



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO
MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL
2014 - 2015

Relatório de estágio para obtenção do grau de Mestre

Engenharia Civil - Construções

Instituto Superior de Engenharia do Porto

*Pré-fabricação em betão armado –
Uma abordagem sobre a indústria e
seus processos*

Ivo Marques da Cunha Machado - 1090234

Orientador: Eng.º José Carlos de Almeida Gouveia Lello

Instituto Superior de Engenharia do Instituto Politécnico do Porto

Arguente: Eng.º José Carlos Castro Pinto de Faria

Instituto Superior de Engenharia do Instituto Politécnico do Porto

Presidente do Júri: Eng.º Rui de Sousa Camposinhos

Instituto Superior de Engenharia do Instituto Politécnico do Porto

[Setembro de 2015]

Agradecimentos

À memória da minha avó materna, Iria Ferreira Marques.

Ao meu avô materno, José Raimundo Cunha que me criou desde pequenino e que me deu muita força para eu chegar até aqui.

A toda a minha família em geral e aos meus pais em particular, pelo sacrifício que fizeram para eu chegar onde cheguei, pelo apoio imenso, não só no meu percurso académico, mas em diversas vertentes da minha vida.

À minha namorada Sofia Pereira pela incansável força que me transmitiu e pelo incansável apoio em todos os momentos.

A todos os amigos e colegas de curso, em especial, Adriano Monteiro e César Sousa pelos bons momentos, pelas vivências e pela ajuda ao longo destes anos.

Ao Professor/Eng.º José Carlos de Almeida Gouveia Lello, meu orientador, por todo o apoio e amizade. O profissionalismo, a disponibilidade demonstrada, o incentivo e a transmissão de conhecimentos foram cruciais para a realização do presente relatório.

Por último, um especial agradecimento ao meu co-orientador Eng.º Alexandre Santos da empresa Telhabel, que me acolheu como estagiário. Um muito obrigado pelos conhecimentos transmitidos, pela ajuda incansável no desenrolar destes 6 meses, por todo o apoio e confiança ao longo do meu estágio.

A todos, o meu sincero muito obrigado!

Resumo

O presente relatório resulta do estágio que decorreu na empresa TELHABEL, em Vila Nova de Famalicão e insere-se na unidade curricular Dissertação, Projeto e Estágio (DIPRE) do 2º semestre do 2º ano do curso de Mestrado em Engenharia Civil no ramo de construções no Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Durante o período de estágio foi possível adquirir uma visão abrangente da pré-fabricação em betão armado e pré-esforçado, que incluiu todas as áreas envolvidas no processo: atividades prévias, organização fabril, processo industrial, produção, transporte e montagem. Foi estabelecido um programa de trabalhos que envolveu a pesquisa de elementos bibliográficos sobre pré-fabricação, e o contacto com o dia-a-dia de uma empresa industrial. Foram estudadas várias tecnologias fabris de produção de elementos pré-fabricados, tentando perceber as suas vantagens, campos de aplicação e condicionantes de utilização. Analisou-se o trabalho fabril incidindo na organização e sequência de atividades, desde a realização de armaduras, cofragens, betonagem, controlo de qualidade até à armazenagem de produto acabado. Como complemento da atividade fabril fez-se uma breve referência ao transporte e montagem do material e a sua íntima relação com a produção.

Uma vez que, em Portugal, a pré-fabricação se encontra numa fase de escassa atividade, procurou-se simular um caso real que permitisse ao formando o estudo de um projeto fictício, mas perfeitamente realizável.

Concebeu-se a estrutura pré-fabricada para construir um armazém, da qual se fez a medição, orçamentação e elaboração dos desenhos de cofragem para fabrico. Posteriormente estudou-se também a produção da ponte sobre o rio Giraul, que se encontra, presentemente, em produção pela empresa, em Angola. Neste estudo procurou-se perceber as questões envolvidas nas cofragens e armaduras, tendo sido estudada a preparação destas últimas, de modo a alertar o formando para os problemas envolvidos na sua execução. A análise aos projetos propostos permitiu compreender a responsabilidade e complexidade das tarefas envolvidas na produção de pré-fabricados.

Palavras-chaves

Pré-fabricação, organização fabril, processo industrial, armaduras, cofragens.

Abstract

This report results from the internship which took place at Telhabel Company in Vila Nova de Famalicão and is part of the course Dissertation, Project and Supervised Practice (DIPRE) the 2nd half of the 2nd year in Civil Engineering Master's Course in the construction business at the Institute of Engineering of Porto.

During the probationary period it was possible to acquire a comprehensive picture of precast reinforced concrete and pre-stressed concrete, encompassing all areas involved in the process: previous activities, industrial organization, industrial process, manufacturing, transport and installation. It was established a work program involving the research of bibliographic elements of prefabrication and contact with day-to-day life of an industrial company. Various manufacturing technologies for the production of prefabricated elements were studied, in order to realize its advantages, fields of application and use conditions. We analyzed the factory work focusing on the organization and sequence of activities, from making armor, formwork, concrete, quality control to storage of finished product. Complementing the manufacturing activity, it was made a brief reference to the transport and assembly of the material and its intimate relationship with the production.

Once in Portugal prefabrication is in a phase of scarce activity, a real case was simulated to allow the trainee to study a fictional but perfectly achievable project.

A prefabricated structure for constructing a warehouse was conceived as well as its measurement, budgeting and formwork drawings to manufacture. Later it was also studied the production of a bridge meant to be used over Giraul river, which is being produced by the company in Angola. This study sought understand the issues involving the formwork and armor having the preparation of the latter been studied by the trainee engineer in order to alert him to the problems involved in its implementation. From the analysis of the proposed projects emerged the understanding of the responsibility and complexity of the tasks involved in the production of prefabricated items.

Keywords

Prefabrication, industrial organization, industrial process, armor, formwork.

Índice Geral

Agradecimentos.....	i
Resumo.....	iii
Palavras-chaves	iii
Abstract	v
Keywords	v
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas	xi
Índice de anexos	xiii
1. Introdução.....	1
1.1 Apresentação da empresa.....	1
2. Pré-fabricação	3
2.1 Breve nota histórica sobre pré-fabricação.....	3
2.2 O que é a pré-fabricação	7
2.3 Porquê usar estruturas pré-fabricadas	8
2.4 Sistema de pré-fabricação	8
3. Pré-fabricação ligeira e Pré-fabricação pesada.....	11
3.1 Pré-fabricação ligeira	11
3.2 Pré-fabricação pesada	12
4. Aspetos da organização fabril.....	15
5. Atividades prévias	17
6. Processo Industrial	19
6.1 Produção de peças em molde.....	20
6.2 Produção de peças realizadas em mesas de pré-fabricação.....	22
6.3 Produção em peças de molde realizadas em pista	25
6.4 Produção de peças em contínuo realizadas em pista	28
6.5 Produção em carrossel	32
7. Produção – Atividades fabris	37
8. Pré-fabricação <i>versus</i> Construção Civil tradicional realizada <i>in situ</i>	41
9. Montagem.....	43
10. Casos Práticos.....	47
10.1 Estudo, orçamentação e preparação dos pré-fabricados para a realização de um armazém	47
10.2 Estudo de armaduras e cofragens para a ponte sobre o rio Giraul.....	50
Conclusão	53
Referências bibliográficas.....	55
Anexos	57

Armazém	59
Anexo I – Planta estrutural do armazém.....	59
Anexo II – Corte C1	61
Anexo III – Pormenores dos pilares.....	63
Anexo IV – Pormenores das vigas	65
Anexo V – Pormenores das pré-lajes	67
Anexo VI – Pormenores das vigas de travessão.....	69
Anexo VII – Pormenores dos painéis.....	71
Anexo VIII – Pormenores das vigas delta	73
Anexo IX – Pormenores das escadas.....	75
Anexo X – Mapa de medições e orçamentação	77
Ponte Giraul.....	79
Anexo XI – Planta de implantação, alçado e secção transversal	79
Anexo XII – Dimensionamento pilares	81
Anexo XIII – Armadura dos pilares	83
Anexo XIV – Armadura – alinhamento dos pilares e viga de travessa.....	85
Anexo XV – Dimensionamento viga I90	87
Anexo XVI – Armadura viga I90.....	89
Anexo XVII – Planta das pré-lajes.....	91
Anexo XVIII – Estudo da preparação de ferro da ponte Giraul.....	93

Índice de Figuras

Figura 1 – Escritórios da sede da Telhabel	2
Figura 2 - Construção pré-fabricada após guerra.....	4
Figura 3 - Construção pré-fabricada na Polónia no período pós guerra	4
Figura 4 - Ponte pré-fabricada sobre Rio Keve.....	5
Figura 5 - Casa pré-fabricada	5
Figura 6 – Exemplo de sistema de estruturas de industriais.....	9
Figura 7 - Exemplo tipo de estrutura de viga "Delta"	10
Figura 8 - Máquina para a produção de diversos artefactos tais como blocos, lancis, valetas etc.	11
Figura 9 - Vigas de bordadura	12
Figura 10 - Blocos.....	12
Figura 11 - Lancis	12
Figura 12 - Pilares pré-fabricados	13
Figura 13 - box-culverts	13
Figura 14 – Vigas pré-fabricadas.....	13
Figura 15 - Moldes para pilares	20
Figura 16 - Espaçadores	21
Figura 17 - Vibrador de agulha para betão	22
Figura 18 - Mesa basculante.....	23
Figura 19 - Mesa fixa.....	23
Figura 20 - Bateria de painéis	24
Figura 21 - Molde de vigas lineares	25
Figura 22 - Exemplo de uma ancoragem de pré-esforço	26
Figura 23 - Máquina de limpeza da pista de produção	28
Figura 24 - Máquina de estender os fios.....	29
Figura 25 - Ancoragens unitárias	29
Figura 26 - Ancoragem ativa. Aplicação do pré-esforço nos cordões	30
Figura 27 - Macaco de pré-esforço e respetivo manómetro de controlo da tensão.....	30
Figura 28 - Moldadora	31
Figura 29 - Serra diamantada para corte da pista.....	32
Figura 30 - Equipamento de limpeza	33
Figura 31 - Robot de colocação das régulas de cofragem.....	33
Figura 32 - Pulverizador de descofrante	34

Figura 33 - Instalação de ferro para endireitar, cortar e dobrar os ferros da armadura e sua posterior amarração para executar as armaduras.....	34
Figura 34 – Posicionamento e amarração dos varões.....	35
Figura 35 - Transportador aéreo e balde de betonagem	35
Figura 36 - Sistema basculante para descofragem de peças.....	36
Figura 37 -Exemplo de produção em carrossel	36
Figura 38 - Interação entre construção in situ e pré-fabricação	42
Figura 39 - Montagem de painéis	43
Figura 40 - Montagem de pilares	44
Figura 41 - Montagem de vigas para realização do tabuleiro de um viaduto sobre uma via ferroviária	45
Figura 42 - Planta estrutural do armazém	48
Figura 43 - Armazém com estrutura pré-fabricada revestida com painéis de betão e chapa metálica.....	49
Figura 44 - Vigas I pré-fabricadas.....	50
Figura 45 - Ponte sobre o rio Giraul em Angola	51

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Quantidades de betão necessário	49
--	----

Índice de anexos

Anexos	57
Armazém	59
Anexo I – Planta estrutural do armazém.....	59
Anexo II – Corte C1	61
Anexo III – Pormenores dos pilares	63
Anexo IV – Pormenores das vigas	65
Anexo V – Pormenores das pré-lajes	67
Anexo VI – Pormenores das vigas de travessão	69
Anexo VII – Pormenores dos painéis.....	71
Anexo VIII – Pormenores das vigas delta	73
Anexo IX – Pormenores das escadas.....	75
Anexo X – Mapa de medições e orçamentação	77
Ponte Giraul.....	79
Anexo XI – Planta de implantação, alçado e secção transversal	79
Anexo XII – Dimensionamento pilares	81
Anexo XIII – Armadura dos pilares.....	83
Anexo XIV – Armadura – alinhamento dos pilares e viga de travessa.....	85
Anexo XV – Dimensionamento viga I90	87
Anexo XVI – Armadura viga I90.....	89
Anexo XVII – Planta das pré-lajes.....	91
Anexo XVIII – Estudo da preparação de ferro da ponte Giraul	93

1. Introdução

O presente relatório entende-se como resultado da experiência adquirida durante o estágio, realizado na empresa Telhabel Construções S.A., com sede em Vila Nova de Famalicão, que gentilmente aceitou receber alunos no âmbito da unidade curricular Dissertação, Projeto e Estágio (DIPRE) do 2º semestre do 2º ano do Curso de Mestrado em Engenharia Civil no ramo de construções.

O estágio decorreu entre 2 de Fevereiro a 31 de Julho de 2015, nas instalações da Telhabel e foi orientado pelo Eng.º. José Lello (Professor Adjunto Convidado do Instituto Superior de Engenharia do Porto, ISEP) e co-orientado pelo Eng.º. Alexandre Santos (responsável técnico da PriBetões S.A., empresa do grupo Telhabel, que se dedica ao fabrico e montagem de estruturas pré-fabricadas na República Popular de Angola).

A Telhabel não possui atualmente qualquer unidade industrial no território nacional, dispondo no entanto, por via da sua atividade no exterior, de um corpo técnico experiente, capacitado para transmitir conhecimentos na área da pré-fabricação. O estágio foi levado a efeito nos escritórios da Telhabel. Foram também realizadas visitas a vários edifícios e pontes executados com estruturas pré-fabricadas em que foram abordados conhecimentos adquiridos nas aulas no ISEP, com particular incidência nos aspetos práticos da execução de peças em fábrica.

1.1 Apresentação da empresa

A Telhabel (figura1) iniciou a sua atividade no ano de 1973, tendo-se inicialmente dedicado ao fabrico e comercialização de telha de betão, produto inovador e de grande qualidade, muito utilizado na Europa do norte e de que foram introdutores no mercado português.

Volvidos cerca de 10 anos inicia a produção de estruturas industriais pré-fabricadas, aproveitando o desenvolvimento que se verificava no país, muito particularmente no campo industrial fruto da muito recente abertura do país a novos mercados.

Decorrida mais uma década a empresa amplia a sua área de intervenção dedicando-se à construção de habitação e obras públicas constituindo esta sua aposta mais um passo na consolidação, crescimento e afirmação da empresa.

Nos primeiros anos do século XXI a Telhabel começa a procurar novos mercados visando a internacionalização da empresa, o que veio a ocorrer no ano de 2004 com o início da atividade na

República Popular de Angola no sector de obras públicas. Posteriormente a Telhabel constituiu uma sociedade, PriBetões S.A., que se dedica ao fabrico e montagem de estruturas pré-fabricadas em betão, retomando a atividade na indústria da pré-fabricação a que se havia dedicado nos primórdios da sua fundação.



Figura 1 – Escritórios da sede da Telhabel [1]

2. Pré-fabricação

2.1 Breve nota histórica sobre pré-fabricação

Pode dizer-se que a pré-fabricação nasceu com a invenção do betão armado. As primeiras utilizações do que hoje “chamamos” betão armado foram, com efeito, para execução de pequenas peças que fabricadas num qualquer sítio tinham posterior colocação e utilização noutra local diverso. 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 [25]. Este conceito manteve-se podemos dizer que semi-adormecido 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 percepção do valor da mão-de-obra e da racionalização da sua utilização.

A industrialização iniciada nos finais do século XIX em Inglaterra promoveu uma alteração de mentalidades e novas maneiras de encarar o trabalho. Visto como um todo em que o que conta é o resultado final, o trabalho deixou de ser uma atividade, realizada a maior parte das vezes por uma só pessoa, para se tornar um somatório de tarefas, cada uma das quais executada por um operário especializado, com o objetivo de obter um produto final complexo, soma de múltiplas tarefas.

Mas não foi só naqueles que viram na industrialização uma oportunidade, que as mentalidades mudaram. Também na restante população, maioritariamente rural, surgem novas maneiras de encarar o futuro, motivadas essencialmente pela necessidade de mão-de-obra de que a Indústria precisava. Esta população, dispersa pelo território, concentra-se junto dos centros de produção industrial. Esta aglomeração de uma maior quantidade de pessoas junto aos centros de produção traz consigo um sem número de novas necessidades, entre as quais o alojamento. Sendo certo que as mudanças não tiveram a velocidade que para fenómenos idênticos ocorrem hoje em dia, não é menos certo de que essa resposta terá sido proporcional ao ritmo do progresso e da adaptação de mentalidades da altura. Com a lenta melhoria das condições de vida das populações, a construção começa a estabelecer-se na sociedade como uma indústria, e com ela, à luz das novas mentalidades criadas com o aparecimento da Revolução Industrial, começa também a procura de uma melhoria dos processos, a separação de tarefas, a especialização, a descoberta de novos materiais.

O processo foi lento, e como normalmente acontece são os grandes acontecimentos, a maior parte das vezes grandes catástrofes, que aguçam o espírito de superação do homem na procura de novas soluções.

No caso da pré-fabricação o grande momento de viragem é sem dúvida o fim da 2ª Guerra Mundial (figura2 e 3) [27].

A Europa encontra-se destruída, é necessário proceder à rápida reconstrução de tudo que ao longo dos sete anos de guerra foi profusamente destruído. O crescente sentimento de esperança e confiança, e a necessidade de ultrapassar os horrores e destruição da guerra impulsionou a Europa no sentido da recuperação.

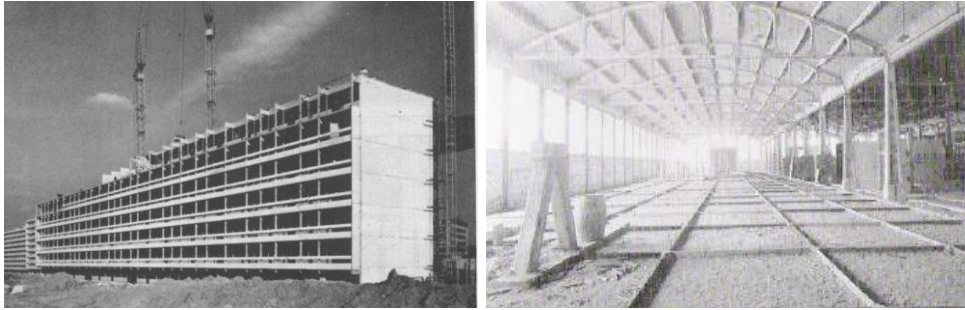


Figura 2 - Construção pré-fabricada após guerra [2]



Figura 3 - Construção pré-fabricada na Polónia no período pós guerra [3]

A necessidade de realojar e reconstruir obrigou a que se procurassem novas soluções que com rapidez dessem estabilidade ao crescimento que se adivinhava. Para tal o recurso a soluções industrializadas parecia o mais óbvio, como veio a acontecer. A experimentação de novas soluções abriu portas a novos processos e tecnologias mais desenvolvidas. A consolidação da recuperação que se fazia sentir, aliada ao desenvolvimento das vias de comunicação e meios de transporte, permitiu a implementação de soluções mais ousadas permitindo a construção de maiores vãos, edifícios mais altos e um sem número de processos visando o aumento de produção e estruturas mais complexas.

Pré-fabricação

Depois dos primeiros anos em que a pré-fabricação se assumiu como um instrumento de rapidez e racionalidade, passou-se a um período de maior investigação. Começaram a desenvolver-se formas mais cuidadas que muito contribuíram para um acréscimo de qualidade funcional e estética dos edifícios e obras de arte (figura 4). Este foi o estágio último e atual da indústria que na Europa vai lentamente perdendo o seu vigor. A afirmação conseguida ao longo do século passado permite agora a procura de outras latitudes carentes de um desenvolvimento rápido e duradouro para consolidação do crescimento desses países.



Figura 4 - Ponte pré-fabricada sobre Rio Keve [4]



Figura 5 - Casa pré-fabricada [5]

2.2 O que é a pré-fabricação

Lewicki, Prof. disse que a pré-fabricação é “ A produção de elementos de construção fora do local do seu destino final, tratando-se de elementos que na construção tradicional se realizaram *in situ*”, fazendo ressaltar os aspetos da deslocalização do local de produção [24]. Tihamner, Koncz, Dr. Eng^o valorizou mais os aspetos da industrialização e da montagem, dizendo: “A prefabricação é um método industrial da construção em que se fabricam grandes séries de elementos e a sua montagem processa-se em obra com a utilização de equipamentos e dispositivos elevatórios.” Com efeito a pré-fabricação contempla todos esses aspetos mas não se esgota neles [32].

Aquilo que hoje em dia entendemos por pré-fabricação abrange um maior e mais complexo leque de tarefas, tarefas estas decorrentes do desenvolvimento que a indústria tomou, muito particularmente nos finais do século passado, início deste.

A evolução, sofisticação e automação permitiram uma alteração nos processos nunca anteriormente pensada. Desenvolvimentos na indústria química permitiram um apuramento na qualidade dos betões, que permitiu reformulação de processos e novas abordagens no tipo de peças pré-fabricadas. A maior capacidade dos equipamentos de transporte e de elevação abriu portas ao fabrico de peças de maiores dimensões. O controlo de qualidade obrigou a nova filosofia de produção e a uma qualidade melhorada do produto final. Em suma o desenvolvimento imposto por um Mundo em mudança fez da pré-fabricação uma indústria aperfeiçoada, com novas respostas para um mercado dia a dia mais exigente e competente.

Por tudo o que foi referido anteriormente, perguntar-se-á, mas então o que é a pré-fabricação em betão? Não se pode dizer que haja uma resposta que se possa considerar definitiva sobre o assunto. Podemos dizer que será de uma forma genérica, um conjunto de processos industriais que visam a produção de peças de base cimentícia, produzidas sob processos industriais padronizados e controlados, num sítio distinto daquele em que serão aplicadas [25]. Depois de produzidas as peças serão transportadas e colocadas na sua posição “definitiva” utilizando equipamentos de elevação e sendo a ligação entre elas normalmente, efetuada por meio de elementos metálicos ou betonagem dos nós.

2.3 Porquê usar estruturas pré-fabricadas

A escolha pela utilização de elementos pré-fabricados para a realização de estruturas resulta de uma diversidade de fatores cuja valorização depende essencialmente de critérios mais ou menos subjetivos por parte da entidade investidora.

É mais ou menos claro e aceite que o uso de pré-fabricados reduz substancialmente os tempos de acondicionamento do espaço da obra disponibilizando a estrutura do edifício num mais curto espaço de tempo. A valorização que hoje em dia se faz do fator tempo, determina muitas vezes a opção por estruturas deste tipo. Não é contudo o único nem sequer o mais importante.

Racionalidade na conceção, economia, rapidez, qualidade e segurança são atributos habitualmente associados à pré-fabricação de estruturas em betão armado e pré-esforçado que sustentam a opção no momento de escolha [25].

O reforço e evolução dos processos industriais potenciam todas estas características. A concepção das estruturas pré-fabricadas obedece a um estudo de racionalidade na utilização dos moldes e demais equipamentos, que visa rapidez na execução e economia na utilização de meios [31].

Vista como um todo, a estrutura pré-fabricada é pensada peça a peça com detalhe de todas as interligações que as unem num produto final para o fim específico da sua utilização, o que obriga a pensar o todo como uma soma de partes em que tudo se controla e verifica.

Como processo industrial no estrito sentido do termo, a pré-fabricação incorporou as mais atualizadas técnicas de controlo de qualidade de processos que lhe garante a disponibilização de um produto final rastreável e controlado. Como peças concebidas individualmente é possível e comum incorporar dispositivos de segurança que ajudam na montagem das peças, tornando-as elementos ativos na segurança geral da obra [31].

2.4 Sistema de pré-fabricação

Podemos definir que um sistema de pré-fabricação é um conjunto de processos tendo em vista encontrar soluções que concorram para um determinado objetivo, processos estes que abrangem cálculo estrutural, técnicas construtivas, desenhos das peças, ligações, etc.

Pré-fabricação

Vários autores referem-se aos sistemas de pré-fabricação separando-os em sistemas abertos e sistemas fechados [28]. Nos primeiros existe recurso à utilização de diferentes elementos produzidos por diversos fornecedores, contrariamente ao que acontece nos segundos. Esta divisão torna-se um tanto ou quanto redutora como o próprio mercado veio a demonstrar.

Com efeito, a evolução que se foi verificando ao longo dos anos nas empresas de pré-fabricação, levou a que na grande generalidade daquelas se desenvolvessem sistemas fechados que possibilitassem uma resposta global às solicitações do mercado, adaptando os seus “sistemas” aos requisitos da solicitação dos seus clientes.

Apontando para uma melhor estruturação da oferta, as empresas de pré-fabricação, estudam conjuntos de peças que interligadas dão resposta às diversas solicitações que o mercado coloca. Este conjunto de peças, regularmente também designado de sistema, tem por objetivo agilizar a resposta, uniformizando as soluções a propor. Estes “sistemas”, como lhes chamamos, são constituídos por peças do leque de oferta da empresa, peças estas que podem ao mesmo tempo pertencer a vários sistemas. Como por exemplo:

- Sistema para a construção de naves industriais – Será constituído por pilares, vigas de interligação dos pilares (podem servir de padieiras de portas ou janelas), e vigas de cobertura. (figura6)
- Sistemas para a construção de edifícios de habitação ou escritórios – Será constituído por pilares, vigas para apoio de lajes, lajes de piso e lajes de escada.



Figura 6 – Exemplo de sistema de estruturas de industriais [6]



Figura 7 - Exemplo tipo de estrutura de viga "Delta" [6]

Nestes dois exemplos, os pilares são um elemento em comum, mas pode qualquer dos sistemas usar peças um do outro. Se necessitarmos de realizar um piso de escritórios na nave industrial, com toda a certeza que serão usados os mesmos elementos que foram estudados para a construção de edifícios de habitação e escritórios, para execução da laje (vigas de apoio de lajes, lajes de piso e lajes de escada). O que diferencia o tipo de peças num ou noutro sistema é a maior parte das vezes o tipo de ligações.

Os sistemas que acabamos de caracterizar correspondem normalmente a soluções de ciclo fechado, podendo ser de ciclo aberto quando, se recorre a um fornecedor externo para o fornecimento das lajes de piso.

Os sistemas abertos mantiveram-se para fornecimentos mais generalistas, como sejam lajes de pavimento, box-culvert para canais e passagens inferiores, muros de suporte, etc. Estas peças continuaram a ser produzidas não tendo em vista uma obra específica, mas o vão, a carga suportada ou a altura do elemento.

3. Pré-fabricação ligeira e Pré-fabricação pesada

3.1 Pré-fabricação ligeira

A pré-fabricação ligeira abrange o fabrico de artefactos de betão e pequenas peças, não estruturais, de pouco volume. Aplicadas com as mais diversas finalidades e em campos muito diversificados, as peças pré-fabricadas pelas empresas que se dedicam à pré-fabricação ligeira garantem a resolução de inúmeros problemas do dia a dia da construção dita tradicional.

A pré-fabricação ligeira recorre a betões de consistência seca, moldados em equipamentos (figura 8) que recorrem em simultâneo a compressão e vibração enérgica, por forma a permitir uma desmoldagem imediata a seguir à moldagem. Há alguns elementos, como por exemplo esteios, tubos, etc, em que são utilizadas armaduras ligeiras de reforço.



Figura 8 - Máquina para a produção de diversos artefactos tais como blocos, lancis, valetas etc. [7]

Existe uma grande gama de exemplos sendo os mais correntes os blocos de parede. A diversidade de produtos é muito variada, desde as vigas de bordadura (figura9), aos blocos (figura10), pedras de chão, tubos, aduelas, valetas, lancis (figura11), etc. Estes pequenos elementos são produzidos com as mais diversas geometrias, constituindo exemplos muito característicos de pequena industrialização.

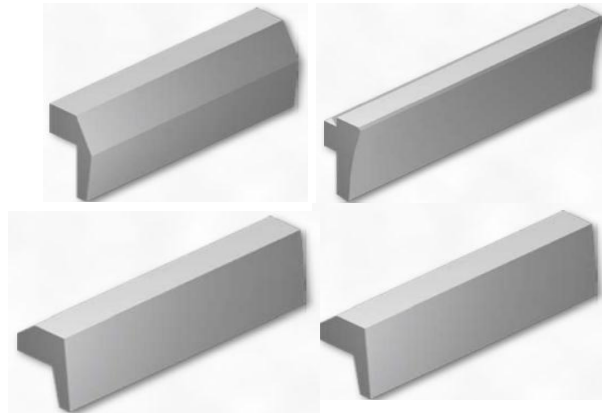


Figura 9 - Vigas de bordadura [8]

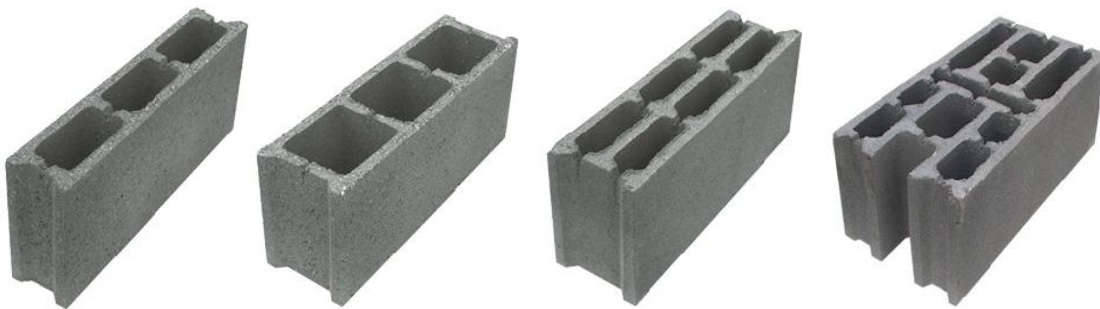


Figura 10 - Blocos [9]



Figura 11 - Lancis [9]

3.2 Pré-fabricação pesada

A pré-fabricação leve abrange um conjunto de elementos estruturais de volume muito variável, executadas em betão armado e pré-esforçado.

É no campo da pré-fabricação pesada que o termo pré-fabricação atinge a sua expressão mais ampla, contemplando realizações industriais de maior complexidade técnica. Esta está

Pré-fabricação pesada

normalmente ligada à produção de elementos de construção pré-fabricados de betão armado e pré-esforçado [26].

Um conjunto de moldes complexos permite a realização de um número diversificado de peças que vão desde os pilares aos mais variados tipos de vigas, lajes, painéis, túneis, box-culverts, muros de suporte, entre outros.



Figura 12 - Pilares pré-fabricados [10]



Figura 13 - box-culverts [10]



Figura 14 – Vigas pré-fabricadas

O estudo dos betões, em que há que enaltecer o contributo da Indústria Química no desenvolvimento de aditivos adaptados às mais diversas características e desempenhos, contribuiu definitivamente para o crescimento e desenvolvimento do betão armado. Também no campo dos aços houve avanços significativos da Indústria Siderúrgica que permitiram o fabrico de aços mais resistentes. Associado às características dos materiais, o desenvolvimento técnico verificado nos mais diversos campos da indústria, desde o fabrico dos equipamentos – centrais, moldes, equipamentos de vibração, gruas, transportes, equipamentos para moldar o ferro – até ao desenvolvimento e vulgarização de algumas técnicas como a aplicação de pré-esforço, tudo se conjugou para que pudéssemos atingir o estado atual da Indústria.

4. Aspetos da organização fabril

Ao encarar a pré-fabricação em betão armado de uma estrutura há que procurar uma modulação da mesma de tal forma que se consiga identificar um número suficientemente alargado de peças iguais. A repetição de peças é com efeito o aspeto potenciador que contribui mais significativamente para a rentabilização dos projetos, não apenas pela rentabilização dos equipamentos de moldagem (moldes), mas também pelo fomento da **organização e dimensionamento das equipas** de trabalho ligado ao **automatismo e sistematização** das tarefas. Ou seja, a repetição de peças na pré-fabricação de uma estrutura permite economias de escala que se traduzem numa melhoria do preço final da construção.

O desenvolvimento de automatismos industriais abrange todas as tarefas desde as ligadas à produção, inspeção e controlo até à montagem [27]. Realmente a introdução de automatismos reduz largamente a decisão aleatória, conferindo ao processo uma maior fiabilidade e contribuindo significativamente para a eliminação dos erros no caminho da máxima eficácia operativa.

A criação de sistemas de pré-fabricação padroniza as soluções oferecidas e contribui para a organização do trabalho tornando as equipas mais ágeis, coesas e eficientes, conseguindo-se deste modo equipas mais homogéneas e de dimensão ideal.

A **planificação** do trabalho é feita tendo por base o **controlo de tempos** que um trabalho com forte repetição permite, em consonância com os **meios definidos** para a sua realização. Com uma planificação correta dos trabalhos em fábrica consegue-se um melhor aproveitamento da mão-de-obra, encadeando todas as tarefas de modo sequencial permitindo deste modo reduzir tempos de paragem na produção e contribuindo claramente para uma redução dos tempos de fabrico.

Planificação abrange toda a unidade Industrial não só no que concerne ao fabrico das peças mas também à **armazenagem e transporte** das mesmas.

A armazenagem de produto acabado deverá ser distribuída por uma área suficientemente grande de modo a permitir a separação das peças pelo seu tipo e a garantir a menor movimentação possível das mesmas na altura da carga por forma a minimizar danos que possam ocorrer devido à mudança de local de armazenamento. Deve por outro lado evitar-se o empilhamento de grande quantidade de peças que poderá causar danos nas peças que estão mais em baixo. Há também que ter cuidado no posicionamento dos calços de apoio das peças de modo a não lhes introduzir esforços para que elas não estão preparadas.

O transporte de peças para a obra deverá ser organizado de acordo com o plano de montagem da obra de modo a que tanto quanto possível as peças sejam descarregadas do veículo de transporte para o seu local definitivo de posicionamento.

De uma forma sintetizada, os aspetos diferenciadores e fundamentais da organização fabril são:

- Repetição;
- Organização do trabalho;
- Dimensionamento das equipas;
- Automatismo;
- Sistematização;
- Planificação;
- Controlo de tempos;
- Definição de meios;
- Armazenagem;
- Transporte.

Todos são tarefas básicas da pré-fabricação. Cada uma delas deve ser encarada em sintonia com as restantes para que os trabalhos se possam encadear de forma coordenada, reduzindo desperdícios e melhorando os seus processos.

5. Atividades prévias

O processo de estudo de uma obra inicia-se inevitavelmente pela **análise de projeto**, que deve ser feita verificando e esclarecendo todos os aspetos relevantes. Nela se deve conter em detalhe todos os processos e elementos estruturais de um determinado empreendimento. Na maioria dos casos uma deslocação ao local da obra permite ter uma visão mais alargada de todos os obstáculos que se encontram no terreno, desde acessos, linhas de água, postes de eletricidade, tipo de terreno, infraestruturas de apoio, etc. Feito o trabalho de campo há que proceder a uma análise estrutural verificando a modulação da estrutura, avaliando os **elementos de projeto que poderão ser pré-fabricáveis**.

Encontrada e definida uma solução, **estudadas as cofragens** necessárias para a executar, efetuam-se **medições** e elabora-se o **orçamento** tendo em atenção não só o volume das peças e densidades de armadura, mas também, o acabamento da superfície, os negativos, o tipo de betão, as ferragens de ligação, o tipo de transporte, e montagem etc. Este orçamento servirá para se ter uma estimativa dos gastos em que irei incorrer. A avaliação da quantidade de mão-de-obra necessária para a elaboração da pré-fabricação implica sempre o estudo do número de repetições, negativos e acessórios a colocar nas peças.

Antes da entrada em fabrico da estrutura há que elaborar um **planeamento** cuidadoso, integrando as peças da nova obra no plano de ocupação de moldes global, não sem que se deixe de tomar em consideração os prazos pretendidos pelo cliente na altura de assinatura do contrato. Este planeamento servirá para que se consiga acompanhar todo o processo desde o projeto até a sua conclusão, sendo assim mais fácil, caso seja necessário, tomar algumas medidas para que a obra seja finalizada na data prevista.

6. Processo Industrial

O Processo Industrial permitiu desenvolver técnicas distintas de pré-fabricação consoante o tipo de produtos produzidos, a saber [31]:

- Produção de peças em molde;
- Produção de peças realizadas em mesas de pré-fabricação;
- Produção de peças em molde realizadas em pista;
- Produção de peças em contínuo realizadas em pista;
- Produção em carrossel.

As **peças produzidas em molde** são normalmente peças individuais realizadas num molde metálico, com forma e comprimento pré-determinados, executadas em betão armado ou pós-tensionado [29]. Os exemplos mais correntes são os pilares, vigas de travação, vigas de apoio de lajes, vigas de cobertura, etc.

A produção de **peças executadas em mesas de pré-fabricação** pode ser de dois tipos conforme o tipo de mesas utilizadas – fixas e basculantes. Nas mesas fixas de grande comprimento são vulgarmente produzidos painéis de tipo industrial e pré-lajes, nas mesas basculantes produzem-se painéis de fachada individuais com ou sem acabamento da superfície à vista. As peças realizadas nas mesas de pré-fabricação são conformadas com réguas metálicas para lhes conferir a dimensão pretendida.

A produção de **peças em molde realizadas em pista** é feita normalmente em betão pré-esforçado. Os moldes são fixos a um fundo colocado entre duas ancoragens de pré-esforço. Estes moldes são deslocados ao longo do fundo realizando várias peças, normalmente todas iguais. Concluída a betonagem da linha e depois de atingida a resistência do betão para permitir a transferência do pré-esforço aplicado, cortam-se os cordões e levantam-se as peças.

A produção de **peças em contínuo em pista** é realizada em betão pré-esforçado, por máquinas moldadoras que deslizam ao longo da pista, sendo posteriormente cortadas com as dimensões requeridas pelo projeto [30]. Exemplos deste tipo de produção são as vigotas de pavimento e as lajes alveolares.

Por último, a produção de **peças em carrossel** é essencialmente utilizada para a produção de painéis. A produção em carrossel é fortemente automatizada e implica um grande investimento em tecnologia, equipamentos e instalações. Fundamentalmente este tipo de pré-fabricação é realizada

em mesas que se deslocam ao longo de uma linha sendo em cada estação executada uma tarefa. As tarefas são na sua maior parte executadas por máquinas, robots, comandadas pelo sistema informático de suporte a toda a produção. É um processo muito complexo mas que se encontra com sucesso implementado em várias unidades, exige no entanto produções muito elevadas que possam absorver os custos de um tão elevado investimento.

6.1 Produção de peças em molde

Os pré-fabricados produzidos em molde constituem um grupo de peças com secções bem definidas. Os moldes utilizados são na sua maioria metálicos (figura 15) e com pouca versatilidade, permitindo a execução de peças com uma certa rigidez de secção (adaptável normalmente apenas numa das medidas da secção) e colocação de acessórios em pontos fixos ao longo do molde.

O procedimento de fabrico deste tipo de peças é o comum à generalidade dos adotados para qualquer tipo de peças em qualquer tipo de moldes.

Começa-se pela limpeza do molde de maneira que sejam retirados todos os resíduos de betão, ou outros, de peças anteriormente produzidas. De seguida faz-se o ajuste ao comprimento da peça a pré-fabricar, tendo em consideração a configuração do molde para adaptação do mesmo a acessórios, consolas por exemplo, que sejam requeridos na configuração da peça. Posicionam-se negativos e ferragens que estejam definidos no projeto de preparação da peça. Num sistema integrado de qualidade teremos aqui um primeiro ponto de inspeção que verificará e registará todas as ações executadas pelo operário que elaborou a preparação da peça.



Figura 15 - Moldes para pilares [11]

Finalizada esta primeira fase faz-se a pulverização de óleo descofrante em toda a superfície do molde. Esta pulverização deverá ser muito fina evitando-se a acumulação de excessos de óleo em qualquer ponto do molde, que a ocorrer deverão ser limpos sob pena de virem a aparecer manchas na superfície da peça acabada. Finalizada a preparação do molde coloca-se a armadura a que previamente são fixos os espaçadores (figura16) para garantir o recobrimento definido no projeto. Colocada a armadura no molde posicionam-se as ferragens (elementos necessários à movimentação e montagem da peça, incluídos) e apertam-se os elementos de fecho do molde (escoras, tirantes, etc.). Terminada esta operação verificam-se o comprimento, as esquadrias e a perpendicularidade dos diferentes elementos da cofragem. Teremos aqui um segundo ponto de inspeção do sistema de qualidade.



Figura 16 - Espaçadores

Por último faz-se o pedido de betão à central (quantidade e tipo) e betona-se a peça, que será vibrada por vibradores aplicados à cofragem ou, caso estes não existam, por vibrador de agulha (figura 17). No caso da utilização de vibrador de agulha este deverá ser inserido lentamente no betão tendo o cuidado de não tocar na cofragem. Concluída a betonagem procede-se ao acabamento da face à vista em acordo com o destino da peça.



Figura 17 - Vibrador de agulha para betão [12]

Do betão aplicado na peça tiram-se amostras para a verificação da resistência de acordo com o plano de inspeção definido no sistema de qualidade da empresa.

No dia seguinte, verificado que o betão da peça já apresenta resistência para ser movimentado (normalmente uma inspeção visual), aliviam-se os dispositivos de fecho do molde e retira-se a peça com movimentos lentos do equipamento de elevação que estivermos a utilizar. O departamento de qualidade fará nova verificação neste ponto do fabrico registando a perpendicularidade das faces, o posicionamento dos negativos e ferragens e o aspeto da superfície. Se tudo estiver em conformidade e de acordo com o projeto de preparação da peça, seguirá para a armazenagem; caso contrário será elaborado um documento de não conformidade com as deficiências encontradas, que serão assinaladas diretamente sobre a peça e seguirá neste caso para a secção de reparações. De assinalar que, antes de ser armazenadas, todas as peças são identificadas com uma referência à obra a que se destinam, uma referência numérica que permita a identificação da sua posição na obra, o comprimento, o peso e a data de fabrico.

6.2 Produção de peças realizadas em mesas de pré-fabricação

A produção de peças pré-fabricadas realizadas em mesas de pré-fabricação privilegia o fabrico de elementos de relativamente pouca espessura e grande área – painéis.

Existem três tipos de equipamentos para o fabrico de painéis, nomeadamente: mesas basculantes (figura 18), mesas fixas (figura 19) e uma variante de produção de painéis na vertical – bateria de painéis (figura 20).

Normalmente as mesas basculantes são utilizadas para a produção de elementos de fachadas arquitetónicas de edifícios de habitação e comércio. As mesas fixas são utilizadas para a produção

de elementos de cerramento de fachadas industriais. Também é frequente utilizar-se as mesas fixas para a produção de pré-lajes de pavimento. As baterias de painéis são destinados à construção modular de edifícios com grande repetição de unidades iguais.



Figura 18 - Mesa basculante [13]



Figura 19 - Mesa fixa [14]



Figura 20 - Bateria de painéis [15]

A sequência das tarefas para execução de um painel é muito semelhante ao do fabrico realizado em outro tipo de moldes. Procede-se à limpeza da mesa ao que se segue a colocação das réguas que limitam e dão forma ao painel, e em que se deve fazer uma verificação cuidadosa das esquadrias das mesmas. Em seguida, pulveriza-se a superfície do painel com o óleo descofrante, tendo o cuidado de não deixar depositar óleo em excesso para que não venham a aparecer manchas na superfície de acabamento da peça. Coloca-se a armadura, que integra ferragens para movimentação dos painéis e os reforços necessários, colocam-se espaçadores de armadura para garantir o recobrimento e procede-se à betonagem, compactando o betão com recurso aos vibradores de cofragem, aplicados nas mesas. Por último procede-se ao alisamento da superfície de acabamento e colocam-se as ferragens de ligação dos painéis à estrutura de suporte.

Estes equipamentos possuem normalmente sistemas de aquecimento (serpentina ou tubagem para vapor livre) acoplados à estrutura da mesa, para aceleração da cura e possibilitar a movimentação diária das peças produzidas.

Após a cura, os painéis são descofrados e retirados das mesas, seguindo para o local de armazenagem onde há que ter muito rigor no aprumo das peças de maneira a que não se venham a verificar empenos.

Tal como nas peças produzidas em molde há também aqui três pontos de inspeção de qualidade nas fases correspondentes à colocação das réguas (em que se inspecionam fundamentalmente a limpeza da mesa, dimensões e esquadria), a fiscalização da armadura (em que a inspeção incide particularmente no posicionamento e tipo de reforço das mesmas, mas também

na verificação da localização dos acessórios de levantamento) e por último a inspeção após descofragem (fase em que se verificam de novo as dimensões, esquadrias e se dá uma atenção especial ao acabamento e aspetos relacionados com o estado da superfície que fica à vista).

6.3 Produção em peças de molde realizadas em pista

A aplicação de moldes às pistas de pré-esforço é uma das formas de produção de peças pré-fabricadas, associando a moldagem à utilização de pré-esforço (figura 21). A produção numa pista de pré-esforço está normalmente associada a peças de maior vão e com repetição de pelo menos um comprimento de pista (não sendo contudo impossível a produção de apenas uma peça).



Figura 21 -Molde de vigas lineares [16]

As pistas de pré-esforço são constituídas por um fundo metálico de largura variável e longo comprimento (cem ou mais metros) em que são aplicados elementos de cofragem, também metálica, com o perfil das peças que se pretende executar. Nos extremos da pista existem dois elementos metálicos, as ancoragens (figura 22), ligados ao pavimento, onde se irão fixar os diversos cordões da armadura ativa da peça.



Figura 22 - Exemplo de uma ancoragem de pré-esforço [15]

As ancoragens são elementos metálicos com uma furação horizontal e vertical espaçada normalmente de cinco centímetros. Esta furação permite posicionar os cordões de acordo com o lay-out do projeto e serve de apoio para as ancoragens unitárias de cada um dos cordões. As ancoragens são distintas uma da outra: uma, a ativa, fica no extremo em que é aplicado o pré-esforço, a outra, passiva, colocada no lado oposto, apoia em dois êmbolos hidráulicos que permitem fazer a relaxação dos cordões antes do corte.

O processo de fabrico é semelhante ao de uma outra qualquer peça pré-fabricada. Começa-se por limpar o fundo da pista e aplicar óleo descofrante, sempre com o mesmo cuidado de não deixar acumular óleo em excesso. De seguida, posicionam-se ao longo da pista as armaduras passivas de todas as peças que se vão executar, após o que se procede ao enfiamento dos cordões na furação das ancoragens de acordo com o lay-out de projeto (ter especial atenção de que os furos de entrada na ancoragem ativa e saída na ancoragem passiva estejam em correspondência em ambas as ancoragens). Procede-se então ao alongamento dos êmbolos de relaxamento na extremidade passiva e à medição do comprimento inicial de cada um dos cordões da linha no lado da ancoragem ativa, aplica-se de seguida o pré-esforço tendo o cuidado de que essa aplicação seja feita simetricamente em relação ao lay-out dos cordões, e que a pressão aplicada na bomba não ultrapasse o valor indicado para a tensão a aplicar.

Finalizada a aplicação do pré-esforço procede-se de novo à medição do comprimento dos cordões do lado da ancoragem ativa e verifica-se se o alongamento está de acordo com o previsto

em projeto (caso o alongamento tenha uma pequena diferença em relação ao previsto, poderemos fazer um reajustamento da tensão, caso contrário teremos de investigar as razões porque a diferença ocorre).

O passo seguinte é a colocação de espaçadores para garantir o recobrimento das armaduras e posicionamento e fixação de eventuais negativos. Terminadas as tarefas anteriores posicionam-se os topos que limitam o comprimento da peça e aplicam-se ao fundo os taipais laterais, tendo particular cuidado na centragem dos mesmos com a armadura, aprumo, aperto e respeito da largura da peça.

Concluídas as tarefas de colocação do molde na pista inicia-se a betonagem. O betão deve ser colocado por camadas ao longo da peça e acompanhado com a vibração aplicada ao molde (neste tipo de peças não se pode utilizar vibradores de agulha por motivos de segurança, nomeadamente se os cordões forem tocados com o vibrador entram em vibração e as ondas de reflexão somam efeitos podendo os cordões soltar-se e originar um acidente grave dada a grande tensão que está aplicada nos cordões). Betonada a primeira peça aguarda-se o tempo necessário para a secagem, que pode ser acelerada com a aplicação de aquecimento ao molde (a aplicação de calor para aceleração da secagem do betão tem que ser controlada de modo a que as temperaturas não ultrapassem os sessenta graus centígrados). Concluída a secagem da primeira peça desaperda-se o molde e vai-se correndo o molde para a betonagem das restantes peças colocadas na linha, com a repetição de todo o procedimento anteriormente descrito a partir da aplicação da tensão nos cordões.

De todas as betonagens são retirados cubos de betão para controlo de resistência. Na última betonagem deve ser retirado um cubo a mais para proceder à verificação da resistência do betão na altura da transferência com pelo menos duas amostras. Atingida a resistência de betão assinalada em projeto para a transferência do pré-esforço aplicado, descofra-se a última peça betonada, relaxam-se os cordões libertando os êmbolos na ancoragem passiva e cortam-se os cordões, após o que se transferem as peças para o armazém onde deverão permanecer pelo menos uma semana até transporte para a obra. As peças pré-esforçadas deverão ficar apoiadas em madeira colocada o mais perto possível dos seus extremos, pois se os pontos de apoio se aproximarem mais do centro da peça poderá haver uma inversão de esforços originando trações na parte superior da peça, levando ao aparecimento de fissuras naquela zona.

Todo o processo acima descrito deverá ser acompanhado por inspeções de qualidade nas diversas fases do processo de fabrico em sintonia com o que foi já descrito para outros tipos de

peças pré-fabricadas a que acresce o controlo de pré-esforço que por não existir não se faz em outros tipos de peças.

6.4 Produção de peças em contínuo realizadas em pista

De maneira ligeiramente diversa, a produção de peças em contínuo realizadas em pista associa também a moldagem de betão e pré-esforço, só que aqui a moldagem é feita com recurso a uma moldadora deslizante [30] e não com um molde fixo, como no processo descrito anteriormente.

O processo de produção de peças em contínuo consiste na moldagem ininterrupta de uma determinada forma que se encontra acoplada a um dispositivo mecânico deslizante de distribuição em que é feita a moldagem lateral e compactação do betão. Este dispositivo mecânico, moldadora, desloca-se em carris, sobre uma plataforma previamente oleada ao nível do pavimento. O betão, depositado numa cuba sobre a moldadora, tem uma consistência seca de modo a manter a forma após moldagem.

O processo de execução destas peças betonadas em contínuo inicia-se com a limpeza da pista, atividade que dada a extensão da mesma é executada com equipamento apropriado que se desloca sobre os carris que ladeiam a pista. Este equipamento, como podemos observar na figura 23, terminada a limpeza da pista, aplica também o óleo descofrante sobre a superfície que vai servir de base à moldagem do betão.



Figura 23 - Máquina de limpeza da pista de produção

Terminada a limpeza e o espalhamento do descobrante procede-se ao posicionamento das armaduras de pré-esforço, constituídas por fios. Atendendo à grande extensão das pistas a operação de estender as armaduras de pré-esforço é, do mesmo modo que na operação anterior, executada por um equipamento mecânico (figura 24) que se desloca sobre os carris.



Figura 24 - Máquina de estender os fios

Estendidas as armaduras e posicionadas as mesmas nas furações das ancoragens, num e noutro extremo da pista, colocam-se os barriletes que vão manter o fios e/ou cordões tensionados após aplicação do pré-esforço. (figura 25)

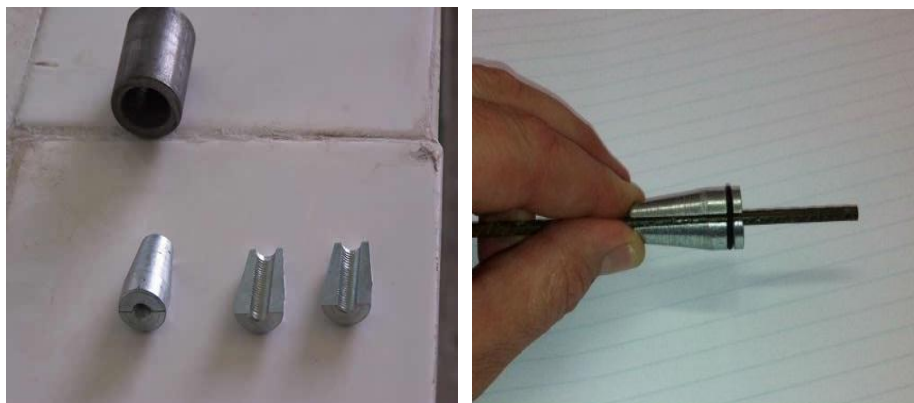


Figura 25 - Ancoragens unitárias

Concluído o posicionamento das armaduras, ativam-se os êmbolos de relaxação da pista, mede-se e regista-se o comprimento saliente das armaduras do lado da ancoragem ativa e procede-se à aplicação de pré-esforço dos aços um a um [30]. (figura 26)



Figura 26 - Ancoragem ativa. Aplicação do pré-esforço nos cordões

Por uma questão de uniformização do esforço nas ancoragens a aplicação do pré-esforço faz-se de maneira simétrica em relação às ancoragens.

A tensão a que as armaduras são levadas é controlada pela pressão lida no manómetro da bomba (figura 27), pressão esta definida previamente para cada diâmetro da armadura. Concluída a aplicação do pré-esforço mede-se de novo o comprimento das armaduras salientes para verificação do alongamento (diferença entre o comprimento inicial e final). Verificado o alongamento, se houver algum que tenha ficado aquém do previsto, procede-se a novo reajuste da tensão desse fio ou cordão.



Figura 27 - Macaco de pré-esforço e respetivo manómetro de controlo da tensão

Após a aplicação do pré-esforço estaremos em condições de iniciar a betonagem da pista. Posiciona-se a moldadora (figura 28) nos carris, tendo o cuidado de que ao posicioná-la não fique a pressionar nenhuma das armaduras, situação que a ocorrer pode levar a uma sobretensão que poderá originar uma rotura das mesmas.



Figura 28 - Moldadora

A betonagem tem que ser feita de maneira contínua e uniforme. No primeiro traço executado na central de betão ajusta-se a humidade e a consistência do betão, posteriormente verificados na moldagem sobre a pista. A velocidade de deslocação da moldadora será afinada de acordo com a consistência do betão e o tipo de molde que está aplicado (conseguem-se sempre velocidades superiores se se estiver a moldar um perfil de vigotas do que se esteve-se a betonar um perfil de lajes alveolares). Durante a betonagem deverão ser retirados cubos de amostra do betão aplicado, preferencialmente em várias fases da betonagem (pelo menos três cubos para testar antes do corte e seis para controlo aos sete e 28 dias).

Concluída a betonagem da pista, que deverá ocorrer sem paragens nem interrupções, retira-se a moldadora e procede-se à sua cuidadosa lavagem.

No dia seguinte à betonagem procede-se ao teste dos cubos e se o valor da tensão do betão corresponder ao valor definido para a transferência, faz-se a relaxação das armaduras de pré-esforço e corta-se a pista (figura 29) de acordo com os comprimentos necessários para os fornecimentos de vigotas ou lajes alveolares definidos.



Figura 29 - Serra diamantada para corte da pista [17]

Finalizado o corte da pista, procede-se ao levantamento das peças (por pinças de elevação) e sua movimentação para armazém.

6.5 Produção em carrossel

A produção de elementos pré-fabricados em fábricas com um sistema carrossel (figura 37) implantado obriga a um investimento maciço na instalação de equipamentos de produção e operação da fábrica [31]. Enquanto em todos os outros sistemas de produção anteriormente descritos o fabrico se baseia na utilização de equipamentos operados por uma mão-de-obra treinada, aqui são, quase podemos dizer, os equipamentos os fatores de produção – supervisionados por meios informáticos e um reduzidíssimo número de pessoas que procedem ao desencravamento local e pontual do sistema.

O sistema carrossel consiste numa linha de produção automática controlada por um sistema informático que coloca em funcionamento equipamentos fixos nas estações e desloca mesas ao longo do circuito determinado pelo programa base de funcionamento do sistema.

Assim o sistema inicia o processo deslocando uma mesa para a primeira estação onde um equipamento (figura30) munido de uma vassoura rotativa procede à limpeza e polimento da superfície da mesa onde vai ser produzida a peça programada.



Figura 30 - Equipamento de limpeza [13]

Concluída esta primeira tarefa a mesa é automaticamente deslocada em frente na linha de produção passando sobre um aspersor que pulveriza uma fina camada de descofrante (figura 32), até atingir a posição da terceira estação onde um robot (figura 31), sempre controlado pelo sistema informático, seleciona e posiciona as régua que limitam e dão forma à peça a produzir.



Figura 31 - Robot de colocação das régua de cofragem [13]



Figura 32 - Pulverizador de descofrante [13]

Entretanto e desde que se iniciou o processo de fabrico, noutra estação um equipamento de endireitar, cortar e dobrar aço a partir de bobines (figura 33 e 34), começou a executar a armadura da peça que, após corte à medida, segue para uma mesa onde os ferros são soldados com o espaçamento das armaduras da peça.

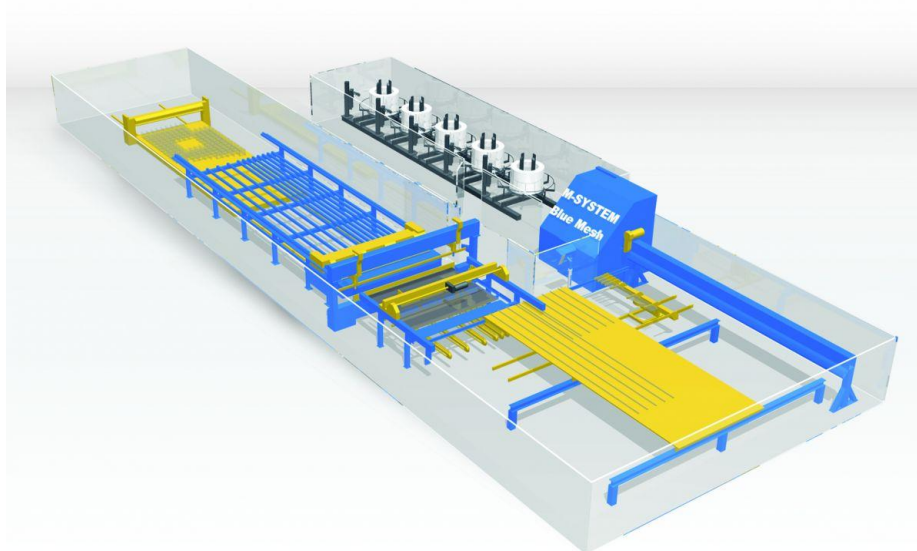


Figura 33 - Instalação de ferro para endireitar, cortar e dobrar os ferros da armadura e sua posterior amarração para executar as armaduras [18]



Figura 34 – Posicionamento e amarração dos varões [18]

Concluído o posicionamento das régulas a mesa desloca-se lateralmente para a área de execução das armaduras para que a mesma seja colocada sobre a mesa. Volta de novo à linha de produção principal onde a espera uma nova operação – colocação dos acessórios de fixação e/ou outros que estejam previstos, que entretanto foram selecionados no armazém, também automático que os fez chegar à linha de produção. Dependendo da complexidade dos acessórios os mesmos serão colocados por robots ou então por mão humana.

Terminado todo o processo de “construção” da peça a mesa desloca-se para a estação de betonagem. O betão produzido na central é conduzido até ao pátio de betonagem pelo transportador aéreo (figura 35) e descarregado no balde de betonagem. Finalizado o transporte e descarga do betão procede-se à betonagem deslocando-se balde ao longo da mesa, sendo o controlo da abertura regulada automaticamente de acordo com a espessura da peça a betonar.

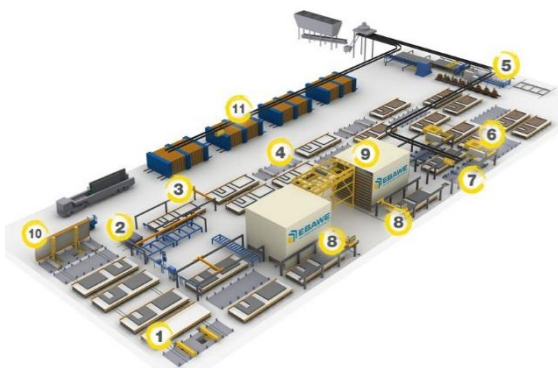


Figura 35 - Transportador aéreo e balde de betonagem [13]

Nesta estação as mesas apoiam numa estrutura a que estão aplicados vibradores de alta frequência que procedem à vibração da peça. Terminada esta tarefa a mesa com a peça betonada segue para a estufa de cura onde fica em depósito até que o betão atinja a resistência necessária para a movimentação da peça, normalmente o dia seguinte. Concluída a cura a mesa com a peça, sempre controlada por impulso informático, é retirada da estufa e trazida de novo à linha de produção onde é deslocada até à última estação onde se retiram as réguas laterais e se procede à descofragem utilizando um sistema basculante (figura 36) que roda a mesa para cerca de 80 graus na vertical e a ponte rolante pega na peça e a desloca para um carro de transporte até ao armazenamento de produto acabado.



Figura 36 - Sistema basculante para descofragem de peças [13]



1. Limpeza de mesas
2. Posicionamento de réguas metálicas
3. Aplicação de descofrante
4. Mudança de linha para acesso à estação de armaduras
5. Execução de armaduras e colocação destas nas mesas
6. Betonagem
7. Vibração
8. Transporte para / de estufa de secagem
9. Cura do betão em estufa
10. Descofragem por rebatimento da mesa
11. Armazenagem

Figura 37 -Exemplo de produção em carrossel [14]

7. Produção – Atividades fabris

Feito o resumo da descrição de diversos processos de pré-fabricação utilizados para a produção de um número alargado de peças pré-fabricadas ressalta uma série de tarefas mais ou menos comuns em todo o processo de pré-fabricação. Passando a citar:

- Desenho de preparação de armaduras e moldes;
- Realização de armaduras;
- Cofragens;
- Betonagem;
- Cura;
- Controlo de qualidade;
- Armazenagem;
- Cosmética;
- Expedição e acondicionamento;
- Transporte.

As tarefas listadas acima são, sucintamente, os pontos de maior enfoque no processo de fabrico.

A elaboração dos **desenhos de preparação de armaduras e moldes** constituem a definição última daquilo que foi negociado entre cliente e fornecedor. Uma eficiente preparação é para a produção e para a montagem uma fonte de economia. É nesta fase em que tudo é detalhado e estudado, podendo e devendo o responsável otimizar a utilização das cofragens e execução de armaduras. Com o detalhe das peças será elaborado um plano de execução da pré-fabricação, articulado tanto quanto possível com o responsável pela execução da montagem. É de primordial relevância o estudo coordenado das cotas abrangendo todas as peças de maneira que se interliguem corretamente, devendo ser dada uma atenção muito cuidada ao posicionamento de negativos, dispositivos de fixação e elementos salientes. O preparador deverá manter uma articulação muito próxima com a produção para que não haja conflito entre a preparação e os moldes disponíveis.

Na **realização de armaduras** os aspetos mais relevantes a ter em conta são o empalme dos varões e a sua localização (deve-se evitar concentrar todos os empalmes na mesma secção) na peça e os raios de dobragem [31]. O responsável de execução de armaduras deve ter uma especial atenção no aproveitamento dos varões de modo a reduzir desperdícios, fator de grande relevância

no custo final da peça. Nem sempre assinalado nos desenhos de preparação deve-se ter em conta na execução das armaduras a realização de alguns reforços pontuais, em zonas de descontinuidade na peça, ou em locais de acumulação de tensões motivadas por concentração de elementos de fixação, ou outros [24].

Relativamente às **cofragens** as recomendações são normalmente sempre as mesmas: limpeza, aprumo e desempenho dos taipais, cuidado na fixação de negativos, tendo em atenção não só as cotas em que estão localizados mas também a minimização de danos no elemento de cofragem e fecho do molde de modo que não venha a ceder na altura da betonagem [24]. O recurso a uma equipa de carpinteiros e serralheiros experientes será sempre uma mais valia na obtenção de um resultado final rentável e eficaz na “construção” do molde e fixação dos acessórios.

Concluída a preparação das cofragens a equipa responsável pela moldagem procede à colocação das armaduras e todos os acessórios a incorporar na peça. Nesta fase tem que existir um rigor muito grande no posicionamento dos acessórios a incorporar. Quando se encontra pronta para betonar o chefe de equipa solícita à central a quantidade de betão necessário para a **betonagem** da peça. A composição dos betões é previamente estudada e ensaiada em laboratório de modo a que aqueles se adaptem à geometria das peças e resistência necessária à sua movimentação e desempenho final.

A **cura** mais comum das peças é feita ao tempo, sendo normal que passadas cerca de 16 horas após betonagem a resistência do betão permita já a sua movimentação [31]. No caso de serem necessários tempos mais curtos de cura uma de duas soluções se podem usar, ou aumenta-se a classe de betão para que mais rapidamente se atinja uma resistência que permita a movimentação da peça, ou então utiliza-se uma cura por calor. A cura do betão com a utilização de calor pode ser efetuada por vapor livre, que altera a temperatura ambiente em redor da peça ou então através de aquecimento por convecção utilizando tubagem em que circula água proveniente de uma caldeira. Em nenhum caso a temperatura deve exceder os 60 graus centígrados. A superfície em contacto com o ar deve ser hidratada para que não haja uma perda abrupta de humidade que terá como consequência a fissuração da superfície exposta ao ar.

Ao longo de todo o processo deverão ser feitas e registadas inspeções de **controlo de qualidade** na conclusão de todas as tarefas relevantes na duração do fabrico. Quando a peça é descofrada deve-se fazer uma inspeção final para garantir que a peça se encontra executada de acordo com tudo o que consta dos desenhos de preparação da peça.

Descobrida a peça, segue para armazém onde deverá ser convenientemente posicionada e apoiada de modo a não virem a ocorrer deformações na peça, que ainda muito jovem não se apresenta completamente curada com o betão a ter a resistência final prevista em projeto. Na **armazenagem** não se devem empilhar peças em grandes quantidades, o posicionamento deve ser efetuado sobre calços de material ligeiramente compressível, devidamente repartidos ao longo de todo o comprimento da peça, não devendo também o seu posicionamento causar distorções na secção.

Sendo o betão uma mistura de materiais existem por vezes alterações na coloração da superfície final da peça. Também por vezes, na descofragem, um qualquer pequeno toque origina quebras nas arestas da peça. Quando ocorrem situações como as atrás referidas é normal proceder a uma cosmética de reparação, efetuada normalmente com emborro ou argamassas previamente preparadas e adaptadas ao fim a que se destinam.

Na **expedição e acondicionamento** para transporte para a obra há que ser conhecedor do plano de montagem para que não sejam enviadas no início da montagem peças que só serão utilizadas no final da mesma. Tanto quanto possível deverão evitar-se muitas movimentações das peças, uma vez que cargas e descargas repetidas originam sempre pequenas deformações e danos que em nada contribuem para o resultado e qualidade final da obra. O acondicionamento das peças no estrado dos veículos de transporte deverá ser feito sobre elementos ligeiramente compressíveis, barrotes de madeira por exemplo. A movimentação das peças tanto em fábrica como em obra deverá ser efetuada com movimentos lentos e utilizando equipamentos de elevação de capacidade adaptada ao peso da peças.

8. Pré-fabricação versus Construção Civil tradicional realizada *in situ*

A pré-fabricação é, como foi ilustrado ao longo deste relatório, um campo muito vasto na indústria da construção. Mas será uma alternativa à construção tradicional feita *in situ*?

Ao longo destes anos, em que nas fábricas de pré-fabricados as técnicas e os processos tiveram significativa evolução, a pré-fabricação afirmou-se como uma resposta, dia a dia mais consistente, na construção de soluções rápidas, racionais e eficazes, desenvolvidas de forma a ir ao encontro das necessidades do mercado.

Como sucintamente já atrás se referiu, a pré-fabricação deu o seu primeiro grande “salto” quando se colocou como um parceiro na resolução de necessidades urgentes de alojamento de populações durante o pós-guerra. Terminada a sua primeira tarefa, desenvolveu os seus esforços na procura de soluções, para eficiente melhoria das vias de comunicação – veículo necessário para o desenvolvimento, sustentabilidade económica e consolidação da paz entre as populações nos vários países da Europa.

Terminadas as tarefas que determinaram o seu rápido crescimento, começou a pensar-se em novas aplicações para os pré-fabricados, descobriram-se-lhes novas utilizações, algumas substitutivas de trabalhos feitos normalmente *in situ*, que de quase artesanais passaram a ter execuções industriais com redução de custo e normalização racionalizada, fruto de uma nova mentalidade estabelecida no Velho Continente com os processos adotados para solucionar problemas urgentes. Na pré-fabricação passaram-se a produzir peças com formas mais ousadas – texturas e cores foram introduzidas no acabamento das peças. Iniciou-se um novo capítulo aumentando valências e especializações. (figura 38)

A pergunta mantém-se. Será a pré-fabricação uma alternativa à construção *in situ*? Definitivamente que não! Enquanto a pré-fabricação evoluía adotando uma maior industrialização, a construção *in situ* fez também o seu percurso, evoluiu muito notoriamente, quer no controlo, quer nos equipamentos e materiais que utiliza, quer mesmo na formação dos operários, junto dos quais foi feito um esforço de promoção de ações de formação e especialização de que resultaram melhorias significativas no rendimento de todos os processos construtivos. A construção feita *in situ* e a pré-fabricação apesar dos muitos desenvolvimentos que se foram verificando ao longo dos anos são, como sempre foram complementares. A evolução que uma e outra tiveram, proporcionaram uma maior rentabilidade geral possibilitando uma maior qualidade e durabilidade dos equipamentos que se constroem. Será sempre na interação das duas indústrias – Pré-

fabricação e Construção Civil Tradicional – que se encontrarão as melhores soluções para concretização dos projetos do futuro.



Figura 38 - Interação entre construção *in situ* e pré-fabricação [19]

9. Montagem

Não constituindo uma atividade industrial, a montagem é uma tarefa intimamente ligada à produção fabril.

Antes do início da montagem devem assegurar-se certos procedimentos por forma a minimizar tempos de execução das diversas tarefas e a garantir que não existem imponderáveis que condicionem gravemente a montagem, sendo os mais relevantes:

- Estudo do terreno e obstáculos;
- Elaboração do plano de montagem;
- Elaboração do plano de transportes;
- Aprovisionamento de ferragens e todos os acessórios de montagem;
- Definição dos meios de elevação;
- Selagens;
- Cosmética geral.

A montagem de uma estrutura pré-fabricada (figura 39) deve ser sempre precedida de uma visita atempada ao terreno, por forma a verificar fundações, eventuais obstáculos existentes no terreno ou seus acessos, presença de cabos elétricos a atravessar o terreno, etc. Desta forma, para aproveitar totalmente os benefícios da rápida montagem das estruturas pré-fabricadas, mantendo os custos dentro de limites razoáveis, as ligações de obra deve ser mantidas o mais simples possível.



Figura 39 - Montagem de painéis [20]

Deverá também proceder-se a um plano de montagem que identifique a sequência da montagem tendo em consideração as necessidades da obra e eventuais condicionantes que possam advir de impedimentos locais. (figura 40)

Com o estudo feito do terreno e do plano de montagem deverá proceder-se à elaboração de um plano de transportes que contemple o desenrolar da obra nos moldes previstos.

Juntamente com o plano de montagem deverá fazer-se um aprovisionamento atempado dos acessórios que serão utilizados para a montagem e fixação das peças [24].

Por último e para completar os planos anteriormente elaborados deverá fazer-se um estudo detalhado dos meios de movimentação (figura 40) a utilizar tendo em consideração o estado do terreno, o peso das peças e os raios de trabalho para a montagem.



Figura 40 - Montagem de pilares [21]

Iniciada a montagem deverá uma equipa de pessoal ir acompanhando a mesma para proceder a pequenas selagens de elementos de apoio e ligação de peças. No caso de ser necessário, esta mesma equipa executará algumas reparações decorrentes de danos ocorridos durante a montagem, sempre após avaliação de um responsável, da possibilidade de esses danos serem reparados. (figura 41)



Figura 41 - Montagem de vigas para realização do tabuleiro de um viaduto sobre uma via ferroviária [23]

10. Casos Práticos

10.1 Estudo, orçamentação e preparação dos pré-fabricados para a realização de um armazém

Tendo em vista a aquisição de conhecimentos práticos para a medição, orçamentação e preparação para fabrico de uma estrutura pré-fabricada para a construção de um armazém (figura 42), idealizou-se um edifício industrial com um comprimento de 50,00 m e uma largura de 20,00 m. Num dos extremos do edifício previu-se um piso intermédio para realização de um escritório. Os pilares da nave fabril, com um pé direito livre de 6,00m, serão dotados de uma consola para dar suporte ao caminho de rolamento de uma ponte rolante. Em todo o contorno do edifício foram previstos painéis de fachada até à altura de 2,50 m sendo na restante altura aplicada chapa lacada de revestimento com isolamento térmico. As vigas de cobertura receberão madres metálicas, espaçadas de 1,60m, que darão apoio à chapa lacada de cobertura, igualmente com isolamento térmico.

Os acessos ao interior do edifício serão feitos por um portão no alçado principal e duas portas de duas folhas nos alçados laterais. No piso inferior, na zona da laje serão executadas janelas basculantes de ventilação dos balneários a instalar. No piso superior serão montadas janelas em dois alçados para permitir a ventilação e iluminação natural dos escritórios.

Definidas as características geométricas do edifício procedeu-se ao estudo da estrutura para realização do projeto. Para se ter uma noção de como será concebido este armazém pode-se visualizar, nos anexos, (I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII e IX), todo o tipo de pormenores construtivos e respetivas medidas.

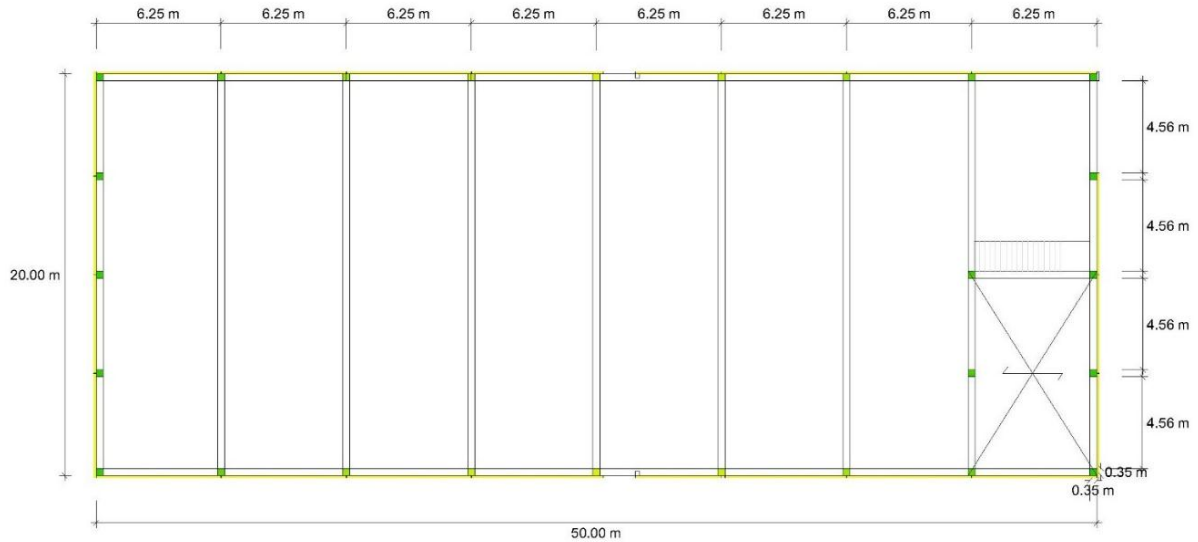


Figura 42 - Planta estrutural do armazém

Começou-se por estudar as peças que constituem a estrutura verificando as diferenças que ocorrem em cada uma delas por alteração da posição na estrutura. Para uma melhor percepção, começou por se fazer um corte tipo da estrutura com a definição dos pilares e vigas naquele ponto e em seguida verificou-se o que variava em cada peça ao avançar ou recuar um vão na estrutura. Percebeu-se que na secção corrente não eram muitas as variações, mas que nas empenas a variação era já muito grande. Com a análise detalhada de toda a estrutura elaboraram-se desenhos para o fabrico das peças em fábrica tendo sido chamada a atenção para a necessidade de orientação das peças distinguindo e observando cada face individualmente e a sua relação com o que lhe está adjacente. Foi assinalado o cuidado a ter no cruzamento das fixações ao mesmo nível e maneira de ultrapassar os problemas. Em suma tentou-se analisar, perceber e encontrar solução para os problemas levantados na resolução de um caso que podia ocorrer na vida real e o tipo de atitudes a tomar se assim fosse na conceção e estudo da estrutura a realizar.



Figura 43 - Armazém com estrutura pré-fabricada revestida com painéis de betão e chapa metálica [23]

O conjunto de desenhos elaborados e disponíveis nos anexos, (I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII e IX), deste relatório permitem compreender a maneira como foi feito o estudo das peças para fabrico.

Tabela 1 - Quantidades de betão necessário

Elemento estrutural	Quantidades necessárias	Volume de Betão (m ³)	Classe de Betão
Pilares	13	8,81	C 25/30
Vigas	4	2,26	C 25/30
Vigas de travação	24	11,52	C 25/30
Vigas Delta	9	35,82	C 25/30
Pré-lajes	5	2,95	C 25/30
Escada	1	2,19	C 25/30
Painéis	12	39,53	C 25/30
		Σ 103,08	

Complementarmente analisaram-se os sistemas de fixação e de levantamento das peças tendo o formando sido alertado para a diversidade de sistemas existentes no mercado e para a necessidade de escolha de um sistema que abranja o maior número de soluções de modo a conter os custos que implicam uma grande diversidade de sistemas.

Fez-se a análise de todo o processo de fabrico, tentando perceber o modo como se organizam as equipas e a coordenação e sequências de tarefas que há que estabelecer entre todas as fases do fabrico de modo a privilegiar o interesse global em detrimento da vantagem individual de cada secção.

Foi evidenciada a necessidade de acompanhamento de todo o processo produtivo com um efetivo controlo de qualidade, controlando todas as fases de produção com a elaboração de check list adaptados às diferentes fases de produção. Foi também chamada a atenção para a importância da rastreabilidade do processo no sentido da prevenção dos defeitos e melhoria contínua do produto final.

Para que se tivesse uma visão mais ampla das responsabilidades e compreensão do que está em jogo no momento da produção elaborou-se um orçamento da obra que nos transporta dos aspetos técnicos para a realidade inquestionável dos números que viabilizam, ou não, os projetos e as soluções adotadas. Este orçamento encontra-se mais detalhadamente no anexo X.

10.2 Estudo de armaduras e cofragens para a ponte sobre o rio Giraul

No outro caso estudado – a ponte sobre o rio Giraul (figura 45) – neste momento em execução pela empresa na República Popular de Angola, fez-se um estudo do projeto procurando perceber não só aquilo que à pré-fabricação se refere mas também as implicações e interligações com o trabalho *in situ*. Foram visionadas fotografias, tiradas na altura da produção em fábrica das vigas de tabuleiro (figura 44), executadas em betão pré-esforçado, que permitiram que se apercebe-se não só da sequência do processo de fabrico mas também dos diversos cuidados e controlo efetuado.



Figura 44 - Vigas I pré-fabricadas

Relativamente aos pilares, vigas travessa, pré-lajes e vigas de bordadura abordaram-se várias questões mais genéricas envolvendo cofragens, interligação das peças em obra e rigor no posicionamento das peças na sua ligação com aquilo que é betonado *in situ*.



Figura 45 - Ponte sobre o rio Giraul em Angola

Das peças pré-fabricadas da ponte fez-se a preparação das armaduras para corte e montagem. Foi chamada a atenção relativamente a aspetos genéricos da produção de armaduras e analisada a sua execução à luz dos regulamentos, com especial incidência nos raios de dobragem, comprimentos de amarração e de sobreposição. Analisaram-se ainda e por último aspetos práticos como sejam a necessidade de desfasar as sobreposições e o estudo do comprimento dos varões de modo a reduzir o desperdício de ferro. No que se refere à execução do pré-esforço abordaram-se procedimentos de segurança e regras de execução que minimizem erros de execução. Para uma melhor compreensão pode-se observar todas as preparações do ferro nos anexos, (XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI, XVII, XVIII).

Conclusão

Pode dizer-se que a pré-fabricação é um conjunto de processos industriais que visam a produção de peças de base cimentícia, produzidas sob processos industriais padronizados e controlados, num sítio distinto daquele em que serão aplicadas.

Tal como já foi referido, esta atividade abrange um conjunto de processos industriais capazes de produzir diferentes peças com grande controlo e rigor. Para uma funcionalidade mais produtiva e eficaz, a pré-fabricação tem de ser planeada, controlada e acompanhada de modo a garantir o rigor das peças fabricadas e o estrito cumprimento dos prazos estipulados entre o cliente e o fabricante.

Ao longo do tempo a indústria da pré-fabricação vem-se afirmando como uma subsidiária da construção civil tradicional, contribuindo para a redução dos prazos de execução e para uma melhoria do produto final. A inovação e aporte tecnológico, permitiu inovação nos métodos de execução, constituindo um motor no progresso da Indústria da Construção Civil em geral.

A sensibilização que tem vindo a ser feita junto de projetistas e outros agentes da construção, tem fomentado uma parceria vantajosa de complementaridade de que têm beneficiado ambas as Indústrias – Construção Civil e Pré-fabricação. Uma mudança de mentalidades e economia de realização permite que, hoje em dia, seja já a solução pré-fabricada a primeira a ser encarada para a realização de certas obras específicas, como sejam por exemplo, pontes e viadutos até um determinado valor do vão.

Durante o estágio houve uma preocupação de aprendizagem dos aspetos técnicos e práticos abrangendo todas as áreas do fabrico de modo a que o formando suscitasse questões e procurasse soluções.

A finalizar referir apenas que a realização deste estágio, de que o relatório que lhe está associado e que aqui se conclui é um resumo, permitiu um contacto mais próximo com a Indústria da pré-fabricação e complementou os conhecimentos transmitidos durante o meu percurso escolar.

Referências bibliográficas

- [1] www.telhabel.net;
- [2] Serra, S.M.B; Ferreira, M. de A; Pigozzo, B. N. (2005);
- [3] <http://slideplayer.com.br/slide/360139/>;
- [4] <http://www.telhabel-angola.com/>;
- [5] <http://www.casaprefabricada.org/casa-modular-excelencia-em-design-e-qualidade>;
- [6] Jacinto Tomas, Quirino José, Concepção e Projecto de um Edifício de Habitação com Estrutura em Betão Pré-fabricado – Tese para Mestrado em Engenharia Civil, UNL 2008;
- [7] http://www.carfel.pt/imagens/prd_maquinaspoedeiras_hcf8.png;
- [8] <http://www.leaiseoliveira.pt/site09/>;
- [9] <http://www.paviprel.pt/>;
- [10] <http://www.vigobloco.pt/>;
- [11] <http://www.bodrerocasseforme.com/pt/>;
- [12] <http://civil-engg-world.blogspot.pt/>;
- [13] <http://www.ebawe.de/>;
- [14] <http://www.precastconcreteconstruction.com/>;
- [15] <http://www.tecnocom.com>;
- [16] <http://www.bodrerocasseforme.com/pt/>;
- [17] <http://slideplayer.com.br>;
- [18] <http://www.progress-m.com>
- [19] <http://www.aecweb.com>;

- [20] <http://www.ldaprefabricados.com>;
- [21] www.construccion.com;
- [22] tecnologiaemconstrucao.com;
- [23] www.projepar.com.

- [24] Magalhães, António. A pré-fabricação em betão em Edifícios. Tese apresentada para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, ISEP, 2013.

- [25] Cunha, Frederico. Dimensionamento de tabuleiros de pontes com vigas de betão pré-fabricado. Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil, FEUP, Julho de 2010.

- [26] MANTEUFEL, Saulo. Protótipo de um doseador de matéria-prima para pequenas empresas de produtos pré-fabricados de concreto. Monografia, Universidade Regional de Blumenau, 2001.

- [27] Serra, S.M.B; Ferreira, M. de A; Pigozzo, B. N. Evolução dos pré-fabricados de concreto. 1º Encontro Nacional de pesquisa-projeto-produção em concreto pré-moldado, São Carlos, 03-04 de novembro de 2005.

- [28] Faria, J.A (1996). Divisórias leves prefabricadas – Concepção e avaliação da viabilidade de um sistema realizado com base em madeira e derivados. Tese de Doutoramento – FEUP, Porto.

- [29] Cunha, André. Manual de controle de qualidade de construções pré-fabricadas. Dissertação para obtenção de grau de Mestre em Engenharia civil. Universidade Técnica de Lisboa, Dezembro de 2011.

- [30] Petrucelli, N.S. Considerações sobre projeto e fabricação de lajes alveolares protendidas. Dissertação de Mestrado, UFSCar, 2009.

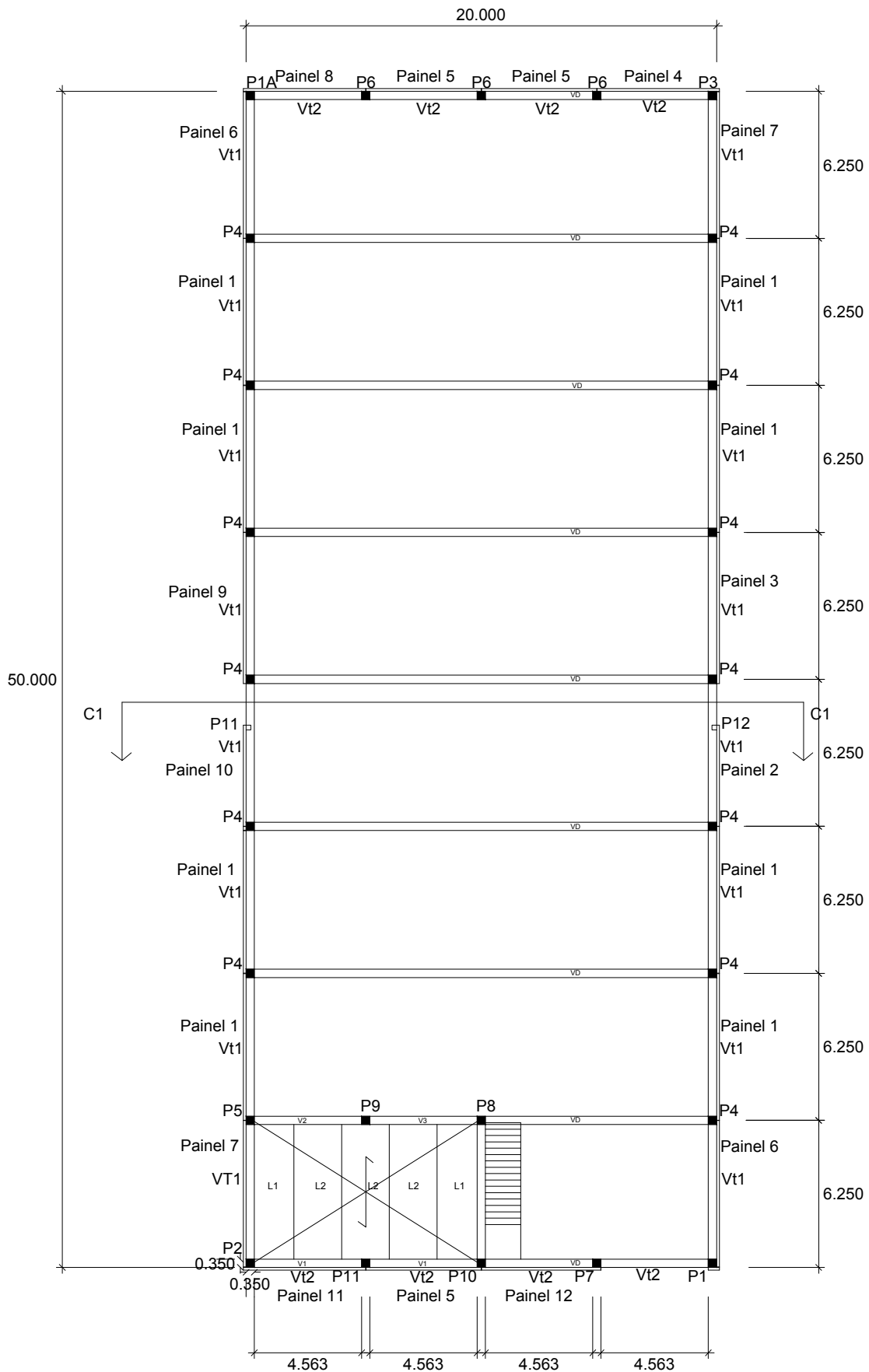
- [31] Santos, Alexandre, responsável técnico da PriBetões S.A., empresa do grupo Telhabel.

- [32] Koncz, Tihamér. 1975. Manual de la Construcción Prefabricada: com elementos de hormingón armado e pretensado: construcción, cálculo e ejecución. Madrid : Hermann Blume, 1975.

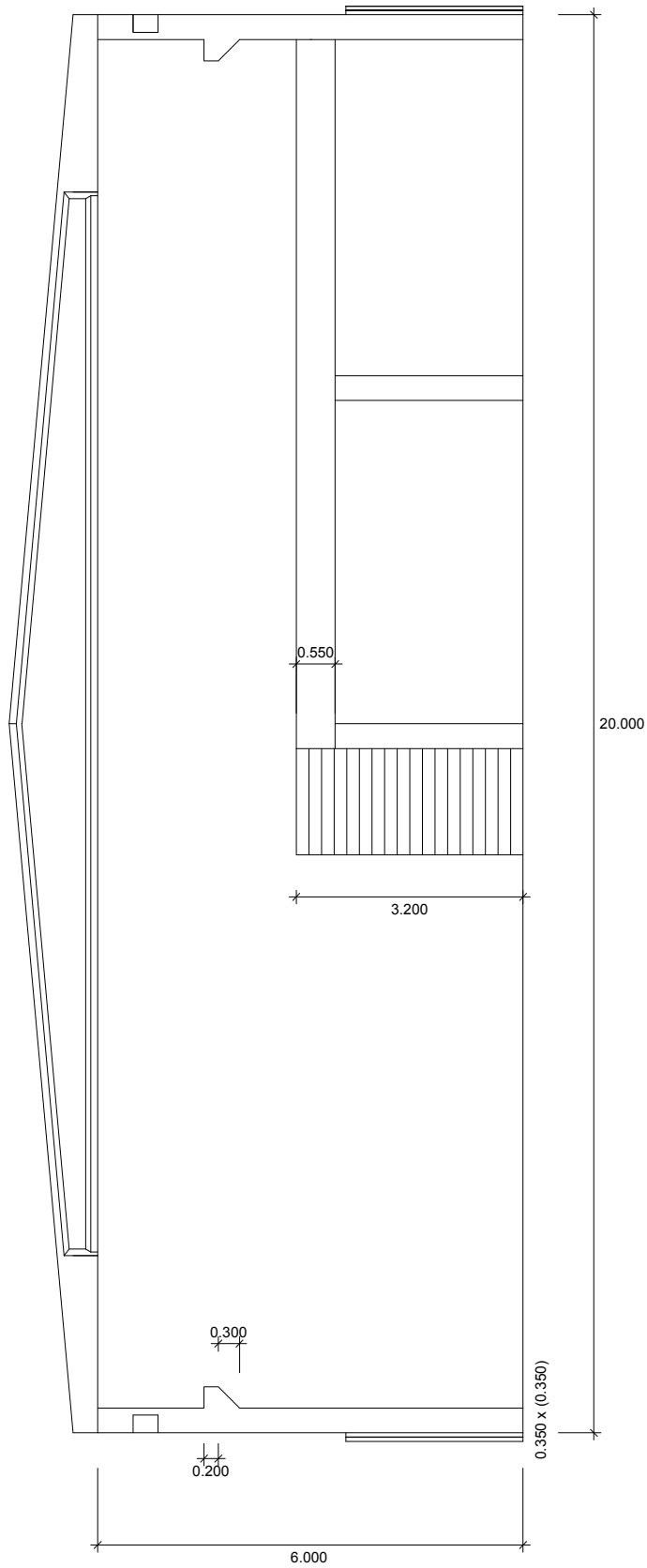
Anexos

Armazém

Anexo I – Planta estrutural do armazém

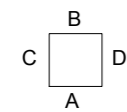
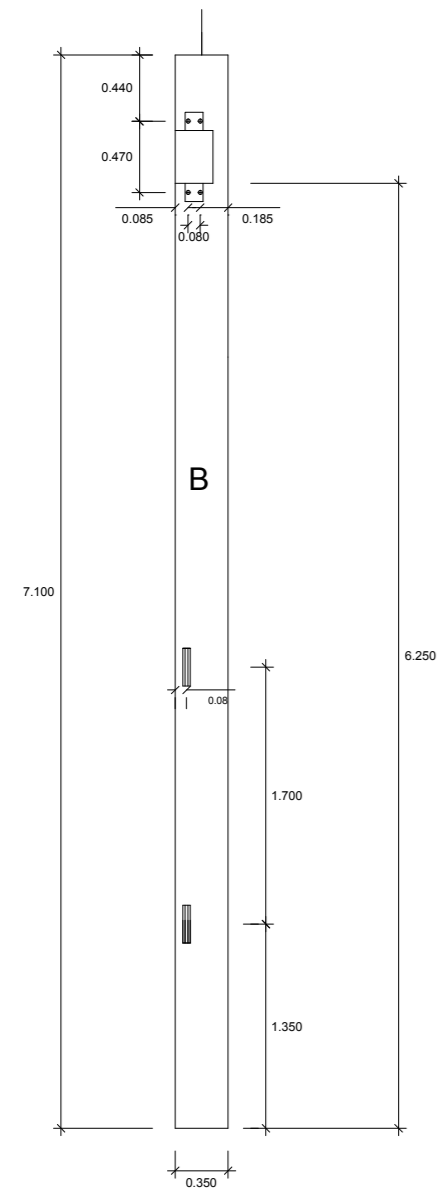


Anexo II – Corte C1

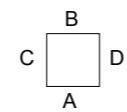
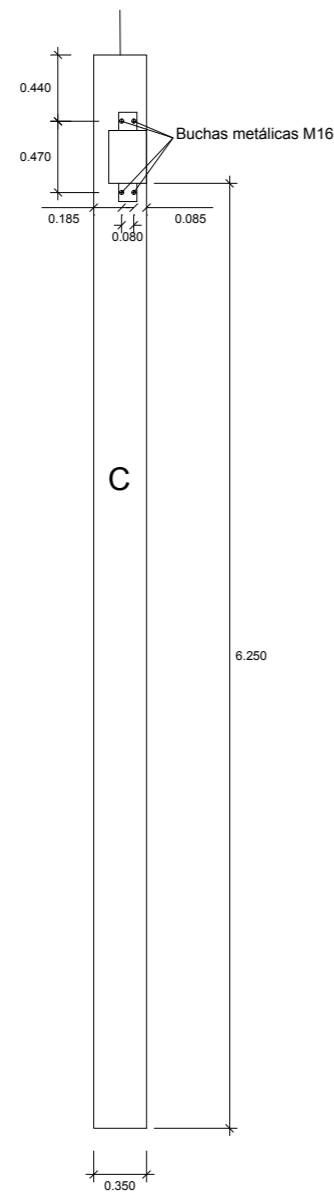


Anexo III – Pormenores dos pilares

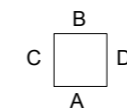
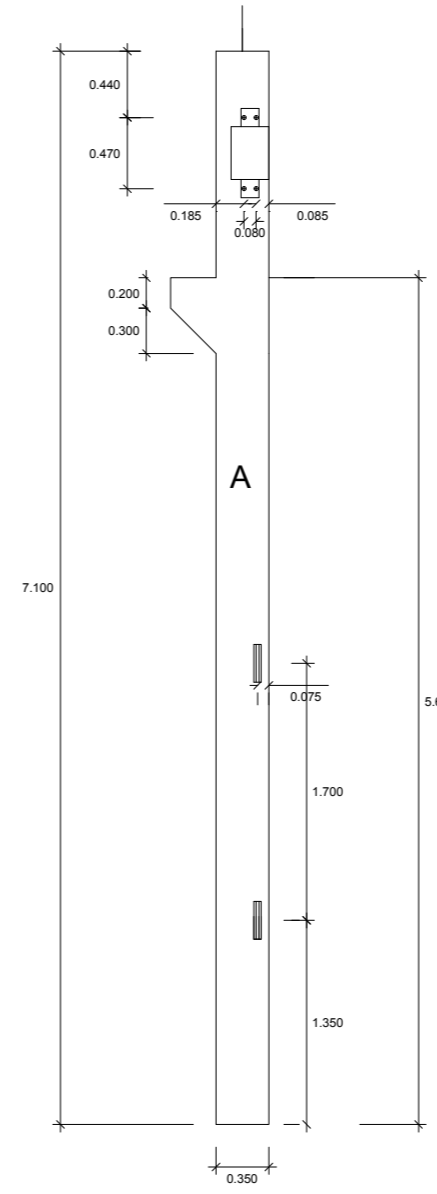
PILAR P1



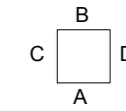
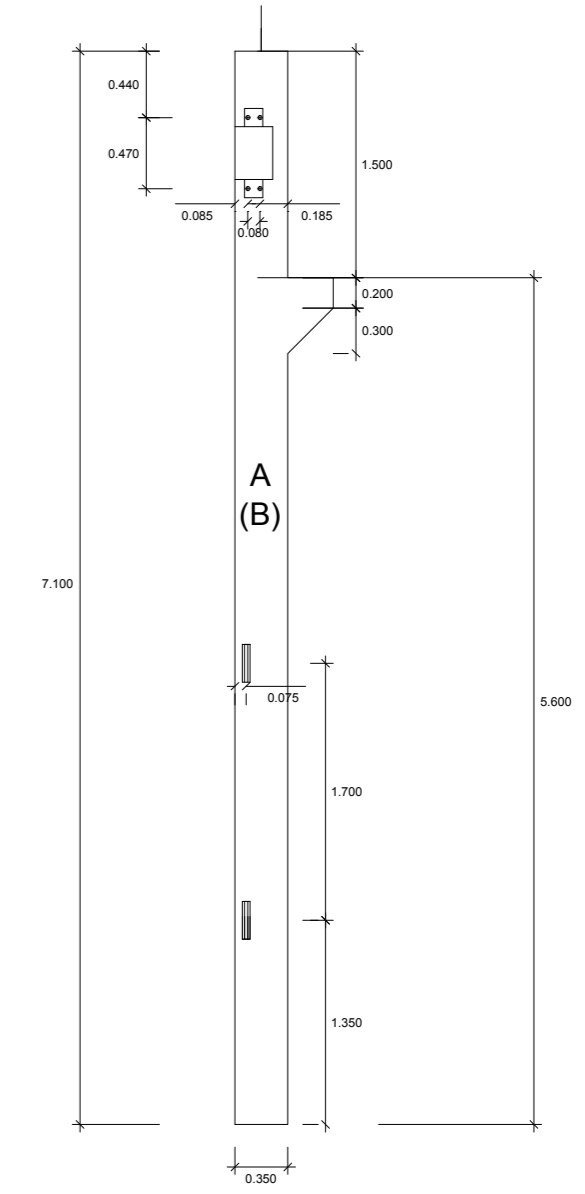
PILAR P2



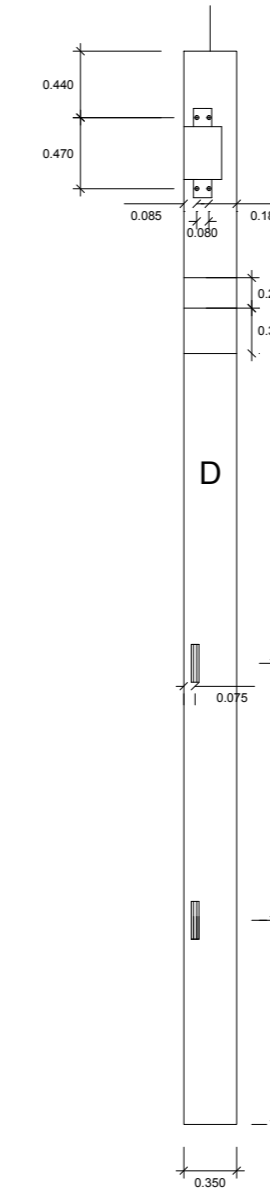
PILAR P3



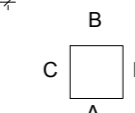
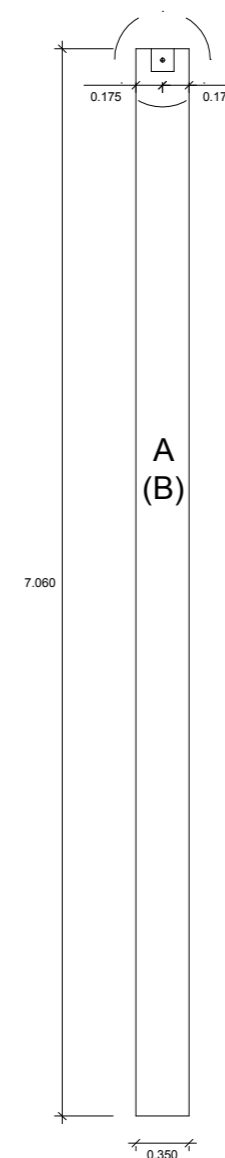
PILAR P4



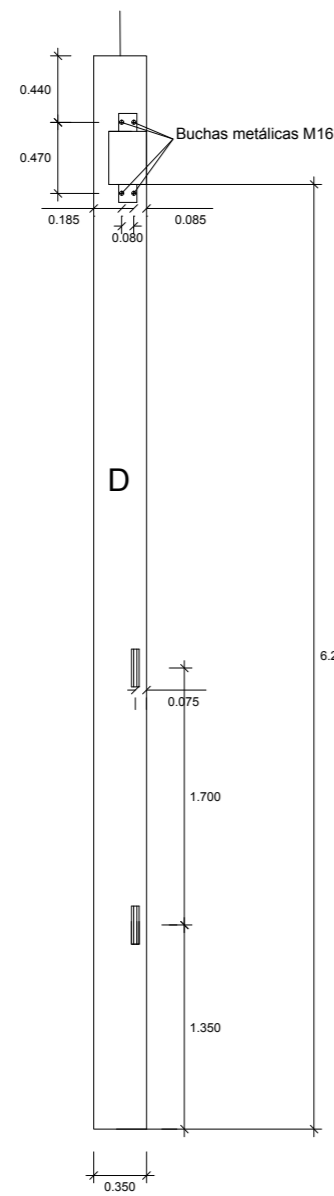
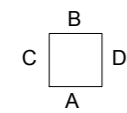
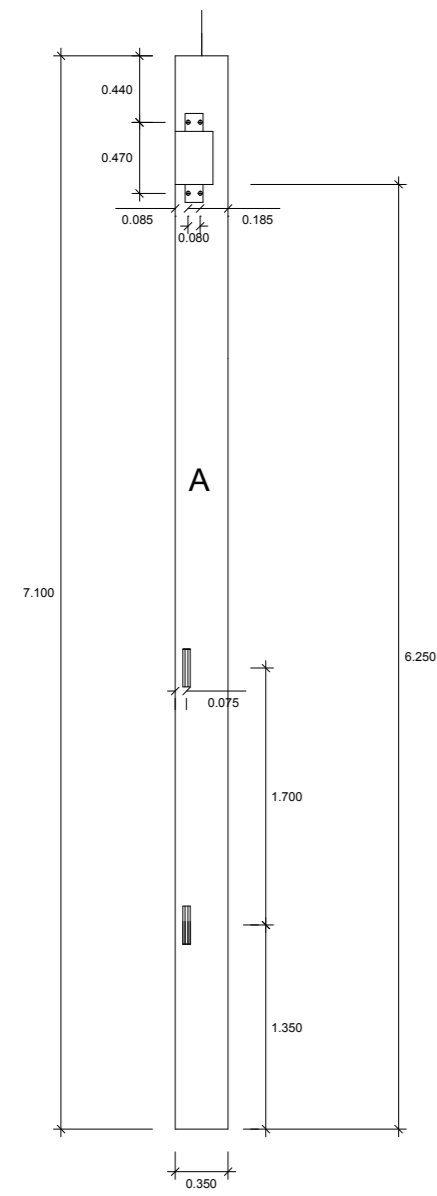
PILAR P6



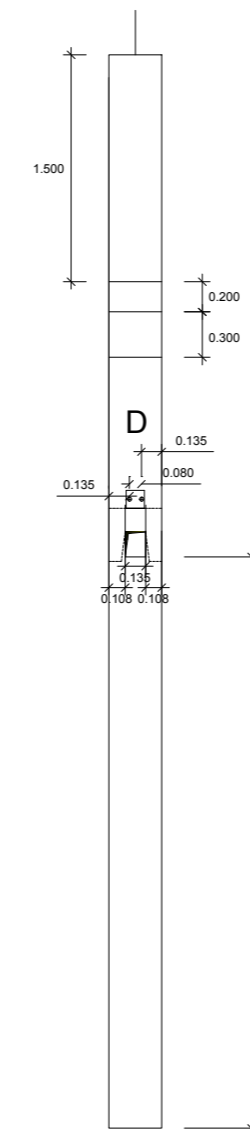
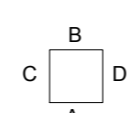
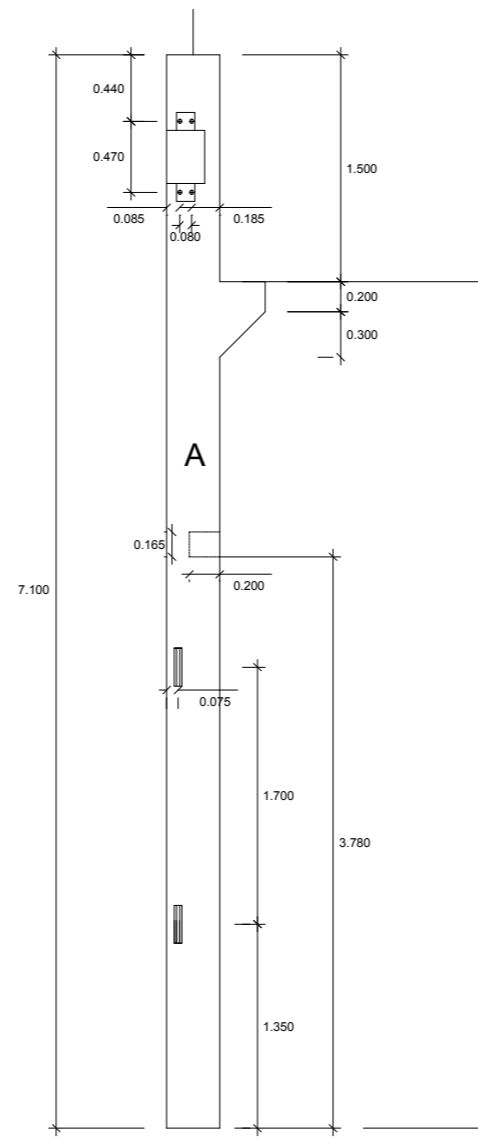
Pormenor A



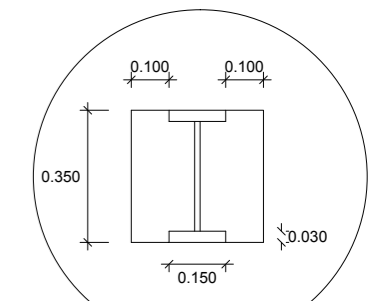
PILAR P1 A



PILAR P5



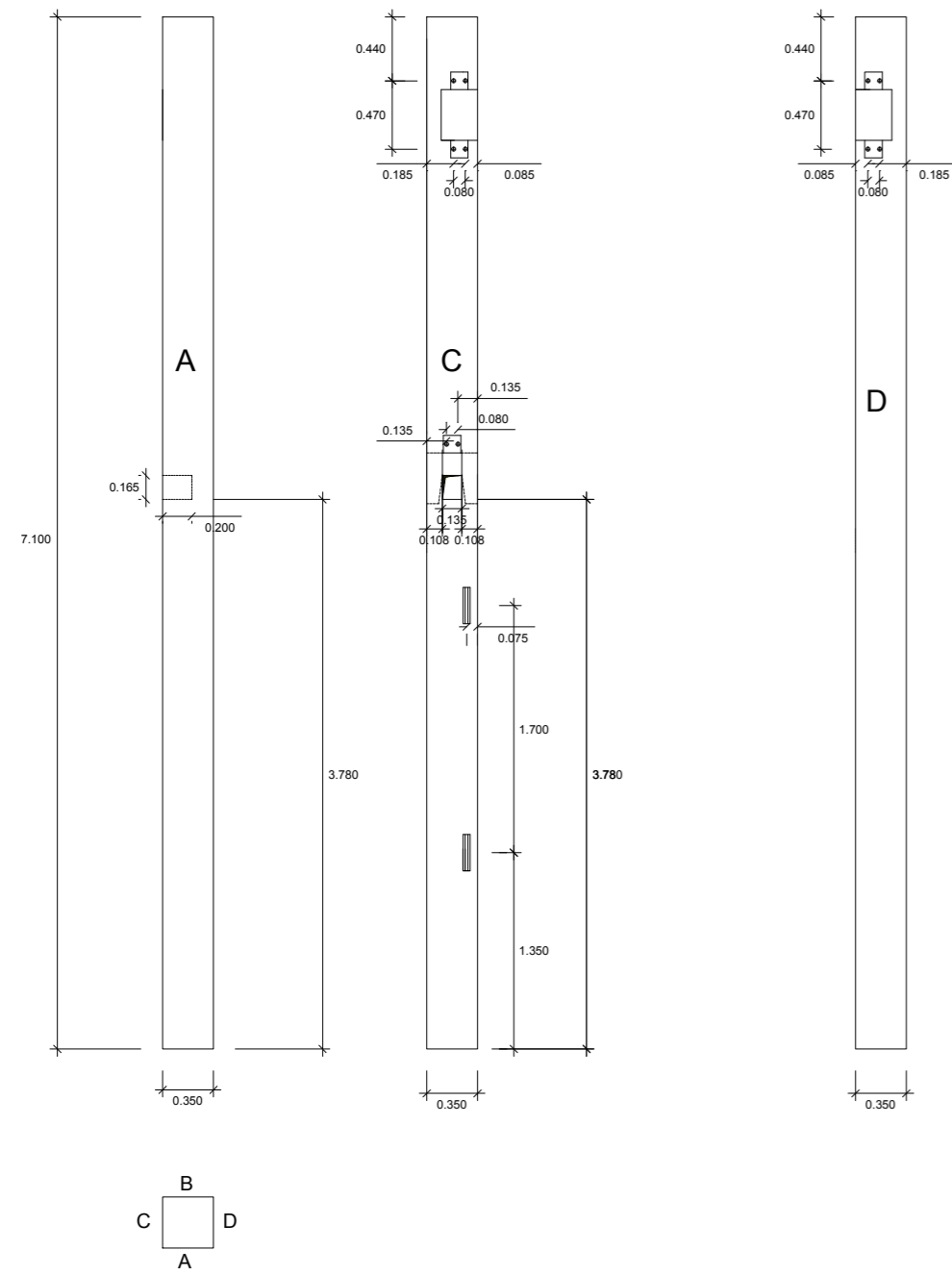
Pormenor A



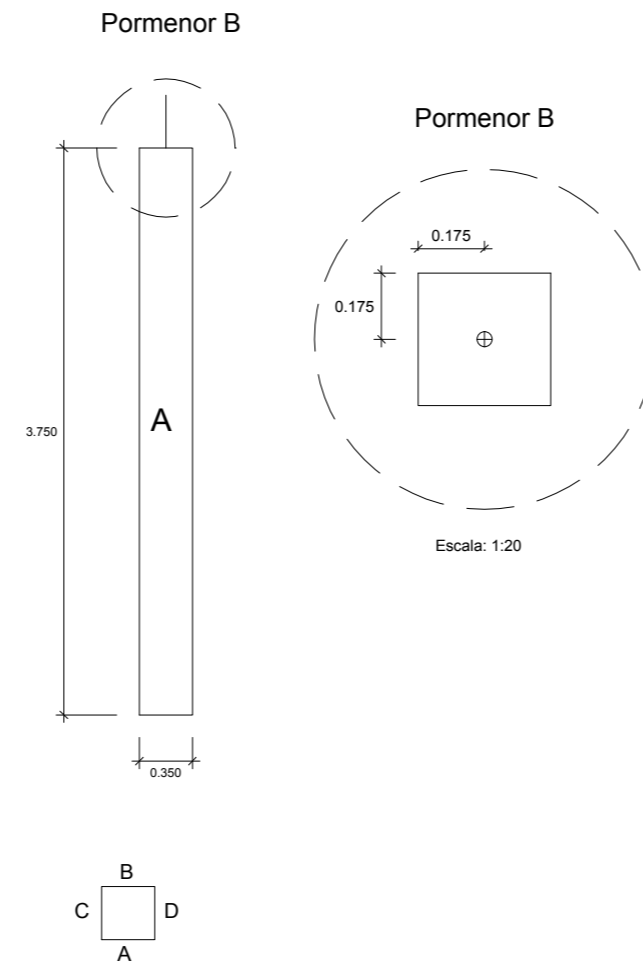
Escala 1:20

	Preparação dos pré-fabricados de um armazém Projeto de arquitetura	Data: Setembro 2015 Escala: 1:50 ; 1:20 Desenho nº: 3
	Designação: Pormenores dos Pilares P1 a P6	Ivo Machado - 1090234

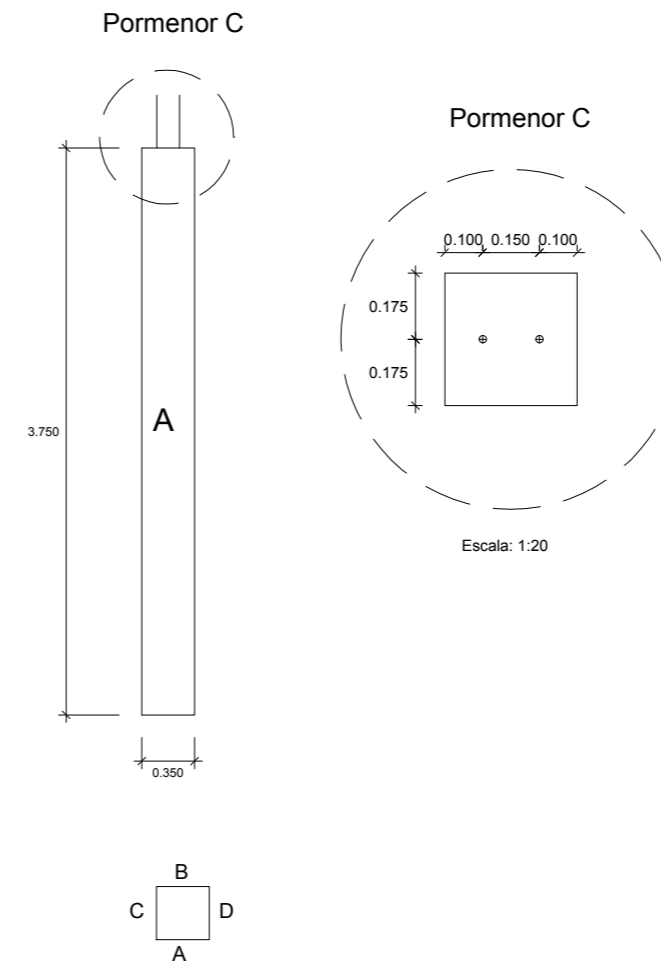
PILAR P7



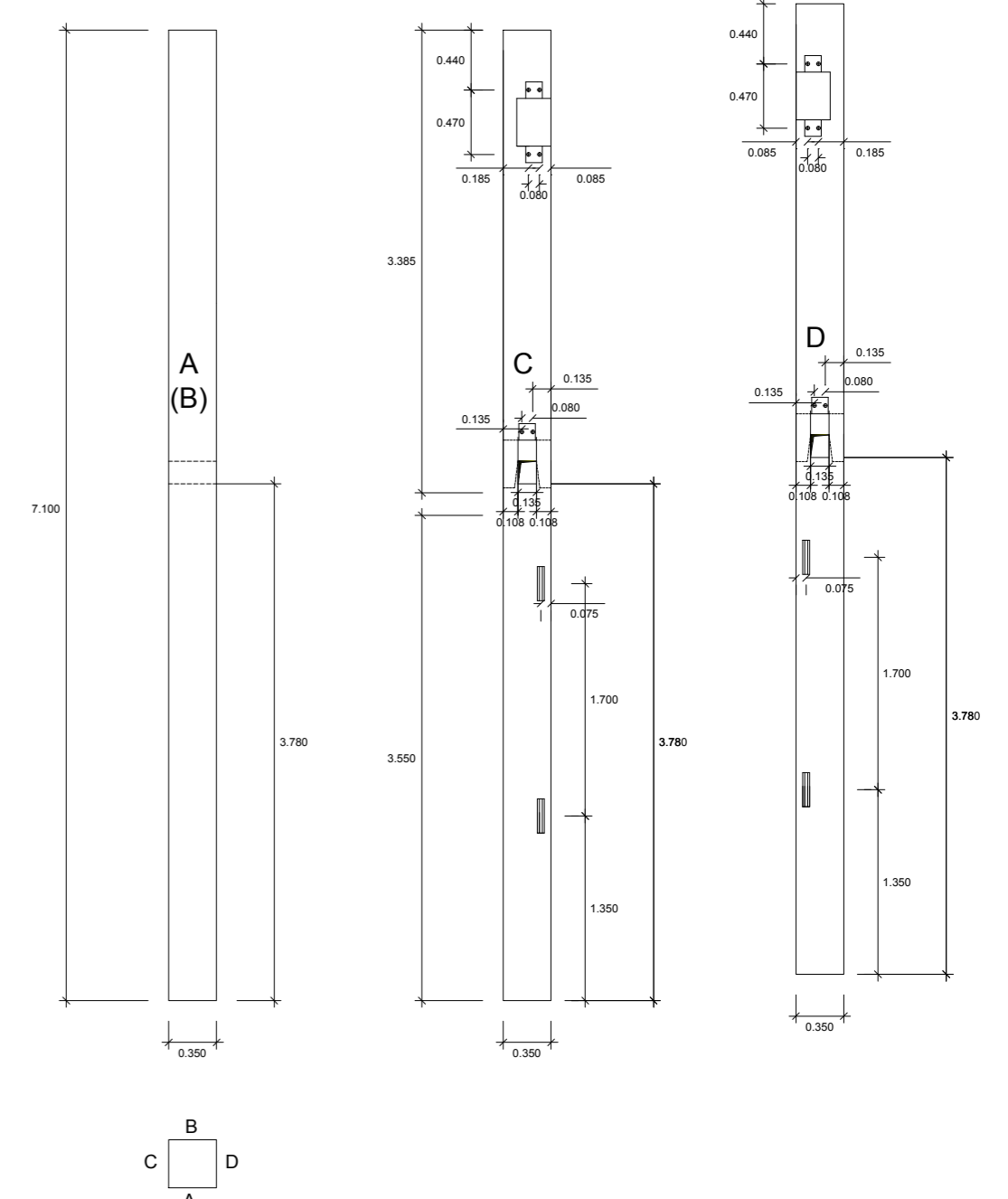
PILAR P8



PILAR P9

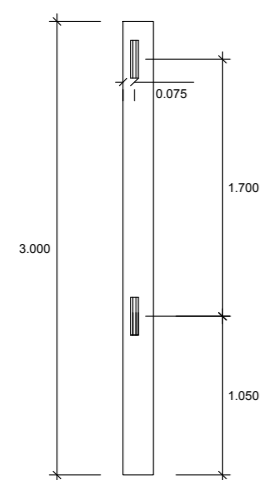


PILAR P10

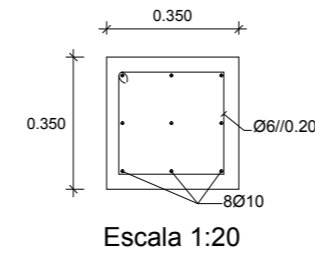
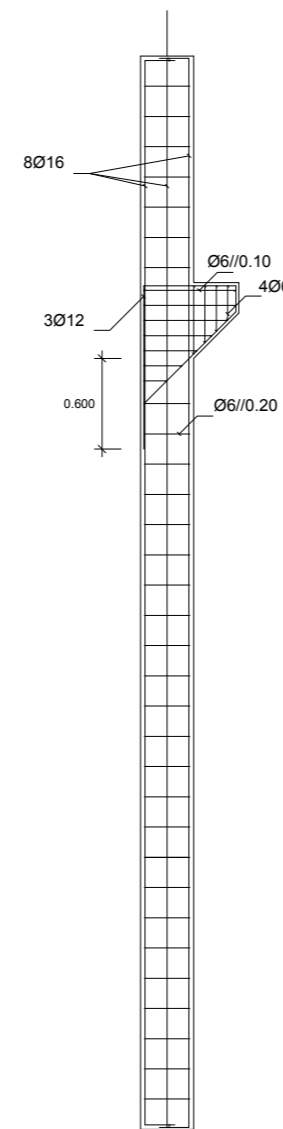
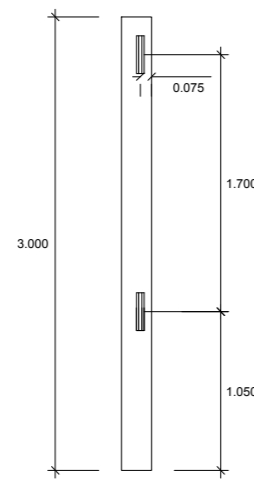


Armaduras dos Pilares

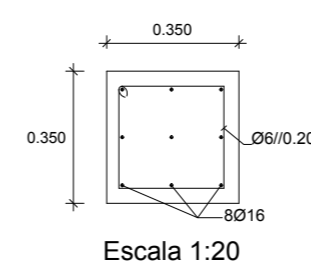
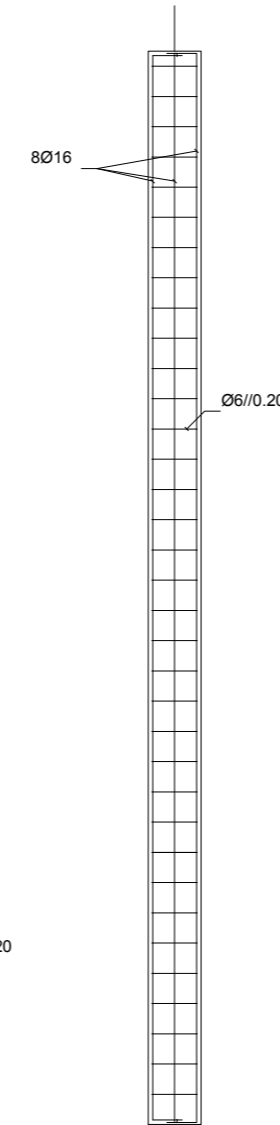
PILAR P11



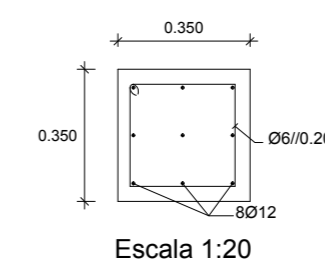
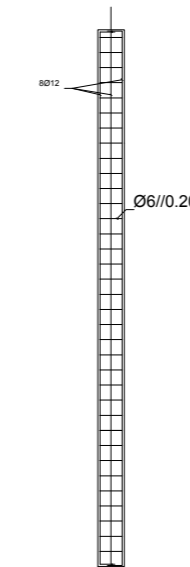
PILAR P11 A



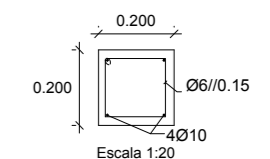
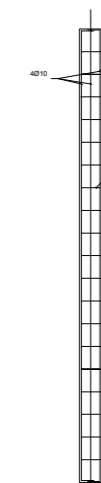
PILARES P3; P4; P5



PILARES P1; P2; P6; P7; P10; P11



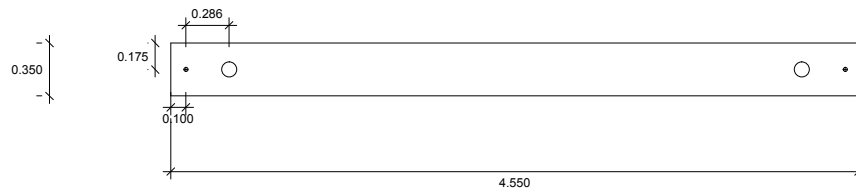
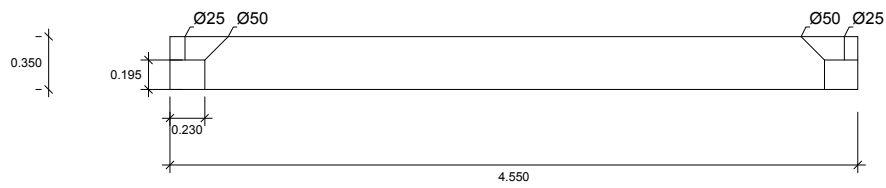
PILARES P8 ; P9



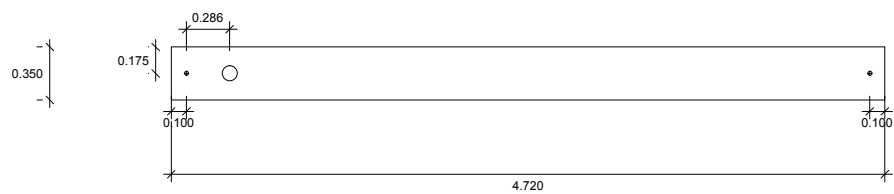
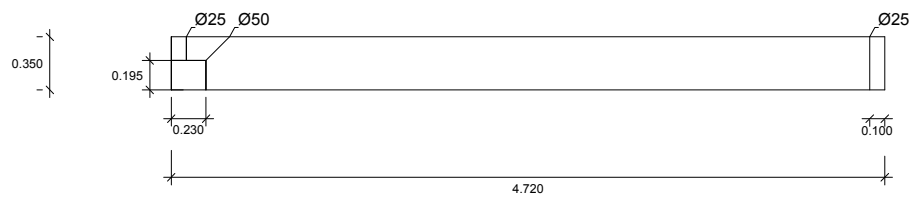
PILARES P11 e P11 A

Anexo IV – Pormenores das vigas

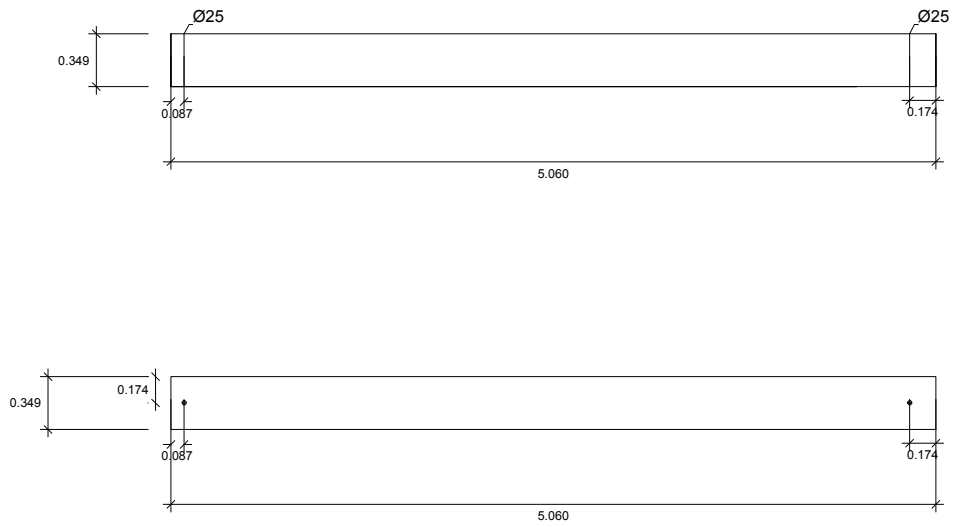
V1



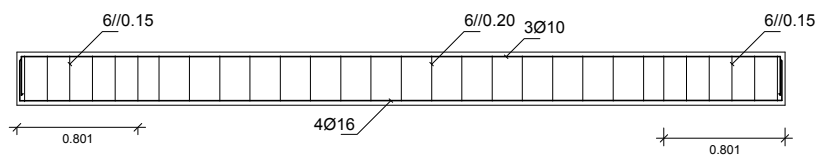
V2



V3

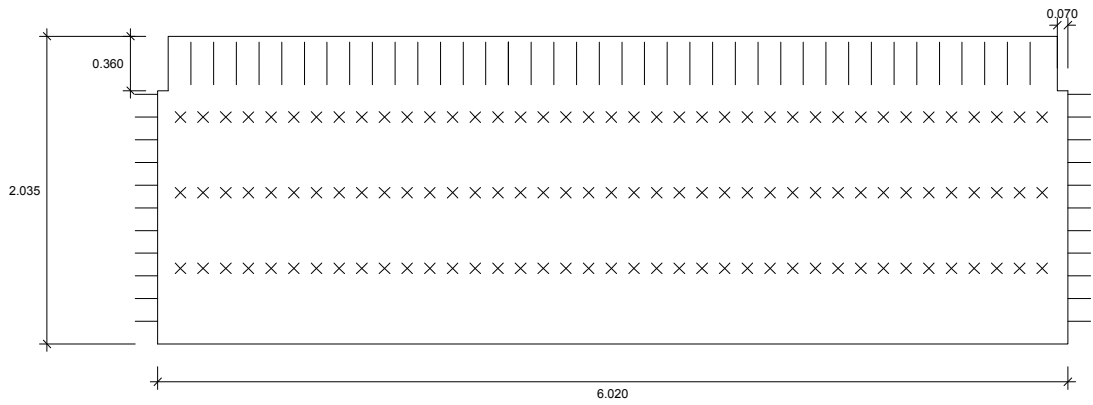


Armaduras das vigas (V1, V2 e V3)

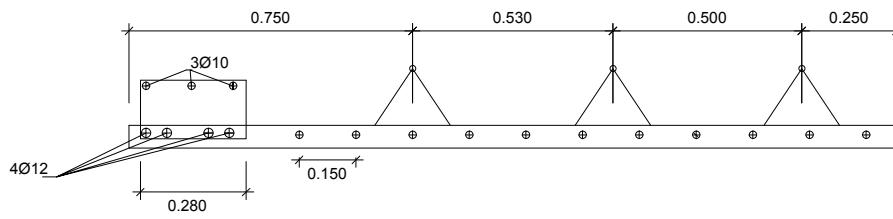


Anexo V – Pormenores das pré-lajes

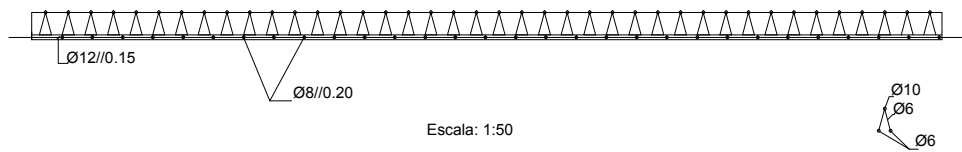
L1



Escala: 1:50

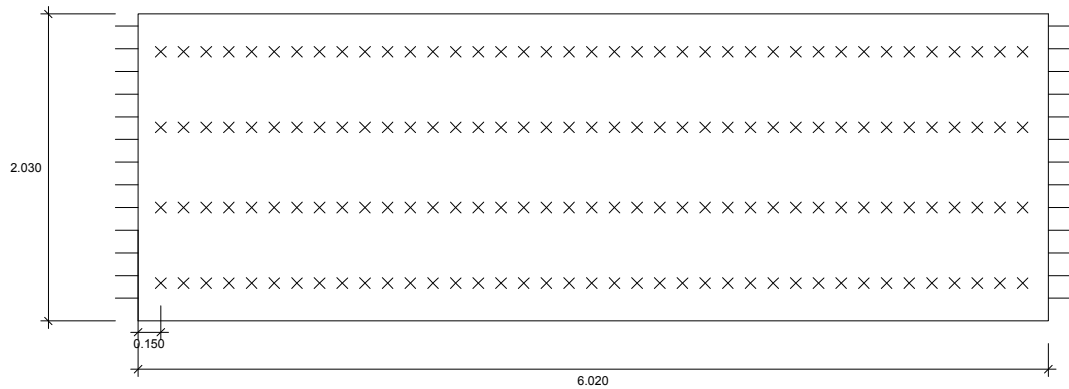


Escala: 1:20

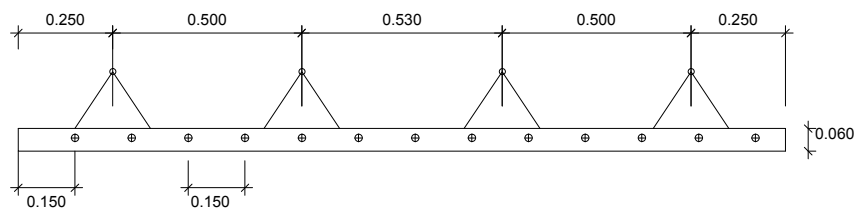


Escala: 1:50

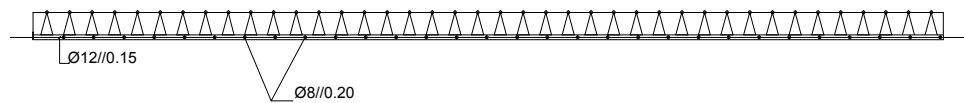
L2



Escala: 1:50



Escala: 1:20

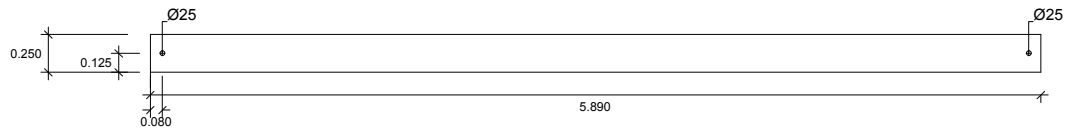
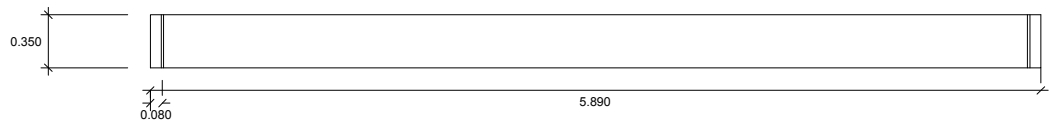


Escala: 1:50

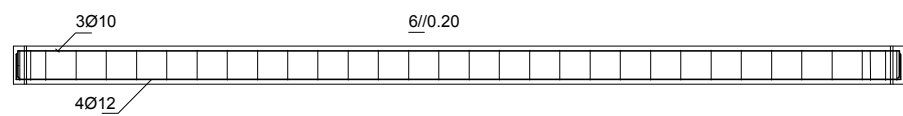
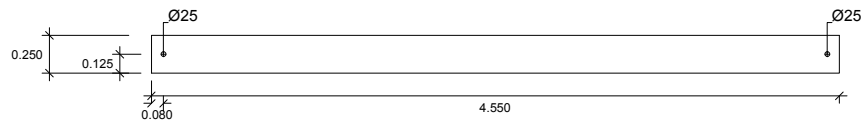
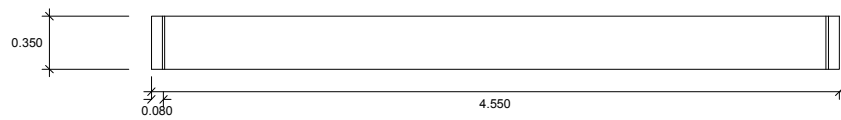


Anexo VI – Pormenores das vigas de travação

VT1

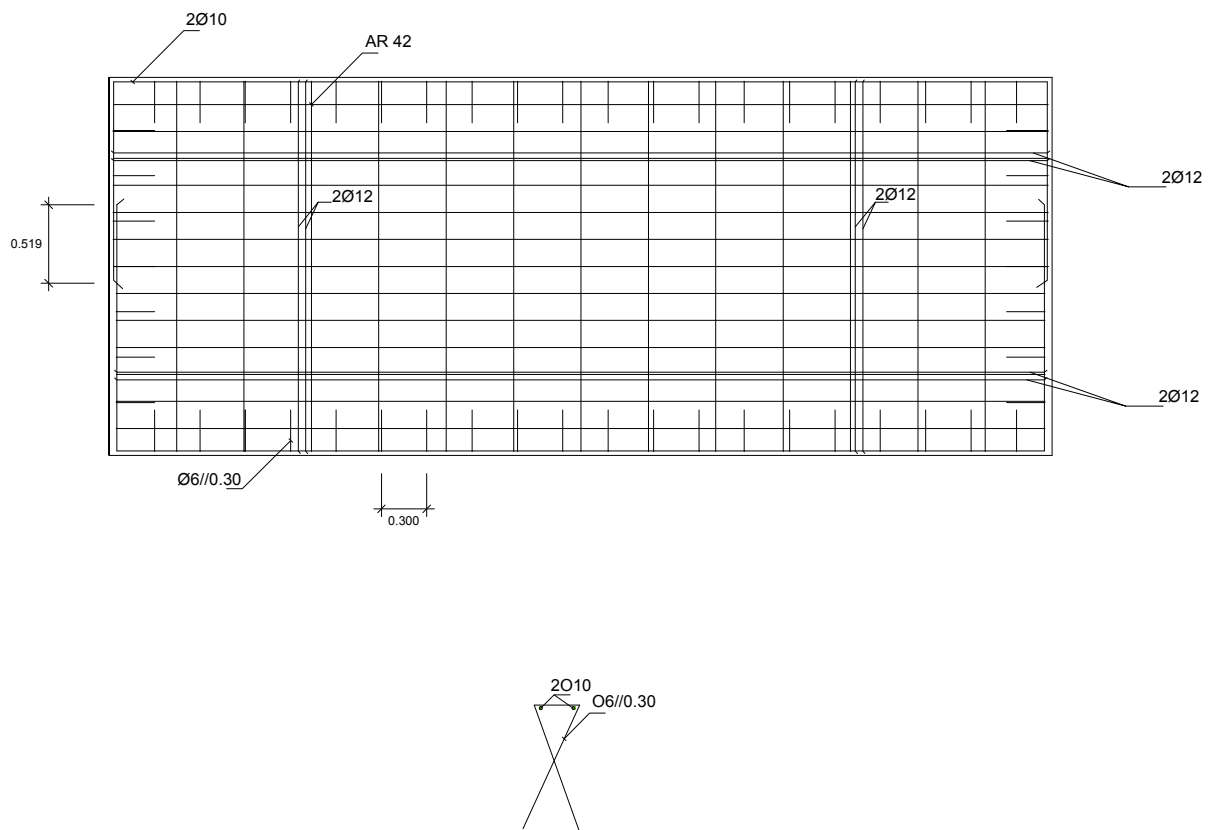


VT2

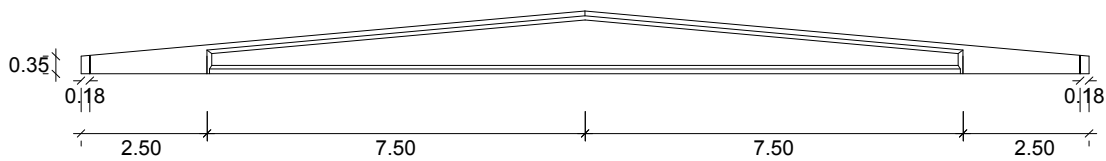


Anexo VII – Pormenores dos painéis

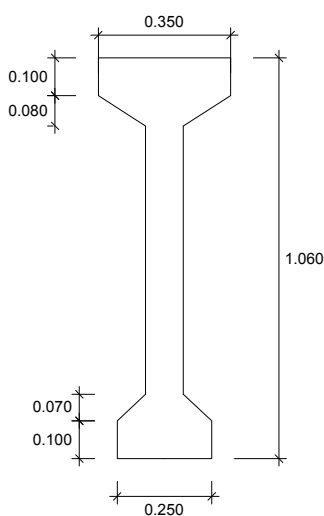
Armadura Tipo dos Paineis



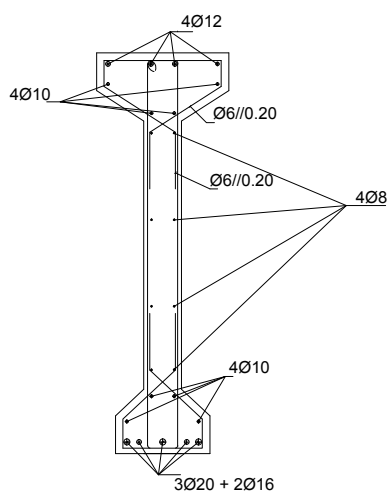
Anexo VIII – Pormenores das vigas delta



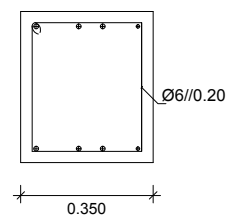
Escala 1:150



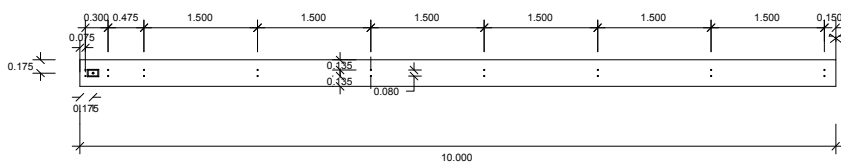
Escala 1:20



Escala 1:20

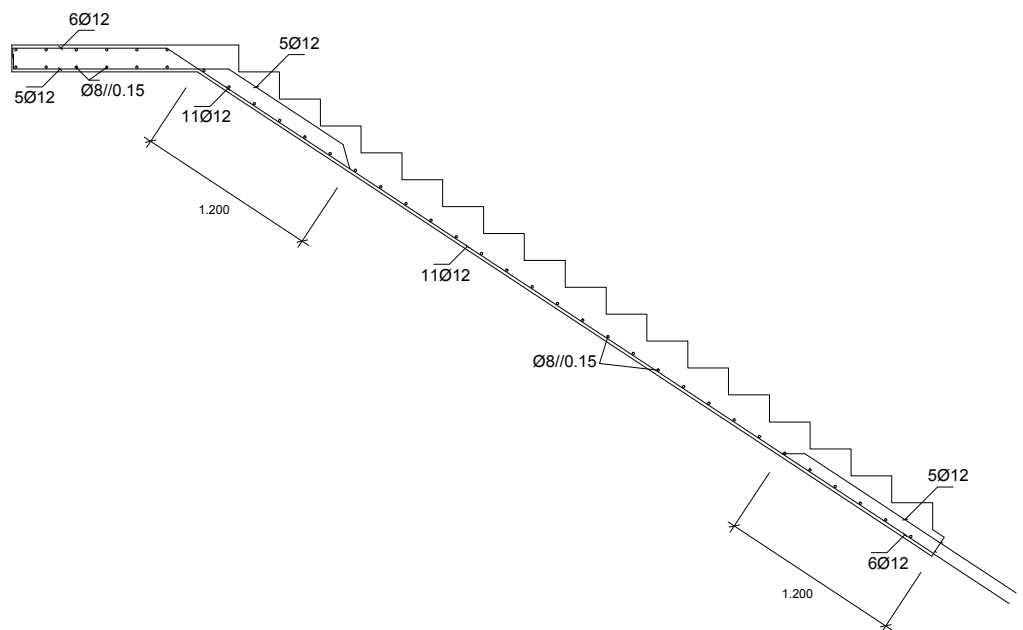
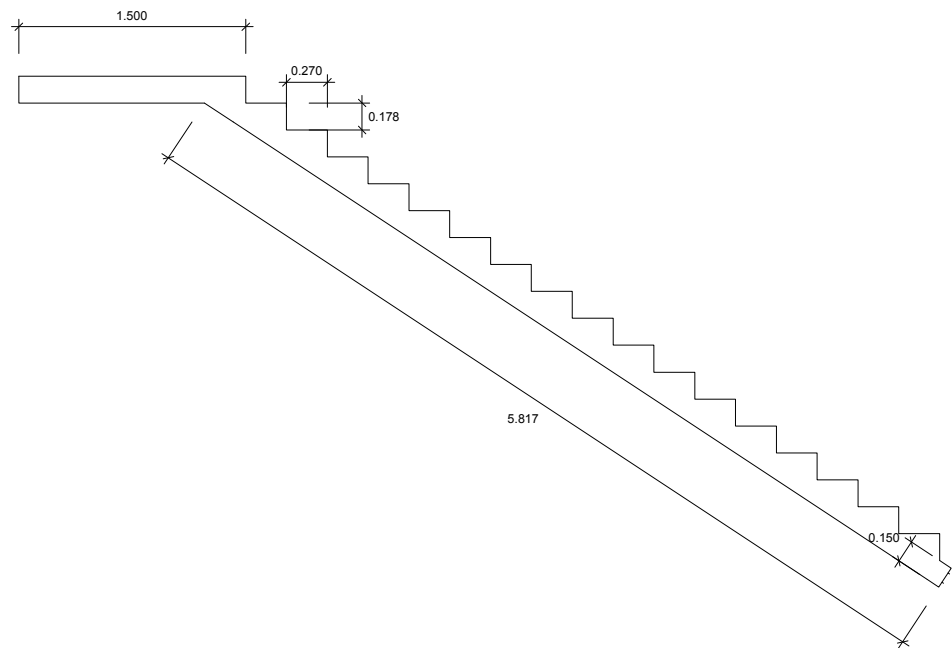


Escala 1:20



Escala 1:100

Anexo IX – Pormenores das escadas



Anexo X – Mapa de medições e orçamentação

Cálculos Auxiliares

Designação	Rendimento	un	Pr. Unitário	V. Total	Pr. Seco
Execução de betão de C25/30 (na obra)		m3			
Cimento (inclui transporte)	320,00	Kg	0,004 €	1,23 €	
aditivos (SIKAMENT)	0,66	kG	1,73 €	1,15 €	
areia	1074,00	Kg	0,01 €	11,81 €	
água	150,00	Lt	0,01 €	1,09 €	
brita 5/10	585,00	Kg	0,01 €	3,10 €	
brita 10/15	0,00	Kg	0,01 €	0,00 €	
brita 15/25	482,00	Kg	0,01 €	2,55 €	
Auto betoneira (5,5m3)/ inc. estaleiro		m3		0,00 €	
Oficial 1ª	0,15	h	2,80 €	0,42 €	
Servente (oficial 2ª)	0,20	h	1,69 €	0,34 €	
Camião de transporte para a obra (valor médio)	1,00	h	0,20	0,20 €	
Total					21,88 €

ITEM	Descrição	Rendimen to	Preço Unidade	Valor Parcial	Valor Total
1	Viga (4,55ML)				
		UNIDADE			
	Aço				
	Oficial 1ª (Ferro)	0,10	h	2,80 €	0,28 €
	Oficial 2ª (Ferro)	0,50	h	2,19 €	1,10 €
	Servente (Ferro)	0,50	h	1,69 €	0,84 €
	Máquina de ferro	0,25	h	6,68 €	1,67 €
	ferro A500NR	62,28	Kg	0,51 €	31,52 €
	Arame queimado	0,62	Kg	1,34 €	0,83 €
	Betão				
	Betão C25/30	0,56	m^3	21,88 €	12,20 €
	Ponte rolante para betonagem e movimentação	0,50	h	2,78 €	1,39 €
	Vibrador	0,10	h	0,93 €	0,09 €
	Oficial 1ª (Betonagem)	0,10	h	2,80 €	0,28 €
	Oficial 2ª (Betonagem)	0,20	h	2,19 €	0,44 €
	Servente (Betonagem)	0,30	h	1,69 €	0,51 €
	Cofragem				
	Ancoragem/Fundo/Molde	1,00	viga	10,00 €	10,00 €
	Oficial 2ª (Cofragem/Descofragem/Escoramento)	0,10	h	2,19 €	0,22 €
	Óleo descofrante	0,25	Lt	2,88 €	0,72 €
				Total	62,09 €
2	Viga (4,72ML)				
		UNIDADE			
	Aço				
	Oficial 1ª (Ferro)	0,10	h	2,80 €	0,28 €
	Oficial 2ª (Ferro)	0,50	h	2,19 €	1,10 €
	Servente (Ferro)	0,50	h	1,69 €	0,84 €
	Máquina de ferro	0,25	h	6,68 €	1,67 €
	ferro A500NR	64,46	Kg	0,51 €	32,62 €
	Arame queimado	0,64	Kg	1,34 €	0,86 €
	Betão				
	Betão C25/30	0,58	m^3	21,88 €	12,65 €
	Ponte rolante para betonagem e movimentação	0,50	h	2,78 €	1,39 €
	Vibrador	0,10	h	0,93 €	0,09 €
	Oficial 1ª (Betonagem)	0,10	h	2,80 €	0,28 €
	Oficial 2ª (Betonagem)	0,20	h	2,19 €	0,44 €
	Servente (Betonagem)	0,30	h	1,69 €	0,51 €
	Cofragem				
	Ancoragem/Fundo/Molde	1,00	viga	10,00 €	10,00 €
	Oficial 2ª (Cofragem/Descofragem/Escoramento)	0,10	h	2,19 €	0,22 €
	Óleo descofrante	0,26	Lt	2,88 €	0,75 €
				Total	63,69 €

3	Viga (5,06ML)	UNIDADE			
Aço					
Oficial 1ª (Ferro)	0,10	h	2,80 €	0,28 €	
Oficial 2ª (Ferro)	0,50	h	2,19 €	1,10 €	
Servente (Ferro)	0,50	h	1,69 €	0,84 €	
Máquina de ferro	0,25	h	6,68 €	1,67 €	
ferro A500NR	68,62	Kg	0,51 €	34,72 €	
Arame queimado	0,69	Kg	1,34 €	0,92 €	
Betão					
Betão C25/30	0,62	m^3	21,88 €	13,56 €	
Ponte rolante para betonagem e movimentação	0,50	h	2,78 €	1,39 €	
Vibrador	0,10	h	0,93 €	0,09 €	
Oficial 1ª (Betonagem)	0,10	h	2,80 €	0,28 €	
Oficial 2ª (Betonagem)	0,20	h	2,19 €	0,44 €	
Servente (Betonagem)	0,30	h	1,69 €	0,51 €	
Cofragem					
Ancoragem/Fundo/Molde	1,00	viga	10,00 €	10,00 €	
Oficial 2ª (Cofragem/Descofragem/Escoramento)	0,10	h	2,80 €	0,28 €	
Óleo descofrante	0,28	Lt	2,88 €	0,80 €	
				Total	66,88 €
4	Viga de travacão (5,89 ML)	UNIDADE			
Aço					
Oficial 1ª (Ferro)	0,10	h	2,80 €	0,28 €	
Oficial 2ª (Ferro)	0,50	h	2,19 €	1,10 €	
Servente (Ferro)	0,50	h	1,69 €	0,84 €	
Máquina de ferro	0,25	h	6,68 €	1,67 €	
ferro A500NR	35,81	Kg	0,51 €	18,12 €	
Arame queimado	0,36	Kg	1,34 €	0,48 €	
Betão					
Betão C25/30	0,52	m^3	21,88 €	11,28 €	
Ponte rolante para betonagem e movimentação	0,50	h	1,39 €	0,69 €	
Vibrador	0,10	h	0,93 €	0,09 €	
Oficial 1ª (Betonagem)	0,10	h	2,80 €	0,28 €	
Oficial 2ª (Betonagem)	0,20	h	2,19 €	0,44 €	
Servente (Betonagem)	0,30	h	1,69 €	0,51 €	
Cofragem					
Ancoragem/Fundo/Molde	1,00	ga de travacão	6,67 €	6,67 €	
Oficial 2ª (Cofragem/Descofragem/Escoramento)	0,10	h	2,19 €	0,22 €	
Óleo descofrante	0,29	Lt	2,88 €	0,83 €	
				Total	43,50 €

5	Viga de travacção (4,55 ML)	UNIDADE			
Aço					
Oficial 1ª (Ferro)	0,10	h	2,80 €	0,28 €	
Oficial 2ª (Ferro)	0,50	h	2,19 €	1,10 €	
Servente (Ferro)	0,50	h	1,69 €	0,84 €	
Máquina de ferro	0,25	h	6,68 €	1,67 €	
ferro A500NR	45,22	Kg	0,51 €	22,88 €	
Arame queimado	0,45	Kg	1,34 €	0,61 €	
Betão					
Betão C25/30	0,40	m³	21,88 €	8,71 €	
Ponte rolante para betonagem e movimentação	0,50	h	1,39 €	0,69 €	
Vibrador	0,10	h	0,93 €	0,09 €	
Oficial 1ª (Betonagem)	0,10	h	2,80 €	0,28 €	
Oficial 2ª (Betonagem)	0,20	h	2,19 €	0,44 €	
Servente (Betonagem)	0,30	h	1,69 €	0,51 €	
Cofragem					
Ancoragem/Fundo/Molde	1,00	ga de travacção	6,67 €	6,67 €	
Oficial 2ª (Cofragem/Descofragem/Escoramento)	0,10	h	2,19 €	0,22 €	
Óleo descofrante	0,22	Lt	2,88 €	0,65 €	
				Total	45,63 €
6	Pré - Lajes (com 6,02x2,03x0,05)M2	UNIDADE			
Aço					
Oficial 1ª (Ferro)	0,10	h	2,80 €	0,28 €	
Oficial 2ª (Ferro)	0,50	h	2,19 €	1,10 €	
Servente (Ferro)	0,50	h	1,69 €	0,84 €	
Máquina de ferro	0,20	h	6,68 €	1,34 €	
ferro A500NR	90,29	Kg	0,51 €	45,69 €	
Arame queimado	0,90	Kg	1,34 €	1,21 €	
Betão					
Betão C25/30	0,61	m³	21,88 €	13,37 €	
Ponte rolante para betonagem e movimentação	0,20	h	4,44 €	0,89 €	
Vibrador	0,03	h	0,93 €	0,03 €	
Oficial 1ª (Betonagem)	0,10	h	2,80 €	0,28 €	
Oficial 2ª (Betonagem)	0,20	h	2,19 €	0,44 €	
Servente (Betonagem)	0,20	h	1,69 €	0,34 €	
Cofragem					
Mesa de painéis	1,00	h	8,00 €	8,00 €	
Diversos (Réguas metálicas)	1,00	Vg	0,32 €	0,32 €	
Oficial 2ª (Cofragem/Descofragem/Escoramento)	0,10	h	2,19 €	0,22 €	
Óleo descofrante	0,64	Lt	2,88 €	1,85 €	
				Total	76,18 €

7	Painéis (6,24x2,50x0,12)	UNIDADE			
Aço					
Oficial 1ª (Ferro)	0,25	h	2,80 €	0,70 €	
Oficial 2ª (Ferro)	0,50	h	2,19 €	1,10 €	
Servente (Ferro)	0,50	h	1,69 €	0,84 €	
Máquina de ferro	0,50	h	6,68 €	3,34 €	
ferro A500NR	73,20	Kg	0,51 €	37,04 €	
Arame queimado	0,73	Kg	1,34 €	0,98 €	
Betão					
Betão C25/30	1,87	m ³	21,88 €	40,97 €	
Ponte rolante para betonagem e movimentação	0,66	h	6,67 €	4,40 €	
Vibrador	0,10	h	0,93 €	0,09 €	
Oficial 1ª (Betonagem)	0,17	h	2,80 €	0,48 €	
Oficial 2ª (Betonagem)	0,25	h	2,19 €	0,55 €	
Servente (Betonagem)	0,25	h	1,69 €	0,42 €	
Cofragem					
Mesa de painéis	1,00	h	8,00 €	8,00 €	
Diversos (Réguas metálicas)	1,00	Vg	0,32 €	0,32 €	
Oficial 2ª (Cofragem/Descofragem/Escoramento)	0,25	h	2,19 €	0,55 €	
Óleo descofrante	0,89	Lt	2,88 €	2,56 €	
				Total	102,33 €
8	Painéis (4,29x2,50x0,12)	UNIDADE			
Aço					
Oficial 1ª (Ferro)	0,25	h	2,80 €	0,70 €	
Oficial 2ª (Ferro)	0,50	h	2,19 €	1,10 €	
Servente (Ferro)	0,50	h	1,69 €	0,84 €	
Máquina de ferro	0,50	h	6,68 €	3,34 €	
ferro A500NR	50,33	Kg	0,51 €	25,47 €	
Arame queimado	0,50	Kg	1,34 €	0,67 €	
Betão					
Betão C25/30	1,29	m ³	21,88 €	28,16 €	
Ponte rolante para betonagem e movimentação	0,66	h	6,67 €	4,40 €	
Vibrador	0,10	h	0,93 €	0,09 €	
Oficial 1ª (Betonagem)	0,17	h	2,80 €	0,48 €	
Oficial 2ª (Betonagem)	0,25	h	2,19 €	0,55 €	
Servente (Betonagem)	0,25	h	1,69 €	0,42 €	
Cofragem					
Mesa de painéis	1,00	h	8,00 €	8,00 €	
Diversos (Réguas metálicas)	1,00	Vg	0,32 €	0,32 €	
Oficial 2ª (Cofragem/Descofragem/Escoramento)	0,25	h	2,19 €	0,55 €	
Óleo descofrante	0,62	Lt	2,88 €	1,79 €	
				Total	76,88 €

9	Painéis (6,42x2,50x0,12)	UNIDADE			
Aço					
Oficial 1ª (Ferro)	0,25	h	2,80 €	0,70 €	
Oficial 2ª (Ferro)	0,50	h	2,19 €	1,10 €	
Servente (Ferro)	0,50	h	1,69 €	0,84 €	
Máquina de ferro	0,50	h	6,68 €	3,34 €	
ferro A500NR	75,32	Kg	0,51 €	38,11 €	
Arame queimado	0,75	Kg	1,34 €	1,01 €	
Betão					
Betão C25/30	1,93	m ³	21,88 €	42,15 €	
Ponte rolante para betonagem e movimentação	0,66	h	6,67 €	4,40 €	
Vibrador	0,10	h	0,93 €	0,09 €	
Oficial 1ª (Betonagem)	0,17	h	2,80 €	0,48 €	
Oficial 2ª (Betonagem)	0,25	h	2,19 €	0,55 €	
Servente (Betonagem)	0,25	h	1,69 €	0,42 €	
Cofragem					
Mesa de painéis	1,00	h	8,00 €	8,00 €	
Diversos (Réguas metálicas)	1,00	Vg	0,32 €	0,32 €	
Oficial 2ª (Cofragem/Descofragem/Escoramento)	0,25	h	2,19 €	0,55 €	
Óleo descofrante	0,88	Lt	2,88 €	2,53 €	
				Total	104,58 €
10	Painéis (5,18x2,50x0,12)	UNIDADE			
Aço					
Oficial 1ª (Ferro)	0,25	h	2,80 €	0,70 €	
Oficial 2ª (Ferro)	0,50	h	2,19 €	1,10 €	
Servente (Ferro)	0,50	h	1,69 €	0,84 €	
Máquina de ferro	0,50	h	6,68 €	3,34 €	
ferro A500NR	60,77	Kg	0,51 €	30,75 €	
Arame queimado	0,61	Kg	1,34 €	0,81 €	
Betão					
Betão C25/30	1,55	m ³	21,88 €	34,01 €	
Ponte rolante para betonagem e movimentação	0,66	h	6,67 €	4,40 €	
Vibrador	0,10	h	0,93 €	0,09 €	
Oficial 1ª (Betonagem)	0,17	h	2,80 €	0,48 €	
Oficial 2ª (Betonagem)	0,25	h	2,19 €	0,55 €	
Servente (Betonagem)	0,25	h	1,69 €	0,42 €	
Cofragem					
Mesa de painéis	1,00	h	8,00 €	8,00 €	
Diversos (Réguas metálicas)	1,00	Vg	0,32 €	0,32 €	
Oficial 2ª (Cofragem/Descofragem/Escoramento)	0,25	h	2,19 €	0,55 €	
Óleo descofrante	0,74	Lt	2,88 €	2,14 €	
				Total	88,49 €

11	Painéis (4,90x2,50x0,12)	UNIDADE			
Aço					
Oficial 1ª (Ferro)	0,25	h	2,80 €	0,70 €	
Oficial 2ª (Ferro)	0,50	h	2,19 €	1,10 €	
Servente (Ferro)	0,50	h	1,69 €	0,84 €	
Máquina de ferro	0,50	h	6,68 €	3,34 €	
ferro A500NR	57,48	Kg	0,51 €	29,09 €	
Arame queimado	0,57	Kg	1,34 €	0,77 €	
Betão					
Betão C25/30	1,47	m ³	21,88 €	32,17 €	
Ponte rolante para betonagem e movimentação	0,66	h	6,67 €	4,40 €	
Vibrador	0,10	h	0,93 €	0,09 €	
Oficial 1ª (Betonagem)	0,17	h	2,80 €	0,48 €	
Oficial 2ª (Betonagem)	0,25	h	2,19 €	0,55 €	
Servente (Betonagem)	0,25	h	1,69 €	0,42 €	
Cofragem					
Mesa de painéis	1,00	h	8,00 €	8,00 €	
Diversos (Réguas metálicas)	1,00	Vg	0,32 €	0,32 €	
Oficial 2ª (Cofragem/Descofragem/Escoramento)	0,25	h	2,19 €	0,55 €	
Óleo descofrante	0,67	Lt	2,88 €	1,93 €	
Total				84,74 €	
12	Painéis (5,08x2,50x0,12)	UNIDADE			
Aço					
Oficial 1ª (Ferro)	0,25	h	2,80 €	0,70 €	
Oficial 2ª (Ferro)	0,50	h	2,19 €	1,10 €	
Servente (Ferro)	0,50	h	1,69 €	0,84 €	
Máquina de ferro	0,50	h	6,68 €	3,34 €	
ferro A500NR	59,60	Kg	0,51 €	30,16 €	
Arame queimado	0,60	Kg	1,34 €	0,80 €	
Betão					
Betão C25/30	1,52	m ³	21,88 €	33,35 €	
Ponte rolante para betonagem e movimentação	0,66	h	6,67 €	4,40 €	
Vibrador	0,10	h	0,93 €	0,09 €	
Oficial 1ª (Betonagem)	0,17	h	2,80 €	0,48 €	
Oficial 2ª (Betonagem)	0,25	h	2,19 €	0,55 €	
Servente (Betonagem)	0,25	h	1,69 €	0,42 €	
Cofragem					
Mesa de painéis	1,00	h	8,00 €	8,00 €	
Diversos (Réguas metálicas)	1,00	Vg	0,32 €	0,32 €	
Oficial 2ª (Cofragem/Descofragem/Escoramento)	0,25	h	2,19 €	0,55 €	
Óleo descofrante	0,70	Lt	2,88 €	2,00 €	
Total				87,09 €	

13	Pilares retos (7,10x0,35x0,35)	UNIDADE			
Aço					
Oficial 1ª (Ferro)	0,30	h	2,80 €	0,84 €	
Oficial 2ª (Ferro)	0,66	h	2,19 €	1,45 €	
Servente (Ferro)	0,66	h	1,69 €	1,11 €	
Máquina de ferro	0,80	h	6,68 €	5,34 €	
ferro A500NR	108,79	Kg	0,51 €	55,05 €	
Arame queimado	1,09	Kg	1,34 €	1,46 €	
Betão					
Betão C25/30	0,87	m ³	21,88 €	19,03 €	
Ponte rolante para betonagem e movimentação	0,66	h	6,67 €	4,40 €	
Vibrador	0,20	h	0,93 €	0,19 €	
Oficial 1ª (Betonagem)	0,30	h	2,80 €	0,84 €	
Oficial 2ª (Betonagem)	0,50	h	2,19 €	1,10 €	
Servente (Betonagem)	0,50	h	1,69 €	0,84 €	
Cofragem					
Ancoragem/Fundo/Molde	1,00	Pilar	16,00 €	16,00 €	
Oficial 2ª (Cofragem/Descofragem/Escoramento)	0,40	h	2,19 €	0,88 €	
Óleo descofrante	0,39	Lt	2,88 €	1,11 €	
				Total	109,63 €
14	Pilares em cachorro (7,10x0,35x0,35)	UNIDADE			
Aço					
Oficial 1ª (Ferro)	0,30	h	2,80 €	0,84 €	
Oficial 2ª (Ferro)	0,66	h	2,19 €	1,45 €	
Servente (Ferro)	0,66	h	1,69 €	1,11 €	
Máquina de ferro	0,80	h	6,68 €	5,34 €	
ferro A500NR	120,00	Kg	0,51 €	60,72 €	
Arame queimado	1,20	Kg	1,34 €	1,61 €	
Betão					
Betão C25/30	0,90	m ³	21,88 €	19,69 €	
Ponte rolante para betonagem e movimentação	0,66	h	6,67 €	4,40 €	
Vibrador	0,20	h	0,93 €	0,19 €	
Oficial 1ª (Betonagem)	0,30	h	2,80 €	0,84 €	
Oficial 2ª (Betonagem)	0,50	h	2,19 €	1,10 €	
Servente (Betonagem)	0,50	h	1,69 €	0,84 €	
Cofragem					
Ancoragem/Fundo/Molde	1,00	Pilar	16,00 €	16,00 €	
Oficial 2ª (Cofragem/Descofragem/Escoramento)	0,40	h	2,19 €	0,88 €	
Óleo descofrante	0,39	Lt	2,88 €	1,11 €	
				Total	116,11 €

15	Pilares retos (3,55x0,35x0,35)	UNIDADE			
Aço					
Oficial 1ª (Ferro)	0,30	h	2,80 €	0,84 €	
Oficial 2ª (Ferro)	0,66	h	2,19 €	1,45 €	
Servente (Ferro)	0,66	h	1,69 €	1,11 €	
Máquina de ferro	0,80	h	6,68 €	5,34 €	
ferro A500NR	54,41	Kg	0,51 €	27,53 €	
Arame queimado	0,54	Kg	1,34 €	0,73 €	
Betão					
Betão C25/30	0,43	m³	21,88 €	9,52 €	
Ponte rolante para betonagem e movimentação	0,66	h	6,67 €	4,40 €	
Vibrador	0,20	h	0,93 €	0,19 €	
Oficial 1ª (Betonagem)	0,30	h	2,80 €	0,84 €	
Oficial 2ª (Betonagem)	0,50	h	2,19 €	1,10 €	
Servente (Betonagem)	0,50	h	1,69 €	0,84 €	
Cofragem					
Ancoragem/Fundo/Molde	1,00	Pilar	16,00 €	16,00 €	
Oficial 2ª (Cofragem/Descofragem/Escoramento)	0,40	h	2,19 €	0,88 €	
Óleo descofrante	0,20	Lt	2,88 €	0,57 €	
				Total	71,33 €
16	Escada	UNIDADE			
Aço					
Oficial 1ª (Ferro)	0,45	h	2,80 €	1,26 €	
Oficial 2ª (Ferro)	1,00	h	2,19 €	2,19 €	
Servente (Ferro)	1,00	h	1,69 €	1,69 €	
Máquina de ferro	1,00	h	6,68 €	6,68 €	
ferro A500NR	112,64	Kg	0,51 €	57,00 €	
Arame queimado	1,13	Kg	1,34 €	1,51 €	
Betão					
Betão C25/30	2,19	m³	21,88 €	47,93 €	
Ponte rolante para betonagem e movimentação	0,66	h	6,67 €	4,40 €	
Vibrador	0,25	h	0,93 €	0,23 €	
Oficial 1ª (Betonagem)	0,25	h	2,80 €	0,70 €	
Oficial 2ª (Betonagem)	1,50	h	2,19 €	3,29 €	
Servente (Betonagem)	1,50	h	1,69 €	2,53 €	
Cofragem					
Ancoragem/Fundo/Molde	1,00	escada	40,00 €	40,00 €	
Oficial 2ª (Cofragem/Descofragem/Escoramento)	2,00	h	2,19 €		
Oficial 2ª (Cofragem/Descofragem/Escoramento)	2,00	h	2,19 €	4,38 €	
Servente (Cofragem/Descofragem/Escoramento)	2,00	h	1,69 €		
Óleo descofrante		Lt	2,88 €	0,00 €	
				Total	173,78 €

17	Vigas delta	UNIDADE			
Aço					
Oficial 1ª (Ferro)	0,50	h	2,80 €	1,40 €	
Oficial 2ª (Ferro)	1,00	h	2,19 €	2,19 €	
Oficial 2ª (Ferro)	1,00	h	2,19 €	2,19 €	
Servente (Ferro)	1,00	h	1,69 €	1,69 €	
Servente (Ferro)	1,00	h	1,69 €	1,69 €	
Máquina de ferro	2,00	h	6,68 €	13,35 €	
ferro A500NR	369,65	Kg	0,51 €	187,04 €	
Arame queimado	3,70	Kg	1,34 €	4,95 €	
Betão					
Betão C25/30	3,98	m ³	21,88 €	87,09 €	
Ponte rolante para betonagem e movimentação	0,66	h	6,67 €	4,40 €	
Vibrador	0,20	h	0,93 €	0,19 €	
Oficial 1ª (Betonagem)	0,25	h	2,80 €	0,70 €	
Oficial 2ª (Betonagem)	0,45	h	2,19 €	0,99 €	
Servente (Betonagem)	0,45	h	1,69 €	0,76 €	
Servente (Betonagem)	0,45	h	1,69 €	0,76 €	
Servente (Betonagem)	0,45	h	1,69 €	0,76 €	
Cofragem					
Ancoragem/Fundo/Molde	1,00	Pilar	33,33 €	33,33 €	
Oficial 2ª (Cofragem/Descofragem/Escoramento)	0,63	h	2,19 €	1,38 €	
Oficial 2ª (Cofragem/Descofragem/Escoramento)	0,63	h	2,19 €	1,38 €	
Óleo descofrante	1,06	Lt	2,88 €	3,06 €	
			Total	349,30 €	

FORNECIMENTO DE PRE FABRICADOS DE BETÃO**PROPOSTA**

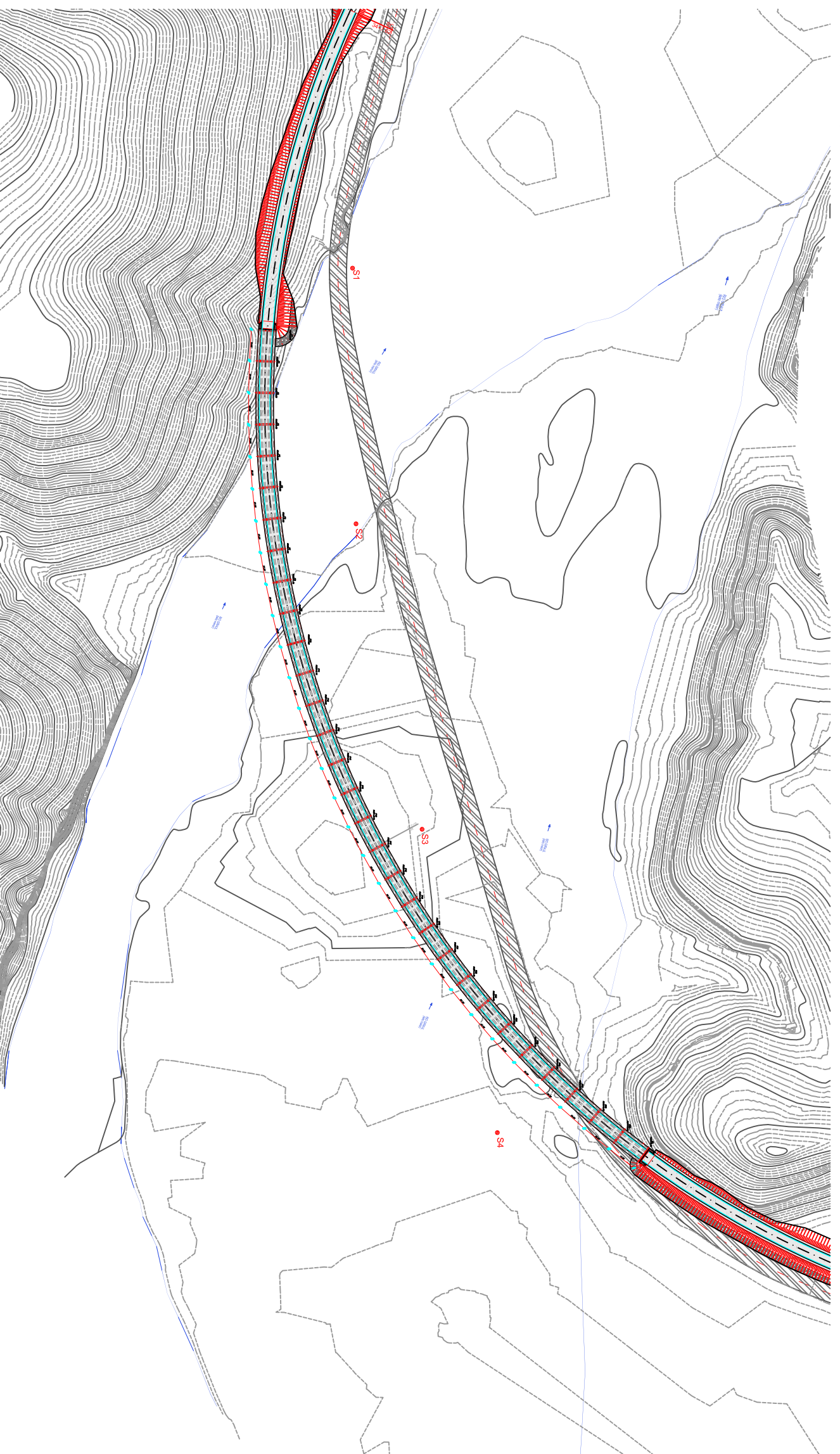
Art.º	Designação	Unidades	Quantidades	Preço Unitário	Valor total
1,00	Viga (4,55 ML)	Un	2,00	62,09 €	124,17 €
2,00	Viga (4,72 ML)	Un	1,00	63,69 €	63,69 €
3,00	Viga (5,06 ML)	Un	1,00	66,88 €	66,88 €
4,00	Viga de travação (5,89 mL)	Un	16,00	43,50 €	695,94 €
5,00	Viga de travação (4,55 mL)	Un	8,00	45,63 €	365,06 €
6,00	Pré - Lajes (com 6,02x2,03x0,20)M2	Un	5,00	76,18 €	380,90 €
7,00	Painéis (6,24x2,50x0,12)	Un	12,00	102,33 €	1.227,96 €
8,00	Painéis (4,29x2,50x0,12)	Un	2,00	76,88 €	153,75 €
9,00	Painéis (6,42x2,50x0,12)	Un	2,00	104,58 €	209,17 €
10,00	Painéis (5,18x2,50x0,12)	Un	3,00	88,49 €	265,48 €
11,00	Painéis (4,90x2,50x0,12)	Un	3,00	84,74 €	254,23 €
12,00	Painéis (5,08x2,50x0,12)	Un	1,00	87,09 €	87,09 €
13,00	Pilares retos (7,10x0,35x0,35)	Un	5,00	109,63 €	548,15 €
14,00	Pilares em cachorro (7,10x0,35x0,35)	Un	4,00	116,11 €	464,44 €
15,00	Pilares retos (3,55x0,35x0,35)	Un	2,00	71,33 €	142,66 €
16,00	Escada	Un	1,00	173,78 €	173,78 €
17,00	Vigas delta	Un	9,00	349,30 €	3.143,72 €
Total					8.367,09 €

Ponte Giraul

Anexo XI – Planta de implantação, alçado e secção transversal

PLANTA DE IMPLANTAÇÃO

Esc.:A1-1/1500; A3-1/3000



QUADRO MATERIAIS

Em conformidade com o estipulado no NP EN 206-1:2007 e no NP EN 12670-1:2007

Tempo de vida útil de obra: 100 anos

Elemento	Classe Betão/Aço	Armaduras passivas	Armaduras de pré-estirpo	Exposição Ambiental	Coberto (mm)	Consistência
Alças Pré-tensionadas	C30/37	35	45	XC4(II)	0,0,20	20
Pré-alças	C30/37	35	-	XC3(II)	0,0,20	16
Tubo de	C25/30	35	-	XC4(II)	0,0,20	20
Relevo	C30/37	40	-	XC4(II)	0,0,40	25
Alças (re-alça) Isobalco	C25/30	40	-	XC4(II)	0,0,20	25
Estacas	C25/30	75	-	XC2(II)	0,0,40	25
Alças de Transição	C25/30	50	-	XC2(II)	0,0,40	25
Muros/Encostas	C25/30	50	-	XC2(II)	0,0,40	25
Muros/Encostas	C25/30	40	-	XC4(II)	0,0,40	25
Regulamento	C16/20	-	-	XP(II)	0,1,0	-
Armadura Ombudo	A500 NR 50	-	-	-	-	-
Armadura	armado-a-rearmado	-	-	-	-	-
pré-estirpo	S25 e B 1020/1	-	-	-	-	-
Aço estrutural	S25 e B 1020/1	-	-	-	-	-

Nome do Autor:



INSTITUTO DE ESTUDOS DE ARQUITECTURA

Empreiteiro geral:



Projectista:



SERVIÇOS DE ENGENHARIA, LDA
RUA DA BOVACA, 10 - 4400-010 VILA
TERREIRO ZONARIS DO ZONARIS (LDA) - PORTUGAL

Projecto:

TROÇO NAMIBE - LUBANGO
GIRAUL DE CIMA

Estudador: Miguel Corvo

Projectador: Miguel Corvo/José Lúcio

Desenhador:

Verificador: José Lúcio

Alt.:

Descrição:

Elaborou:

Data:

Escala:

1/1500



Designação:

PROJETO
PONTE SOBRE O RIO GIRAUL
DIMENSIONAMENTO
Planta de Implantação, Alçado e secção transversal

Número:

14038.GIRAUL/PE.01

Rev.:

N.º folha:

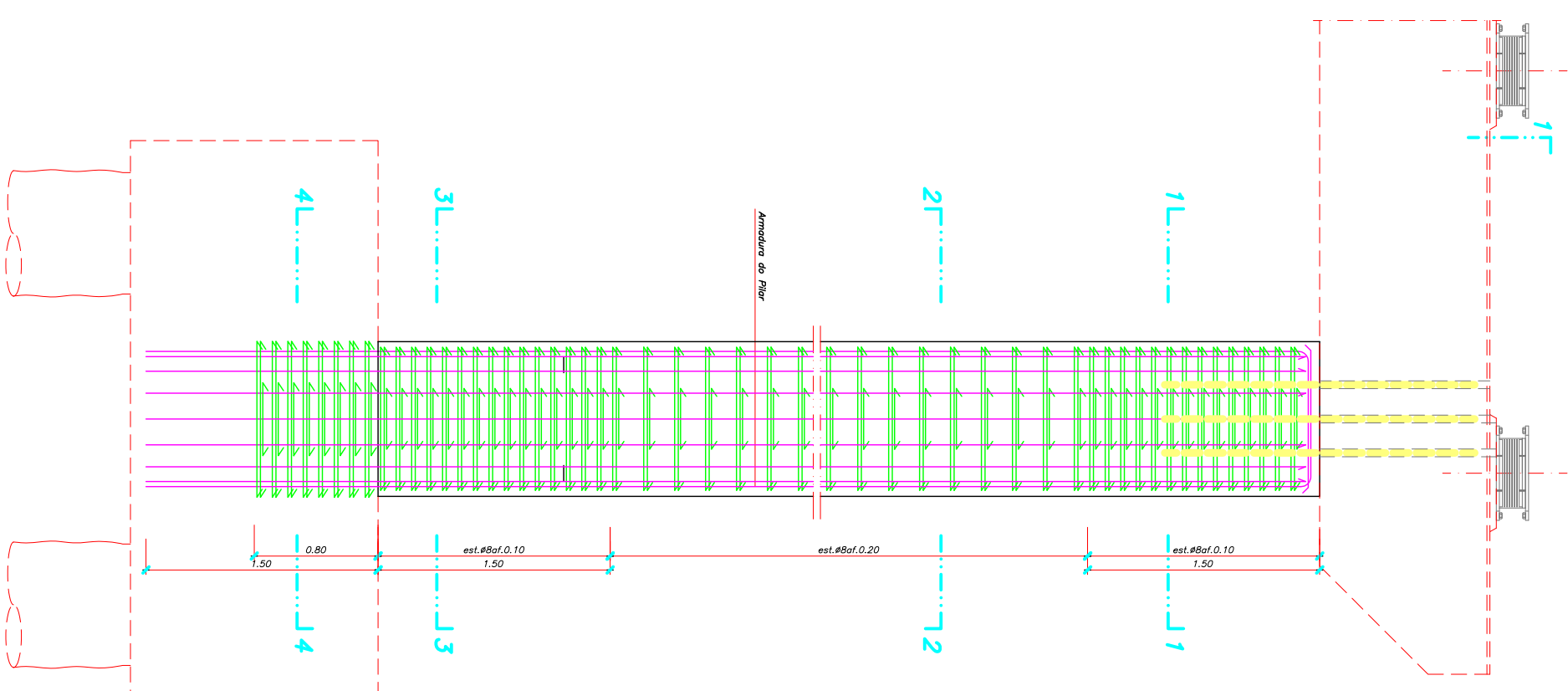
Data:

08 / 2014

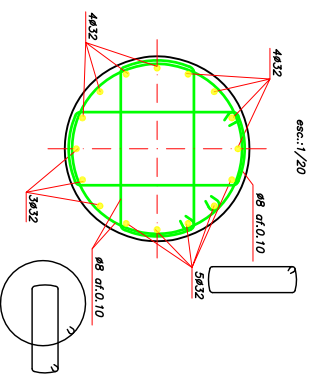
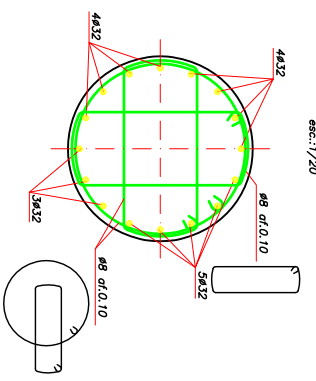
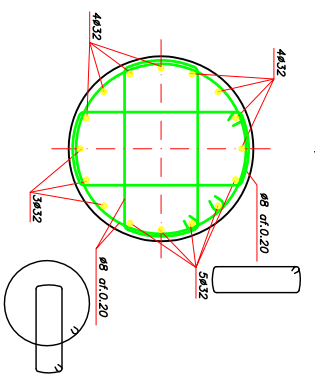
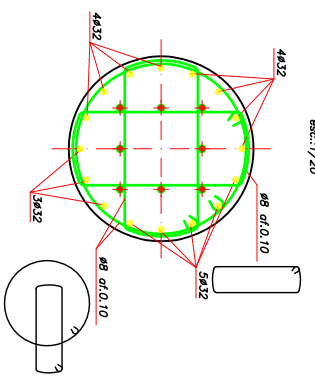
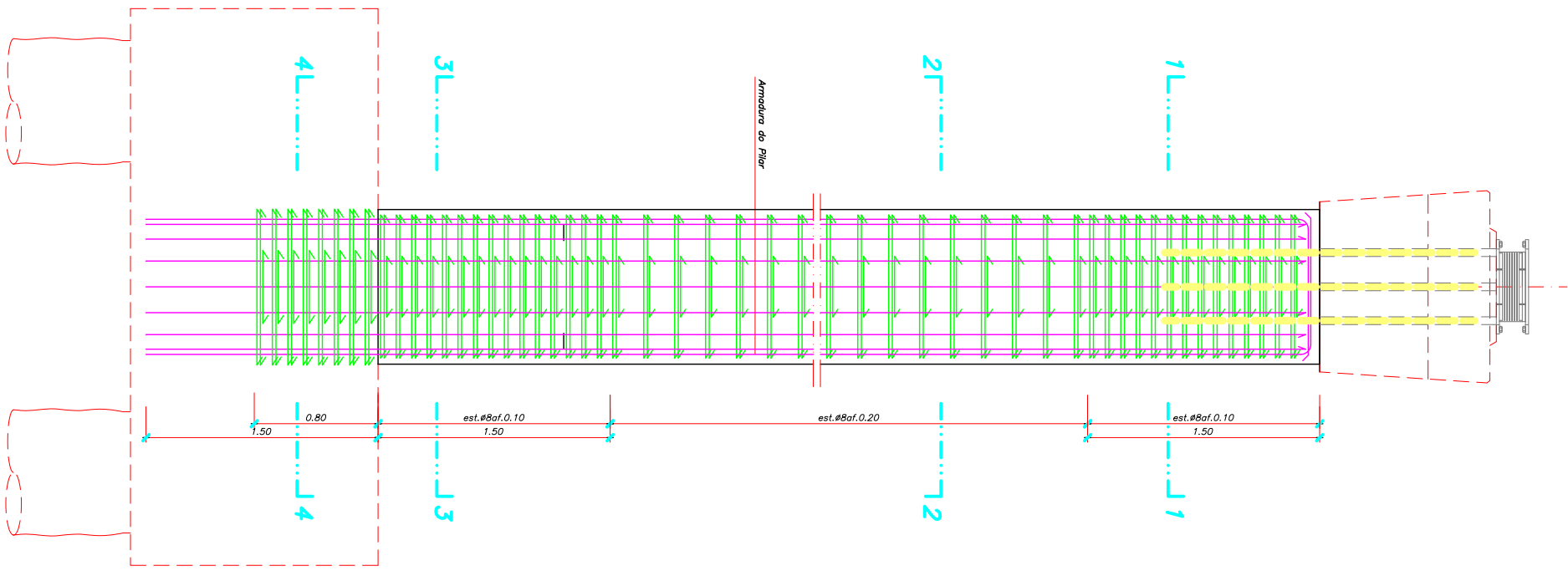
Anexo XII – Dimensionamento pilares

Anexo XIII – Armadura dos pilares

Partidos
esc.:1/20



Corte 1
esc.:1/20



QUADRO MATERIAIS

Exemplo	Classe Baf./Aço	frecalçamento (mm)	Armadura de pré-estérp	Classe de Suspensão 3	
				Exposição Ambiente	Cover (mm) Consistência
liges pré-tensionadas	C30/37	35	45	XC4(II)	0.0.20
Pré-tijolos	C30/37	35	-	XC3(I)	0.0.20
Tubo de	C25/30	40	-	XC4(II)	0.0.20
Pilares	C30/37	40	-	XC4(II)	0.0.40
liges (e-a) tubular	C25/30	40	-	XC4(II)	0.0.40
Estacas	C25/30	75	-	XC2(I)	0.0.40
Malças	C25/30	50	-	XC2(I)	0.0.40
Lajes de Transição	C25/30	50	-	XC2(I)	0.0.40
Muros/Encostas	C25/30	40	-	XC4(II)	0.0.40
Regulamento	C16/20	-	-	XP(II)	0.1.0
Armadura Ombro	A500 NR 50	-	-	-	-
Armadura	armas-3-preestérp	-	-	-	-
pré-estérp	SIS e B 1007-1	-	-	-	-
Aço estrutural	-	-	-	-	-

Nome do Obra:

Empreiteiro genl.:

Projetista:

Projeto:

Estudor:

Coordenou:

Desenhou:

At.:

Descrição:

Elaborou:

Data:

Escala:

Designação:

Numero:

Rev.:

N.º Folha:

Data:



INSTITUTO DE ESTRADAS DE AÇOIA



CGAD
SERVIÇOS DE ENGENHARIA, LDA
RUA DA BOVILA, 10 - 4400-010 VILA
TELHOS, ZONA RURAL, ZARZARAL, PARQUE DA

TROÇO NAMIBE - LUBANGO
GIRAU DE CIMA

Projeto: Miguel Corvo/José Lello
Coordenou: Miguel Corvo/José Lello
Desenhou: José Lello

PROJETO SOBRE O RIO GIRAU
ARMAÇAS
Pilares

14038.GIRAU.PE.30

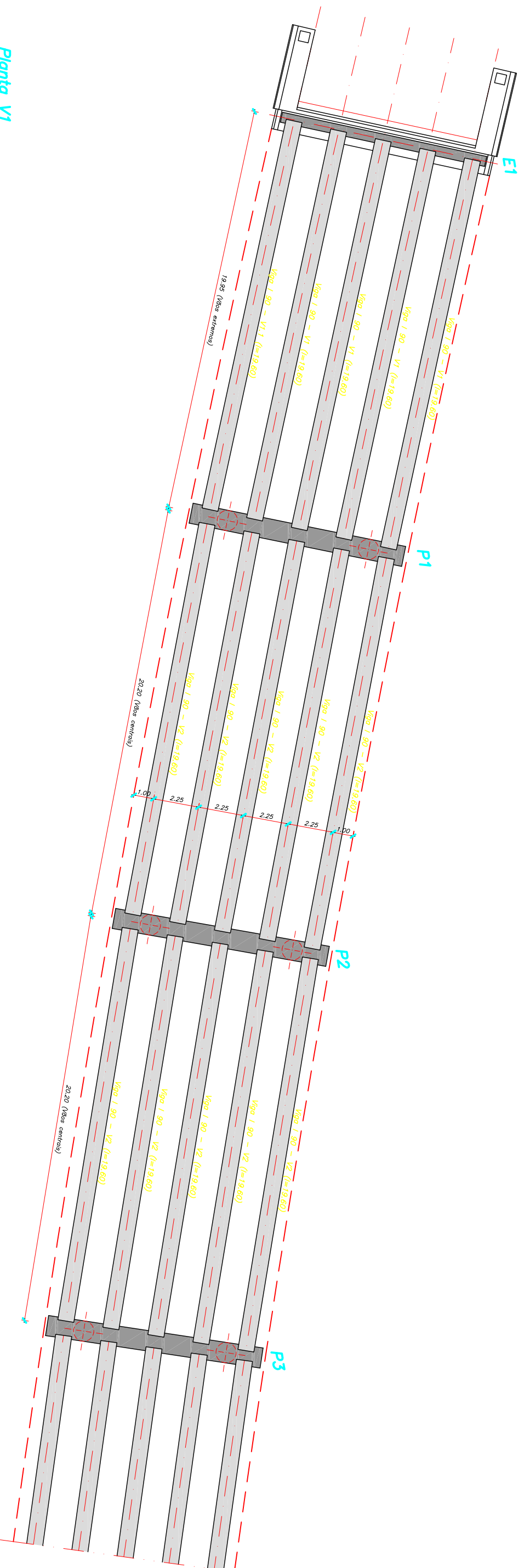
08 / 2014

Anexo XIV – Armadura – alinhamento dos pilares e viga de travessa

Anexo XV – Dimensionamento viga I90

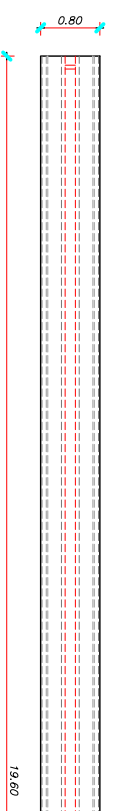
Planta parcial das Vigas I 90

esc.:1/100



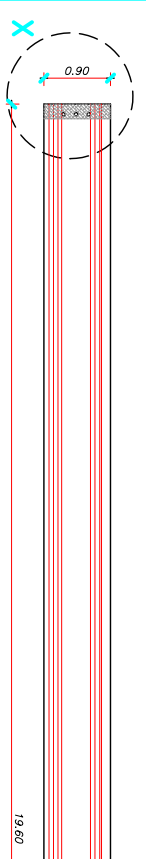
Planta V1

esc.:1/50



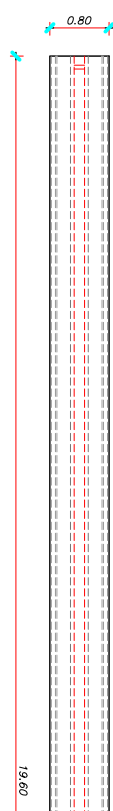
Alçado V1

esc.:1/50



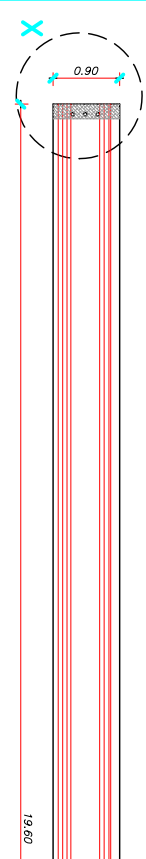
Planta V2

esc.:1/50



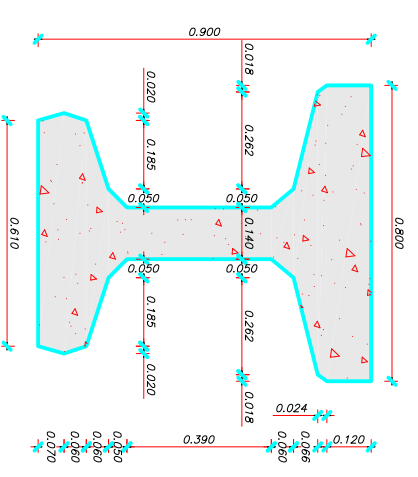
Alçado V2

esc.:1/50



Viga I 90 - V1 e V2

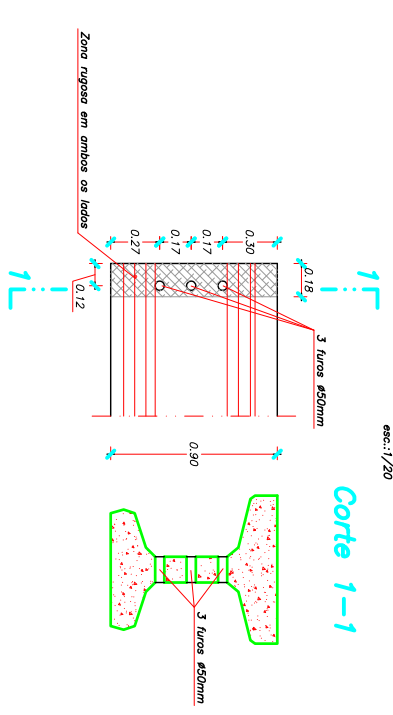
esc.:1/10



Porm. X

esc.:1/20

Corte 1-1



QUADRO MATERIAIS			
Em conformidade com o estipulado no NP EN 206-1:2007 e no NP EN 12620-1:2007			
Elemento	Classe Betão/Aço	recobrimento (mm)	Exposição Ambiental
Vigas Pré-tensionadas	C30/37	35	XC4/FE
Pré-álças	C30/37	35	XC3/FE
Tuboletos	C25/30	30	XC4/FE
Placas	C30/37	40	XC4/FE
Vigas (e-aw) Isoladas	C25/30	40	XC4/FE
Estracos	C25/30	75	XC2/FE
Lajes de Transição	C25/30	50	XC2/FE
Muros/Encostas	C25/30	50	XC4/FE
Reguladores	C16/20	40	XC4/FE
Armadura Ombudo	A500 NR 50	-	S1
Armadura pré-estérp	armadura pré-estérp	-	-
Aço estrutural	S25 e B 1007-1	-	-

Nome do Autor: Miguel Correia
Empreiteiro geral: **Projeto:** TROÇO NAMIBE - LUBANGO GIRAUL DE CIMA
Estudor: Miguel Correia/José Lúcio
Projeto: 1/20
Colaborou: José Lúcio
Verificou: José Lúcio
Descrição:
Elaborou:
Data:
Designação: PROJETO SOBRE O RIO GIRAUL DIMENSIONAMENTO Vigas I90
Nº: 14038.GIRAUL.PE.20
N.º folha: 08 / 2014
Data: 08 / 2014



INSTITUTO DE ESTUDOS DE AGRICULTURA



CGAD SERVIÇOS DE ENGENHARIA, LDA

TROÇO NAMIBE - LUBANGO GIRAUL DE CIMA

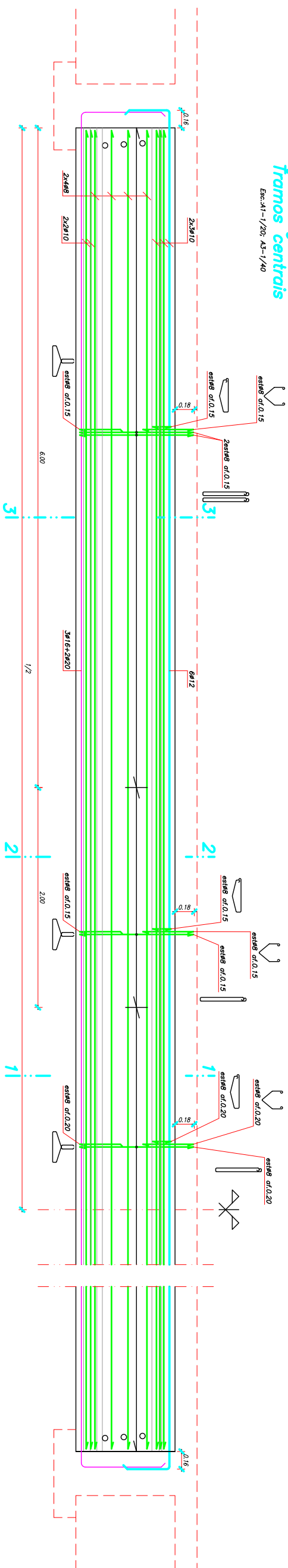
Projeto:	1/20
Colaborou:	1/10
Verificou:	04
Elaborou:	04
Data:	04

Anexo XVI – Armadura viga I90

Alçado Vigas 1 90

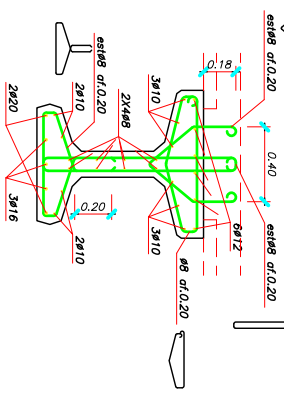
Tramos centrais

Esc: A1-1/20; A3-1/40



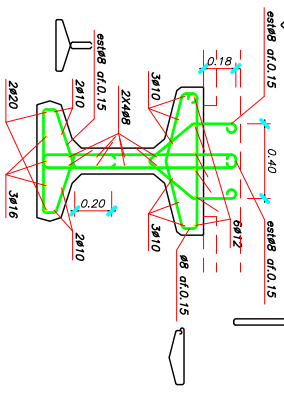
Corte 1-1

Esc: A1-1/20; A3-1/40



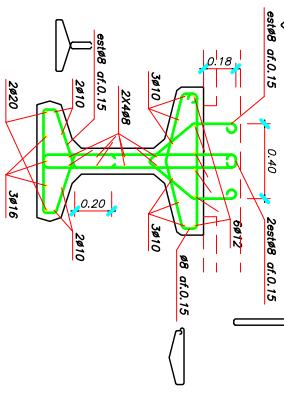
Corte 2-2

Esc: A1-1/20; A3-1/40



Corte 3-3

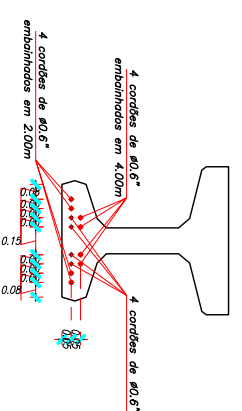
Esc: A1-1/20; A3-1/40



Pré-estorço – Seção

Tramos centrais

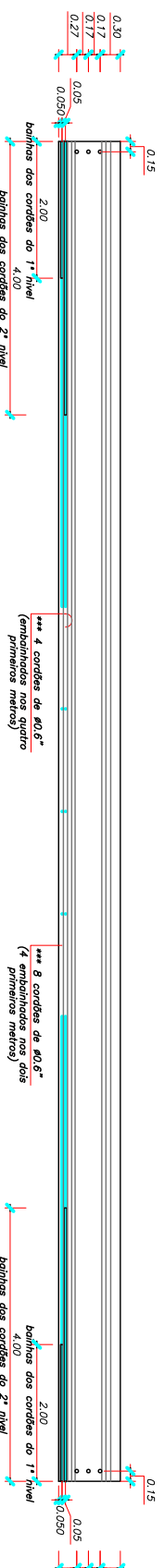
Esc: A1-1/20; A3-1/40



Pré-estorço – Alçado

Tramos centrais

Esc: A1-1/50; A3-1/100



QUADRO MATERIAIS

Em conformidade com o estipulado no NP EN 206-1:2007 e no NP EN 12607-1:2007

Elemento	Classificação	Quantidade	Unidade	Observações
Vigas Pré-tensionadas	C30/37	35	m³	
Pré-estirpe	C25/30	35	m	
Rebordo	C30/37	40	m	
Placas (re-aba) rebordo	C25/30	75	m²	
Estacas	C25/30	50	m	
Laças de Transição	C25/30	50	m	
Manos/Encostas	C16/20	40	m	
Regulamento	A500 NR 20	-	-	
Armadura Armada	armadura-3-prestreluz	-	-	
Pré-estorço	SIS de EN 10277-1	-	-	
Aço estrutural	SIS de EN 10277-1	-	-	

NOTA: Características do betão no instante de aplicação do pré-estorço equivalentes a um C30/37

Elemento	Tipo de Cordões	Área	Força de Puxe
Cordões	60.6 (15,7mm)	1,5cm²	209,1kN

Dono de Obra: **Empreiteiro geral:**

Projetista: **CGAD** SERVIÇOS DE ENGENHARIA, LDA. **Projeto:** TROÇO NAMIBE - LUBANGO GIRAUL DE CIMA

Estudou: Miguel Corvocho **Projeto:** Miguel Corvocho/José Lallo **Escala:** 1/20

Calculou: **Desenhou:** **Verificou:** José Lallo **Elaborou:** **Data:** 08/2014

Designação: **PROJETO SOBRE O RIO GIRAUL** ARMAÇURAS ARMAÇURAS Vigas 190 – Tramos centrais

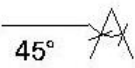
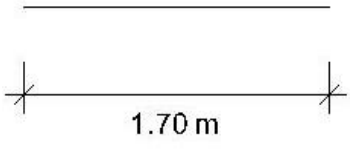
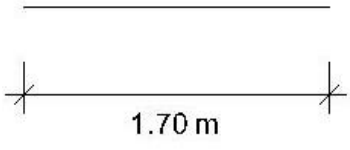
Número: 14038.GIRAUL/PE.37 **Data:** 08/2014

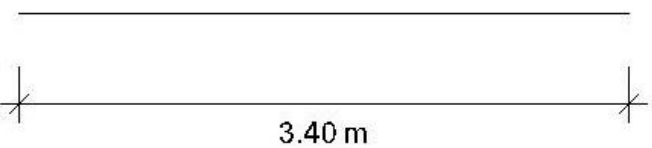
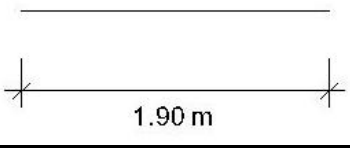
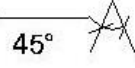
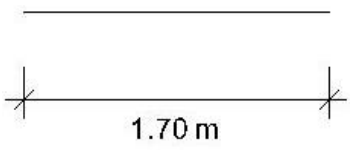
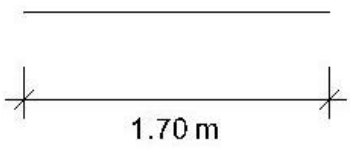
Anexo XVII – Planta das pré-lajes



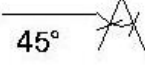


Anexo XVIII – Estudo da preparação de ferro da ponte Giraul


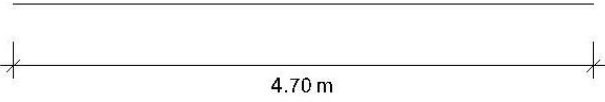
Pré-laje 1	Quantidades	480
Φ (mm)	12,00	
Quantidade	20,00	
L (m)	2,70	
Kg	47,95	
Φ (mm)	12,00	
Quantidade	9,00	
L (m)	1,90	
Kg	15,18	
Quantidade	4,00	
L (m)	0,65	
Kg	2,98	
Φ (mm)	10,00	
Quantidade	4,00	
L (m)	1,70	
Kg	4,20	
Φ (mm)	6,00	
Quantidade	8,00	
L (m)	1,70	
Kg	3,02	

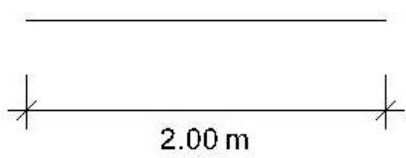
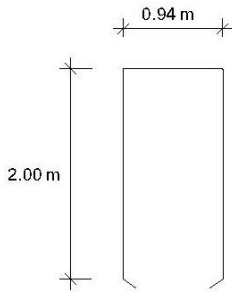
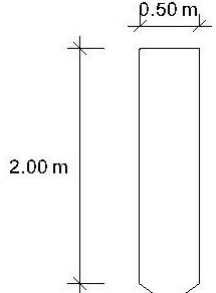
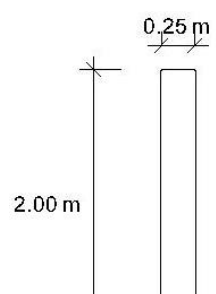
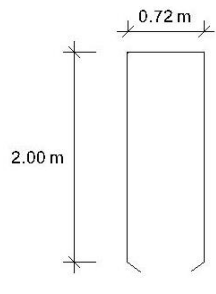
Pré-laje 2	Quantidades	120
Φ (mm)	12,00	
Quantidade	16,00	
L (m)	2,70	
Kg	38,36	
Φ (mm)	12,00	
Quantidade	9,00	
L (m)	1,50	
Kg	11,99	

Quantidade	4,00	
L (m)	0,65	
Kg	2,98	
Φ (mm)	10,00	
Quantidade	4,00	
L (m)	1,70	
Kg	4,20	
Φ (mm)	6,00	
Quantidade	8,00	
L (m)	1,70	
Kg	3,02	

Pré-laje 3	Quantidades	480
Φ (mm)	12,00	
Quantidade	20,00	
L (m)	3,40	
Kg	60,38	
Φ (mm)	12,00	
Quantidade	9,00	
L (m)	1,90	
Kg	15,18	
Quantidade	4,00	
L (m)	0,65	
Kg	2,98	
Φ (mm)	10,00	
Quantidade	4,00	
L (m)	1,70	
Kg	4,20	
Φ (mm)	6,00	
Quantidade	8,00	
L (m)	1,70	
Kg	3,02	

Pré-laje 4		Quantidades	120
Φ (mm)	12,00		
Quantidade	16,00		
L (m)	3,40		
Kg	48,31		
Φ (mm)	12,00		
Quantidade	9,00		
L (m)	1,50		
Kg	11,99		
Quantidade	4,00		
L (m)	0,65		
Kg	2,98		
Φ (mm)	10,00		
Quantidade	4,00		
L (m)	1,70		
Kg	4,20		
Φ (mm)	6,00		
Quantidade	8,00		
L (m)	1,70		
Kg	3,02		

Pilares		Quantidades	58
Φ (mm)	32,00		
Quantidade	16,00		
L (m)	9,44		
Kg	953,52		
Φ (mm)	32,00		
Quantidade	16,00		
L (m)	4,70		
Kg	474,74		

Φ (mm)	32,00	
Quantidade	8,00	
L (m)	2,00	
Kg	101,01	
Φ (mm)	32,00	
Quantidade	2,00	
L (m)	4,94	
Kg	62,37	
Φ (mm)	32,00	
Quantidade	2,00	
L (m)	4,50	
Kg	56,82	
Φ (mm)	32,00	
Quantidade	2,00	
L (m)	4,25	
Kg	53,66	
Φ (mm)	32,00	
Quantidade	2,00	
L (m)	4,72	
Kg	59,59	

Φ (mm)	8,00	
Quantidade	160,00	
L (m)	3,08	
Kg	194,66	

Φ (mm)	8,00	
Quantidade	80,00	
L (m)	3,15	
Kg	99,54	



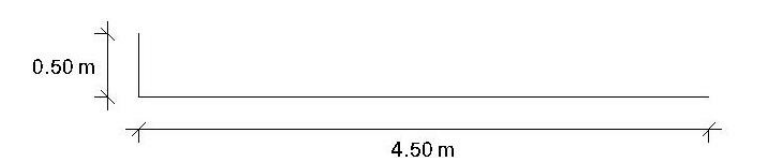

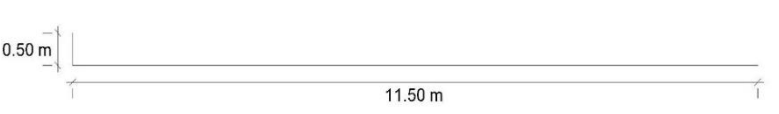
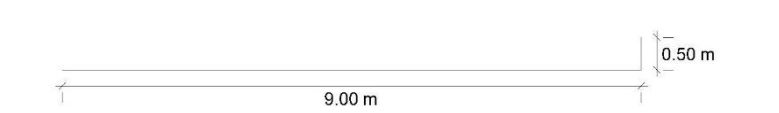

Viga I90	Quantidades	150
Φ (mm)	16,00	
Quantidade	3,00	
L (m)	12,00	
Kg	56,81	

Φ (mm)	16,00	
Quantidade	3,00	
L (m)	10,40	
Kg	49,23	

Montagem		
----------	--	--

Φ (mm)	16,00	
Quantidade	2,00	
L (m)	12,00	
Kg	37,87	

Φ (mm)	16,00	
Quantidade	4,00	
L (m)	5,60	
Kg	35,35	

Montagem		
Φ (mm)	10,00	
Quantidade	5,00	
L (m)	12,00	
Kg	37,02	
Φ (mm)	10,00	
Quantidade	10,00	
L (m)	5,00	
Kg	30,85	
Montagem		
Φ (mm)	10,00	
Quantidade	5,00	
L (m)	12,00	
Kg	37,02	
Φ (mm)	10,00	
Quantidade	5,00	
L (m)	9,50	
Kg	29,31	
Montagem		

Φ (mm)	10,00	
Quantidade	4,00	
L (m)	12,00	
Kg	29,62	

Φ (mm)	10,00	
Quantidade	4,00	
L (m)	8,10	
Kg	19,99	

Montagem		
----------	--	--


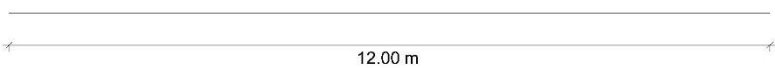
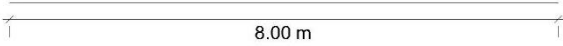

Φ (mm)	10,00	
Quantidade	2,00	
L (m)	12,00	
Kg	14,81	

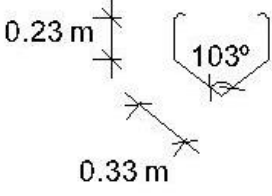
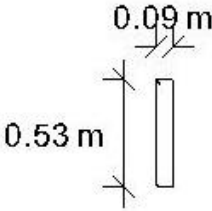
Φ (mm)	10,00	
Quantidade	2,00	
L (m)	8,10	
Kg	10,00	

Montagem		
----------	--	--

Φ (mm)	8,00	
Quantidade	6,00	
L (m)	12,00	
Kg	28,44	

Φ (mm)	8,00	
Quantidade	6,00	
L (m)	8,00	
Kg	18,96	

Montagem		
Φ (mm)	8,00	
Quantidade	6,00	
L (m)	12,00	
Kg	28,44	
Φ (mm)	8,00	
Quantidade	6,00	
L (m)	8,00	
Kg	18,96	
Montagem		

Estribos	L = 7 m	
Φ (mm)	8,00	
Quantidade	47,00	
L (m)	1,32	
Kg	24,51	
Φ (mm)	8,00	
Quantidade	94,00	
L (m)	2,52	
Kg	93,57	

Φ (mm)	8,00	
Quantidade	47,00	
L (m)	1,96	
Kg	36,39	

Φ (mm)	6,00	
Quantidade	47,00	
L (m)	2,40	
Kg	25,04	

Estribos		L = 2 m
----------	--	---------

Φ (mm)	8,00	
Quantidade	14,00	
L (m)	1,32	
Kg	7,30	

Φ (mm)	8,00	
Quantidade	14,00	
L (m)	2,52	
Kg	13,94	

Φ (mm)	8,00	
Quantidade	14,00	
L (m)	1,96	
Kg	10,84	

Φ (mm)	6,00	
Quantidade	14,00	
L (m)	2,40	
Kg	7,46	

Estribos		L = 10,60 m
Φ (mm)	8,00	
Quantidade	53,00	
L (m)	1,32	
Kg	27,63	

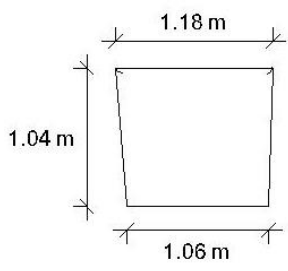
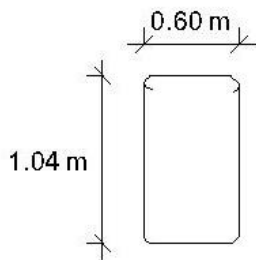
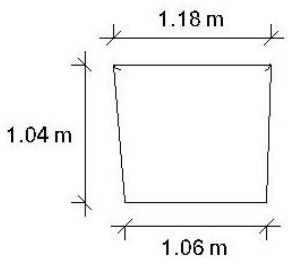
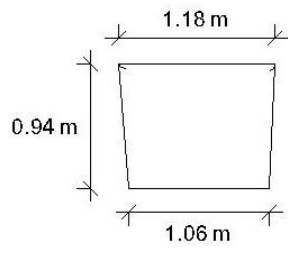
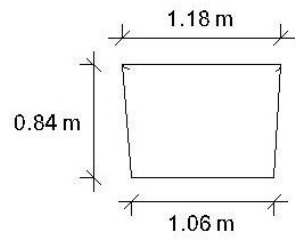
Φ (mm)	8,00	
Quantidade	53,00	
L (m)	2,52	
Kg	52,76	

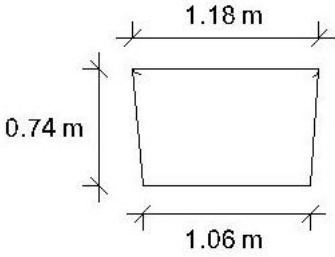
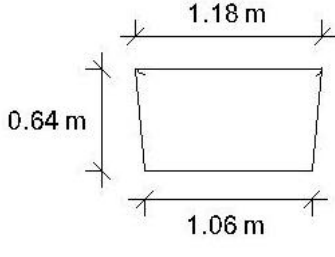
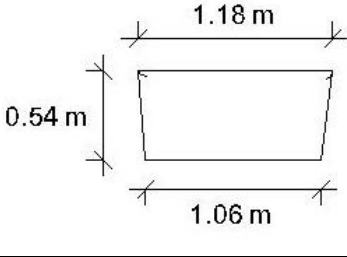
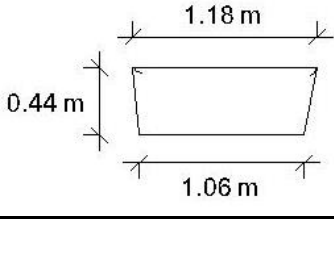
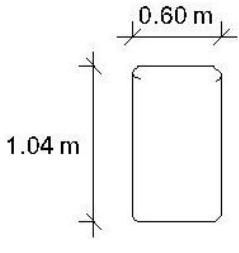
Φ (mm)	8,00	
Quantidade	53,00	
L (m)	1,96	
Kg	41,03	

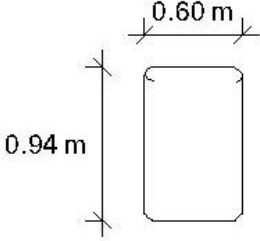
Φ (mm)	6,00	
Quantidade	53,00	
L (m)	2,40	
Kg	28,24	

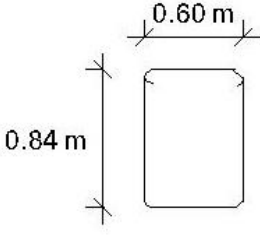
Viga de Travessa	Quantidades	29
Φ (mm)	32,00	
Quantidade	10,00	
L (m)	10,80	
Kg	681,80	

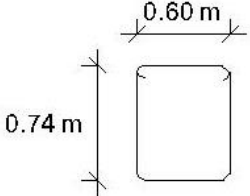
Φ (mm)	20,00	
Quantidade	9,00	
L (m)	12,00	
Kg	266,33	
Φ (mm)	12,00	
Quantidade	2,00	
L (m)	12,00	
Kg	21,31	
Φ (mm)	12,00	
Quantidade	1,00	
L (m)	11,80	
Kg	10,48	
Φ (mm)	12,00	
Quantidade	1,00	
L (m)	11,60	
Kg	10,30	
Φ (mm)	12,00	
Quantidade	1,00	
L (m)	11,40	
Kg	10,12	
Φ (mm)	12,00	
Quantidade	1,00	
L (m)	11,20	
Kg	9,95	

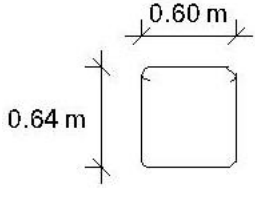
Estribos		
Φ (mm)	10,00	
Quantidade	90,00	
L (m)	4,52	
Kg	251,00	
Φ (mm)	10,00	
Quantidade	180,00	
L (m)	3,48	
Kg	386,49	
Φ (mm)	10,00	
Quantidade	2,00	
L (m)	4,52	
Kg	5,58	
Φ (mm)	10,00	
Quantidade	2,00	
L (m)	4,32	
Kg	5,33	
Φ (mm)	10,00	
Quantidade	2,00	
L (m)	4,12	
Kg	5,08	

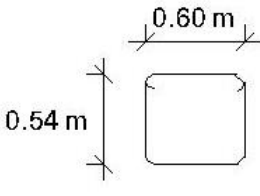
Φ (mm)	10,00	
Quantidade	2,00	
L (m)	3,92	
Kg	4,84	
Φ (mm)	10,00	
Quantidade	2,00	
L (m)	3,72	
Kg	4,59	
Φ (mm)	10,00	
Quantidade	2,00	
L (m)	3,52	
Kg	4,34	
Φ (mm)	10,00	
Quantidade	2,00	
L (m)	3,32	
Kg	4,10	
Φ (mm)	10,00	
Quantidade	4,00	
L (m)	3,48	
Kg	8,59	

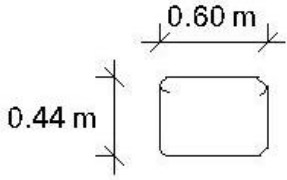
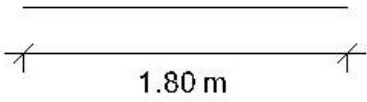
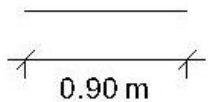
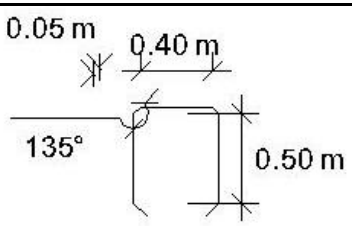
Φ (mm)	10,00	
Quantidade	4,00	
L (m)	3,28	
Kg	8,10	

Φ (mm)	10,00	
Quantidade	4,00	
L (m)	3,08	
Kg	7,60	

Φ (mm)	10,00	
Quantidade	4,00	
L (m)	2,88	
Kg	7,11	

Φ (mm)	10,00	
Quantidade	4,00	
L (m)	2,68	
Kg	6,61	

Φ (mm)	10,00	
Quantidade	4,00	
L (m)	2,48	
Kg	6,12	

Φ (mm)	10,00	
Quantidade	4,00	
L (m)	2,28	
Kg	5,63	
Φ (mm)	8,00	
Quantidade	72,00	
L (m)	1,80	
Kg	51,19	
Φ (mm)	8,00	
Quantidade	36,00	
L (m)	0,90	
Kg	12,80	
Φ (mm)	8,00	
Quantidade	12,00	
L (m)	1,50	
Kg	7,11	