

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

Área Departamental de Engenharia Civil

ESTRUTURA METÁLICA DO TETO FALSO DA SALA DE COMANDO DA  
CENTRAL VENDA NOVA III – ACOMPANHAMENTO DA CONCEÇÃO, FABRICO  
E MONTAGEM

JOÃO LUÍS PARENTE DA SILVA

Janeiro 2014





INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

Área Departamental de Engenharia Civil

ESTRUTURA METÁLICA DO TETO FALSO DA SALA DE COMANDO DA  
CENTRAL VENDA NOVA III – ACOMPANHAMENTO DA CONCEÇÃO, FABRICO  
E MONTAGEM

JOÃO LUÍS PARENTE DA SILVA

(Licenciado em Engenharia Civil)

Relatório Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, com  
Especialização em Construções

Orientadores:

Professor, Tiago Sarmento Sabino Domingues

Licenciado, André Filipe Esteves Vilas Boas

Janeiro 2014



OBRIGADO

Pelo apoio,  
Pela paciência,  
Pelas boas recordações,  
Por tudo quanto aprendi...

O meu muito obrigado a  
todos os demais profissionais que comigo partilharam estes momentos!

Um agradecimento especial ao Professor Tiago Sarmiento Sabino Domingues e ao  
Engenheiro André Filipe Esteves Vilas Boas e a todos os colaboradores da Metaloviana,  
que diretamente, me orientaram no decorrer deste estágio.

O meu sincero obrigado!



## RESUMO

O primeiro objetivo deste relatório, que adiante se desenvolve, é apresentar o trabalho realizado para a obtenção de conhecimentos que justifiquem a atribuição do grau de mestre em engenharia, no ramo das construções.

O estágio, que a este trabalho dá sustentação, foi feito na empresa Metaloviana, onde foi possível acompanhar as várias fases de conceção, fabrico e montagem de um teto falso, designadamente na sala de comando da central Venda Nova III, de aproveitamento hidroelétrico.

Tendo Portugal objetivos cada vez mais ambiciosos na utilização de energias renováveis, aproveitando, entre outros, os recursos hídricos para a produção de eletricidade, a EDP Produção fez estudos onde verificou que a realização de reforços de potência em aproveitamento já existentes, seria uma forma economicamente bastante atrativa e ao mesmo tempo responderia às crescentes solicitações energéticas. É neste âmbito que se insere o Reforço de Potência em Venda Nova III.

A empresa Metaloviana, com instalações fabris em Viana do Castelo, tem todo um historial e capacidade, reconhecida nacional e internacionalmente. Este, confere a certeza de ter acompanhado um trabalho de ponta, devidamente creditado e fundamentado numa qualidade e mérito, por demais reconhecido.

Palavras-chave: Metaloviana, Venda Nova III, Teto Falso, Estrutura Metálica, Ligações.



## ABSTRACT

The first objective of this report that forward we develop is to present the work performed to obtain the knowledge that justify the acquisition of the master degree in civil engineering.

The internship that gives support to this work was made on the corporation Metaloviana, where it was possible to follow the several stages of conception, manufacture and assembly of a false ceiling, mainly on the control room of Venda Nova III central, of hydroelectric utility.

Since Portugal has goals increasingly ambitious in the use of renewable energies, and taking advantage, among others, of water resources for the electricity production , EDP Produção has made studies where it was possible to conclude that performing backup power in structures already in use, would be a very attractive economically way, while it would respond to the increasing energy requirements. It is in this context that appears the backup power in Venda Nova III.

The Metaloviana Corporation, with facilities in Viana do Castelo has an historical capability with both national and international recognition. This gives the certainty to been following a top work, fundament in quality and achievement, to the vary recognition. This document belongs to a curricular internship to the final work of master's degree in Civil Engineering from ISEP, in the construction industry, aiming to connect academic knowledge with practical aspects of professional practice in the field of metal construction to apply in the false ceiling of the central command room in Venda Nova III.

Keywords: Metaloviana: Venda Nova III, False Ceiling, Steel Structure, Connections



## CONTÉUDO

1	INTRODUÇÃO .....	15
2	CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA METALOVIANA .....	17
2.1	Historial da Empresa.....	17
2.2	Obras Significativas .....	21
2.3	Volume de Negócios .....	23
2.4	Estrutura Orgânica .....	25
3	ENQUADRAMENTO DA OBRA TETO FALSO DA SALA DE COMANDO DA CENTRAL VENDA NOVA III.....	27
3.1	Localização.....	30
4	PROJETO DE ESPECIALIDADE DO TETO FALSO DA SALA DE COMANDO DA CENTRAL VENDA NOVA III .....	35
4.1	Objetivo.....	35
4.2	Descrição e Conceção .....	35
4.2.1	Vida Útil e Fiabilidade.....	37
4.2.2	Informação Ambiental.....	39
4.3	Regulamentação.....	39
4.4	Materiais.....	40
4.5	Ações .....	41
4.5.1	Teto Falso.....	41
4.5.2	Passadiços.....	41

4.6	Combinação de Ações .....	42
4.6.1	Situações de Exploração – Estados Limites Últimos; .....	42
4.6.2	Situações de Exploração – Estados Limites de Serviço.....	44
4.7	Análise Estrutural e Modelação .....	45
4.8	Análise de Estabilidade.....	46
4.9	Verificação dos Elementos Estruturais.....	48
4.9.1	Pórtico Principal .....	49
4.10	Análise dos Resultados .....	53
5	PREFABRICAÇÃO DO TETO FALSO NA METALOVIANA.....	55
5.1	Manuseamento.....	57
5.2	Curvatura.....	58
5.3	Corte .....	58
5.3.1	Corte Mecânico.....	59
5.3.2	Corte Térmico .....	59
5.3.3	Corte a Chama .....	60
5.3.4	Corte a Plasma.....	60
5.4	Execução de Moldes.....	61
5.5	Traçagem .....	63
5.6	Furação .....	63
5.6.1	Soldadura .....	64
5.7	Acabamento .....	64
5.8	Decapagem .....	65

5.8.1	Pintura .....	66
5.9	Embarque .....	67
6	MONTAGEM DO TETO FALSO NA SALA DE COMANDO DA CENTRAL VENDA NOVA III .....	69
6.1	Transporte .....	69
6.2	Montagem.....	70
6.3	Ligações entre Elementos Estruturais.....	75
6.3.1	Ligação Pilar/Vigas da Ponte Rolante .....	76
6.3.2	Ligação Pilar/Parede .....	79
6.3.3	Ligação Pilar/Viga.....	81
6.3.4	Ligação Viga/Viga .....	81
6.3.5	Ligação Pilar/Tirante .....	82
6.3.6	Ligação Tirante/Tirante .....	83
7	CONCLUSÃO.....	85
	BIBLIOGRAFIA.....	87
	ANEXOS .....	89
	ANEXO I - PLANTA DO TETO FALSO DA SALA DE COMANDO VNIII, CORTE A – A e CORTE B – B	
	ANEXO II - PLANTA OFÍCINA METALOVIANA	
	ANEXO III - PLANTA OFÍCINA CARAVELA	
	ANEXO IV - PLANTA CERÂMICA ROSAS	



## ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Ilustração 1 - Localização das Instalações da Metaloviana.....	17
Ilustração 2 – Instalações da Metaloviana .....	18
Ilustração 3 - Organograma da Metaloviana.....	26
Ilustração 4 - Repartição por Tecnologia da Energia Comercializada pela EDP Serviço Universal em 2013.....	29
Ilustração 5 - Aproveitamentos de Venda Nova .....	30
Ilustração 6 – Planta de Localização .....	31
Ilustração 7 - Boca do Túnel de Acesso à Sala de Comando da Central VN II e VN III...31	
Ilustração 8 - Ramais de Carga dos Grupos da Central VNIII.....	32
Ilustração 9 – Perfil do Circuito Hidráulico da Central VN III.....	33
Ilustração 10 - Perspetiva da Estrutura e sua Envolvente .....	37
Ilustração 11 - Perspetiva Tridimensional do Modelo de Cálculo Desenvolvido .....	46
Ilustração 12 – 1º Modo de Estabilidade Modo sem Deslocamentos Laterais .....	47
Ilustração 13 - Pórtico Representativo .....	49
Ilustração 14 - Numeração de Barras.....	49
Ilustração 15 - Deformada para a Combinação Caraterística.....	50
Ilustração 16 - Diagrama de Esforço Axial .....	50
Ilustração 17 - Diagrama de Momentos.....	51
Ilustração 18 - Diagrama de Esforços Transversos.....	51
Ilustração 19 - Tensões Máximas e Mínimas .....	51
Ilustração 20 – Pormenor da Modelação da Estrutura do Teto Falso em Estudo .....	55
Ilustração 21 - Manuseamento de Materiais .....	57
Ilustração 22 – Calandra .....	58

Ilustração 23 - Máquinas de Corte .....	59
Ilustração 24 - Viga IPE330 para Corte.....	60
Ilustração 25 - Máquina de Corte a Plasma .....	61
Ilustração 26 - Molde dos Pilares e das Vigas .....	62
Ilustração 27 - Molde de Escoras e Tirantes.....	62
Ilustração 28 - Furação.....	63
Ilustração 29 - Soldadura.....	64
Ilustração 30 - Limpeza de Superfícies .....	65
Ilustração 31 - Cabine de Decapagem .....	65
Ilustração 32 – Primário .....	66
Ilustração 33 - Pintura Final .....	67
Ilustração 34 – Embarque.....	67
Ilustração 35 - Camião Metaloviana.....	69
Ilustração 36 - Descarga Material na Sala de Comando da Central VNIII .....	70
Ilustração 37 - Gruas .....	71
Ilustração 38 – Pilar .....	72
Ilustração 39 - Colocação de Escoras .....	73
Ilustração 40 - Colocação de Pilar.....	74
Ilustração 41 - Teto Falso da Central VNIII.....	75
Ilustração 42 – Corte das Vigas Suporte da Ponte Rolante e do Teto Falso da Central VNIII.....	76
Ilustração 43 - Pormenor de Uma das Vigas de Apoio da Ponte Rolante e Teto Falso da Central VNIII.....	77
Ilustração 44 - Furação.....	78
Ilustração 45 - Varões Roscados M20.....	78

Ilustração 46 - Ligação Pilar/Viga da Ponte Rolante .....	79
Ilustração 47 - Rótula de Ligação Pilar/Parede.....	80
Ilustração 48 - Ligação Pilar/Parede.....	80
Ilustração 49 - Ligação Pilar/Viga .....	81
Ilustração 50 - Ligação Viga/Viga.....	82
Ilustração 51 - Ligação Pilar/Tirante .....	82
Ilustração 52 - Ligação Tirante/Tirante.....	83



## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Volume de Negócios (7) .....	24
Gráfico 2 - Volume Total de Negócios Triênio 2011/2013 (7).....	25



## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Volume de Negócios (7) .....	24
Quadro 2 - Definição de Classes de Consequências (do colapso ou mau funcionamento da estrutura).....	37
Quadro 3 - Valores Mínimos Recomendados para o Índice de Fiabilidade $\beta$ (estados limites últimos).....	38
Quadro 4 - Valores Indicativos do Tempo de Vida Útil do Projeto .....	38
Quadro 5 – Materiais .....	40
Quadro 6 – Coeficientes Parciais de Segurança para Materiais para os Estados Limites Últimos .....	40
Quadro 7 - Coeficientes Parciais de Segurança para Materiais para os Estados Limites de Serviço .....	41
Quadro 8 – Valores de Cálculo das Ações (STR/GEO) (Conjunto B).....	43
Quadro 9 – Valores de Cálculo das Ações a Utilizar nas Situações de Projeto Acidentais e Sísmicas .....	43
Quadro 10 – Valores de Cálculo das Ações a Utilizar nas Respetivas Combinações de Ações .....	44
Quadro 11 – Combinação Ações do Teto Falso da Central VNIII .....	45
Quadro 12 - Resumo da Análise de Estabilidade .....	47
Quadro 13 - Resumo dos Rácios de Verificação dos Pilares .....	52
Quadro 14 - Resumo dos Rácios de Verificação das Vigas.....	53



## LISTA DE ABREVIATURAS

CE	Conformidade Europeia
CM 1397	Caminho Municipal n.º 1397
CNC	Controlo Numérico Computorizado
DIPRE	Dissertação/Projeto/Estágio
EDP	Energias de Portugal
EN	“European Standard”
EN 103	Estrada Nacional n.º 103
GALP	Grupo Galp Energia
ISO	Organização Internacional para Padronização
MAG	Metal Ativo Gás
MIG	Metal Inert Gás
NP	Norma Portuguesa
PME	Pequena e Média Empresa
REN	Rede Eléctrica Nacional, S.A.
S.A.	Sociedade Anónima
SE2P	Sociedade de Engenharia Projetos e Planeamento
VNI	Venda Nova I
VNII	Venda Nova II
VNIII	Venda Nova III



## 1 INTRODUÇÃO

O presente Relatório de Estágio enquadra-se no âmbito do Trabalho Final de Mestrado do Curso de Engenharia Civil, na área de especialização de Construções do Instituto Superior de Engenharia do Porto e foi desenvolvido na empresa Metaloviana Metalúrgica de Viana, S.A.. Este, decorreu sob a orientação do Engenheiro Tiago Sarmiento Sabino Domingues, Professor Assistente da Área Departamental de Engenharia Civil e do Engenheiro Mecânico André Filipe Esteves Vilas Boas, responsável pela produção da estrutura do teto falso da sala de comando da barragem de Venda Nova III, da empresa supra citada.

A sua realização debruçou-se sobre o teto falso da sala de comando, do reforço de potência do aproveitamento hidroelétrico de Venda Nova III. Este insere-se no aproveitamento de Venda Nova/Vila Nova, no concelho de Vieira do Minho, distrito de Braga, mais propriamente na margem esquerda, no troço final, do rio Rabagão. Teve uma duração de seis meses e nove dias, de 23 de janeiro a 31 de Julho de 2014.

A opção pelo estágio para a conclusão do Mestrado do curso de Engenharia Civil, ramo construções, deveu-se à oportunidade de relacionar o conhecimento académico com os aspetos práticos do exercício profissional, na área de construção dos órgãos e equipamentos de um teto falso porticado metálico, procurando responder aos seguintes objetivos:

- Compreender as diversas fases de construção em oficina previstas no projeto de modelação;
- Adquirir capacidade de identificar incompatibilidades no projeto, face à realidade da obra e de justificar as soluções adotadas;
- Aperfeiçoar o sentido crítico;
- Promover a capacidade de adaptação ao trabalho da equipa multidisciplinar;
- Compreender e aplicar ética e responsabilidade profissional.

Relativamente à forma como está estruturado o presente relatório, cabe referir que o mesmo contempla vários pontos com os seguintes conteúdos: um breve enquadramento da obra; caracterização da empresa Metaloviana; análise crítica do projeto de estabilidade no Robot Structural Analysis; modelação do teto falso metálico no programa Tekla Structures; prefabricação da estrutura em oficina; descrição dos processos construtivos da montagem da estrutura em obra; acompanhamento dos trabalhos e uma conclusão que reflete, em síntese uma retrospectiva, do trabalho realizado.

## 2 CARATERIZAÇÃO DA EMPRESA METALOVIANA

A identificação e caraterização da Empresa Metaloviana constitui-se como um ponto fundamental para um conhecimento abrangente, pertinente e relevante da mesma. Esta, faculta uma análise mais precisa das suas dinâmicas, recursos, expansão e atual potencial, bem como efetiva a articulação com os diferentes setores e proporcional crescimento. Assim, de forma sucinta, procede-se à sua caraterização, numa perspetiva histórica e de crescimento sustentado, evidenciando o impacte técnico, social e económico.

### 2.1 Historial da Empresa

A Metaloviana, é uma empresa sediada na 2ª Fase da Zona Industrial do Neiva, em Viana do Castelo. É constituída por três instalações, designadamente, a Metaloviana, Caravela e na antiga Cerâmica Rosas. Ver Ilustração 1 - Localização das Instalações da Metaloviana.

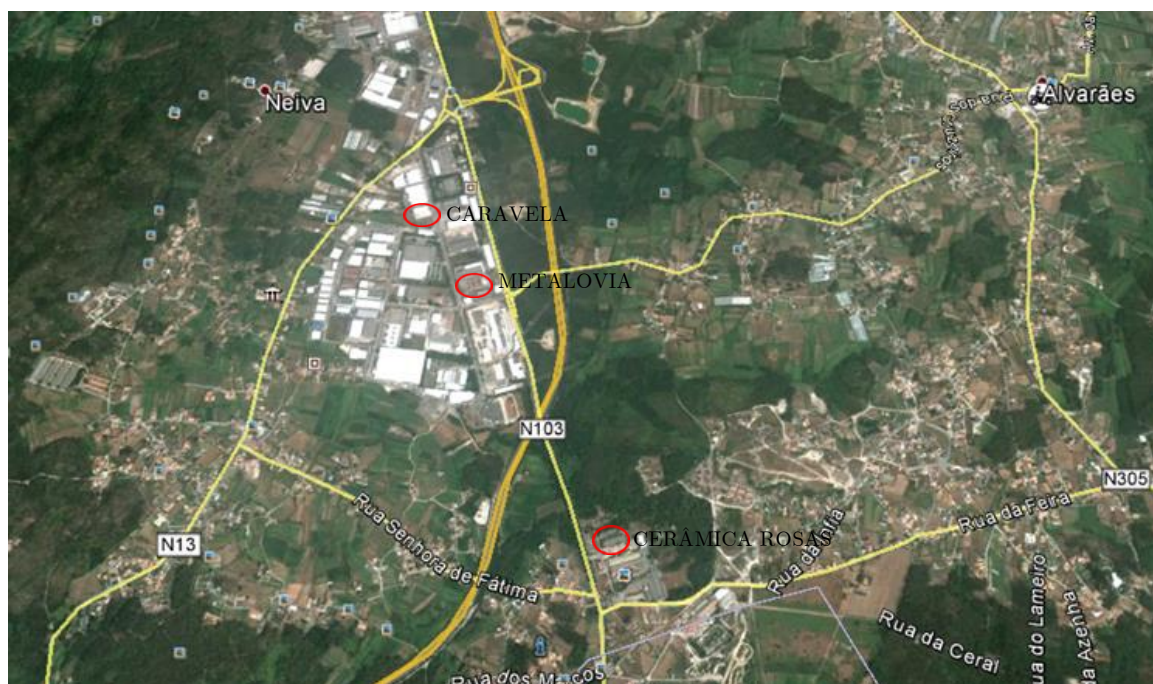


Ilustração 1 - Localização das Instalações da Metaloviana

Foi fundada em 29 de outubro, de 1982, com o objetivo de servir a construção naval, a manutenção industrial, dar apoio à construção civil e obras públicas.

As instalações fabris ocupam uma superfície de 15 000 m<sup>2</sup>, dos quais 8 000 m<sup>2</sup> são de área coberta, distribuída por duas unidades de produção, Metaloviana e Caravela e uma plataforma logística de exportação, Cerâmica Rosas com uma área de 60 000 m<sup>2</sup>. Estas, estão dotadas de grande capacidade de fabrico, com pessoal e equipamento altamente preparados para responder aos desafios e necessidades que a atividade das construções metálicas de grande porte, exige. Abaixo, apresenta-se foto das instalações da Metaloviana. Ver Ilustração 2 – Instalações da Metaloviana.



Ilustração 2 – Instalações da Metaloviana

A referida empresa, formou-se a partir de uma estrutura de quatro jovens, aliados a funcionários com grande experiência na área da metalomecânica. A sua implantação foi rápida, tendo colaborado em importantes obras locais e angariando como clientes as principais empresas industriais da região.

Ao longo dos mais de trinta anos de existência e experiência solidificada, a Metaloviana é, hoje uma empresa de referência no mercado nacional e internacional, integrando a conceção e execução de estruturas metálicas diversas, serrelharias variadas, em ferro, inox e alumínio, bem como na aplicação de diferentes tipos de revestimento para fachadas e coberturas.

Com o grande crescimento do setor da construção civil e obras públicas, assimilando a estratégia que o setor de mercado aconselhava, a Metaloviana, a partir de 1988, protagonizou um crescimento gradual neste setor, tornando-se numa empresa de âmbito nacional e internacional e com capacidade para responder a grandes desafios, sem no entanto abandonar os objetivos da sua criação.

A Metaloviana, S.A. dispõe de equipamentos de software da mais avançada tecnologia de produção. De realçar as linhas automáticas de corte, furação de perfil e chapa que operam com base em programação CNC, assim como a linha automática de decapagem e pintura que permite uma maior qualidade no tratamento da superfície das estruturas fabricadas, bem como um controlo mais rigoroso pelo departamento de qualidade da empresa. Estas são valências com significado especial que permitem à Metaloviana, S.A. ter uma melhor eficácia na redução dos tempos de fabrico e ser detentora de uma capacidade de transformação de cerca de 20 000 Toneladas por ano.

Relativamente a recursos humanos, a Metaloviana, S.A. é constituída por 140 trabalhadores. Deste universo, 98 são do setor fabril, 12 do setor administrativo e financeiro e 30 integram o setor técnico.

Para esta empresa, o ativo mais importante são os seus profissionais e sempre a apostar nos melhores resultados atenta na formação e promoção do desenvolvimento dos seus colaboradores. Assim, facultam-lhes as ferramentas necessárias para o melhor desempenho das suas funções, valorizando-os enquanto pessoas e profissionalmente. Nesta sequência, detem um quadro de profissionais com grande especialização, experiência e motivados pelo espírito de equipa.

Deste modo, a Metaloviana, S.A. é muito mais do que uma organização, é um conjunto de pessoas comprometidas com o sucesso, o progresso e a satisfação dos seus clientes. Apresenta-se no mercado com uma equipa de profissionais altamente creditados e especializados, estando o seu quadro técnico habilitado para o desenvolvimento, conceção e montagem, não se limitando à concretização dos projetos propostos pelos clientes mas também apresentando soluções no acompanhamento e apoio do seu desenvolvimento. Estes recursos permitem à empresa uma ampla capacidade de resposta na participação em grandes projetos de manutenção e modernização de grandes unidades industriais, assim como a desenvolver iniciativas técnico comerciais de elevada complexidade.

Com esta estratégia proativa, a Metaloviana, S.A. é uma companhia de soluções e é neste conceito que se posiciona, constituindo um fator de confiança que une a empresa aos seus parceiros na apresentação das mais profícuas decisões e resoluções.

A preocupação com a qualidade culminou em 2002 com o processo de certificação segundo a NP EN ISO 9001:2000 (1), tendo sido a primeira do setor em Portugal a deter esta qualificação, de que muito se orgulha, efetuando a transição para a NP EN ISO 9001 (2) em 2009. Nesse ano iniciou a implementação da marcação CE em Janelas e Portas Pedonais Exteriores, segundo a NP EN ISO 14351-1 (3), sendo este requisito avaliado em Auditorias da Qualidade, anualmente, pela entidade Acreditada na Certificação. A

Metaloviana encontra-se a implementar a marcação CE nas Estruturas Metálicas conforme a norma EN 1090 (4).

Esta empresa, S.A., rege-se também desde 2012 segundo as NP EN ISO 14001 (5) e OHSAS 18001:2007 (6) que fazem parte de um sistema integrado em Qualidade, Ambiente e Segurança. Estas distinções são os frutos de um trabalho de excelência que a empresa pratica, representando o compromisso da Administração e de todos os Colaboradores em cumprir com os requisitos e normas que regulamentam e permitem a atribuição destas qualificações.

Apostando sempre na inovação, formação e seleção dos seus recursos humanos, apresenta os meios técnicos e padrões elevados no que concerne à qualidade, segurança, ética e respeito por todos com quem se relaciona, sendo considerada uma das principais PME e Líder do setor. Tem um conjunto de clientes e fornecedores prestigiados, sendo o seu nome sinónimo de garantia e rigor em qualquer intervenção ou parceria que seja solicitada no âmbito das estruturas metálicas, serralharias, caixilharias de inox ou alumínio, conceção e construção de edifícios metálicos. Disponibiliza apoio à construção naval e manutenção industrial, apostando atualmente na sua expansão internacional e numa fase de consolidação.

## 2.2 Obras Significativas

Na sequência das certificações anteriormente referidas, a Metaloviana, S.A. foi distinguida e selecionada como fornecedora qualificada pelas empresas REN, EDP, GALP e PORTUCEL. Estas distinções resultam do trabalho de excelência praticado pela empresa e representam um compromisso da administração e de todos os colaboradores com o cumprimento dos requisitos e normas que regulamentam e permitem a atribuição destas qualificações, garantindo assim a qualidade da Metaloviana.

Destacam-se no portfólio da empresa, trabalhos desde a conceção até à montagem, nas seguintes áreas :

- Edifícios públicos e institucionais;
- Edifícios habitacionais e comerciais;
- Escolas e universidades;
- Hospitais;
- Centros comerciais;
- Infra estruturas ferroviárias e aeroportuárias;
- Infra estruturas especiais;
- Pontes metálicas e cimbres;
- Naves industriais;
- Recintos desportivos;
- Sector energético.

E é nesta última área de intervenção, dentro da multiplicidade descrita que recai a abordagem deste relatório de estágio, ou seja, na construção da estrutura metálica do teto falso da sala de comando da central Venda Nova III.

Para a Metaloviana S.A., a construção de um futuro de sucesso passa por uma grande aposta no crescimento e pela internacionalização. É neste cenário de afirmação competitiva que a Metaloviana tem obras de grande impacte económico e de elevada importância, distribuídas por vários países, designadamente, em França, Angola, Espanha, Brasil, Moçambique e, naturalmente, em Portugal, bem como nos mercados argelino e venezuelano. Destas, salienta-se:

- Fornecimento de alimentador, Local: França Cliente: ALFYMA;
- Oficina da Kia, Local: Luanda Cliente: CASAIS ANGOLA, S.A.;
- Canópias, Local: Angola Cliente: CTAZ – Centrais Térmicas em Angola, ACE;

- Tanques, Local: Barcelona – Espanha Cliente FILTER – TECNIC;
- Estádio do Dragão, Local: Porto Cliente: SOMAGUE, S.A.;
- Estádio Municipal, Local: Braga Cliente: FDO::CASAI::J. GOMES;

Esta empresa, tem ainda potencial para aprofundar e expandir na área da habitação, designadamente na reabilitação de centros históricos.

### 2.3 Volume de Negócios

Contrariando a tendência económica nacional dos últimos anos, a Metaloviana S.A. regista um crescimento sustentado, assente na sua globalidade, salientando-se o seu crescimento no mercado intracomunitário e externo. Apresenta uma autonomia financeira e saúde económica que lhe confere uma presença sólida no mercado. É desta forma que pretende responder aos desafios, expandindo a sua atividade numa base sustentável e responsável. Pode constatar-se, na tabela abaixo, o volume de negócios do último triénio e a sua evolução, bem como respetivos mercados, com valor absoluto e relativo alcançados. Assim, verifica-se que o mercado nacional e, em paralelo com a recessão, diminuiu. O mercado intracomunitário manteve os valores percentuais, no primeiro e segundo ano em análise, apresentando crescimento no último. Relativamente ao mercado externo, confirma-se, ao longo do referido período, um crescimento assinalável na globalidade dos valores. Ver Quadro 1 - Volume de Negócios .

Metaloviana	2011		2012		2013	
	Valor (€)	%	Valor (€)	%	Valor (€)	%
Volume de Negócios Total	13 162 709,55 €	100%	14 614 891,29 €	100%	16 063 528,19 €	100%
Mercado Nacional	11 442 157,59 €	87%	7 533 435,75 €	52%	4 997 458,08 €	31%
Mercado Intracomunitário	165 735,56 €	1%	188 699,31 €	1%	2 132 326,03 €	13%
Mercado Externo	1 554 816,40 €	12%	6 892 756,23 €	47%	8 933 744,08 €	56%

Quadro 1 - Volume de Negócios (7)

Também e, para melhor e mais profunda análise, representa-se em gráficos, o volume financeiro transacionado no mesmo intervalo de tempo. Através dos mesmos, constata-se a expansão e crescimento efetivo do volume de negócios concretizado. Ver Gráfico 1 – Volume de Negócios .

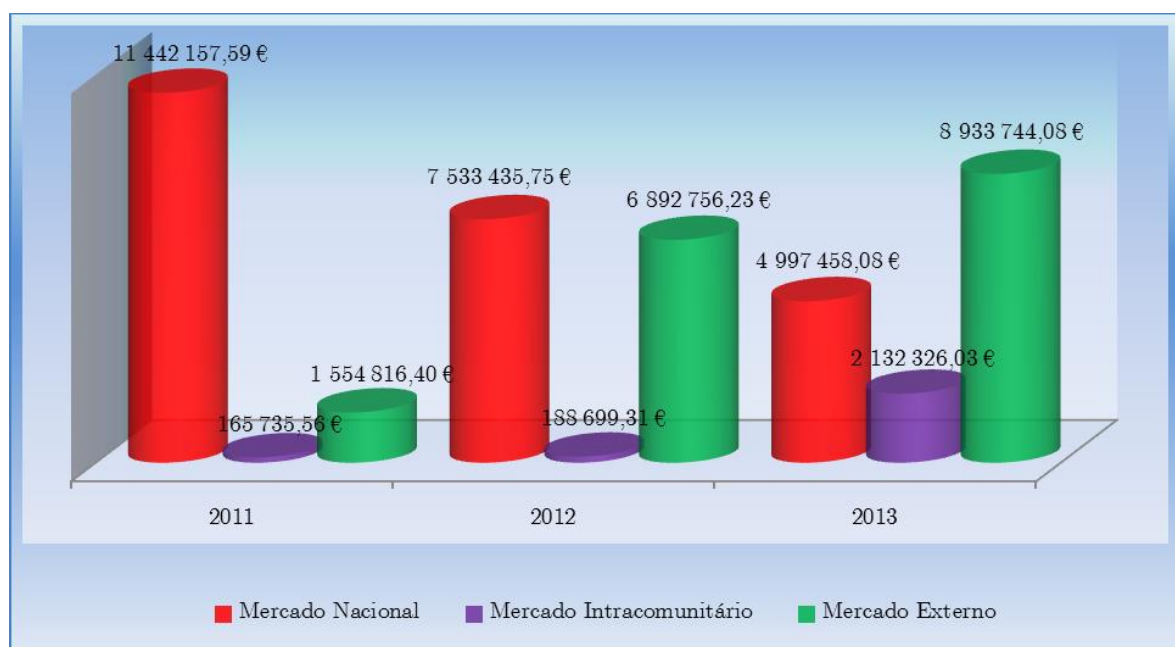


Gráfico 1 – Volume de Negócios (7)

No gráfico a seguir apresentado, verifica-se o volume total de negócios que gradualmente revela progressão. Ver Gráfico 2 - Volume Total de Negócios Triénio 2011/2013 .



Gráfico 2 - Volume Total de Negócios Triénio 2011/2013 (7)

#### 2.4 Estrutura Orgânica

A empresa Metaloviana apresenta a um nível superior a Administração, seguindo-se dois níveis intermédios. O relacionamento interno das pessoas, na organização, com a combinação dos esforços individuais, tem por finalidade realizar os propósitos coletivos da empresa. Ver Ilustração 3 - Organograma da Metaloviana.

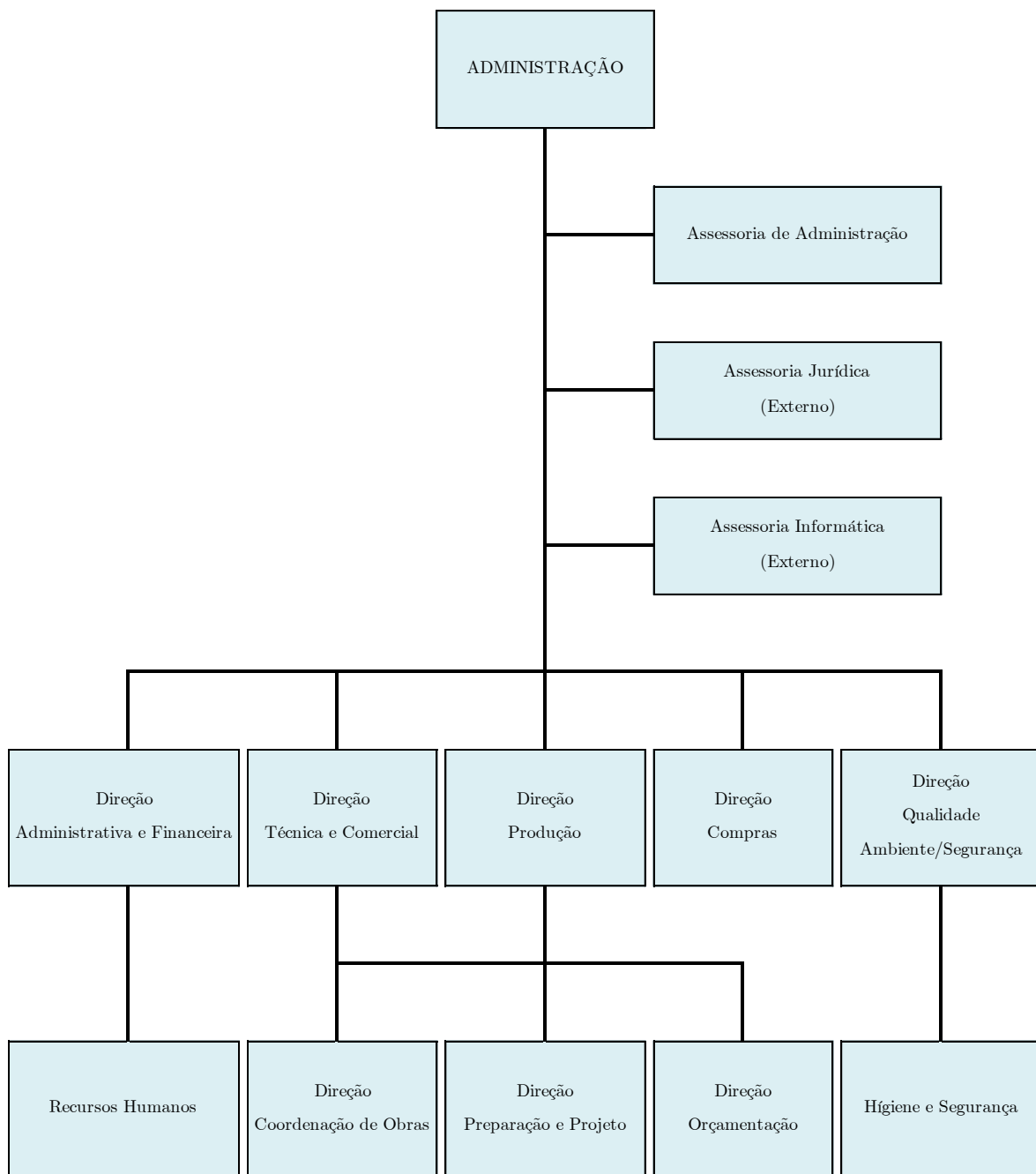


Ilustração 3 - Organograma da Metaloviana

### 3 ENQUADRAMENTO DA OBRA TETO FALSO DA SALA DE COMANDO DA CENTRAL VENDA NOVA III

O Reforço de Potência de VNIII é pertença da EDP Produção, dono de obra que foi lançada a concurso e ganha pelo empreiteiro Geral MSF/Somague/Mota-Engil/Spi Batignolles. Salienta-se, entre os vários Sub-Entreiteiros, a empresa Metaloviana Metalúrgica de Viana, S.A. para a realização da prefabricação e montagem do teto falso de sala de comando da Central VNIII.

O desenvolvimento do projeto, do reforço de potência de Venda Nova III, resulta de alguns fatores que voltaram a colocar a hidroeletricidade (EDP) na linha da frente do sistema elétrico português, com particular destaque para os aproveitamentos equipados com bombagem. Dos fatores que potenciaram este reforço destacam-se:

- O enorme crescimento da produção de eletricidade por fontes renováveis e intermitentes, designadamente a energia eólica e a conseqüente necessidade de capacidade de armazenamento;
- A fixação dos objetivos nacionais para aumentar a produção de energia, com base em fontes renováveis, com vista a reduzir as emissões de gases causadores de efeito de estufa;
- A necessidade da redução da dependência energética do país, em relação aos combustíveis fósseis.

Esta unidade será constituída por uma central subterrânea em caverna, um circuito hidráulico em túnel e diversos poços e túneis auxiliares de acesso. A central será equipada com dois grupos geradores reversíveis, com uma potência total de 746 MW. Será a central hídrica com maior potência instalada no território português até à data, sendo os referidos geradores alimentados por um circuito hidráulico, com capacidade para um caudal de 200

m<sup>3</sup>/s, com produção média anual de 1441 GWh, emissões de CO<sub>2</sub> evitadas/ano 1000 Kt e um investimento de 322,5 M€ referentes a 2013, (8).

Tem como objetivo aumentar a capacidade instalada de bombagem, como complemento essencial para o acréscimo de energia de origem eólica no Sistema Elétrico Nacional, com as características aleatórias que lhe são associadas. A complementaridade dos aproveitamentos hidroelétricos com bombagem e com as eólicas, não se manifesta somente na já referida possibilidade de diminuição generalizada de vento, mas também nas flutuações constantes da sua intensidade, que será compensada com o aumento ou diminuição rápida e automática da potência hídrica. Em simultâneo, havendo excesso de produção eólica em horas de menor consumo, situação que se admite cada vez mais frequente no futuro, não podendo ser utilizada diretamente na alimentação dos consumos do sistema, evita-se o desperdício desta energia, empregando-a na bombagem hidroelétrica e aumentando a energia armazenada nas albufeiras para utilização nas horas de maior consumo.

Tanto o aumento de capacidade instalada de origem eólica, como o aumento em aproveitamentos hidroelétricos, representam um elevado contributo para os diversos compromissos internacionais que Portugal assumiu, nomeadamente no que se refere às exigências de limitação de gases com efeito de estufa, no quadro da participação da União Europeia, no Protocolo de Quioto e também às metas consideradas na Diretiva Europeia, relativas à promoção da utilização de energia proveniente de fontes renováveis.

A nova Diretiva 2009/28/CE (9) do Parlamento e do Conselho Europeu aponta para um objetivo de aumentar para 20% a quota de energia proveniente de fontes renováveis, no consumo energético global da União Europeia até 2020. Este objetivo europeu foi repartido de forma diferenciada pelos Estados Membros, cabendo a Portugal, em termos da participação dessas fontes no consumo final de energia, passar dos 20,5% de participação

de fontes renováveis no consumo final de energia, verificados em 2005, para 31% a atingir em 2020, o que será difícil sem uma aposta clara na produção hidroelétrica, nomeadamente dos reforços de potência. No âmbito da aplicação desta Diretiva terá de ser definido um Plano de Ação Nacional, discriminando a forma como se prevê atingir esse nível através dos sectores do aquecimento e arrefecimento, dos transportes e da eletricidade. Neste último, espera-se que as “renováveis” representem 60% da meta a atingir em 2020, sendo o principal instrumento de cumprimento do objetivo nacional, objetivo esse difícil de atingir sem uma aposta clara na produção de energia hidroelétrica.

Segundo a Quercus, (10) “o valor real da percentagem de eletricidade produzida a partir de fontes renováveis, (Eólica e Hídrica) em 2011 foi de 46,8%”, sendo que em 2010 esse valor foi de 53,2%, 36,5% em 2009 e de 27,8% em 2008. Segundo a edp serviço universal (11) a percentagem da energia renovável em 2012 foi de 50,1% e no ano 2013 foi de 63,5%. Ver Ilustração 4 - Repartição por Tecnologia da Energia Comercializada pela EDP Serviço Universal em 2013.

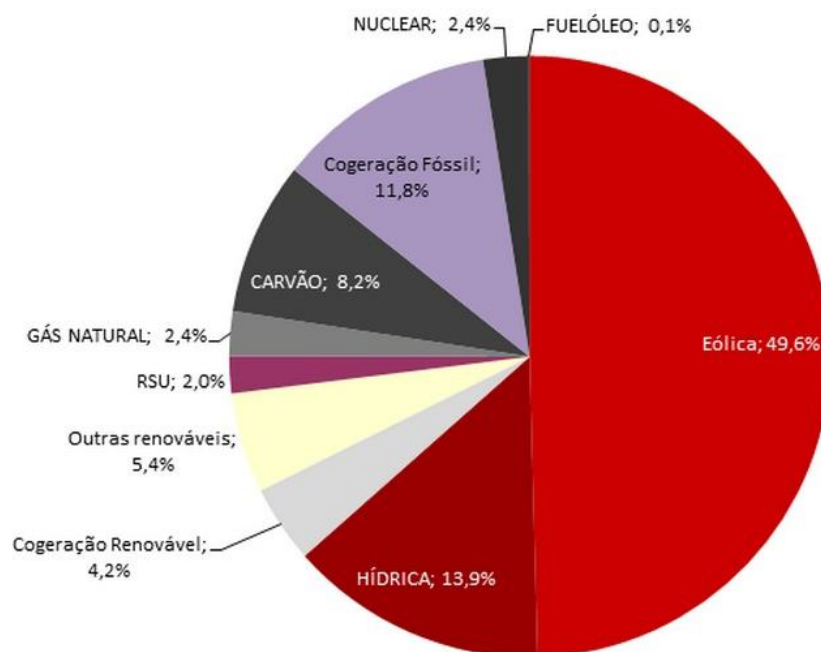


Ilustração 4 - Repartição por Tecnologia da Energia Comercializada pela EDP Serviço Universal em 2013

Estes valores demonstram, com clareza, o grande investimento que está a ser feito pelo país nas energias renováveis, reduzindo assim a dependência nacional nas necessidades de combustíveis fósseis, para produção de energia. Estes são importados na quase totalidade e representam um peso significativo na balança comercial do país.

### 3.1 Localização

O empreendimento, supra citado, está situado no distrito de Braga, concelho de Vieira do Minho, localizando-se na margem esquerda do rio Cávado e aproveitando o desnível dos planos de água das albufeiras de Venda Nova e de Salamonde. O acesso principal à caverna da central é efetuado por dois túneis subterrâneos, o de VN III, ainda em construção e, em paralelo o de VN II, já existente. O túnel de VN II dá acesso à central VN II, que se encontra em funcionamento há vários anos, e que se apresenta a uma cota superior à da central de VN III. Este detém um comprimento 1,45 Km, com cerca de 58 m<sup>2</sup> de secção e uma inclinação da ordem de 11%. Ver Ilustração 5 - Aproveitamentos de Venda Nova.

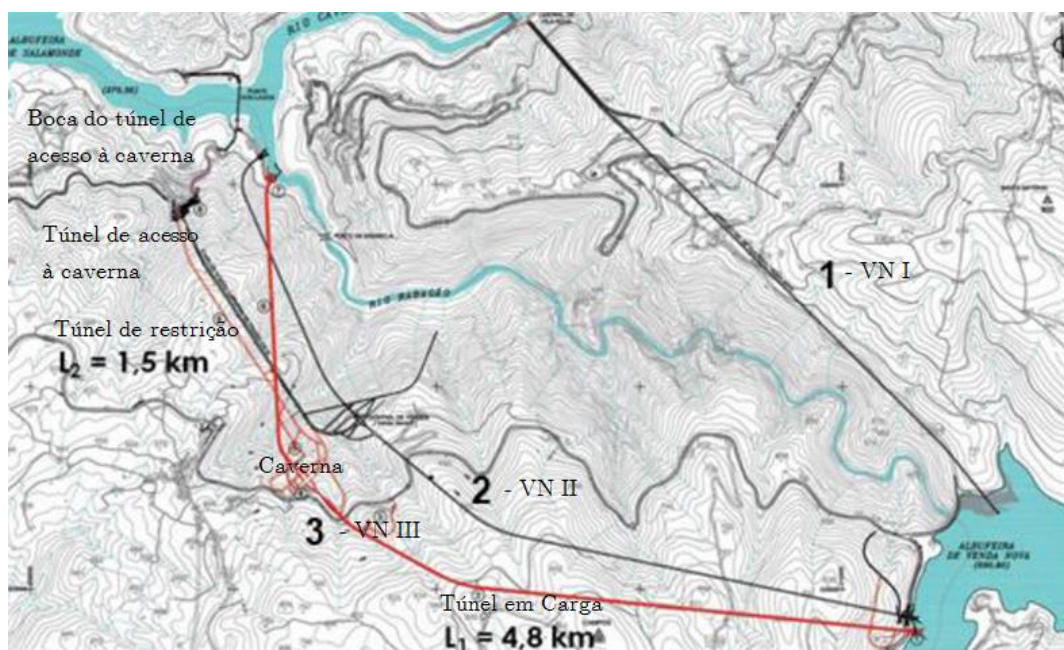


Ilustração 5 - Aproveitamentos de Venda Nova

Boca do túnel de acesso tem as coordenadas: Latitude: 41° 41' 37.81" N e Longitude: 8° 1' 43.77" W. Ver Ilustração 6 – Planta de Localização



Ilustração 6 – Planta de Localização

O acesso rodoviário é realizado pela Estrada Nacional EN 103 (Braga – Chaves) e em Ruivães efetua-se o desvio pela CM 1397 (Frades – Ruivães) até à boca do tunel de acesso à Central de Venda Nova III. Ver Ilustração 7 - Boca do Túnel de Acesso à Sala de Comando da Central VN II e VN III.



Ilustração 7 - Boca do Túnel de Acesso à Sala de Comando da Central VN II e VN III

A central contém uma caverna extensa, localizada numa posição intermédia do traçado do circuito hidráulico, a uma profundidade de cerca de 400 m.

O túnel de carga  $L_1$  tem uma extensão total de 4,8 Km, apresentando a sua secção transversal um diâmetro característico de 12 m. Ver Ilustração 9 – Perfil do Circuito Hidráulico da Central VN III. Desenvolve-se num trecho da Albufeira de Venda Nova até imediatamente a montante da Central VNIII. Junto à central biforca em dois trechos até à entrada das espirais dos grupos, através dos ramais, que se encontram em construção em simultâneo com o teto falso do Central. Ver Ilustração 8 - Ramais de Carga dos Grupos da Central VNIII.



Ilustração 8 - Ramais de Carga dos Grupos da Central VNIII

. O túnel de restrição  $L_2$  desenvolve-se numa comprimento total de 1,5 Km. Apresenta um trecho inicial sub horizontal, com um ponto baixo na zona de inserção dos poços das bombas de esvaziamento e um trecho final ascendente para a restituição, com inclinação constante de 15%. O diâmetro característico da secção transversal, com a mesma forma circular modificada do túnel em carga, é de 12 m. Ver Ilustração 9 – Perfil do Circuito Hidráulico da Central VN III.

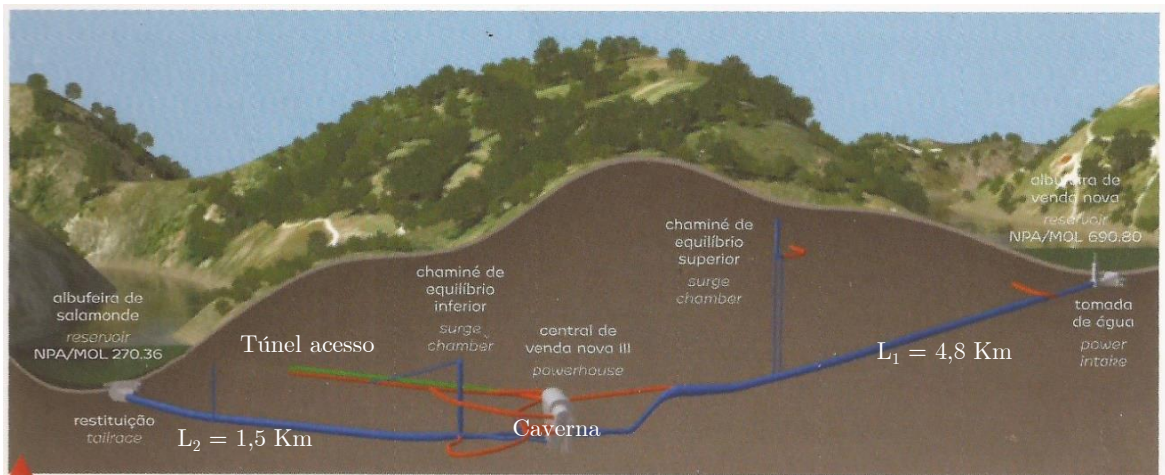


Ilustração 9 – Perfil do Circuito Hidráulico da Central VN III

A Central de VN III desenvolve-se na caverna subterrânea e é constituída por duas câmaras contíguas, uma maior destinada aos grupos geradores – câmaras dos grupos (equipada com dois grupos reversíveis (turbina-bomba / alternador-motor de eixo vertical)) e, no piso superior a sala de comando em que o teto é o **teto falso em estudo** – e outra mais pequena para alojar os transformadores – câmara de transformadores.



## 4 PROJETO DE ESPECIALIDADE DO TETO FALSO DA SALA DE COMANDO DA CENTRAL VENDA NOVA III

O projeto de estabilidade da estrutura do teto falso da sala de comando do reforço de potência VNIII foi desenvolvido pela empresa SE2P, no programa de cálculo Robot Structural Analysis, pelo Engenheiro Civil Adriano Lopes.

### 4.1 Objetivo

Refere-se a presente Memória Descritiva e Justificativa ao Projeto de Estabilidade da obra de construção de um teto falso no interior de uma caverna, integrado na empreitada geral de construção do reforço de potência do aproveitamento de VNIII, a levar a cabo pela empresa EDP - Gestão da Produção de Energia, S.A..

Pretende-se com este documento apresentar as soluções estruturais adotadas e respetivos cálculos justificativos.

### 4.2 Descrição e Conceção

Procurou-se conceber uma solução estrutural simples e económica que satisfaça integralmente as exigências, respeitando a geometria e a organização dos espaços previstos no estudo de princípio.

Situado no interior do túnel, na caverna da sala de comando da central do reforço de potência de VNIII, o teto falso e passadiços adjacentes possuem uma área de implantação de cerca de  $102 \times 25.7 = 2621 \text{ m}^2$ .

A estrutura principal de apoio do teto é formada por 20 pórticos metálicos de 25.7 m de vão, espaçados de 5 m, com a exceção dos pórticos de extremidade que possuem um

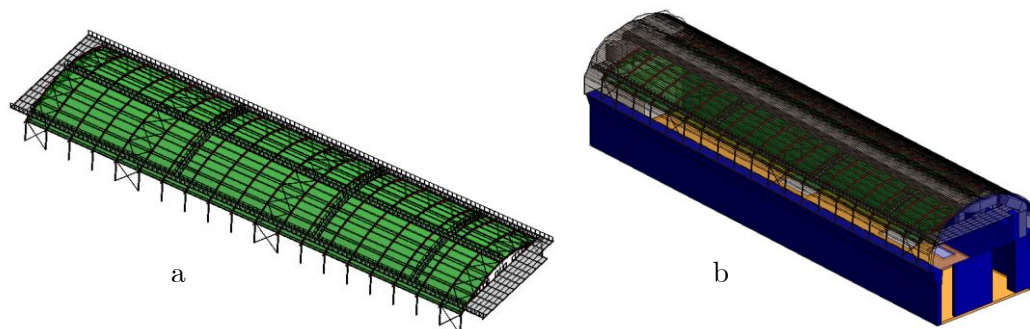
afastamento ligeiramente inferior. Ver anexo I Planta do teto falso da sala de comando da central VNII, Corte A – A e Corte B – B.

As vigas do pórtico são IPE330, em arco circular, cujo raio interior é 23.23 m. Os pilares são de secção HEA160, têm 4.80 m de altura e uma inclinação de 4.70° com a vertical. O pórtico concebeu-se articulado na base, sendo as ligações à viga de betão armado previstas em bucha química. O impulso horizontal originado pelo efeito de arco será absorvido lateralmente pela rocha que envolve a estrutura.

Os contraventamentos da estrutura são em secção circular e, apesar de não ter sido considerada a ação do vento pelo facto de se tratar de uma estrutura interior, têm um papel fundamental na estabilização da estrutura nomeadamente na relação com a compressão no arco.

Na face inferior da viga apoiam-se madres enformadas a frio Z200x2 que por sua vez apoiam a chapa que constitui o teto falso.

Localizados sobre a estrutura principal estão previstos 3 passadiços longitudinais (1 em cada extremidade e 1 ao centro) e 3 passadiços transversais, todos com 1 metro de largura e ligados entre si. Nos extremos estão previstos 2 passadiços mais largos com 4.5 m e 3.6 m suspensos no arco de extremidade (de um dos lados) e apoiados na rocha ou parede (no lado oposto). Ver Ilustração 10 - Perspetiva da Estrutura e sua Envolvente.



a - Perspetiva da Estrutura

b - Perspetiva da Estrutura e sua Envolvente

Ilustração 10 - Perspetiva da Estrutura e sua Envolvente

#### 4.2.1 Vida Útil e Fiabilidade

Na inexistência de requisitos específicos, por parte do dono de obra para a vida útil e fiabilidade das estruturas, escolheu-se para a utilização prevista, a Classe de Consequência CC3. Ver Quadro 2 - Definição de Classes de Consequências (do colapso ou mau funcionamento da estrutura).

Classe de consequências	Descrição	Exemplos de edifícios e de obras de engenharia civil
CC3	Consequência <b>elevada</b> em termos de perda de vidas humanas; ou consequências económicas, sociais ou ambientais <b>muito importantes</b>	Bancadas, edifícios públicos em que as consequências do colapso são elevadas (por exemplo, uma sala de concertos)
CC2	Consequência <b>média</b> em termos de perda de vidas humanas; consequências económicas, sociais ou ambientais <b>mediamente importantes</b>	Edifícios de habitação e de escritórios, edifícios públicos em que as consequências do colapso são médias (por exemplo, um edifício de escritórios)
CC1	Consequência <b>baixa</b> em termos de perda de vidas humanas; e consequências económicas, sociais ou ambientais <b>pouco importantes ou desprezáveis</b>	Edifícios agrícolas normalmente não ocupados permanentemente por pessoas (por exemplo, armazéns), estufas

Quadro 2 - Definição de Classes de Consequências (do colapso ou mau funcionamento da estrutura)

A que corresponde a Classe de Fiabilidade RC3, tal como definida na NP EN 1990 Eurocódigo – Bases para o projecto de estruturas (12). Ver Quadro 3 - Valores Mínimos Recomendados para o Índice de Fiabilidade  $\beta$  (estados limites últimos).

Classe de fiabilidade	Valores mínimos de $\beta$	
	Período de referência de 1 ano	Período de referência de 50 anos
RC3	5,2	4,3
RC2	4,7	<b>3,8</b>
RC1	4,2	3,3

Quadro 3 - Valores Mínimos Recomendados para o Índice de Fiabilidade  $\beta$  (estados limites últimos)

Bem como a Categoria do Tempo de Vida Útil 5 correspondente a 100 anos. Ver Quadro 4 - Valores Indicativos do Tempo de Vida Útil do Projeto.

<i>Categoria do tempo de vida útil de projecto</i>	<i>Valor indicativo do tempo de vida útil de projecto (anos)</i>	<i>Exemplos</i>
1	10	<i>Estruturas provisórias <sup>(1)</sup></i>
2	10 a 25	<i>Componentes estruturais substituíveis, por exemplo, vigas-carril, apoios</i>
3	15 a 30	<i>Estruturas agrícolas e semelhantes</i>
4	50	<i>Estruturas de edifícios e outras estruturas correntes</i>
5	100	<i>Estruturas de edifícios monumentais, pontes e outras estruturas de engenharia civil</i>

<sup>(1)</sup> *As estruturas ou componentes estruturais que podem ser desmontados, tendo em vista a sua reutilização, não deverão ser considerados como provisórios.*

Quadro 4 - Valores Indicativos do Tempo de Vida Útil do Projeto

#### 4.2.2 Informação Ambiental

Tratando-se de uma estrutura enterrada a vários metros de profundidade considerou-se que os efeitos do vento e temperatura não se fazem sentir, ou seja, considerou-se inexistente a presença de vento relevante e que a temperatura é aproximadamente uniforme ao longo da vida útil da estrutura.

#### 4.3 Regulamentação

O enquadramento regulamentar adotado é o dos Eurocódigos Estruturais, adaptado pelos Anexos Nacionais Portugueses nomeadamente:

- NP EN 1990 Eurocódigo - Bases para o projecto de estruturas (12)
- NP EN 1991 Eurocódigo 1 - Ações em estruturas Parte 1 – 1 Ações gerais Pesos volúmicos, pesos próprios sobrecargas em edifícios (13)
- NP EN 1993 Eurocódigo 3 – Projeto de estruturas de aço. Parte 1 – 1: Regras gerais e regras para edifícios (14)
- NP EN 1993 Eurocódigo 3 – Projeto de estruturas de aço. Parte 1 – 8: Projeto de ligações (15)

Sempre que não exista informação Nacional Portuguesa específica, são utilizadas as recomendações dos textos normativos gerais ou, na falta destes últimos, outras de reconhecido valor. Para além disso, respeitam-se sempre os documentos normativos em vigor em Portugal, nomeadamente:

- Decreto-Lei n.º 235/83, de 31 de Maio “Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA)” (16)
- Decreto-Lei n.º 211/86 “Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios (REAE)” (17)

#### 4.4 Materiais

Os materiais previstos a aplicar na obra, são os seguintes. Ver Quadro 5 – Materiais.

Material	Perfis	Classe	Norma
Aço estrutural:	Perfis comerciais e chapas	S275JR	EN 10025-2 (18)
Aço estrutural	Perfis enformados a frio	S250GD	EN 10346 (19)
Elementos de ligação:	Conectores, parafusos e chumbadouros	Especificado caso a caso	

Quadro 5 – Materiais

A filosofia de dimensionamento descrita na NP EN 1990 (12) faz uso da metodologia dos Coeficientes Parciais de Segurança que reduzem as resistências características dos materiais e majoram os efeitos das ações atuantes, para desta forma assegurar os níveis de fiabilidade e segurança pretendidos.

Registam-se os valores para os coeficientes parciais relativos aos materiais utilizados neste estudo. Ver Quadro 6 – Coeficientes Parciais de Segurança para Materiais para os Estados Limites Últimos e Quadro 7 - Coeficientes Parciais de Segurança para Materiais para os Estados Limites de Serviço.

Betão	Armadura Passiva	Aço Estrutural		
$\gamma_c$	$\gamma_s$	$\gamma_M$		
1.5	1.15	Plastificação, instabilidade local	$\gamma_{M0}$	1
		Instabilidade de um elemento	$\gamma_{M1}$	1.1
		Resistência de ligações	$\gamma_{M2}$	1.25

Quadro 6 – Coeficientes Parciais de Segurança para Materiais para os Estados Limites Últimos

Betão	Armadura Passiva	Aço Estrutural
$\gamma_c$	$\gamma_s$	$\gamma_{M, ser}$
1	1	1

Quadro 7 - Coeficientes Parciais de Segurança para Materiais para os Estados Limites de Serviço

#### 4.5 Ações

Na análise da estrutura são consideradas, para além do peso próprio dos elementos estruturais que a constituem, determinado a partir da secção e peso volúmico dos materiais aplicados ( $\gamma_{aço} = 77 \text{ KN/m}^3$ ), as seguintes ações.

##### 4.5.1 Teto Falso

Permanentes:

- Chapa de cobertura e estrutura de suporte 0.30 kN/m<sup>2</sup>
- Outras cargas permanentes 0.50 kN/m<sup>2</sup>

Variáveis:

- Sobrecarga ( $\Psi_0 = \Psi_1 = \Psi_2 = 0$ ) - Cobertura 0.30 kN/m<sup>2</sup>

- Cabos da linha de vida

600kg em qualquer direção aplicados nos pilares principais a dois metros da cota de base

##### 4.5.2 Passadiços

Permanentes:

- Gradil 0.30 kN/m<sup>2</sup>

Variáveis:

- Sobrecarga ( $\Psi_0 = 0.7$ ;  $\Psi_1 = 0.5$ ;  $\Psi_2 = 0.5$ ) 1.50 kN/m<sup>2</sup>

#### 4.6 Combinação de Ações

Para a combinação das ações são utilizados os critérios estabelecidos na NP EN 1990 (12) definidas deste modo:

##### 4.6.1 Situações de Exploração – Estados Limites Últimos;

Estados Limites Últimos, STR, “rotura ou deformação excessiva da estrutura ou dos elementos estruturais, incluindo sapatas, estacas, muros de cave, etc., em que a resistência dos materiais da estrutura é condicionante” e GEO, “rotura ou deformação excessiva do terreno em que as características resistentes do solo ou da rocha são significativas para a resistência da estrutura” (12), conjunto B, combinações fundamentais, para a verificação dos elementos estruturais à rotura ou deformação excessiva durante todo o período de vida útil, equação 1, ver Quadro 8 – Valores de Cálculo das Ações (STR/GEO) (Conjunto B).

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i} \quad 1$$

Situações de projecto persistentes e transitórias	Acções permanentes		Pré-esforço	Acção variável de base da combinação *)	Acções variáveis acompanhantes *)
	Desfavoráveis	Favoráveis			
(Expressão 6.10)	$\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_P P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

\*) As acções variáveis são as consideradas no Quadro A1.1.

**NOTA 1:** As combinações de acções indicadas nas expressões (6.10a) e (6.10b) não devem ser utilizadas.

**NOTA 2:** Os valores de  $\gamma_P$  que devem ser adoptados são os seguintes:  
 $\gamma_{Gj,sup} = 1,35$   
 $\gamma_{Gj,inf} = 1,00$   
 $\gamma_{Q,1} = 1,50$  nos casos desfavoráveis (0 nos casos favoráveis)  
 $\gamma_{Q,i} = 1,50$  nos casos desfavoráveis (0 nos casos favoráveis)  
 $\gamma_P$  - os valores deste coeficiente constam dos Eurocódigos aplicáveis.  
Para os valores de  $\gamma_A$  utilizar para as deformações impostas, ver os Eurocódigos aplicáveis.

**NOTA 3:** Os valores característicos de todas as acções permanentes com a mesma origem são multiplicados por  $\gamma_{Gj,sup}$ , caso o efeito total das acções resultante seja desfavorável, e por  $\gamma_{Gj,inf}$ , caso o efeito total das acções resultante seja favorável. Por exemplo, todas as acções devidas ao peso próprio da estrutura podem ser consideradas como sendo da mesma origem; tal também se aplica se estiverem envolvidos diferentes materiais.

**NOTA 4:** Para determinadas verificações, os valores de  $\gamma_G$  e de  $\gamma_Q$  podem ser subdivididos em  $\gamma_g$  e  $\gamma_q$  e no coeficiente de incerteza do modelo  $\gamma_{sd}$ . Na maioria dos casos correntes, pode utilizar-se um valor de  $\gamma_{sd}$  variando entre 1,05 e 1,15.

Quadro 8 – Valores de Cálculo das Ações (STR/GEO) (Conjunto B)

Ações Sísmicas, equação 2, ver Quadro 9 – Valores de Cálculo das Ações a Utilizar nas Situações de Projeto Acidentais e Sísmicas.

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad 2$$

Situações de projecto	Acções permanentes		Pré-esforço	Acções de acidente ou sísmicas de base da combinação	Acções variáveis acompanhantes *)	
	Desfavoráveis	Favoráveis			Principais	Outras
Acidentais (Expressões 6.11a/b)	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$P$	$A_d$	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Sísmicas **) (Expressões 6.12a/b)	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$P$	$\gamma A_{Ek}$ ou $A_{Ed}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$	

\*) As acções variáveis são as consideradas no Quadro A 1.1.  
\*\*) Ver também a NP EN 1998.

Quadro 9 – Valores de Cálculo das Ações a Utilizar nas Situações de Projeto Acidentais e Sísmicas

#### 4.6.2 Situações de Exploração – Estados Limites de Serviço

Combinação de Ações Carateristicas, equação 3

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad 3$$

Combinação de Ações Frequentes, equação 4

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad 4$$

Combinação de Ações Quase-Permanente, equação 5, ver Quadro 10 – Valores de Cálculo das Ações a Utilizar nas Respetivas Combinações de Ações.

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad 5$$

Combinação	Acções permanentes $G_d$		Acções variáveis $Q_d$	
	Desfavoráveis	Favoráveis	De base da combinação	Outras
Característica	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$Q_{k,1}$	$\psi_{0,i} Q_{k,i}$
Frequente	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
Quase-permanente	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	$\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$

Quadro 10 – Valores de Cálculo das Ações a Utilizar nas Respetivas Combinações de Ações

Assim sendo, neste projeto foram consideradas as seguintes combinações, ver Quadro 11 – Combinação Ações do Teto Falso da Central VNIII.

Comb.Nr	Nome	Tipo de Análise	Tipo	Definição
500	ULS_S	Linear Combination	ULS	$(pp+rcp)*1.35+(sob\_passadiço+sob\_cob)*1.50$
550	SLS_S	Linear Combination	SLS:CHR	$(pp+rcp+sob\_cob+sob\_passadiço)*1.00$

Quadro 11 – Combinação Ações do Teto Falso da Central VNIII

#### 4.7 Análise Estrutural e Modelação

O cálculo da estrutura foi realizado recorrendo ao programa comercial de cálculo espacial de estruturas tridimensionais Robot Structural Analysis 2014, desenvolvido pela Autodesk, o qual permite efetuar análises lineares, em regime estático e dinâmico, e análises não lineares geométricas de estruturas.

Foi desenvolvido um modelo de elementos finitos, representativo da estrutura em análise, verificando-se o comportamento global e a interação entre os diversos elementos estruturais. Os elementos lineares vigas e pilares foram considerados como elementos do tipo barra. A viga, em forma de arco, foi discretizada em vários elementos finitos lineares.

Complementarmente foram desenvolvidos modelos parciais planos para analisar com mais detalhe alguns elementos separadamente. Deste modo, procurou-se traduzir o comportamento da estrutura de uma forma mais completa e rigorosa para cada um dos casos de carga considerados, tomando-se, no dimensionamento, a combinação de ações mais desfavoráveis para cada elemento analisado. Ver Ilustração 11 - Perspetiva Tridimensional do Modelo de Cálculo Desenvolvido.

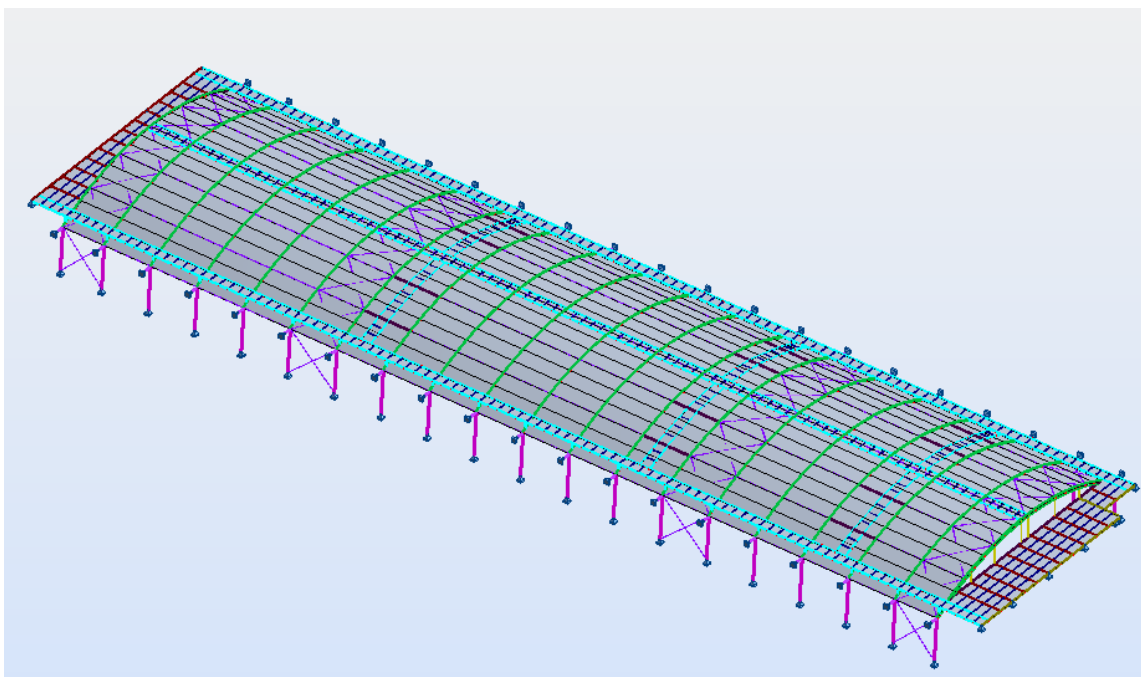


Ilustração 11 - Perspetiva Tridimensional do Modelo de Cálculo Desenvolvido

#### 4.8 Análise de Estabilidade

Recorrendo a um modelo plano do pórtico principal da estrutura, realizou-se uma análise linear de estabilidade, para avaliar a sensibilidade da estrutura a efeitos de segunda ordem e para obter uma estimativa do comprimento de encurvadura, a considerar na direção vertical. A Ilustração 12 – 1º Modo de Estabilidade Modo sem Deslocamentos Laterais, representa a configuração do primeiro modo de instabilidade.

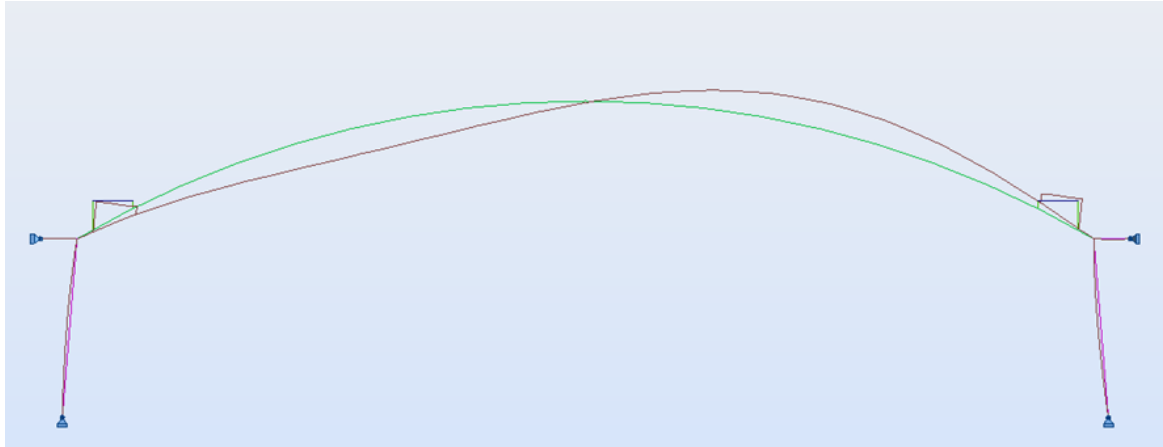


Ilustração 12 – 1º Modo de Estabilidade Modo sem Deslocamentos Laterais

Como era de esperar, trata-se de um modo sem deslocamentos laterais, uma vez que o pórtico estará ligado lateralmente à rocha que o envolve.

Seguidamente apresenta-se um quadro com quantificação do valor de  $\alpha_{crit}$  obtido para a combinação gravítica. Em que  $\alpha_{crit} = F_{crit}/F_{Ed}$ . Ver Quadro 12 - Resumo da Análise de Estabilidade.

Case/Mode	Critical coef.	Definition	Case name	Analysis type
500/1	11.28	$(100+101+102)*1.35+(200+201)*1.50$	ULS_S	Combination of buckling cases

Quadro 12 - Resumo da Análise de Estabilidade

Pode-se constatar que para a combinação da sobrecarga, o valor de  $\alpha_{crit}$  é 11.28, superior a 10, logo, segundo o artigo 5.2.1 do NP EN 1993-1-1 (14), é suficiente realizar uma análise da estrutura geometricamente linear, desprezando-se os efeitos da configuração deformada, no aumento dos esforços de 1ª ordem.

Em seguida, procede-se à estimativa do comprimento de encurvadura associado a este modo de instabilidade, ou seja, o comprimento de encurvadura na maior inércia do perfil do arco, ver equação 6,

$$L_{cr} = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{N_{cr}}} \quad 6$$

E sendo o esforço axial médio no arco para a combinação em análise, igual a 210 kN vem  $N_{cr} = 11.28 \times 210 = 2369$  kN.

$$L_{cr} = \sqrt{\frac{\pi^2 \times 210 \times 10^6 \times 11770 \times 10^{-8}}{2369}} = 10.15m$$

Na verificação de segurança das barras, foi considerado um comprimento de encurvadura de 13 m, ou seja, estamos do lado da segurança.

Na menor inércia, o comprimento de encurvadura foi considerado igual à distância entre contraventamentos, ou seja, 4.36 m.

#### 4.9 Verificação dos Elementos Estruturais

Nesta sequência, são apresentadas as verificações e os esforços, só dos elementos principais do pilar e da viga, não se apresentando neste trabalho os resultados e as verificações de segurança nos restantes elementos da estrutura, tirantes, passadiços, viga principal e terças.

#### 4.9.1 Pórtico Principal

Apresenta-se uma imagem do pórtico, pilar, viga e apoios do programa de cálculo Robot Structural Analysis 2014. Ver Ilustração 13 - Pórtico Representativo e Ilustração 14 - Numeração de Barras.

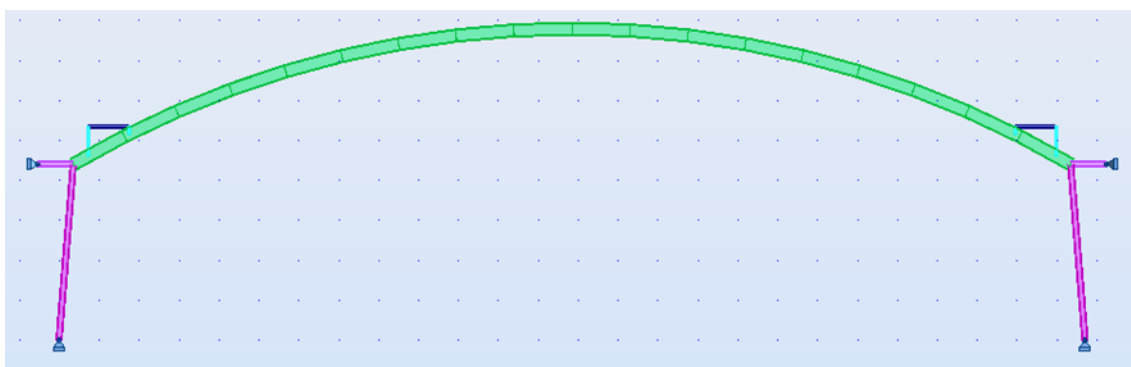


Ilustração 13 - Pórtico Representativo

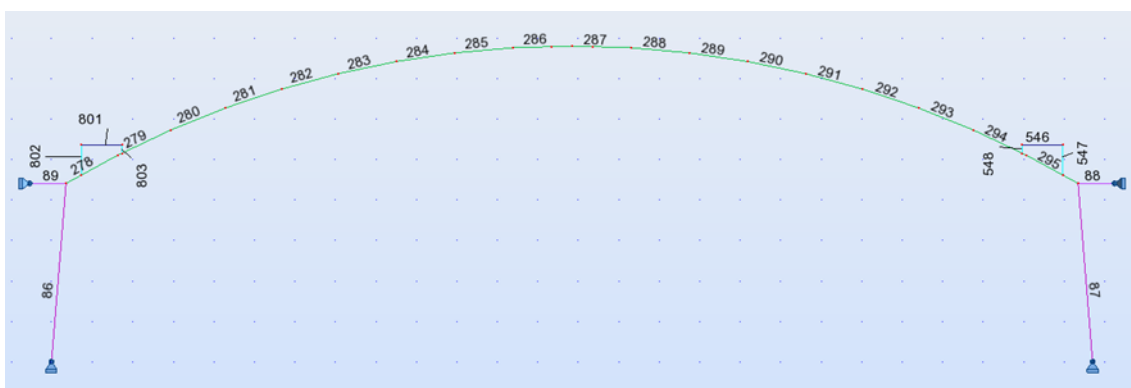


Ilustração 14 - Numeração de Barras

##### 4.9.1.1 Deformações

Relativamente a este processo, apresenta-se a deformada calculada para a combinação característica. Ver Ilustração 15 - Deformada para a Combinação Característica.

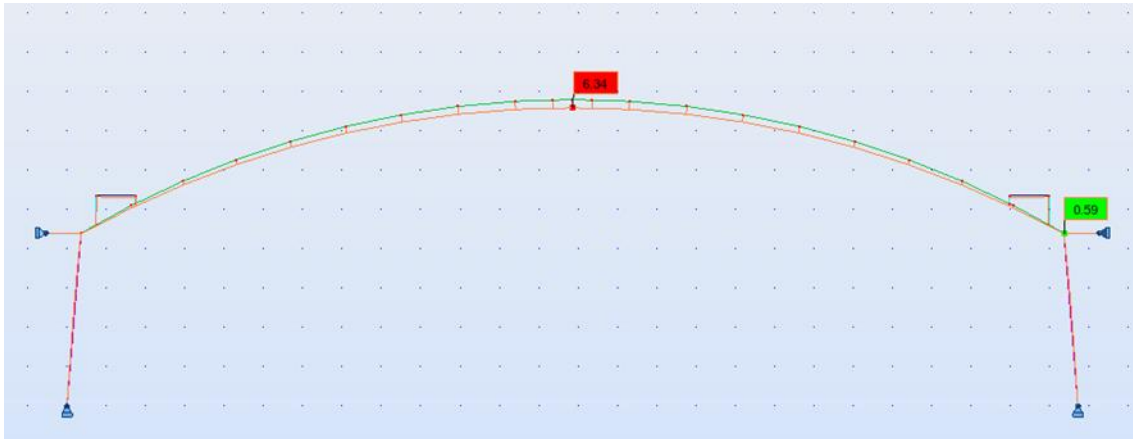


Ilustração 15 - Deformada para a Combinação Característica

Verificação da Flecha máxima na viga:

- $f = 6.34\text{mm} < L/200 = 25.7/200 = 128.5 \text{ mm}$  cumpre

#### 4.9.1.2 Esforços e Tensões

Apresentam-se em seguida os esforços e tensões obtidos para a combinação fundamental de sobrecarga. Ver Ilustração 16 - Diagrama de Esforço Axial, Ilustração 17 - Diagrama de Momentos, Ilustração 18 - Diagrama de Esforços Transversos e Ilustração 19 - Tensões Máximas e Mínimas.

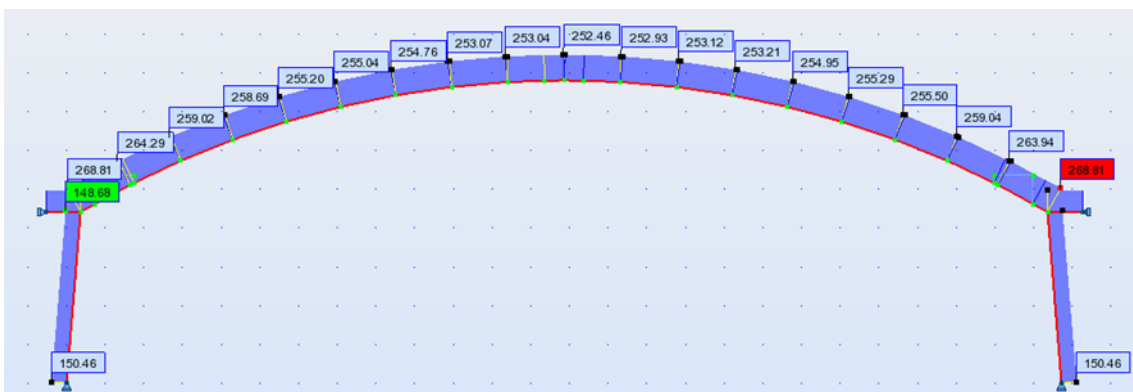


Ilustração 16 - Diagrama de Esforço Axial

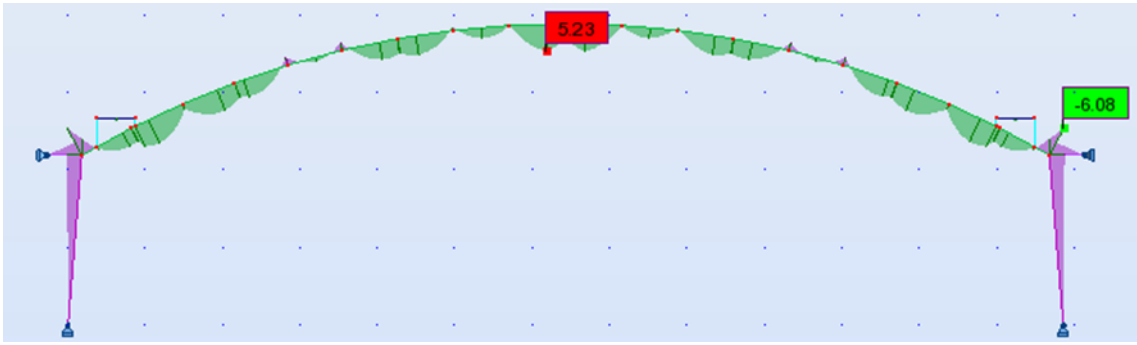


Ilustração 17 - Diagrama de Momentos

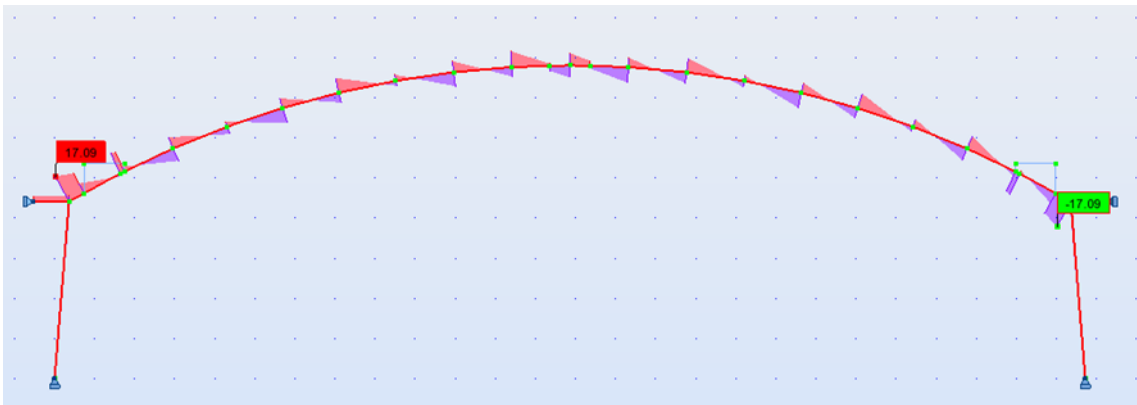


Ilustração 18 - Diagrama de Esforços Transversos

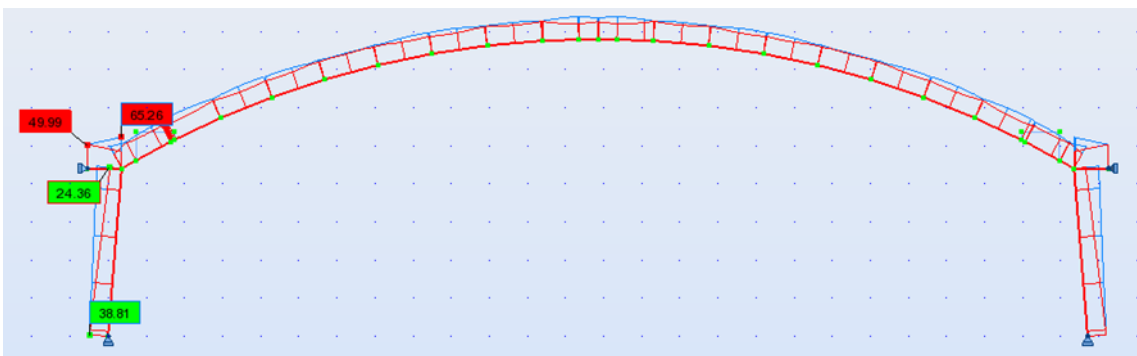
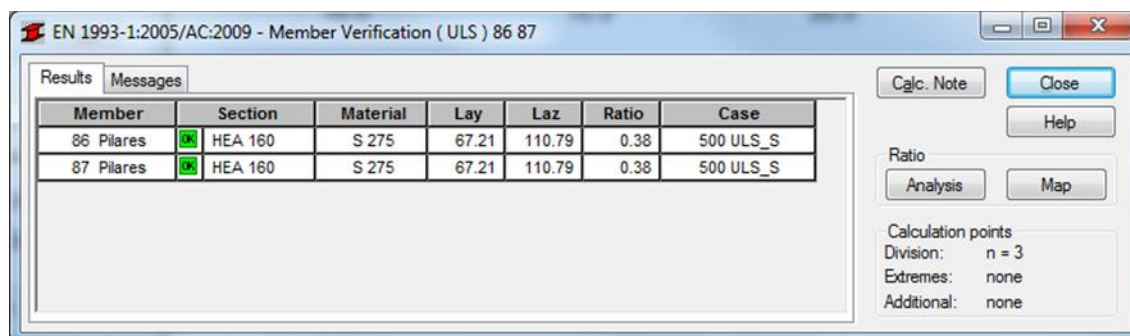


Ilustração 19 - Tensões Máximas e Mínimas

#### 4.9.1.3 Verificação de um Pilar

Resultado do programa de cálculo com a verificação de segurança segundo o Eurocódigo 3 Parte 1 - 1 (14) do pilar significativo. Ver Quadro 13 - Resumo dos Rácios de Verificação dos Pilares.



Member	Section	Material	Lay	Laz	Ratio	Case
86 Pilares	HEA 160	S 275	67.21	110.79	0.38	500 ULS_S
87 Pilares	HEA 160	S 275	67.21	110.79	0.38	500 ULS_S

Quadro 13 - Resumo dos Rácios de Verificação dos Pilares

#### 4.9.1.4 Verificação de uma Viga

Resultado do programa de cálculo com a verificação de segurança, segundo o Eurocódigo 3 Parte 1 - 1 (14) da viga significativa. Ver Quadro 14 - Resumo dos Rácios de Verificação das Vigas.

Member	Section	Material	Lay	Laz	Ratio	Case
278 Vigas	OK IPE 330	S 275	95.50	123.00	0.43	500 ULS_S
295 Vigas	OK IPE 330	S 275	95.50	123.00	0.43	500 ULS_S
279 Vigas	OK IPE 330	S 275	95.50	123.00	0.43	500 ULS_S
294 Vigas	OK IPE 330	S 275	95.50	123.00	0.43	500 ULS_S
280 Vigas	OK IPE 330	S 275	95.50	123.00	0.42	500 ULS_S
293 Vigas	OK IPE 330	S 275	95.50	123.00	0.42	500 ULS_S
287 Vigas	OK IPE 330	S 275	95.50	123.00	0.41	500 ULS_S
286 Vigas	OK IPE 330	S 275	95.50	123.00	0.41	500 ULS_S
282 Vigas	OK IPE 330	S 275	95.50	123.00	0.41	500 ULS_S
291 Vigas	OK IPE 330	S 275	95.50	123.00	0.41	500 ULS_S
281 Vigas	OK IPE 330	S 275	95.50	123.00	0.40	500 ULS_S
292 Vigas	OK IPE 330	S 275	95.50	123.00	0.40	500 ULS_S
283 Vigas	OK IPE 330	S 275	95.50	123.00	0.40	500 ULS_S
290 Vigas	OK IPE 330	S 275	95.50	123.00	0.40	500 ULS_S
284 Vigas	OK IPE 330	S 275	95.50	123.00	0.40	500 ULS_S
289 Vigas	OK IPE 330	S 275	95.50	123.00	0.40	500 ULS_S
285 Vigas	OK IPE 330	S 275	95.50	123.00	0.40	500 ULS_S
288 Vigas	OK IPE 330	S 275	95.50	123.00	0.40	500 ULS_S

Calc. Note    Close  
Help  
Ratio  
Analysis    Map  
Calculation points  
Division: n = 3  
Extremes: none  
Additional: none

Quadro 14 - Resumo dos Rácios de Verificação das Vigas

#### 4.10 Análise dos Resultados

Com os esforços aqui analisados, nos dois elementos principais da estrutura, pilares e vigas, temos rácios inferiores a 50%, que asseguram uma robustez da estrutura proposta, com grau positivo de segurança.



## 5 PREFABRICAÇÃO DO TETO FALSO NA METALOVIANA

A prefabricação é uma solução construtiva onde o produto é decomposto em componentes, fabricados separadamente em oficina/estaleiro, depois transportados, sendo posteriormente montados e interligados em obra.

A prefabricação da estrutura do teto falso foi efetuada nas instalações da Metaloviana, distribuída pelas três unidades produtivas, que dispõem, anexo II planta instalações Metaloviana, anexo III planta instalações Caravela e anexo IV instalações Cerâmica Rosas. Toda a estrutura foi modelada no programa “tekla structures”, ver Ilustração 20 – Pormenor da Modelação da Estrutura do Teto Falso em Estudo, pelo departamento técnico, com o detalhe criterioso da estrutura, onde se consegue a eficiência de fabricação e da montagem, ganho de produtividade, maior brevidade, rentabilidade e minimização de desperdícios materiais.

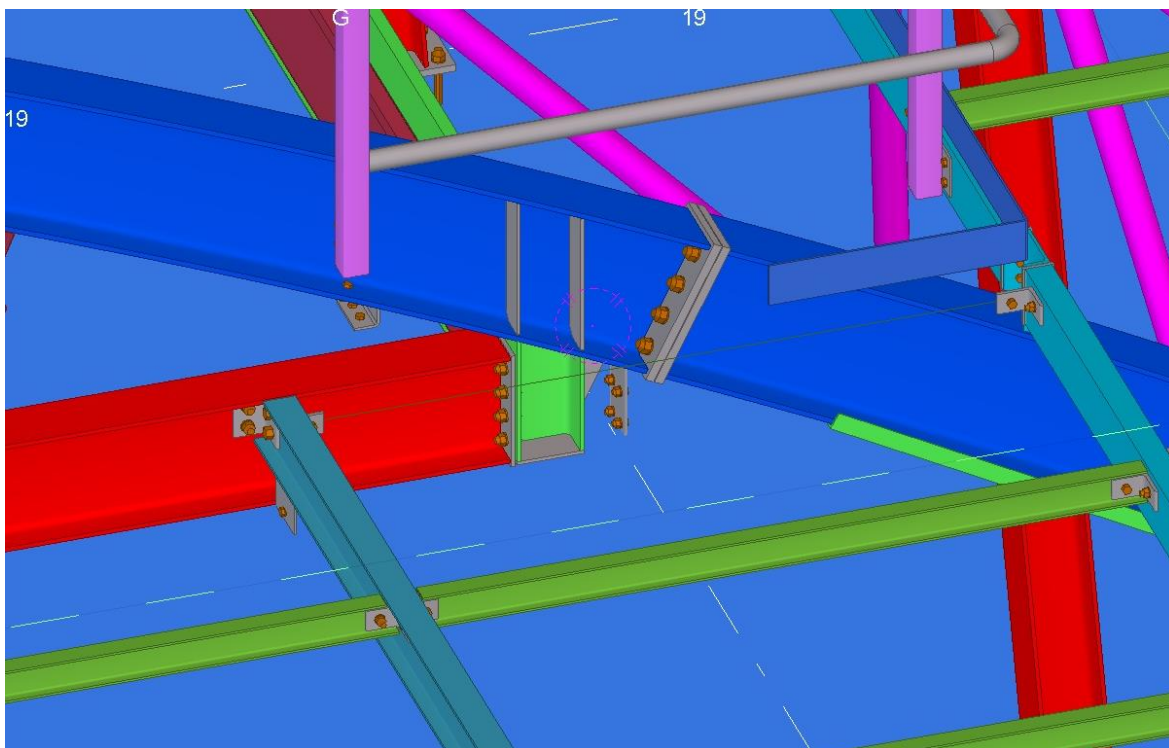


Ilustração 20 – Pormenor da Modelação da Estrutura do Teto Falso em Estudo

A fabricação da estrutura metálica seguiu um processo industrial, caracterizado pela racionalização, com o cumprimento detalhado e rigoroso do projeto.

Com as quantidades globais e parciais de toda a estrutura é criada uma programação para a compra da matéria-prima para entrar no planeamento e posterior execução em oficina.

Todo o processo de fabrico da estrutura foi faseado e é resultante de uma sequência lógica nas instalações Metaloviana, como foi referido anteriormente. Assim, na linha de montagem, foi considerado o molde e/ou programação de máquinas para as diferentes operações a executar, direcionadas à construção do teto falso VNIII.

O aço estrutural passou por várias operações ao longo da prefabricação das estruturas. As operações executadas foram:

- Manuseamento e corte de matérias;
- Execução de moldes;
- Traçagem;
- Operações de fabrico;
- Furação;
- Desempeno, dobragem e calandragem;
- Soldadura;
- Acabamentos;
- Controlo de qualidade;
- Limpeza e pintura;
- Embalagem e transporte.

Descrevo alguns dos processos aplicados pela Metaloviana na elaboração da estrutura do teto falso da Central VNII.

## 5.1 Manuseamento

A movimentação dos materiais no processo de fabrico aumenta o custo e diminui a qualidade.

São usados equipamentos fixos, tais como: talhas e braços giratórios para pequenas cargas localizadas e equipamentos móveis como as pontes em consola, guinchos em monovias, pontes rolantes, que por serem adequadas a múltiplas situações, deixam livre o piso da fabricação.

Como equipamentos complementares, não ligados à estrutura de fábrica e, normalmente utilizados no transporte transversal de cargas, são usados veículos sobre trilhos (ponte rolante), empilhadores, auto-gruas, camiões e mesas transportadoras. Ver Ilustração 21 - Manuseamento de Materiais.



Ilustração 21 - Manuseamento de Materiais

A evolução do processo permite-nos, numa conceção moderna, trabalhar com materiais em movimento automático, entre processos automáticos de fabricação. Parte num futuro próximo para uma implementação e operação dos sistemas de movimentação inteligente,

numa filosofia onde a melhor movimentação de materiais é a de ter o mínimo movimento possível.

## 5.2 Curvatura

A curvatura interior de 23.23 m nas vigas IEP330, foi efetuada com a Calandra a frio. Para alcançar este raio de curvatura nas vigas IEP330, foram necessárias sete passagens na Calandra. Ver Ilustração 22 – Calandra.



Ilustração 22 – Calandra

Depois foram transportadas para a oficina Caravela para continuarem na linha de montagem.

## 5.3 Corte

No material, fornecido com comprimento maior do que o desejável, é necessário efetuar um corte para as medidas de projeto, que pode ser feito por tesouras, serras ou outras unidades de corte. O processo usual são os cortes mecânicos ou térmicos, dependendo das etapas de fabricação e da complexidade do trabalho.

### 5.3.1 Corte Mecânico

Para se processar o corte mecânico de peças de aço, são utilizadas serras, guilhotinas e tesouras, para espessuras até 25 mm. As serras são mais utilizadas para cortes de perfis e a guilhotina para corte de chapa, em vários ângulos. Para as cantoneiras são utilizadas máquinas similares, capazes de cortar as duas abas ao mesmo tempo, máquinas utilizadas no corte do material do teto falso, escoras, tirantes e gradeamentos, ver Ilustração 23 - Máquinas de Corte.

Podem ser realizados cortes e furação automática por CNC.



Ilustração 23 - Máquinas de Corte

### 5.3.2 Corte Térmico

O comprimento certo das vigas e pilares foi conseguido com recurso a maçarico a gás, ver Ilustração 24 - Viga IPE330 para Corte, por serem peças de grandes dimensões e de espessura considerável.



Ilustração 24 - Viga IPE330 para Corte

### 5.3.3 Corte a Chama

Conhecido como Oxicorte, é um processo no qual o metal é aquecido a uma temperatura de pré-aquecimento (conhecida como temperatura de ignição) inferior ao ponto de fusão, através de uma chama de oxigênio e gás combustível. Em seguida, o metal é oxidado rapidamente pelo oxigênio de corte e o óxido formado é fundido e removido continuamente pela ação do jato de oxigênio.

### 5.3.4 Corte a Plasma

Os três estados da matéria normalmente conhecidos são sólido, líquido e gasoso. Aumentando o nível de energia obtém-se o quarto estado, conhecido como plasma. O processo de corte a plasma utiliza um arco transferido, confinado, para cortar metais.

Este arco é estabelecido por uma corrente direta, na qual o eletrodo é conectado ao polo negativo e a peça de trabalho ao positivo. Uma descarga de alta voltagem eleva consideravelmente o nível de energia, transformando o gás aquecido em gás plasma,

atingindo temperaturas superiores a 15000 °C. O calor do arco confinado é concentrado em uma área específica da peça, atingindo o seu ponto de fusão. As partículas fundidas são continuamente removidas pelo jato de plasma para produzir o corte. Ver Ilustração 25 - Máquina de Corte a Plasma, utilizado na oficina Metaloviana para o corte de chapa.

O processo de corte a plasma pode ser manual ou mecanizado, dependendo do material, espessura e nível de produção.



Ilustração 25 - Máquina de Corte a Plasma

Atualmente estes equipamentos são CNC e possuem sensores de altura (distância constante do bico à chapa) permitindo velocidades de corte elevadas com excelentes acabamentos. Os sistemas de amperagens elevadas produzem ruídos, fumaça e radiações ultravioletas.

#### 5.4 Execução de Moldes

O molde é a primeira peça a ser executada. O molde é executado em tamanho real em oficina, com o desenho do projeto, para dar início a prefabricação em série das restantes peças.

As vigas e pilares foram as primeiras peças a serem feitas e serviram de molde para a execução das restantes peças. Ver Ilustração 26 - Molde dos Pilares e das Vigas.



Ilustração 26 - Molde dos Pilares e das Vigas

Para as restantes peças o molde foi concebido com marcações na própria banca de trabalho. Ver Ilustração 27 - Molde de Escoras e Tirantes.

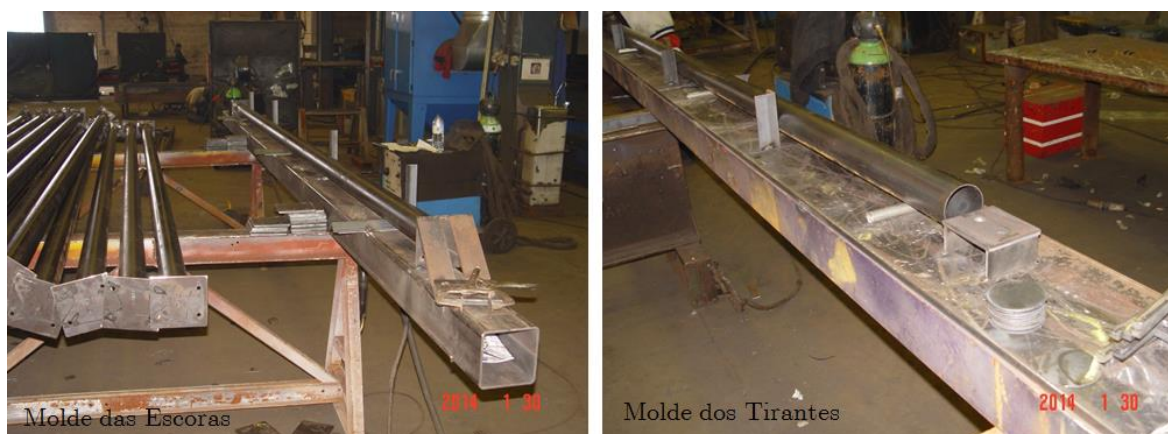


Ilustração 27 - Molde de Escoras e Tirantes

Atualmente, já muitas operações antes executadas com moldes, são feitas com máquinas controladas numericamente, onde os dados do projeto são transferidos para a máquina/ferramenta, para a execução de cortes/furação na peça a executar.

## 5.5 Traçagem

Apesar da integração e automação industrial ser uma realidade nas fábricas de estruturas metálicas, uma peça, ou uma pequena quantidade de material, é destinado para corte, dobragem, furação, entre outras actividades. Esta peça passa antecipadamente pelo sector de traçagem, onde são transferidas as informações necessárias para fabricação das restantes peças, de acordo com o desenho e normas técnicas.

Assim como a confecção dos moldes, a etapa de traçagem de furos e cortes diretamente sobre a peça, estão em desuso, graças ao atual emprego de máquinas e ferramentas CNC.

## 5.6 Furação

A furação das chapas metálicas de ligação foram efetuadas em máquinas semiautomáticas e automáticas através dos elementos CNC. Ver Ilustração 28 - Furação.



Ilustração 28 - Furação

### 5.6.1 Soldadura

A soldadura utilizada nas ligações soldadas de toda a estrutura do teto falso foi pelo processo MIG/MAG, soldadura por arco elétrico com gás de proteção, ver Ilustração 29 - Soldadura.



Ilustração 29 - Soldadura

### 5.7 Acabamento

Depois das operações nas peças transformadas, as superfícies são limpas, e no caso da soldadura, a limpeza é efetuada com a rebarbadora. Ver Ilustração 30 - Limpeza de Superfícies.

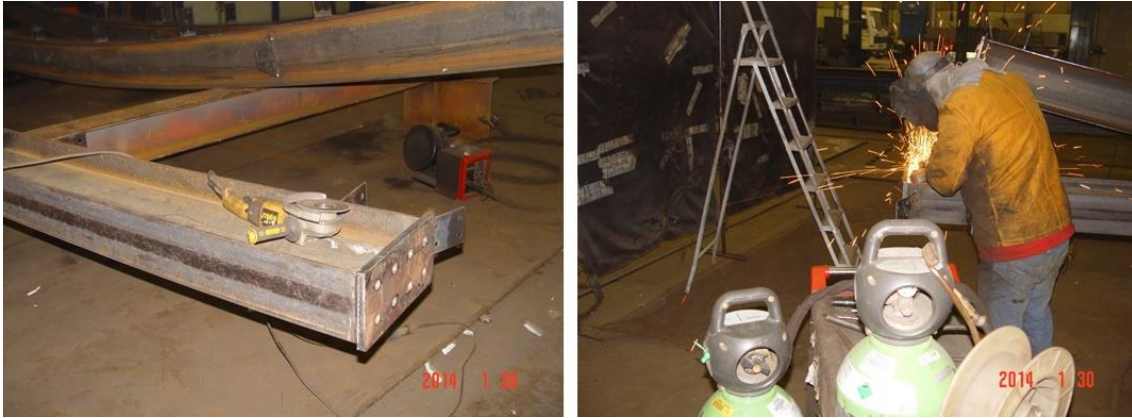


Ilustração 30 - Limpeza de Superfícies

## 5.8 Decapagem

Decapagem é um tratamento de superfície, onde ocorre o processo de remoção de camadas de óxidos formadas sobre superfícies metálicas, decorrente das altas temperaturas, em etapas de fabricação, como tratamentos térmicos e soldaduras, dos óxidos de ferro (ferrugem) formados por exposição do material a ações da erosão pela natureza.

É no turno da noite que a Metaloviana utiliza o processo mecânico de decapagem automática de granalha de aço. Ver Ilustração 31 - Cabine de Decapagem.



Ilustração 31 - Cabine de Decapagem

### 5.8.1 Pintura

Após conclusão do processo de fabrico da estrutura metálica do teto falso da central VNIII, as peças são escovadas, limpas e aplicada a pintura com equipamentos AIRLESS.

A pintura airless caracteriza-se por ser um tipo de pintura no qual a tinta é pulverizada por um equipamento de alta pressão, de maneira direta na superfície que receberá a pintura. Isso proporciona alto rendimento, além da rapidez, o processo gera alta qualidade e grande versatilidade.

Todos os furos são antecipadamente pintados a pincel.

Para maior qualidade, a aplicação da tinta só é levada a cabo com o controlo da temperatura e da humidade, efectuado pelo departamento da qualidade.

As superfícies são pintadas primeiramente com duas camadas de primário. Ver Ilustração 32 – Primário.



Ilustração 32 – Primário

Seguidamente, aplica-se a tinta final na estrutura metálica do teto falso. Ver Ilustração 33 - Pintura Final.



Ilustração 33 - Pintura Final

## 5.9 Embarque

As três instalações têm zonas para a colocação de peças prontas e embaladas para embarque, alguns dos elementos do teto falso prontos para o carregamento em camião.

Ver Ilustração 34 – Embarque.



Ilustração 34 – Embarque



## 6 MONTAGEM DO TETO FALSO NA SALA DE COMANDO DA CENTRAL VENDA NOVA III

A montagem do teto falso da sala de comando do reforço de potência da Central Venda Nova III, foi realizado por uma equipa especializada para o efeito, da Metaloviana.

### 6.1 Transporte

Os elementos prefabricados do teto falso da Central VNIII, foram transportados das instalações da Metaloviana para a Central VNIII, por camião da empresa que tem licença anual e permite transportar peças com comprimento admissível de 25 m, largura admissível 3 m, altura admissível de 4,6 m e peso admissível de 30 t, pela estrada Nacional. Ver Ilustração 35 - Camião Metaloviana.



Ilustração 35 - Camião Metaloviana

O acesso à Caverna da Central VNIII, para descarga do material é concretizada pelo túnel de acesso. As entradas no túnel têm de ser coordenadas, pois o túnel não suporta o cruzamento de camiões. Ver Ilustração 36 - Descarga Material na Sala de Comando da Central VNIII.

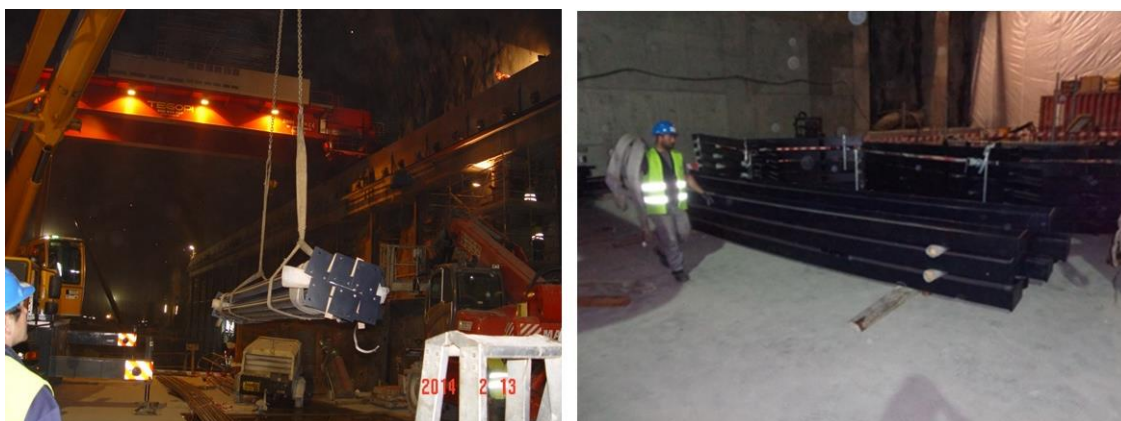


Ilustração 36 - Descarga Material na Sala de Comando da Central VNIII

Com o espaço reduzido para a colocação de material em obra, é necessário um maior número de cargas, seleção dos elementos a transportar em função do espaço e das necessidades para a montagem da obra, uma maior coordenação com a equipa de montagem.

## 6.2 Montagem

A montagem é condicionada por distintos métodos construtivos, recorrendo-se, essencialmente, a meios de elevação, para a montagem das peças prefabricadas, auto-gruas, gruas-torre ou outros meios. Esta é condicionada pelas características das peças, nomeadamente:

- Peso dos elementos;
- Altura da estrutura, isto é, as alturas de colocações dos elementos que devem ser transportados pelos meios de elevação;
- Condições de acesso e topologia da área de implementação da obra;
- Natureza dos elementos a montar (estruturas lineares ou não lineares);
- Envergadura da obra.

A montagem do teto falso é uma obra com características especiais com uma dificuldade elevada de montagem, pela altura do teto falso, pelo pouco espaço disponível e partilhado por diversas equipas a operar e pelos recursos disponíveis em obra, etc.

A montagem foi efetuada predominantemente no turno da noite, mesmo assim podia ser interrompida e o turno alterado em função da disponibilidade das auto-gruas e das duas pontes rolantes existentes em obra. Ver Ilustração 37 - Gruas.

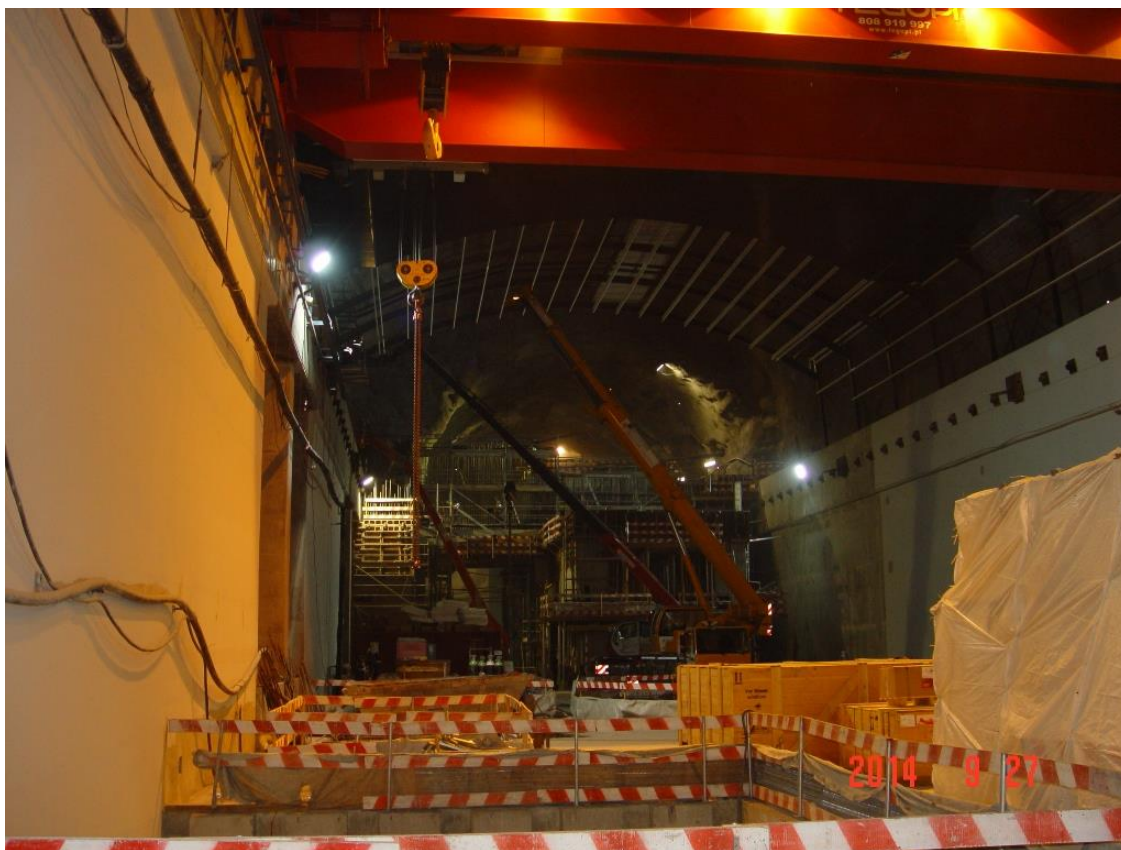


Ilustração 37 - Gruas

De salientar que a atividade de montagem do teto falso, não sendo uma atividade crítica que ponha em causa o prazo de conclusão da obra, o tempo despendido na sua construção foi dilatado com uma grande mobilidade da equipa especializada da Metaloviana.

Outro motivo que contribuiu para o alongamento do prazo de montagem do teto falso, foi o condicionamento criado pela betonagem da laje do piso da sala de comando. Essa betonagem foi progressiva e realizada em troços, à medida da conclusão da construção dos pisos inferiores. O apoio logístico para a construção do teto através dos pisos inferiores era inviável.

O teto falso desenvolve-se em toda a cobertura da sala de comando da central VNIII, apoiado nas vigas que suportam as duas pontes rolantes que auxiliam na construção da central VNIII e vai servir para a manutenção do equipamento da mesma ao longo da sua vida útil.

A montagem começou com uma equipa de topografia, com a marcação dos alinhamentos e posição dos pilares nas vigas que suportam a ponte rolante.

Foram seguidas várias sequências de montagem, devido à diversidade dos recursos existentes, sem pôr em causa a segurança da estrutura e dos trabalhadores que laboram em obra.

Inicialmente foram montados dois pilares com amarração na base da viga da ponte rolante e ligação pilar/parede. Depois, colocadas as escoras entre os pilares, para receberem as vigas de cobertura. Ver Ilustração 38 – Pilar.



Ilustração 38 – Pilar

Antes da sua colocação, a viga é montada no piso da sala de comando da central com a ligação a meio vão viga/viga, para depois ser posta no teto, com ajuda de uma auto-grua. Em simultâneo, com ajuda de outra auto-grua, foram elevados trabalhadores para efetuarem as ligações aparafusadas viga/viga a um décimo do vão.

Depois foram colocados os restantes contraventamentos na estrutura, progressivamente pórtico a pórtico e as madres apoiadas nas vigas, para receberem as chapas que constituem o teto falso e os passadiços.

Noutra sequência de montagem, primeiro foram montadas as escoras, com a amarração da ligação aparafusada ao pilar do pórtico a montante. Uma das escoras foi amarrada com uma cinta provisória ao maciço rochoso, para segurança do pilar na montagem e no trabalho em altura, com ajuda de uma auto-grua. Ver Ilustração 39 - Colocação de Escoras.



Ilustração 39 - Colocação de Escoras

Com os varões roscados chumbados na viga de suporte da ponte rolante, para receber o pilar, este é içado para o local, com ajuda de uma auto-grua e, com ajuda de outra auto-grua a suportar trabalhadores, o pilar é posicionado no local e são realizadas as ligações

roscadas pilar/viga da ponte rolante e a ligação escora/pilar. Ver Ilustração 40 - Colocação de Pilar

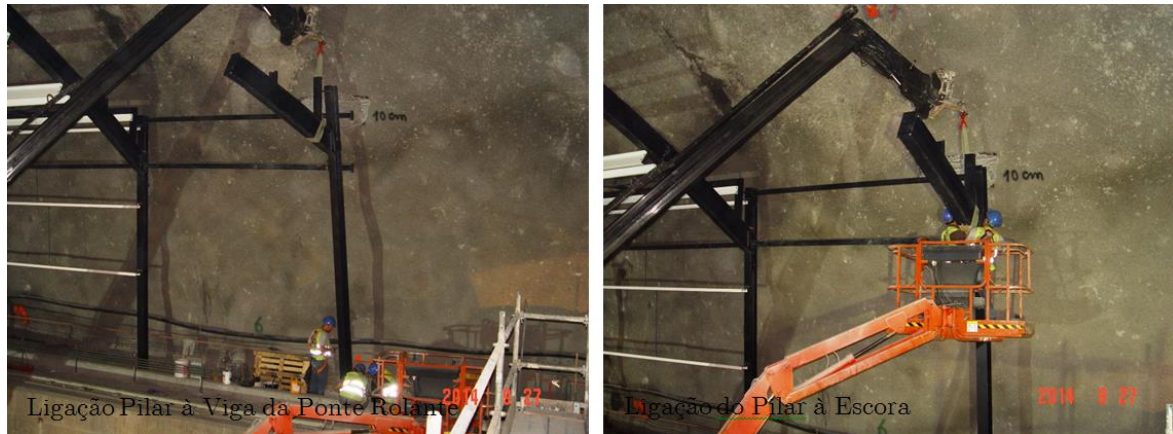


Ilustração 40 - Colocação de Pilar

Com esta sequência de montagem de pilares, pode ser montado mais do que um, antes da montagem da viga de cobertura. Estando montados dois pilares do pórtico, um de cada lado da sala de comando, são processadas as vigas, conforme o anteriormente relatado.

Até à data, da conclusão do relatório de estágio, faltava montar o último pórtico do teto falso da central VNIII, algumas chapas e os restantes passadiços. Ver Ilustração 41 - Teto Falso da Central VNIII.



Ilustração 41 - Teto Falso da Central VNIII

### 6.3 Ligações entre Elementos Estruturais

As ligações foram dimensionadas de acordo com os esforços a transmitir, o momento fletor, momento torsor e a combinação de outros aspetos, levando-se em consideração a tolerância, requisitos de ligação, facilidade de execução e inspeção.

Sendo as ligações um ponto fraco das estruturas prefabricadas, devem existir as mínimas possíveis e em pontos da estrutura que suportam um menor esforço.

As ligações são vantajosas na fabricação, com a construção de elementos mais pequenos, para uma maior facilidade de transporte e em pontos que facilitem a montagem da estrutura.

A viga de cobertura, tem ligação viga/viga a meio vão, 1/2, e a um décimo, 1/10, facilitando a construção, o transporte e a montagem.

São apresentados algumas ligações da estrutura.

### 6.3.1 Ligação Pilar/Vigas da Ponte Rolante

O teto falso está apoiado nas vigas que também suportam a ponte rolante no teto da caverna da Central VNIII. Ver Ilustração 42 – Corte das Vigas Suporte da Ponte Rolante e do Teto Falso da Central VNIII.

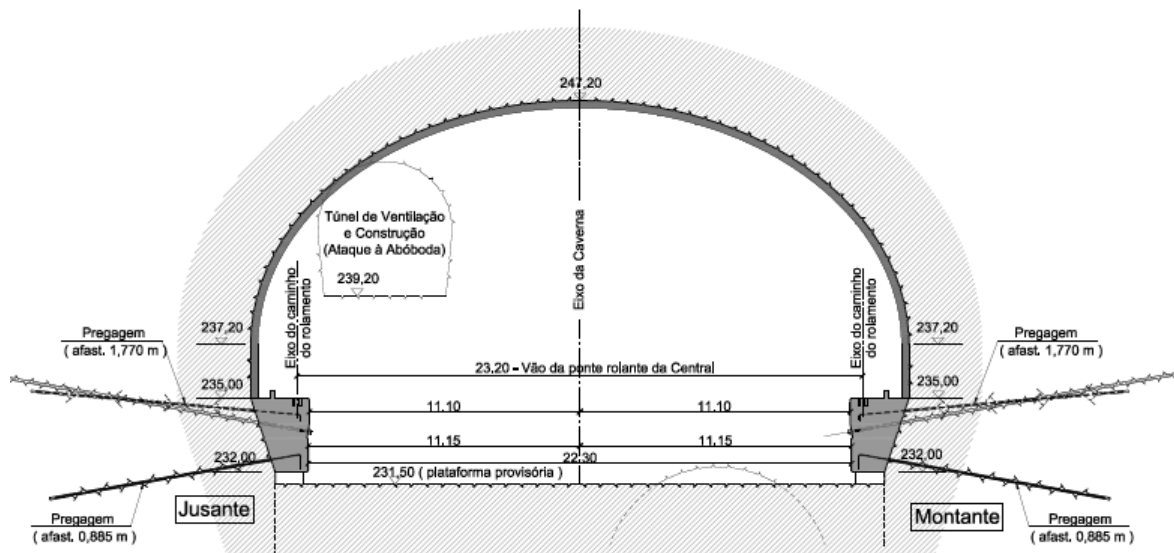


Ilustração 42 – Corte das Vigas Suporte da Ponte Rolante e do Teto Falso da Central VNIII

Estas vigas estão apoiadas em pilares e ancoradas e pregadas ao maciço rochoso. Ver Ilustração 43 - Pormenor de Uma das Vigas de Apoio da Ponte Rolante e Teto Falso da Central VNIII.

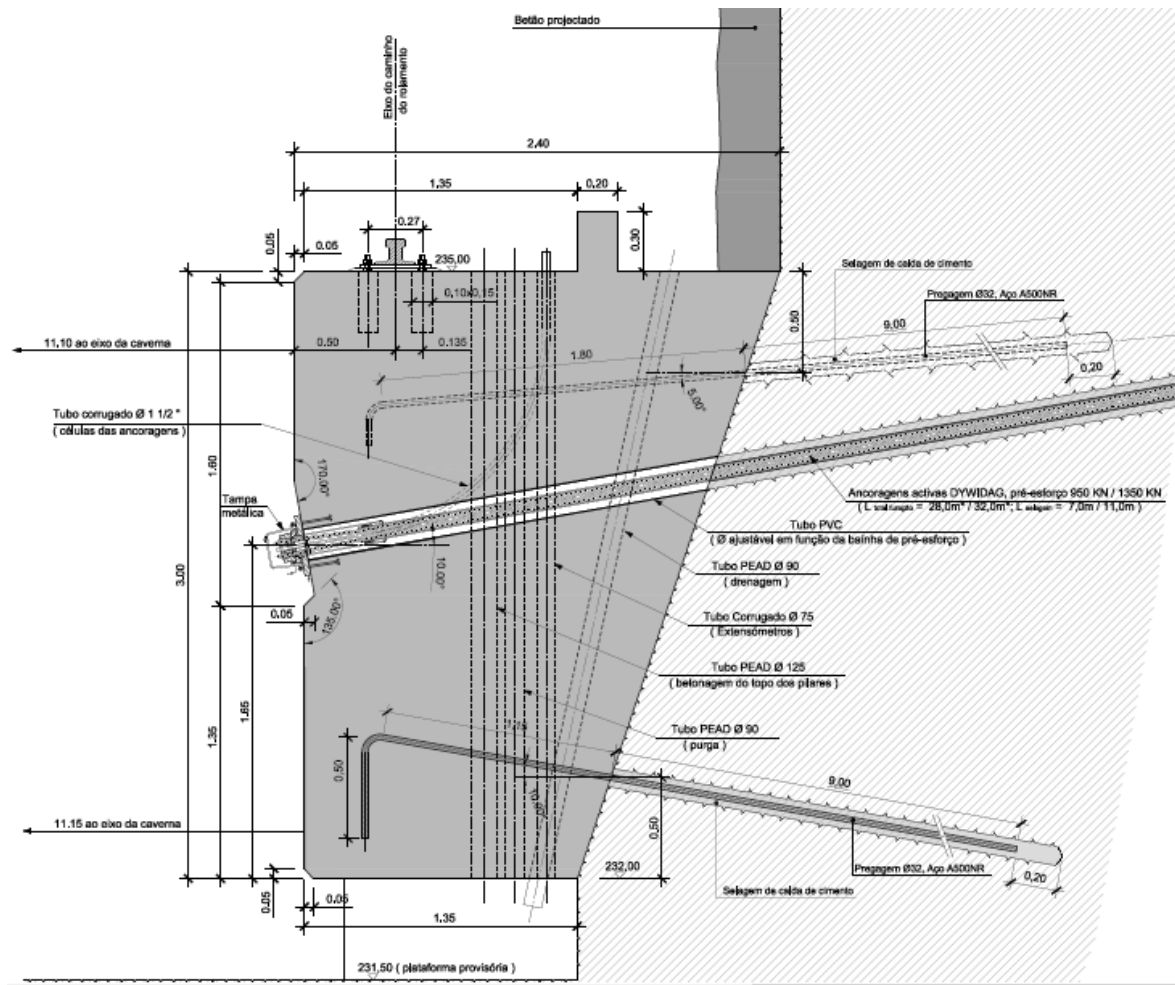


Ilustração 43 - Pormenor de Uma das Vigas de Apoio da Ponte Rolante e Teto Falso da Central VNIII

A ligação do pilar à viga da ponte rolante é efetuado com uma chapa, com seis furos, aparafusada a varões roscados M20 chumbados na viga de apoio da ponte rolante com bucha química.

É efetuada a preparação do maciço, com o negativo procedesse à marcação dos furos, no local de implantação do pilar, os furos são concretizados à profundidade para o chumbadouro dos varões roscados. Ver Ilustração 44 - Furação



Ilustração 44 - Furação

É colocado a resina furo a furo com a introdução dos varões roscados M20 e apromados na vertical e ajustados na posição correta com o negativo para solidificação. Ver Ilustração 45 - Varões Roscados M20



Ilustração 45 - Varões Roscados M20

Assim, a base fica pronta a receber o pilar que depois de colocado é aparafusado com porca metálica. Ver Ilustração 46 - Ligação Pilar/Viga da Ponte Rolante



Ilustração 46 - Ligação Pilar/Viga da Ponte Rolante

### 6.3.2 Ligação Pilar/Parede

O impulso horizontal originado pelo efeito da viga em arco, é absorvido lateralmente pela rocha que envolve a estrutura, por uma ligação articulada que liga a parte superior do pilar à parede rochosa. A articulação é composta por uma chapa de ancoragem com quatro varões roscados chumbados com bucha química. A rótula está unida por uma cavilha de aço com diâmetro de quarenta milímetros. O corpo que liga a rótula ao pilar é em perfil HE140B soldado à chapa que, por sua vez, aparafusa ao pilar com oito parafusos e porca metálica. Ver Ilustração 47 - Rótula de Ligação Pilar/Parede.



Ilustração 47 - Rótula de Ligação Pilar/Parede

A rótula apresenta várias medidas de comprimentos, dado a abertura ter sido feita por escavação e explosões que provocaram a irregularidade da superfície. Esta, está revestida com uma camada superficial de betão projetado. Abaixo, pode ver-se a ligação superior do pilar à parede envolvente, do teto falso da Central VNIII, através da Ilustração 48 - Ligação Pilar/Parede.



Ilustração 48 - Ligação Pilar/Parede

### 6.3.3 Ligação Pilar/Viga

A ligação viga pilar é uma ligação soldada em oficina. Ver Ilustração 49 - Ligação Pilar/Viga.



Ilustração 49 - Ligação Pilar/Viga

### 6.3.4 Ligação Viga/Viga

A viga de cobertura, tem uma ligação viga/viga a meio vão e duas a um décimo do vão. Estas são ligação de flange metálico aparafusado com parafusos e porcas metálicas. Ver Ilustração 50 - Ligação Viga/Viga.



Ilustração 50 - Ligação Viga/Viga

As restantes ligações efetuadas em obra foram feitas com parafuso e porca metálica.

### 6.3.5 Ligação Pilar/Tirante

A ligação Pilar/Tirante é realizada em oficina com a soldadura da flange com dois furos ao pilar. Ver Ilustração 51 - Ligação Pilar/Tirante.



Ilustração 51 - Ligação Pilar/Tirante

### 6.3.6 Ligação Tirante/Tirante

A ligação tirante/tirante ostenta dois tipos de ligação, uma que é soldada e realizada em oficina e outra aparafusada e realizada, na montagem. Ver Ilustração 52 - Ligação Tirante/Tirante.



Ilustração 52 - Ligação Tirante/Tirante



## 7 CONCLUSÃO

Ao finalizar este Relatório de estágio, considerado o documento que se constrói e testemunha a travessia deste percurso formativo, revelo, numa perspetiva sucinta, positiva e crítico reflexiva, os aspetos mais significativos e que traduziram a aquisição de competências pela mobilização dos suportes teóricos, científicos e práticos, acumulados até ao presente.

Neste espaço, desenhado no processo curricular do grau de mestre, foram dinamizados todos os contributos das diversas unidades curriculares que facultaram a realização deste estágio estruturante que ora se concretiza com o êxito expectável.

Nas abordagens antecedentes, pretendeu-se esclarecer e apoiar cientificamente e, tanto quanto possível de modo sintetizado mas clarividente, todo o processo de acompanhamento da conceção, fabrico e montagem da estrutura metálica do teto falso da sala de comando de que está a ser alvo, a Central da VNIII, pela empresa Metaloviana.

Assim, atendeu-se à implantação, crescimento, expansão e solidez da empresa Metaloviana no concelho de Viana do Castelo, bem como à justificação e validação do projeto e ao cariz incomum da obra em concretização. Destaca-se, a participação do formando nesta obra, pela raridade circunstancial em que a mesma ocorre e, em paralelo, a sua coincidência no espaço temporal do estágio realizado.

Cabe, nesta conclusão, fazer referência à globalidade do aprendizado e que permitiu ascender a um nível de conhecimento específico e alargado na área da engenharia civil, por via da efetiva intervenção e impacte inextinguível. Logo, relativamente à empresa e para além do já anteriormente referido, registo alguns fatores condicionantes não negligenciados mas considerados, a serem minimizados com o crescimento sistematizado da mesma. Assim, salienta-se, como aspetos menos compensadores, em termos de produtividade, as instalações da empresa funcionarem em três unidades separadas, embora na mesma área

geográfica. Isto implica maior dispêndio de tempo nas deslocações, nos recursos e movimentações de peças de grandes e pequenas dimensões. No entanto, a empresa prima pelo prestígio que a qualidade lhe confere.

É imperativo referir, como fatores facilitadores, e mais uma vez, a aposta da empresa na formação contínua da excelente equipa de profissionais que se apresenta coesa e motivada. Este facto, reflete-se e reconhece-se no alcance de resultados que tem projetado a expansão da empresa a nível nacional e internacional, numa dimensão exímia e profícua.

Também, a elevada capacidade e diversidade de respostas, associada à tecnologia na maioria dos processos, promove os já firmados créditos e determinismo no seu crescimento.

Subjacente e em simultâneo, ao ultrapassar com sucesso as diferentes dificuldades inerentes ao estágio, como mestrando, demarca-se o privilégio de integrar esta equipa e o apropriar de competências que responderam completamente aos objetivos previstos.

## BIBLIOGRAFIA

1. CEN - COMITÉ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO. *Sistemas de gestão da qualidade*. Bruxelas : IPQ, 2000.
2. —. *Sistemas de gestão da qualidade*. Bruxelas : IPQ, 2008.
3. —. *Janelas e portas*. Bruxelas : IPQ, 2008.
4. CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. *Execution of steel structures and aluminium structures*. Bruxelas : s.n., 2008.
5. CEN - COMITÉ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO. *Sistemas de gestão ambiental*. Bruxelas : IPQ, 2004.
6. apcer - A Marcação da Certificação. Certificação de Sistemas de Gestão de Segurança e Saúde do Trabalho. *GUIA INTERPRETATIVO OHSAS 18001:2007 / NP 4397:2008*. Biblioteca Nacional sob o n.º 301043/09 : s.n., 2007.
7. Metaloviana. *Relatório de contas*. 2013.
8. EDP - Energias de Portugal. Venda Nova III. [Online] 2013. [http://www.a-nossa-energia.edp.pt/centros\\_produtores/info\\_tecnica.php?item\\_id=87&cp\\_type=&section\\_type=info\\_tecnica](http://www.a-nossa-energia.edp.pt/centros_produtores/info_tecnica.php?item_id=87&cp_type=&section_type=info_tecnica).
9. *DIRECTIVA 2009/28/CE DO PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO*. Jornal Oficial da União Europeia. 2009.
10. QUERCUS. ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA. [Online] 2011. <http://www.quercus.pt/comunicados/2012/janeiro/139-quercus-analisados-da-energia-eletrica-de-portugal-em-2011>.
11. edp serviço universal. Origens da Eletricidade. [Online] 2013. <http://www.edpsu.pt/pt/origemdaenergia/Pages/OrigensdaEnergia.aspx>.
12. CEN - COMITÉ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO. *Eurocódigo - Bases para projeto de estruturas*. Bruxelas : IPQ, 2009.

13. CEN - COMITÉ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO. *Eurocódigo 1 - Ações em estruturas. Parte 1 - 1: Ações gerais. Pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios.* Bruxelas : IPQ, 2009.
14. —. *Eurocódigo 3 - Projeto de estruturas de aço. Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios.* Bruxelas : IPQ, 2009.
15. —. *Eurocódigo 3 - Projeto de estruturas de aço. Parte 1-8: Projeto de ligações.* Bruxelas : IPQ, 2010.
16. Governo - Decreto-Lei n.º 235/83, de 31 de maio. *Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes.* s.l. : Diário da República n.º 125 - Série I. Assembleia da República., 1983.
17. Governo - Decreto-Lei n.º 211/86, de 31 de julho. *Regulamento de Estruturas de Aço para Edifícios.* s.l. : Diário da República n.º 174 - Série I. Assembleia da República, 1986.
18. CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. *Hot rolled products of structural steels - Part 2: Technical delivery conditions for non-alloy structural steels.* Bruxelas : s.n., 2004.
19. CEN - COMITÉ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO. *Continuously hot-dip coated steel flat products - Technical delivery conditions.* Bruxelas : s.n., 2009.
20. CEN - COMITÉ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO . *Eurocódigo 3 Projeto de estruturas de aço. Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios.* Bruxelas : IPQ, 2010.
21. CEN - COMITÉ EUROPEU DE NORMALIZAÇÃO. *Eurocódigo 2 - Projeto de estruturas de betão. Parte 1 - 1: Regras gerais e regras para edifícios.* Bruxelas : IPQ, 2010.

## ANEXOS

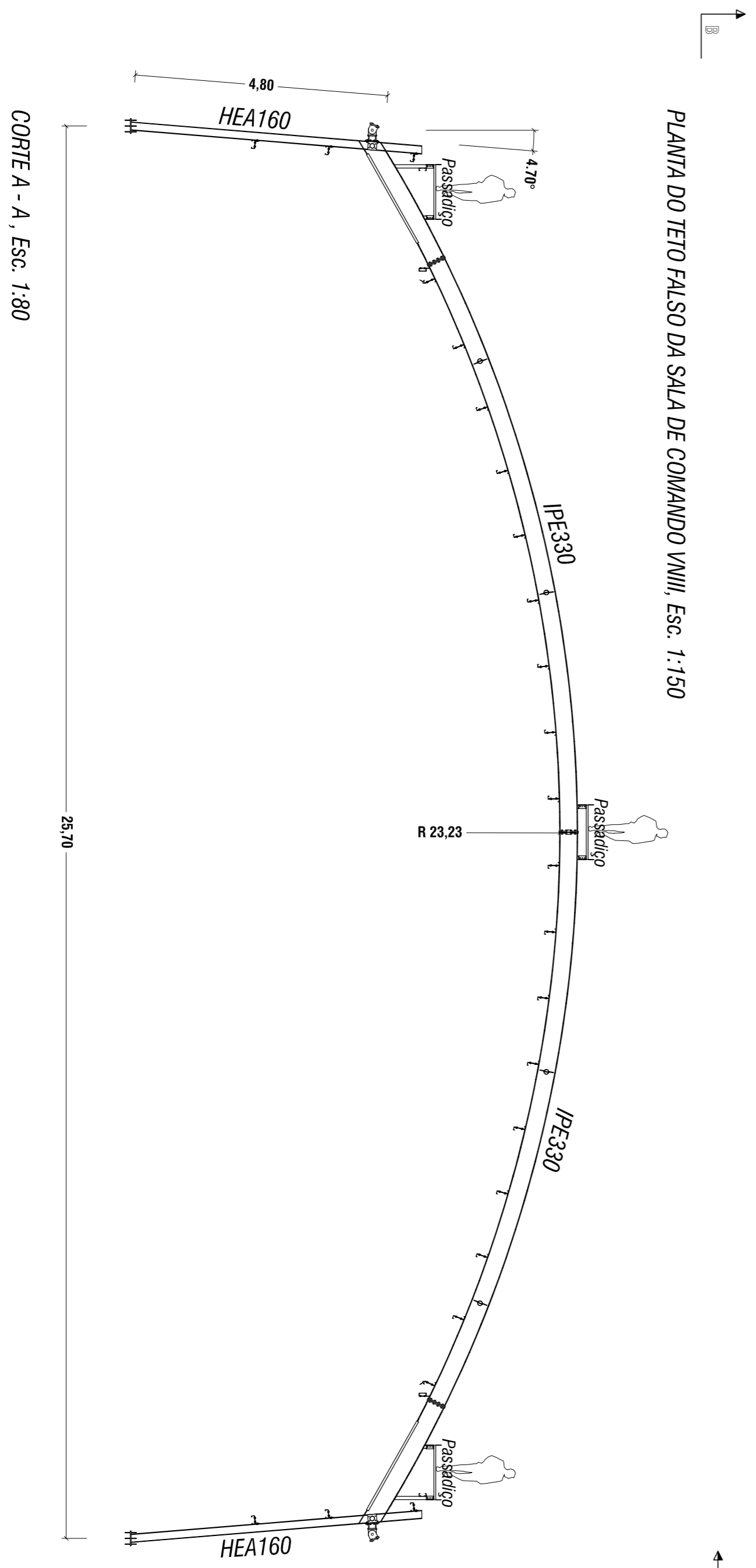
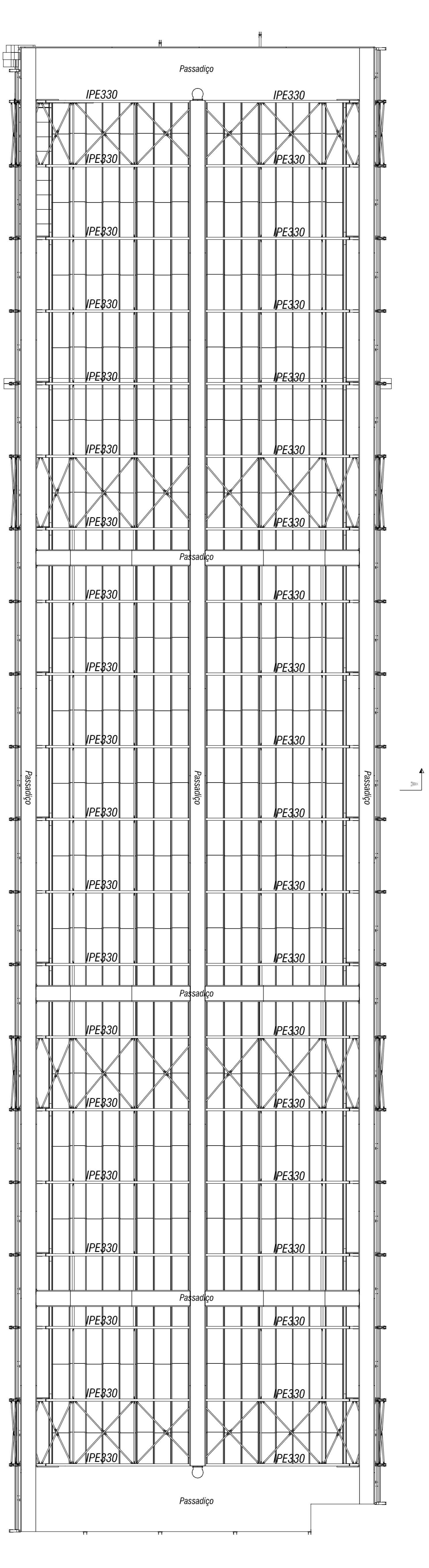
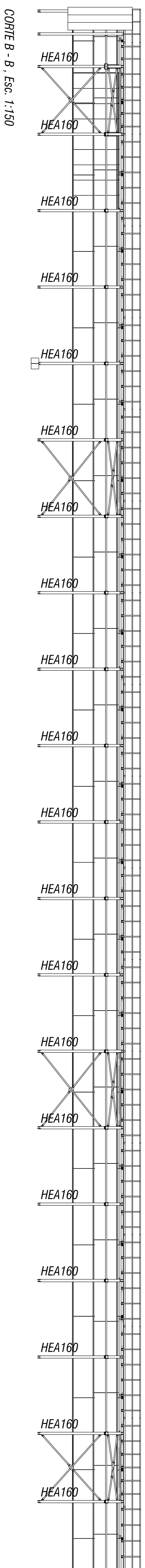


ANEXO I

PLANTA DO TETO FALSO DA SALA DE COMANDO VNIII, CORTE A - A e

CORTE B - B





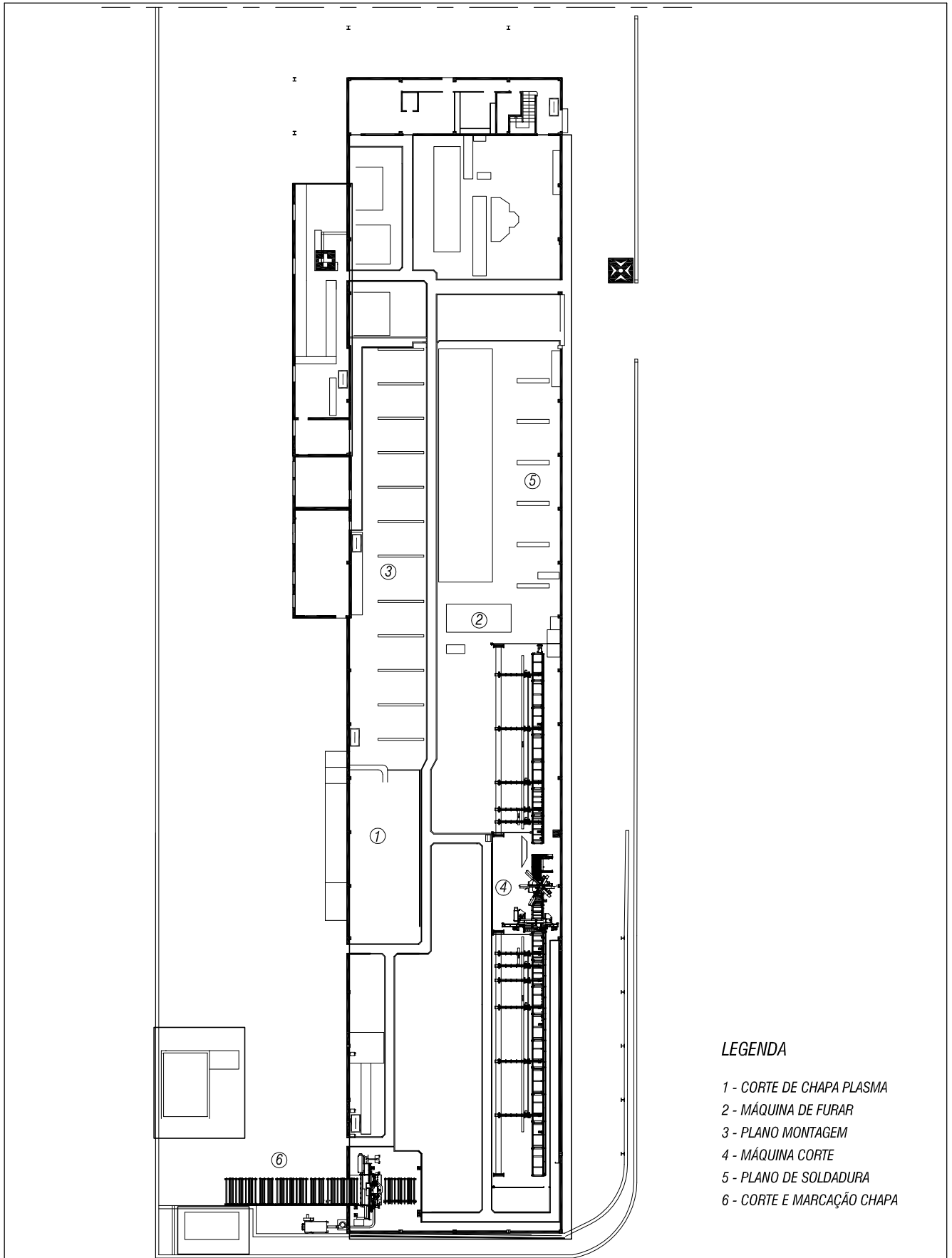
		0894 BARRAGEM TERMOQUÍMICA	
EPR Gestão de Produção de Energia, S.A.			
PLANTA TETO FALSO DA SALA DE COMANDO VIII, CORTE A - A e CORTE B - B			
PROJ. DE METALOMANA ENGENHARIA DE VIANA, S.A.	PROJ. F2122 201	ESC. 1:80 e 1:150	DATA JUNHO 2014



ANEXO II


PLANTA OFÍCINA METALOVIANA





**LEGENDA**

- 1 - CORTE DE CHAPA PLASMA
- 2 - MÁQUINA DE FURAR
- 3 - PLANO MONTAGEM
- 4 - MÁQUINA CORTE
- 5 - PLANO DE SOLDADURA
- 6 - CORTE E MARCAÇÃO CHAPA

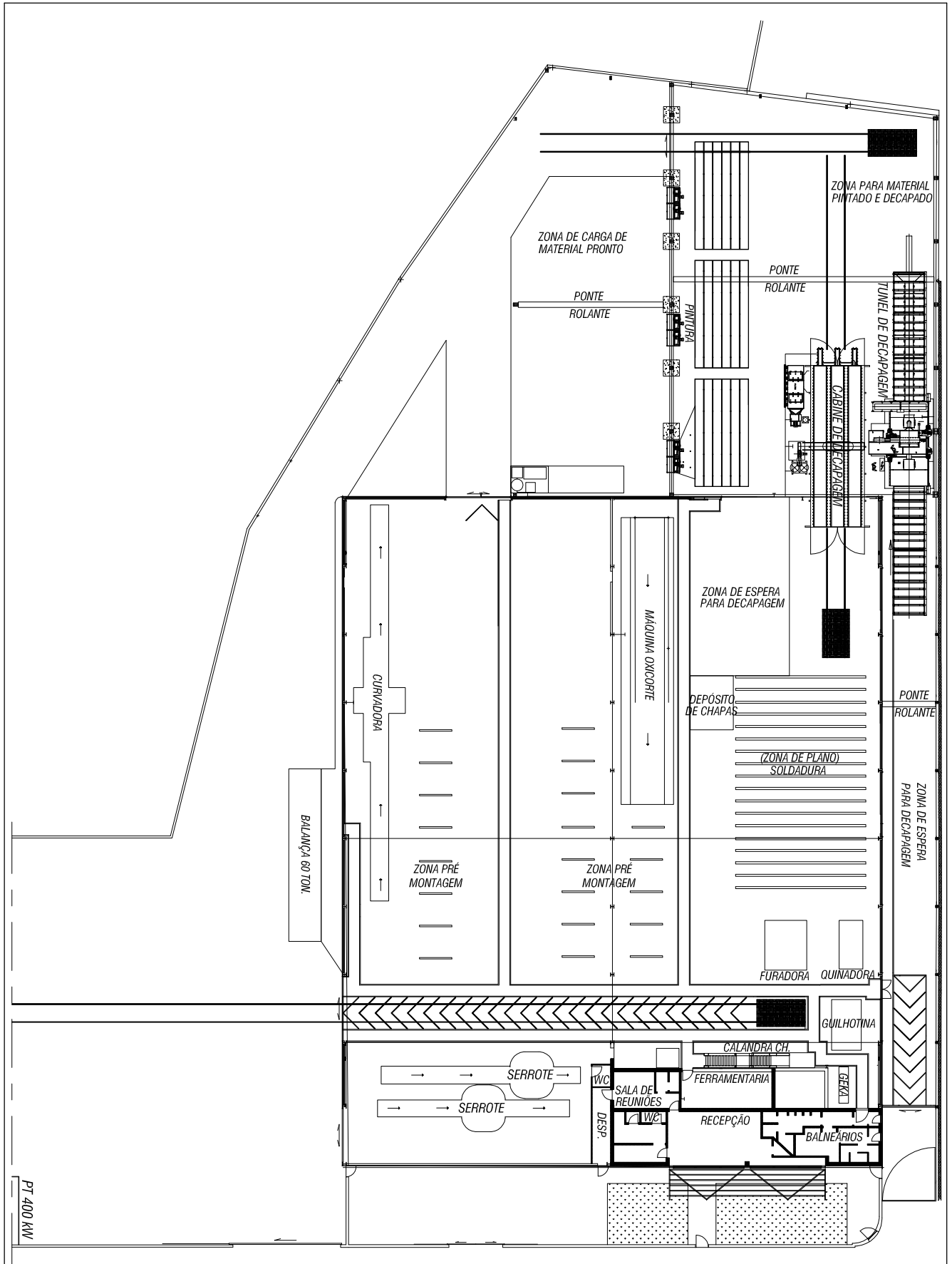
REQ.: METALOVIANA		OBRA: ZONA INDÚSTRIAL DE NEIVA - 2ª FASE VIANA DO CASTELO		
 <p>METALOVIANA METALURGICA DE VIANA, S.A.</p>	REF.	<b>PLANTA OFÍCINA METALOVIANA</b>		
	FASE.	PROJECTO	PROJ. N.º	01 - 2014
	PROJ.		ESC.	1:500
	DES.		DATA	FEVEREIRO 2014
			A.7	




ANEXO III

PLANTA OFÍCINA CARAVELA





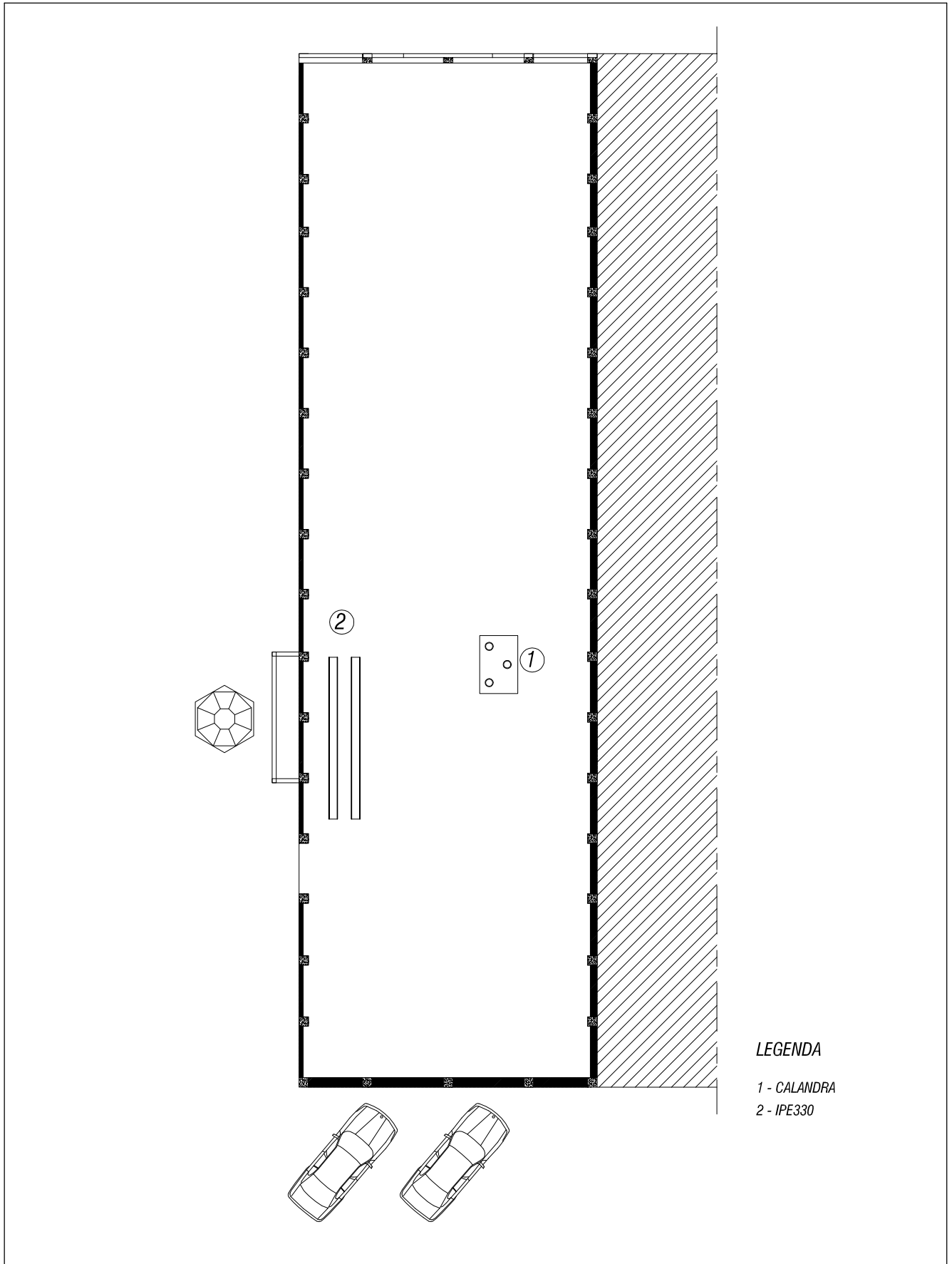
REQ.: METALOVIANA		OBRA: ZONA INDUSTRIAL DE NEIVA - 2ª FASE VIANA DO CASTELO	
	REF.	<b>PLANTA OFÍCINA CARAVELA</b>	
	FASE: PROJECTO	PROJ. N.º	01 - 2014
	PROJ.	ESC.	1:500
	DES.	DATA	FEVEREIRO 2014
			A.11



ANEXO IV


PLANTA CERÂMICA ROSAS





**LEGENDA**

- 1 - CALANDRA
- 2 - IPE330

REQ.: METALOVIANA		OBRA: RUA DA COSTEIRA ALVARÃES	
	REF. <b>PLANTA CERÂMICA ROSAS</b>		
	FASE. PROJECTO	PROJ. N.º	01 - 2014
	PROJ.	ESC.	1:500
	DES.	DATA	FEVEREIRO 2014
			A.15

