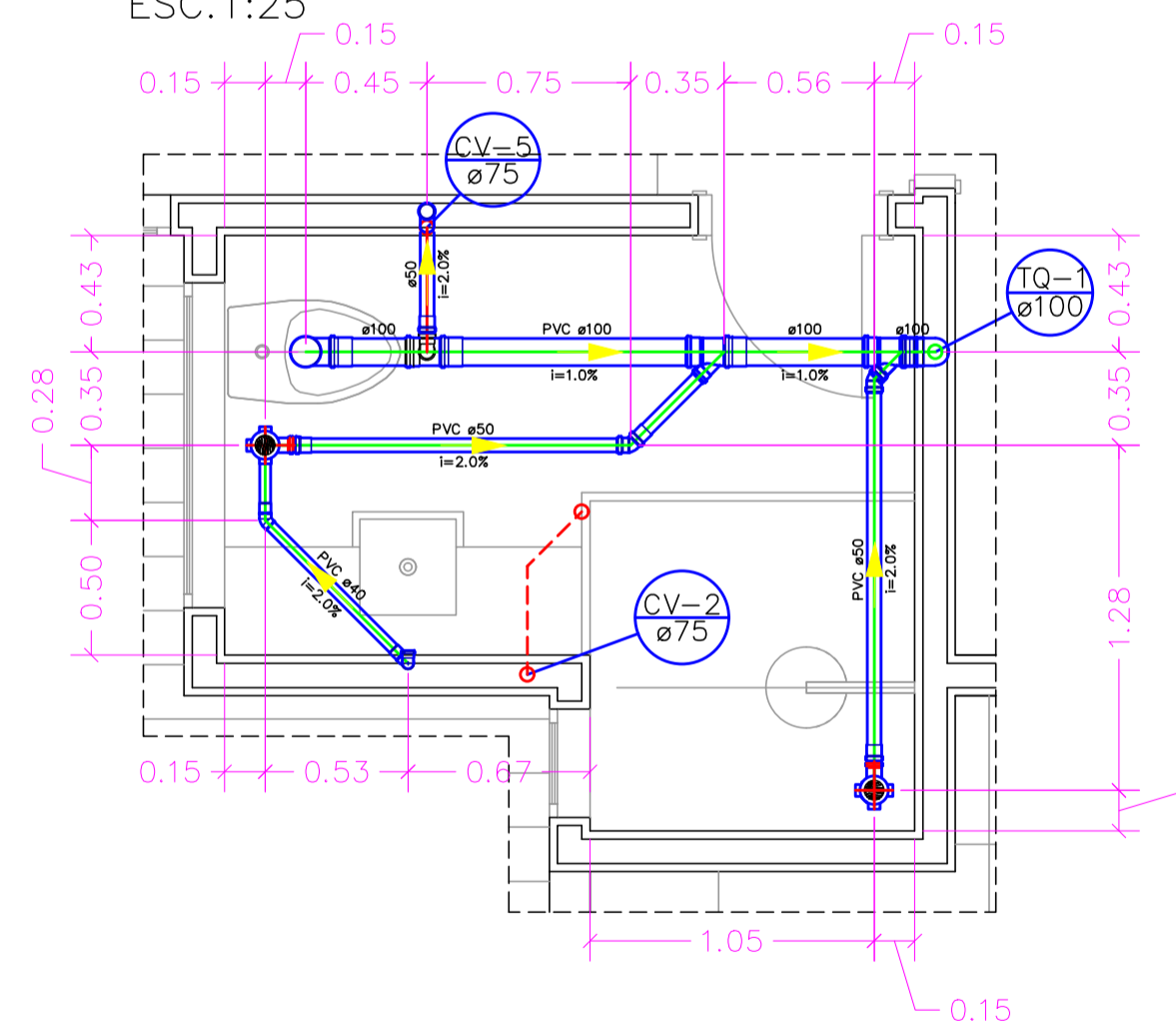
COZINHA  
ESC.1:25



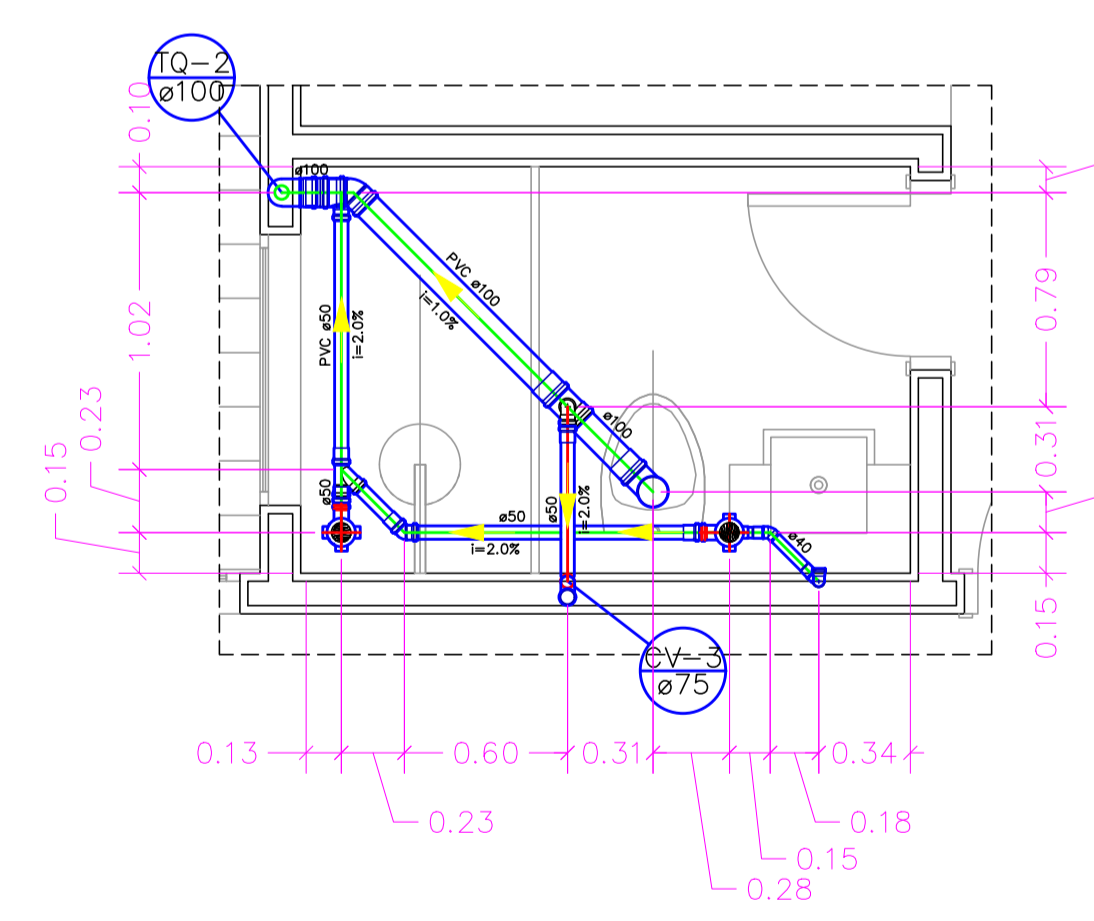
COPA  
ESC.1:25



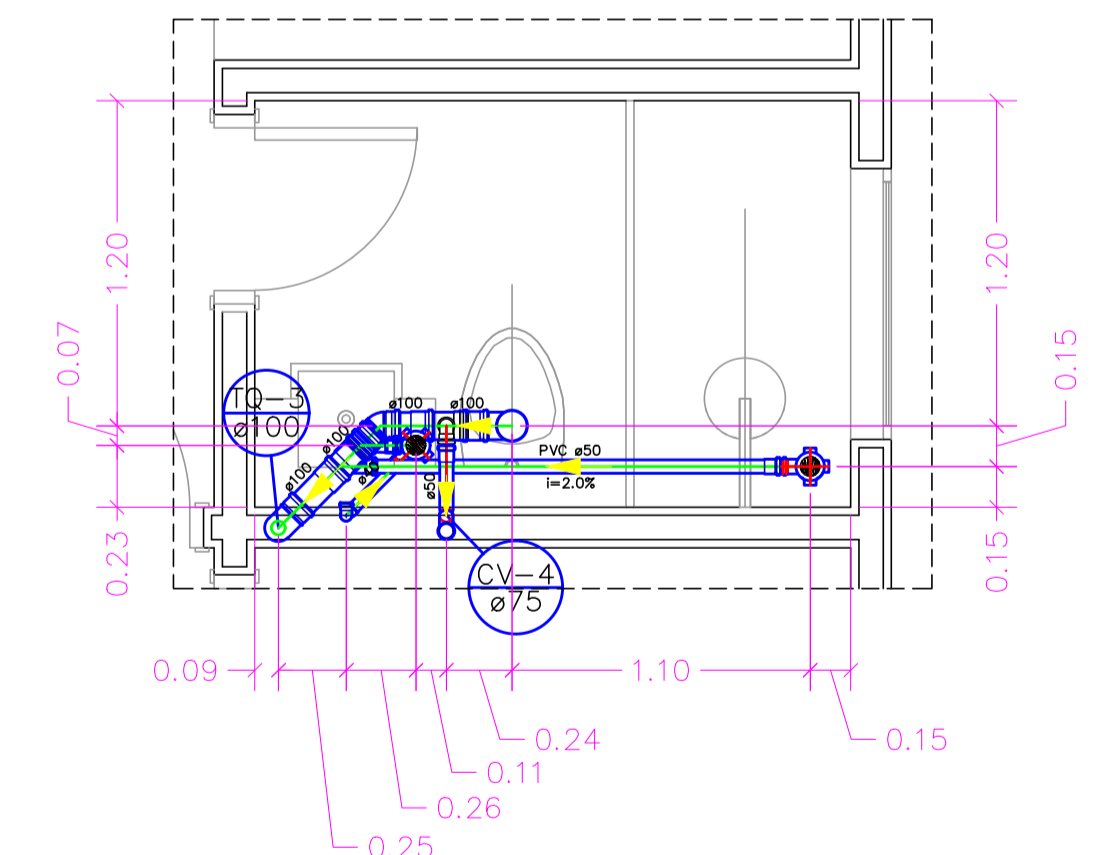
WC MASTER  
ESC.1:25



WC 1  
ESC.1:25



WC 2  
ESC.1:25



CLIENTE:	
LOCAL:	
ASSUNTO: DETALHES - TRAÇADO DE ESGOTO - COTAS	REV: 00
ENGENHEIRA:	CREA:
TÍTULO: PROJETO SANITÁRIO	FOLHA: 02/02