



CONSTRUÇÃO DE UM ARMAZÉM INDUSTRIAL E ACOMPANHAMENTO DAS DIFERENTES FASES DE OBRA

RUI PEDRO DA SILVA MONTEIRO

novembro de 2016

CONSTRUÇÃO DE UM PAVILHÃO INDUSTRIAL

ACOMPANHAMENTO DAS DIFERENTES FASES DE OBRA

RUI PEDRO DA SILVA MONTEIRO

Relatório de Estágio submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE CONSTRUÇÕES

Orientador: José Filinto Castro Trigo

Supervisor: Francisco Quintas Araújo (EUROMODAL)

SETEMBRO DE 2016

ÍNDICE GERAL

Índice Geral	iii
Resumo.....	v
Abstract	vii
Agradecimentos	ix
Índice de Texto	xi
Índice de Figuras.....	xv
Índice de Tabelas.....	xxi
1 Introdução.....	1
2 Pré-fabricação	3
3 Pré-fabricação e construção tradicional	9
4 Elementos pré-fabricados.....	16
5 Ligações de elementos pré-fabricados	24
6 Caso de estudo.....	55
7 Planos de especialidades	79
8 Considerações Finais.....	81
Referências bibliográficas.....	83
Anexo 1 – Ms project	85
Anexo 2 – Projeto estrutural	86
Anexo 3 – Projeto de rede de abastecimento de água	87
Anexo 4 – Projeto de rede de águas residuais	88
Anexo 5 – Projeto de rede de águas pluviais	89

RESUMO

O presente relatório foi elaborado no âmbito da disciplina dissertação/projeto/estágio (DIPRE) que se enquadra no plano de estudos do 2º ano do Mestrado em Engenharia Civil, do ISEP, e resulta de um estágio proporcionado pela empresa Euromodal, tendo como orientador no ISEP o Engenheiro José Filinto Castro Trigo e supervisor na empresa Euromodal, o Engenheiro Francisco Quintas Araújo.

A construção de pavilhões industriais recorrendo à pré-fabricação em betão armado é uma solução construtiva cada vez mais utilizada em todo o mundo.

Há cerca de 40 anos que a construção industrializada ocupou especial destaque na Península Ibérica, tendo-se assistido a uma rápida evolução e expansão devido a um conjunto de fatores, dos quais se destacam a velocidade de execução, bem como a boa qualidade do produto em causa.

No presente trabalho é apresentada uma recolha bibliográfica sobre a pré-fabricação, em particular sobre as ligações entre elementos, descrevendo-se o processo construtivo de um pavilhão industrial executado com materiais pré-fabricados visando todos os pormenores durante a execução do mesmo e todas as soluções de ligação entre elementos.

Palavras-chave: Pré-fabricação, betão, ligações, pavilhão industrial.

ABSTRACT

The present report was made into the subject of Dissertation, Project and Supervised Practice (DIPRE) and is inserted in the study of the second year and second semester of Civil Engineering Master's Course in the construction business at the Institute of Engineering of Porto.

The construction of stores using the prefabrication of reinforced concrete is a constructive solution increasingly used throughout the world.

About 40 years industrialized construction had special emphasis on the Iberian Peninsula, which has seen a rapid development and expansion due to a number of factors, among which are the speed of execution and the good quality of the product cause.

The present work presents a literature collection on prefabrication, particularly on the connections between elements, describing the construction process of an industrial building executed with prefabricated materials targeting all the details for it and implementing it and all binding solutions between elements.

Keywords: Prefabrication, Concrete, connections, industrial building.

AGRADECIMENTOS

Começo por agradecer à empresa Euromodal a disponibilização da oportunidade da realização de um estágio curricular, que contribuiu para a aquisição de um conjunto de novas competências de importância fundamental para o desempenho da actividade profissional cujo início se avizinha.

Quero agradecer à minha família pelo esforço que tiveram que fazer para que eu pudesse sempre ter tudo o que precisava para completar a minha fase académica, pelo facto de acreditarem que tudo isto era possível e, acima de tudo, pelo facto de estarem sempre ao meu lado, quando os momentos foram menos bons.

À minha namorada que me deu um apoio incansável e sempre acreditou em mim, mesmo quando eu acreditava que não era possível.

Quero agradecer a todos os meus amigos que me ajudaram ao longo do curso e fizeram com que este se tornasse mais “agradável”.

Gostaria também de dar um especial agradecimento ao Engenheiros José Filinto Castro Trigo e Francisco Quintas Araújo pela orientação, pela disponibilidade demonstrada durante toda a execução do relatório, pelos conhecimentos transmitidos e pela forma simpática como acompanharam o desenvolvimento do relatório de estágio.

ÍNDICE DE TEXTO

1	Introdução.....	1
1.1	Considerações iniciais.....	1
1.2	Apresentação da empresa.....	2
2	Pré-fabricação.....	3
2.1	História.....	3
2.1.1	O que é.....	5
3	Pré-fabricação e construção tradicional.....	9
4	Elementos pré-fabricados.....	16
4.1	Fundações.....	16
4.2	Pilares.....	17
4.3	Vigas.....	18
4.3.1	Vigas principais de cobertura.....	19
4.3.2	Vigas secundárias de cobertura.....	20
4.3.3	Vigas de piso.....	20
4.3.4	Vigas caleira.....	21
4.4	Escadas.....	21
4.5	Paredes.....	22
5	Ligações de elementos pré-fabricados.....	24
5.1	Ligação Sapata – Pilar.....	28
5.1.1	Ligação por encaixe.....	28
5.1.2	Ligação por parafuso.....	29
5.1.3	Ligação por chapa.....	30

5.1.4	Ligação por ligadores a varões.....	31
5.1.5	Ligação por soldadura a varões	31
5.1.6	Ligação por pós tensão	32
5.1.7	Ligação por rótula	32
5.2	Ligação Pilar – Pilar	33
5.2.1	Ligação através de Parafusos.....	33
5.2.2	Ligação por emendas	33
5.2.3	Ligação por soldadura de perfis nas faces	34
5.2.4	Ligação por ligadores a varões.....	34
5.2.5	Ligação por soldadura de varões	34
5.2.6	Ligação por pós-tensão.....	35
5.2.7	Ligação por cavilha.....	35
5.3	Ligação Pilar – Viga.....	36
5.3.1	Vigas de piso	37
5.3.2	Vigas de cobertura	41
	Ligações sem continuidade	41
	Ligações com continuidade	42
5.4	Ligação Viga – Viga.....	43
5.4.1	Ligação por juntas em dentes (consolas curtas).....	43
	Ligação com continuidade.....	44
5.4.2	Ligação por juntas em dentes e barras.....	44
5.4.3	Ligação por betonagem <i>in situ</i>	44
5.4.4	Ligação por pré-esforço	45
5.4.5	Ligação viga secundária-viga principal.....	45
5.5	Ligação Laje – Viga	48
5.6	Ligação laje – laje	49
5.6.1	Lajes alveolares.....	50

5.6.2	Lajes com vigotas.....	51
5.6.3	Pré-lajes	52
5.6.4	Pré-lajes nervuradas	52
5.6.5	Ligação por lajetas	53
5.6.6	Lajes duplo T.....	54
6	Caso de estudo.....	55
6.1	Localização da obra.....	55
6.2	Caracterização do edifício em projeto.....	55
6.3	Planeamento construtivo	56
6.4	Descrição da execução da obra	57
6.4.1	Preparação do terreno	57
6.4.2	Execução de sapatas.....	60
6.4.3	Colocação dos pilares	62
6.4.4	Colocação dos painéis.....	65
6.4.5	Colocação das vigas	66
6.4.6	Colocação das asnas da cobertura	67
6.4.7	Colocação das lajes alveolares.....	68
6.4.8	Execução das paredes de alvenaria.....	74
6.4.9	Execução da cobertura	74
6.4.10	Colocação dos revestimentos exteriores do armazém	76
7	Planos de especialidades	79
7.1	Projeto de redes prediais de abastecimento de água	79
7.2	Projeto da rede predial de saneamento de águas residuais	80
7.3	Projeto de drenagem de águas pluviais.....	80
8	Considerações Finais	81
8.1	Conclusões e desenvolvimentos futuros	81
	Referências bibliográficas.....	83

Anexo 1 – Ms project.....	85
Anexo 2 – Projeto estrutural	86
Anexo 3 – Projeto de rede de abastecimento de água	87
Anexo 4 – Projeto de rede de águas residuais	88
Anexo 5 – Projeto de rede de águas pluviais	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Exemplo de Edifício Pré-Fabricado.....	5
Figura 2.2 – Elementos da Pré-Fabricação.....	6
Figura 3.1 – Comparação entre construção tradicional e construção pré-fabricada.....	9
Figura 3.2 – Exemplo de guas com braços extensíveis para montagem de viga da cobertura.....	11
Figura 3.3 – Comparação entre veículos de transporte de diferentes peças.....	12
Figura 3.4 – Exemplo do controlo e organização existente na pré-fabricação.....	14
Figura 4.1 – Modelo de sapata cálice.....	16
Figura 4.2 – Diferentes modelos de pilares (Magalhães, 2013).....	17
Figura 4.3 – Diferentes modelos de viga (Magalhães, 2013).....	18
Figura 4.4 – Diferentes aplicações estruturais de vigas pré-fabricadas (FIP (2004)).....	19
Figura 4.5 – Modelo de viga delta.....	19
Figura 4.6 – Exemplo de vigas secundárias (FIP, 2004).....	20
Figura 4.7 – Modelos de vigas caleira (Magalhães,2013).....	21
Figura 4.8 – Modelos de escadas pré-fabricadas (FIP,2004).....	21
Figura 4.9 – Painel de betão pré-fabricado.....	22
Figura 5.1 – Possíveis esforços mobilizados no edifício (FIB, 2008).....	24
Figura 5.2 – Exemplo de ligações por encaixe (NP EN 1992-1-1, 2008).....	29
Figura 5.3 – Soluções de ligação pilar fundação por parafusos (STUPRÉ, 1981).....	29
Figura 5.4 – Modelo de ligação sapata-pilar através de chapa (STUPRÉ, 1981).....	30
Figura 5.5 – Modelo de ligação sapata-pilar através de soldaduras (STUPRÉ, 1981).....	30
Figura 5.6 – Modelo de ligação sapata-pilar, recorrendo a ligadores de varões (STUPRÉ, 1981).....	31
Figura 5.7 – Exemplo de ligação sapata-pilar através de soldadura de varões (STUPRÉ, 1981).....	31

Figura 5.8 – Modelo de ligação sapata-pilar através de pós-tensão (STUPRÉ, 1981).	32
Figura 5.9 – Modelo de ligação sapata-pilar recorrendo a rótula (STUPRÉ, 1981).	32
Figura 5.10 – Ligação pilar-pilar com recurso a parafusos (STUPRÉ, 1981).	33
Figura 5.11 – Modelo de ligação pilar-pilar com recurso a emendas (STUPRÉ, 1981).	33
Figura 5.12 – Modelo de ligação entre pilares com recurso a chapas (STUPRÉ, 1981).	34
Figura 5.13 – Ligação pilar - pilar recorrendo a ligadores de varões (STUPRÉ, 1981).	34
Figura 5.14 – Ligação pilar-pilar através de vares soldados (STUPRÉ, 1981).	35
Figura 5.15 – Utilização da pós-tensão na união de pilares pré-fabricados (STUPRÉ, 1981).	35
Figura 5.16 – Modelo de ligação pilar-pilar através de rótula (STUPRÉ, 1981).	36
Figura 5.17 – Tipos de ligação entre viga e pilar (Simões de Oliveira, 2012).	36
Figura 5.18 – Modelo de ligação pilar-viga através de consola curta metálica (STUPRÉ, 1981).	37
Figura 5.19 – Ligação pilar-viga executada recorrendo a consola curta de betão (STUPRÉ, 1981).	37
Figura 5.20 – Ligação pilar – viga com continuidade e recurso a chapas soldadas (STUPRÉ, 1981).	38
Figura 5.21 – Ligação pilar-viga através de betonagem local (STUPRÉ, 1981).	38
Figura 5.22 – Ligação pilar – viga através de pré-esforço (STUPRÉ, 1981).	39
Figura 5.23 – Ligação pilar – viga com interrupção do pilar (STUPRÉ, 1981).	39
Figura 5.24 – Representação da ligação recorrendo a betonagem integral do nó (STUPRÉ, 1981).	40
Figura 5.25 – Representação da ligação recorrendo a betonagem integral do nó e da laje (STUPRÉ, 1981).	40
Figura 5.26 – Ligação pilar – viga através de placas de apoio de neprene ou aço (STUPRÉ, 1981).	41
Figura 5.27 – Ligação pilar – viga com recurso a armaduras de gancho (STUPRÉ, 1981).	41
Figura 5.28 – Modelo de ligação entre pilar-viga com recurso a pré-esforço (STUPRÉ, 1981).	42
Figura 5.29 – Modelo de ligação entre pilar – viga com betonagem local do nó.	42
Figura 5.30 – Modelo de ligação pilar – viga com pré-esforço (STUPRÉ, 1981).	43
Figura 5.31 – Ligação viga – viga por meio de consolas curtas (STUPRÉ, 1981).	43
Figura 5.32 – Modelo de ligação viga – viga recorrendo a juntas dentadas e barras (STUPRÉ, 1981).	44
Figura 5.33 – Modelo de ligação viga – viga com recurso a betonagem <i>in situ</i> com continuidade.	44

Figura 5.34 – Ligação viga – viga com ligação por pré-esforço (STUPRÉ, 1981).	45
Figura 5.35 – Ligação viga secundária – viga principal através de parafusos (STUPRÉ, 1981).....	45
Figura 5.36 – Ligação viga secundária – viga principal através de armaduras em ganho (STUPRÉ, 1981). 46	
Figura 5.37 – Ligação viga principal – viga secundaria através de betonagem <i>in situ</i> do nó (STUPRÉ, 1981).	46
Figura 5.38 – Ligação viga principal – viga secundaria através de barras pré-esforçadas (STUPRÉ, 1981).	47
Figura 5.39 – Ligação viga principal – viga secundaria através de varões soldados (STUPRÉ, 1981).	47
Figura 5.40 – Modelo de lajes alveolares (Válter, 2012).	50
Figura 5.41 – Alternativa de ligação entre lajes alveolares (Magalhães, 2013).	50
Figura 5.42 – Exemplo de laje com vigotas de betão armado (Magalhães, 2013).....	51
Figura 5.43 – Exemplos de variantes de lajes com vigotas de betão armado (Magalhães, 2013).....	51
Figura 5.44 – Disposição construtiva de uma laje aligeirada com abobadilhas.	51
Figura 5.45 – Exemplo de pré-laje.	52
Figura 5.46 – Exemplo de pré-laje nervurada (Magalhães, 2013).	53
Figura 5.47 – Exemplo de pré-laje nervurada com blocos cerâmicos (Magalhães, 2013).	53
Figura 5.48 – Exemplo de ligação com lajetas (Magalhães, 2013).	53
Figura 5.49 – Modelo tipo de laje duplo T (Leite, 2015).	54
Figura 6.1 – Terreno de implantação da obra	55
Figura 6.2 – Disposição final do edifício no terreno.....	56
Figura 6.3 – Pormenor interior do edifício.	56
Figura 6.4 – Decapagem do local da obra.	57
Figura 6.5 – Abertura de vala para instalação de tubo drenante.	58
Figura 6.6 – Tubo drenante perfurado envolvido em manta geotêxtil.....	58
Figura 6.7 – Trabalho de escavação e respetivos marcos de localização do edifício.....	59
Figura 6.8 – Exemplo de abertura de caboucos.	59
Figura 6.9 – Colocação das armaduras das sapatas nos caboucos.	60
Figura 6.10 – Preparação das sapatas para betonar.	60

Figura 6.11 – Preparação e betonagem das sapatas.....	61
Figura 6.12 – Perspectiva da localização das sapatas no terreno.	62
Figura 6.13 – Preparação do terreno para circulação de máquinas.	62
Figura 6.14 – Colocação do primeiro pilar na obra.	63
Figura 6.15 – Base para apoio do pilar.	63
Figura 6.16 – Colocação dos pilares nas sapatas.....	63
Figura 6.17 – Pormenor relativo à face rugosa do pilar.	64
Figura 6.18 – Betonagem da base dos pilares.....	64
Figura 6.19 – Fases de execução da obra.....	65
Figura 6.20 – Colocação dos painéis.....	65
Figura 6.21 – Pormenores de ligação dos painéis aos pilares e respetiva disposição.	66
Figura 6.22 – Pormenor relativo ao encaixe das vigas nos pilares.....	66
Figura 6.23 – Colocação das vigas principais.....	67
Figura 6.24 – Modelo de asna da cobertura utilizada.....	67
Figura 6.25 – Cunha metálica utilizada para a ligação dos elementos pré-fabricados.	68
Figura 6.26 – Pormenor de Ligação entre pilar – asna.....	68
Figura 6.27 – Modelo de laje alveolar utilizado.	69
Figura 6.28 – Pormenor das armaduras de ligação viga – laje.....	69
Figura 6.29 – Tampos em Eps colocados na extremidade das lajes alveolares.	70
Figura 6.30 – Cofragem das lajes alveolares.	70
Figura 6.31 – Elementos de cofragens.	71
Figura 6.32 – Armadura negativa colocada nas lajes alveolares.....	71
Figura 6.33 – Pormenor de ligação entre as armaduras.	72
Figura 6.34 – Passagem do betão entre camiões.....	72
Figura 6.35 – Bombagem do betão para as lajes alveolares.	73
Figura 6.36 – Betonagem das lajes alveolares.....	73
Figura 6.37 – Regularização da laje de betão.....	74

Figura 6.38 – Construção das paredes de alvenaria em blocos de betão.....	74
Figura 6.39 – Execução da Cobertura.....	76
Figura 6.40 – Pormenor das caleiras interiores.....	76
Figura 6.41 – Perfis dispostos na fachada exterior.	77
Figura 6.42 – Pormenor de ligação entre perfis.....	77
Figura 6.43 – Pormenor de ligação dos perfis à estrutura porticada de betão.	77
Figura 7.1 – Máquina de execução de furos.	79
Figura 7.2 – Caixas e respetivos tubos de drenagem de água pluviais.	80

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 – Diferentes tipos de transporte e limites correspondentes (Romeu, 2012).....	12
Tabela 3.2 – Redução de gastos gerados pela pré-fabricação (Leite, 2015).	13
Tabela 3.3 – Análise SWAT da construção recorrendo à pré-fabricação (Cunha, 2010).	15
Tabela 4.1 – Especificações das vigas delta (Prainsa,2013).	19
Tabela 5.1 – Tipo de ligações e esforços atuantes (Leite, 2015).	26
Tabela 5.2 – Tipos de lajes e respetivas especificações (Tomás, 2010).	49
Tabela 6.1 – Resultados dos ensaios do betão.....	61

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No âmbito da unidade curricular de DIPRE, e enquadrado num estágio realizado na empresa Euromodal, redigiu-se o presente relatório que teve como foco a construção de um pavilhão industrial, futuro espaço a ser ocupado pelas instalações desta empresa.

A empresa Euromodal integra uma bolsa de empresas que disponibiliza estágios curriculares aos finalistas do Mestrado em Engenharia Civil do ISEP. Desde o ano lectivo 2013/2014 que esta empresa tem assinado um protocolo de colaboração com o ISEP, nesse âmbito, tendo já integrado diversos alunos em estágios desenvolvidos nessa empresa.

O facto de a construção deste edifício recorrer a uma solução pré-fabricada foi a oportunidade para uma revisão do estado de arte relativamente a estruturas pré-fabricadas, de betão armado, em particular de pavilhões industriais.

O acompanhamento desta obra permitiu ainda o testemunho da sua evolução quer nos aspectos estruturais quer nos relativos a outras especialidades. Permitiu ainda uma aferição contínua do faseamento construtivo planeado e a reunião de informações sobre a forma de proceder à sua revisão e adaptação à realidade continuamente atualizada.

Este trabalho permitiu a análise crítica dos projetos das diferentes especialidades, o acompanhamento da execução desses projectos, o registo diário do avanço da obra, detalhando e fotografando as tecnologias construtivas adaptadas e a sugestão de melhorias.

A materialização das vertentes expostas ao longo deste trabalho desenvolve-se em oito capítulos:

No primeiro capítulo é apresentada a introdução e a empresa onde foi executado o estágio;

No segundo capítulo são abordados temas fundamentais para enquadramento da temática;

No terceiro capítulo é feita uma comparação entre a pré-fabricação e a construção tradicional;

No quarto e quintos capítulos apresentam-se os elementos pré-fabricados e as respetivas ligações;

No sexto capítulo é feita a descrição da obra;

CAPÍTULO 1

No sétimo capítulo descreve-se, em pormenor, o faseamento da obra;

No oitavo capítulo apresentam-se alguns pormenores relativos a projetos de especialidades executados.

1.2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A empresa Euromodal foi criada em Outubro de 1986, adotou esta denominação pela alteração da sociedade na empresa Modal, fundada no ano de 1966.

A sua atividade de Comércio por Grosso e a Retalho de Materiais para a Indústria e Construção Civil foi desenvolvida com base na representação de conceituadas marcas internacionais. Há mais de 40 anos no mercado nacional, com a representação exclusiva de polímeros e adjuvantes para betão de origem Alemã, consegue obter um excelente posicionamento perante as exigências de mercado.

A empresa concentra-se principalmente sobre a produção de aceleradores de presa, adjuvantes do betão, adições para o betão, agentes de cura, produtos de limpeza, sistemas de impermeabilização e descofrantes. Desenvolve também tarefas de ensaios de provetes *in situ* ou em laboratórios para obras em que sejam solicitados.

2 PRÉ-FABRICAÇÃO

2.1 HISTÓRIA

A primeira iniciativa de construção possível de nomear de pré-fabricação remonta ao início do século XIX, com a construção da ponte Tamar Bridge (Reino Unido) em que as estruturas maciças foram construídas não em fábrica mas em locais mais seguros (estaleiros) e posteriormente transportados para a localização final, mas foi após a 2ª Grande Guerra que a nível mundial se observou um especial desenvolvimento e utilização desta tecnologia.

Após a segunda guerra, a Europa estava mergulhada numa grave situação de crise, com cidades parcial ou completamente destruídas e uma economia totalmente fragilizada pela situação de conflito vivida. A situação era grave e, por isso, foi necessário reconstruir o mais rápido possível as cidades flageladas pela guerra, utilizando, para tal, os escassos recursos existentes. É neste contexto que surge a “ideia” da pré-fabricação (Mondragão,2011).

Os progressos tecnológicos alcançados durante e por causa da guerra, aliados à vontade e ao apoio dos governos envolvidos, foram dois dos fatores que deram força a esta “nova técnica” de construção.

A principal preocupação era, naturalmente, resolver o problema de falta de habitação em algumas das principais cidades Europeias, tendo para isso sido construídos, a partir de fábricas fixas e móveis, centenas de milhares de fogos por ano, durante o período do pós guerra. Posteriormente, a pré-fabricação foi estendida a outras áreas, como é o caso da construção de pavilhões industriais e hotéis.

Pode dizer-se que a pré-fabricação nasceu com a invenção do betão armado e as primeiras vezes que apareceu relacionada com a utilização do que hoje “chamamos” betão armado foram, com efeito, para execução de pequenas peças que fabricadas num qualquer sítio tinham posterior colocação e utilização no local de obra a que estivessem associadas. Esta constitui talvez uma primeira, e mais simples, definição daquilo a que chamamos pré-fabricação – execução de uma peça num local diverso daquele em que vai ser utilizada. Este conceito manteve-se em desenvolvimento durante um longo período de tempo, ou seja, era uma atividade que realizada não se reconhecia como industrial. Viviam-se ainda tempos de uma sociedade baseada na exploração da terra, sem qualquer perceção do valor da mão-de obra e da racionalização da sua utilização.

A pré-fabricação como técnica construtiva tem inúmeras vantagens, entre as quais são de destacar a diminuição dos prazos construtivos e a necessidade de menos trabalhadores no local de construção que levam, por sua vez, a uma diminuição dos custos globais da obra. Estas vantagens estão diretamente dependentes da simplicidade e facilidade com que os diversos elementos pré-fabricados são ligados entre si.

O sector da pré-fabricação, tal como o sector da construção, encontra-se em desaceleração na Europa, devido à grande crise financeira e económica, que se faz sentir a nível mundial. Os efeitos imediatos que se fazem sentir passam pela redução da procura global e dos fluxos de comércio, resultado da crise de crédito que afeta o setor da construção, tendo como consequência contrações do crescimento.

A pré-fabricação apresenta-se como a solução mais económica e mais viável à construção tradicional, comparativamente com outras soluções existentes. Por um lado, reduzindo os custos financeiros dos investimentos, e por outro, permitindo reduzir o planeamento da produção, encurtando os prazos de execução das empreitadas.

A pré-fabricação reduz a atividade do estaleiro, uma vez que muitos dos componentes da construção passam a ser preparados em fábrica, sendo posteriormente transportados para o local da construção. O estaleiro passa a ser o local de montagem dos produtos industrializados pré-fabricados, pois todas as peças são efetuadas em fábrica.

A possibilidade de uniformização de uma grande parte dos elementos de construção, permitindo tirar maior proveito dos moldes, tanto em quantidade como em qualidade, devido ao aproveitamento dos materiais de moldagem, assim como a redução e rentabilização da mão-de-obra afeta à operação, simplificando o processo, têm como consequência a redução de custos, tanto no custo da pré-fabricação, assim como no custo da construção e no aumento da produtividade (Koncz,1975).

Além das vantagens referidas acima, a produção integral dos elementos pré-fabricados de betão têm outras vantagens, que se destacam do processo:

- A verificação prévia da segurança e o controlo rigoroso da qualidade durante a produção;
- A acessibilidade do material torna-o relativamente mais barato, assim como os custos de reparação e de manutenção;
- A sustentabilidade, minimizando o impacte sobre o meio ambiente e a quantidade de resíduos produzidos é reduzido;
- A rapidez de execução, uma vez que a produção não está dependente das condições existentes *in situ* para se desenvolver.

2.1.1 O que é

A pré-fabricação apresenta-se como uma metodologia que traz à construção, seja nova ou reabilitação, enormes benefícios, que respondem às necessidades atuais do sector, como a facilitação da construção e conseqüente redução do tempo de obra, entre outros aspetos.

A principal diferença das estruturas pré-fabricadas em betão das restantes estruturas de betão é, fundamentalmente, o diferente faseamento construtivo. Este faseamento construtivo consiste, essencialmente, em subdivisão da estrutura em elementos de menor dimensão, ligação entre os vários elementos, de forma a garantir o comportamento estrutural global exigido à estrutura, fabricação destes elementos num local diferente daquele em que estarão em serviço, transporte e montagem dos elementos na sua localização definitiva.

Na Figura 2.1 representa-se um edifício em que todos os elementos são pré-fabricados, desde as sapatas em cálice até as vigas de coberturas.



Figura 2.1 – Exemplo de Edifício Pré-Fabricado.

A pré-fabricação apresenta-se como um dos setores mais importantes para a industrialização da construção, envolvendo um conjunto de novas técnicas de construção que se baseiam na produção de elementos de construção, com rigor e controlo elevados, (Figura 2.2) fora dos seus locais de implantação sendo posteriormente ligados e montados na obra.

É corrente dividir a pré-fabricação em leve e pesada:

- Pré-fabricação pesada está normalmente ligada à produção de elementos de construção pré-fabricados de betão armado e pré-esforçado. Esta solução abrange elementos estruturais, tais como escadas, lajes, pilares e vigas, e fica pré-acabada logo nas instalações fabris antes de chegar ao local de instalação;



Figura 2.2 – Elementos da Pré-Fabricação.

- Pré-fabricação leve está normalmente associada a soluções à base de materiais de pequeno peso (aço e alumínio em perfis e em chapa, madeira e derivados de madeira, placas de diversos materiais, materiais de isolamento térmico e acústico, vidro em chapa), que recorrem, usualmente, no local, apenas a operações de montagem.

Desta classificação é possível extrair que a utilização de pré-fabricação pesada em obras de reabilitação é uma tarefa que parece bastante complexa, dada a dificuldade que é a utilização de equipamentos pesados para manipulação e montagem de elementos, em parte devido à falta de espaço existente em estaleiro e obra, e devido ao insuficiente número de elementos estruturais repetidos que caracterizam as obras de reabilitação.

Contudo, importa evidenciar que a pré-fabricação leve não significa que pese pouco mas sim que é simples e sem complexidade. Por esta razão, a utilização deste tipo de processo mostra-se cada vez mais importante para a fase de transição entre a construção tradicional e a construção industrializada que se pretende atingir para bem da competitividade do sector, uma vez que não existe uma grande necessidade

de investimento pesado em equipamento e, ao mesmo tempo, vão-se adquirindo novos procedimentos de gestão provisional, de conceção de formas e métodos, de ordenação racional de tarefa, de respeito pelo rigor da forma e dimensão e, muito especialmente, pelo planeamento mais exato e controlado.

3 PRÉ-FABRICAÇÃO E CONSTRUÇÃO TRADICIONAL

Nos dias de hoje a pré-fabricação ainda é vista apenas como uma variante técnica da construção tradicional (Figura 3.1 a)). Muitos consideram que a única diferença da construção civil tradicional para a construção pré-fabricada é o facto de os elementos serem produzidos fora do estaleiro e montados posteriormente.

No entanto, este pensamento está parcialmente errado pois a pré-fabricação (Figura 3.2 b)) é um conjunto de técnicas construtivas a serem postas em prática a partir do momento em que surge a ideia do projeto, todo o processo deve ser elaborado, desde o seu início, de forma integrada.

O facto de os elementos pré-fabricados serem elaborados em fábrica garante que estes têm uma racionalização maior dos elementos que os constituem, um controlo de produção mais exigente e não necessita de trabalhadores especializados em obra pois tira partido da repetição de tarefas. Ainda assim este sector é desvalorizado e enfrenta dificuldades a nível de desenvolvimento, tudo devido à falta de confiança em adotar um sistema de construção deste tipo.

Com este capítulo pretende-se comparar as duas metodologias de construção, tendo em conta vários parâmetros. A unicidade de cada projeto torna difícil estabelecer um referencial de comparação entre as técnicas construtivas.



a) Exemplo de construção de um edifício recorrendo à construção tradicional



b) Exemplo de construção de um edifício recorrendo à construção pré-fabricada

Figura 3.1 – Comparação entre construção tradicional e construção pré-fabricada.

O **planeamento** é uma das maiores condicionantes da construção pré-fabricada. O aumento das fases de planeamento é uma das principais diferenças para a construção civil *in situ*, isto porque tem que haver um planeamento extensivo antes da fase de fabrico das peças e da execução da própria obra, pois é necessário ter em conta o sistema de montagem, os transportes que vão ser necessários, a conceção das peças e ainda conseguir inter-relacionar todos estes parâmetros para se obter a melhor projeção.

Uma das grandes desvantagens da construção pré-fabricada é o facto de em estaleiro ser impossível fazer alterações a nível das peças, o que na construção civil tradicional não é um problema pois todos os elementos são fabricados no local e com moldes suscetíveis de alterações.

Duas das maiores vantagens da construção pré-fabricada em relação ao planeamento passam pelo facto de ser possível que o projeto e subsequente fabrico das peças decorra em simultâneo e em paralelo com outras atividades. A segunda vantagem é o tempo de execução do edifício, que em relação com a construção civil tradicional é muito menor, e o facto de ser possível a execução de trabalhos no interior mais cedo do que na construção tradicional (Na Lu, 2007).

Em relação ao fator **prazos** pode dizer-se que “tempo é dinheiro” e, neste caso, a pré-fabricação sai claramente em vantagem em relação à construção tradicional. Pelo facto de todos os elementos estruturais serem pré-fabricados existe uma enorme redução no tempo de execução da obra. Já na construção tradicional o tempo de execução da obra é mais longo, principalmente pelo facto de todos os elementos serem executados no estaleiro da obra e devido as condições climáticas que nem sempre são favoráveis para se trabalhar.

O facto de os materiais serem produzidos na fábrica traz várias vantagens que passam pelo facto de não haver deterioração dos materiais devido a condições climáticas quando estes adquirem presa, o mau tempo não provoca atrasos significativos nas tarefas seguintes (enquanto que na construção tradicional se for necessário betonar uma laje é preciso esperar por boas condições climáticas) (Na Lu, 2007).

A **mão-de-obra** na construção pré-fabricada é menor, a nível de estaleiro, em comparação com a construção tradicional. É importante referir que aumentar a produtividade não implica um aumento de mão-de-obra a nível de pré-fabricação. O facto de as peças serem construídas com maior controlo, em ambiente fabril e com máquinas especializadas, reduz as necessidades de mão-de-obra em estaleiro, facilita o controlo de qualidade e permite uma maior previsibilidade na entrega do produto final (Na Lu, 2007).

Os **equipamentos** a utilizar na pré-fabricação são um dos mais importantes e condicionantes fatores deste tipo de construção. Enquanto na construção tradicional uma das maiores condicionantes é o local

disponível para montagem da grua, na construção pré-fabricada as condicionantes tomam outras dimensões. A capacidade de transporte, as dimensões das peças, o manuseamento das peças e a própria grua de montagem (Figura 3.2) são as principais condicionantes para a execução da obra. Na configuração do estaleiro, é necessário ter em conta a distância máxima de montagem, que limita simultaneamente o peso do elemento e o equipamento a utilizar.



Figura 3.2 – Exemplo de gruas com braços extensíveis para montagem de viga da cobertura.

De acordo com El Debs (2000) os fatores que interferem na escolha dos equipamentos e sua capacidade de carga são os seguintes:

- pesos, dimensões e raios de levantamento das peças mais pesadas e maiores;
- número de levantamentos a serem feitos e a frequência das operações;
- mobilidade requerida, condições de campo e espaço disponível;
- necessidade de transportar os elementos levantados;
- necessidade de manter os elementos suspensos por longos períodos;
- condições topográficas de acesso e;
- disponibilidade e custo do equipamento.

Os tipos de equipamentos mais utilizados são: auto-gruas (guindaste sobre plataforma móvel), gruas de torre ou de pórtico e guindastes acoplados a camiões convencionais. Também é preciso que se verifique a disponibilidade de equipamentos na região da obra, bem como a capacidade de carga dos mesmos. Em determinadas situações, pode ser necessária a importação de equipamentos.

O **transporte** a utilizar é uma grande condicionante da pré-fabricação, porque a maior parte das vezes as peças pré-fabricadas são de grandes vãos (Tabela 3.1)) o que implica camiões com atrelados de elevada extensão com grandes capacidades de carga e ainda a terem estabilidade conforme a altura da peça em causa (Figura 3.3). O facto de os camiões serem de elevada extensão complica também os acessos por onde este pode circular. Alguns elementos pré-fabricados são sobredimensionados pois os danos de transporte que podem ocorrer já se encontram assumidos no cálculo em projeto o que leva a que possam haver acréscimos no custo do projeto, o que na construção tradicional não acontece (Nascimento Neto, 2009).



a) Camião de transporte de vigas

b) Camião de transporte de lajes alveolares

Figura 3.3 – Comparação entre veículos de transporte de diferentes peças.

Tabela 3.1 – Diferentes tipos de transporte e limites correspondentes (Romeu, 2012).

Tipo de transporte	Comprimento pré-fabricado (m)	Largura pré-fabricado (m)	Altura total (m)	Peso pré-fabricado Ton.
Normal	Dentro dos limites do veículo – 13.50	Dentro dos limites do veículo – 2.50	4.00	25
Licença Anual	25.0	3.00	4.60	30
Carro Piloto	32.5	4.50	5.00	45
Carro Piloto e G.N.R.	>32.5	>4.50	>5.00	> 45

Quanto a questões de **custo e economia**, a utilização da pré-fabricação permite que haja uma redução significativa, em comparação com a construção tradicional, nos custos na fase de produção e a nível de mão-de-obra pois como existe maior controlo, existe uma melhor gestão dos recursos. A Tabela 3.2 permite ter uma perceção da redução de custos nos diferentes materiais quando estes estão associados à construção pré-fabricada.

A utilização dos mesmos moldes, constantemente, reduz significativamente o gasto de matérias, enquanto na construção tradicional os moldes normalmente são feitos manualmente e em madeira sendo muitas destas cofragens perdidas por se estragarem.

Tabela 3.2 – Redução de gastos gerados pela pré-fabricação (Leite, 2015).

Economia	%
Betão	20 a 25
Cimento	25 a 33
Madeiras	70 a 90
Duração da construção da obra	40 a 54

A nível de **segurança**, na construção pré-fabricada existe menor risco de acidente pois os trabalhadores encontram-se numa fábrica em ambiente controlado e, além disso, não são tão afetados pelas condições climatéricas como os trabalhadores da construção tradicional. A segurança na construção pode ser analisada segundo dois parâmetros que passam pela segurança estrutural e segurança no trabalho (Silva Resende, 2012).

A segurança estrutural na pré-fabricação traduz-se na possibilidade de analisar as peças, antes da sua aplicação em obra. Caso os resultados obtidos sejam os esperados a peça pode sair para a obra, caso não esteja de acordo com o esperado a peça terá que ser refeita. Estas análises podem ser feitas através de ultra-sons, ensaios de carga com leitura direta ou com leitura indireta (Silva Resende, 2012).

A segurança no trabalho é proporcionada por uma redução da possibilidade de acidentes em trabalho e só é conseguida porque existe uma maior qualificação dos operários intervenientes na montagem e a utilização de equipamentos de transporte, de elevação e de montagem adequados.

Na construção tradicional acontecem mais acidentes pois muitas das vezes os materiais não estão nas devidas condições e não seguem as normas de regulamentação aplicável.

No sistema da **qualidade a construção pré-fabricada** traz algumas vantagens pois os elementos são produzidos em fábrica com um nível de exigência e de controlo maiores (Figura 3.4) do que os elementos produzidos em estaleiro na construção tradicional (Na Lu, 2007). É possível obter um produto final com maior qualidade devido ao maior grau de precisão, às dimensões normalizadas e à apertada supervisão em fábrica. A garantia de qualidade durante a fabricação baseia-se em quatro aspectos:

- mão-de-obra;

- instalações e equipamentos de fábrica;
- matéria-prima e processos operacionais;
- controlo da qualidade na execução.



a) Equipamento para produção de painéis pré-fabricados da empresa CONCREMATE



b) Colocação da armadura do painel pré-fabricado a ser executado



c) Betonagem do painel pré-fabricado



d) Painel de GRC da empresa CONCREMATE

Figura 3.4 – Exemplo do controlo e organização existente na pré-fabricação.

A **durabilidade** é um importante conceito a ter em mente quando se está a falar de elementos pré-fabricados. A durabilidade de edifícios construídos usando qualquer um dos métodos construtivos que têm vindo a ser comparados é neste caso muito semelhante, no entanto, a pré-fabricação, mesmo assim, consegue ter vantagem. As construções pré-fabricadas possuem maior potencial em termos de durabilidade do que as construções *in situ*, devido ao uso altamente otimizado e potenciado dos materiais que constituem as peças. Isto obtém-se através da utilização de equipamentos específicos e atualizados que se encontram envolvidos no processo de fabricação cuidadosamente elaborado das peças pré-fabricadas (Na Lu, 2007).

A pré-fabricação emprega equipamentos tecnologicamente avançados para a preparação do betão. Aditivos e adjuvantes são utilizados para conseguir os desempenhos mecânicos específicos, para cada classe de betão que se pretende obter. A relação água/cimento pode ser reduzida ao mínimo possível e a compactação e a cura são executadas em condições controladas, o que proporciona uma mistura mais eficaz do que aquela que é feita no local de obra (Na Lu, 2007).

Em resumo, do que foi descrito anteriormente, apresenta-se a Tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Análise SWAT da construção recorrendo à pré-fabricação (Cunha, 2010).

<p style="text-align: center;">Vantagens</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Rapidez de construção; ✓ Maior previsibilidade de custos e prazos; ✓ Menos quantidade de energia consumida na fase de construção; ✓ Redução do desperdício de materiais e recursos; Considera o processo de desconstrução; ✓ Menor impacto do estaleiro no meio ambiente local; ✓ Aumento da segurança em estaleiro; ✓ Diminuição da necessidade de espaço de armazenamento em estaleiro; ✓ Redução das paragens e atrasos em obra. 	<p style="text-align: center;">Inconvenientes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mais energia consumida nas operações de transporte e montagem dos componentes; • Custos iniciais mais elevados • Impossibilidade ou grande dificuldade de efetuar alterações em estaleiro; • Necessidade de mão-de-obra especializada.
<p>Construção Pré-fabricada</p>	
<p style="text-align: center;">Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Aumento da qualidade dos produtos finais construídos; ✓ Maior controlo e coordenação ao longo de todos os processos; ✓ Flexibilidade de soluções; ✓ Aumento da produtividade do setor da construção; ✓ Edifícios sustentáveis e energeticamente eficientes; ✓ Participação do cliente e fabricante no processo de conceção – maior acompanhamento. 	<p style="text-align: center;">Ameaças</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aumento dos custos de transporte; • Falta de conhecimento e formação dos vários intervenientes da indústria da construção na temática da construção pré-fabricada; • Perceção errada de edifícios pré-fabricados com fraca qualidade por parte da maioria da população; • Inércia à mudança por parte de Projetistas, Empreiteiros e Utilizadores.

4 ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS

Na construção pré-fabricada de armazéns é usual definir as diferentes estratificações da construção podendo ser referidos como elementos mais usuais neste tipo de construção as fundações, os pilares, as vigas, as lajes, as paredes e as escadas.

4.1 FUNDAÇÕES

No que diz respeito às fundações, na pré-fabricação pode-se afirmar que os elementos executados com mais frequência são sapatas, estacas ou lintéis, porém, em Portugal opta-se a maior parte das vezes pela betonagem *in situ* sendo que posteriormente é feita a ligação entre a fundação e o elemento a receber.

No entanto, o facto de esta ser a solução mais utilizada não quer dizer que seja a melhor pois quando se referem a fundações pré-fabricadas implica-se que exista um maior controlo do betão nos elementos a executar e um menor tempo de execução, comparativamente com a construção tradicional (Albarran, 2008).

Na execução de fundações podem ser apresentadas várias soluções recorrendo à pré-fabricação, sendo uma das mais usuais a fundação com recurso à sapata tipo cálice (Figura 4.1). Este tipo de sapata consiste num pedestal saliente na face superior da fundação, em todo o perímetro, destinado a acomodar a extremidade inferior do pilar (Lagartixo, 2011).



Figura 4.1 – Modelo de sapata cálice.

4.2 PILARES

Os pilares são normalmente destinados para apoio de membros transversais, tais como lajes, painéis e vigas, tendo normalmente a sua secção transversal forma quadrangular ou retangular (Figura 4.2). São geralmente concebidos como elementos de vários níveis, que vão desde um simples elemento por piso até um elemento com seis níveis ou até mais (PCI, 1999).

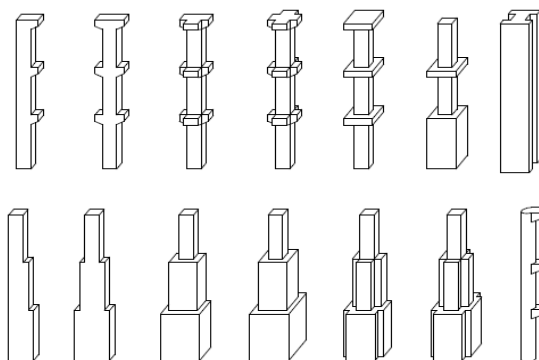


Figura 4.2 – Diferentes modelos de pilares (Magalhães, 2013).

Normalmente, os pilares pré-fabricados apresentam dimensões mínimas de 30cm, de maneira a que seja possível a ligação entre o pilar e o elemento, sendo esta realizada de variadas maneiras, de modo a garantir o monolitismo do elemento ou do conjunto dos elementos que se pretendam ligar.

De acordo com o REBAP, artigo 120.º, a dimensão mínima da secção transversal dos pilares não deve ser inferior a 200 mm, e, artigo 59.º, a determinação do comprimento efetivo para figuras reticuladas deve ter em consideração as não linearidades físicas e geométricas, sendo que o elemento depende do seu comprimento e das condições de ligação das suas extremidades. A maioria dos pilares tem uma secção transversal com forma quadrada ou retangular nos tamanhos de 0,30 m por 0,30 m a 0,60 m por 1,20 m, que permitem a ligação às vigas e garantem uma resistência ao fogo, que varia de acordo com a utilização tipo do edifício (Magalhães, 2013).

Este tipo de elementos apresenta alturas até 12 m em edifícios de 1 piso e 15 m para edifícios de vários pisos, tornando estes os elementos normalmente com maior vão, pois deste modo diminuem o número de ligações a efetuar em obra. Porém, o facto de estes possuírem um vão extenso, condiciona o seu manuseamento durante todo o processo, desde o fabrico, armazenamento, transporte e a montagem em obra. Devem por isso ser previstos, tanto em fase de projeto como em fase de obra, pontos de elevação e fixação destas peças, principalmente se estiver prevista betonagem complementar *in situ*, nos nós de ligação viga-pilar. Outra das características dos pilares são as suas faces laterais que podem ser completamente lisas ou com rasgos verticais de cima abaixo, para permitir o encaixe de painéis de parede (Lagartixo, 2011).

4.3 VIGAS

As vigas podem ser definidas como elementos horizontais que suportam componentes de plataforma, como vigotas e lajes, sendo consideradas componentes estruturais. As vigas podem apresentar diferentes configurações, (Figura 4.3) sendo que as mais usuais passam por: retangulares, em forma de L, T invertido e em forma de I (PCI, 1999).

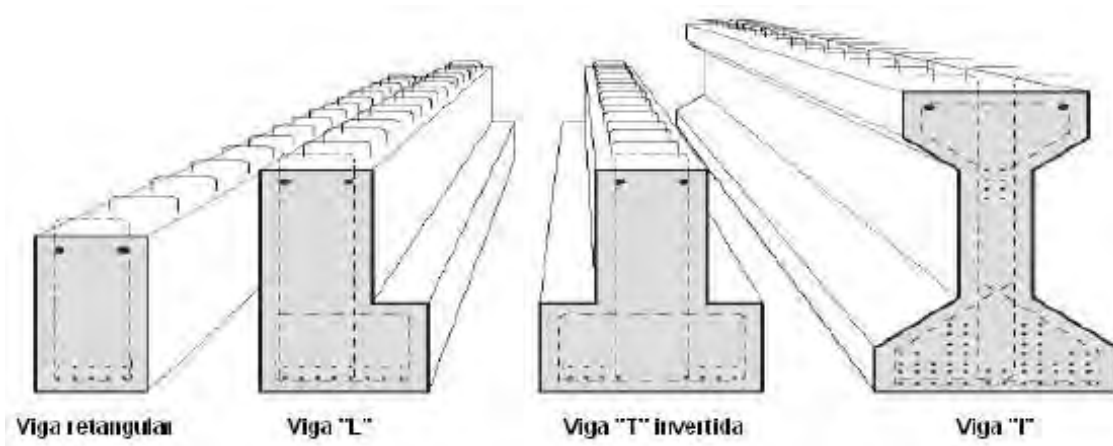


Figura 4.3 – Diferentes modelos de viga (Magalhães, 2013).

As vigas, normalmente, podem ser produzidas com qualquer tamanho, de maneira a satisfazer aspetos arquitetónicos e estruturais exigidos. Quando se fala de vigas pré-fabricadas pressupõe-se que a altura destas normalmente esteja entre 0,40m e 2,00m, enquanto que a largura varia entre 0,30m e 0,60m, existindo ainda uma relação vão/altura que varia entre 10 e 20 (Magalhães, 2013).

Em termos funcionais, as vigas geralmente podem ser distinguidas da seguinte forma:

- vigas principais de cobertura;
- vigas secundárias de cobertura;
- vigas de piso;
- vigas caleira.

A figura 4.4 permite ter uma perceção da localização e da aplicação funcional de cada um dos tipos de viga descritos anteriormente.

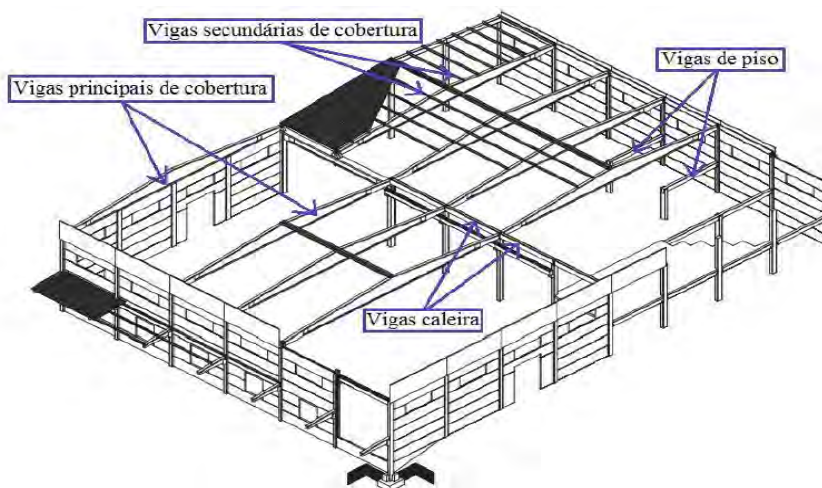


Figura 4.4 – Diferentes aplicações estruturais de vigas pré-fabricadas (FIP (2004)).

4.3.1 Vigas principais de cobertura

As vigas principais da cobertura também designadas de asnas, quando pré-fabricadas são normalmente vigas delta com secção transversal em I e com secção longitudinal variável (Figura 4.5). Estas vigas são destinadas a receber as vigas secundárias de cobertura (madres).



Figura 4.5 – Modelo de viga delta.

Abaixo segue a Tabela 4.1 com especificações de comprimento, largura e peso dos diferentes tipos de viga delta.

Tabela 4.1 – Especificações das vigas delta (Prainsa,2013).

Nome	Largura (mm)	Comprimento (mm)	Peso (ton)
Delta 1 – Armada	400	$8000 \leq L \leq 16000$	$2,18 \leq P \leq 4,77$
Delta 2 – Pré-esforçada	400	$16000 \leq L \leq 24000$	$6,97 \leq P \leq 11,34$
Delta 3 - Pré-esforçada	500	$24000 \leq L \leq 29000$	$11,91 \leq P \leq 14,74$
Delta 3 - Pré-esforçada	600	$23000 \leq L \leq 34000$	$11,99 \leq P \leq 19,52$

Delta 4 - Pré-esforçada	800	$29000 \leq L \leq 40000$	$25,75 \leq P \leq 34,74$
Delta 5 - Pré-esforçada	800	$39000 \leq L \leq 50000$	$43,22 \leq P \leq 54,90$

4.3.2 Vigas secundárias de cobertura

Tratam-se de vigas que apoiam nas vigas principais da cobertura (Figura 4.6), sendo vigas pré-esforçadas por pré-tensão, utilizadas com o intuito de suportar os revestimentos da cobertura e as suas sobrecargas.

Estas vigas, normalmente, apresentam uma configuração em I, com comprimentos compreendidos entre os 2,5 m e os 14m e de secção transversal variável entre 0,12m e 0,60m, no entanto, podem também apresentar secção constante e maiores vãos, sendo estas normalmente utilizadas para travamentos (FIP, 2004).

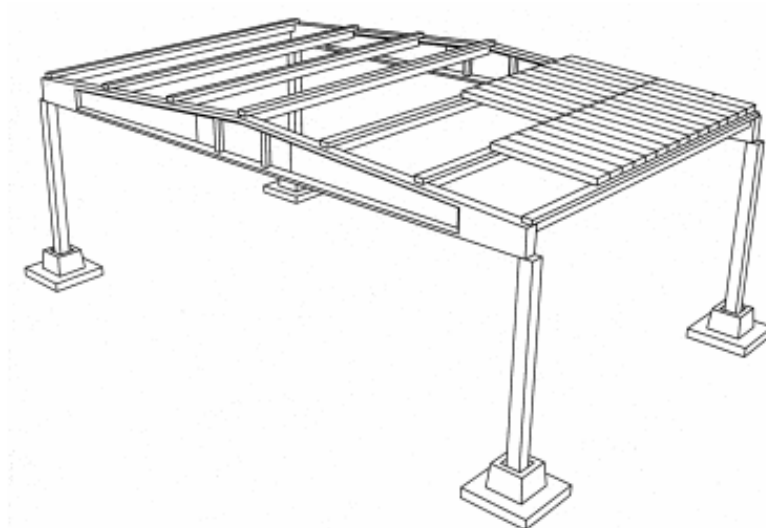


Figura 4.6 – Exemplo de vigas secundárias (FIP, 2004).

4.3.3 Vigas de piso

São vigas que se apoiam diretamente ou indiretamente sobre os pilares, através de ligações executadas ou de consolas curtas, utilizadas como apoio de lajes de pisos intermédios, podendo funcionar simultaneamente como elementos de travamento das estruturas. Estas vigas permitem vencer vãos entre 4 e 20 m e a sua secção transversal varia em função do fabricante.

4.3.4 Vigas caleira

São vigas aplicadas nos beirais das estruturas, tendo como principal função a condução das águas pluviais provenientes da cobertura até ao tubo de queda. Estas vigas podem ser apoiadas no topo dos pilares e, normalmente, são vigas com secção vazada (Figura 4.7).



Figura 4.7 – Modelos de vigas caleira (Magalhães,2013).

4.4 ESCADAS

As escadas em betão pré-fabricado podem ser usadas em qualquer situação em que seja necessário um conjunto de escadas ou lanços individuais. Normalmente são fabricadas com configurações em “Z” aberta, em que os patamares superiores e inferiores são moldados numa só peça, juntamente com a secção dos degraus (Figura 4.8 a)), ou como elementos mais curtos, somente na secção de piso da escada (Figura 4.8 b)), suportados por elementos de piso separadamente (PCI, 1999).

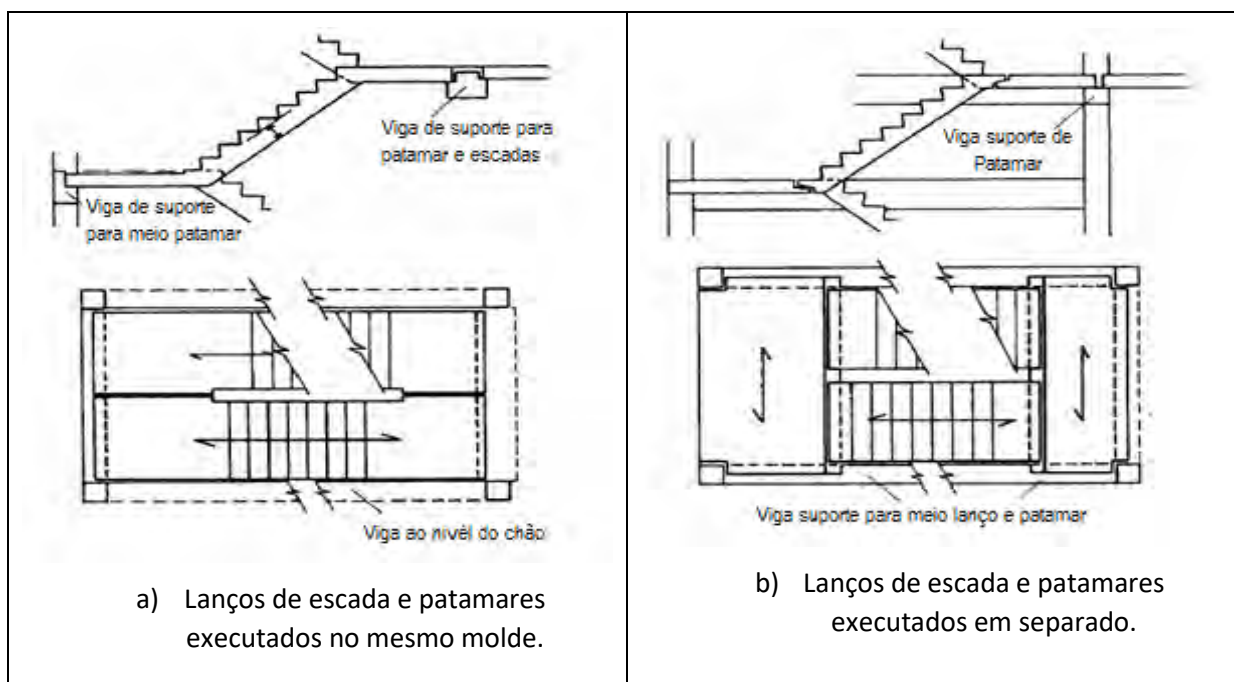


Figura 4.8 – Modelos de escadas pré-fabricadas (FIP,2004).

4.5 PAREDES

Os painéis de parede de betão pré-fabricado são componentes versáteis que podem ser usados como elementos estruturais, de design ou da combinação de ambos (Figura 4.9). Normalmente são concebidos como elementos de suporte de carga ou não resistentes. Os painéis não-resistentes podem ser ligados a qualquer tipo de elementos estruturais, incluindo elementos pré-fabricados de betão, elementos moldados *in situ* de betão ou de aço podendo ser montados em posição horizontal, em habitações multifamiliares ou aplicados em escritórios, ou em posição vertical, normalmente utilizada em projetos de armazém (PCI, 1999).



Figura 4.9 – Painel de betão pré-fabricado.

5 LIGAÇÕES DE ELEMENTOS PRÉ-FABRICADOS

Na construção pré-fabricada a garantia de que a construção é bem executada passa muito pelo tipo de ligações que são utilizadas na construção. Como existe uma certa limitação de vãos das peças pré-fabricadas (isto devido ao transporte e devido aos vãos não poderem ser demasiado grandes), estas são divididas em peças de menores dimensões, criando a necessidade de existirem ligações entre os elementos que permitam a transferência adequada das forças aplicadas na estrutura até as fundações.

Na construção de um qualquer edifício as ligações são a parte mais importante do sistema estrutural. A resposta da estrutura às ações atuantes, incluindo ações indiretas (retração, fluência, fogo), vai depender das características e da execução das ligações entre os elementos pré-fabricados.

Portanto, as conexões e os elementos devem ser concebidos e detalhados como uma unidade, onde o fluxo de forças é lógico e natural, de modo a que haja transferência de esforços entre as interfaces dos elementos pré-fabricados, através da zona de ligação e os mesmos interajam entre si como um único sistema estrutural (Figura 5.1).

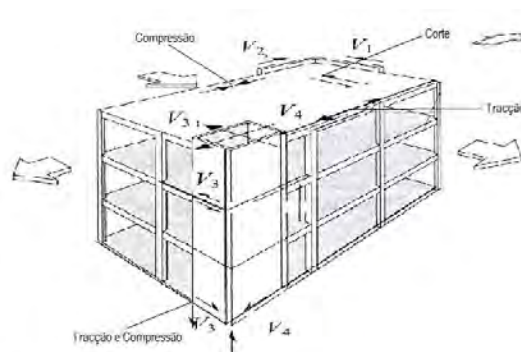


Figura 5.1 – Possíveis esforços mobilizados no edifício (FIB, 2008)

Tal interação pode ter diferentes propósitos:

- ligação dos elementos à estrutura de apoio;
- garantir o comportamento global pretendido para a estrutura, como ações de diafragma nos subsistemas de pisos, ação de contraventamento em paredes compostas por elementos de painéis;

- transferir forças do seu ponto de aplicação para um subsistema de estabilização, como um núcleo ou parede de contraventamento;

Uma das maiores vantagens do betão pré-fabricado é a velocidade da construção. Contudo, para atingir os objetivos rapidamente é necessário que as soluções sejam simples e fáceis de executar, e se tenham em conta todas as fases do processo de construção desde o projeto até à montagem (Albarran, 2008).

Existem essencialmente 3 tipos de ligações entre elementos estruturais pré-fabricados:

- ligações simples;
- ligações com continuidade;
- ligações semi-rígidas.

As ligações simples são ligações onde existe a liberdade de rotação, nestes casos, na obra, a ligação é executada com apoios simples (com ou sem a membrana de neoprene) com a utilização de pernos com “grouts” de ligação ou ligações aparafusadas.

Nas ligações com continuidade existem betonagens *in situ* localizadas nas zonas de ligação e existe ainda a ligação através de soldaduras.

As ligações semi-rígidas são ligações em que se assume uma continuidade estrutural limitada.

A escolha do tipo de ligações tem como base dois parâmetros que passam pelo tipo de elemento a ligar e o tipo de esforço a ser transmitido.

Os esforços a transmitir podem ser de (Albarran, 2008):

- compressão;
- tração;
- corte;
- momento fletor;
- momento torsor;
- combinações dos anteriores.

As ligações entre os elementos pré-fabricados podem ser do tipo (Albarran 2008):

- ligação pilar-fundação;
- ligação pilar-pilar;

- ligação pilar-viga;
- ligação viga-viga;
- ligação viga secundaria – viga principal;
- ligação viga laje;
- ligação laje-laje;
- ligação laje pilar;
- ligação paredes/painéis: entre pilares, vigas e lajes.

Na Tabela 5.1 estão enumeradas as ligações existentes entre elementos pré-fabricados, bem como os possíveis esforços atuantes em cada ligação. Na mesma tabela é também descrito o método que é utilizado para fazer a ligação entre as peças pré-fabricadas e o tipo de comportamento á flexão das mesmas.

Tabela 5.1 – Tipo de ligações e esforços atuantes (Leite, 2015).

Classificação	Quanto ao tipo de elementos ligados	Quanto aos esforços transmitidos	Quanto ao processo de execução	Quanto ao comportamento das ligações à flexão
Caraterísticas	Pilar – Fundação	Tração	Aparafusadas	Simplesmente apoiadas
	Pilar – Pilar		Atrito	
	Pilar – Viga	Compressão	Coladas	Articuladas
	Viga – Viga		De continuidade betonadas em obra	
	Viga – Parede		Flexão	Pré-esforçada
	Laje – Viga	Rígidas		
	Laje – Laje		Corte	Soldadas
	Laje – Parede			
	Parede – Fundação			
	Parede – Parede			

A execução das ligações em obra pode ser muito complexa, pois existem soluções de montagem variadíssimas, pelo que se pode caracterizar de um modo simples os seguintes tipos:

- ligações de continuidade betonadas em obra, na zona entre elementos pré-fabricados em que se estabelece a emenda da armadura;
- ligações pré-esforçadas, aplicando um pós-esforço aos elementos pré-fabricados, através da junta de ligação;

- ligações coladas, normalmente com resinas epoxídicas, na superfície de contacto entre elementos;
- ligações aparafusadas, ligando os elementos pré-fabricados através de elementos metálicos roscados e parafusos, de modo idêntico ao que é feito em estruturas metálicas ou mistas;
- ligações soldadas, soldando chapas ou outros elementos metálicos salientes dos elementos pré-fabricados a ligar;
- ligações de atrito, mobilizando o atrito induzido pelo peso próprio entre elementos;
- ligações mistas, combinando várias ligações entre si.

A determinação da resistência e da rigidez das ligações que são utilizadas pode ser obtida por fórmulas analíticas, ou através de ensaios laboratoriais. Nestes devem ser previstos desvios desfavoráveis nas condições dos ensaios, aquando da obtenção dos valores de cálculo. Outro fator que pode ser levado em conta é a influência de imperfeições devido á mão-de-obra.

A conceção e dimensionamento das ligações, segundo Precast/prestressed concrete institute (STUPRÉ, 1981), devem satisfazer as seguintes exigências estruturais:

- resistência mecânica: todas as ligações entre os elementos estruturais deverão resistir de forma apropriada aos efeitos das ações que se fazem sentir durante o tempo de vida útil da estrutura;
- ductilidade: em termos gerais pretende-se que a estrutura apresente capacidade de permitir deformações antes da rotura; nas estruturas pré-fabricadas esta ductilidade decorre tanto nos elementos como nas ligações.
- durabilidade: dever-se-ão ter em atenção todos os elementos a nível estrutural, em especial atenção as ligações, pois deverão apresentar características de durabilidade adequada, de acordo com a exposição ambiental, em particular, a proteção contra a corrosão de elementos metálicos expostos deverá ser assegurada através do seu envolvimento em betão ou através de tratamento anticorrosivo das superfícies expostas;
- resistência ao fogo: as estruturas pré-fabricadas devem apresentar uma resistência ao fogo equivalente à das estruturas betonadas *in situ*. Em alguns casos poderá ser necessário que os elementos metálicos estejam envolvidos em betão ou noutro material que reúna as características de isolamento requeridas;
- estabilidade e equilíbrio: estas exigências estruturais referem-se não só ao comportamento definitivo da estrutura mas também ao comportamento provisório das diferentes fases de montagem;

- normalização: um sistema de ligação normalizado torna-se benéfico, uma vez que permite a escolha de uma solução padrão, economizando tempo e eliminando possíveis erros de cálculo, além de criar uma repetição para os trabalhos, diminuindo a probabilidade de erros na mão-de-obra. Os elementos necessários para uma ligação padronizada também podem ser mantidos em “stock” na fábrica.
- simplicidade: um sistema de ligação simples é importante para conseguir um detalhe de ligação económico e menos suscetível de ser executado incorretamente. Consequentemente, todos os arranjos de conexão devem consistir no menor número possível de peças não incorporadas no elemento.
- movimento: as ligações não devem dificultar os movimentos necessários à estrutura, na maior parte dos casos devido à deformação das vigas e lajes, devido a cargas e/ou forças de pré-esforço e/ou variações de temperatura.

5.1 LIGAÇÃO SAPATA – PILAR

O sistema pilar-fundação tem como principal objetivo transferir os esforços existentes que são exercidos no pilar para os elementos de fundação.

A ligação pilar - sapata pode ser feita de diversas maneiras e consiste na ligação do pilar à fundação, através do contacto entre extremidades.

A ligação entre estes dois elementos pode ser executada, recorrendo a peças metálicas ou betonagem *in situ*.

5.1.1 Ligação por encaixe

A ligação sapata-pilar por encaixe (Figura 5.2) é uma das soluções mais usuais na construção pré-fabricada. Esta ligação consiste na colocação do pilar pré-fabricado numa sapata do tipo cálice. A colocação do pilar na posição correta é feita com o auxílio de cunhas de madeira e posteriormente é selado com argamassa. As ligações por encaixe podem apresentar na zona do cálice superfícies rugosas ou superfícies lisas. A escolha da superfície vai ditar se o pedestal vai apresentar saliências ou não, pois com superfície rugosa não necessita de saliências e com superfície lisa estas já são necessárias.

Segundo a norma NP 1992-1-1, os encaixes de betão devem ser capazes de transferir esforços verticais, momentos fletores e os esforços horizontais dos pilares ao terreno. As dimensões do encaixe devem ser suficientes para permitir uma boa betonagem da base do pilar e em torno dele.

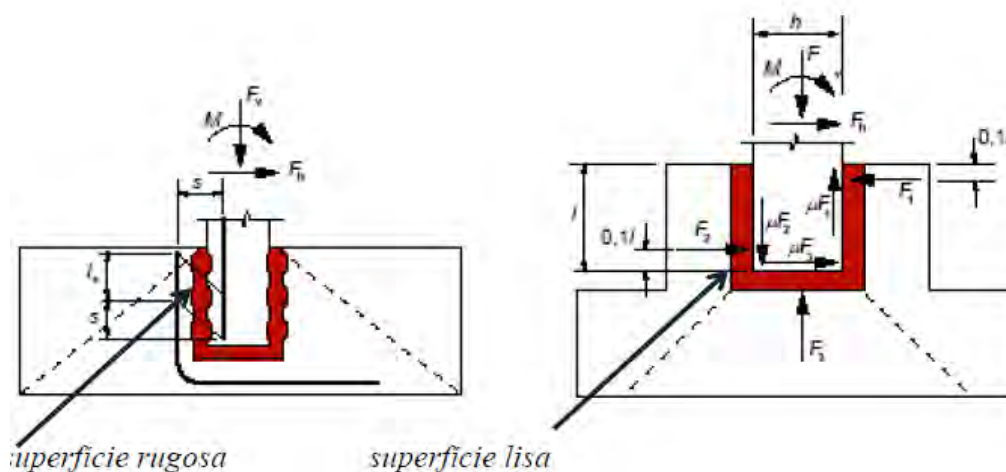
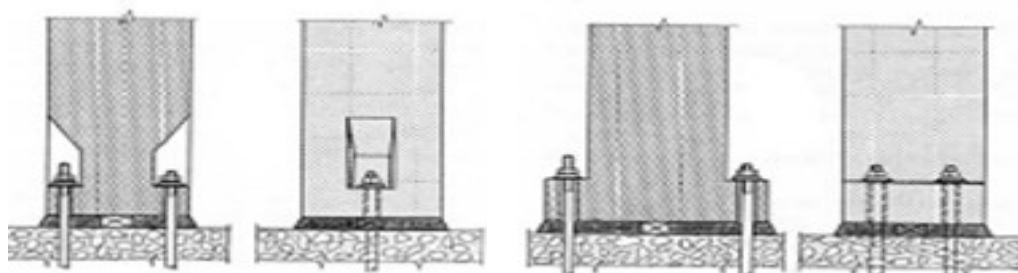


Figura 5.2 – Exemplo de ligações por encaixe (NP EN 1992-1-1, 2008).

Existem ainda outros tipos de ligações de pilar-sapata que não são tão usais. Nestas soluções são deixadas em espera, na fundação, as armaduras longitudinais, para serem encaixadas em nichos no pilar, as quais, posteriormente, são preenchidas com “grout”. Existe também a solução contrária onde os pilares apresentam armaduras salientes para encaixe nos negativos existentes nas sapatas.

5.1.2 Ligação por parafuso

A ligação por parafusos (Figura 5.3) consiste no “aparafusamento” do pilar à sapata. O pilar é colocado sobre uma base em chapa metálica, que se encontra soldada à armadura longitudinal, e já vem preparada com os orifícios para a colocação dos parafusos. Os parafusos podem ser colocados na abertura embutida nos pilares ou na parte saliente dos mesmos, como mostra a Figura 5.3 (a) e b)). Posteriormente, é feito o aparafusamento dos parafusos aos chumbadouros deixados nas bases das fundações.



a) Aparafusamento com embutimento no pilar.

b) Aparafusamento na saliência do pilar.

Figura 5.3 – Soluções de ligação pilar fundação por parafusos (STUPRÉ, 1981).

5.1.3 Ligação por chapa

Neste tipo de ligações a fundação dispõe de chumbadouros com extremidades salientes e roscadas, embebidas e devidamente ancoradas ao betão (Figura 5.4). A face inferior do pilar apresenta uma chapa metálica com a furação concordante com a posição dos chumbadouros. O pilar é posicionado sobre a fundação, sendo o nivelamento obtido através da colocação de calços de madeira. O espaço entre a fundação e a chapa é selado com argamassa não retrátil, cuja resistência deverá ser igual ou superior à do betão dos elementos estruturais.

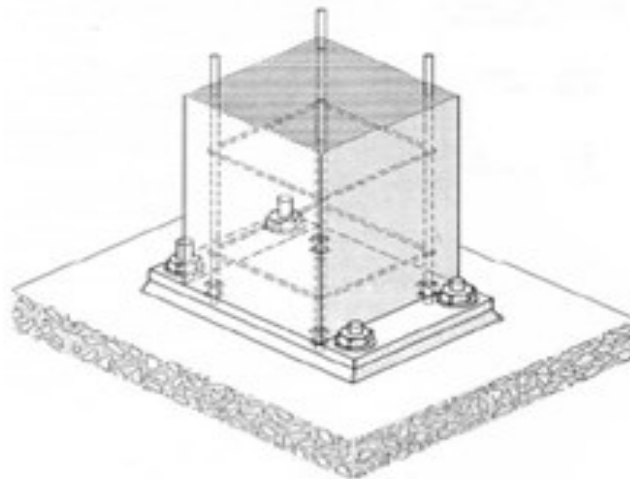


Figura 5.4 – Modelo de ligação sapata-pilar através de chapa (STUPRÉ, 1981).

Por sua vez, esta ligação consiste na soldadura de perfis nas faces, de modo a que exista um comportamento uniforme das duas peças (Figura 5.5). O espaço entre a fundação e a chapa é selado com argamassa não retrátil, cuja resistência deverá ser igual ou superior à do betão dos elementos estruturais.

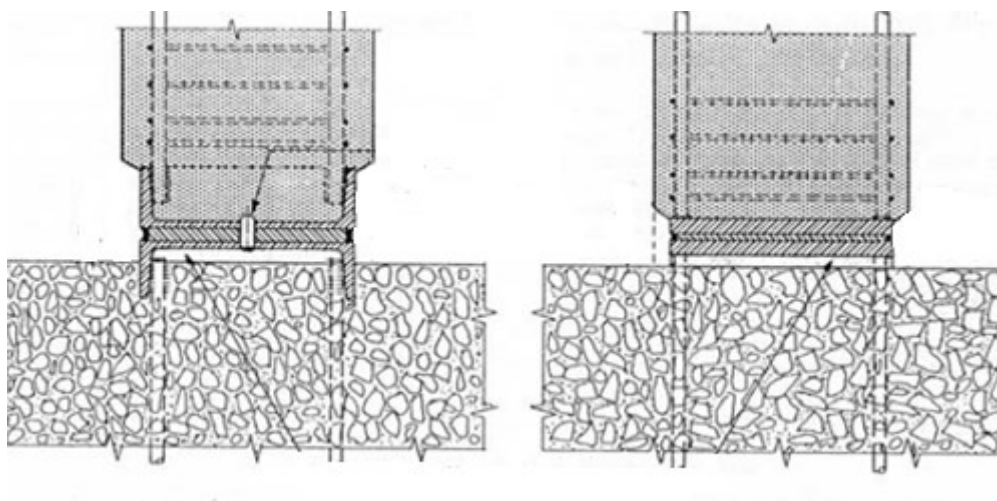


Figura 5.5 – Modelo de ligação sapata-pilar através de soldaduras (STUPRÉ, 1981).

5.1.4 Ligação por ligadores a varões

Nesta ligação, na fundação de suporte ao pilar e no pilar já se encontram embutidos e devidamente ancorados varões roscados, sendo estes posteriormente ligados através de roscas que fazem a união dos varões e, por sua vez, entre as peças (Figura 5.6). Após a ligação dos varões e com o pilar já na devida posição é feita a cofragem na zona da ligação e é feita a respetiva betonagem.

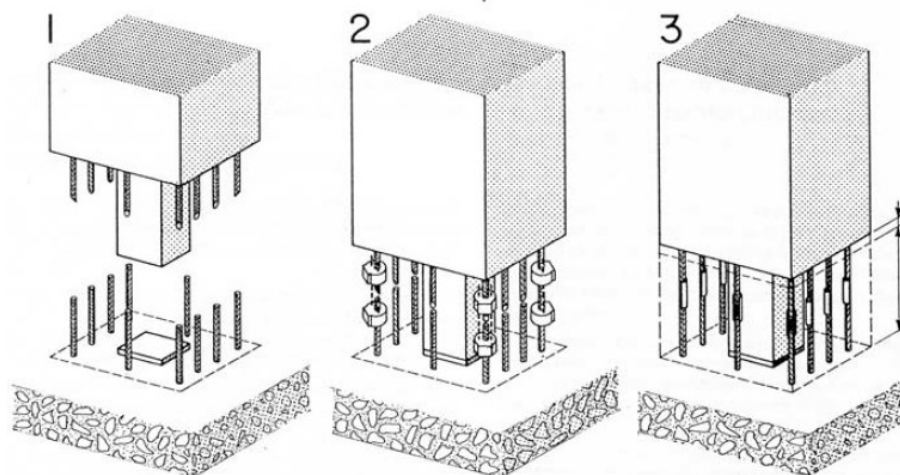


Figura 5.6 – Modelo de ligação sapata-pilar, recorrendo a ligadores de varões (STUPRÉ, 1981).

5.1.5 Ligação por soldadura a varões

Nesta ligação, na fundação de suporte ao pilar e no pilar já se encontram embutidos e devidamente ancorados varões que posteriormente serão soldados após colocação na devida posição (Figura 5.7). De seguida é feita a betonagem da zona em falta.

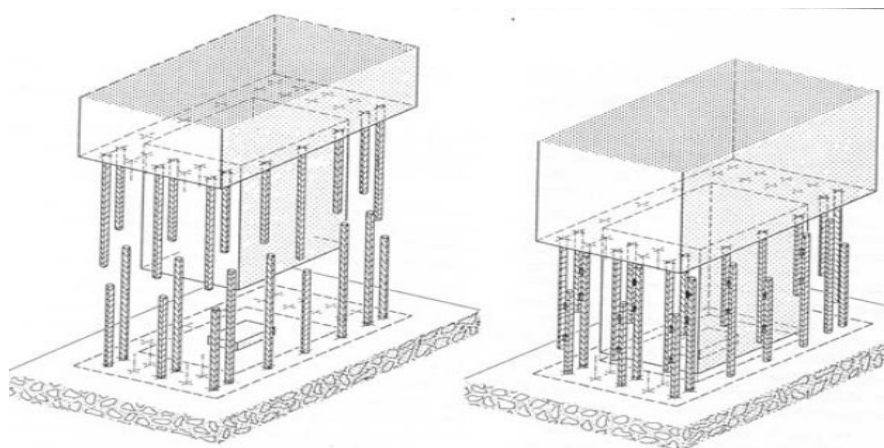


Figura 5.7 – Exemplo de ligação sapata-pilar através de soldadura de varões (STUPRÉ, 1981).

5.1.6 Ligação por pós tensão

Este tipo de ligação consiste na colocação de bainhas dentro das peças pré-fabricadas e, após a montagem das peças, são colocados nas bainhas os cabos de protensão e pós-tensionados. Normalmente, as ligações executadas recorrendo a este tipo de solução são dimensionadas para resistir a forças de tração e corte.

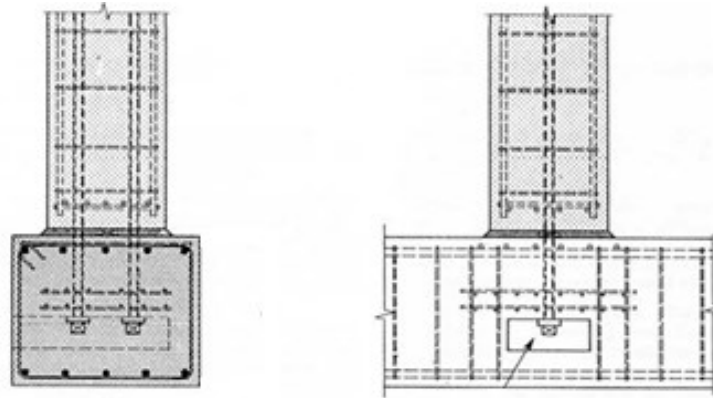


Figura 5.8 – Modelo de ligação sapata-pilar através de pós-tensão (STUPRÉ, 1981).

5.1.7 Ligação por rótula

Esta ligação consiste na colocação de uma rótula na zona entre a junção do pilar e da fundação (Figura 5.9). Esta rótula tem como função impedir a existência de continuidade entre os elementos, não transmitindo momentos para o terreno.

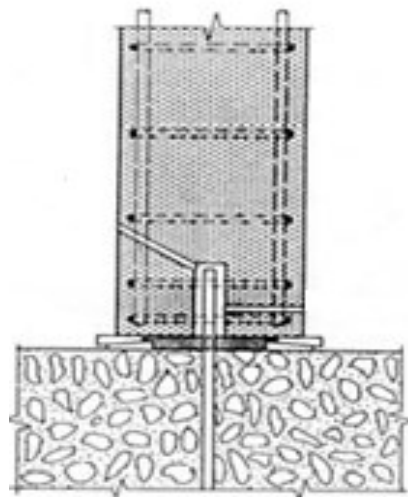


Figura 5.9 – Modelo de ligação sapata-pilar recorrendo a rótula (STUPRÉ, 1981).

5.2 LIGAÇÃO PILAR – PILAR

A ligação pilar – pilar consiste na união das duas extremidades dos pilares com recurso a “grout”, chapas metálicas ou parafusos, entre outras ligações. Pretende-se obter uma ligação monolítica, de modo a que exista um comportamento único entre os elementos. Abaixo, referem-se os tipos de ligações existentes:

5.2.1 Ligação através de Parafusos

A ligação pilar-pilar pode ser executada através de parafusos (Figura 5.10), ou seja, na extremidade dos pilares pré-fabricados aplicam-se 4 parafusos (nos varões roscados de união) que permitem a união e fixação dos tramos na posição final. De modo a que não existam tensões provocadas pelo atrito entre as peças é colocada uma banda de neoprene na junção das mesmas.

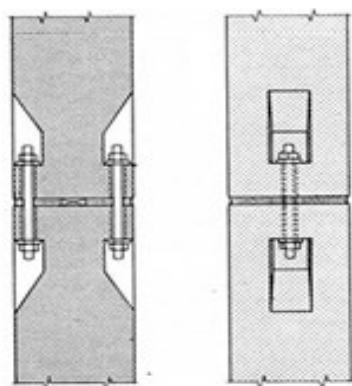


Figura 5.10 – Ligação pilar-pilar com recurso a parafusos (STUPRÉ, 1981).

5.2.2 Ligação por emendas

A ligação pilar-pilar nesta situação é realizada através de varões de aço que ficam em espera no pilar inferior, os quais encaixam em bainhas no pilar superior, sendo esta ligação posteriormente preenchida com “grout” para garantir o funcionamento em conjunto dos dois pilares (Figura 5.11). As bainhas devem ser rugosas, de modo a permitir uma boa aderência entre o “grout” e as paredes.

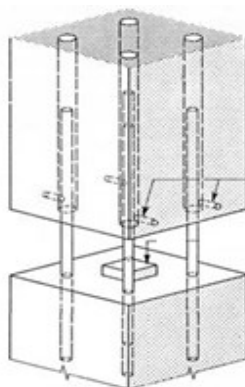


Figura 5.11 – Modelo de ligação pilar-pilar com recurso a emendas (STUPRÉ, 1981).

5.2.3 Ligação por soldadura de perfis nas faces

Esta ligação consiste na soldadura de perfis nas faces (Figura 5.12), de modo a que exista um comportamento uniforme das duas peças.

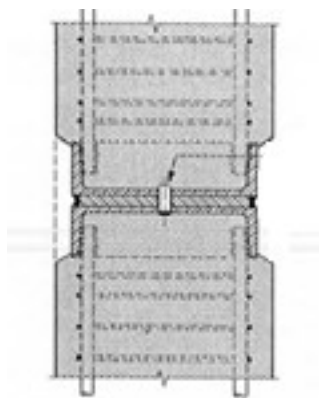


Figura 5.12 – Modelo de ligação entre pilares com recurso a chapas (STUPRÉ, 1981).

5.2.4 Ligação por ligadores a varões

Nesta ligação, no pilar inferior e superior já se encontram embutidos e devidamente ancorados varões roscados, sendo estes posteriormente ligados através de roscas que fazem a união dos varões e, por sua vez, entre as peças (Figura 5.13). Após a ligação dos varões e com o pilar já na devida posição é feita a cofragem na zona do pilar onde falta betão e é feita a respetiva betonagem.

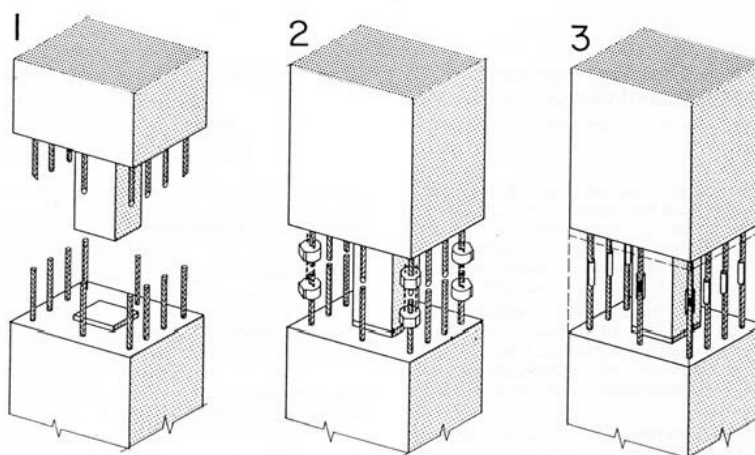


Figura 5.13 – Ligação pilar - pilar recorrendo a ligadores de varões (STUPRÉ, 1981).

5.2.5 Ligação por soldadura de varões

Nesta ligação, já se encontram embutidos em ambos os pilares e devidamente ancorados varões que posteriormente serão soldados após colocação na devida posição (Figura 5.14). De seguida é feita a

betonagem da zona em falta. Nesta solução é possível ter unicamente varões nas laterais ou varões em toda a volta do pilar.

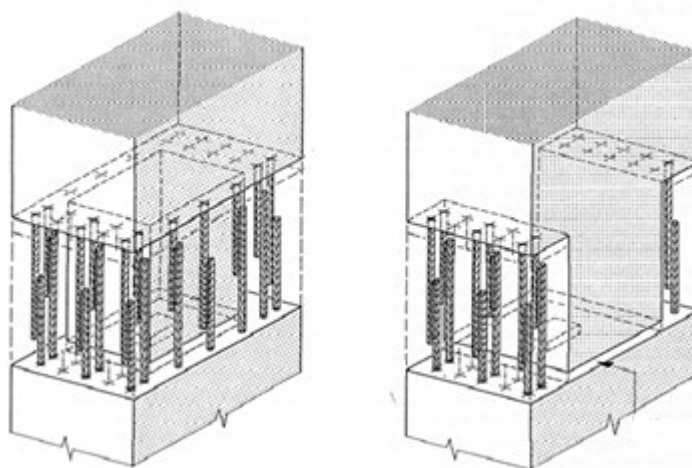


Figura 5.14 – Ligação pilar-pilar através de vares soldados (STUPRÉ, 1981).

5.2.6 Ligação por pós-tensão

Este tipo de ligação consiste na colocação de bainhas dentro das peças pré-fabricadas e, após a montagem das peças, são colocados, nas bainhas, os cabos de protensão e pós-tensionados (Figura 5.15). Na zona dos varões é colocado “grout” através das aberturas previamente executadas e na zona de contacto entre as peças é colocada argamassa não retrátil.

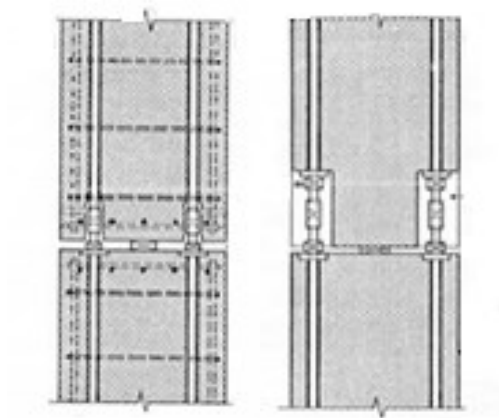


Figura 5.15 – Utilização da pós-tensão na união de pilares pré-fabricados (STUPRÉ, 1981).

5.2.7 Ligação por cavilha

A ligação entre os pilares é executada através de uma cavilha (Figura 5.16) que posteriormente vai receber “grout” a partir de uma abertura já executada aquando da execução do pilar. Na união dos pilares é colocada uma banda de neoprene para evitar que se gerem tensões entre as peças.

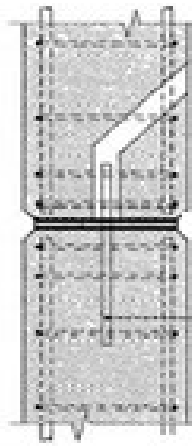


Figura 5.16 – Modelo de ligação pilar-pilar através de rótula (STUPRÉ, 1981).

5.3 LIGAÇÃO PILAR – VIGA

As vigas pré-fabricadas são projetadas correntemente para que trabalhem num sistema simplesmente apoiado. Neste tipo de ligações existe uma vasta gama de soluções, pois podem ter-se soluções de ligações para piso ou cobertura e com continuidade ou sem continuidade. De um modo geral, as ligações pilar-viga, quando executadas entre elementos pré-fabricados, podem ser de dois tipos:

- Tipo I: ligação sem continuidade, quando o pilar é contínuo e a viga é descontínua.
- Tipo II: ligação com continuidade, quando o pilar é descontínuo e as vigas são contínuas ou separadas por componentes de ligação.

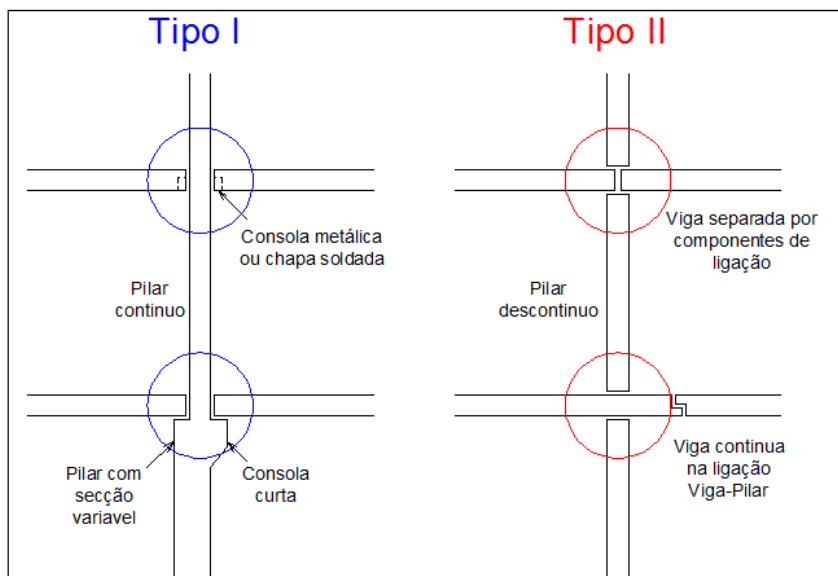


Figura 5.17 – Tipos de ligação entre viga e pilar (Simões de Oliveira, 2012).

5.3.1 Vigas de piso

Ligações sem continuidade:

5.3.1.1 Ligação por consola curta metálica

Neste tipo de ligação as consolas metálicas instaladas no pilar fazem o suporte das vigas (Figura 5.18). As vigas na zona de contacto com as consolas metálicas apresentam chapas que serão soldadas para que a peça tenha um comportamento uniforme.

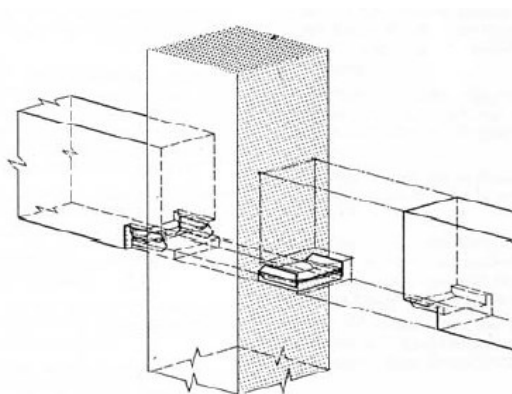


Figura 5.18 – Modelo de ligação pilar-viga através de consola curta metálica (STUPRÉ, 1981).

5.3.1.2 Ligação por consola curta de betão

Nesta ligação o pilar é executado em fábrica com duas consolas curtas laterais, perto da extremidade do mesmo. Nas consolas encontram-se embutidos e devidamente ancorados varões roscados onde encaixaram as vigas e posteriormente será colocado através da abertura de encaixe no varão, o “grout” (Figura 5.19). Para evitar que sejam geradas tensões é colocada uma banda de neoprene entre as superfícies de contacto da viga e do pilar.

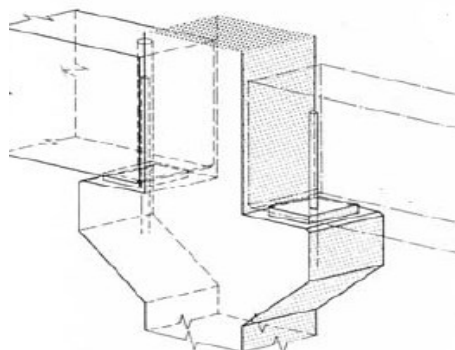


Figura 5.19 – Ligação pilar-viga executada recorrendo a consola curta de betão (STUPRÉ, 1981).

Ligações com continuidade:

5.3.1.3 Ligação por chapas soldadas

A ligação pilar-viga, recorrendo a chapas metálicas, consiste em soldar 8 chapas que já se encontram embutidas no pilar e na viga de maneira que estas resistam a esforços e garantam um comportamento uniforme do conjunto (Figura 5.20).

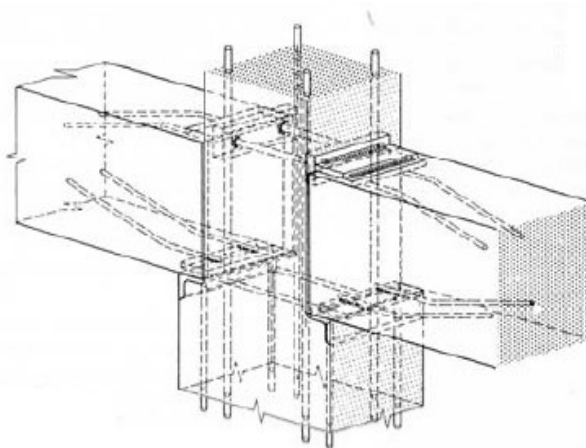


Figura 5.20 – Ligação pilar – viga com continuidade e recurso a chapas soldadas (STUPRÉ, 1981).

5.3.1.4 Ligação por betonagem *in situ*

Neste tipo de situação tanto a viga como o pilar apresentam armaduras expostas de maneira a que posteriormente possa ser feita a amarração das armaduras do pilar às armaduras da viga, sendo esta feita através da solda de varões (Figura 5.21). Após a execução das amarrações é betonada a zona em falta para uniformização das duas peças.

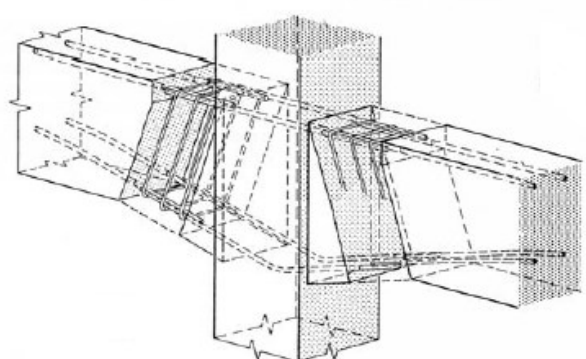


Figura 5.21 – Ligação pilar-viga através de betonagem local (STUPRÉ, 1981).

5.3.1.5 Ligação por pré-esforço

A solução de pré-esforço é mais usual quando se pretende vencer elevados vãos. Os cabos de pré-esforço são colocados através da viga e do pilar (Figura 5.22). Nas zonas de contacto entre as peças podem ser colocadas bandas de neoprene ou mangas metálicas para evitar tensões.

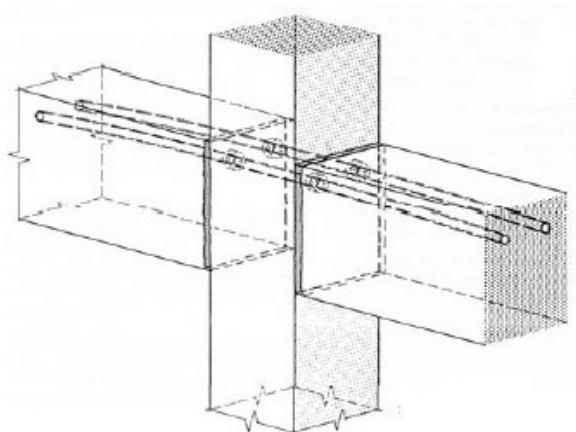


Figura 5.22 – Ligação pilar – viga através de pré-esforço (STUPRÉ, 1981).

5.3.1.6 Interrupção de pilar, com ligação por armaduras

Nesta solução o pilar inferior apresenta varões embutidos e devidamente ancorados onde vão encaixar a viga e o pilar superior que já apresentam negativos de espera (Figura 5.23). Após colocação das bandas de neoprene nas superfícies de contacto é injetado o “grout” através das aberturas nos pilares.

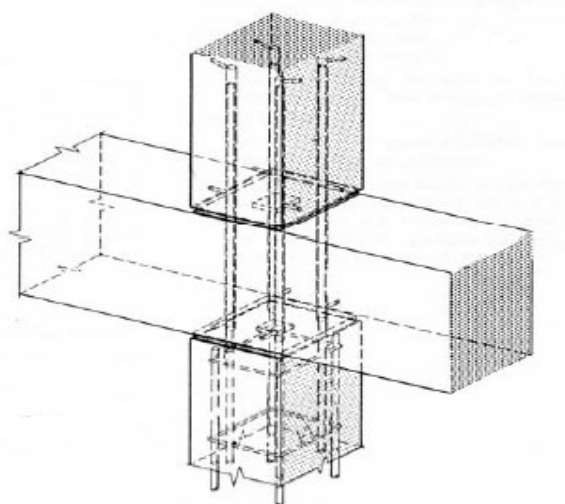
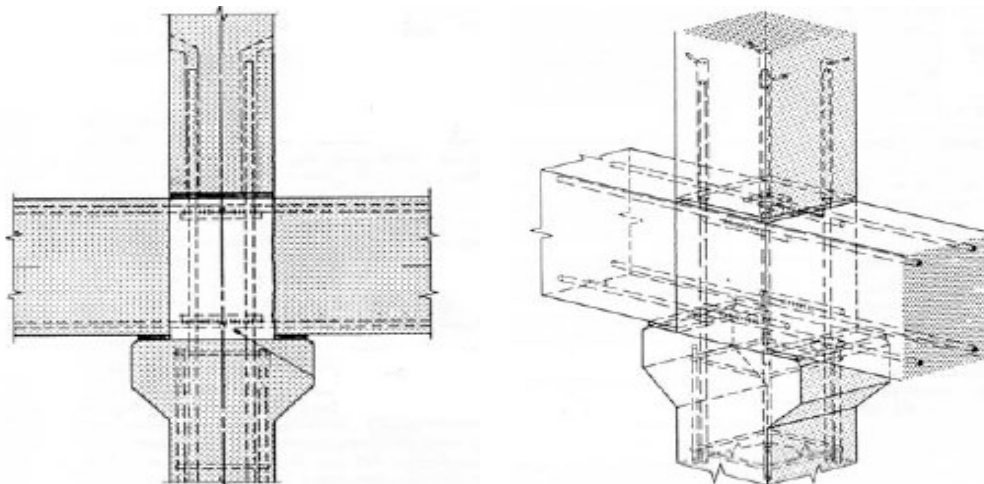


Figura 5.23 – Ligação pilar – viga com interrupção do pilar (STUPRÉ, 1981).

5.3.1.7 Interrupção de pilar, com ligação por armaduras e betonagem integral do nó/laje

O pilar inferior apresenta varões embutidos e devidamente ancorados que encaixam nos negativos existentes no pilar superior (Figura 5.24). As vigas apresentam chapas na base para que possa ser feita a ligação às consolas curtas através de solda. São feitas passar as armaduras da viga através da abertura por betonar do pilar (onde se encontram as armaduras do pilar) e são executadas soldas para unir todas armaduras. Após a união das armaduras é executada a betonagem. É de elevada importância referir que os pilares apresentam aberturas para que o “grout” seja colocado também na zona onde estão os varões.



a) Vista frontal das armaduras e das peças pré-fabricadas.

b) Representação 3D da peça e das ligações existentes.

Figura 5.24 – Representação da ligação recorrendo a betonagem integral do nó (STUPRÉ, 1981).

Esta solução passa pelos mesmos parâmetros anteriores mas a betonagem é feita também parcialmente na laje (Figura 5.25) para que haja um comportamento mais uniforme da estrutura em causa.

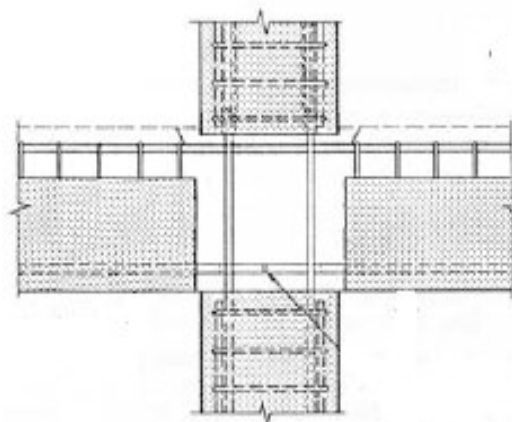


Figura 5.25 – Representação da ligação recorrendo a betonagem integral do nó e da laje (STUPRÉ, 1981).

5.3.2 Vigas de cobertura

Ligações sem continuidade

5.3.2.1 Ligação com placa de apoio (neoprene ou aço)

Neste tipo de solução o apoio da viga no pilar pode ser feito com o uso de placas de apoio em neoprene (Figura 5.26 a)) ou em aço (Figura 5.26 b)). Os varões roscados de ligação encontram-se embutidos no pilar e posteriormente serão selados com “grout”. Poderão ser colocados parafusos de aperto no topo dos varões para maior estabilidade.

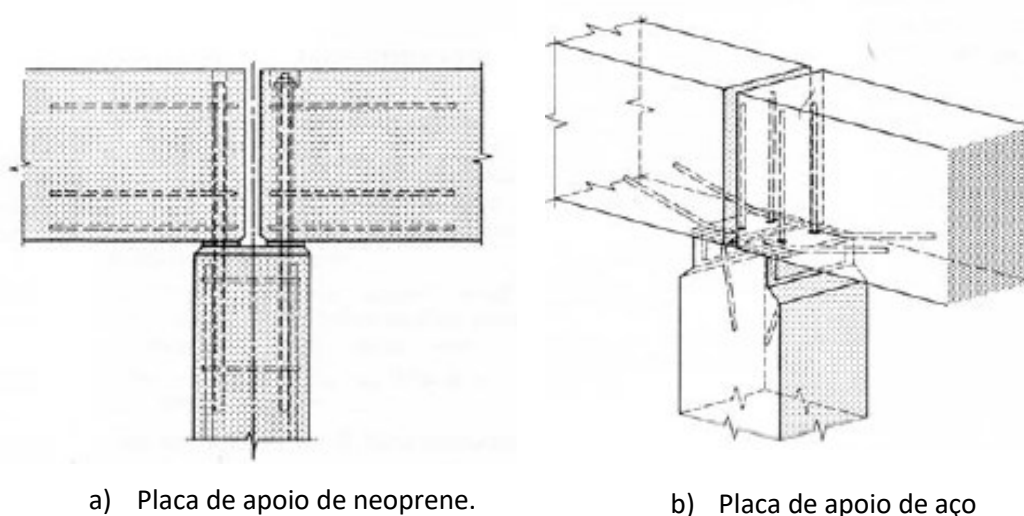


Figura 5.26 – Ligação pilar – viga através de placas de apoio de neoprene ou aço (STUPRÉ, 1981).

5.3.2.2 Ligação com armaduras em gancho

Neste tipo de solução o pilar apresenta um varão onde se ligarão os varões das vigas (Figura 5.27). Após a ligação é feita a betonagem.

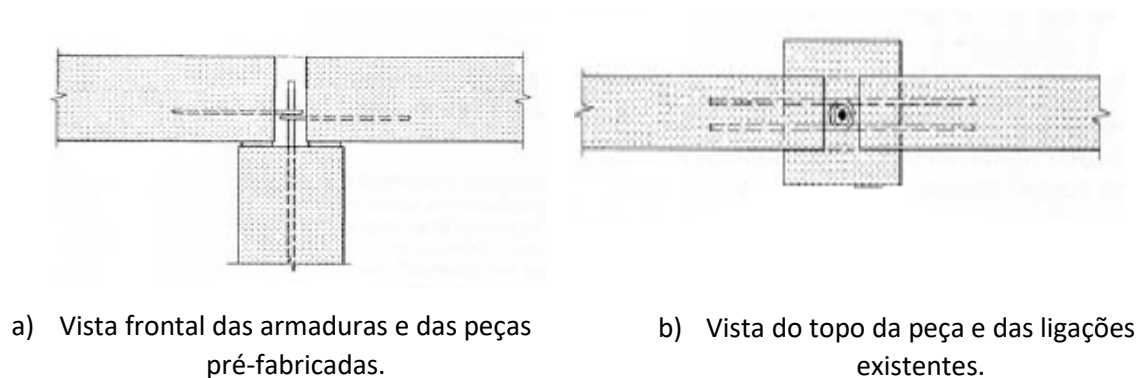


Figura 5.27 – Ligação pilar – viga com recurso a armaduras de gancho (STUPRÉ, 1981).

5.3.2.3 Ligação por pré-esforço

Nesta solução é colocado um cabo de pré-esforço no topo da viga que posteriormente será tensionado (Figura 5.28). A viga assenta sobre uma banda de neoprene que se encontra no topo do pilar. Na junção das vigas será colocada argamassa não retrátil.

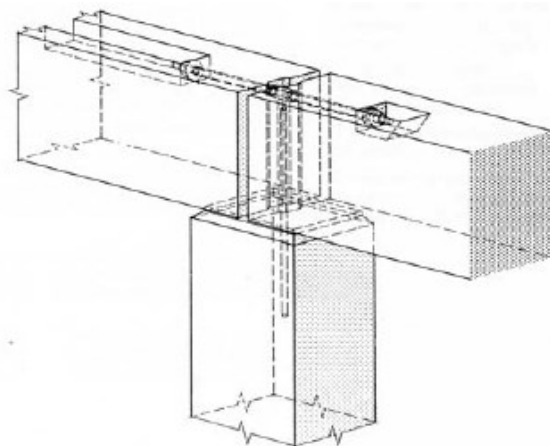


Figura 5.28 – Modelo de ligação entre pilar-viga com recurso a pré-esforço (STUPRÉ, 1981).

Ligações com continuidade

5.3.2.4 Ligação por betonagem *in situ* do nó

A betonagem *in situ* do nó é uma das soluções mais usuais quando se pretende ter continuidade. As vigas são colocadas sobre as consolas curtas que têm bandas de neoprene no topo para evitar a existência de tensões. Após posicionamento correto das vigas é feita a amarração ou solda das armaduras ordinárias das vigas às dos pilares (Figura 5.29). Posteriormente é feita a cofragem da zona e a betonagem da mesma. No entanto pode ser deixada por betonar a zona superior da viga para evitar a existência de soldadura.

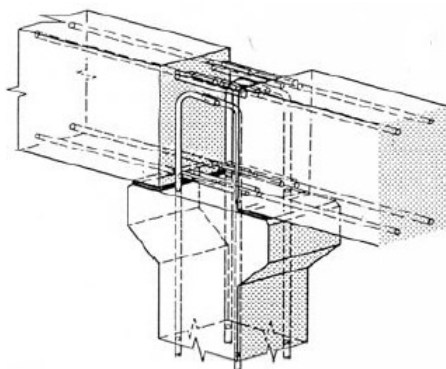


Figura 5.29 – Modelo de ligação entre pilar – viga com betonagem local do nó.

5.3.2.5 Ligação por pré-esforço

Nesta solução é aplicada uma pós-tensão aos elementos pré-fabricados, através da junta de ligação. Entre a viga e o pilar é colocada uma camada de neoprene para evitar que se gerem tensões. O pré-esforço é aplicado através dos cabos que se podem ver na Figura 5.31.

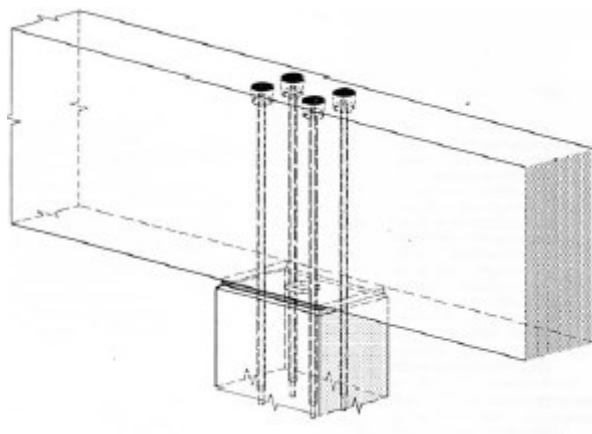


Figura 5.30 – Modelo de ligação pilar – viga com pré-esforço (STUPRÉ, 1981).

5.4 LIGAÇÃO VIGA – VIGA

5.4.1 Ligação por juntas em dentes (consolas curtas)

A ligação por juntas em dentes ou por consolas curtas entre vigas (Figura 5.31) é uma solução muito usual. Na viga inferior já se encontra embutido e devidamente encastrado um varão roscado que encaixará no negativo existente na viga superior. Entre as vigas é colocada uma banda de neoprene para evitar que se gerem tensões. Por fim é dado o aperto no parafuso do varão roscado.

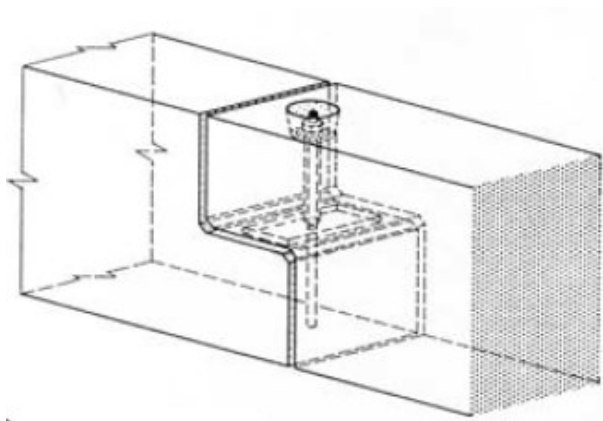


Figura 5.31 – Ligação viga – viga por meio de consolas curtas (STUPRÉ, 1981).

Ligação com continuidade

5.4.2 Ligação por juntas em dentes e barras

Neste tipo de solução as vigas encaixam devido aos “dentes” que possuem e posteriormente são feitos passar 4 varões roscados que receberão os parafusos, após a colocação no devido lugar (Figura 5.32). Esta solução poderá passar pela utilização de cabos de pré-esforço que no fim serão tensionados. Entre as vigas são colocadas bandas de neoprene para evitar que se gerem tensões.

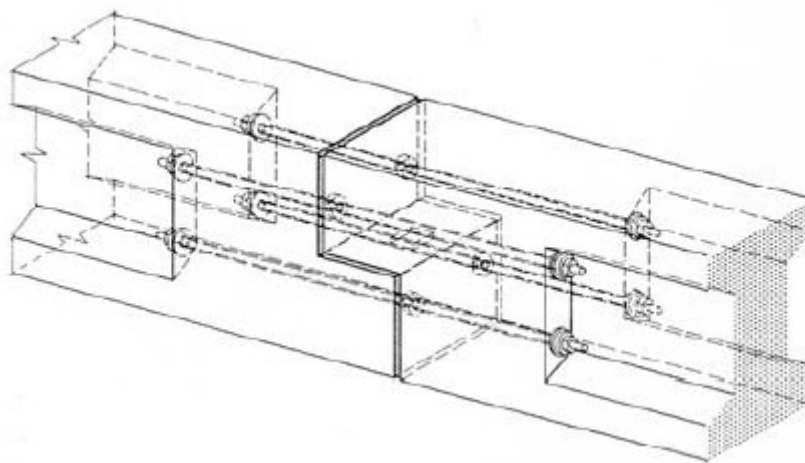


Figura 5.32 – Modelo de ligação viga – viga recorrendo a juntas dentadas e barras (STUPRÉ, 1981).

5.4.3 Ligação por betonagem *in situ*

Ambas as vigas apresentam proposadamente zonas em que a armadura se encontra exposta (Figura 5.33). Após colocação das vigas na respetiva posição é feita a amarração das armaduras expostas (ou solda das mesmas) de modo a que a ligação fique bem executada. No fim é feita a cofragem da zona em causa e é feita a betonagem.

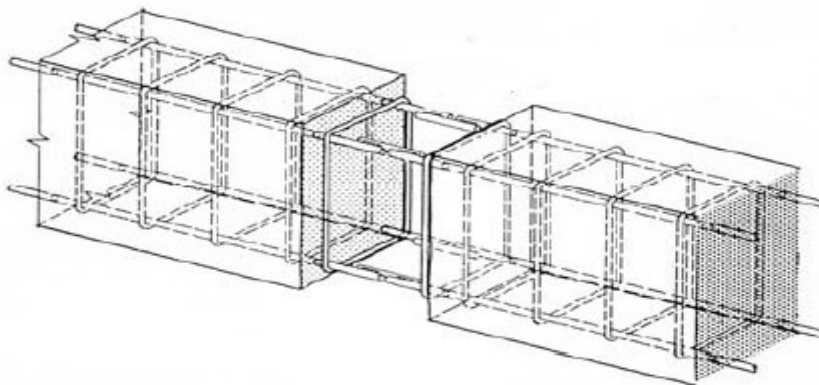


Figura 5.33 – Modelo de ligação viga – viga com recurso a betonagem *in situ* com continuidade.

5.4.4 Ligação por pré-esforço

A solução com recurso a pré-esforço passa pela colocação de 2 cabos nas vigas que após estarem na posição final são tensionados. Entre as vigas é colocada argamassa não retrátil.

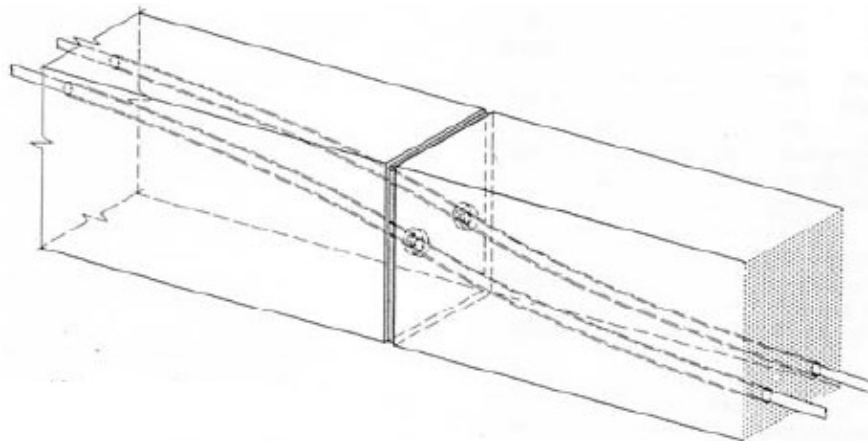


Figura 5.34 – Ligação viga – viga com ligação por pré-esforço (STUPRÉ, 1981).

5.4.5 Ligação viga secundária-viga principal

Sem continuidade

5.4.5.1 Ligação por parafusos

As vigas apresentam negativos para receção dos varões roscados embutidos e devidamente ancorados nas vigas secundárias. De seguida, é colocada a porca que aperta de maneira a que o comportamento dos dois elementos seja único (Figura 5.35). Entre as vigas principais e secundárias são colocadas bandas de neoprene para que não se gerem tensões.

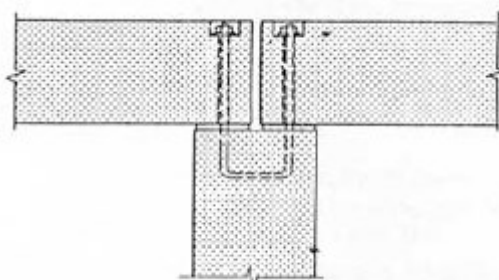


Figura 5.35 – Ligação viga secundária – viga principal através de parafusos (STUPRÉ, 1981).

5.4.5.2 Ligação com armaduras em gancho

Esta técnica consiste no apoio das vigas dentadas secundárias na base perfilada das vigas principais que atuam como “consolas curtas” (Figura 5.36), sendo posteriormente feita a amarração das armaduras da viga à armadura central existente na viga principal. Entre as vigas são colocadas bandas de neoprene para não serem geradas tensões.

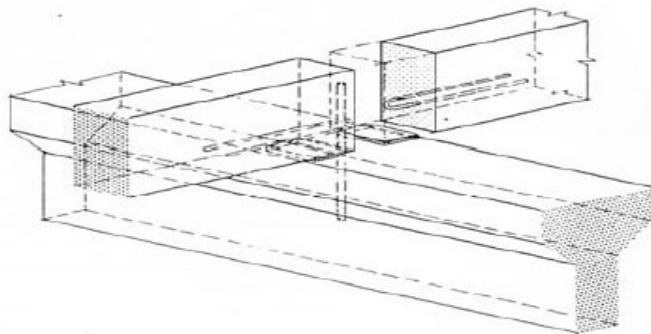


Figura 5.36 – Ligação viga secundária – viga principal através de armaduras em gancho (STUPRÉ, 1981).

Ligações com continuidade

5.4.5.3 Ligação por betonagem *in situ* do nó

Ambas as vigas apresentam armaduras expostas na zona de ligação onde posteriormente será feita a sua amarração (Figura 5.37) e conseqüente betonagem.

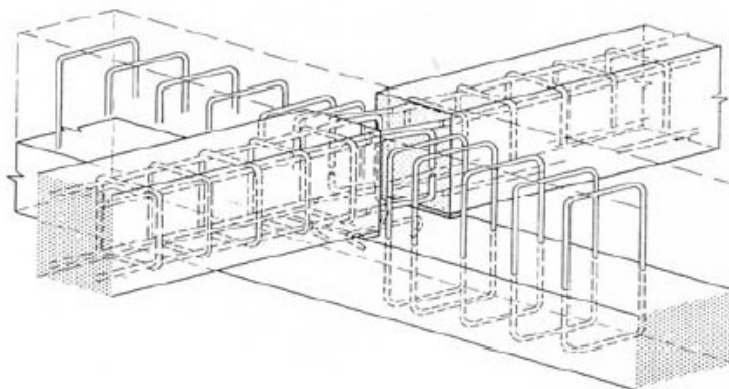


Figura 5.37 – Ligação viga principal – viga secundaria através de betonagem *in situ* do nó (STUPRÉ, 1981).

5.4.5.4 Ligação por barras de pré-esforço

A solução com recurso a barras de pré-esforço tal como o nome diz consiste na colocação de cabos pré-esforçados na parte superior de cada viga secundária (Figura 5.38). Na junção das peças é colocada argamassa não retrátil.

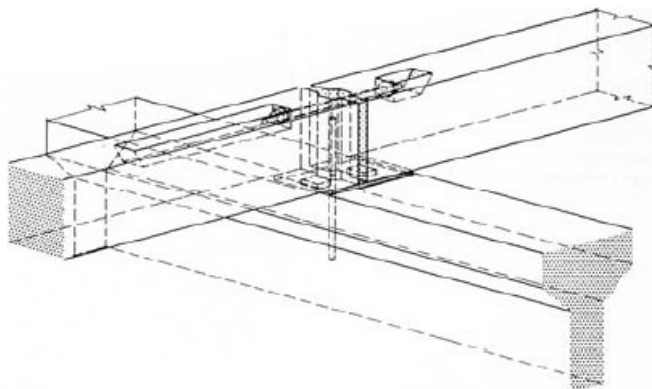


Figura 5.38 – Ligação viga principal – viga secundária através de barras pré-esforçadas (STUPRÉ, 1981).

5.4.5.5 Ligação por varões soldados

Tanto as vigas secundárias como as vigas principais apresentam varões devidamente embutidos e ancorados. Após a colocação dos elementos na sua posição é feita a solda dos varões (Figura 5.39).

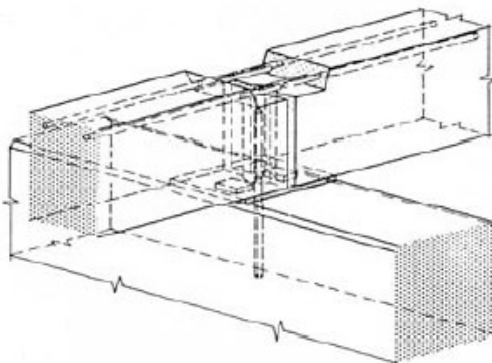


Figura 5.39 – Ligação viga principal – viga secundária através de varões soldados (STUPRÉ, 1981).

5.5 LIGAÇÃO LAJE – VIGA

As ligações laje – viga são normalmente executadas com betonagem *in situ* da laje para que exista continuidade de esforços. No entanto, existem mais sistemas de ligação entre a laje e a viga, tais como:

Ligações com continuidade

- ligação de lajes alveolares através de amarração, em paralelo com a viga;
- ligação de lajes duplo “T” em vigas “T” invertido, através de armadura ordinária em lajes, assentes em neoprene , em paralelo com a laje;
- ligação de lajes alveolares através de amarração, perpendiculares à laje de piso;
- ligação de laje com chapas aparafusadas na laje, assente em neoprene, perpendiculares à laje de piso;
- ligação de lajes duplo “T” em vigas “L”, com chapas soldadas, assentes em neoprene, perpendiculares à laje de piso.

Ligações sem continuidade

- ligação de lajes alveolares simplesmente apoiadas sobre neoprene , numa viga metálica “I”, em paralelo com a laje ;
- ligação de lajes alveolares simplesmente apoiadas sobre neoprene, perpendiculares à laje de piso;
- ligação de lajes alveolares simplesmente apoiadas, em viga “L”, com junta seca, perpendiculares à laje de piso;
- ligação de lajes duplo “T” apoiadas no encaixe na viga-parede, perpendiculares à laje de piso.

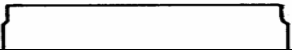



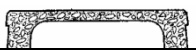

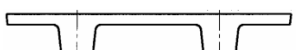
5.6 LIGAÇÃO LAJE – LAJE

A ligação laje-laje normalmente é utilizada para a execução do piso e o seu comportamento é comparável ao de uma laje simplesmente apoiada com armadura unidirecional. As lajes pré-fabricadas podem ser constituídas pelos seguintes elementos:

- lajes alveolares;
- lajes com vigotas;
- pré-lajes;
- pré-lajes nervuradas;
- lajetas;
- lajes duplo T.

A Tabela 5.2 ilustra os vãos, espessura, largura e peso próprio mais comuns dos diferentes tipos de lajes.

Tabela 5.2 – Tipos de lajes e respetivas especificações (Tomás, 2010).

Tipo de piso	Nome	Vão máximo	Espessura do piso	Largura normal do elemento	Peso (KN/m ²)
	Lajes maciças	≤ 6	100 - 250	300 - 600	0.7 – 3.0
	Lajes aligeiradas	≤ 7	200 – 300	200 – 600	1.8 – 2.4
	Pré-lajes	≤ 7.2	100 – 200	600 - 2400	2.4 - 4.8
	Lajes alveolares em betão armado	≤ 9	100 - 300	300 - 2400	2.0 - 4.0
	Lajetas	≤ 9	150 - 300	600	1.45 – 3.5
	Lajes alveolares com pré-esforço	≤ 20	100 - 500	1200	2.0 - 4.8
	Lajes PI	≤ 24	200 - 800	1200-2400	2.1 - 5.0

5.6.1 Lajes alveolares

Os pavimentos constituídos por estes tipos de lajes são compostos por pranchas de betão pré-fabricadas com vazios dispostos lado a lado. Este tipo de pranchas normalmente tem 1,20m de largura e o comprimento do vão máximo poderá ir até aos 20m. Normalmente, apresentam espessuras que poderão variar entre 0.12m e 0.80m. Durante o processo de fabrico são moldados os alvéolos longitudinais como demonstra a Figura 5.40. Normalmente são pré-tensionadas longitudinalmente, sendo essa a única armadura resistente da prancha e a ligação das pranchas é feita através de betonagem *in situ* e poderá ainda ser colocada uma camada extra de betão para regularização. Este tipo de estrutura permite um aligeiramento das cargas que são distribuídas para os pilares e para as vigas sendo o seu funcionamento comparável a uma laje monolítica com armadura resistente unidirecional.

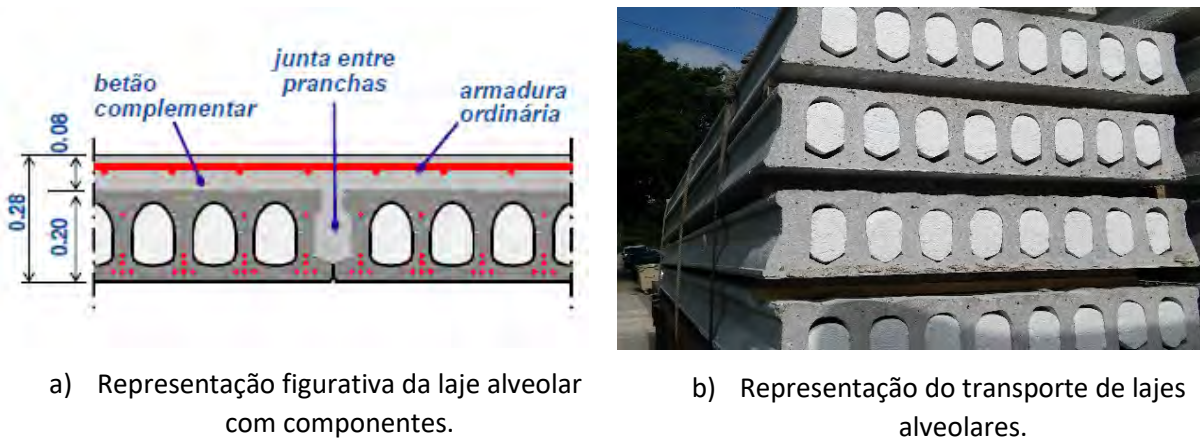


Figura 5.40 – Modelo de lajes alveolares (Válter, 2012).

Existe ainda outro método (Figura 5.41) para a união das lajes alveolares sendo este menos praticado. Este método consiste na colocação de armadura numa abertura executada no centro da extremidade lateral da prancha, que posteriormente é betonada *in situ*, e executada a ligação à prancha seguinte.

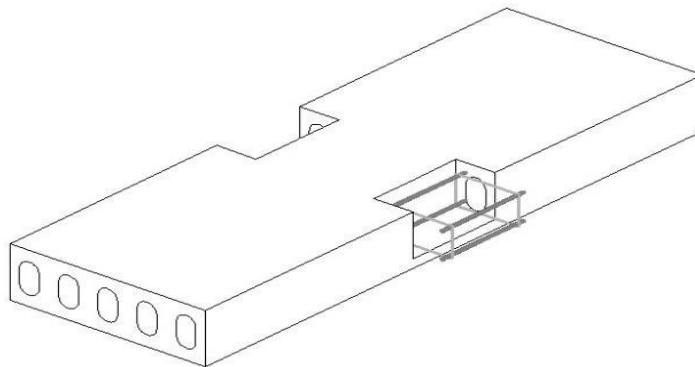


Figura 5.41 – Alternativa de ligação entre lajes alveolares (Magalhães, 2013).

5.6.2 Lajes com vigotas

As lajes de vigotas são uma solução também ela muito usual, pois permite, da mesma forma que as lajes alveolares, a redução do peso da estrutura (Figura 5.42). Este tipo de lajes é constituído por blocos leves cerâmicos, em betão ou em betão de argila expandida, vigotas de betão (podendo estas serem pré-esforçadas ou treliçadas conforme a Figura 5.43) onde encaixam os blocos, armaduras ordinárias que normalmente são do tipo A400 ou A500 para solidarização do conjunto e ainda betão complementar betonado em obra para acabamento da superfície da laje e ligação de todos os elementos.

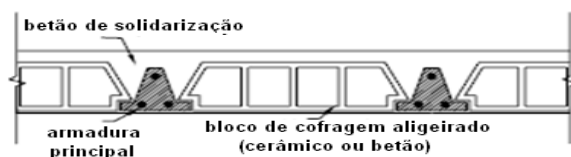
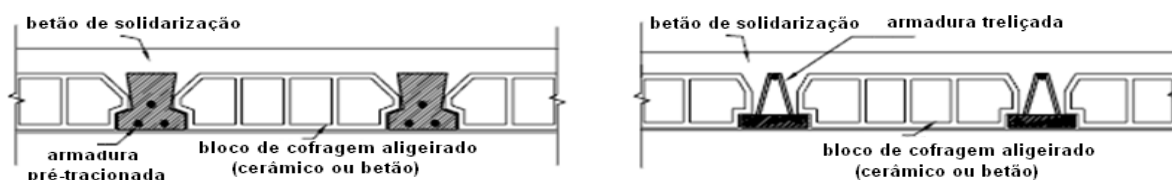


Figura 5.42 – Exemplo de laje com vigotas de betão armado (Magalhães, 2013).



a) Exemplo de lajes com vigota de betão armado pré-esforçada.

b) Exemplo de laje com vigotas treliçadas.

Figura 5.43 – Exemplos de variantes de lajes com vigotas de betão armado (Magalhães, 2013).

Neste tipo de solução o conceito pré-fabricação encontra-se unicamente restringido ao fabrico das vigotas e dos blocos cerâmicos (Figura 5.44).

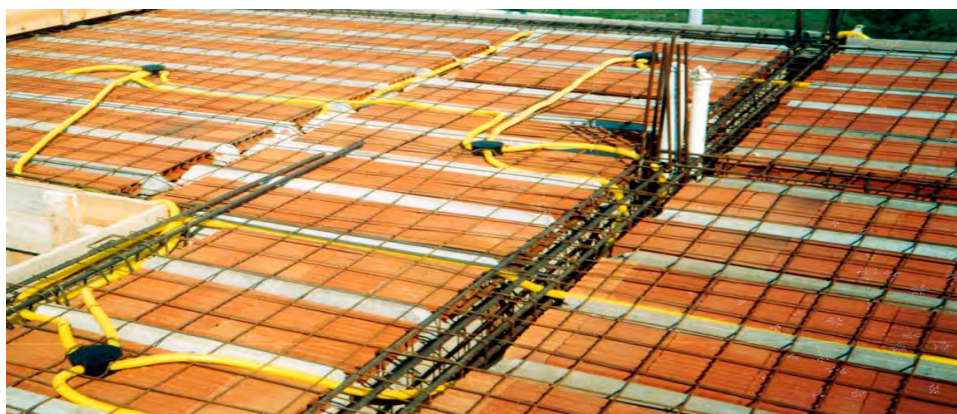


Figura 5.44 – Disposição construtiva de uma laje aligeirada com abobadilhas.

5.6.3 Pré-lajes

As pré-lajes possuem uma largura máxima de 2.45m, condicionado, muitas das vezes, pelos transportes existentes. As espessuras deste tipo de lajes variam normalmente entre os 0.05m e os 0.12m, sendo posteriormente complementadas com betão *in situ* colocado no local da obra. Normalmente, possuem armaduras nas duas direções, podendo por vezes serem pré-esforçadas por pré-tensão.

A armadura transversal das pré-lajes é em treliça e serve para melhorar a ligação ao betão complementar (Figura 5.45). O facto de a existência desta armadura também faz com que a peça tenha mais rigidez e resistência durante o transporte, montagem e betonagem na obra.



Figura 5.45 – Exemplo de pré-laje.

5.6.4 Pré-lajes nervuradas

Este tipo de lajes é praticamente igual ao tipo de laje duplo T que se encontra mencionado mais abaixo, sendo a única diferença a laje encontrar-se invertida (Figura 5.46). A espessura da lâmina de betão destas estruturas é semelhante à das pré-lajes com treliças metálicas (aproximadamente 5 centímetros). Em relação às nervuras de betão estas servem para resistir aos esforços de corte na fase de construção, e também para equilibrar o binário de forças existentes nesta mesma fase, entre a armadura na parte inferior da secção e a parte de betão comprimido existente nas nervuras. A largura deste tipo de elementos depende da disposição das nervuras, no entanto, as larguras mais comuns são 1,2 metros ou até metade deste valor 0,6 metros. A altura das nervuras poderá atingir o valor da espessura da laje composta, porém, para um melhor acabamento deverá ser inferior em 5 centímetros à espessura final, para contribuir para a aderência entre a interface dos betões com diferentes idades.

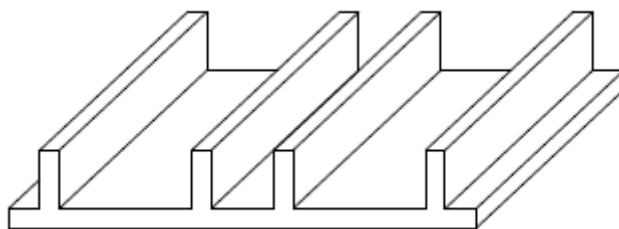


Figura 5.46 – Exemplo de pré-laje nervurada (Magalhães, 2013).

Para reduzir o peso próprio da laje pode optar-se pela utilização, na parte superior, de EPS, que será colocado entre as nervuras e, posteriormente, a estrutura será betonada *in situ* para ligação dos elementos.

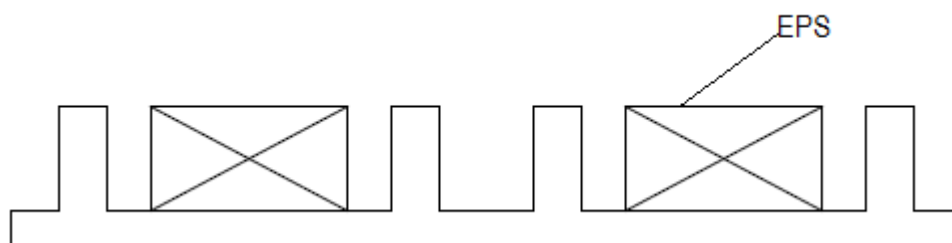


Figura 5.47 – Exemplo de pré-laje nervurada com blocos cerâmicos (Magalhães, 2013).

5.6.5 Ligação por lajetas

Este tipo de solução funciona como complemento dos blocos cerâmicos e é colocada nas zonas de maciçamento de uma laje, como zonas que confinam com varandas ou escadas, devido à sua elevada resistência mecânica, reduzindo o consumo de betão complementar. Esta solução é bastante aligeirada, apresenta um bom isolamento térmico e acústico, um bom comportamento ao fogo, e reduz a mão-de-obra na aplicação de cofragem.



Figura 5.48 – Exemplo de ligação com lajetas (Magalhães, 2013).

5.6.6 Lajes duplo T

As lajes seguintes são formadas por duplos “T”. Este género de lajes é mais usual quando se pretende dimensionar lajes com grandes vãos. A espessura da lâmina de betão e a largura dos T situa-se nos 5 centímetros para a espessura e nos 0,6 e os 1,2 metros para a largura. Em relação às nervuras, estas são dimensionadas de acordo com o vão que se pretende obter. A sua largura pode variar entre os 10 e os 40 cm, dependendo muito dos esforços de corte existentes. Em relação à sua altura, estas nervuras apresentam o limite base de 30cm, atingindo uma gama de vãos que obtêm dimensões desde os 4 aos 30 metros.

Este tipo de lajes pode ser ligado entre si, através de soldaduras de placas metálicas colocadas nas extremidades laterais, placas essas que estão ancoradas às lajes por meio de armaduras ordinárias. Para finalizar, é aplicada uma camada de betão *in situ* sobre a superfície superior das lajes.

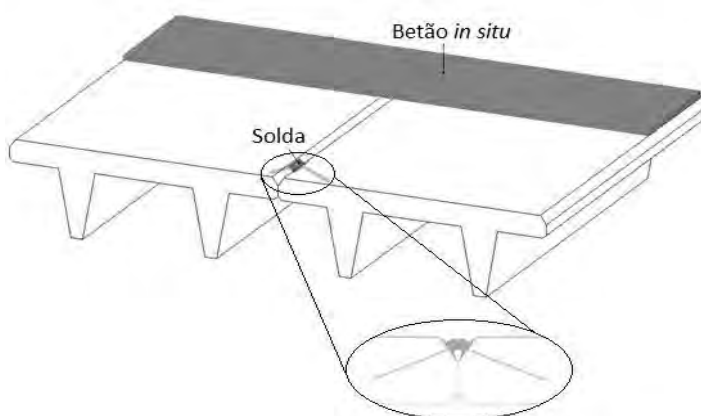


Figura 5.49 – Modelo tipo de laje duplo T (Leite, 2015).

6 CASO DE ESTUDO

6.1 LOCALIZAÇÃO DA OBRA

A obra situa-se na zona industrial de Baguim do Monte na rua Cheínho, concelho de Gondomar e tem uma área de lote de 3670 m² (Figura 6.1).



Figura 6.1 – Terreno de implantação da obra

6.2 CARACTERIZAÇÃO DO EDIFÍCIO EM PROJETO

A área de implantação do pavilhão, de configuração retangular, apresenta uma frente de 40,74m e uma profundidade de 42,14m, da qual resulta uma área total de 1.657,25m² (Figura 6.2). A volumetria do armazém define-se como um paralelepípedo regular com uma cêrcea de 9,05m, para uma utilização geral de 2 pisos, onde o piso térreo servirá de armazém e o primeiro piso de escritório. Foi ainda considerado um piso intermédio numa parte do armazém funcionando este como um “mezzanino” para arrumos, que procura rentabilizar alguns pé-direitos que se encontram disponíveis (Figura 6.3).

Para a restante área do terreno é proposta uma via circundante, pavimentada com bloco de betão pré-fabricado, acessível pelos extremos do terreno e algumas áreas ajardinadas. Todo o terreno será vedado com muros pré-fabricados em betão.

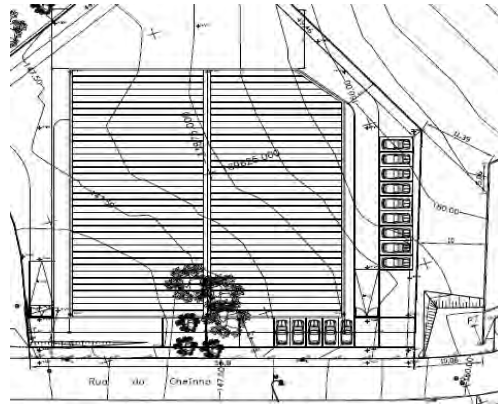


Figura 6.2 – Disposição final do edifício no terreno.

Como já mencionado anteriormente o piso térreo contempla as áreas de armazém, atendimento ao público e sanitários / vestiários. Para o armazém é proposto um acesso de camiões que será executado pela frente do armazém. O piso 1, assim designado para o “mezzanino”, contempla algumas áreas de arrumo e uma pequena área de arquivo. Por fim, o piso 2 contempla as áreas de escritório, sendo estas e divididas em três partes, a área comercial e técnica, a área administrativa e financeira e uma sala de reuniões com apoio de sanitários. A comunicação vertical entre o átrio de receção e o armazém com o piso do escritório concretiza-se a partir de uma escada de três lanços, em metal.



Figura 6.3 – Pormenor interior do edifício.

6.3 PLANEAMENTO CONSTRUTIVO

Em anexo, segue um gráfico executado em MSPProject com a discriminação e a duração das tarefas executadas na obra.

6.4 DESCRIÇÃO DA EXECUÇÃO DA OBRA

6.4.1 Preparação do terreno

O terreno da obra tem uma área de 3670m², dos quais 1.657,25m² serão destinados para a construção do pavilhão. Inicialmente começou-se pela remoção de toda a vegetação, incluindo árvores e, posteriormente, pela remoção da terra vegetal (Figura 6.4). Esta fase de obra foi a mais complicada pois decorreu entre os meses de Março e Abril (meses em que choveu muito) o que provocou atrasos relativamente grandes no que diz respeito à escavação e à remoção de terras.



Figura 6.4 – Decapagem do local da obra.

Durante a remoção das terras, para nivelamento de cotas, houve problemas de drenagem, o que levou à execução de uma solução improvisada. Isto acontece pelo facto de o terreno se encontrar na extremidade de uma rampa acentuada, fazendo com que todas as águas afluíssem ao terreno, dificultando todo o trabalho. Como solução, foi colocado em toda a envolvente do terreno um tubo de plástico perfurado, envolvido em manta geotêxtil, com um diâmetro de 50cm (Figura 6.6) assente numa camada de 10cm de brita (Figura 6.5) colocada após a marcação de cotas topográficas com varões de aço e com recurso a aparelhos topográficos.



Figura 6.5 – Abertura de vala para instalação de tubo drenante.



Figura 6.6 – Tubo drenante perfurado envolvido em manta geotêxtil.

Com toda a água escoada do terreno deu-se continuidade às escavações e a toda a remoção de terras para vazadouro. Para atingir a cota de escavação geral do pavilhão (147,54m) foi necessário remover 4.157 m³ de terras.

Após a escavação procedeu-se à implantação do edifício, novamente com recurso a equipamentos topográficos e aos projetos (Figura 6.7). Todas as distâncias condicionantes foram marcadas, como por exemplo a distância da fachada à rua.



Figura 6.7 – Trabalho de escavação e respetivos marcos de localização do edifício.

Após a regularização de todo o terreno e com todas as cotas marcadas procedeu-se, então, à abertura dos caboucos para a realização das sapatas do pavilhão (Figura 6.8). A abertura dos caboucos foi realizada com recurso a uma máquina giratória (a mesma que realizou as escavações).



Figura 6.8 – Exemplo de abertura de caboucos.

6.4.2 Execução de sapatas

Foram abertos caboucos com 3 dimensões diferentes, sendo elas de $2.1 \times 2.1 \text{ m}^2$, $2.5 \times 2.5 \text{ m}^2$ e $2.9 \times 2.9 \text{ m}^2$. No entanto, ainda haveria uma quarta dimensão que seria de $1.1 \times 1.1 \text{ m}^2$ e corresponderia aos plintos. No fundo dos caboucos foram colocados provetes cúbicos de betão (provetes não utilizados na Euromodal) para dar altura à armadura, de modo a que esta não estivesse diretamente em contacto com o solo aquando a betonagem. Após abertura foram sendo colocadas as armaduras sendo estas executadas com aço A500 NR e com diâmetros de 8 e 10cm como é possível observar na Figura 6.9. As malhas de armaduras colocadas poderiam ser de $2 \times 2 \text{ m}^2$, $2.4 \times 2.4 \text{ m}^2$ e $2.8 \times 2.8 \text{ m}^2$ e todas elas já se encontram dispostas de modo a que pudessem receber o pilar que será pré-fabricado. No local onde posteriormente for colocado o pilar foi colocada uma rede de aço para impedir que o betão passe para a zona do pilar.



Figura 6.9 – Colocação das armaduras das sapatas nos caboucos.

Novamente devido ao mau tempo foi necessário drenar a água dos caboucos e recorreu-se a uma bomba (Figura 6.10). Todo o betão foi colocado diretamente nas sapatas a partir do camião cisterna e posteriormente foi vibrado para libertação de vazios.



a) Problemas de drenagem das sapatas.

b) Bomba para drenar água das sapatas.

Figura 6.10 – Preparação das sapatas para betonar.

Todas as sapatas foram betonadas com betão pronto (Figura 6.11 a) e b)), tendo este características de um C25/30. Foram realizados ensaios de compressão ao betão aos 28 dias de 2 provetes de betão utilizado nas sapatas e os resultados obtidos encontram-se na tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Resultados dos ensaios do betão.

Provetes	Massa	Resultados
Provete 1	8058.6g	29,40 MPa
Provete 2	8057.9g	28,97 MPa

Os resultados estiveram um pouco abaixo do esperado pois com os adjuvantes que foram adicionados ao betão esperava-se que este tivesse resistência à compressão mais alta do que os valores obtidos.

Ao betão foram adicionados adjuvantes tais como cinzas volantes (que são adicionadas aquando a mistura do betão na fábrica), 100 Kg de sílicas (para tornar o betão mais denso e menos permeável) e 15 kg de IMPERVIUS HWR-280 (hidrofugante para o betão) este último utilizado para servir de “barreira” à água, retardando a degradação do betão por efeitos da mesma (todas as quantidades mencionadas anteriormente foram adicionadas a 8 m³ de betão, tratando-se da quantidade que cada camião cisterna tinha). O uso desde adjuvante reduz significativamente o risco de danos por erosão como as ações dos sais devido a efeitos de gelo-degelo e melhora a durabilidade e performance do betão a longo prazo.



a) Betonagem da sapata com betão pronto.



b) Exemplo de sapata betonada.

Figura 6.11 – Preparação e betonagem das sapatas.

A Figura 6.12 ilustra a quantidade e a localização de cada sapata executada no terreno, dando uma perspectiva da dimensão da obra.



Figura 6.12 – Perspectiva da localização das sapatas no terreno.

6.4.3 Colocação dos pilares

Após a execução das sapatas foi colocado no terreno uma camada de tout-venant (Figura 6.13) para que os veículos pudessem circular no terreno e não ficassem enterrados. Depois das sapatas todas betonadas, foram colocados os pilares pré-fabricados. Os pilares variam entre as alturas de 3m e 9m. Na base da sapata foi colocado um maciço em cimento (Figura 6.15) para dar estabilidade ao pilar. A colocação do pilar foi auxiliada por uma grua elevatória (Figura 6.14) e depois de este já estar posicionado na sapata é nivelado com o auxílio de níveis e de cunhas (Figura 6.16).



a) Colocação da camada de tout-venant para circulação de máquinas.



b) Passagem do cilindro para compactação da camada de tout-venant.

Figura 6.13 – Preparação do terreno para circulação de máquinas.



Figura 6.14 – Colocação do primeiro pilar na obra.



Figura 6.15 – Base para apoio do pilar.



a) Utilização de cunhas e níveis para posicionar o pilar mais pequeno.



b) Utilização de cunhas e níveis para posicionar o pilar maior.

Figura 6.16 – Colocação dos pilares nas sapatas.

Todos os pilares na zona inferior apresentavam superfícies rugosas (Figura 6.17) para melhor aderência ao betão que será colocado na zona de encaixe do pilar. A base dos pilares foi betonada com betão pronto que também continha os mesmos aditivos mencionados no parágrafo acima. O betão foi despejado na ranhura diretamente a partir do camião (Figura 6.18) e depois vibrado para libertação dos vazios existentes.



Figura 6.17 – Pormenor relativo à face rugosa do pilar.



a) Betonagem direta do reservatório para a base do pilar.

b) Base do pilar betonada.

Figura 6.18 – Betonagem da base dos pilares.

A Figura 6.19 é referente a fases distintas da colocação dos pilares nas sapatas dando uma perspetiva da dimensão da edificação a ser executada.



a) Fase intermedia da colocação dos pilares.

b) Fase final da colocação dos pilares.

Figura 6.19 – Fases de execução da obra.

6.4.4 Colocação dos painéis

Após a colocação de todos os pilares nas sapatas procedeu-se à colocação dos painéis nos respetivos locais. Os painéis apresentavam dimensões de 7,5 metros de comprimento e 2,70 m de altura e a espessura de 0,15m. Todos os painéis foram colocados no devido local com o auxílio da grua (Figura 6.20) e foram calçados com cunhas para não estarem em contacto com o terreno. A ligação pilar-painéis foi feita através de uma porca de aperto colocada na ranhura do topo esquerdo/direito dos painéis e na ranhura dos pilares como demonstra a Figura 6.21.



a) Pormenor relativo à elevação dos painéis.

b) Exemplo de painel já no seu respetivo lugar.

Figura 6.20 – Colocação dos painéis.



a) Ligação do pilar ao painel.

b) Ligação do painel ao pilar.

c) Pormenor da ligação painel pilar.



d) Parafuso de ligação do painel ao pilar.



e) Disposição construtiva dos painéis já no local final.

Figura 6.21 – Pormenores de ligação dos painéis aos pilares e respetiva disposição.

6.4.5 Colocação das vigas

A colocação das vigas foi feita ao mesmo tempo que a colocação dos painéis. Todas as vigas foram colocadas no local com auxílio da grua móvel e a ligação viga-pilar foi feita através de encaixe em varões de aço existentes no pilar (Figura 6.22) e posteriormente a abertura foi selada com “grout”.



Figura 6.22 – Pormenor relativo ao encaixe das vigas nos pilares.



Figura 6.23 – Colocação das vigas principais.

6.4.6 Colocação das asnas da cobertura

A colocação das asnas da cobertura (Figura 6.24) foi executada com o auxílio de uma grua elevatória e a ligação entre os elementos foi através de parafusos. No pilar encontravam-se varões roscados embutidos e devidamente ancorados, de modo a receber as asnas da cobertura que apresentavam ranhuras (Figura 6.26) para a inserção dos varões que posteriormente eram aparafusadas à estrutura com o auxílio de uma cunha metálica (figura 6.25).



Figura 6.24 – Modelo de asna da cobertura utilizada.



Figura 6.25 – Cunha metálica utilizada para a ligação dos elementos pré-fabricados.



Figura 6.26 – Pormenor de Ligação entre pilar – asna.

6.4.7 Colocação das lajes alveolares

A colocação das lajes alveolares foi executada através de placas com 1,2m de largura e 7m de comprimento lado a lado até perfazerem a laje total. A colocação no devido lugar foi executada através de uma grua elevatória e com o respetivo equipamento para elevar as lajes (Figura 6.27). As vigas onde se encontram as lajes alveolares possuem armaduras expostas que posteriormente, aquando a betonagem, fazem a ligação entre os elementos (Figura 6.8).



Figura 6.27 – Modelo de laje alveolar utilizado.



Figura 6.28 – Pormenor das armaduras de ligação viga – laje.

É possível observar nas Figuras 6.27 e 6.28 que todas as lajes alveolares são tamponadas nas extremidades, isto deve-se ao facto de não serem necessárias zonas de maciçamento. O diagrama de corte na zona não era suficiente para que fosse necessário colocar os tampões mais para dentro da laje. A segurança estava garantida colocando os tampões na extremidade (Figura 6.29).



Figura 6.29 – Tampos em Eps colocados na extremidade das lajes alveolares.

Após a colocação de todas as lajes alveolares procedeu-se à cofragem das mesmas (Figura 6.30). Para a cofragem foram utilizadas escoras, vigas doka, esticadores, serra juntas e madeira (Figura 6.31).



Figura 6.30 – Cofragem das lajes alveolares.



Figura 6.31 – Elementos de cofragens.

Colocou-se uma malha quadrada de varões de aço de 8mm de diâmetro (Figura 6.32) com a função de armadura negativa para equilibrar os momentos negativos, tendo também a função de evitar a fissuração na face superior da laje.



Figura 6.32 – Armadura negativa colocada nas lajes alveolares.

As vigas onde apoiam as lajes apresentam armaduras expostas para permitir a amarração às armaduras colocadas e a ligação às lajes através da betonagem dos elementos (Figura 6.33 a) e b)).



a) Armadura proveniente das vigas.



b) Ligação das armaduras

Figura 6.33 – Pormenor de ligação entre as armaduras.

Quando todas as armaduras estavam devidamente colocadas e amarradas procedeu-se à betonagem dos elementos. O betão utilizado tinha características de um C30/40 e ainda foram adicionados adjuvantes, tais como sílicas, FM 170 e FM 735 (ambos superplastificantes de alta performance adicionados ao betão pronto). Todo o betão utilizado foi betão pronto transportado em camiões cisterna que largavam o betão num camião bomba (figura 6.34) para que este pudesse ser colocado nas lajes alveolares (figura 6.35).



Figura 6.34 – Passagem do betão entre camiões.

A Figura 6.36 demonstra o faseamento da betonagem das lajes alveolares sendo que a alínea a) corresponde à colocação do betão na laje a partir do camião cisterna, a alínea b) corresponde ao espalhamento e vibração do mesmo ao longo das lajes alveolares e a alínea c) corresponde à compactação do betão e nivelamento do betão com recurso a réguas metálicas.



Figura 6.35 – Bombagem do betão para as lajes alveolares.



a) Colocação do betão na laje.



b) Espalhamento do betão na laje.



c) Compactação do betão.

Figura 6.36 – Betonagem das lajes alveolares.

No fim da betonagem de cada laje foi passado um “helicóptero” para regularizar o betão (Figura 6.37).



Figura 6.37 – Regularização da laje de betão.

6.4.8 Execução das paredes de alvenaria

Após finalização dos trabalhos nas lajes e endurecimento do betão foram retiradas as cofragens e procedeu-se à execução das paredes exteriores de alvenaria em blocos de betão perfurado com as dimensões de 50x20x20 cm³ como se pode ver na Figura 6.38.



Figura 6.38 – Construção das paredes de alvenaria em blocos de betão.

6.4.9 Execução da cobertura

A cobertura foi executada com perfis metálicos (Figura 6.39 a)) e por cima dos mesmos foram colocadas chapas metálicas (Figura 6.39 b) de maneira a que fosse possível receber placas de lã de rocha (Figura 6.39 f)) para melhor isolamento da estrutura. Para finalizar foi colocada tela em pvc por cima da lã de rocha. Para fixar todo o sistema da cobertura foram utilizados rebites e as juntas da tela foram coladas com cola especial. No centro da cobertura encontra-se uma clarabóia que virá a ser colocada posteriormente no local. Trata-se de uma cobertura de duas águas toda ela de estrutura metálica e com caleiras embutidas no pavilhão.



a) Perfis metálicos de suporte da cobertura.



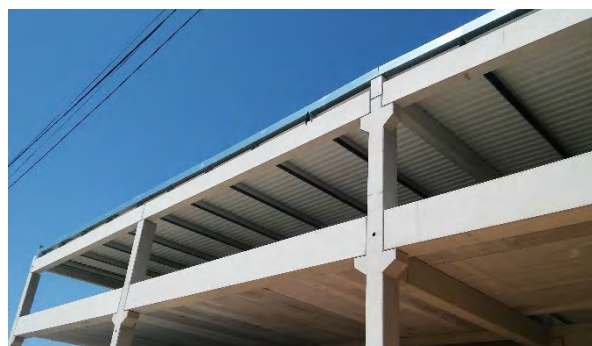
b) Caleira embutida no edifício e chapa de acabamento.



c) Disposição dos perfis metálicos ao longo do pavilhão.



d) Chapas metálicas da cobertura.



e) Disposição das chapas metálicas na cobertura do pavilhão.



f) Colocação da lâã de rocha na cobertura.



g) Clarabóia definida na cobertura.



h) Aplicação da lã de rocha e da tela em pvc na cobertura.

Figura 6.39 – Execução da Cobertura.

Todos os tubos de queda para drenagem de águas pluviais passaram por dentro da estrutura conforme é visível na Figura 6.40.

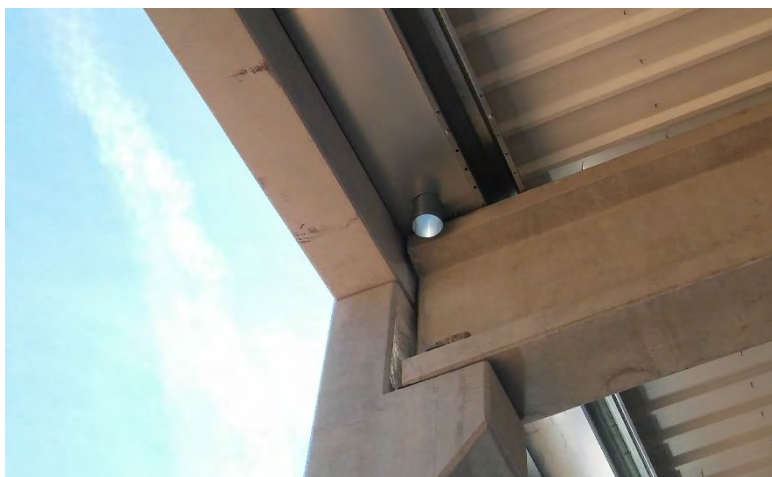


Figura 6.40 – Pormenor das caleiras interiores.

6.4.10 Colocação dos revestimentos exteriores do armazém

No exterior das fachadas do armazém foram colocados perfis metálicos (Figura 6.41), para que estes possam receber as chapas metálicas de revestimento do pavilhão. Tanto as uniões entre perfis (Figura 6.42) como a união dos perfis à estrutura porticada de betão (Figura 6.43) foram executadas com recurso a parafusos metálicos.



Figura 6.41 – Perfis dispostos na fachada exterior.



Figura 6.42 – Pormenor de ligação entre perfis.

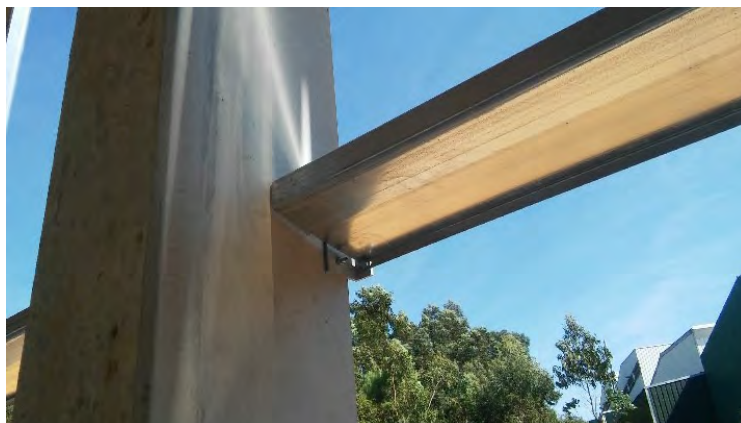


Figura 6.43 – Pormenor de ligação dos perfis à estrutura porticada de betão.

7 PLANOS DE ESPECIALIDADES

7.1 PROJETO DE REDES PREDIAIS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O abastecimento de água para o armazém será efetuado a partir de derivações na rede pública já existente. Na execução deste projeto foi previsto e posteriormente executado um furo para abastecimento de equipamentos industriais, torneiras de rega e limpeza (Figura 7.1). O furo foi executado com uma profundidade de 120 metros tendo sido encontrada água pela primeira vez a 30 metros de profundidade. O material utilizado trata-se de PEAD para o ramal abastecedor e COPRAX para os restantes ramais. A rede propriamente dita consta essencialmente dos ramais de alimentação, das colunas montantes e dos ramais de distribuição.



Figura 7.1 – Máquina de execução de furos.

A conceção da rede, disposições construtivas e dimensionamento foram efetuados de acordo com o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (Decreto Regulamentar nº 23/95 de 23 de Agosto e Decreto-Lei nº 207/94 de 6 de Agosto).

7.2 PROJETO DA REDE PREDIAL DE SANEAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

Trata-se de um projeto de águas residuais sem particularidades, pois no setor de produção de pigmentos os desperdícios são considerados nulos, logo não terão que ter depósitos de resíduos próprios.

Todo o esgoto residual proveniente das áreas de produção será encaminhado para uma câmara de recolha para o seu futuro reaproveitamento no ciclo de produção.

A conceção da rede, disposições construtivas e dimensionamento foram efetuados de acordo com o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto e Decreto-Lei nº 207/94 de 6 de Agosto).

7.3 PROJETO DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

Todas as águas pluviais são encaminhadas para o coletor público através de uma camara de ramal de ligação conforme a Figura 7.2 demonstra abaixo.

A conceção da rede, disposições construtivas e dimensionamento foram efetuados de acordo com o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais (Decreto Regulamentar nº 23/95 de 23 de Agosto e Decreto-Lei nº 207/94 de 6 de Agosto).

As águas pluviais que caem sobre a cobertura serão encaminhadas para as caleiras, de onde descarregam em tubos de queda. A nível do solo a rede de coletores prediais recolhe as descargas e posteriormente através dos ramais encaminha a água para o coletor público.



Figura 7.2 – Caixas e respetivos tubos de drenagem de água pluviais.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

8.1 CONCLUSÕES E DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

O trabalho desenvolvido enquadrou-se num estágio no âmbito da unidade curricular de DIPRE do mestrado em Engenharia Civil do ISEP.

A disponibilização do estágio pela empresa Euromodal permitiu o aproveitamento da oportunidade de acompanhar as diversas fases construtivas de um pavilhão industrial realizado em betão armado e recorrendo a uma solução pré-fabricada.

O atraso no início dos trabalhos de execução do edifício que albergará a sede da empresa permitiu a revisão bibliográfica sobre o tema da pré-fabricação.

O acompanhamento da obra, nas suas sucessivas fases, permitiu o convívio com a aplicação de diferentes tecnologias construtivas, associadas aos elementos estruturais e também a algumas especialidades. Com a experiência de trabalho vivida durante os 6 meses de estágio foi particularmente aliciante testemunhar o rendimento associado à adoção de soluções pré-fabricadas.

Não estando ainda completa a execução do edifício pretende-se acompanhar as fases seguintes com particular interesse na execução do pavimento térreo do pavilhão, bem como o das zonas exteriores de circulação. Os trabalhos relacionados com as redes de saneamento e de águas, com a aplicação de caixilharias e com os revestimentos, revestem-se também de particular interesse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Albarran, E., *“Construção com elementos pré-fabricados em betão armado”*, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2008.

Cunha, F., *“Dimensionamento de Tabuleiros de Pontes com Vigas de Betão Pré-fabricado”*, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010.

El Debs, M.K., *“Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações”*. Publicação Escola de Engenharia de São Carlos. 1. ed. São Carlos, 2000.

FIP, *“Planning and Design Handbook on Precast Building Structures”*, Fédération Internationale de la Précontrainte, 2004.

FIB (2008), Buletin 43: Structural connections for Precast Concrete Buildings Fédération Internationale du Béton, 2008.

Koncz, Tihamér, *Manual de la Construcción Prefabricada: “com elementos de hormingón armado e pretensado: construcción, cálculo e ejecución”*, Madrid 1975.

Lança, P., *“Processos de Construção de Estruturas de Pisos”*, Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Beja.

Lagartixo, Pedro M. R., *“Sistemas Estruturais de Edifícios Industriais”* - Tese de Mestrado. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa - Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2011.

Leite, R., *“Métodos Construtivos de Edifícios – Comparação entre pré-fabricação e construção tradicional em betão armado”*, Instituto Superior de Engenharia, Instituto Politécnico do Porto, 2015.

Magalhães, A., *“A pré-fabricação em betão em edifícios”*, Instituto Superior de Engenharia, Instituto Politécnico do Porto, 2013.

Mondragão, L., *“Betão armado para a construção de armazéns”*, Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2011.

Nascimento Neto, S.R., *“Análise Logística do Transporte e Montagem de Pré- Moldados em Canteiros de Obras”*, Relatório de Pesquisa de Iniciação Científica apoiado pela FAPESP, 2009.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Na, L., "*Investigation of the Designers' and General Contractors' Perceptions of Offsite Construction Techniques in the United States Construction Industry*", Dissertation Presented to the Graduate School of Clemson University, 2007.

NP EN 1992-1-1, Eurocódigo 2: "*Projeto de estruturas de betão: Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios*", 2008.

PCI, Design handbook "*Precast and prestressed concrete*", Chicago : PCI - Precast/Prestressed Concrete Institute, 1999.

Romeu, R., "*Estruturas Pré-Fabricadas em betão*", Concremate, 2012.

Prainsa, "*Catálogo de Estructura Delta*", Espanha, 2013.

Seminário sobre Pré-Fabricação de estruturas de betão, Lisboa (K.S.Elliot school of civil engineering, University of Nottingham NG7 2RD, UK), 2002.

Silva Resende, A., "*Montagem de Vigas Pré-fabricadas em Betão em Obras de Arte Correntes e Especiais: Boas Práticas de Segurança e Saúde no Trabalho*", Faculdade de Engenharia Universidade do Porto, 2012.

Saraiva, F., "*Estruturas Pré-fabricadas em Betão*," Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2012.

Simões de Oliveira, A., "*Desenvolvimento de um Sistema de Ligação Viga-Pilar em Estrutura Préfabricada com Transmissão de Momento Flector*", Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa, 2012.

Society for Studies on the Use of Precast Concrete (STUPRÉ), Structural Design Manual: "*Precast Concrete Connection Details*", 1981

Tomás, Q., "*Concepção e Projecto de um Edifício de Habitação com Estrutura em Betão Pré-fabricado*", Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa, 2010.

Válter, L., "*Projeto de lajes com elementos pré-fabricados*", Instituto Superior Técnico, Universidade Nova de Lisboa, 2012.

Pesquisa em sites realizada (entre Março e Setembro de 2016):

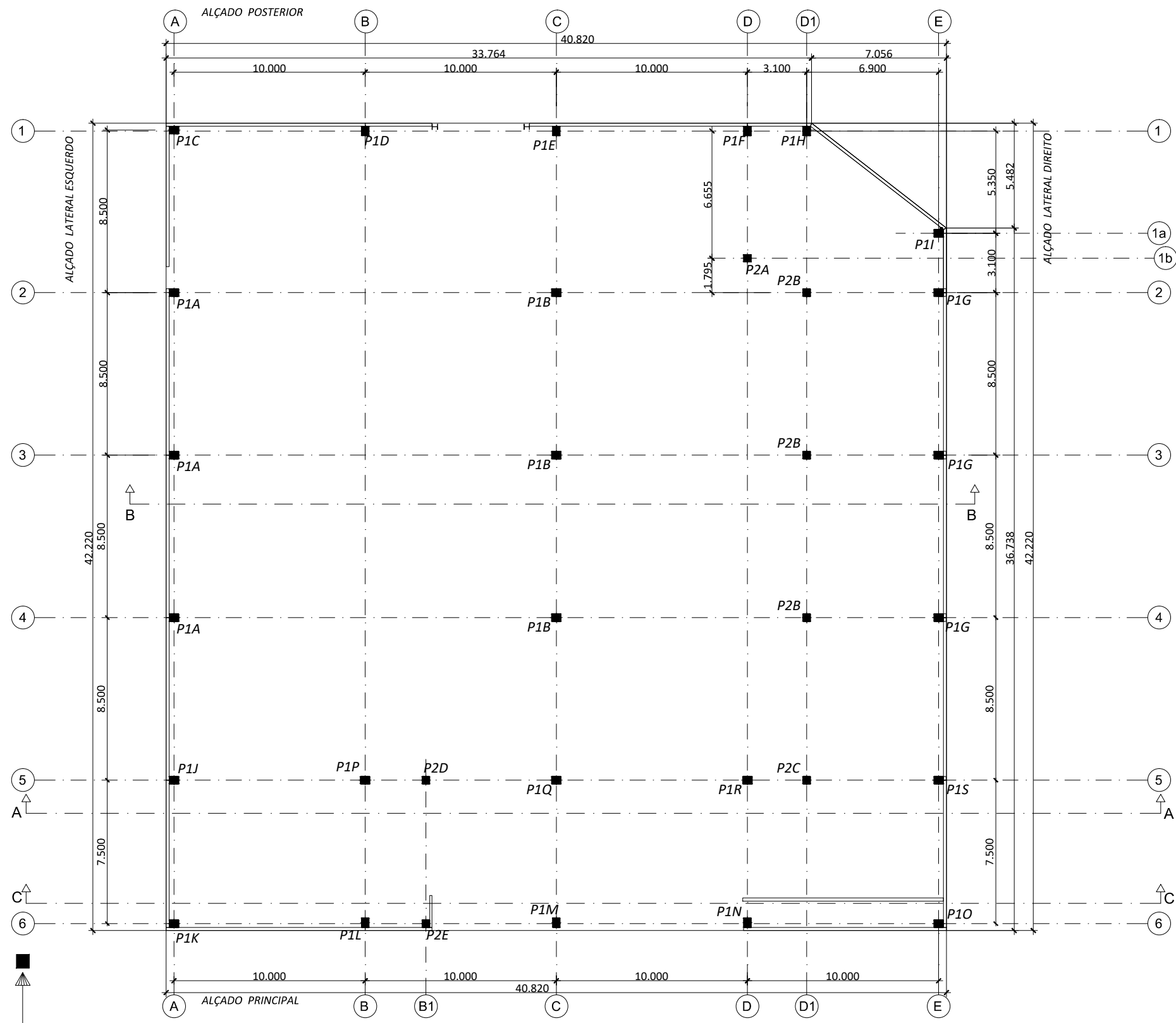
<http://www.premoldrm.com.br/produto/pre-laje-macica/>

<http://www.clubedoconcreto.com.br/2015/06/sapatas-para-pilares-pre-fabricados.html>

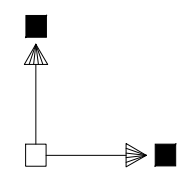
<http://avantiareprefabricados.com/4.html>

ANEXO 1 – MS PROJECT

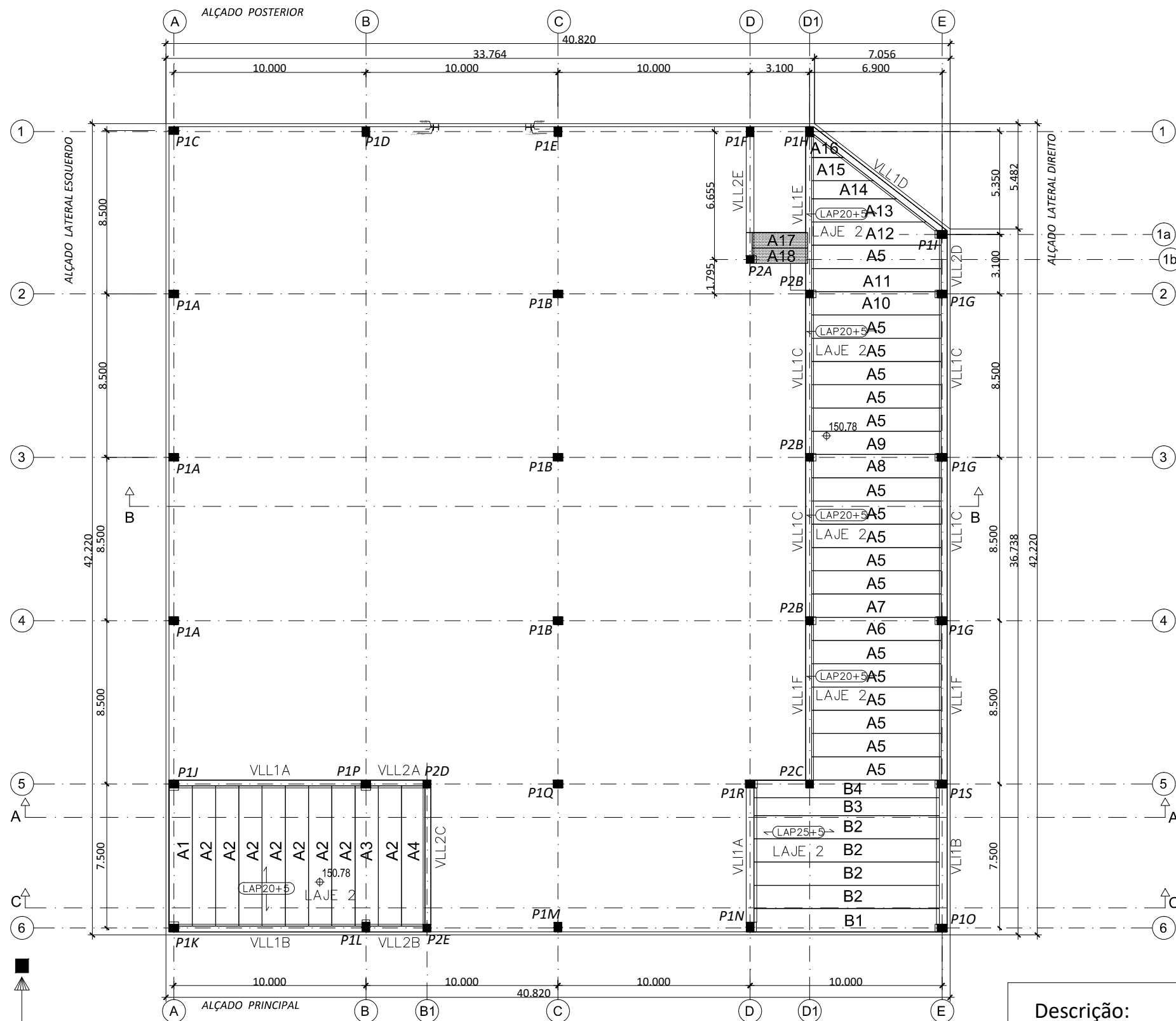
ANEXO 2 – PROJETO ESTRUTURAL



PLANTA DO PISO 0

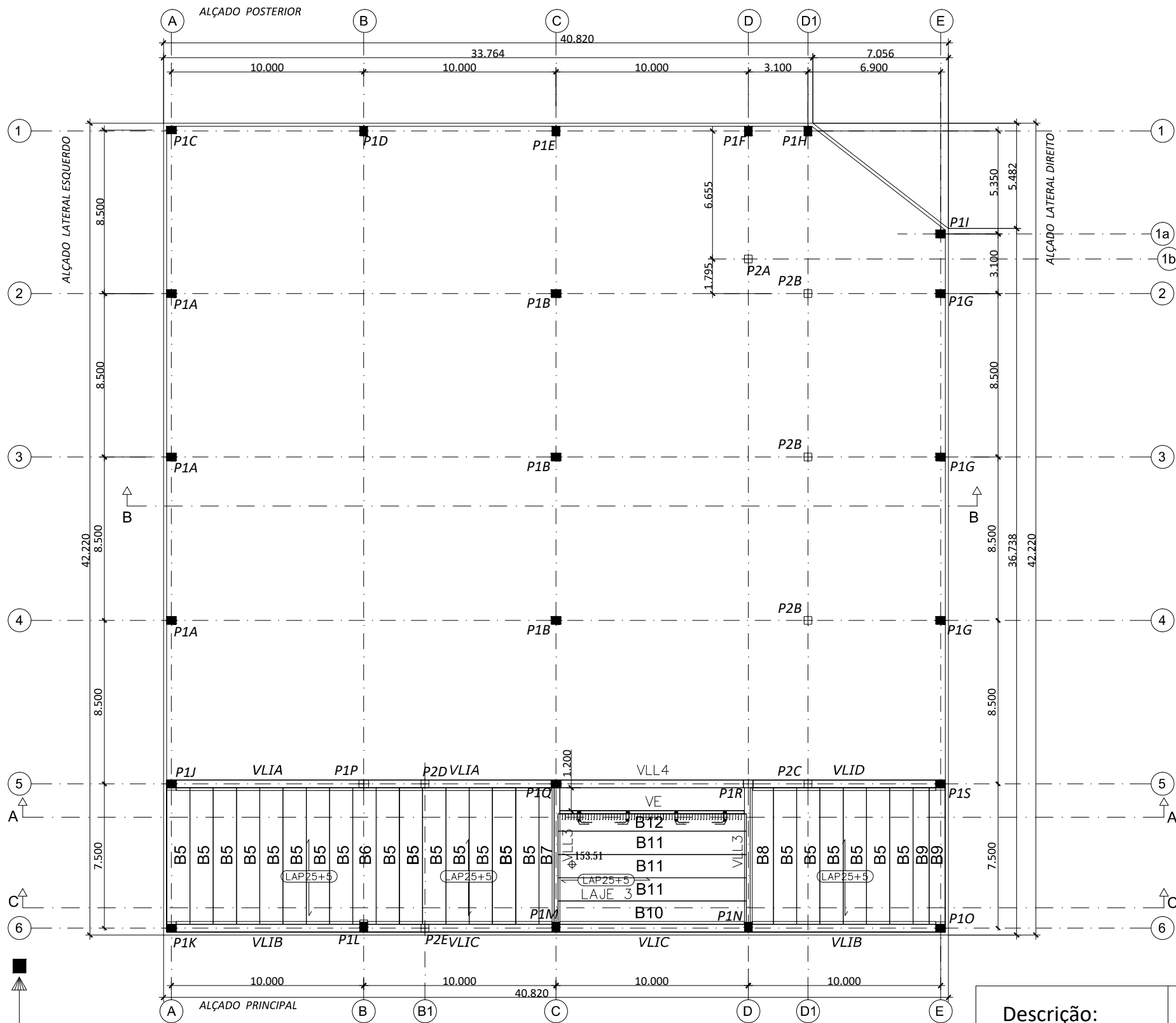


Descrição:	Planta de estruturas do piso 0
Escala:	1:250
Edição:	Rui Pedro Da Silva Monteiro
Data:	Outubro de 2016

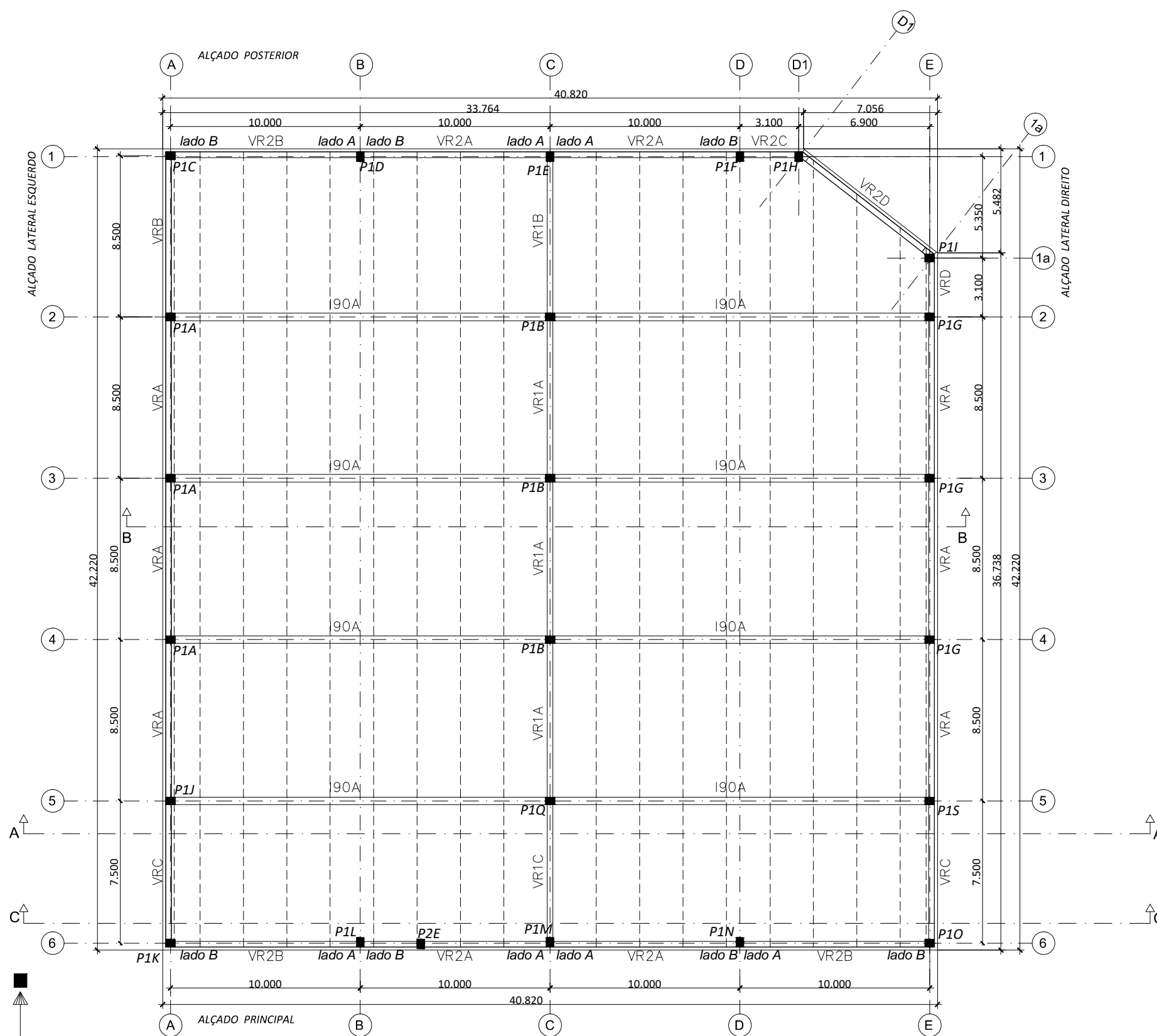


PLANTA DO PISO 1

Descrição:	Planta de estruturas do piso 1
Escala:	1:250
Edição:	Rui Pedro Da Silva Monteiro
Data:	Outubro de 2016

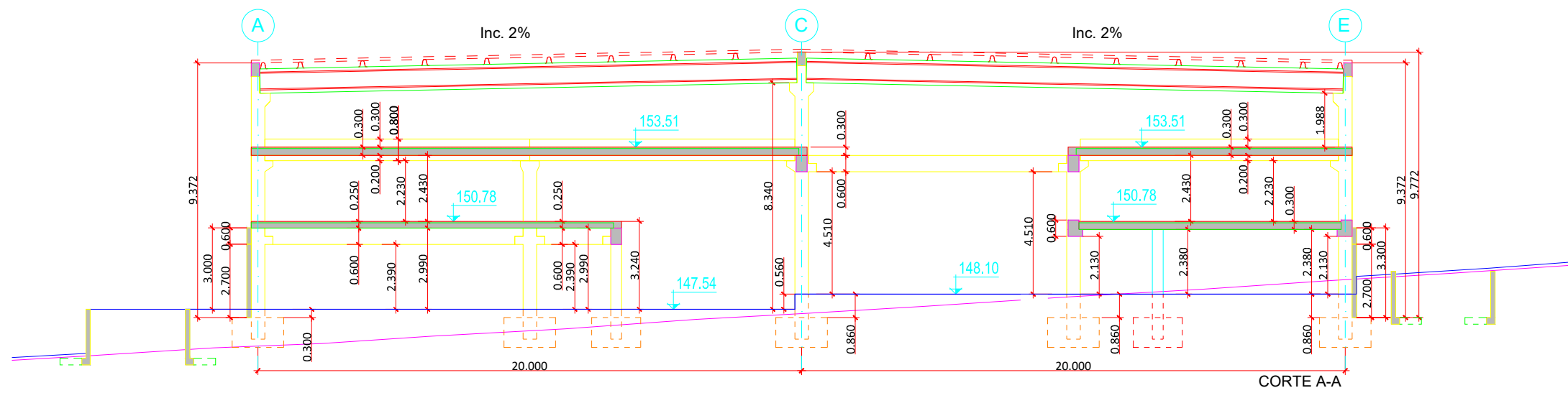


Descrição:	Planta de estruturas do piso 2
Escala:	1:250
Edição:	Rui Pedro Da Silva Monteiro
Data:	Outubro de 2016

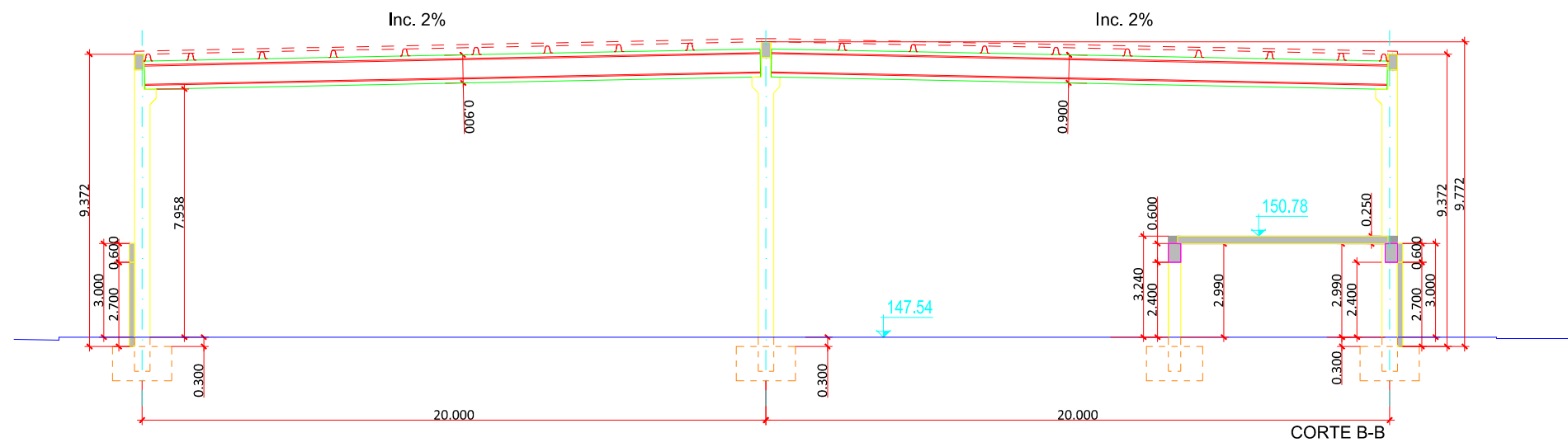


PLANTA DE ESTRUTURA DA COBERTURA

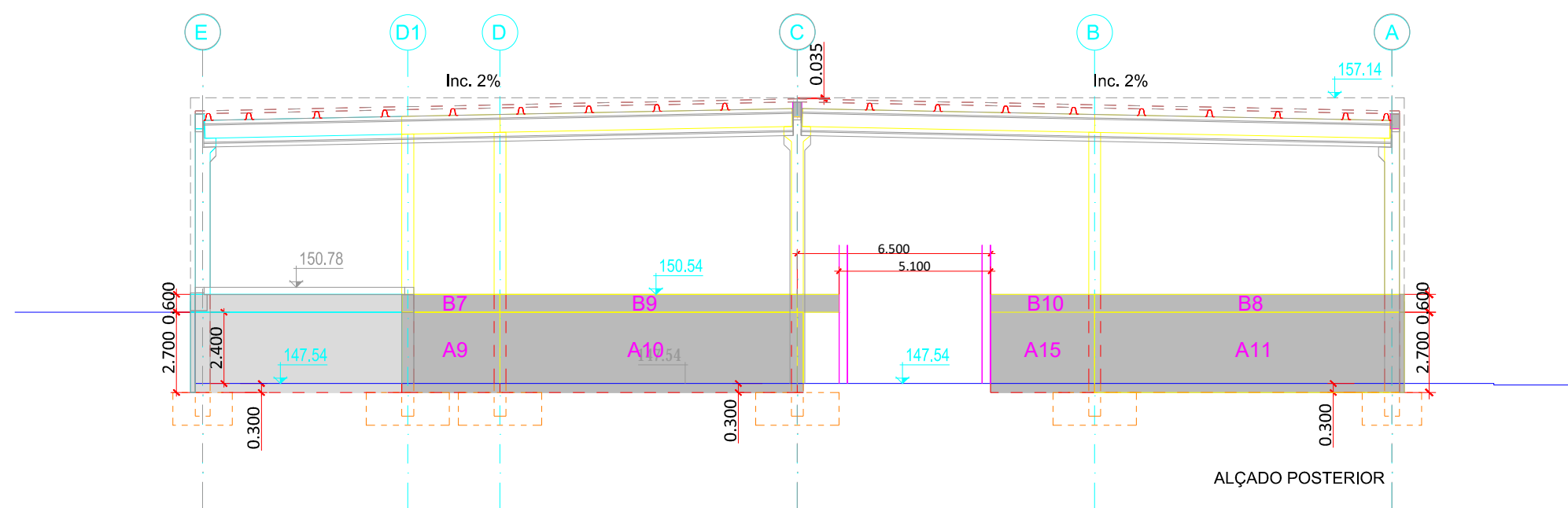
Descrição:	Planta da Cobertura
Escala:	1:250
Edição:	Rui Pedro Da Silva Monteiro
Data:	Outubro de 2016



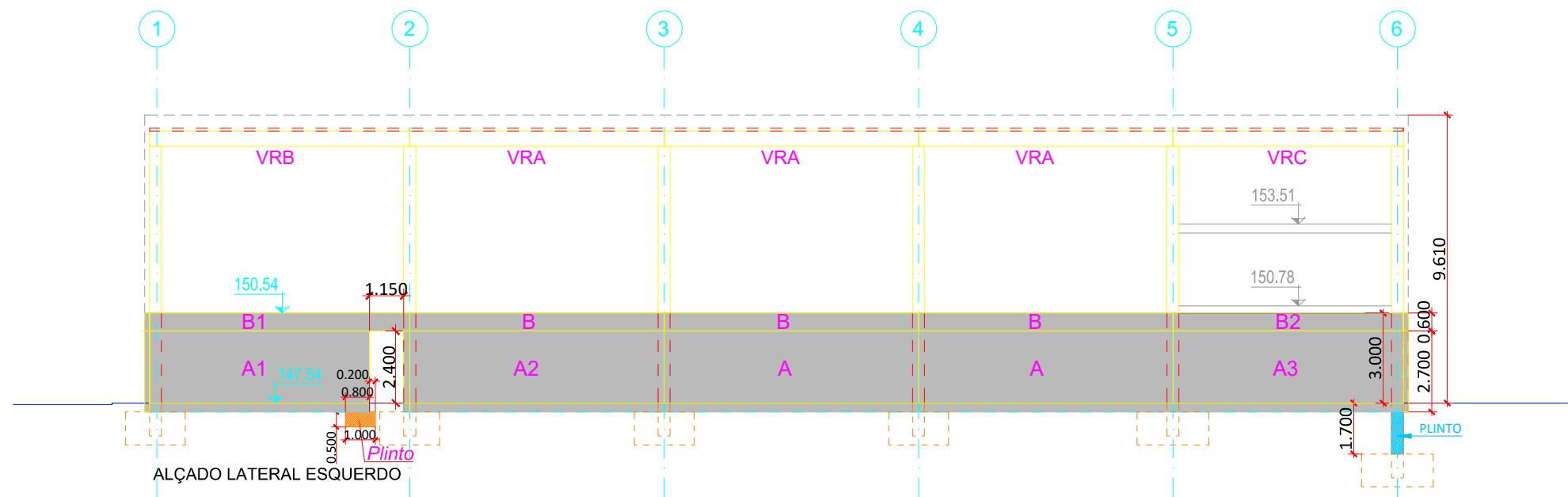
Descrição:	Corte A-A
Escala:	1:200
Edição:	Rui Pedro Da Silva Monteiro
Data:	13/10/2016



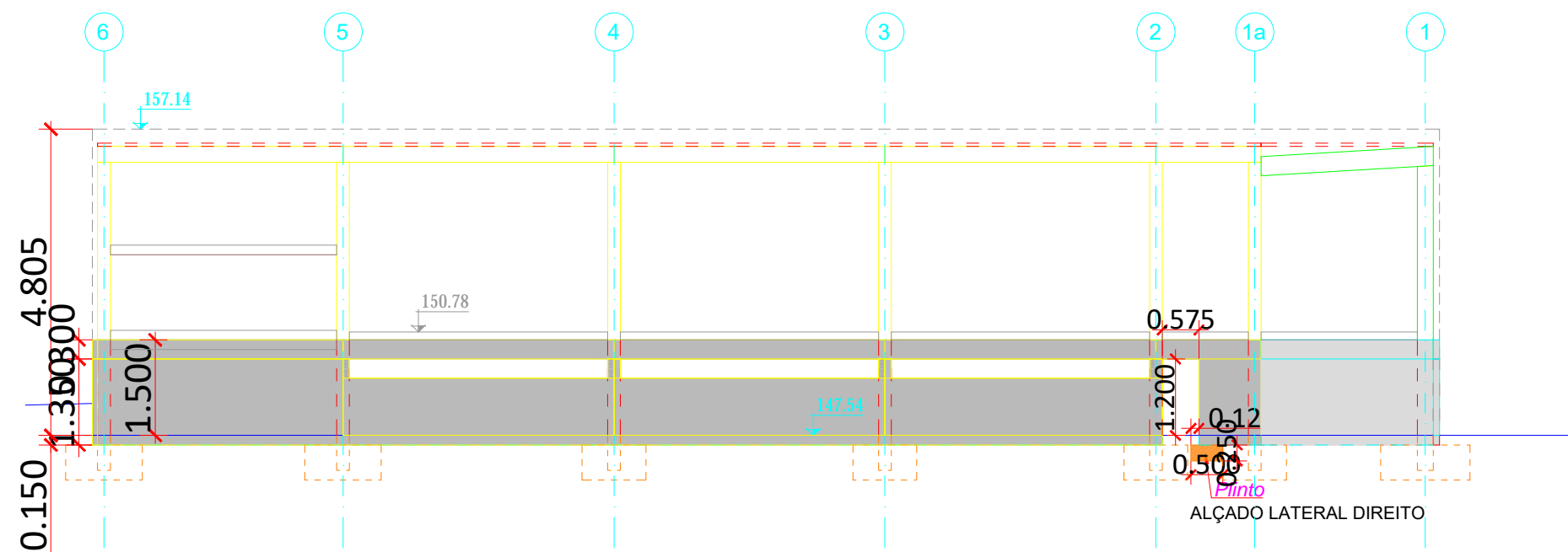
Descrição:	Corte B-B
Escala:	1:200
Edição:	Rui Pedro Da Silva Monteiro
Data:	13/10/2016



Descrição:	Alçado posterior
Escala:	1:200
Edição:	Rui Pedro Da Silva Monteiro
Data:	13/10/2016

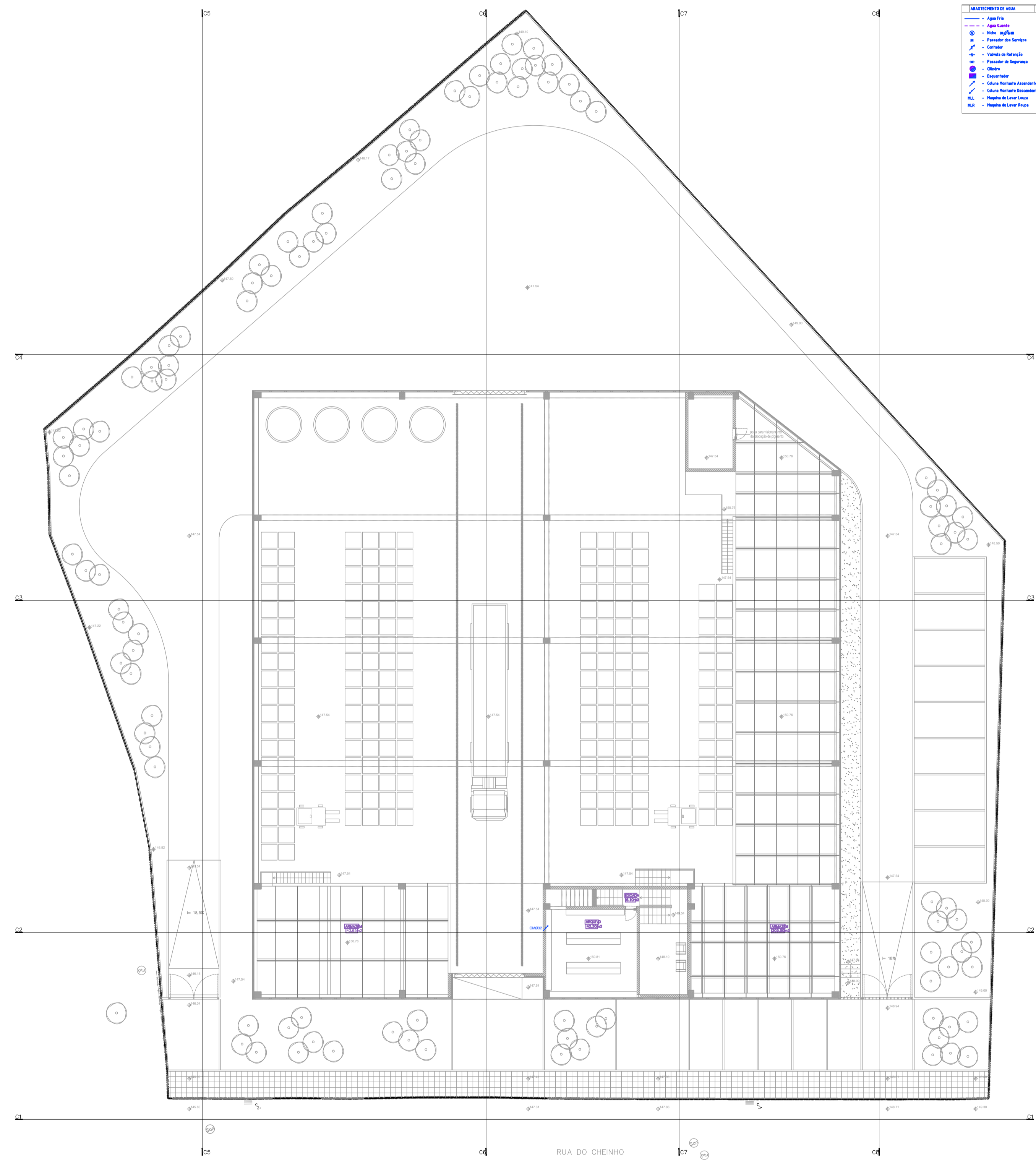


Descrição:	Alçado lateral esquerdo
Escala:	1:200
Edição:	Rui Pedro Da Silva Monteiro
Data:	13/10/2016

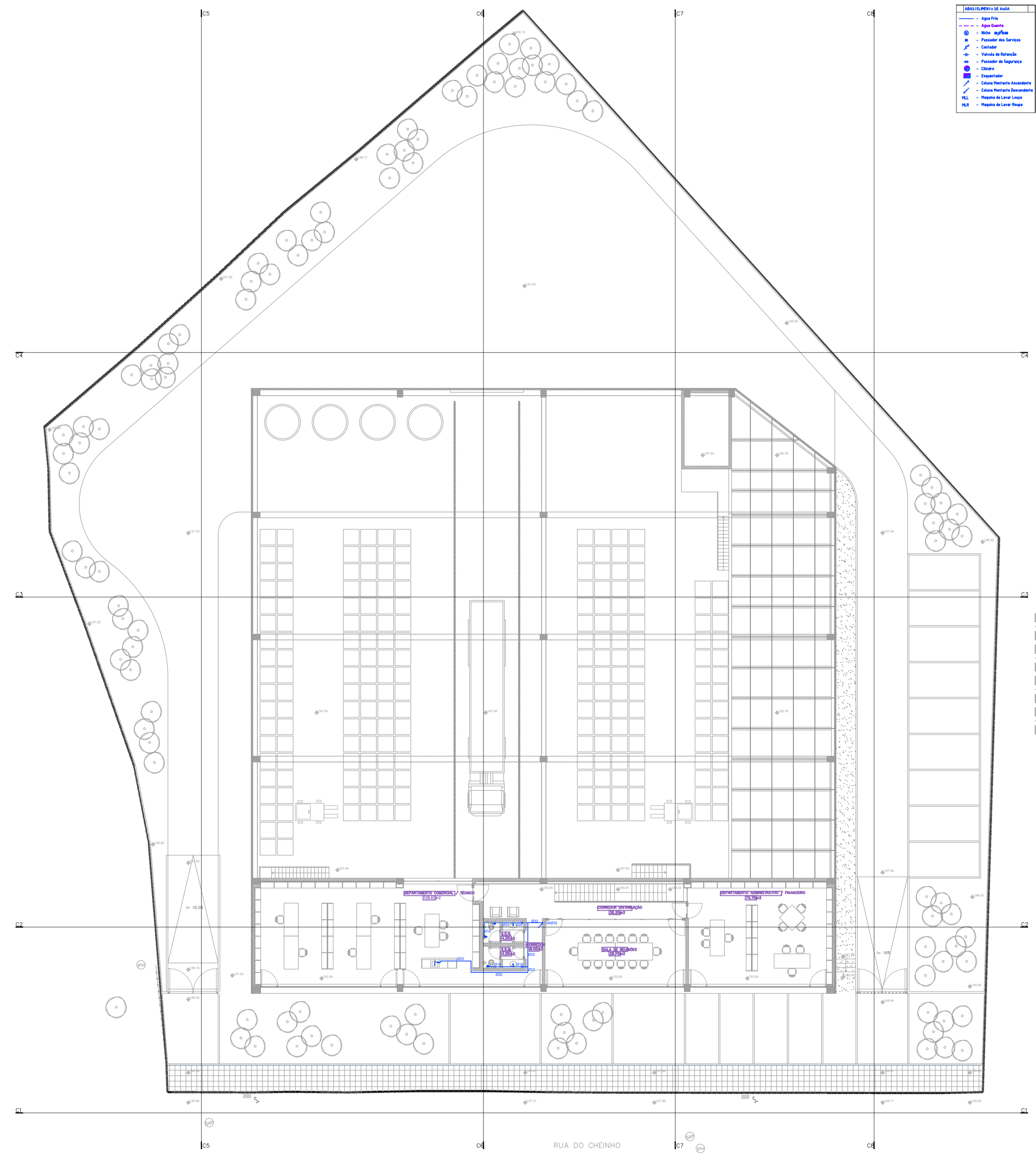


Descrição:	Alçado lateral direito
Escala:	1:200
Edição:	Rui Pedro Da Silva Monteiro
Data:	13/10/2016

ANEXO 3 – PROJETO DE REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

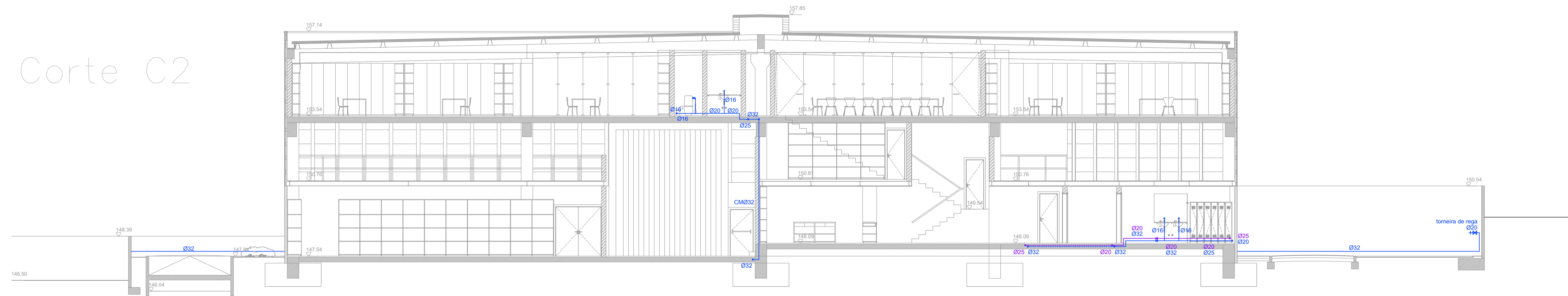


Descrição:	Planta de abastecimento de água do piso 1
Escala:	1:200
Data:	Outubro de 2016



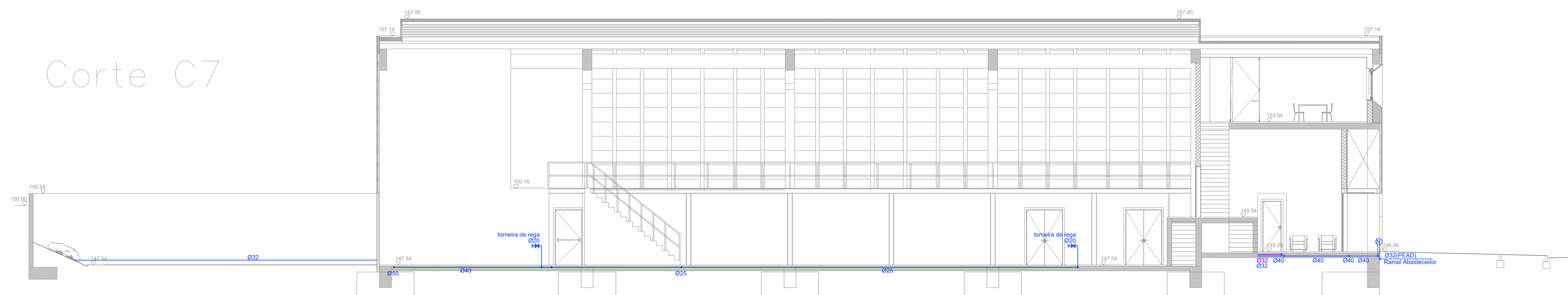
Descrição:	Planta de abastecimento de água do piso 2
Escala:	1:200
Data:	Outubro de 2016

Corte C2

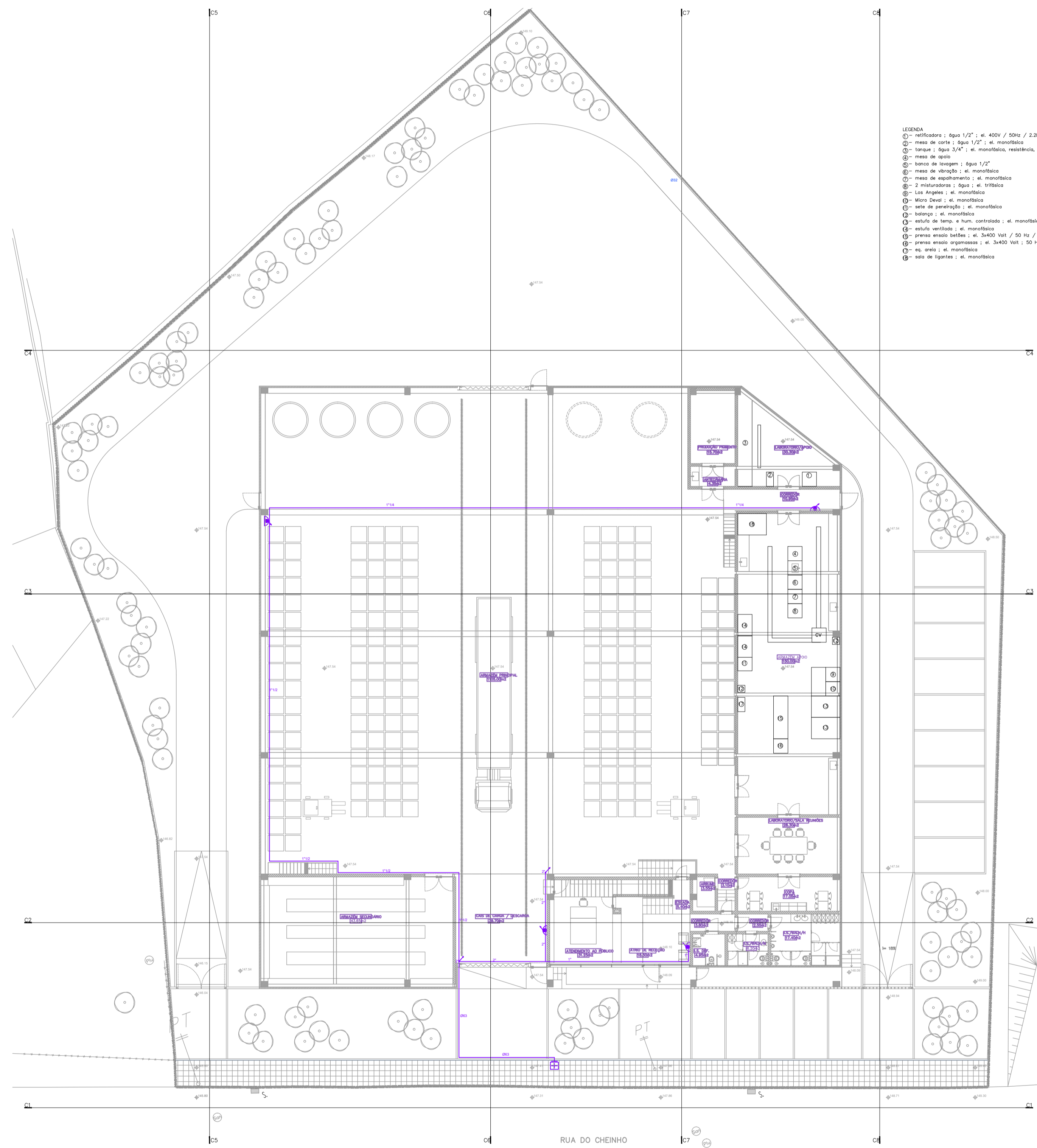


ABASTECIMENTO DE AGUA	
	- Agua Fria
	- Agua Quente
	- Nicho
	- Passador dos Servico
	- Contador
	- Valvula de Retencao
	- Passador de Segura
	- Cilindro
	- Esquentador
	- Coluna Montante Asc
	- Coluna Montante Des
	- Maquina de Lavar Lo
	- Maquina de Lavar Ro

Corte C7

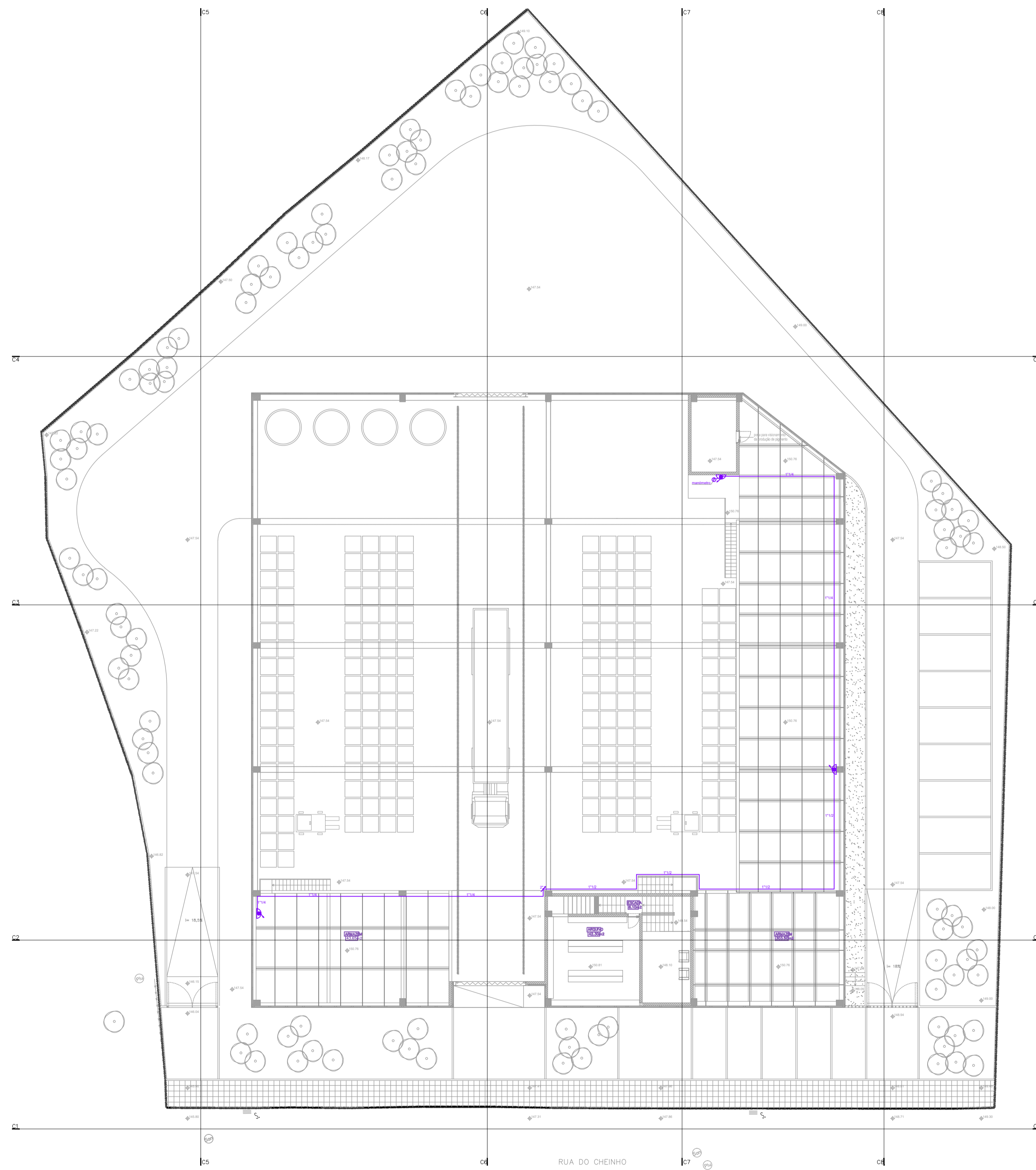


Descrição:	Cortes C7 e C2 da planta de abastecimento de água
Escala:	1:200
Data:	Outubro de 2016

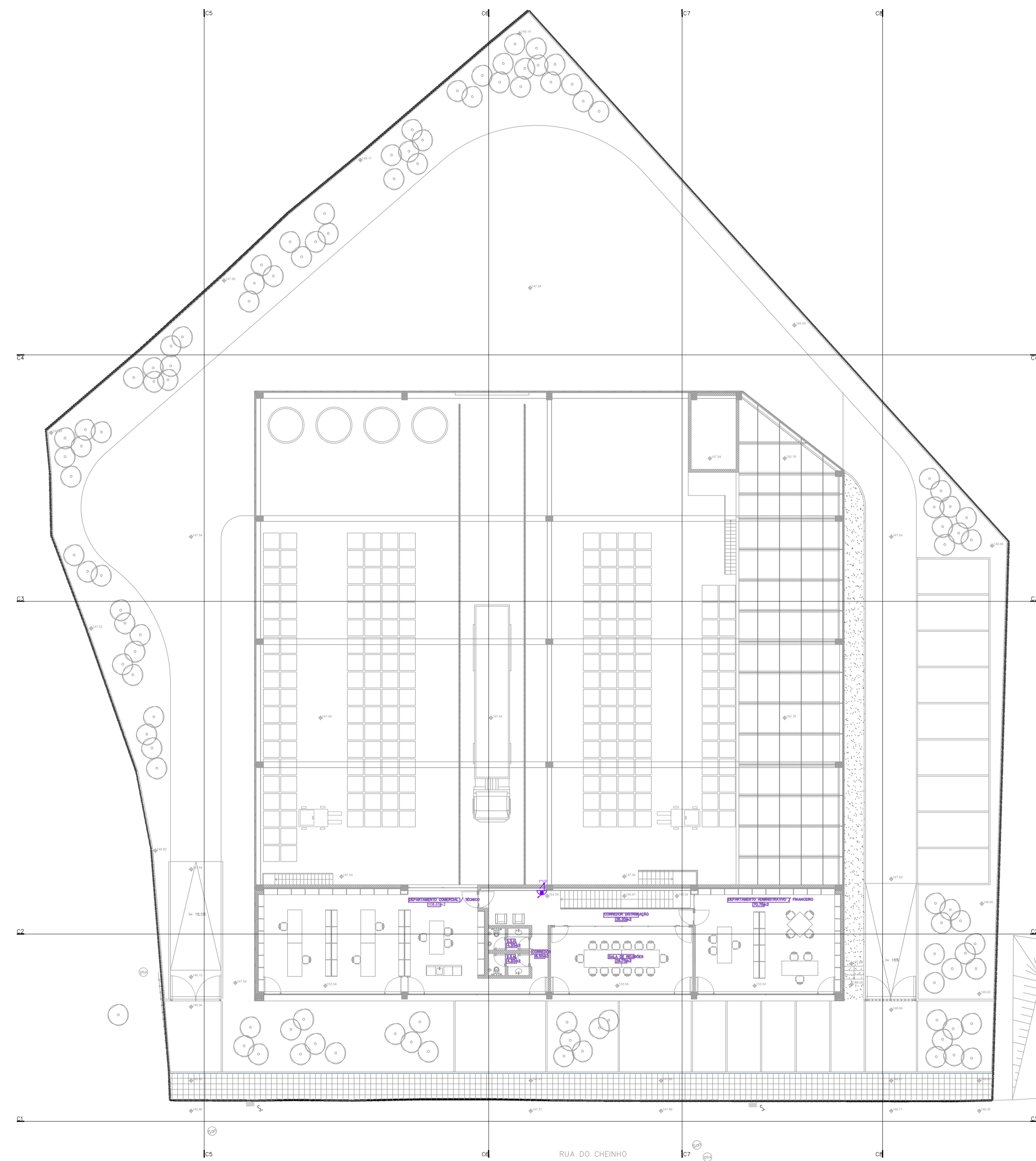


- LEGENDA
- ① - refrigeração ; água 1/2" ; el. 400V / 50Hz / 2,2kW
 - ② - mesa de cartas ; água 1/2" ; el. monofásica
 - ③ - lavatório ; água 3/4" ; el. monofásica, resistência; bomba de transferência
 - ④ - mesa de apoio
 - ⑤ - bancas de lavagem ; água 1/2"
 - ⑥ - mesa de abrigação ; el. monofásica
 - ⑦ - mesa de espolvoreamento ; el. monofásica
 - ⑧ - 2 molinetares ; água ; el. trifásica
 - ⑨ - Los Angeles ; el. monofásica
 - ⑩ - Micro Densel ; el. monofásica
 - ⑪ - sala de paratubos ; el. monofásica
 - ⑫ - balança ; el. monofásica
 - ⑬ - estufa de forno e hum. controlada ; el. monofásica
 - ⑭ - estufa ventilada ; el. monofásica
 - ⑮ - prensa massa batida ; el. 2400 volt / 50 Hz / 2,2kW
 - ⑯ - prensa massa orgânica ; el. 2400 volt / 50 Hz / 2,2 kW
 - ⑰ - es. area ; el. monofásica
 - ⑱ - sala de espera ; el. monofásica

Descrição:	Planta de abastecimento de água a incêndios do piso 0
Escala:	1:200
Data:	Outubro de 2016

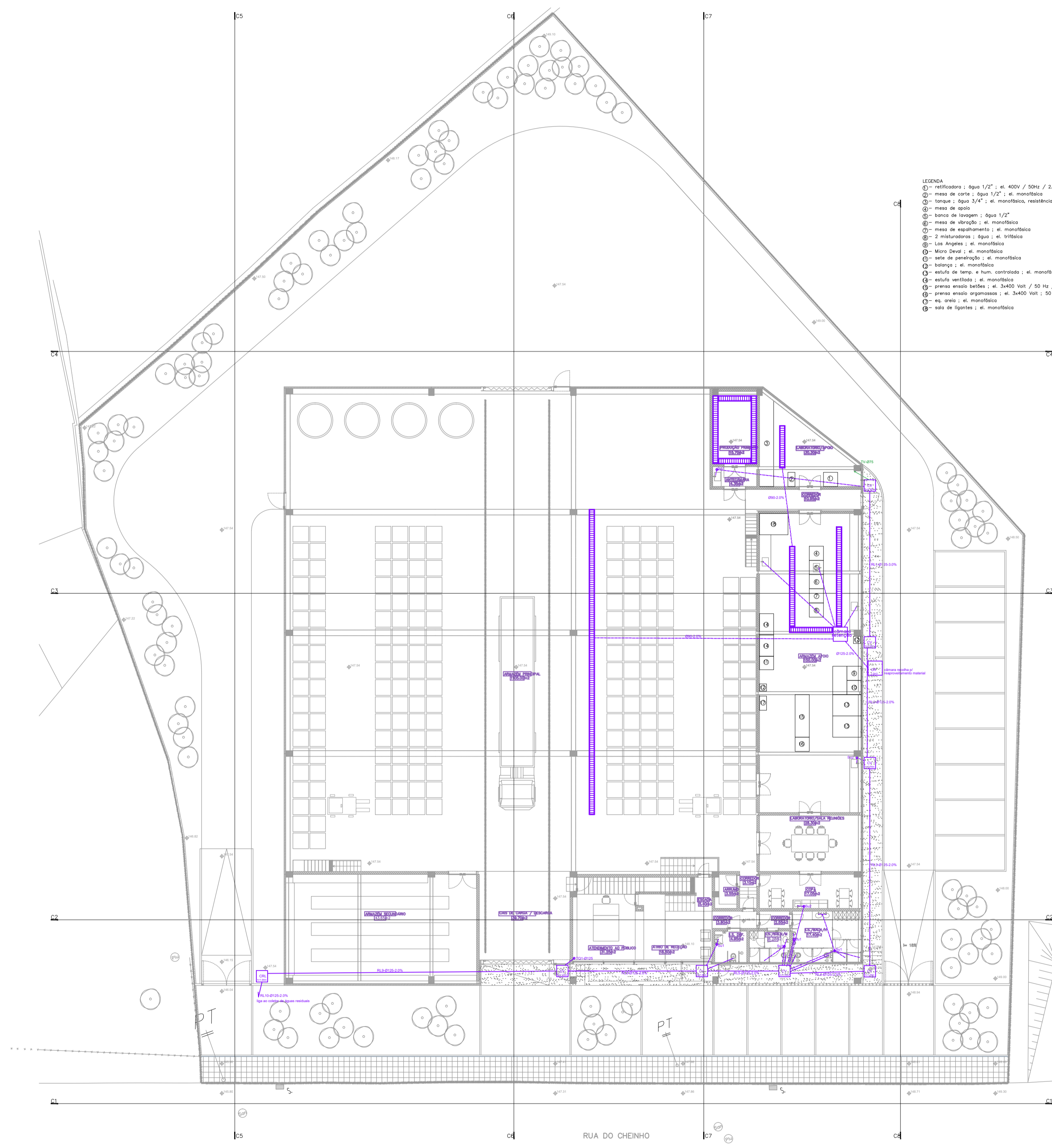


Descrição:	Planta de abastecimento de água a incêndios do piso 1
Escala:	1:200
Data:	Outubro de 2016



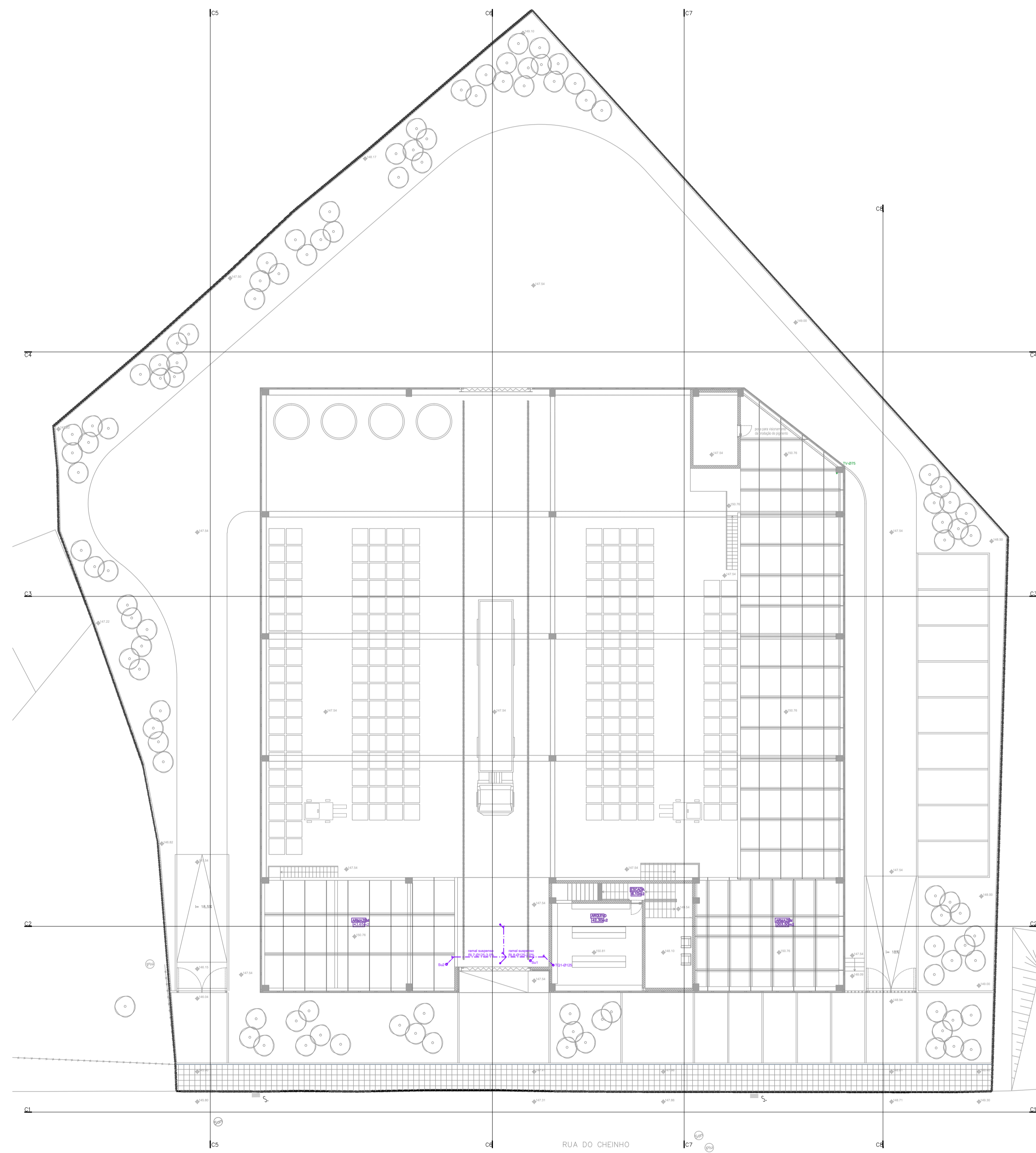
Descrição:	Planta de abastecimento de água a incêndios do piso 2
Escala:	1:200
Data:	Outubro de 2016

ANEXO 4 – PROJETO DE REDE DE ÁGUAS RESIDUAIS

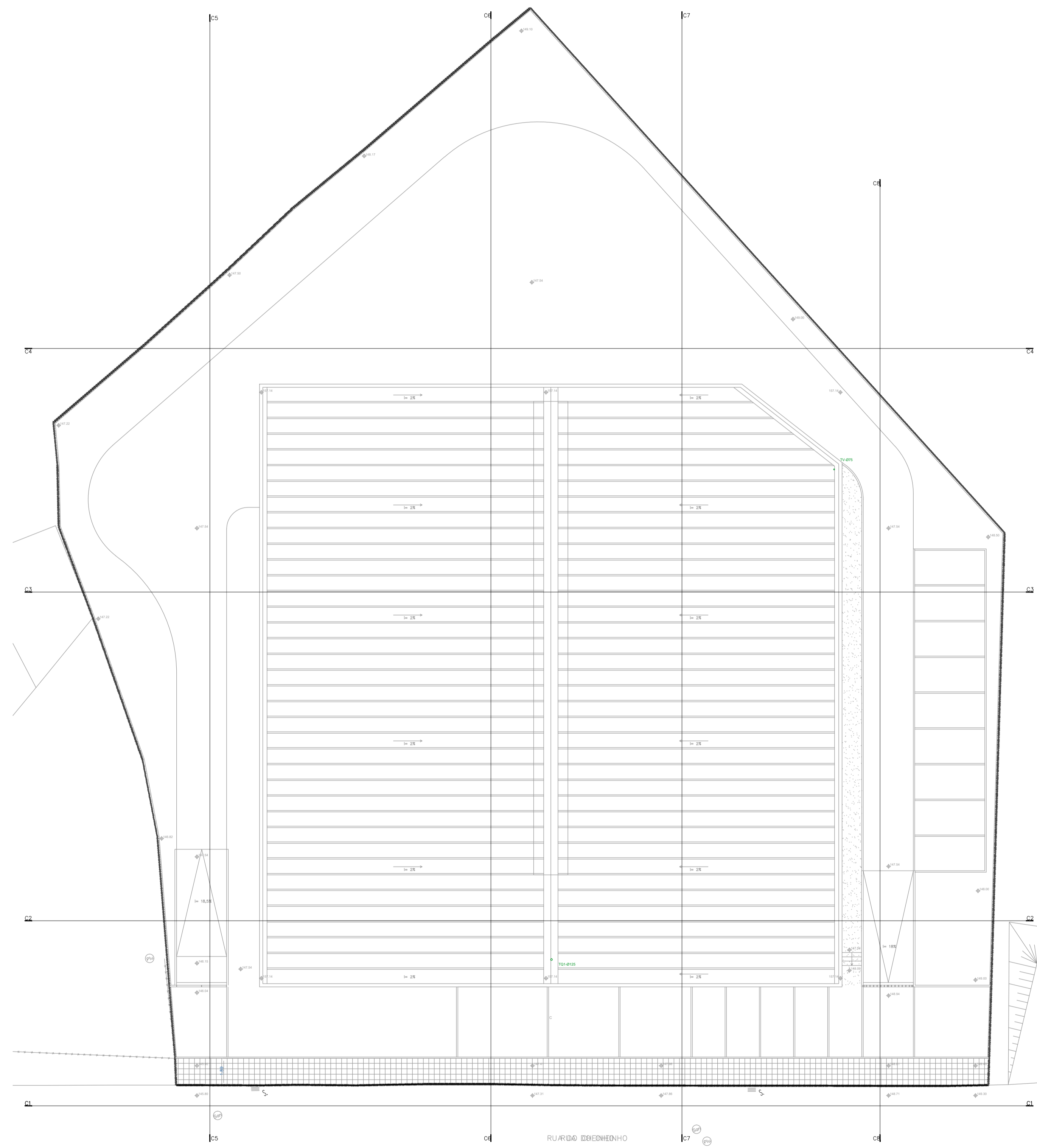


- LEGENDA
- ⊖ - refrigeração ; água 1/2" ; el. 400V / 50Hz / 2,2kW
 - ⊖ - massa de cimento ; água 1/2" ; el. monofásico
 - ⊖ - tanque ; água 3/4" ; el. monofásico, resíduo, bomba de transp.
 - ⊖ - massa de alven.
 - ⊖ - bancas de cozinha ; água 1/2"
 - ⊖ - massa de alvenaria ; el. monofásico
 - ⊖ - massa de esquadramento ; el. monofásico
 - ⊖ - 2 misturadoras ; água ; el. trifásico
 - ⊖ - Lixo Alimento ; el. monofásico
 - ⊖ - Micro Deterl ; el. monofásico
 - ⊖ - tubo de penetração ; el. monofásico
 - ⊖ - botijão ; el. monofásico
 - ⊖ - estufa de forno ; el. hum. controlado ; el. monofásico
 - ⊖ - estufa ventilada ; el. monofásico
 - ⊖ - prensa lavado louças ; el. 3400 Volt / 50 Hz / 2,0kW
 - ⊖ - prensa lavado roupas ; el. 3400 Volt ; 50 Hz ; 2,2 kW
 - ⊖ - es. areia ; el. monofásico
 - ⊖ - tubo de ligação ; el. monofásico

Descrição:	Planta da rede de águas residuais do piso 0
Escala:	1:200
Data:	Outubro de 2016

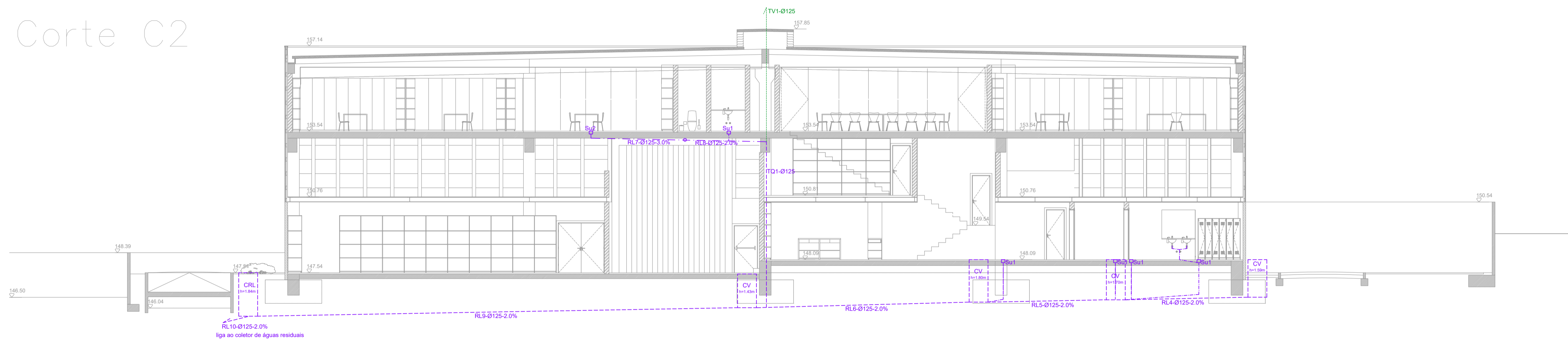


Descrição:	Planta da rede de águas residuais do piso 1
Escala:	1:200
Data:	Outubro de 2016

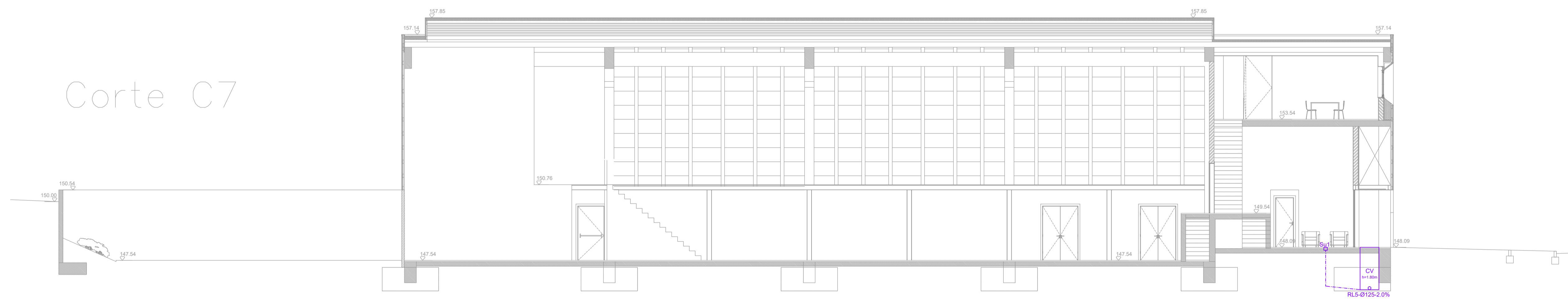


Descrição:	Planta da rede de águas residuais da cobertura
Escala:	1:200
Data:	Outubro de 2016

Corte C2

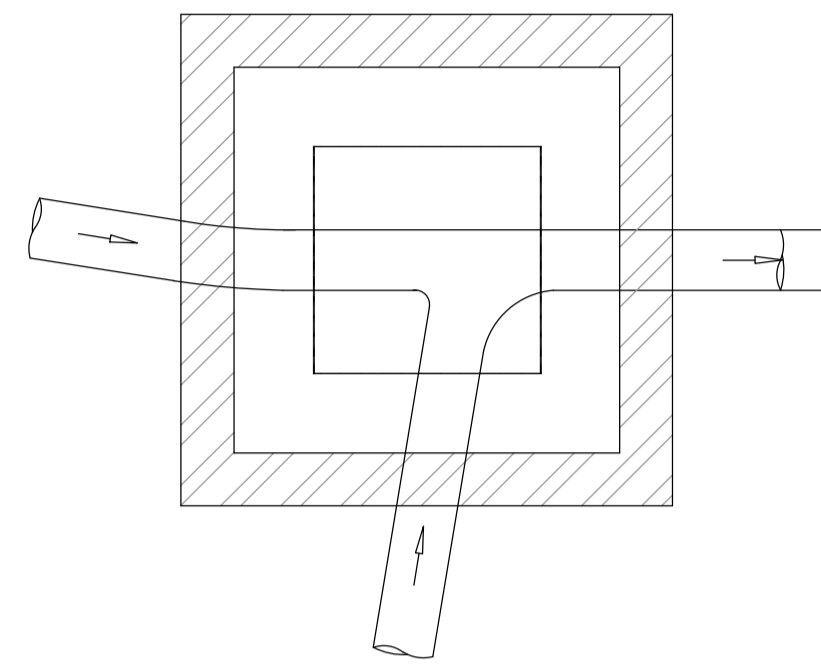


Corte C7



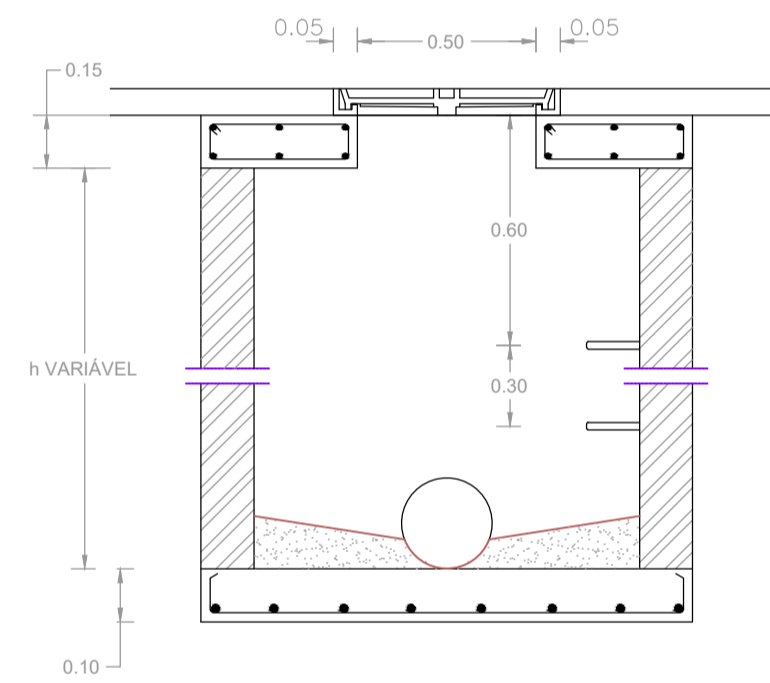
Descrição:	Corte C2 e C7 da planta de águas residuais
Escala:	1:100
Data:	Outubro de 2016

CAIXA DE VISITA TIPO

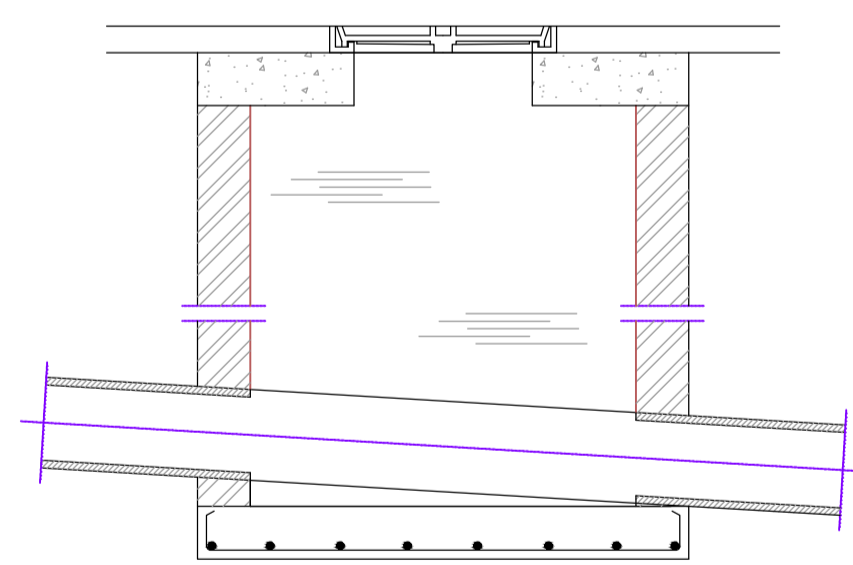


0.20 | 1.00x1.00 | 1.00xH+2.50 | 0.20

PLANTA



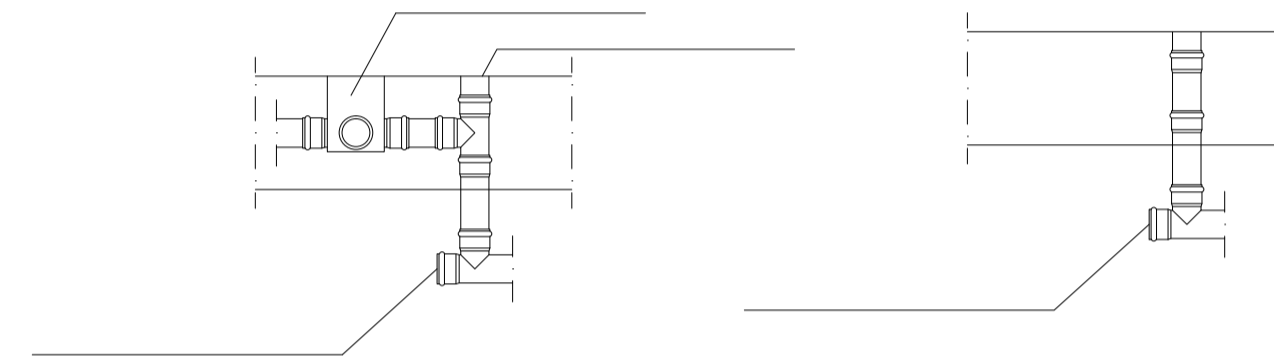
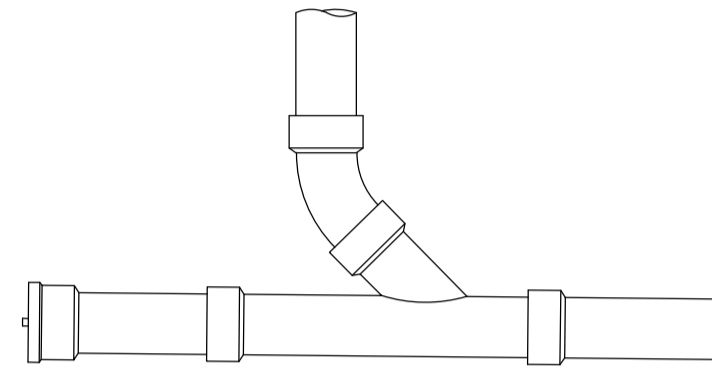
CORTE TRANSVERSAL TIPO



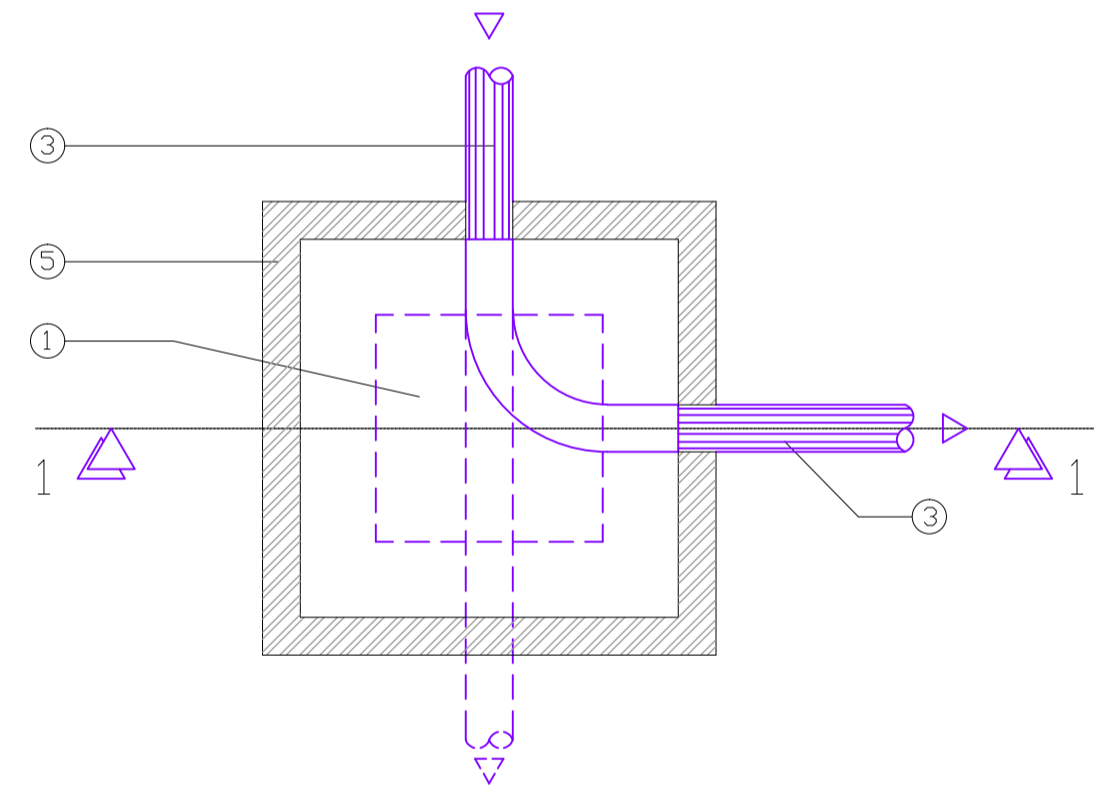
CORTE LONGITUDINAL

NOTAS:

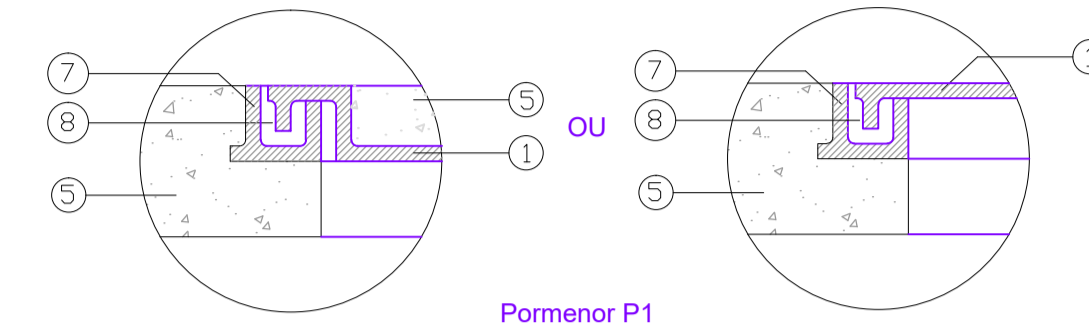
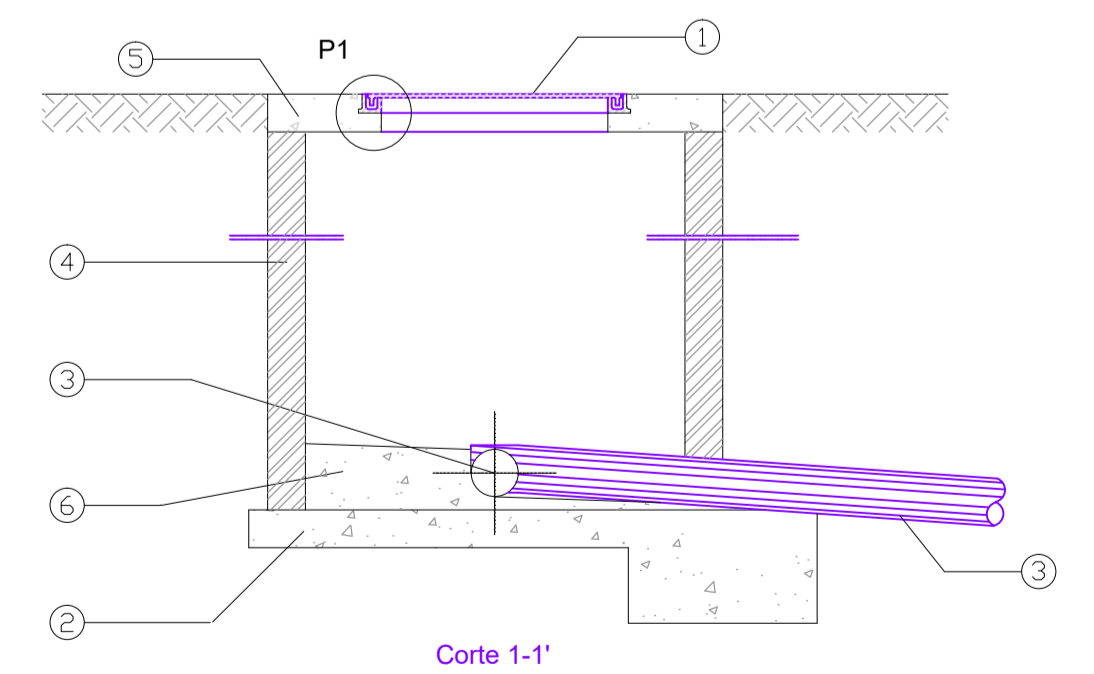
PORMENOR DE FUNCIONAMENTO DO VAREJAMENTO DA REDE SUSPensa



CAIXA DE RAMAL DE LIGAÇÃO



Planta



Pormenor P1

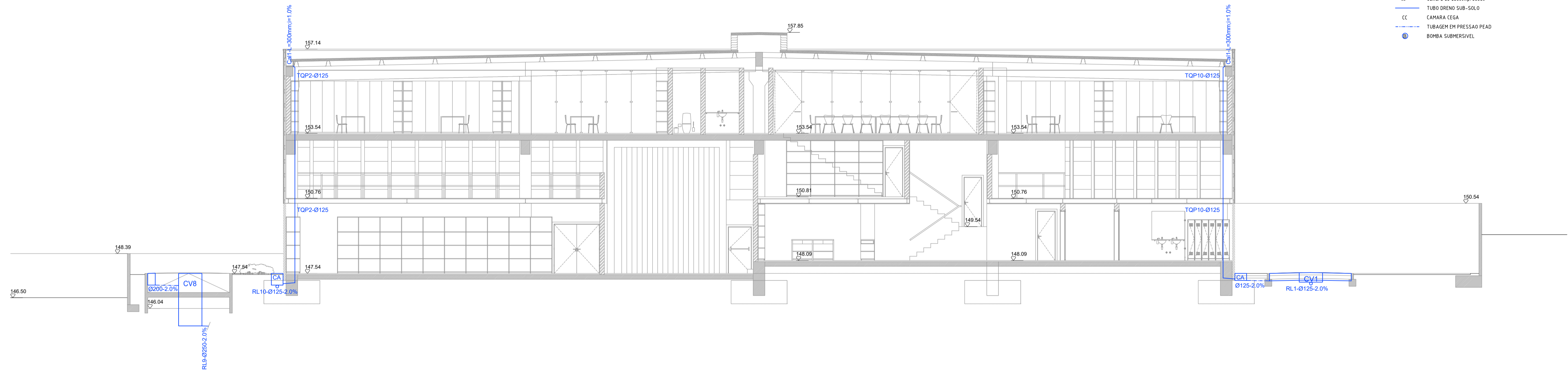
LEGENDA

- 1 - Tampa de visita em ferro fundido
- 2 - Fundação em betão
- 3 - Colector de $\varnothing 125$ mm com $i=2$ a 4%
- 4 - Parede de blocos
- 5 - Tampa de betão
- 6 - Betão de enchimento
- 7 - Caixilho em ferro fundido
- 8 - Oleo

Descrição:	Pormenores construtivos
Escala:	1:200
Data:	Outubro de 2016

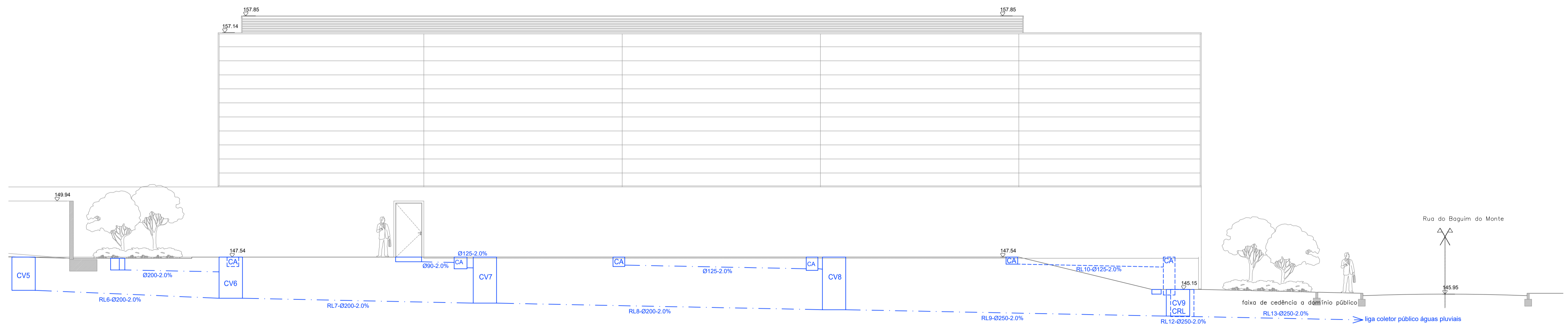
ANEXO 5 – PROJETO DE REDE DE ÁGUAS PLUVIAIS

Corte C2



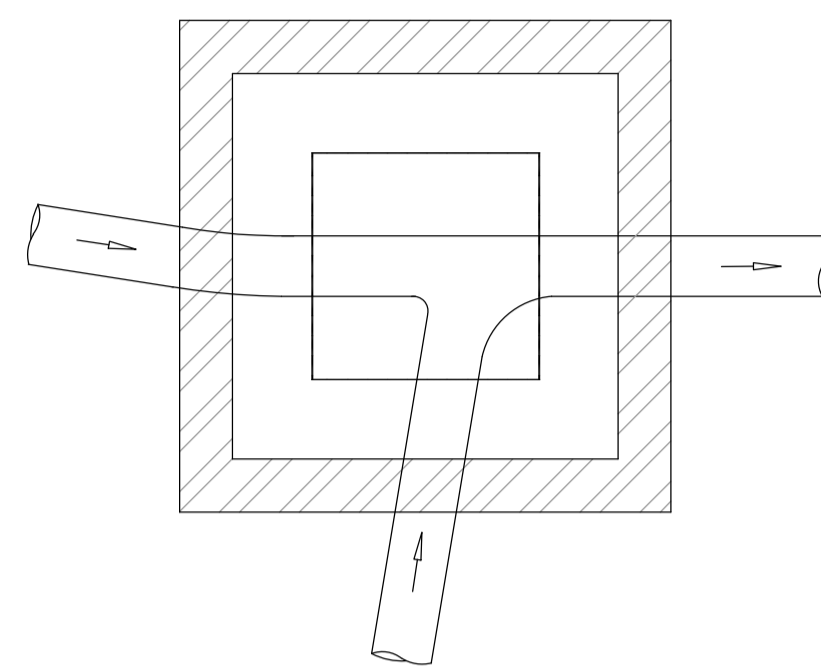
- AGUAS PLUVIAIS
- Tubagem em PVC
 - Tubo de queda Pluvial
 - Caleira
 - Ralo de Pavimento
 - Caixa de Aréa
 - Caixa de Visita
 - Caixa Ramal de Ligação
 - Câmara de Recepção e Bombagem
 - Câmara de decompressão
 - TUBO DRENO SUB-SOLO
 - CAPARA CEGA
 - TUBAGEM EM PRESSÃO PEAD
 - BOMBA SUBMERSIVEL

Corte C5



Descrição:	Cortes C5 e C2 da planta de águas pluviais
Escala:	1:100
Data:	Outubro de 2016

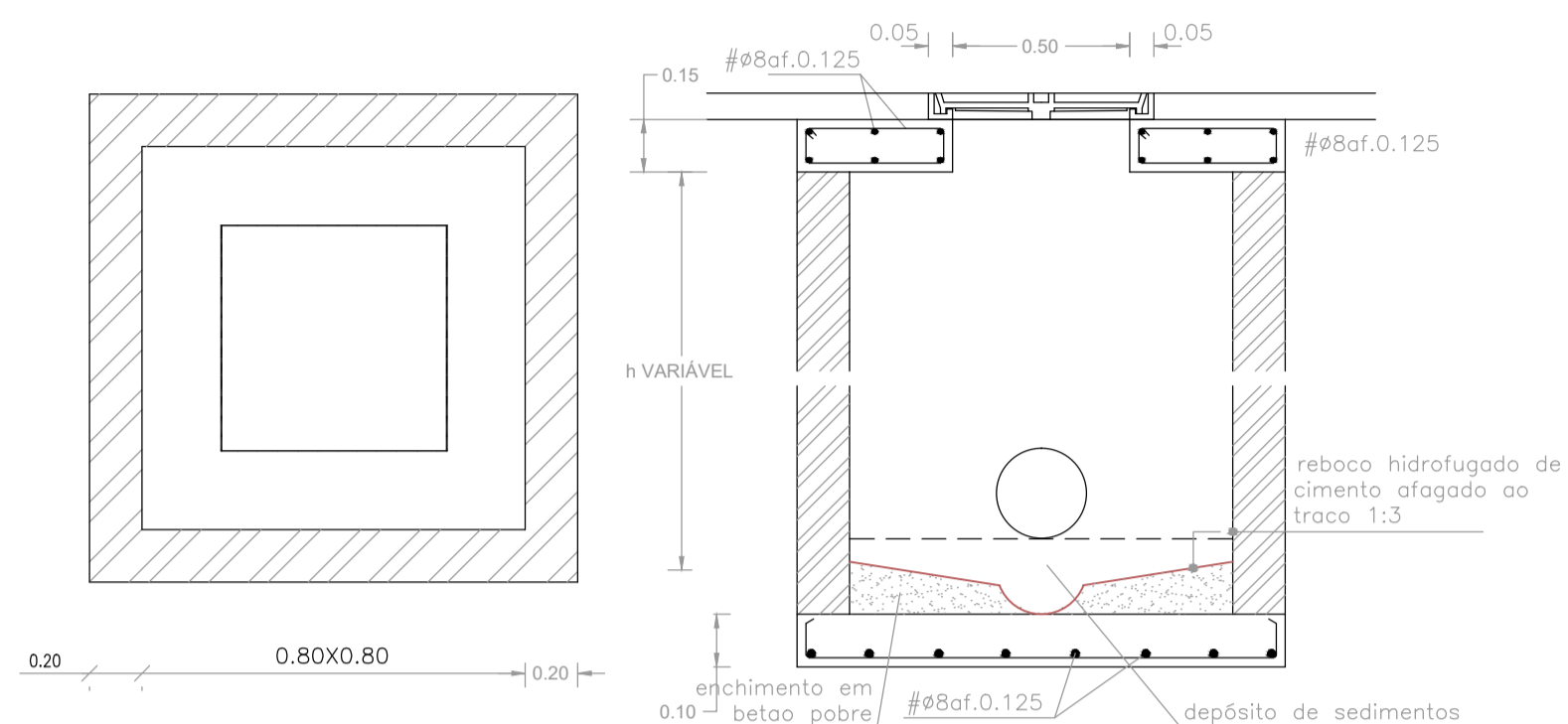
CAIXA DE VISITA TIPO



0.80X0.80 H<1.00
1.00x1.00 1.00<H<2.50
1.25x1.25 H>2.50

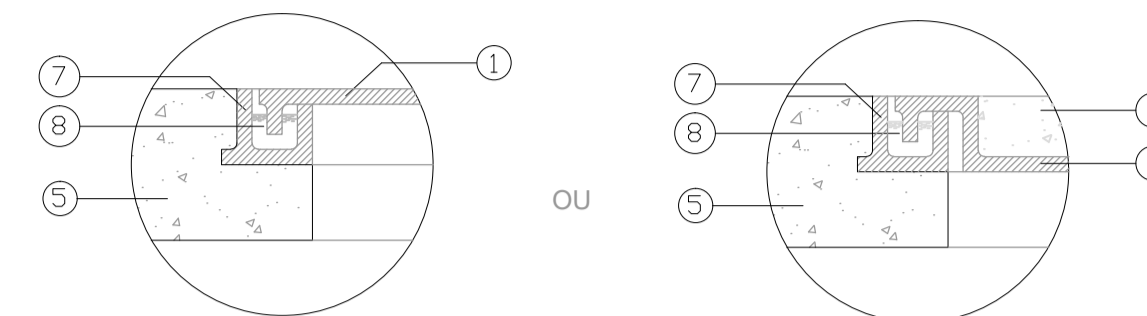
PLANTA

CAIXA DE AREIA



PLANTA

CORTE TRANSVERSAL TIPO

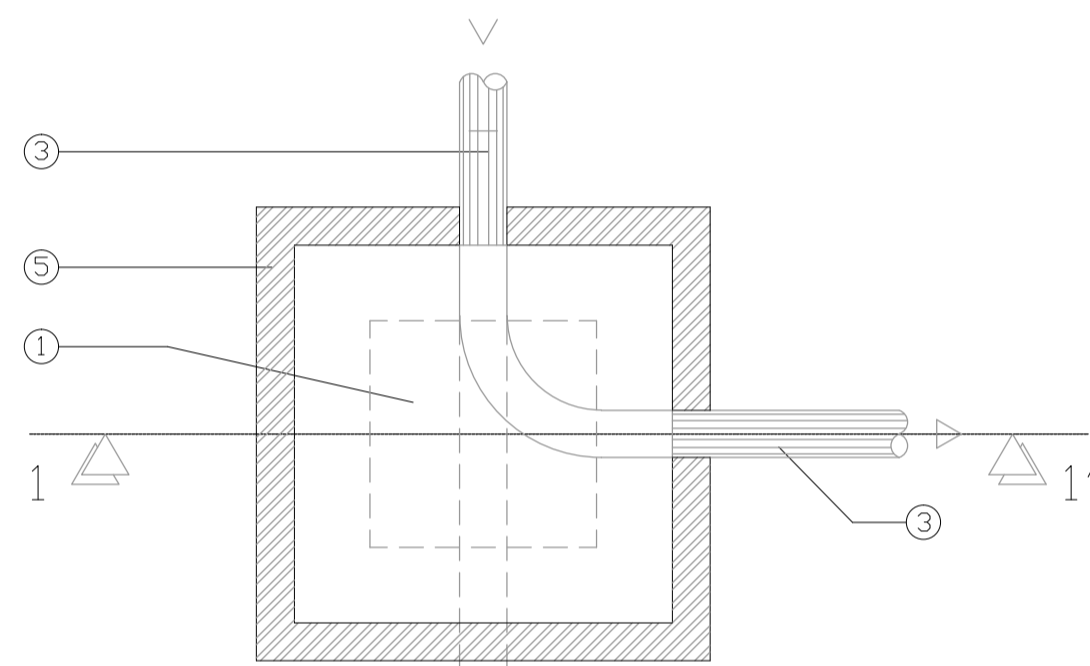


Pormenor P1

LEGENDA

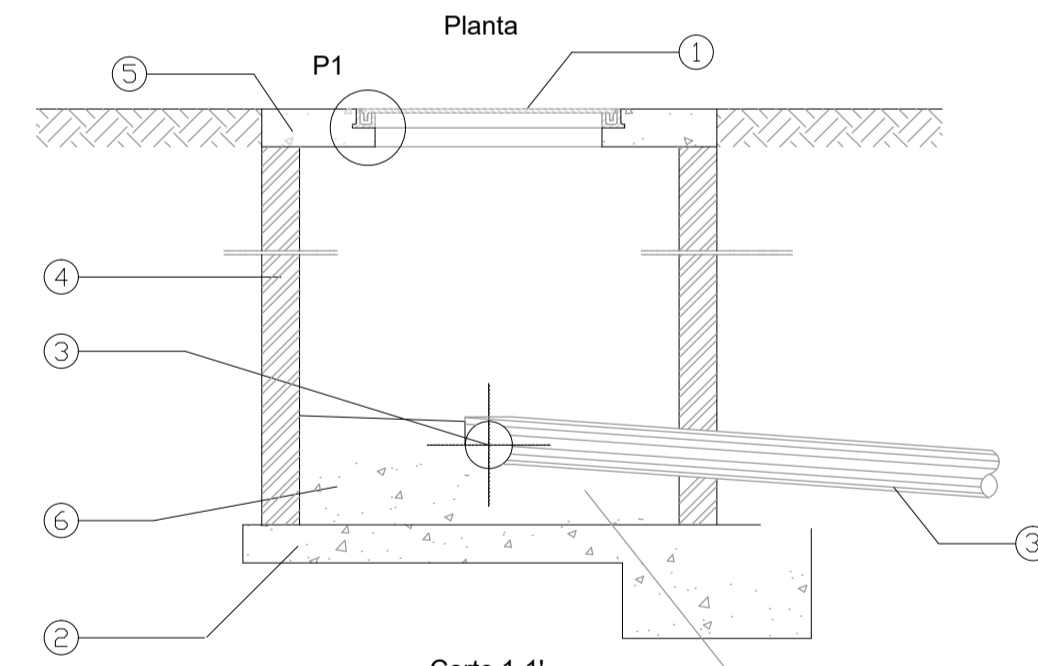
- 1 - Tampa de visita em ferro fundido
- 2 - Fundação em betão
- 3 - Colector de $\phi 125$ mm com $i=2$ a 4%
- 4 - Parede de blocos
- 5 - Tampa de betão
- 6 - Betão de enchimento
- 7 - Caixilho em ferro fundido
- 8 - Oleo

CAIXA DE RAMAL DE LIGAÇÃO

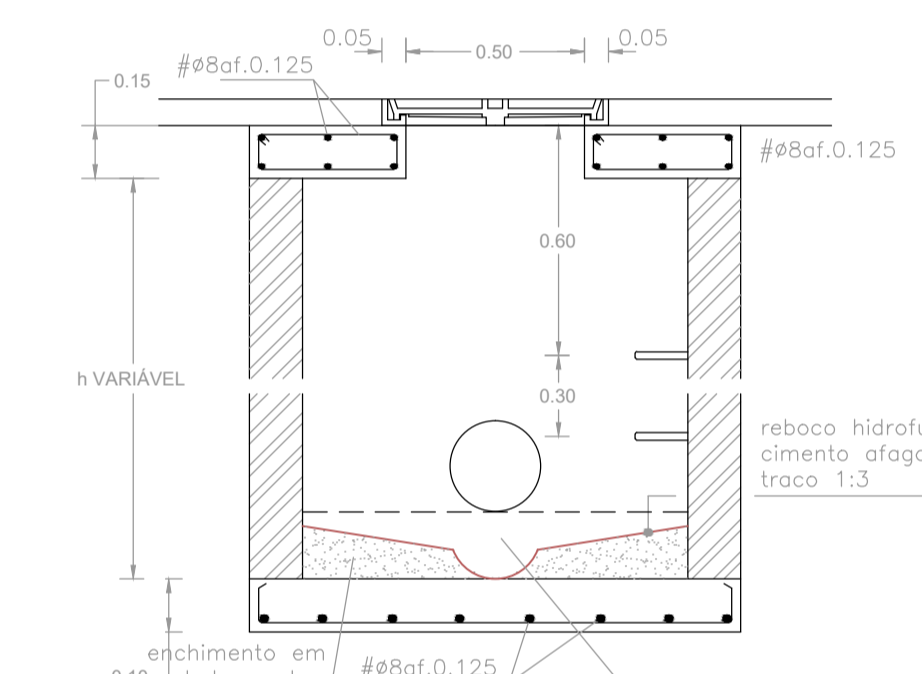


0.80X0.80 H<1.00
1.00x1.00 1.00<H<2.50
1.25x1.25 H>2.50

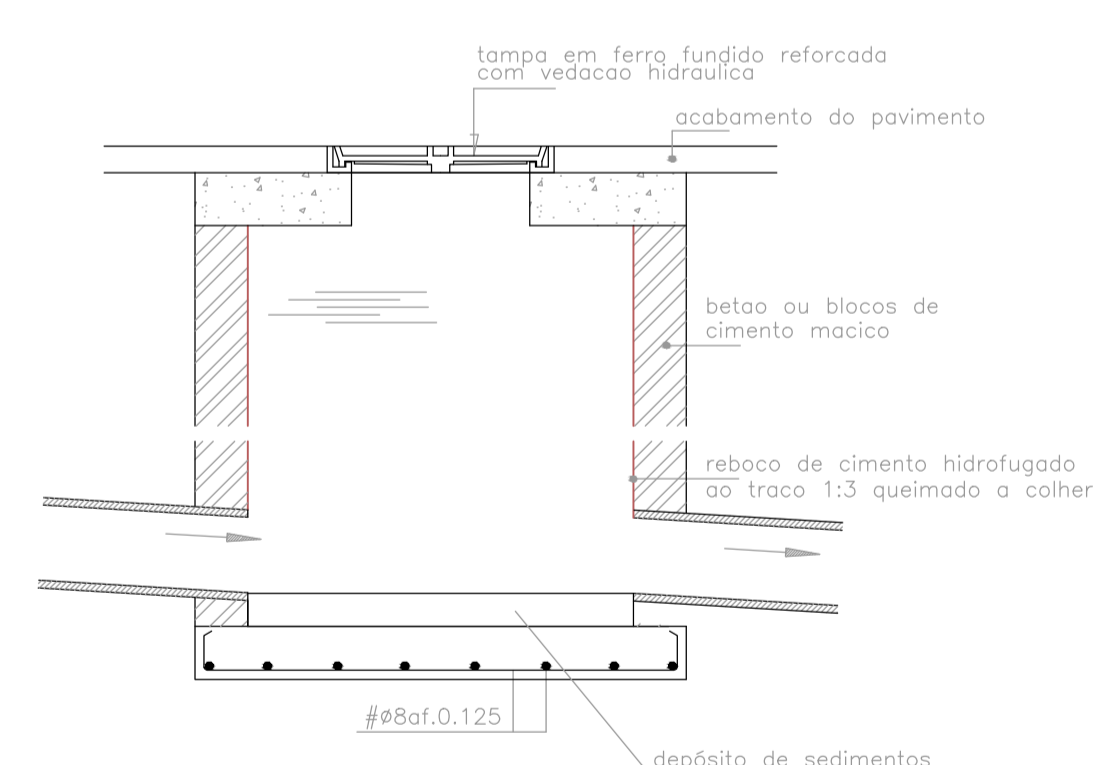
Planta



Corte 1-1'



CORTE TRANSVERSAL TIPO

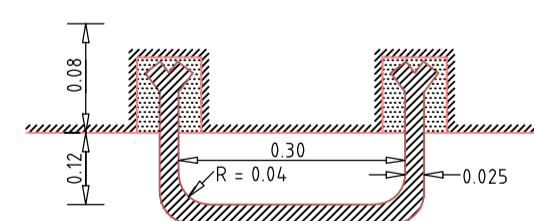


CORTE LONGITUDINAL

NOTAS:

- PARA AS PAREDES EM BETÃO
Armaduras # 7 $\phi 8$ /m em ambas as faces das paredes e laje de fundo
- DEGRAUS EM FERRO FUNDIDO
De acordo com a norma NP883

DEGRAU DE VARÃO DE AÇO
-NP 883-



Descrição:	Pormenores construtivos
Escala:	1:100
Data:	Outubro de 2016