



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

**DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE PONTE-CAIS DE MADEIRA PARA
RESERVA NACIONAL DE MARROMEU**

Nome do autor:

Charles Albertino Carlos Matlava

Supervisores:

Eng.Rogério Pave (DECI-FEUEM)

Eng.Jorge Chipupure (Nyeleti Engenharia Lda)

Maputo, Maio de 2022



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

**DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE PONTE-CAIS DE MADEIRA PARA
RESERVA NACIONAL DE MARROMEU**

Nome do autor:

Charles Albertino Carlos Matlava

Supervisores:

Eng.Rogério Pave (DECI-FEUEM)

Eng.Jorge Chipupure (Nyeleti Engenharia Lda)

Maputo, Maio de 2022

Charles Albertino Carlos Matlava

Relatório de Estágio Profissional, apresentado Ao
Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de
Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane para
obtenção do Grau de Licenciatura em Engenharia Civil.

Autor:

(Charles Albertino Carlos Matlava)

Supervisores:

(Eng. Rogério Pave)

(Eng. Jorge Chipupure)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Declaro que o estudante **Charles Albertino Carlos Matlava** entregou no dia 12/05/2022 as duas **(02)** cópias do relatório do seu Estágio Profissional, intitulado: **Dimensionamento Estrutural de Ponte-cais em Madeira.**

Maputo, 12 de Maio de 2022

(Chefe da secretaria)

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, **Charles Albertino Carlos Matlava**, declaro por minha honra, que este trabalho é resultado da minha investigação com recurso a bibliografia em referência devidamente citada ao longo do mesmo e que é submetido para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Civil, pela Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane.

Maputo, 12 de Maio de 2021

(Charles Albertino Carlos Matlava)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus pela protecção, energia e força que me tem dado nessa longa jornada estundatil e por sempre me estimular a continuar a caminhada de cabeça erguida.

Aos meus pais pelo apoio, disponibilidade e pela grande oportunidade que me concederam de frequentar um curso superior deste género nesta universidade e também por eles nunca terem medido esforços durante esta longa jornada.

Aos colegas de carteira, Victor Benhane e Miguel Mungoi e os demais, pelos momentos compartilhados e por sempre terem me dado apoio moral e intelectual para enfrentar todas as dificuldades.

A todos os docentes que me transmitiram os seus preciosos conhecimentos nas diversas áreas da engenharia civil durante toda a minha formação.

Aos técnicos da Empresa Nyeleti Engenharia, pelo acolhimento e pelos ensinamentos que me transmitiram e pela paciência que tiveram durante o período de estágio.

Endereço agradecimentos especiais ao Eng^o. Rogério Pave pela oportunidade que me concedeu de realizar um estágio profissional na sua firma e pela disponibilidade e atenção que me deu durante o desenvolvimento deste Relatório de Estágio.

Aos familiares, amigos e a todos aqueles que directa ou indirectamente deram o seu apoio das mais diversas formas durante esta longa jornada endereço-lhes também os meus mais sinceros agradecimentos.

Khanimambo, de coração!

RESUMO

O presente relatório de estágio profissional surge no âmbito do trabalho da culminação do curso para obtenção de grau de licenciatura em Engenharia Civil, onde foi realizado um estágio profissional na empresa Nyeleti Engenharia, Lda com duração de 4 meses. Serão abordados aspectos relacionados com o dimensionamento estrutural de Ponte-cais que será implantada nas margens do rio Micelo, no interior da Reserva Nacional de Marromeu (RNM).

A Ponte-cais será em madeira e dimensionada para resistir as acções de tráfego de peões, as acções horizontais (ventos e da água) e a acção sísmica de baixa magnitude. A mesma servirá para a travessia e o manuseio de cargas (mercadorias) dos habitantes da reserva. Os elementos estruturais da ponte serão ligados por meio de parafusos de porca. Usar-se-à a madeira de modo a ter em conta a integração paisagística por se tratar de uma área de conservação, a disponibilidade do material que tem impacto na redução de custos, assim como as condicionantes de ordem técnica que afectam a sua execução.

A estrutura foi modelada no programa de cálculo “DLUBAL RFEM 5.25” através de um modelo de barras tridimensional de modo a efectuar uma análise estática global, recorrendo-se para tal a normas e princípios gerais de verificação de segurança dos regulamentos Europeus, Eurocódigo 5 (EC5). O dimensionamento consistiu na verificação dos Estados Limites Últimos (tracção, compressão e flexão), Estados Limites de Serviço (deformação) e Resistência ao fogo.

ÍNDICE DE TEXTO

Conteúdo	Pág.
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objectivos.....	2
1.2.1. Objectivo geral	2
1.2.2. Objectivos específicos	2
1.3. Metodologia.....	2
2. DESCRIÇÃO DO PROJECTO	4
2.1. Localização	4
2.2. Estrutura da Ponte-cais	4
2.3. Aplicação da Madeira na Ponte-cais	7
2.3.1. Tipos de madeira	7
2.3.2. Propriedades físico-mecânicas.....	8
2.3.3. Análise comparativa dos tipos de madeira	9
2.3.4. Madeira da Ponte-cais	10
2.4. Metodologia geral de cálculo de estruturas de madeira	10
3. QUATIFICAÇÃO DE ACÇÕES	12
3.1. Generalidades	12
3.1.1. Acções permanentes	12
3.1.2. Acções variáveis	13
3.1.3. Combinação de acções	15
4. CÁLCULOS E RESULTADOS	25

DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE UMA PONTE-CAIS DE MADEIRA PARA RESERVA NACIONAL DE MARROMEU

4.1. Secções dos elementos estruturais.....	25
4.2. Classe dos materiais	25
4.3. Verificação dos Estados Limites Últimos	26
4.3.1. Vigas, guarda-corpos, contraventamentos e pilares	27
4.3.2. Deck da Ponte-cais.....	27
4.4. Verificação do Estado Limite de Serviço	28
4.4.1. Deck da Ponte-cais.....	29
4.4.2. Vigas longitudinais	31
4.5. Verificação da resistência ao fogo.....	32
4.5.1. Aspectos teóricos.....	32
4.5.2. Cálculo das Propriedades mecânica dos materiais na situação do incêndio	35
4.5.3. Verificação de ELU na situação de incêndio.....	36
4.5.4. Tempo de exposição ao fogo.....	36
4.5.5. Verificação dos Estados Limites Últimos na situação de incêndio.....	37
4.6. Dimensionamento das ligações.....	38
4.6.1. Aspectos teóricos.....	38
4.6.2. Verificação da segurança das ligações.....	43
4.7. Verificação da capacidade resistente máxima das estacas cravadas	49
4.8. Processos construtivos.....	51
4.8.1. Execução dos pilares.....	51
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	53
6. CONCLUSÃO.....	55
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figuras

Conteúdo	Pág.
Figura 1: Plano geral de infraestruturas do acampamento de Sacasse - Mulico.....	xiv
Figura 2: Local de implatação da Ponte-cais.....	4
Figura 3: Elementos da ponte-cais	5
Figura 4: Elementos estruturais da Ponte-cais	6
Figura 5: Deck da Ponte-cais	6
Figura 6: Fluxograma de metodologia de cálculo de estruturas de madeira	11
Figura 7: Distribuição das cargas sobre as vigas longitudinais	16
Figura 8: Distribuição das cargas ao longo de todo vão da viga	17
Figura 9: Diagram de esforço transverso (a sobrecarga actuando em todos vãos)	17
Figura 10: Diagrama de momento flector (a sobrecarga actuando em todos vãos)	17
Figura 11: Reacções de apoio (a sobrecarga actuando em todos vãos).....	18
Figura 12: Sobrecarga actuando no vão central.....	18
Figura 13: Diagram de esforço transverso (sobrecarga actuando no vão do meio)	18
Figura 14: Diagrama de momento flector (sobrecarga actuando no vão do meio)	19
Figura 15: Reacções de apoio (Sobrecarga actuando no vão central).....	19
Figura 16: Distribuição da sobrecarga nos vãos extremos da viga	19
Figura 17: Diagrama de esforço transverso (sobrecarga actuando nos vãos extremos)....	20
Figura 18: Diagram de momento flector (sobrecarga actuando nos vãos extremos)	20
Figura 19: Reacções de apoio (sobrecarga actuando nos vãos extremos).....	20
Figura 20: Sistema estático da viga das tábuas do pavimento.....	29
Figura 21: Deformação das pranchas do pavimento	29
Figura 22: Sistemas estáticos adoptados para cada vão	29
Figura 23: Sistema estático da viga longitudinal.....	31
Figura 24: Deformação da viga longitudinal	31

Figura 25: Modos de rotura para ligações de madeira-madeira e madeira-derivados de madeira (Fonte: Mendes, 1994)	38
Figura 26: Definição de t_1 e t_2 (Fonte: Mendes, 1994)	42
Figura 27: Afastamentos e distâncias mínimas de ligações cruzadas ($\alpha=90^\circ$) (Fonte: Mendes, 1994).....	42
Figura 28: Afastamentos e distâncias mínimas de ligações cruzadas ($0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$) (Fonte: Mendes, 1994).....	43
Figura 29: Afastamentos e distâncias mínimas de parafusos com porca com $d \geq 8\text{mm}$ (Fonte: Mendes, 1994).....	43
Figura 30: Cravação da estaca com recurso ao bate-estaca	52

ÍNDICE DE TABELAS

Conteúdo	Pág.
Tabela 1: Análise comparativa dos tipos de madeira	9
Tabela 2: Força de vento actuante em cada elemento estrutural.....	13
Tabela 3: Características sísmicas: espectro elástico horizontal e vertical	14
Tabela 4: Cargas actuantes nas vigas	16
Tabela 5: Secções transversais dos elementos estruturais.....	25
Tabela 6: Resistência característica da madeira da Ponte-cais	26
Tabela 7: Verificação de ELU dos elementos estruturais	27
Tabela 8: Dados de projecto para verificação do ELS do deck da Ponte-cais	30
Tabela 9: Verificação da deformação instantânea das pranchas do pavimento.....	30
Tabela 10: Dados de projecto para verificação do ELS das vigas longitudinais da Ponte-cais	32
Tabela 11: Verificação da deformação instantânea das vigas longitudinais.....	32
Tabela 12: Taxa de carbonatação β_0 e β_n para a madeira (Fonte: EC5-1-2:2004, tabela 3.1)	34
Tabela 13: Propriedades resistentes da madeira na situação de incêndio.....	36

Tabela 14: Tempo de exposição ao fogo dos elementos estruturais.....	36
Tabela 15: Verificação de ELU na situação de incêndio	37
Tabela 16: Espessões para caracterização da resistência ao esmagamento localizado (Fonte: Mendes, 1994)	39
Tabela 17: Valores de factor de adesão (BARNES, 2000)	50

SÍMBOLOS E SIGLAS / ABREVIATURAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EC5 – Eurocódigo 5

ELU – Estados Limites de Utilização

ELS – Estados Limites de Serviço

E_d - Valor de cálculo do módulo de elasticidade (GPa)

E_{mean} - Valor médio do módulo de elasticidade (GPa)

$E_{mean,fin}$ – valor do módulo de elasticidade após fluência (GPa)

G_d - Valor de cálculo do módulo de elasticidade transversal

G_{mean} – Valor médio do módulo de elasticidade transversal

$f_{c,0,k}$ – Resistência característica à compressão na direcção do fio

$f_{c,90,k}$ – resistência característica à compressão perpendicular ao fio

$f_{m,k}$ – Resistência característica à flexão

$f_{t,0,k}$ – resistência característica à tracção na direcção do fio

$f_{t,90,k}$ – Resistência característica à tracção na direcção perpendicular ao fio

$f_{v,k}$ – Resistência característica ao corte

$k_{c,y}$ ou $k_{c,z}$ – factor de instabilidade

k_m – Factor que tem em conta a redistribuição dos esforços de flexão na secção transversal

k_{mod} – Factor de modificação

k_{shape} – Factor dependente da forma da secção transversal

λ_y – Esbelteza correspondente à flexão segundo o eixo y

λ_z – Esbelteza correspondente à flexão segundo o eixo z

$\lambda_{rel,y}$ - Esbelteza relativa correspondente à flexão segundo o eixo y

$\lambda_{rel,z}$ - Esbelteza relativa correspondente à flexão segundo o eixo z

ρ_k – Densidade característica

γ_M - Coeficiente de segurança

Q_{ult} – Resistência a cravação da estaca;

W_p – Peso da estaca (kN);

W_h – Peso do Martelo (kN);

e_f – Factor representando as perdas de energias no bate estaca;

H – Altura de queda do martelo;

L – comprimento da estaca.

n – Coeficiente de restituição no choque;

E_p – Módulo de elasticidade da estaca;

A – Área da secção transversal da estaca;

S – Nega ou penetração da estaca no solo;

$C1$ – Compressão elástica do capacete da estaca;

$C2$ – Compressão elástica da estaca;

$C1$ – Compressão elástica do solo;

N_c – *Factor de capacidade de carga*;

$C_{u,b}$ – Coesão não drenada (kPa);

d – Diâmetro da estaca (m);

L – Comprimento da estaca (m);

α_p – Factor de adesão;

$F_{s,s}$ e $F_{s,b}$ são factores de segurança da resistência de ponta e do atrito lateral da estaca.

CONTEXTUALIZAÇÃO

A Administração Nacional das Áreas de Conservação (ANAC) está a implementar o projecto Áreas de Conservação de Moçambique para Biodiversidade e Desenvolvimento Sustentável (MozBio) cujo objectivo é aumentar a gestão efectiva das áreas de conservação e melhorar as condições de vida das comunidades dentro e em volta das áreas de conservação. Parte desses fundos será usada para a construção de infraestruturas no interior da Reserva Nacional de Marromeu (RNM).

A RNM foi estabelecida em 1960, na época colonial, com a designação de Reserva Especial de Protecção de Búfalos de Marromeu, ocupando uma extensão de cerca de 1500 km². Grande parte da RNM localiza-se no distrito de Marromeu, na província de Sofala, tendo uma pequena parte da sua extensão no distrito de Inhamitanga. É uma área de conservação com enorme carência de infra-estruturas. A sua sede funciona actualmente na vila municipal de Marromeu, a cerca de 60km da Reserva. No interior da reserva existem dois postos de fiscalização em Sacasse-Mulico e Daud, com infra-estruturas precárias e um deles está inoperacional. O terceiro posto de fiscalização, localiza-se em Rama-Rama, fora da RNM, na Coutada 14 e funciona em infra-estruturas precárias. A RNM enfrenta escassez de recursos humanos, meios circulantes e infra-estruturas para a sua gestão, (Relatório preliminar da RNM, 2019).

Sacasse-Mulico é o primeiro local no interior da RNM, junto do limite norte da Reserva com condições físicas ideais para projectar um complexo de infraestruturas com portão de acesso, escritórios centrais, residências para o pessoal técnico e administrativo, dormitórios para fiscais, centro de formação de fiscais, oficinas, etc. Neste local existe um ponto de tomada de barcos para o transporte fluvial onde será projetada uma infra-estrutura de atracagem de barcos, conforme ilustra a figura 01 abaixo. O transporte por embarcações de pequeno porte movidos a remo ou motor é vital para a época chuvosa.

DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE UMA PONTE-CAIS DE MADEIRA PARA RESERVA NACIONAL DE MARROMEU



Figura 1: Plano geral de infraestruturas do acampamento de Sacasse - Mulico

Para aceder ao interior da reserva de Marromeu são utilizados os transportes fluvial e terrestre.

O transporte terrestre é feito através de uma estrada de terra batida que fica intransitável durante a época chuvosa devido as inundações que se verificam ao longo da via, portanto como alternativa recorre-se ao transporte fluvial.

A foto 1 abaixo, ilustra o estado da estrada, durante a época chuvosa com terrenos lamacentos.

DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE UMA PONTE-CAIS DE MADEIRA PARA RESERVA NACIONAL DE MARROMEU



Foto 1: Estado da via de acesso à RNM na época chuvosa

Em Sacasse-Mulico existe um ponto de tomada de barcos sem infra-estruturas de atracagem que possibilitem o embarque e desembarque de pessoas e bens, e é por isso que os passageiros são obrigados a se fazerem transportar ao colo dos pescadores ou a mergulharem parte do seu corpo na água para alcançarem as margens do rio. Para atender as necessidades dos habitantes da região, neste ponto, está prevista a construção de uma Ponte-cais para atracagem de pequenas e médias embarcações. A foto 2 abaixo, ilustra o ponto de tomada de barcos sem infra-estrutura de atracagem.



Foto 2: Ponto de tomada de barcos

DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE UMA PONTE-CAIS DE MADEIRA PARA RESERVA NACIONAL DE MARROMEU

Para fazer face a situação acima descrita e atender as necessidades dos habitantes, será projectada uma estrutura de atracagem de pequenas e médias embarcações.

O presente relatório de estágio consiste no dimensionamento de uma Ponte-cais em madeira para atracagem de embarcações, principalmente na época chuvosa onde a via terrestre fica intransitável.

O projecto da Ponte-cais terá impactos sociais significativos uma vez que vai reduzir o risco de acidentes na embarcação e desembarcação da população e no manuseio de mercadorias contribuindo desta forma para o crescimento económico e social do distrito através da geração de empregos e melhorias da disponibilidade de produtos e serviços, assim como constitui contributo valioso para o desenvolvimento do turismo.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

O presente relatório diz respeito ao dimensionamento da estrutura de ponte-cais em madeira, que faz parte dos projectos de desenvolvimento da RNM financiada pela ANAC, que está em fase de anteprojecto, e teve como limitações ao acesso a dados do terreno para o dimensionamento efectivo da estrutura. A obtenção de dados está prevista para a fase de projecto executivo, sendo assim, foram adoptados alguns dados para ilustrar os procedimentos que serão usados no dimensionamento durante fase do projecto executivo. Será efectuada a verificação da segurança aos ELU, ELS e a verificação da resistência ao fogo, através de Método dos Coeficientes Parciais de Segurança. Na verificação dos Estados Limites dos elementos de madeira, teve-se em conta as diferentes propriedades físicas e mecânicas das peças adoptadas, a duração das acções, e as diferentes condições ambientais (climáticas) a que a estrutura poderá estar sujeita.

O presente projecto consiste no dimensionamento da plataforma fixa da Ponte-cais em madeira, na qual serão usados regulamentos Europeus (EC5- Dimensionamento de estruturas de madeira e EC8- Quantificação das acções sísmicas). A mesma será dimensionada para resistir às acções horizontais de vento com um valor extremo de 207 km/h, correspondente a uma pressão dinâmica de 1,99 kN/m², e acções sísmica de baixa magnitude. As acções verticais actuantes sobre a estrutura são correspondentes às cargas de peões e manuseio das cargas, e foram adoptadas cargas regulamentares do RSA. O dimensionamento dos elementos de ligação foi feito para os vários modos de ruptura de acordo com estipulado no EC5.

Os pilares da ponte serão instalados por meios mecânicos, com recurso ao bate-estaca, para tal, foi feita a avaliação do processo construtivo para esses elementos, através do cálculo da carga máxima que deverá ser aplicada durante o processo de cravação das mesmas.

1.2. Objectivos

1.2.1. Objectivo geral

- Realizar o dimensionamento estrutural da Ponte-cais de madeira que será implantada na Reserva Nacional de Marromeu.

1.2.2. Objectivos específicos

- Quantificar as acções verticais e horizontais actuantes sobre a estrutura;
- Verificar a segurança dos elementos estruturais aos ELU, ELS, e a resistência ao fogo, das ligações para diferentes modos de rutura e dos pilares que serão cravados por meios mecânicos durante a fase do processo construtivo;
- Verificar a capacidade de carga máxima resistente dos pilares;
- Apresentar pormenores das ligações e desenhos ilustrativos da estrutura.

1.3. Metodologia

Para alcançar os objectivos do trabalho descrevem-se a baixo de forma resumida a metodologia adoptada, cujo conteúdo será desenvolvido nos capítulos seguintes.

- Interação com os supervisores, colegas da faculdade e quadro técnico da empresa, para colher mais opiniões e posterior fazer-se as devidas correcções;
- Consultar o relatório preliminar da RNM, e os TDR para ter acesso à informação relacionadas com o projecto;

- Consulta ao Mapa de ventos e do Sismo para recolha de dados de vento e aceleração sísmica gravítica respectivamente, para quantificação das acções horizontais;
- Pesquisa em *websites* na *internet* para a busca de novas inspirações que auxiliaram na procura de soluções alternativas;
- Uso de diferentes *softwares* (Google Earth, ARCHICAD 25, Dlubal RFEM 5.25 e AutoCAD 2018) para modelagem, auxiliar na implantação da infra-estrutura, cálculo de esforços internos, dimensionamento dos elementos estruturais, e na preparação de detalhes construtivos e arquitectónicos;
- Participação em reuniões periódicas, que consistiam em fazer apresentação das soluções adoptadas e na partilha de opiniões, contribuindo assim para o progresso do projecto;
- Compilação do relatório final.

2. DESCRIÇÃO DO PROJECTO

2.1. Localização

A Ponte-cais será implantada nas margens do rio Micelo, na Província de Sofala, no distrito de Marromeu, posto administrativo de Sacasse-Mulico, precisamente nas coordenadas 18° 35'48.91" S e 36° 8' 22.73" E.



Figura 2: Local de implatação da Ponte-cais

2.2. Estrutura da Ponte-cais

O projecto da Ponte-cais consiste numa estrutura fixa de madeira acoplada a uma plataforma flutuante por meio de uma rampa para permitir a atracagem de pequenas e médias embarcações.

A estrutura da Ponte-cais será toda executada em elementos de madeira tratada na origem, que tem vantagem de apresentar menor custo de construção e manutenção, e com uma vida útil de 20 anos.

A figura 3 abaixo, ilustra a estrutura de Ponte-cais

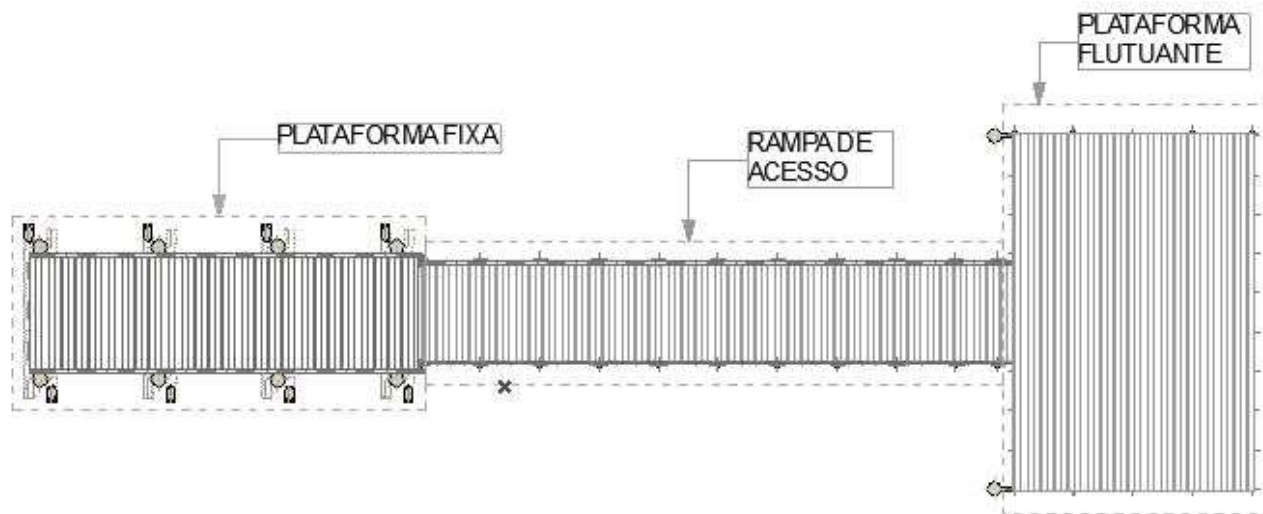


Figura 3: Elementos da ponte-cais

A plataforma fixa da Ponte-cais é constituída de pilares circulares cravados no terreno até a uma profundidade que ofereça boa capacidade de carga que deverão receber todas as cargas provenientes do Deck da ponte. O tabuleiro da ponte será constituída de pavimento de madeira (deck), vigas longitudinais e transversais conforme ilustra a figura 5 abaixo. O deck da ponte será constituída de pranchas de madeira com espaçamentos máximo de 0,50 cm de modo a garantir uma travessia confortável e segura dos utentes. As pranchas de pavimento serão apoiadas em quatro (4) vigas longitudinais espaçadas a 0,60 m, as quais estarão apoiadas nas vigas transversais que serão fixados nos pilares por justaposição e transmitirão todas as cargas provenientes do deck para os elementos verticais.

As figuras 4 e 5 abaixo, ilustram de forma detalhada os elementos constituintes da Ponte-cais.

DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE UMA PONTE-CAIS DE MADEIRA PARA RESERVA NACIONAL DE MARROMEU

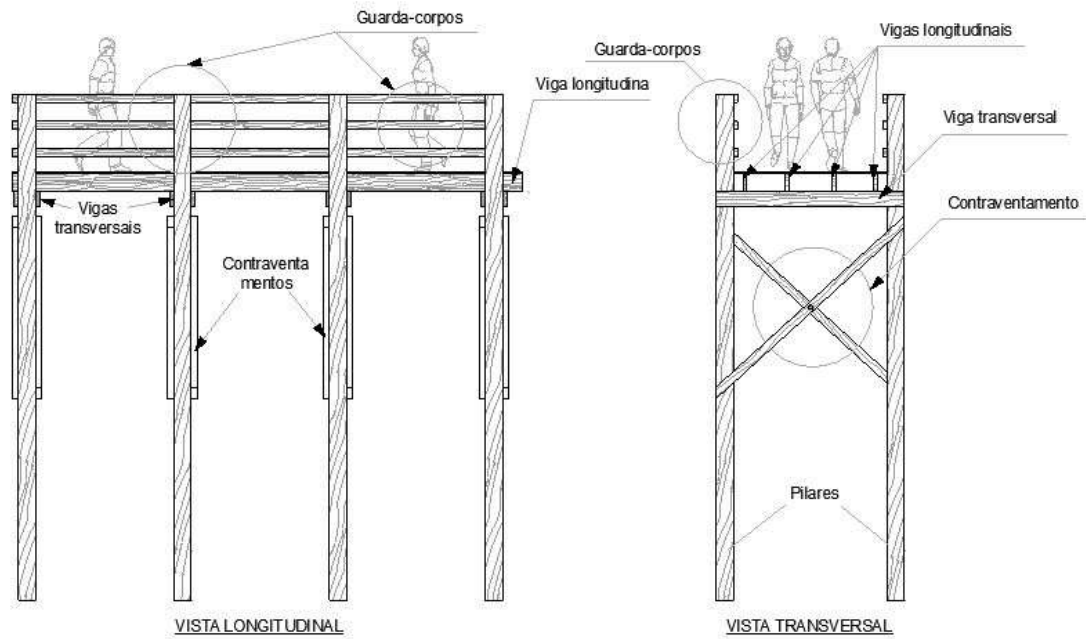


Figura 4: Elementos estruturais da Ponte-cais

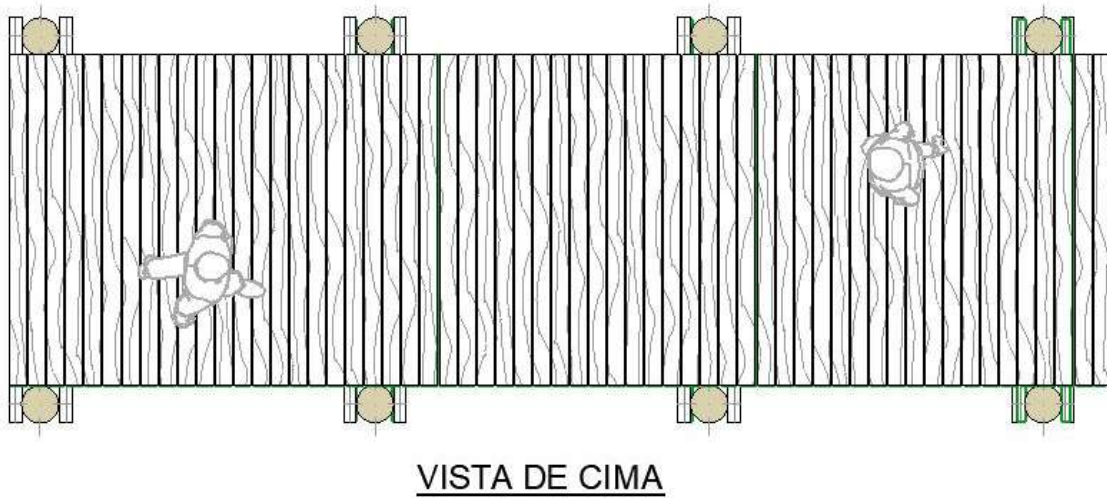


Figura 5: Deck da Ponte-cais

2.3. Aplicação da Madeira na Ponte-cais

A aplicação da madeira na Ponte-cais, deverá passar por um processo de escolha, que em geral, parte de uma análise minuciosa de vários elementos tais como, a sua espécie, propriedades físico-mecânica, a sua durabilidade quando sujeita a acções climatéricas e agentes xilófagos.

Assim, abaixo são apresentados alguns aspectos teóricos que serviram de base na selecção da madeira.

2.3.1. Tipos de madeira

Todas as madeiras derivam de duas amplas categorias de plantas, as gimnospermas e as angiospermas. Estas categorias também se designam vulgarmente por resinosas (*softwoods*) e as folhosas (*hardwoods*), respectivamente. Esta terminologia refere-se à origem botânica da madeira e não tem relação directa com maciez ou dureza da madeira (Martins, 2010).

2.3.1.1. Resinosas

As resinosas são caracterizadas por terem um crescimento mais rápido, sendo possível cortar estas árvores após 30 anos. O seu rápido crescimento resulta numa madeira de baixa densidade e com capacidades resistentes reduzidas. Geralmente as suas qualidades de durabilidade são mais baixas, a menos que sejam adequadamente tratadas (Martins, 2010).

2.3.1.2. Folhosas

O crescimento das folhosas é bastante mais lento do que o das resinosas e desta forma obtêm-se madeiras de maior densidade e com melhores capacidades resistentes. Em certos casos o tempo que uma folhosa leva a sazonar pode ultrapassar os 100 anos. Devido à sua

elevada densidade, este tipo de madeiras, têm uma menor dependência de medidas preventivas para assegurar as suas qualidades de durabilidade, (Martins, 2010).

2.3.2. Propriedades físico-mecânicas

Dada a variabilidade das espécies de madeira torna-se necessário o conhecimento das suas propriedades físicas, e a sua resistência às solicitações mecânicas, para que a escolha da madeira de uma determinada espécie lenhosa possa ser feita em conformidade com requisitos mínimos de segurança e economia.

A aferição destas propriedades é feita com base em ensaios sobre amostras representativas da madeira de cada espécie lenhosa em questão. Estes ensaios contemplam os factores que influenciam a variação das características do material que serão apresentados mais à frente.

Entre as propriedades físicas da madeira, cujo conhecimento é importante para sua utilização como material de construção, destacam-se:

- Teor de humidade;
- Densidade;
- Retracção e dilatação;
- Resistência ao fogo;
- Durabilidade.

A resistência a forças exteriores e as tensões internas resultantes da retracção ou extensão da madeira é um factor que depende das propriedades mecânicas da madeira. Esta resistência é também função da intensidade e do tipo de carga que é imposta, seja de tracção, compressão, corte ou flexão, (Martins, 2010).

A anisotropia da madeira, para além de causar problemas devidos a diferentes variações dimensionais, também dá origem a diferentes comportamentos mecânicos consoante cada uma das direcções do elemento. Sendo diferente a capacidade resistente do material em cada direcção, é importante perceber como é que a carga é aplicada numa estrutura de

madeira. A capacidade resistente da madeira é frequentemente caracterizada em função da direcção do fio. Designam-se por tensões paralelas ao fio, as tensões que fazem um ângulo de 0° com a direcção do fio. As tensões perpendiculares ao fio fazem um ângulo de 90° com a direcção do fio, (HILÁRIO, 2013).

As características da madeira maciça necessárias para o dimensionamento de estruturas de madeira presentes no EC5 são as seguintes:

- ❖ Resistência à flexão;
- ❖ Resistência à compressão paralela às fibras;
- ❖ Resistência à compressão perpendicular às fibras;
- ❖ Resistência à tracção paralela às fibras;
- ❖ Resistência à tracção perpendicular às fibras;
- ❖ Resistência ao corte;
- ❖ Módulo de elasticidade; e
- ❖ Módulo de distorção.

2.3.3. Análise comparativa dos tipos de madeira

Aspectos	Madeira folhosa(dura)	Madeira resinosa(macia)
Classificação Botânica	Angiosperma	Gimnosperma
Densidade	Mais densas	Menos densa
Porosidade	Baixa	Alta
Resistência ao fogo	Alta	Baixa
Resistência Mecânica	Alta	Baixa
Resistência ao ataque biológico	Mais resistente (maior durabilidade)	Menos resistente (menos durabilidade)

Tabela 1: Análise comparativa dos tipos de madeira

2.3.4. Madeira da Ponte-cais

Para uma escolha criteriosa da madeira da Ponte-cais, fez-se uma análise comparativa dos dois tipos de madeira conforme apresentado na tabela 1 acima, tendo em contas as suas propriedades físico-mecânicas, a durabilidade e disponibilidade no mercado nacional mais próximo. Os pilares e contraventamentos da Ponte-cais serão executados em Eucalipto e os restantes elementos serão em madeira de pinho.

Devido as condições ambientais (Humidade e temperatura), ataque por agentes biológicos e processo de molhagem e secagem, os materiais terão tratamento químico para melhorar as suas propriedades físicas.

2.4. Metodologia geral de cálculo de estruturas de madeira

A Figura 9, ilustra a metodologia correntemente seguida no cálculo de estruturas de madeira.

Realizar projectos de estruturas de madeira implica assim conhecimento de:

- Dados e disponibilidade relativa a materiais;
- Dados relativos a acções;
- Modelos de cálculo dos esforços actuantes e das deformações e vibrações provocadas pelas acções actuantes;
- Como avaliar a capacidade resistente das estruturas considerando a resistência individual dos elementos de madeira, os efeitos das ligações entre as peças e entre estas e as fundações e usando metodologias de verificação da segurança estrutural definidas no Eurocódigo 5 (EC5);

- Acesso a informação técnica e disponibilidade de soluções ao nível de prefabricação e sistemas de ligação que permitam aos técnicos projectar soluções que o mercado esteja apto a realizar;
- Modelos de cálculo dos esforços actuantes e das deformações e vibrações provocadas pelas acções actuantes.



Figura 6: Fluxograma de metodologia de cálculo de estruturas de madeira

3. QUATIFICAÇÃO DE ACÇÕES

3.1. Generalidades

Uma das actividades mais importantes na arte de projectar as estruturas, é sem dúvida a quantificação das acções, que consiste na definição das cargas actuantes sobre a estrutura, e o tempo de actuação dessas cargas na estrutura para posteriormente se fazer as combinações das mesmas.

As acções podem ser definidas como permanentes (G) ou variáveis (Q). A acção permanente pode ser caracterizada como uma acção que será constante ao longo da vida útil da estrutura, isto é, o peso da madeira, o revestimento e o peso de elementos metálicos. Por outro lado a acção variável é caracterizada como uma acção com duração, assim sendo esta acção pode ser uma sobrecarga de utilização, acção do vento ou neve. Às acções referidas anteriormente, serão atribuídas classes de duração descrita no anexo 4, tabela 4.1. Assim sendo, esta duração é o tempo que a estrutura se encontra sujeita a uma dada acção.

As acções de projecto consideradas são: as cargas permanentes (Peso próprio da estrutura), as sobrecargas de utilização, acção da água, as acções do vento, sismo. A acção de fogo é considerada accidental e será abordada no capítulo 4.5.

3.1.1. Acções permanentes

Os pesos propios dos elementos estruturais foram calculadas com base nas características geométricas das secções, tendo em conta as massas volúmicas dos materiais.

Elementos de madeira resinosa (C14): $\rho_k = 290\text{kg/m}^3$

Elementos de madeira folhosa (D30): $\rho_k = 530\text{kg/m}^3$

Elementos de madeira folhosa (D70): $\rho_k = 900\text{kg/m}^3$

3.1.2. Acções variáveis

- **Sobrecargas regulamentares**

❖ Sobrecarga no passadiço (RSA, Artigo.47º.)

$$q_{pav} = 4kN/m^2 \quad (\psi_0 = 0,4; \psi_1 = 0,3; \psi_2 = 0,2)$$

❖ Sobrecarga de guarda-corpos (RSA, Artigo.48º.)

$$q_{gc} = 1,5kN/m \quad ,Os \text{ valores reduzidos são nulos.}$$

- **Acção do vento**

Para quantificar a acção do vento foi retirada do mapa de ventos o valor da pressão dinâmica equivalente do local (Sacasse-Mulico) de $1.99kN/m^2$, correspondente a um vento extremo com velocidade de $57m/s$ ($207km/h$). (ver o Mapa de ventos em anexo). Os valores da força do vento actuantes em cada elemento estrutural foram afectados pelo coeficiente de força, obtido no RSA-anexo I(quadro I-XIII).

Elemento estrutural	d/a	H/D	$d\sqrt{w}$	γ_f	$F \left(\frac{kN}{m}\right)$
Vigas longitudinais	120	0,038	-	1,2	0,54
Travessas do guarda-corpos	78,94	0,025	-	1,2	0,36
Contraventamentos	-	10	0,21	0,5	0,23
Pilares	-	17,33	0,35	0,6	0,45

Tabela 2: Força de vento actuante em cada elemento estrutural

- **Acção sísmica**

Para a quantificação do sismo foi usado o Eurocódigo 8, tendo sido retirado do mapa sísmico de Moçambique do anexo 6, o valor da aceleração sísmica horizontal do solo corresponde a 10% de probabilidade de excedência.

Distrito: Marromeu

Zona II; Aceleração sísmica: 0,04 – 0,163g

$$a_{gR} = 0,163 \times 9,8 = 1,597m/s^2$$

Tipo de espectro	Sismo do tipo II	
	Espectro horizontal	Espectro vertical
Direcção do espectro		
Classe de importância	I	I
Tipo de terreno	D	D
Factor de importância	1,0	1,0
Factor do solo	1,8	1,8
Coefficiente de comportamento q	1,2	1,2
Factor do solo (S)	1,8	1,8
TB	0,1	0,05
TC	0,3	0,15
TD	1,2	1,0
Aceleração do solo de pico (a_{GR})	1,597	1,597
Aceleração de cálculo (a_g)	1,278	0,575
Valor limite para espectro de cálculo	0,2	0,2

Tabela 3: Características sísmicas: espectro elástico horizontal e vertical

Onde:

TB- limite inferior do ramo espectral de aceleração constante;

TC- limite superior do ramo espectral de aceleração constante;

TD- valor que define no espectro o início do ramo de deslocamento constante;

- **Acção da água**

Para os cálculos, assumiu-se uma velocidade de água de $4,0 \text{ m/s}$. A acção da água actuará sobre os pilares durante o período de cheias e atinge uma altura de $2,0 \text{ m}$ acima do nível do terreno. Os pilares da Ponte-cais serão cravados até a uma profundidade de $2,0\text{m}$.

$$P = \frac{1}{2} c \rho v^2$$

$$\left\{ \begin{array}{l} g = 9.8 \text{ m/s}^2 \\ \rho = 1000 \text{ kg/m}^3 \\ v_{H_2O} = 3 \text{ m/s} \end{array} \right.$$

Os pilares são de secção circular



O coeficiente de forma para uma secção circular: $c = 0,70$

$$F_{H_2O} = 4,39 \text{ kN/m}$$

3.1.3. Combinação de acções

- **Sobrecarga do passadiço**

A sobrecarga do passadiço foi considerada actuando a nível do pavimento, nas posições mais desfavoráveis, e foram considerados três(3) casos, nomeadamente, a sobrecarga

actuando em todos vãos, a sobrecarga actuando no vão central e por último, a sobrecarga actuando nos vãos extremos.

Vigas	$L_{influência}$	Q(kN/m)
V1	0,3	1,2
V2	0,6	2,4
V3	0,6	2,4
V4	0,3	1,2

Tabela 4: Cargas actuantes nas vigas



Figura 7: Distribuição das cargas sobre as vigas longitudinais

a) A sobrecarga actuando em todos vãos

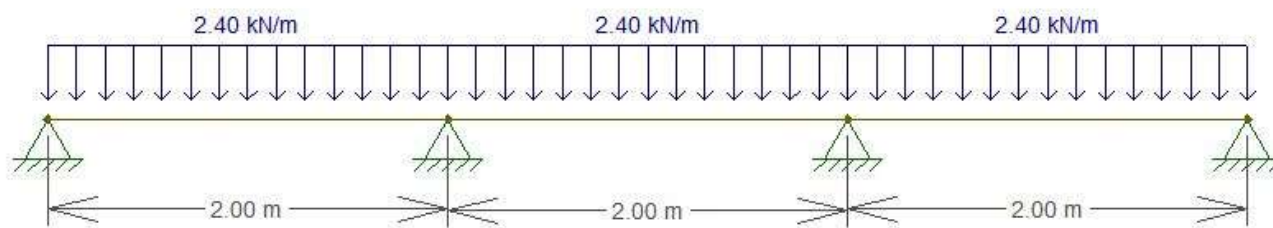


Figura 8: Distribuição das cargas ao longo de todo vão da viga

dT(kN)

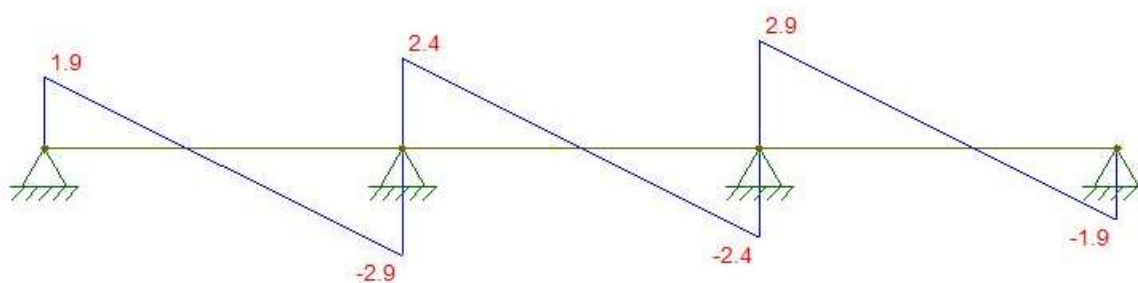


Figura 9: Diagrama de esforço transversal (a sobrecarga actuando em todos vãos)

dM(kNm)

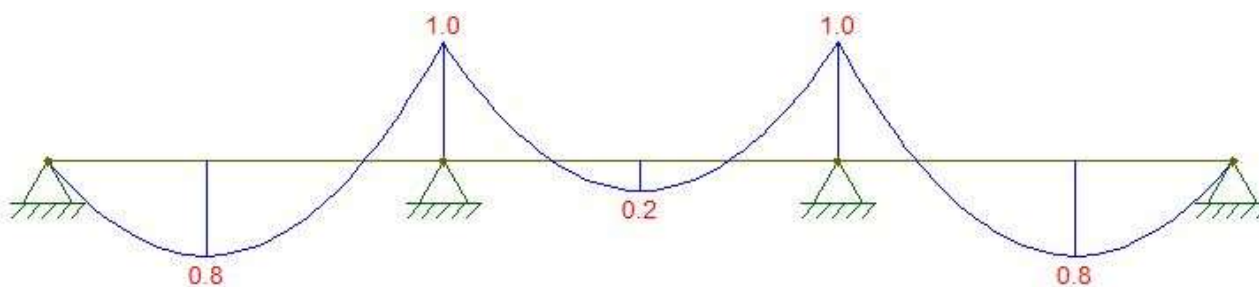


Figura 10: Diagrama de momento flector (a sobrecarga actuando em todos vãos)

Reacção de apoio (kN)



Figura 11: Reacções de apoio (a sobrecarga actuando em todos vãos)

b) sobrecarga actuando no vão central

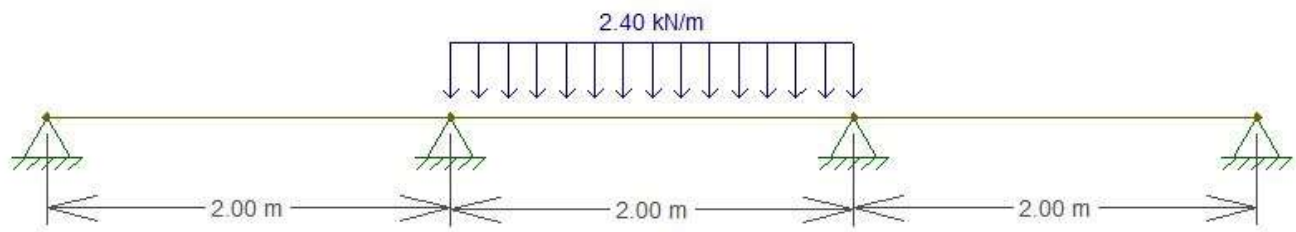


Figura 12: Sobrecarga actuando no vão central

dT(kN)

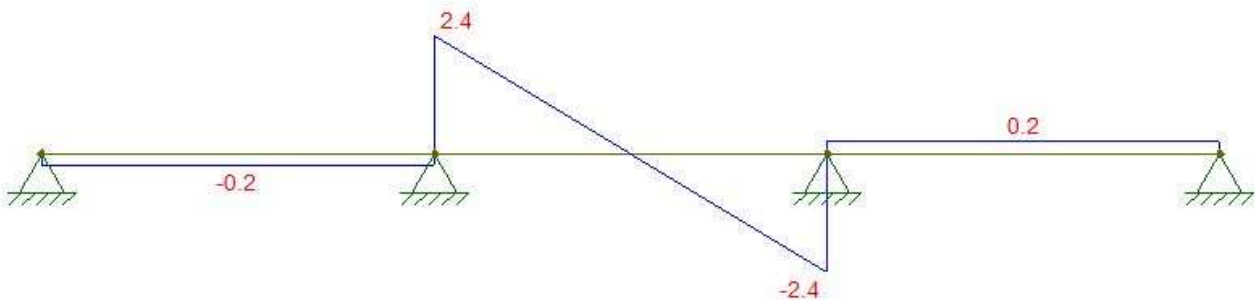


Figura 13: Diagram de esforço transverso (sobrecarga actuando no vão do meio)

dM(kNm)

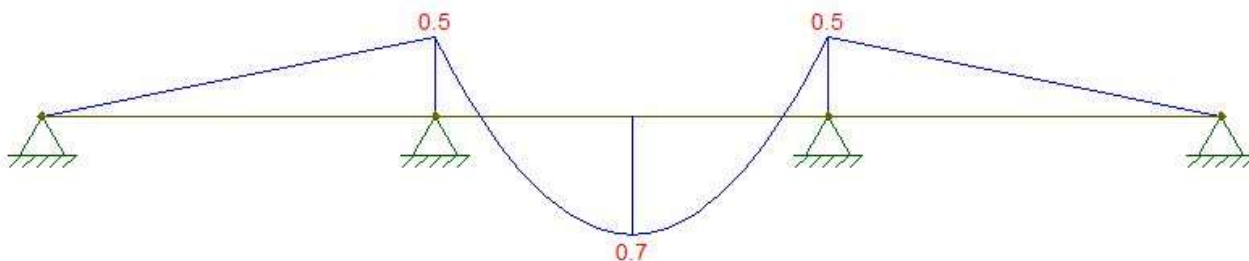


Figura 14: Diagrama de momento flector (sobrecarga actuando no vão do meio)

Reacção de apoio(kN)



Figura 15: Reacções de apoio (Sobrecarga actuando no vão central)

c) A sobrecarga actuando nos vãos extremos

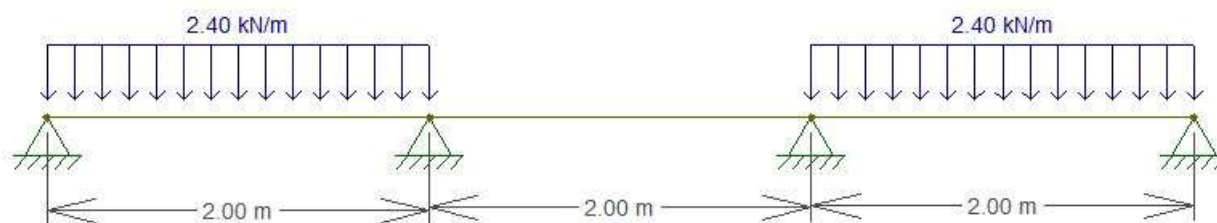


Figura 16: Distribuição da sobrecarga nos vãos extremos da viga

dT(kN)

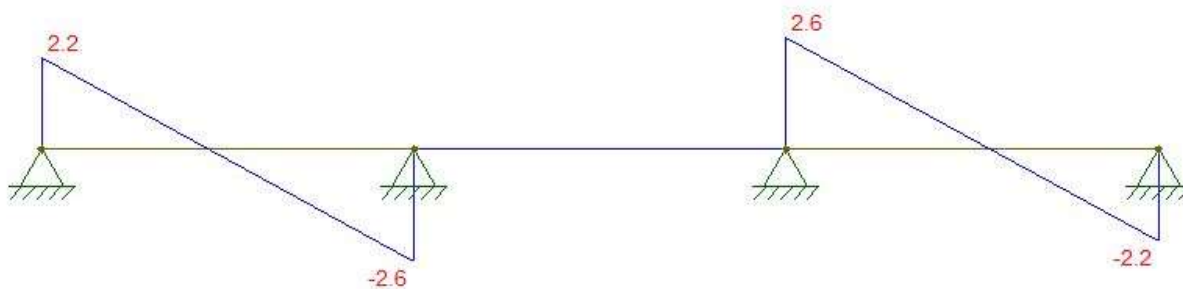


Figura 17: Diagrama de esforço transverso (sobrecarga actuando nos vãos extremos)

dM(kNm)

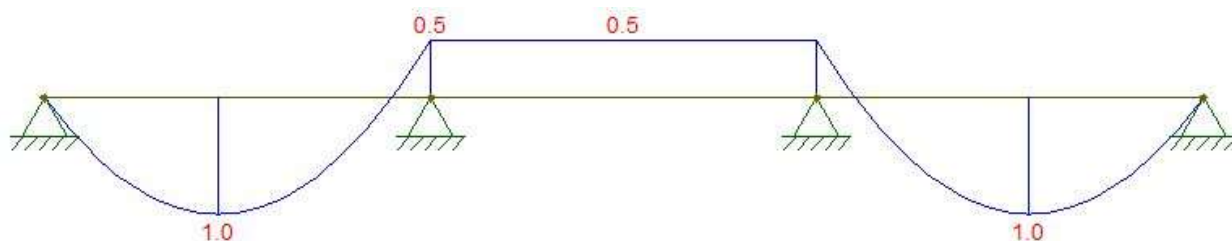


Figura 18: Diagrama de momento flector (sobrecarga actuando nos vãos extremos)

Reacções de poio(kN)



Figura 19: Reacções de apoio (sobrecarga actuando nos vãos extremos)

NB: As situações desfavoráveis nos elementos de madeira da estrutura obtêm-se quando a sobrecarga actua em todos os vãos.

- **Acção do vento**

O vento foi considerado actuando na direcção mais desfavorável (com menor rigidez) da estrutura, e considerando que a mesma actua durante o período de estiagem e de cheias. Durante o período de estiagem considerou-se o vento actuando acima do nível do terreno e na época chuvosa, acima do nível médio da água do rio (ver em anexo a distribuição das cargas na estrutura).

- **Acção da água**

A acção da água foi considerada durante a época de cheias, actuando sobre os pilares da ponte até a uma altura de 2,0m acima do nível do solo (ver em anexo 1, figura 1.3, a distribuição das cargas na estrutura).

As combinações feitas para o período de estiagem e de cheias são:

- ❖ **Período de estiagem**

$$\text{CO1: } 1,35G_k$$

$$\text{CO2: } 1,35G_k + 1,35Q_{k,sob}$$

$$\text{CO3: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,sob} + 0,9Q_{k,w,+y}$$

$$\text{CO4: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,sob} + 0,9Q_{k,w,-y}$$

$$\text{CO5: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,w,+y}$$

$$\text{CO6: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,w,-y}$$

$$\text{CO7: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,w,+y} + 1,05Q_{k,sob}$$

$$\text{CO8: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,w,-y} + 1,05Q_{k,sob}$$

$$\text{CO9: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,GC}$$

$$\text{CO10: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,GC} + 1,05Q_{k,sob}$$

$$\text{CO11: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,GC} + 1,05Q_{k,sob} + 0,9Q_{k,w,+y}$$

$$\text{CO12: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,GC} + 1,05Q_{k,sob} + 0,9Q_{k,w,-y}$$

$$\text{CO13: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,GC} + 0,9Q_{k,w,+y}$$

$$\text{CO13: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,GC} + 0,9Q_{k,w,-y}$$

$$\text{CR5: Combinação sísmica} = \begin{cases} E_{d,1} = E_{Ed,x} + 0,3E_{Ed,y} \\ E_{d,2} = E_{Ed,y} + 0,3E_{Ed,x} \end{cases}$$

❖ **Período de cheias**

$$\text{CO1: } 1,35G_k$$

$$\text{CO2: } 1,35G_k + 1,35Q_{k,sob}$$

$$\text{CO3: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,sob} + 0,9Q_{k,w,+y}$$

$$\text{CO4: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,sob} + 0,9Q_{k,w,-y}$$

$$\text{CO5: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,sob} + 0,9Q_{k,w,+y} + 1,05Q_{H2O}$$

$$\text{CO6: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,sob} + 0,9Q_{k,w,-y} + 1,05Q_{H2O}$$

$$\text{CO7: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,sob} + 1,05Q_{H2O}$$

$$\text{CO8: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,w,+y}$$

DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE UMA PONTE-CAIS DE MADEIRA PARA RESERVA
NACIONAL DE MARROMEU

$$\text{CO9: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,w,-y}$$

$$\text{CO10: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,w,+y} + 1,05Q_{k,sob}$$

$$\text{CO11: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,w,-y} + 1,05Q_{k,sob}$$

$$\text{CO12: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,w,+y} + 1,05Q_{k,sob} + 1,05Q_{H2O}$$

$$\text{CO13: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,w,-y} + 1,05Q_{k,sob} + 1,05Q_{H2O}$$

$$\text{CO14: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,w,+y} + 1,05Q_{H2O}$$

$$\text{CO15: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,w,-y} + 1,05Q_{H2O}$$

$$\text{CO16: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,GC}$$

$$\text{CO17: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,GC} + 1,05Q_{k,sob}$$

$$\text{CO18: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,GC} + 1,05Q_{k,sob} + 0,9Q_{k,w,+y}$$

$$\text{CO19: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,GC} + 1,05Q_{k,sob} + 0,9Q_{k,w,-y}$$

$$\text{CO20: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,GC} + 1,05Q_{k,sob} + 1,05Q_{H2O} + 0,9Q_{k,w,+y}$$

$$\text{CO21: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,GC} + 1,05Q_{k,sob} + 1,05Q_{H2O} + 0,9Q_{k,w,-y}$$

$$\text{CO22: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,GC} + 1,05Q_{k,sob} + 1,05Q_{H2O}$$

$$\text{CO23: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,GC} + 0,9Q_{k,w,+y}$$

$$\text{CO24: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,GC} + 0,9Q_{k,w,-y}$$

$$\text{CO25: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,GC} + 1,05Q_{H2O} + 0,9Q_{k,w,+y}$$

$$\text{CO26: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,GC} + 1,05Q_{H2O} + 0,9Q_{k,w,-y}$$

$$\text{CO27: } 1,35G_k + 1,5Q_{k,GC} + 1,05Q_{H2O}$$

$$\text{CO28: } 1,35G_k + 1,5Q_{H2O}$$

$$\text{CO29: } 1,35G_k + 1,5Q_{H2O} + 1,05Q_{k,sob}$$

$$\text{CO30: } 1,35G_k + 1,5Q_{H2O} + 1,05Q_{k,sob} + 0,9Q_{k,w,+y}$$

$$\text{CO31: } 1,35G_k + 1,5Q_{H2O} + 1,05Q_{k,sob} + 0,9Q_{k,w,-y}$$

$$\text{CO32: } 1,35G_k + 1,5Q_{H2O} + 0,9Q_{k,w,+y}$$

$$\text{CO31: } 1,35G_k + 1,5Q_{H2O} + 0,9Q_{k,w,-y}$$

$$\text{CR5: Combinação sísmica} = \begin{cases} E_{d,1} = E_{Ed,x} + 0,3E_{Ed,y} \\ E_{d,2} = E_{Ed,y} + 0,3E_{Ed,x} \end{cases}$$

4. CÁLCULOS E RESULTADOS

Os resultados foram obtidos por meio de um pré-dimensionamento, seguida de um dimensionamento óptimo dos elementos com vista a adequar as secções obtidas, com as secções padronizadas disponíveis no mercado.

4.1. Secções dos elementos estruturais

Elemento estrutural	Secção (mm)
Pilares	$\phi 240$
Contraventamentos	$\phi 150$
Vigas transversais	76×228
Vigas longitudinais	50×228
Pranchas do pavimento	76×228
Travessas do guarda-corpos	76×152

Tabela 5: Secções transversais dos elementos estruturais

4.2. Classe dos materiais

Os materiais estruturais a utilizar no projecto foram influenciados sobretudo pela solução estrutural adoptada e a durabilidade dos mesmos devido à agentes agressivos. Para o caso foram adoptados madeira de Pinho de classe C14 para as vigas e as pranchas de pavimento e a madeira de Eucalipto de classes D30 e D70 para os contraventamentos e pilares respectivamente, cujos valores das propriedades resistentes estão na tabela 6 abaixo.

	Classe da Madeira		
	C14	D30	D70
Propriedades Resistentes(Mpa)			
$f_{m,k}$	14	30	70
$f_{t,0,k}$	8	18	42
$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5
$f_{c,0,k}$	16	23	34
$f_{c,90,k}$	2	8	13,5
$f_{v,k}$	2	3	6
Propriedades rígidias (Gpa)			
$E_{0,mean}$	7	10	20
$E_{0,05}$	4,667	8,333	16,667
$E_{90,mean}$	0,23	0,64	1,33
G_{mean}	0,44	0,60	1,25
Densidade da madeira (kg/m^3)			
ρ_k	290	530	900

Tabela 6: Resistência característica da madeira da Ponte-cais

4.3. Verificação dos Estados Limites Últimos

Com auxílio do programa de cálculo *DLUBAL RFEM 5.25*, foi efectuada a verificação dos elementos estruturais aos vários Estados Limites Últimos com base no Eurcódigo 5. Serão apresentados a taxa de aproveitamento da capacidade máxima resistente, rácio entre os esforços máximos actuantes e resistentes para as combinações das cargas mais desfavoráveis para cada estado limite.

Para o dimensionamento foram adoptadas os seguintes parâmetros:

- Classe de serviço da estrutura: Classe 3 ($T=20^\circ$; $HR>85\%$, estruturas em ambientes muito húmidos); (Anexo 4).

- Factor de segurança: $\gamma_M = 1,3$; (Anexo 4).
- Factor de modificação (k_{mod}); (Anexo 4).

A tabela 7 abaixo, é referente a verificação dos ELU para cada elementos estrutural para combinação mais desforável.

4.3.1. Vigas, guarda-corpos, contraventamentos e pilares

Elemento estrutural	Período	ELU	Verificação	
Viga longitudinal	Estiagem	Corte	0.90	OK
Viga transversal	Estiagem	Corte	0.87	OK
Travessas do guarda-corpos	Estiagem	Flexão desviada com compressão, encurvadura sobre ambos os eixos	0.80	OK
Contraventamento	Cheias	Flexão desviada com compressão, encurvadura sobre ambos os eixos	0.24	OK
Pilares	Cheias	Flexão desviada com compressão, encurvadura sobre ambos os eixos	0.88	OK

Tabela 7: Verificação de ELU dos elementos estruturais

4.3.2. Deck da Ponte-cais

Secção: $102 \times 22mm$

$$M_{sd,y} = 0,03kNm$$

$$V_{sd} = 0,26kN$$

Classe de serviço: Classe 3 ($T = 20^\circ$; $HR > 85\%$, estruturas em ambientes muito húmidos)

$$k_{mod} = 0,65 \text{ (EC5, tabela 3.1)}$$

Factor de segurança: $\gamma_M = 1,3$ (EC5-1-1:2004, tabela 2.3)

Classe de resistência da madeira: C14

$$A = bh = 11400\text{mm}^2 ; w_y = \frac{bh^2}{6} = 8228\text{mm}^3$$

a) Verificação do corte

$$A_{ef} = 0,67 \times A = 7638\text{mm}^2$$

$$\tau_{sd} = \frac{3 \times V_{sd}}{2 \times A_{ef}} = 0,051\text{Mpa} \quad (\text{exp.01})$$

$$f_{v,d} = k_{mod} \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 1,0\text{Mpa} \quad (\text{EC5-1-1:2004, eq.2.14}) \quad (\text{exp.02})$$

$$\eta = \frac{\tau_{sd}}{f_{v,d}} = 0,051 < 1,0 \text{ (Verifica!!!)} \quad (\text{exp.03})$$

b) Verificação a flexão simples

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{w_y} = 3,65\text{Mpa} \quad (\text{exp.04})$$

$$f_{m,d} = k_{mod} \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 7,0\text{Mpa} \quad (\text{exp.05})$$

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} = 0,52 < 1,0 \text{ (Verifica!!!)} \quad (\text{EC5-1-1:2004, eq.6.11}) \quad (\text{exp.06})$$

4.4. Verificação do Estado Limite de Serviço

A verificação de ELS consistiu no cálculo da deformação, limitando-a com os valores estipulado no Eurocódigo 5. Para este subcapítulo será feita a verificação da deformação para as pranchas de pavimento e para as vigas longitudinais.

Os valores limites das deformações estão apresentados no anexo 4.

4.4.1. Deck da Ponte-cais

a) Sistema estático das pranchas do pavimento

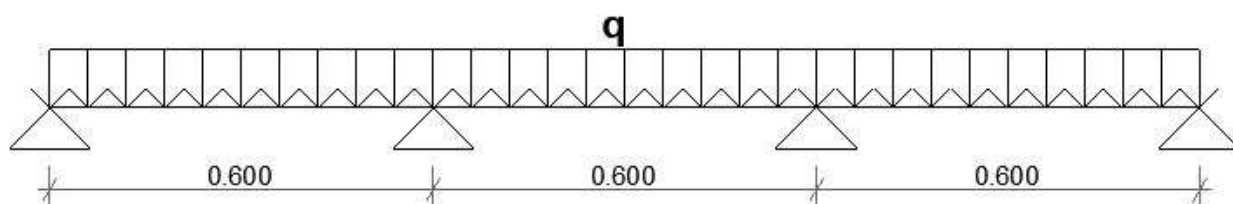


Figura 20: Sistema estático da viga das tábuas do pavimento

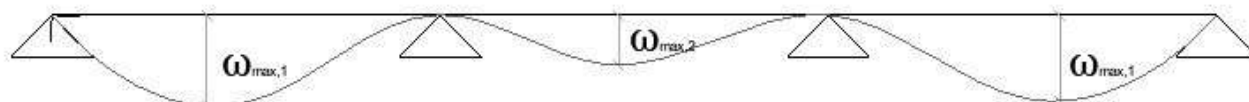


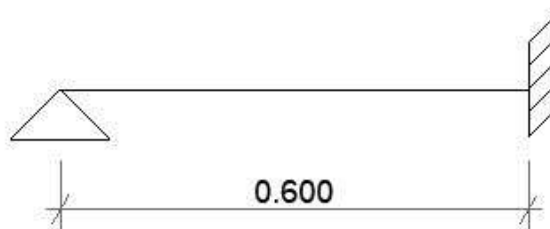
Figura 21: Deformação das pranchas do pavimento

Por simplificação, as deformações foram calculadas adotando os sistemas estáticos abaixo:



Figura 22: Sistemas estáticos adotados para cada vão

As deformações máximas da viga ocorrem nos vãos extremos, correspondente ao sistema estático apoiado-encastado.



b) Dados do dimensionamento

Elemento estrutural	Classe do Material	$E_0(Mpa)$	$\rho_k(\frac{kg}{m^3})$	$G_k(\frac{kN}{m})$	$Q_k(\frac{kN}{m})$
Pranchas de pavimento	C14	7000	290	0,00625	0,448

Tabela 8: Dados de projecto para verificação do ELS do deck da Ponte-cais

c) Cálculo da deformação

$$\omega_{inst} = \frac{qL^4}{185EI}$$

(exp.6)

b (mm)	h (mm)	$I(m^4)$	E (Mpa)	$W_{inst,G}$ (mm)	$W_{inst,Q}$ (mm)	$\frac{L}{300}$ (mm)
22	102	$1,946 \cdot 10^{-6}$	7000	0,0003215	0,02304	2,0

Tabela 9: Verificação da deformação instantânea das pranchas do pavimento

$$\omega_{inst} = 0,0003215 + 0,02304 = 0,0234mm < \frac{L}{300} = 2,0mm$$

$$\omega_{fin} = \omega_{inst,G}(1 + k_{def}) + \omega_{inst,Q}(1 + k_{def} \times \psi_2) \tag{exp.7}$$

$$\omega_{fin} = 0,0003215(1 + 2) + 0,02304(1 + 2 \times 0,2) = 0,0332mm < \frac{L}{400} = 1,5mm$$

4.4.2. Vigas longitudinais

a) Sistema estático das vigas longitudinais

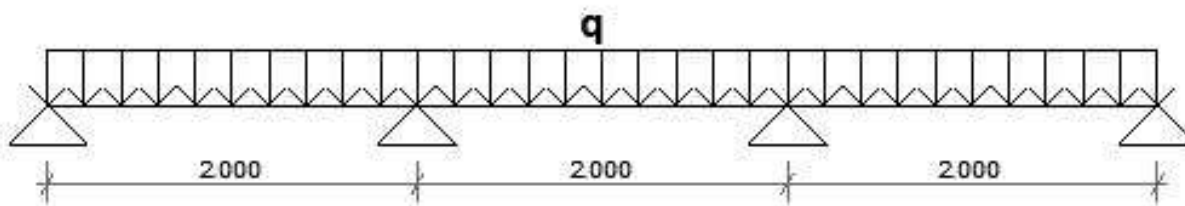


Figura 23: Sistema estático da viga longitudinal

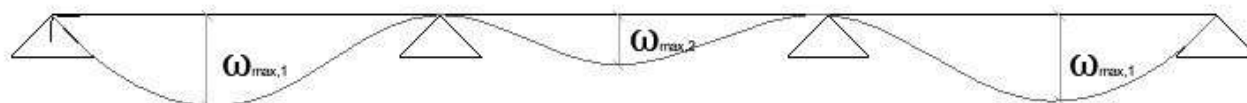
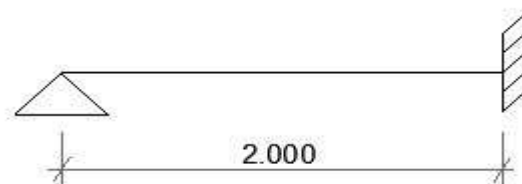


Figura 24: Deformação da viga longitudinal

Por simplificação, as deformações foram calculadas adoptando os sistemas estáticos da figura 21 acima.

As deformações máximas da viga ocorrem nos vãos extremos, correspondente ao sistema estático apoiado-encastado.



b) Dados do dimensionamento

Elemento estrutural	Classe do Material	$E_0 (Mpa)$	$\rho_k (\frac{kg}{m^3})$	$G_k (\frac{kN}{m})$	$Q_k (\frac{kN}{m})$

DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE UMA PONTE-CAIS DE MADEIRA PARA RESERVA NACIONAL DE MARROMEU

Vigas longitudinais	C14	7000	290	0,332	2,4
---------------------	-----	------	-----	-------	-----

Tabela 10: Dados de projecto para verificação do ELS das vigas longitudinais da Ponte-cais

a) Cálculo da deformação

$$\omega_{inst} = \frac{qL^4}{185EI} \quad (\text{exp.8})$$

b (mm)	h (mm)	$I(m^4)$	E (Mpa)	$w_{inst,G}$ (mm)	$w_{inst,Q}$ (mm)	$\frac{L}{300}$ (mm)
50	228	$4.938 \cdot 10^{-5}$	7000	0,004864	0,006728	6,67

Tabela 11: Verificação da deformação instantânea das vigas longitudinais

$$\omega_{inst} = 0,004864 + 0,006728 = 0,01159mm < \frac{L}{300} = 6,67mm$$

$$\omega_{fin} = \omega_{inst,G}(1 + k_{def}) + \omega_{inst,Q}(1 + k_{def} \times \psi_2) \quad (\text{exp.9})$$

$$\omega_{fin} = 0,004864(1 + 2) + 0,006728(1 + 2 \times 0,2) = 0,024mm < \frac{L}{400} = 5,0mm$$

4.5. Verificação da resistência ao fogo

4.5.1. Aspectos teóricos

A verificação da segurança ao fogo, preconizada pelo EC5 (EC5-1-2:2004, ineq.2.7), é dada pela seguinte expressão:

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d} \quad (\text{exp.10})$$

Onde:

$E_{fi,d}$ – É o valor de cálculo dos efeitos das acções na situação de incêndio;

$R_{fi,d}$ – É o valor de cálculo da resistência na situação de incêndio.

O efeito das acções (por exemplo, as forças e momentos interiores) relativos as condições de apoio e de fronteiras iniciais pode ser obtido a partir de uma análise estrutural global à temperatura ambiente utilizando:

$$E_{fi,d} = 0,6E_d \quad (\text{EC5-1-2:2004, eq.2.8}) \quad (\text{exp.11})$$

Para a verificação da capacidade resistente, os valores de cálculo da resistência e do módulo de elasticidade devem ser determinados a partir de

$$f_{fi,d} = k_{mod,fi} k_{fi} \frac{f_k}{\gamma_{M,fi}} \quad (\text{EC5-1-2:2000, eq.2.1}) \quad (\text{exp.12})$$

$$E_{fi,d} = k_{mod,fi} k_{fi} \frac{E_{fi,05}}{\gamma_{M,fi}} \quad (\text{EC5-1-2:2000, eq.2.2}) \quad (\text{exp.13})$$

$k_{fi} = 1,25 \rightarrow$ Madeira maciça (EC5-1-2:2000)

$k_{mod,fi} = 1,0$

O método escolhido para a análise da resistência ao fogo, dos elementos constituintes da Ponte-cais, foi o método simplificado da secção transversal efectiva, descrita no EC5-1-2.

Este método procede à verificação de segurança ao fogo através da redução de secção da madeira e compara a capacidade resistente desta secção reduzida com as acções de cálculo para a situação de incêndio. Deste modo, este método simplificado baseia-se no conceito de taxa de carbonização, que permite calcular a profundidade de madeira consumida pelo fogo e, conseqüentemente, determina também a secção residual efectiva que mantém a sua capacidade resistente quase intacta.

- **Profundidade de carbonização**

Através da aplicação, da profundidade de carbonização nominal ($d_{char,n}$) e considerando um tempo de incêndio t , obtemos a espessura de madeira que terá capacidade resistente nula, através de:

$$d_{char,n} = \beta_n \times t \quad (\text{EC5-1-2:2004, eq.3.2}) \quad (\text{exp.14})$$

β_n – Taxa de carbonização;

t – Tempo de exposição ao fogo.

	β_0 mm/min	β_n mm/min
a) Softwood and beech Glued laminated timber with a characteristic density of $\geq 290 \text{ kg/m}^3$ Solid timber with a characteristic density of $\geq 290 \text{ kg/m}^3$	0,65 0,65	0,7 0,8
b) Hardwood Solid or glued laminated hardwood with a characteristic density of 290 kg/m^3 Solid or glued laminated hardwood with a characteristic density of $\geq 450 \text{ kg/m}^3$	0,65 0,50	0,7 0,55
c) LVL with a characteristic density of $\geq 480 \text{ kg/m}^3$	0,65	0,7
d) Panels Wood panelling Plywood Wood-based panels other than plywood	0,9 ^a 1,0 ^a 0,9 ^a	– – –

^a The values apply to a characteristic density of 450 kg/m^3 and a panel thickness of 20 mm; see 3.4.2(9) for other thicknesses and densities.

Tabela 12: Taxa de carbonatação β_0 e β_n para a madeira (Fonte: EC5-1-2:2004, tabela 3.1)

$$d_{ef} = d_{char} + k_0 \times d_0 \quad (\text{EC5-1-2:2004, eq.4.1}) \quad (\text{exp.15})$$

Onde:

$$d_0 = 7,0\text{mm}$$

- Valor de k_0

Para superfícies não protegidas o valor de k_0 é dado por:

$$\begin{cases} t_{fi,req} < 20 \text{ min} & \rightarrow k_0 = \frac{t_{fi,req}}{20} \\ t_{fi,req} \geq 20 \text{ min} & \rightarrow k_0 = 1,0 \end{cases} \quad (\text{EC5-1-2:2000, tabela 4.1}) \quad (\text{exp.16})$$

Onde:

$t_{fi,req}$ – É o tempo de resistência ao fogo exigido na situação de incêndio padrão.

Aplicando o método de secção transversal efectiva, uma secção transversal efectiva deve ser calculada reduzindo a secção transversal inicial de uma camada com espessura igual à profundidade de carbonização, (EC5-1-2:2004).

O cálculo das secções reduzidas depende das faces que estão expostas, isto é, se todas as faces estão expostas à acção do fogo, então deve-se utilizar as equações.

$$b_{ef} = b - 2 \times d_{ef} \quad (\text{exp.17})$$

$$h_{ef} = h - 2 \times d_{ef} \quad (\text{exp.18})$$

Sendo que:

b_{ef} – Valor reduzido da largura;

h_{ef} – Valor reduzido da altura;

4.5.2. Cálculo das Propriedades mecânica dos materiais na situação do incêndio

Através das expressões 12 e 13, as propriedades resistentes da madeira correspondentes a classe C14, D30 e D70 na situação de incêndio são:

	Classe da Madeira		
	C14	D30	D70
Propriedades Resistentes(Mpa)			
$f_{m,d,fi}$	17.5	37,5	87.5
$f_{t,0,d,fi}$	10	22,5	52.5
$f_{t,90,d,fi}$	0.5	0,625	0.625
$f_{c,0,d,fi}$	20	28,75	42.5
$f_{c,90,d,fi}$	2.5	10	16.875
$f_{v,d,fi}$	2.5	3,75	7.5

Propriedades ríidas(Gpa)			
$E_{0,d,fi}$	8,75	12,5	25
$E_{0,05,d,fi}$	5,833	10,416	20.833
$E_{90,d,fi}$	0,287	0.8	1.663
$G_{mean,d,fi}$	0,55	0,75	1,562
Densidade da madeira			
ρ_k	290	530	900

Tabela 13: Propriedades resistentes da madeira na situação de incêndio

4.5.3. Verificação de ELU na situação de incêndio

Foi efectuada a verificação ao fogo dos elementos aos vários estados limites para combinações mais desfavoráveis (ver tabelas em anexo). Na tabela 18 são apresentados a taxa de aproveitamento, rácio entre os esforços máximos actuantes e resistentes, para os estados limites desfavorável para cada elemento da ponte.

4.5.4. Tempo de exposição ao fogo

Tipo de madeira	Elemento estrutural	$t(min)$	$d_{char,n}(mm)$	$d_{ef}(mm)$	Secção(mm)
Resinosa	Vigas longitudinais	12	9,6	13,1	23,8x201,8
	Travessas do guarda-corpos	15	12	15,5	45x121
	Vigas transversais	22	17,6	21,1	33,8x185,8
Folhosa	Contraventamentos	60	33	40	$\phi 72$
	Pilares	80	44	51	$\phi 138$

Tabela 14: Tempo de exposição ao fogo dos elementos estruturais

4.5.5. Verificação dos Estados Limites Últimos na situação de incêndio

Elemento estrutural	Período	ELU	Verificação	
Viga longitudinal	Cheias	Flexão com força de compressão (estabilidade lateral), flexão sobre o eixo y	0,80	OK
Viga transversal	Estiagem	Flexão desviada com compressão, encurvadura sobre ambos os eixos	0,73	OK
Travessas do guarda-corpos	Estiagem	Flexão desviada com compressão, encurvadura sobre ambos os eixos	0,76	OK
Contraventamento	Estiagem	Flexão desviada com compressão, encurvadura sobre ambos os eixos	0,92	OK
Pilares	Estiagem	Flexão desviada com compressão, encurvadura sobre ambos os eixos	0,80	OK

Tabela 15: Verificação de ELU na situação de incêndio

4.6. Dimensionamento das ligações

4.6.1. Aspectos teóricos

Para o dimensionamento das ligações foram usadas as metodologias de dimensionamento estipulado no Eurocódigo 5 (secção 8). As ligações serão aparafusadas e serão usados parafusos de porca. Segundo a teoria de Johansen, as ligações mecânicas com ligadores do tipo cavilha, estão sujeitas a vários modos de rotura. Estas roturas podem ocorrer por limitação do momento plástico do ligador, por esmagamento da madeira ou mesmo por rotura em bloco. Os factores que numa primeira análise influenciavam o modo de rotura eram: o tipo de ligação (ligação de dois elementos – corte simples, ou ligação de três elementos – corte duplo). Os diversos modos de rotura considerados, são apresentados na Figura 25 abaixo.

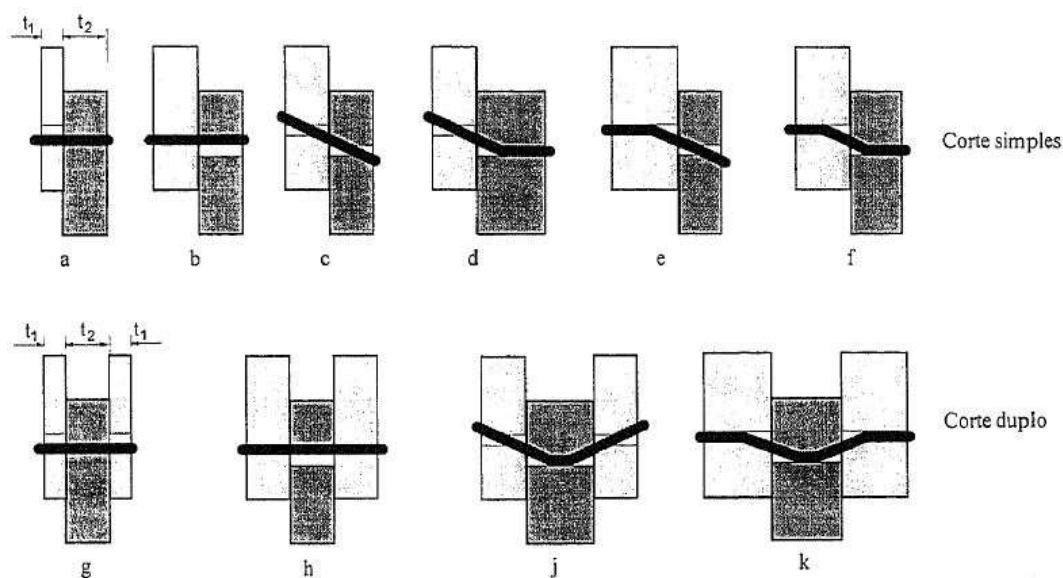


Figura 25: Modos de rotura para ligações de madeira-madeira e madeira-derivados de madeira (Fonte: Mendes, 1994)

- Metodologia de dimensionamento pelo EC5

a) Resistência ao Esmagamento

A resistência ao esmagamento localizado de uma dada madeira é igual ao valor máximo da tensão de compressão suportado por uma peça, exercida nesta por um elemento rígido do tipo cavilha que a atravesse numa dada secção. O EC 5 define para cada ligação, o valor característico da resistência ao esmagamento localizado.

Apresentam-se as expressões definidas no EC 5 para a quantificação do valor característico da resistência ao esmagamento localizado.

	Pregos, Agrafos, Parafusos (d<8mm)	Parafusos de Porca, Cavilhas, Parafusos (d ≥ 8mm)
Madeira	Para qualquer ângulo da força com o fio, diâmetros do ligador até 8 mm: - sem pré-furação $f_{h,k} = 0.082 \rho_k d^{-0.3}$ - com pré-furação $f_{h,k} = 0.082(1-0.01d)\rho_k$	Para o ângulo α da força com o fio: $f_{h,\alpha,k} = \frac{f_{h,0,k}}{K_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$ $f_{h,0,k} = 0.082(1-0.01d)\rho_k$ $K_{90} = 1.35 + 0.15d$ para Resinosas $K_{90} = 0.9 + 0.015d$ para Folhosas
Painel	Para qualquer ângulo da força com o fio: - contraplacado $f_{h,k} = 0.11 \rho_k d^{-0.3}$ - aglomerado de fibras duro estrutural $f_{h,k} = 30 d^{-0.3} t^{0.6}$	Para qualquer ângulo da força com o fio: - contraplacado $f_{h,k} = 0.11(1-0.01d)\rho_k$
<i>d e t em mm, ρ_k em Kg/m³, f em MPa</i>		

Tabela 16: Expressões para caracterização da resistência ao esmagamento localizado (Fonte: Mendes, 1994)

b) Momento de cedência

O momento de cedência plástica do conector é o valor do momento sob o qual se atinge a plastificação completa da secção do conector. À semelhança da resistência ao esmagamento localizado, também se pode determinar o valor característico do momento de cedência plástica a partir de expressões resultantes de ensaios já efectuados. Estas expressões podem ser consultadas no EC 5.

No caso de parafusos de porca redondos, o momento de cedência é determinado pela seguinte expressão:

$$M_{y,k} = 0,8f_{u,k} \frac{d^3}{6} \quad (\text{exp.19})$$

Onde:

$M_{y,k}$ – é o momento plástico característico do ligador;

d – diâmetro do ligador (mm);

$f_{u,k}$ – é o valor característico da resistência à tração (MPa).

c) Determinação da capacidade resistente da ligação

O dimensionamento da ligação passa pela determinação da capacidade resistente de cada ligador. Para isso recorre-se as seguintes expressões associados aos diversos modos de rotura.

Sendo assim, a capacidade resistente de cálculo de um ligador, para ligações de madeira-madeira, em corte simples, é dada pelo menor dos valores dados pelas seguintes expressões:

$$R_d = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,1,d} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta \\ \frac{f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d}{1+\beta} \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right] + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2} - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] \\ 1,1 \frac{f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d}{1+\beta} \left[\sqrt{2 \cdot \beta(1+\beta) + \frac{4 \cdot \beta(2+\beta) \cdot M_{y,d}}{f_{h,1,d} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \\ 1,1 \frac{f_{h,1,d} \cdot t_2 \cdot d}{1+\beta} \left[\sqrt{2 \cdot \beta^2(1+\beta) + \frac{4 \cdot \beta(1+\beta) \cdot M_{y,d}}{f_{h,1,d} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] \\ 1,1 \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1+\beta}} \sqrt{2 M_{y,d} \cdot f_{h,1,d} \cdot d} \end{array} \right. \quad (\text{exp.20})$$

Tratando-se de ligadores em corte duplo, a capacidade resistente de cálculo de um ligador, para ligações de madeira-madeira, por cada plano de corte, é dada pelo menor dos valores dados pelas seguintes expressões:

$$R_d = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d \\ 0,5 \cdot f_{h,1,d} \cdot t_2 \cdot d \cdot \beta \\ 1,1 \frac{f_{h,1,d} \cdot t_1 \cdot d}{1+\beta} \left[\sqrt{2 \cdot \beta(1+\beta) + \frac{4 \cdot \beta(2+\beta) \cdot M_{y,d}}{f_{h,1,d} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] \\ 1,1 \sqrt{\frac{2 \cdot \beta}{1+\beta}} \sqrt{2 M_{y,d} \cdot f_{h,1,d} \cdot d} \end{array} \right. \quad (\text{exp.21})$$

Os valores dos parâmetros das expressões anteriores são definidos da seguinte forma:

d – diâmetro do ligador em metros (mm)

$f_{h,1,d}$ e $f_{h,2,d}$ – Resistência ao esmagamento localizado em t_1 e t_2 (em Mpa)

$$f_{h,1,d} = \frac{k_{mod,1} f_{h,1,k}}{\gamma_M} \quad \text{e} \quad f_{h,2,d} = \frac{k_{mod,2} f_{h,2,k}}{\gamma_M} \quad (\text{exp.22}) \text{ e } (\text{exp.23})$$

Sendo os valores de $f_{h,1,k}$ e $f_{h,2,k}$ obtidos a partir das expressões da tabela 18.

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}} \quad (\text{exp.24})$$

$M_{y,d}$ – Momento de cedência do ligador (kNm)

$M_{y,d} = \frac{M_{y,k}}{\gamma_M}$ e $M_{y,k}$ – é obtido a partir da tabela 20

t_1 e t_2 – são valores das espessuras da madeira, ou a penetração do ligador no elemento oposto, tratando-se de parafusos com porca, os valores de t_1 e t_2 são definidos de acordo com a figura 21.

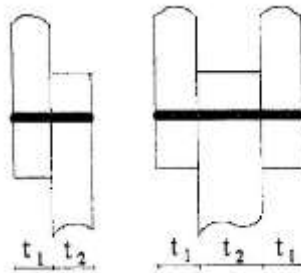


Figura 26: Definição de t_1 e t_2 (Fonte: Mendes, 1994)

d) Definição geométrica das ligações

A cada tipo de ligação está associada um conjunto de disposições construtivas, previstas no EC 5, nomeadamente ao nível de espaçamentos mínimos e máximos entre conectores e distâncias aos limites das peças. Estas regras surgem, no intuito de minimizar ou mesmo eliminar, o risco de rotura frágil através do fendimento da peça de madeira. Para tal, devem ser cumpridas todas as disposições constantes do Eurocódigo 5, na secção 8.

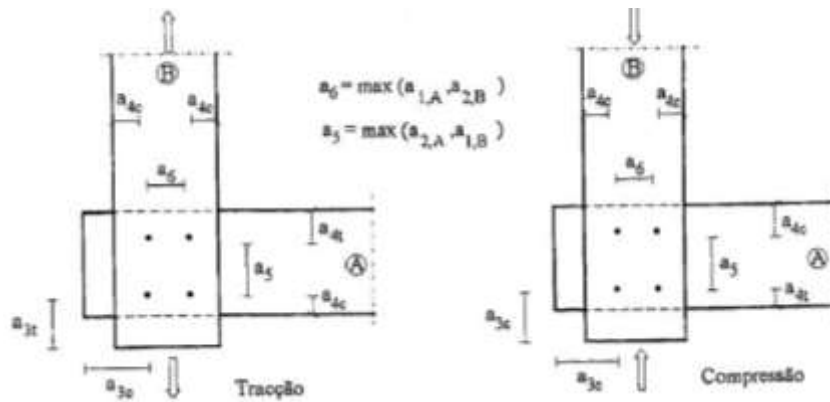


Figura 27: Afastamentos e distâncias mínimas de ligações cruzadas ($\alpha=90^\circ$) (Fonte: Mendes, 1994)

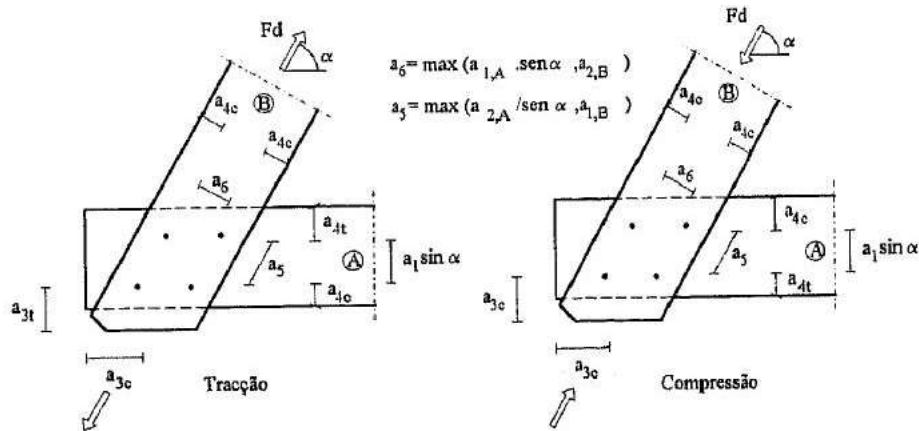


Figura 28: Afastamentos e distâncias mínimas de ligações cruzadas ($0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$) (Fonte: Mendes, 1994)

Para parafusos de porca e parafusos com $d \geq 8\text{mm}$, os valores dos afastamentos e as distâncias mínimas são apresentados na tabela 29 abaixo.

a_1	Paralelamente ao fio da madeira	$(4+3 \cos\alpha)d^*$
a_2	Perpendicularmente ao fio da madeira	$4d$
$a_{3,t}$	$-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$7d$ (mas nunca menor do que 80 mm)
$a_{3,c}$	$150^\circ \leq \alpha \leq 210^\circ$	$4d$
	$90^\circ < \alpha < 150^\circ$	$(1 + 6 \sin\alpha)d$ (mas nunca menor do que $4d$)
	$210^\circ < \alpha < 270^\circ$	
$a_{4,t}$	$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$	$(2 + 2\sin\alpha)d$ (mas nunca menor do que $3d$)
$a_{4,c}$	Todos os outros valores de α	$3d$
* O espaçamento mínimo a_1 pode ser reduzido até $4d$ se a resistência ao esmagamento localizado $f_{h,0,k}$ for reduzida pela multiplicação pelo factor $\sqrt{a_1 / (4 + 3 \cos\alpha)d}$		

Figura 29: Afastamentos e distâncias mínimas de parafusos com porca com $d \geq 8\text{mm}$ (Fonte: Mendes, 1994)

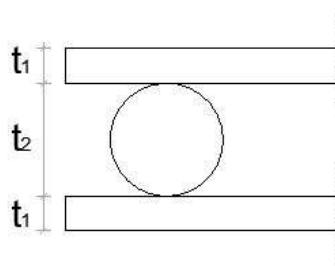
4.6.2. Verificação da segurança das ligações

Para o estudo foram adoptadas ligações metálicas aparafusadas, onde serão feitas os dimensionamentos das ligações de Pilar – vigas transversais, e Pilar – contraventamento.

O dimensionamento consistiu na verificação das ligções para acções mais desfavoráveis. Abaixo são apresentados os cálculos e as respectivas verificações.

a) Cálculo da ligação Pilar-vigas transversais

Tipo de ligação	madeira-madeira-madeira	
Ligador	M10; Classe(4,6)	
Madeira	Pilar	C70
	Vigas	C14
Classe de serviço	Classe 3	
Ângulo entre os elementos da ligação	90°	
Esforços internos	Nd (kN)	14.52
Secção transversal	Pilar	φ240
	Vigas	76×228



- Determinação de Kmod de t1 e t2

$$k_{mod} = 0,7$$

$$t_1 = 0,076m \text{ e } t_2 = 0,24m$$

- Resistência ao esmagamento localizado dos elementos ($f_{h,1,d}$ e $f_{h,2,d}$)

As resistências localizadas dos elementos serão diferentes, já que a ligação é cruzada ($\alpha = 90^\circ$).

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k \quad (\text{exp.25})$$

$$k_{90} = 0,9 + 0,015d \text{ (Madeira folhosa)} \quad (\text{exp.26})$$

$$f_{h,2,k} = \frac{0,082(1-0,01d)\rho_k}{k_{90} \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha)} \quad (\text{exp.27})$$

$f_{h,1,0,k}$ (kN)	$f_{h,2,90,k}$ (kN)	$f_{h,1,0,d}$ (kN)	$f_{h,2,90,d}$ (kN)	β
21,40	63,26	11,52	34,06	2,96

- Determinação do momento de cedência do ligador ($M_{y,d}$)

$$M_{y,k} = \frac{0,8f_{u,k}d^3}{6} \quad (\text{Exp.28})$$

Os parafusos serão de classe(4,6) com uma tensão característica de $f_{u,k} = 400\text{Mpa}$.

$$M_{y,d} = 48,485 \times 10^{-3} \text{ kNm}$$

- Determinação da capacidade resistente dos ligadores

Como se trata de uma ligação de três (3) elementos de madeira maciça, portanto de corte duplo, o valor de cálculo da capacidade resistente de cada ligador, por plano de corte, é dado pelo menor dos valores obtidos da expressão 21.

$$R_d = \min \begin{cases} R_{d,g} = 8,758 \text{ kN} \\ R_{d,h} = 40,874 \text{ kN} \\ R_{d,j} = 4,477 \text{ kN} \\ R_{d,k} = 4,495 \text{ kN} \end{cases} \quad (\text{exp.29})$$

O valor de R_d é, então:

$$R_d = 4,477 \text{ kN}$$

Determinação de números de parafusos

$$n = \frac{V_d}{R_d} = 2 \text{ Parafusos de porca} \quad (\text{exp.30})$$

- Disposições construtivas

$$a_{1,A} = (4 + 3 \cos(\alpha))d = 40mm \quad \text{para } \alpha = 0^\circ \quad (\text{exp.31})$$

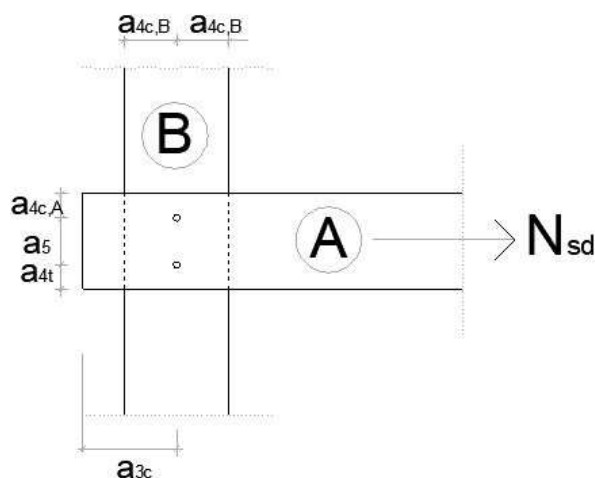
$$a_{2,B} = 4d = 40mm \quad \text{para } \alpha = 90^\circ \quad (\text{exp.32})$$

$$a_5 = \max(a_{1,A}; a_{2,B}) = 40mm \quad (\text{exp.33})$$

$$a_{3,c} = 7d = 70mm \quad (\text{min } 80mm) \quad (\text{exp.34})$$

$$a_{4t} = (2 + 2 \sin(\alpha))d = 40mm \quad (\text{exp.35})$$

$$a_{4c} = 3d = 30mm \quad (\text{exp.36})$$



Valores adoptados:

a_{3c} (mm)	$a_{4c,B}$ (mm)	a_{4t} (mm)	$a_{4c,A}$ (mm)	a_5 (mm)
220	50	50	120	112

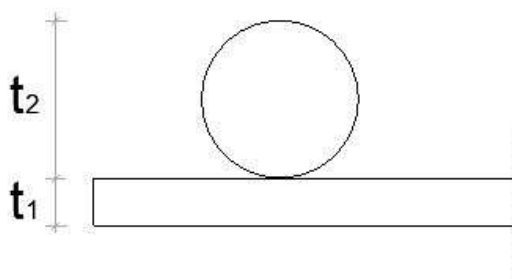
Ver detalhes construtivos no anexo 6.

b) Cálculo da ligação Pilar-contraventamento

Tipo de ligação	madeira-madeira-madeira	
Ligador	M24, Classe(4,6)	
Madeira	Pilar	D70

DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE UMA PONTE-CAIS DE MADEIRA PARA RESERVA NACIONAL DE MARROMEU

	Contraventamento	D30
Classe de serviço	Classe 3	
Ângulo entre os elementos da ligação	56°	
Esforços internos	Nd (kN)	25,60
Secção transversal	Pilar (mm)	φ240
	Contaventamento (mm)	φ150



- Determinação de Kmod de t1 e t2

$$k_{mod} = 0,7$$

$$t_1 = 0,15m \text{ e } t_2 = 0,24m$$

- Resistência ao esmagamento localizado dos elementos ($f_{h,1,d}$ e $f_{h,2,d}$)

As resistências localizadas dos elementos serão diferentes, já que a ligação é cruzada ($\alpha = 56^\circ$).

$$f_{h,0,k} = 0,082(1 - 0,01d)\rho_k \quad (\text{exp.37})$$

$$k_{90} = 0,9 + 0,015d \text{ (Madeira folhosa)} \quad (\text{exp.38})$$

$$f_{h,2,k} = \frac{0,082(1-0,01d)\rho_k}{k_{90} \sin^2(\alpha) + \cos^2(\alpha)} \quad (\text{exp.39})$$

$f_{h,1,0,k}$ (kN)	$f_{h,2,56,k}$ (kN)	$f_{h,1,0,d}$ (kN)	$f_{h,2,56,d}$ (kN)	β
33,90	55,65	18,25	29,97	1,64

- Determinação do momento de cedência do ligador($M_{y,d}$)

$$M_{y,k} = \frac{0,8f_{u,k}d^3}{6} \quad (\text{exp.40})$$

Os parafusos serão de classe(4,6) com, com uma tensão característica de $f_{u,k} = 400\text{Mpa}$.

$$M_{y,d} = 567,893 \times 10^{-3}\text{kNm}$$

- Determinação da capacidade resistente dos ligadores

Como se trata de uma ligação de dois (2) elementos de madeira maciça, portanto de corte simples, o valor de cálculo da capacidade resistente de cada ligador, por plano de corte, é dado pelo menor dos valores obtidos da expressão 20.

$$R_d = \min \begin{cases} R_{d,a} = 60,236\text{kN} \\ R_{d,b} = 158,222\text{kN} \\ R_{d,c} = 48,288\text{kN} \\ R_{d,d} = 28,173\text{kN} \\ R_{d,e} = 55,001\text{kN} \\ R_{d,f} = 26,190\text{kN} \end{cases} \quad (\text{exp.41})$$

O valor de R_d é, então:

$$R_d = 26,190\text{kN}$$

Determinação de números de parafusos

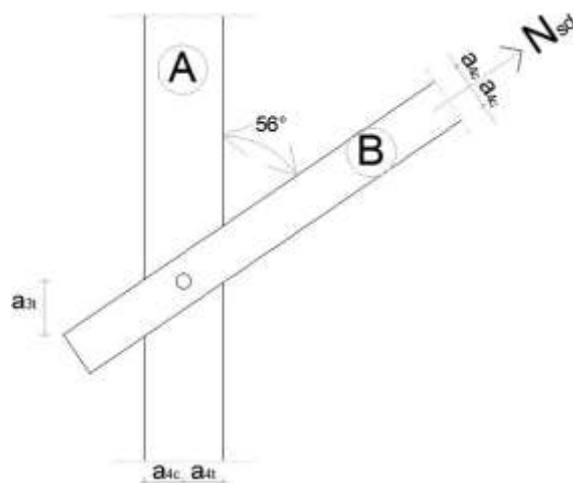
$$n = \frac{N_d}{R_d} = 1 \text{ Parafuso de porca} \quad (\text{exp.42})$$

- Disposições construtivas

$$a_{4c,A} = a_{4c,B} = 3d = 66\text{mm} \quad (\text{exp.43})$$

$$a_{3t} = 7d = 154\text{mm} \quad (\text{exp.44})$$

$$a_{4t} = (2 + 2 \sin(\alpha))d = 80,48\text{mm} \quad (\text{exp.45})$$



Valores adoptados

$a_{3t} (mm)$	$a_{4c,A} (mm)$	$a_{4c,B} (mm)$	$a_{4t} (mm)$
173	120	75	120

Ver os detalhes construtivos em anexo 6.

4.7. Verificação da capacidade resistente máxima das estacas cravadas

O distrito de Marromeu é caracterizado por uma geologia composta de solos argilosos moles, que no processo de construção merecem muita atenção por esses oferecerem baixa capacidade de carga. O distrito é composta por depósitos argilosos provenientes da sedimentação dos rios, que desaguam as suas águas na baía de Sofala, onde a camada superficial aluvionar é composta por camada arenosa e argilosa com matéria orgânica desenvolvida em zonas pantanosas.

Segundo Ministério Para a Cooperação da Acção Ambiental, o Distrito de Marromeu predominam os solos de aluviões argilosos (53 % da área total do distrito), seguido de solos de mananga (23 %) constituídos a partir de diferentes associações de solos (M, PA e PM), seguindo-se os solos arenosos (cerca de 19 %) e os solos sobre rocha calcária (5 %). A maior parte do distrito é constituída por solos de aluviões argilosos (FG). Os solos de aluviões (FS e FG) dominam a margem do Zambeze.

Assim, para esse projecto foram adoptadas fundações profundas, onde serão cravadas estacas (pilares da ponte) até a profundidade que oferece uma boa capacidade de carga.

- **Características do solo**

Argilas moles:

$$\gamma_{sat} = 16 \text{ kN/m}^3 \quad \text{Solo completamente saturado}$$

$$\gamma_w = 9.8 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi' = 0$$

$$C_u = 20 \text{ kN/m}^2$$

- **Capacidade de Carga**

$$Q_{ult} = \frac{Q_s}{F_{s,s}} + \frac{Q_b}{F_{s,b}} \quad (\text{exp.46})$$

$$Q_b = N_c \times C_{u,b} \times A_b \quad (\text{exp.47})$$

$$Q_s = \alpha \times C_u \times \pi \times d \times L \quad (\text{exp.48})$$

Valores de factor de adesão (α)

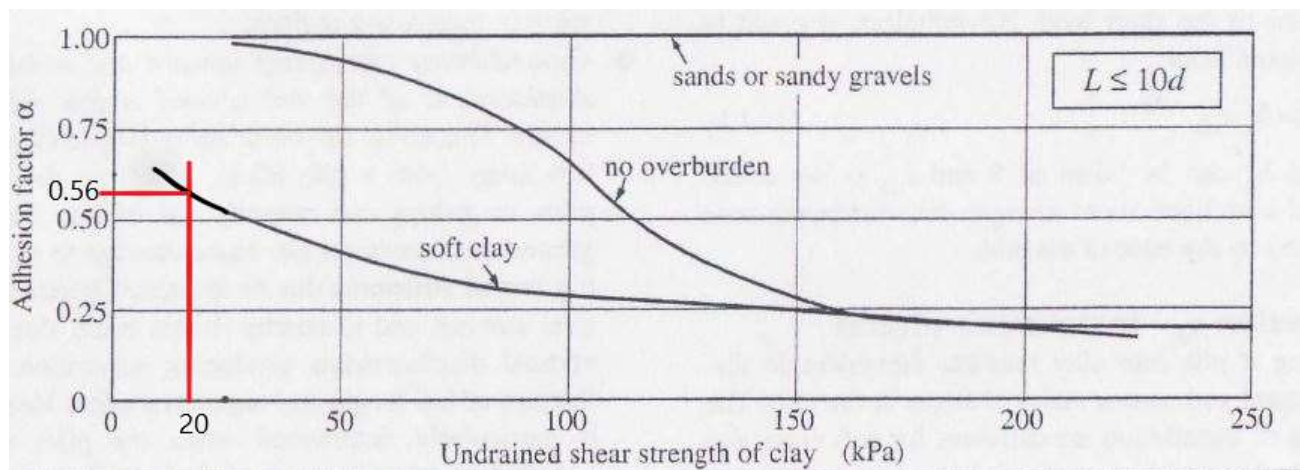


Tabela 17: Valores de factor de adesão (BARNES, 2000)

$$C_u = 20 \text{ kPa} \rightarrow \alpha = 0.60$$

- **Resistência de carga de ponta**

$$Q_b = N_c \times C_{u,b} \times A_b$$

$$Q_b = 9.0 \times 20 \times \frac{\pi \times 0.24^2}{4} = 32.57 \text{ kN}$$

Resistência do atrito lateral:

$$Q_s = A_s \times f_s$$

$$Q_s = \alpha_p \times C_u \times \pi \times d \times L$$

$$Q_s = 0.6 \times 20 \times \pi \times 0.24 \times 6.0 = 54.29 \text{ kN}$$

$$Q_{ult} = \frac{Q_b}{3} + \frac{Q_s}{1.5}$$

$$Q_{ult} = \frac{32.57}{3} + \frac{54.29}{1.5} = 47.05 \text{ kN} > R_{apoio,max} = 44.38 \text{ kN} \text{ Verifica!!!}$$

O valor da reacção de apoio está no Anexo 1.6.

A profundidade de cravação dos pilares a considerar no projecto é de 6.0 m.

4.8. Processos construtivos

O processo construtivo foi adoptado tendo em conta a disponibilidade dos equipamentos, o tipo de solo predominante na região e os custos inerentes a construção. Respeitar-se-á o comportamento hidrológico do rio, devendo o início das obras coincidir com o período de estiagem.

4.8.1. Execução dos pilares

As fundações da Ponte-cais serão profundas para atender as condições de terreno não favoráveis (predominância de solos moles), serão usados pilares circulares que serão cravados até uma profundidade que possa oferecer boa capacidade de carga.

A cravação das estacas será por prensagem ou vibração. Face a isto, fez-se uma escolha criteriosa do equipamento tendo em conta ao tipo e dimensão da estaca, características do solo e a características do projecto. Deste modo, o equipamento usado para a cravação de estaca será o Bate-estaca.

- **Bate-estaca com pilão de queda livre**

É um equipamento utilizado na execução de fundações profundas nas construções. Os Bate-estacas são usados para cravação dos diversos tipos de estacas, dentre as quais se podem referenciar a estaca pré-fabricada de betão, metálica, e de madeira.

O trabalho de bate-estaca consiste na cravação, por meio de percussão, aplicada na cabeça da estaca de um elemento de betão, aço ou madeira até uma profundidade que possa oferecer uma boa capacidade de carga.

A figura 30 abaixo, o equipamento usado para a cravação das estacas.

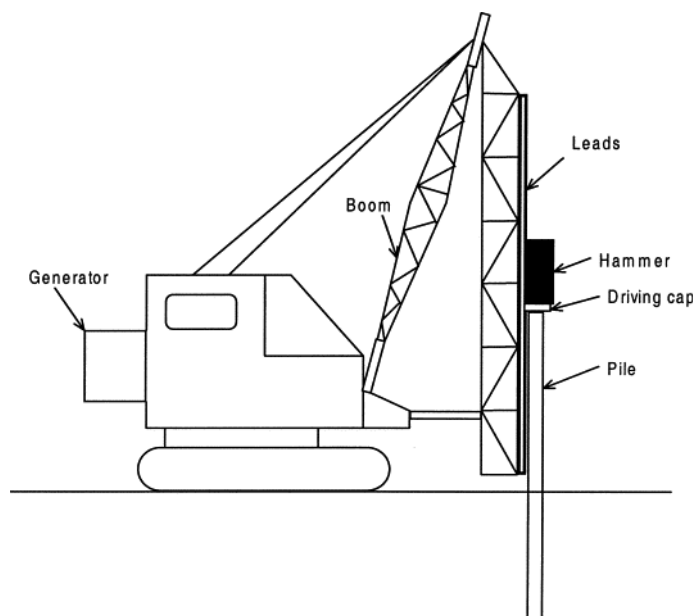


Figura 30: Cravação da estaca com recurso ao bate-estaca

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Uma das actividades mais importantes do dimensionamento, é a combinação das acções actuantes sobre a estrutura que tem em conta a direcção das cargas e o tempo de actuação sobre a estrutura. Para o presente estudo, nota-se que os valores desfavoráveis das acções verificam-se mais no período de estiagem, devido aos ventos extremos que se fazem sentir na região, por outro lado os elementos de contraventamentos e pilares apresentaram valores desfavoráveis devido a pressão da água considerada para o período de cheias.

De forma interactiva, resultante de uma análise estática, as secções finais dos elementos estruturais da Ponte-cais relativamente a verificação dos ELU apresentaram uma taxa de aproveitamento bastante satisfatórios com valores entre 80% a 90% da sua capacidade máxima resistente. Os elementos de contraventamento apresentaram um rácio de 24% para diâmetro de 150mm e 80% para diâmetro de 100mm, porém foi adoptada a primeira solução, pois a segunda solução não satisfazia as disposições construtivas (distância mínima do centro de gravidade parafuso até ao bordo da peça) dos parafusos estabelecidas no EC5 (EC5, secção 8, tabela 8.4).

Os valores de deformação obtidos na verificação dos ELS das vigas longitudnais e das pranchas do pavimento são satisfatórios e respeitam os valores limites estipulados no EC5 (EC5-2, secção 7, tabela 7.1).

O tempo de exposição ao fogo das madeiras folhosas é bastante alto quando comparado com as madeiras resinosas, devido a elevada densidade desses materiais, dando azo a baixa perda de secção.

Os elementos de madeiras folhosas apresentaram melhor comportamento relativamente as resinosas devido a sua baixa taxa de carbonatação, resultando numa menor perda da secção quando expostos ao fogo. Verifica-se também que a influência do fogo sobre os elementos de madeira, não reduz as propriedades mecânicas, mas reduz a secção da peça estrutural e a sua rigidez.

Devido as características dos solos do local de implantação da Ponte, serão usados fundações profundas que consistirá na cravação dos pilares da ponte por meios mecânicos até a uma profundidade mínima de 6.0 m de modo a alcançar uma boa capacidade de carga da fundação.

6. CONCLUSÃO

Na concepção de projecto, é o dever do projectista prever as diferentes situações de serviço da estrutura e a actuação das cargas, estáticas e dinâmicas. E dentro dessas previsões, produzir um projecto economicamente aceitável e que possa atender as necessidades para os quais ela foi concebida, com durabilidade e resistência suficiente para atender às acções solicitantes.

Um dos aspectos importante a ter em consideração no dimensionamento de elementos de madeira, é combinação de acções, visto que esta componente conduz a capacidades resistentes de cálculos muito baixas ou altas, através da incorporação do factor de modificação (k_{mod}) que depende muito do tipo de carga e do tempo da actuação na estrutura. O tempo de actuação das cargas é uma factor extremamente importante, na medida em que uma peça sujeita a uma carga prolongada oferece uma resistência inferior à que teria se a solicitação fosse aplicada durante um curto espaço de tempo.

O tempo de exposição ao fogo de um elemento estrutural em madeira depende da densidade, secção da peça e da humidade. A densidade interfere na reacção da madeira ao fogo, verificando-se que quanto maior a densidade, menor é a facilidade e velocidade de combustão. Nos cálculos realizados, constantou-se que a madeira folhosa resiste melhor ao fogo quando comparado com a resinosa, uma vez que a perda de secção é bastante lenta neste tipo de madeira, resultando em tempos de exposição muito altos.

Nota-se que as vigas de madeira com secções transversais maiores exibem uma menor fluência do que a madeira com uma menor secção transversal. Deste modo, admite-se que no primeiro caso o material tem uma resposta mais lenta a flutuações da humidade relativa da envolvente, e quando sujeita a cargas apresenta uma resposta satisfatória devido a sua alta rigidez.

Foi efectuado o dimensionamento das várias ligações presentes na ponte. Estes estão apresentados como desenhos no Anexo 6 e dimensionadas no capítulo 4.6. É de salientar que o dimensionamento das ligações deve ser feito com muito rigor e cuidado, pois a

madeira apresenta, conforme as direcções das fibras, resistências bastantes diferentes como também diferentes modos de rotura. Como tal pode-se dizer que as ligações dos elementos de madeira é um dos tópicos mais complexos de se abordar e verificar.

O dimensionamento das ligações deve ser feito com muito rigor, pois a madeira apresenta, conforme as direcções das fibras, resistências bastantes diferentes como também diferentes modos de rotura, devendo sempre respeitar as disposições constructivas dos conectores prevista no regulamento para evitar o fendimento dos elementos a ligar, e tornando frágil a zona de ligação, o que pode causar posteriormente rotura da estrutura.

A estrutura da Ponte-cais será inserida num ambiente muito húmido cuja classificação climática do EC 5 é classe serviço 3. Então, todos os elementos de aço deverão ser galvanizados com zinco para impedir a corrosão destes e aumentar a sua durabilidade.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ❖ BARNES, *Soil mechanics: Principles and practice*, 3ª edição, 2010;
- ❖ Eurocódigo 5 (EN 1995-1-1 : 2004), Projecto de estruturais de madeira, parte 1-1: regras gerais e regras para edifícios;
- ❖ Eurocódigo 5 (EN 1995-1-2 : 2000), Projecto de estruturais de madeira, parte 1-2: Verificação de resistência ao fogo;
- ❖ Eurocódigo 5 (EN 1995-2 : 2004), Projecto de estruturais de madeira, parte 2: regras gerais e regras para pontes;
- ❖ Eurocódigo 0 (EN 1990-1-1-2002), Bases para o Dimensionamento;
- ❖ HILÁRIO Ricardo, *Metodologias e disposições regulamentares relativamente a ligações*, Lisboa, 2013;
- ❖ MARTINS, Tomás, *Dimensionamento de Estruturas em Madeira – Coberturas e Pavimentos (Dissertação)*, Lisboa, 2010;
- ❖ Mapa de Ventos de Moçambique – Zoneamento de ciclones;
- ❖ Mapa Sísmico de Moçambique– Zoneamento sísmico;
- ❖ MENDES, Paulo, *ligações em estruturas de madeira tecnologia e dimensionamento de acordo com Eurocódigo5*, Porto, 1994;

- ❖ Ministério para a Coodenação da Acção Ambiental, Projecto de avaliação ambiental estratégica da zona costeira - Perfil Ambiental e Mapeamento do uso Actual da Terra nos Distritos da Zona Costeira de Moçambique, 2012;
- ❖ RSA, Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes.

Anexos

ANEXOS:

ANEXO 1: Distribuição das cargas sobre a estrutura

- Figura 1.1: Acção do vento actuante sobre a estrutura durante período de estiagem (em +y e -y);
- Figura 1.2: Acção do vento actuante sobre a estrutura durante o período de cheias (em +y e -y);
- Figura 1.3: Acção de água actuante sobre os pilares durante o período de cheias;
- Figuras 1.4 e 1.5: Diagramas de esforços das pranchas do pavimentos para combinação de acção desfavorável.
- Figura 1.6: Reacções de apoio da estrutura no período de cheias;
- Figura 1.7: Reacções de apoio da estrutura no período de estiagem.

ANEXO 2: Tabelas de verificação dos Estados Limites Últimos

- Tabela 2.1: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) das vigas longitudinais;
- Tabela 2.2: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) das vigas transversais;
- Tabela 2.3: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) dos guarda-corpos;
- Tabela 2.4: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) dos contraventamentos;
- Tabela 2.5: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) dos pilares.

ANEXO 3: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) na situação de incêndio

- Tabela 3.1: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) das vigas longitudinais;
- Tabela 3.2: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) das vigas transversais;
- Tabela 3.3: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) dos guarda-corpos;
- Tabela 3.4: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) dos contraventamentos;
- Tabela 3.5: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) dos pilares.

ANEXO 4: Tabelas retiradas do Eurocódigo 5

- Tabela 4.1: Classes de duração das acções;
- Tabela 4.2: Classes de serviço;
- Tabela 4.3: Coeficientes parciais de segurança relativos às propriedades dos materiais
- Tabela 4.4: Valores limite de deformação para vigas;
- Tabela 4.5: Valores de K_{def} ;
- Tabela 4.6: Valores de K_{mod} .

ANEXO 5: Formulário

- Tabela 5.1: Combinação de acções;
- Tabela 5.2: Verificação dos Estados Limites Últimos;
- Tabela 5.3: Cálculo das deformações instantaneas e finais (devido a fluência).

ANEXO 6: Mapas de ventos e Sísmico de Moçambique

- Mapa de ventos de Moçambique– Zonamento de ciclones;
- Mapa sísmico de Moçambique– Zonamento sísmico.

ANEXO 7: Detalhes construtivos da Plataforma fixa

- Planta, vista frontal e lateral da plataforma fixa;
- Detalhes da plataforma fixa;
- Detalhes das ligações Viga – Pilar e Pilar – Contraventamento.

ANEXO 1:
Distribuição das cargas sobre a estrutura

- Figura 1.1: Acção do vento actuante sobre a estrutura durante período de estiagem (em +y e -y);
- Figura 1.2: Acção do vento actuante sobre a estrutura durante o período de cheias (em +y e -y);
- Figura 1.3: Acção de água actuante sobre os pilares durante o período de cheias;
- Figura 1.4: Diagramas de esforços das pranchas do pavimentos para combinação de acção desfavorável;
- Figura 1.6: Reacções de apoio da estrutura no período de cheias;
- Figura 1.7: Reacções de apoio da estrutura no período de estiagem.

Figura 1.1: Acção do vento actuante sobre a estrutura durante período de estiagem (em +y e -y)

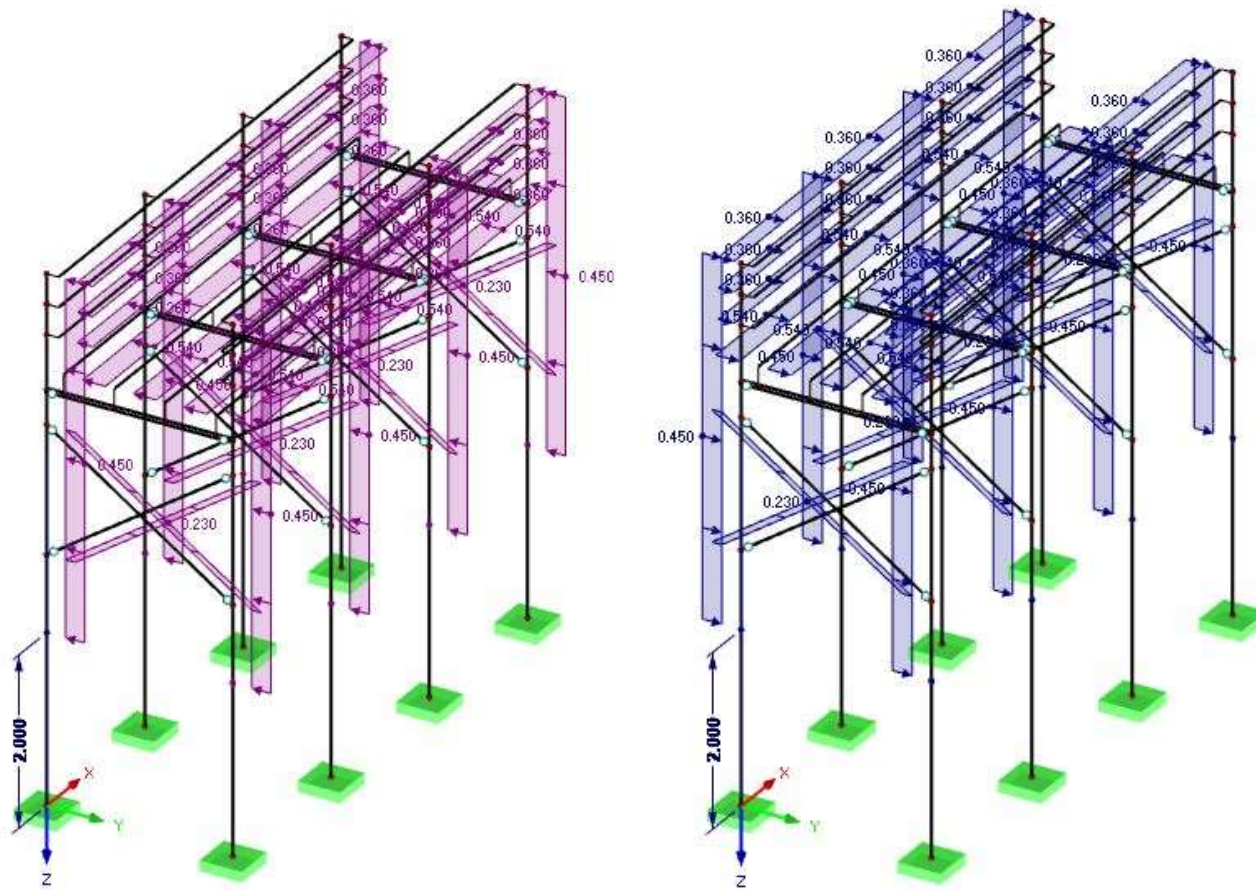


Figura 1.2: Acção do vento actuante sobre a estrutura durante o período de cheias (em +y e -y)

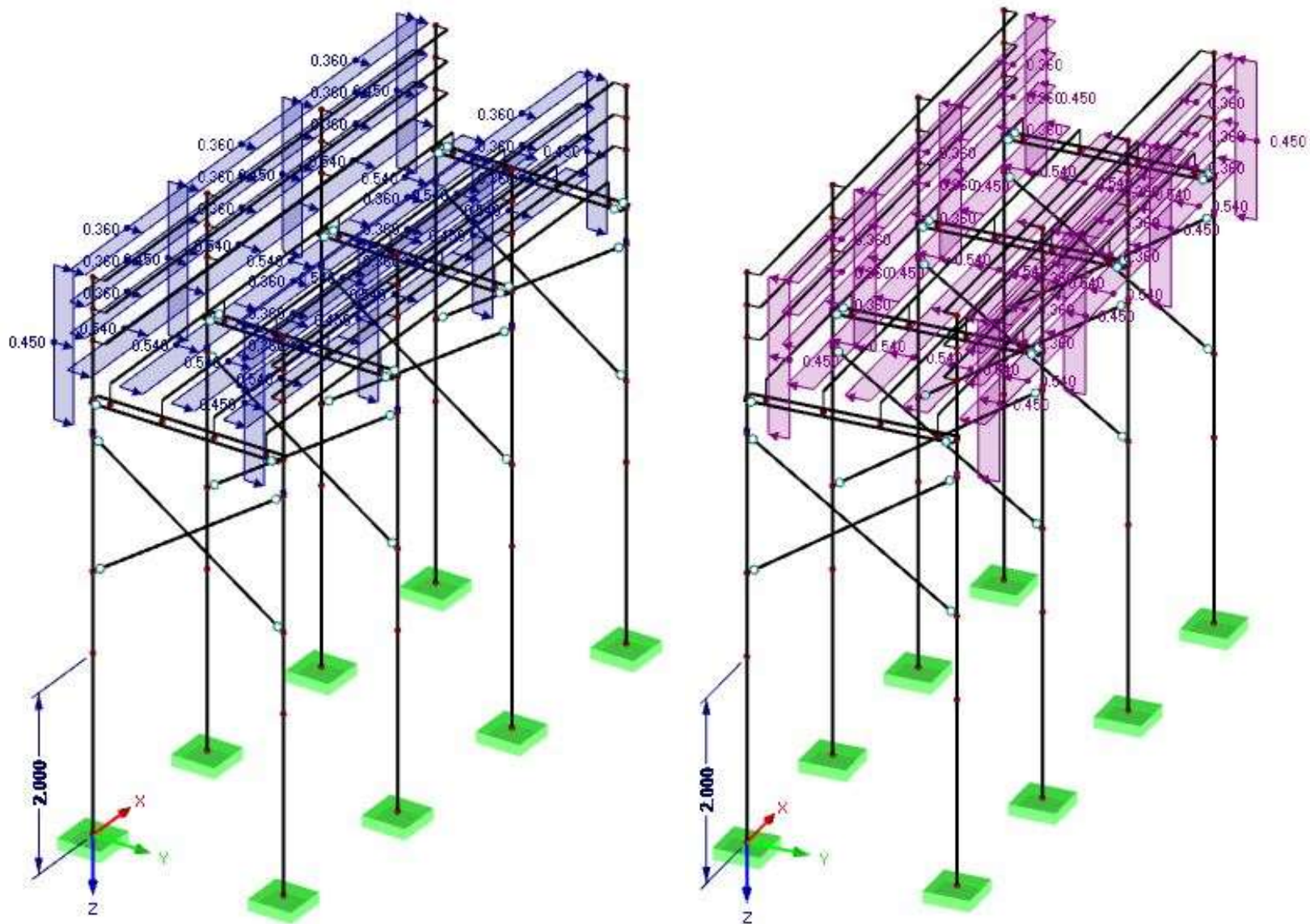
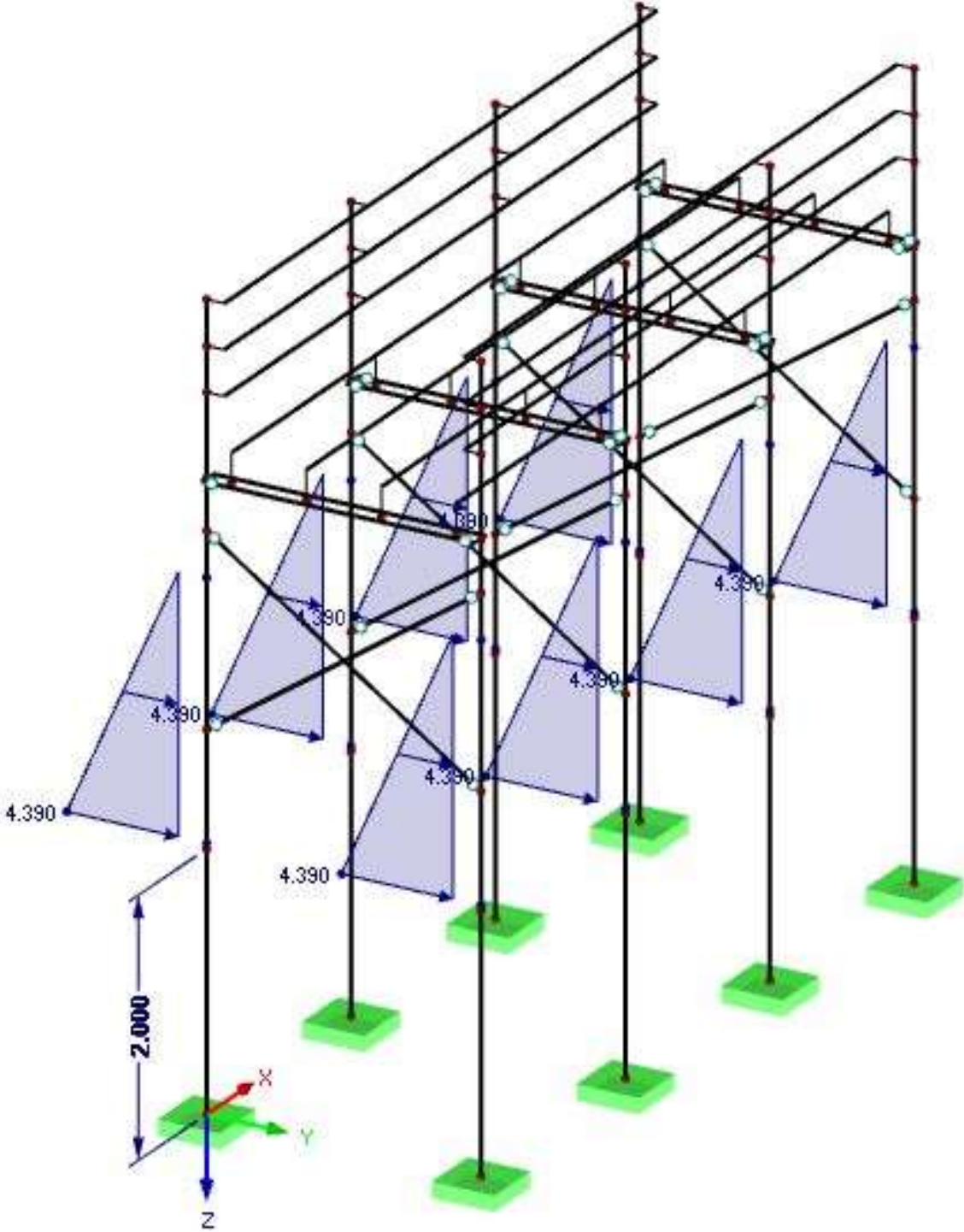


Figura 1.3: Acção de água actuante sobre os pilares durante o período de cheias

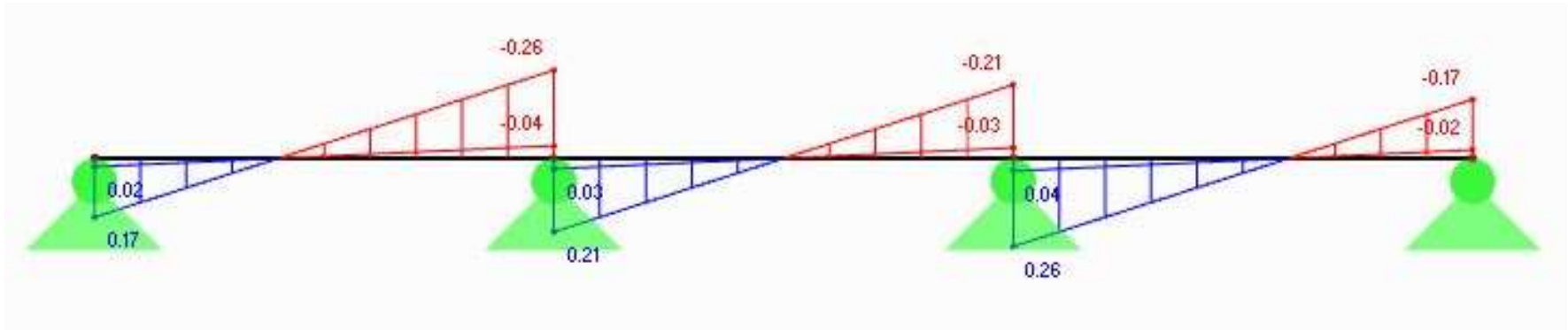


Figuras 1.4 e 1.5: Diagramas de esforços das pranchas do pavimentos para a combinação desfavorável

Combinação desfavorável: $1,35G_k + 1,5Q_k$

Esforço cortante

dT(kN)



Momento

dM(kNm)

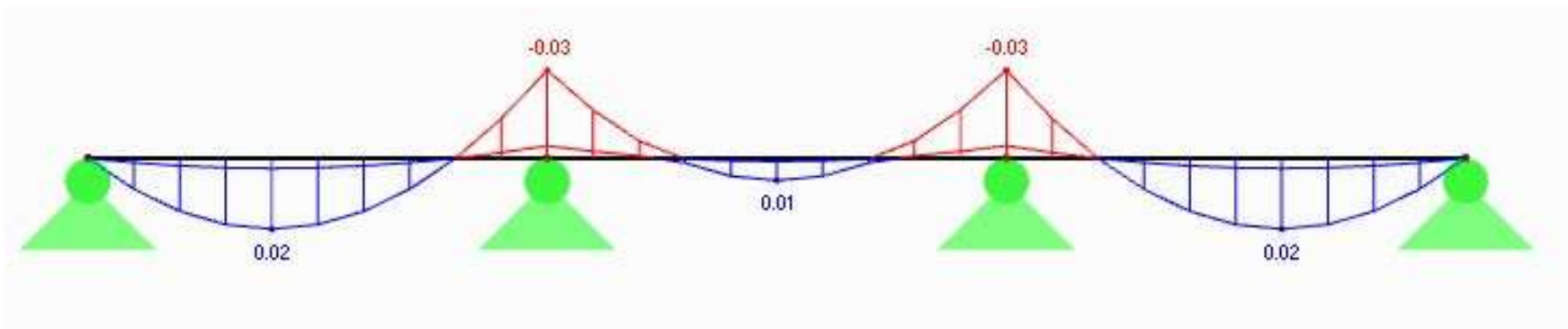
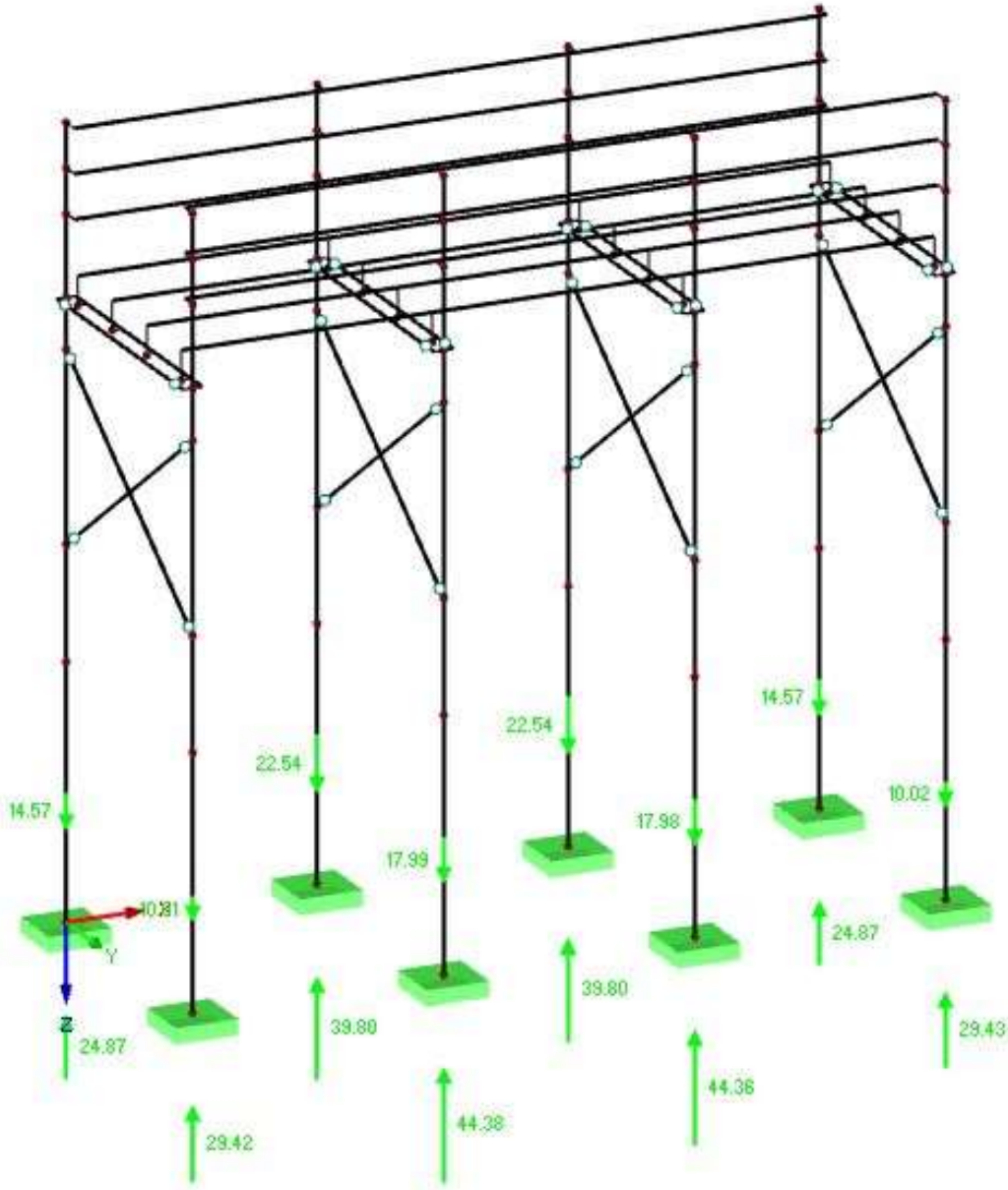
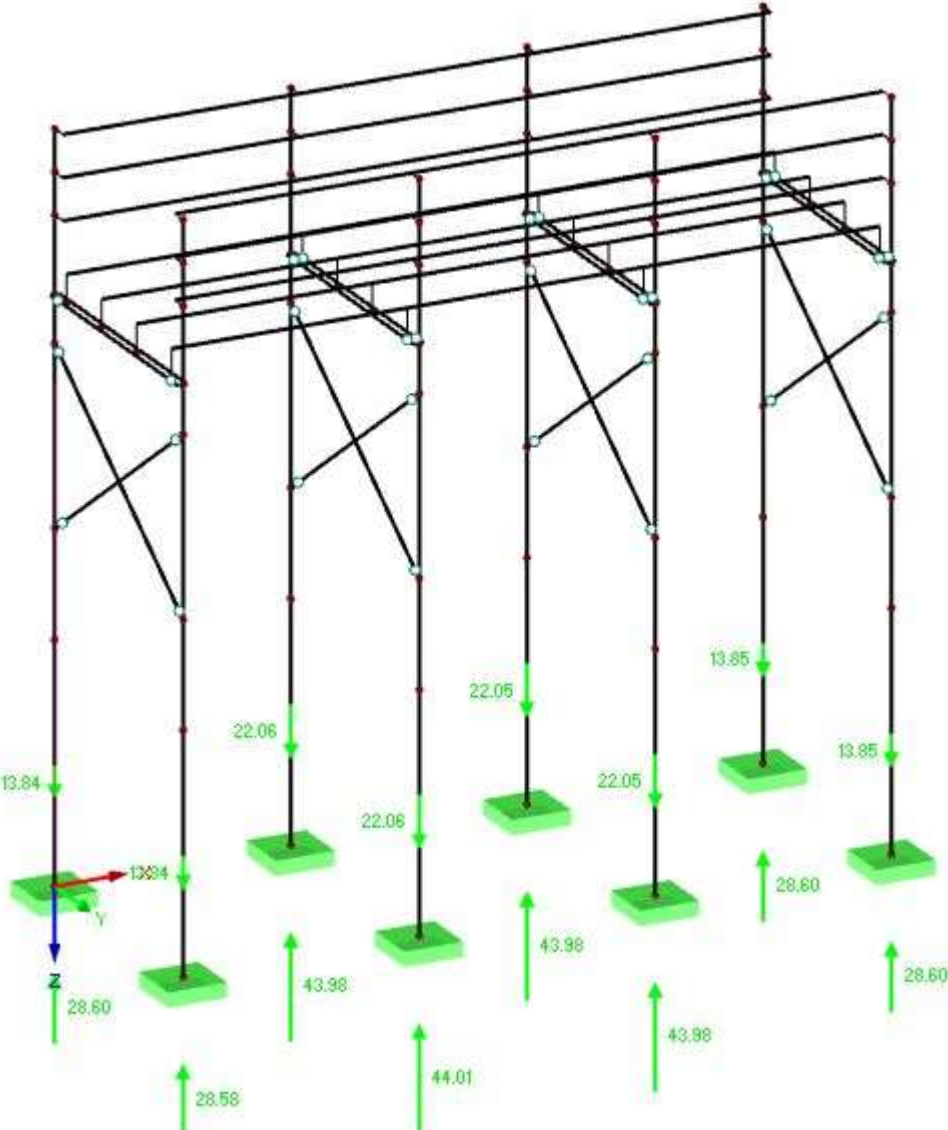


Figura 1.6: Reacções de apoio da estrutura no período de cheias



Figuras 1.7: Reacções de apoio da estrutura no período de estiagem



ANEXO 2:

Tabelas de verificação dos Estados Limites Últimos

- Tabela 2.1: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) das vigas longitudinais;
- Tabela 2.2: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) das vigas transversais;
- Tabela 2.3: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) dos guarda-corpos;
- Tabela 2.4: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) dos contraventamentos;
- Tabela 2.5: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) dos pilares.

Tabela 2.1: Verificação dos Estados Limites Últimos (ELU) das vigas longitudinais

ELU	Caso	Verificação	Esforço			Comb
			Designação	Valor	Unidade	
Tracção paralela ao fio	Estiagem	0,02	Nt,sd	1,19	kN	CO13
Corte	Estiagem	0,90	Vsd	4,57	kN	CO2
Flexão simples sobre o eixo y (My,d)	Cheias	0,18	My,sd	0,56	kNm	CO7
Flexão desviada	Cheias	0,47	My,sd	0,08	kNm	CO9
			Mz,sd	0,33	kNm	
Flexão composta com tracção, flexão sobre o eixo y	Cheias	0,11	Nt,d	0,38	kN	CO22
			My,sd	0,33	kNm	
Flexão composta com tracção, flexão sobre o eixo z	Estiagem	0,26	Nt,d	0,83	kN	CO11
			Mz,sd	0,18	kNm	
Flexão desviada com tracção	Cheias	0,51	Nt,sd	1,58	kN	CO12
			My,sd	0,50	kNm	
			Mz,sd	0,26	kNm	
Flexão composta com compressão, flexão sobre o eixo y	Cheias	0,41	Nc,sd	1,14	kN	CO7
			My,sd	1,26	kNm	
Flexão composta com compressão, flexão sobre o eixo z	Cheias	0,19	Nc,sd	1,22	kN	CO12
			Mz,sd	0,13	kNm	
Flexão desviada com compressão, encurvadura sobre ambos os eixos	Cheias	0,65	Nc,sd	0,94	kN	CO12
			My,sd	0,95	kNm	
			Mz,sd	0,27	kNm	
Flexão com força de compressão (estabilidade lateral), flexão sobre o eixo y	Cheias	0,30	Nc,sd	1,21	kN	CO7
			My,sd	1,29	kNm	

Tabela 2.2: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) das vigas transversais

ELU	Caso	Verificação	Esforços			Comb
			Designação	Valor	Unidade	
Tracção paralela ao fio	Estiagem	0,19	Nt,sd	14,52	kN	CO12
Corte	Estiagem	0,87	Vsd	6,73	kN	CO2
Flexão simples sobre o eixo y (My,d)	Estiagem	0,86	My,sd	3,97	kNm	CO2
Flexão simples sobre o eixo z (Mz,d)	Cheias	0,01	Mz,sd	0,03	kNm	CR5
Flexão desviada	Estiagem	0,87	My,sd	3,98	kNm	CO2
			Mz,sd	0,01	kNm	
Flexão composta com tracção, flexão sobre o eixo y	Estiagem	0,86	Nt,d	0,14	kN	CO2
			My,sd	3,97	kNm	
Flexão composta com tracção, flexão sobre o eixo z	Estiagem	0,23	Nt,d	10,17	kN	CO12
			Mz,sd	0,14	kNm	
Flexão desviada com tracção	Estiagem	0,82	Nt,sd	0,16	kN	CO3
			My,sd	4,02	kNm	
			Mz,sd	0,03	kNm	
Flexão composta com compressão, flexão sobre o eixo y	Estiagem	0,62	Nc,sd	1,20	kN	CO2
			My,sd	3,10	kNm	
Flexão composta com compressão, flexão sobre o eixo z	Cheias	0,05	Nc,sd	4,29	kN	CO18
			Mz,sd	0,08	kNm	
Flexão desviada com compressão, encurvadura sobre ambos os eixos	Estiagem	0,83	Nc,sd	1,11	kN	CO3
			My,sd	4,01	kNm	
			Mz,sd	0,03	kNm	
Flexão com força de compressão (estabilidade lateral), flexão sobre o eixo y	Estiagem	0,68	Nc,sd	1,21	kN	CO3
			My,sd	4,00	kNm	

Tabela 2.3: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) dos guarda-corpos

ELU	Caso	Verificação	Esforço			Comb
			Designação	Valor	Unidade	
Tracção paralela ao fio	Cheias	0,04	Nt,sd	1,79	kN	CO4
Compressão paralela ao fio	Estiagem	0,01	Nc,sd	1,22	kN	CR5
Corte	Estiagem	0,47	Vsd	2,60	kN	CO13
Flexão simples sobre o eixo y (My,d)	Estiagem	0,05	My,sd	0,15	kNm	CR5
Flexão simples sobre o eixo z (Mz,d)	estiagem	0,10	Mz,sd	0,11	kNm	C30
Flexão desviada	Estiagem	0,29	My,sd	0,69	kNm	CR5
			Mz,sd	0,09	kNm	
Flexão composta com tracção, flexão sobre o eixo y	Estiagem	0,07	Nt,d	0,85	kN	CR5
			My,sd	0,15	kNm	
Flexão composta com tracção, flexão sobre o eixo z	Estiagem	0,23	Nt,d	1,65	kN	CO8
			Mz,sd	0,21	kNm	
Flexão desviada com tracção	Estiagem	0,34	Nt,sd	1,36	kN	CR5
			My,sd	0,76	kNm	
			Mz,sd	0,10	kNm	
Flexão composta com compressão, flexão sobre o eixo y	Estiagem	0,11	Nc,sd	1,22	kN	CR5
			My,sd	0,31	kNm	
Flexão composta com compressão, flexão sobre o eixo z	Estiagem	0,45	Nc,sd	0,52	kN	CO13
			Mz,sd	0,50	kNm	
Flexão desviada com compressão, encurvadura sobre ambos os eixos	Estiagem	0,80	Nc,sd	0,71	kN	CO12
			My,sd	0,02	kNm	
			Mz,sd	0,85	kNm	

Tabela 2.4: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) dos contraventamentos

ELU	Caso	Verificação	Esforço			Comb
			Designação	Valor	Unidade	
Tracção paralela ao fio	Cheias	0,15	Nt,sd	25,85	kN	CO12
Corte	Estiagem	0,03	Vsd	0,42	kN	CO7
Flexão simples	Estiagem	0,03	My,sd	0,12	kNm	CO1
Flexão composta com tracção, flexão sobre o eixo y	Estiagem	0,20	Nt,d	25,28	kN	CO7
			My,sd	0,27	kNm	
Compressão paralela ao fio (Esbelteza nos dois eixos)	Estiagem	0,21	Nc,sd	25,48	kN	CO12
Flexão desviada com compressão, encurvadura sobre ambos os eixos	Cheias	0,24	Nc,sd	25,38	kN	CO7
			My,sd	0,14	kNm	

Tabela 2.5: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) dos pilares

ELU	Caso	Verificação	Esforço			Comb
			Designação	Valor	Unidade	
Corte	Cheias	0,19	Vsd	13,77	kN	CO12
Flexão simples	Cheias	0,29	Mz,sd	14,95	kNm	CO30
Compressão paralela ao fio (Esbelteza nos dois eixos)	Cheias	0,38	Nc,sd	34,07	kN	CO13
Flexão desviada com compressão, encurvadura sobre ambos os eixos	Cheias	0,88	Nc,sd	44,38	kN	CO12
			Mz,sd	19,84	kNm	

ANEXO 3:

Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) na situação de incêndio

- Tabela 3.1: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) das vigas longitudinais;
- Tabela 3.2: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) das vigas transversais;
- Tabela 3.3: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) dos guarda-corpos;
- Tabela 3.4: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) dos contraventamentos;
- Tabela 3.5: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) dos pilares.

Tabela 3.1: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) das vigas longitudinais na situação de incêndio

ELU	Caso	Verificação	Esforço			Comb
			Designação	Valor	Unidade	
Tracção paralela ao fio	Estiagem	0,01	Nt,sd	0,71	kN	CO13
Corte	Estiagem	0,51	Vsd	2,74	kN	CO2
Flexão simples sobre o eixo y (My,d)	Cheias	0,12	My,sd	0,34	kNm	CO7
Flexão desviada	Cheias	0,60	My,sd	0,05	kNm	CO9
			Mz,sd	0,20	kNm	
Flexão composta com tracção, flexão sobre o eixo y	Cheias	0,08	Nt,d	0,23	kN	CO22
			My,sd	0,20	kNm	
Flexão composta com tracção, flexão sobre o eixo z	Estiagem	0,05	Nt,d	0,50	kN	CO11
			Mz,sd	0,11	kNm	
Flexão desviada com tracção	Cheias	0,51	Nt,sd	0,95	kN	CO12
			My,sd	0,03	kNm	
			Mz,sd	0,16	kNm	
Flexão composta com compressão, flexão sobre o eixo y	Cheias	0,40	Nc,sd	0,68	kN	CO7
			My,sd	0,76	kNm	
Flexão composta com compressão, flexão sobre o eixo z	Cheias	0,47	Nc,sd	0,73	kN	CO12
			Mz,sd	0,08	kNm	
Flexão desviada com compressão, encurvadura sobre ambos os eixos	Cheias	0,80	Nc,sd	0,56	kN	CO12
			My,sd	0,57	kNm	
			Mz,sd	0,16	kNm	
Flexão com força de compressão (estabilidade lateral), flexão sobre o eixo y	Cheias	0,71	Nc,sd	0,73	kN	CO7
			My,sd	0,77	kNm	

Tabela 3.2: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) das vigas na situação de incêndio

ELU	Caso	Verificação	Esforços			Comb
			Designação	Valor	Unidade	
Tracção paralela ao fio	Estiagem	0,14	Nt,sd	8,71	kN	CO12
Corte	Estiagem	0,58	Vsd	4,04	kN	CO2
Flexão simples sobre o eixo y (My,d)	Estiagem	0,70	My,sd	2,38	kNm	CO2
Flexão simples sobre o eixo z (Mz,d)	Cheias	0,01	Mz,sd	0,02	kNm	CR5
Flexão desviada	Estiagem	0,70	My,sd	2,39	kNm	CO2
			Mz,sd	0,01	kNm	
Flexão composta com tracção, flexão sobre o eixo y	Estiagem	0,70	Nt,d	0,08	kN	CO2
			My,sd	2,38	kNm	
Flexão composta com tracção, flexão sobre o eixo z	Estiagem	0,12	Nt,d	6,10	kN	CO12
			Mz,sd	0,08	kNm	
Flexão desviada com tracção	Estiagem	0,73	Nt,sd	0,10	kN	CO3
			My,sd	2,41	kNm	
			Mz,sd	0,02	kNm	
Flexão composta com compressão, flexão sobre o eixo y	Estiagem	0,55	Nc,sd	0,72	kN	CO2
			My,sd	1,86	kNm	
Flexão composta com compressão, flexão sobre o eixo z	Cheias	0,46	Nc,sd	2,57	kN	CO18
			Mz,sd	0,05	kNm	
Flexão desviada com compressão, encurvadura sobre ambos os eixos	Estiagem	0,73	Nc,sd	0,67	kN	CO3
			My,sd	2,40	kNm	
			Mz,sd	0,02	kNm	
Flexão com força de compressão (estabilidade lateral), flexão sobre o eixo y	Estiagem	0,68	Nc,sd	0,73	kN	CO3
			My,sd	2,40	kNm	

Tabela 3.3: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) dos guarda-corpos na situação de incêndio

ELU	Caso	Verificação	Esforço			Comb
			Designação	Valor	Unidade	
Tracção paralela ao fio	Cheias	0,02	Nt,sd	1,07	kN	CO4
Compressão paralela ao fio	Estiagem	0,07	Nc,sd	0,73	kN	CR5
Corte	Estiagem	0,12	Vsd	1,56	kN	CO13
Flexão simples sobre o eixo y (My,d)	Estiagem	0,13	My,sd	0,09	kNm	CR5
Flexão simples sobre o eixo z (Mz,d)	estiagem	0,10	Mz,sd	0,07	kNm	C30
Flexão desviada	Estiagem	0,21	My,sd	0,41	kNm	CR5
			Mz,sd	0,05	kNm	
Flexão composta com tracção, flexão sobre o eixo y	Estiagem	0,14	Nt,d	0,51	kN	CR5
			My,sd	0,09	kNm	
Flexão composta com tracção, flexão sobre o eixo z	Estiagem	0,20	Nt,d	0,99	kN	CO8
			Mz,sd	0,13	kNm	
Flexão desviada com tracção	Estiagem	0,31	Nt,sd	0,82	kN	CR5
			My,sd	0,46	kNm	
			Mz,sd	0,06	kNm	
Flexão composta com compressão, flexão sobre o eixo y	Estiagem	0,14	Nc,sd	0,73	kN	CR5
			My,sd	0,19	kNm	
Flexão composta com compressão, flexão sobre o eixo z	Estiagem	0,16	Nc,sd	0,31	kN	CO13
			Mz,sd	0,30	kNm	
Flexão desviada com compressão, encurvadura sobre ambos os eixos	Estiagem	0,76	Nc,sd	0,43	kN	CO12
			My,sd	0,01	kNm	
			Mz,sd	0,51	kNm	

Tabela 3.4: Verificação de Estados Limites Últimos (ELU) dos contraventamentos situação de incêndio

ELU	Caso	Verificação	Esforço			Comb
			Designação	Valor	Unidade	
Tracção paralela ao fio	Cheias	0,17	Nt,sd	15,51	kN	CO12
Corte	Estiagem	0,04	Vsd	0,25	kN	CO7
Flexão simples	Estiagem	0,05	My,sd	0,07	kNm	CO1
Flexão composta com tracção, flexão sobre o eixo y	Estiagem	0,28	Nt,d	15,17	kN	CO7
			My,sd	0,16	kNm	
Compressão paralela ao fio (Esbelteza nos dois eixos)	Estiagem	0,87	Nc,sd	15,29	kN	CO12
Flexão desviada com compressão, encurvadura sobre ambos os eixos	Cheias	0,92	Nc,sd	15,23	kN	CO7
			My,sd	0,08	kNm	

Tabela 3.5: Verificação dos Estados Limites Últimos (ELU) dos pilares na situação de incêndio

ELU	Caso	Verificação	Esforço			Comb
			Designação	Valor	Unidade	
Corte	Cheias	0,16	Vsd	8,26	kN	CO12
Flexão simples	Cheias	0,40	Mz,sd	8,97	kNm	CO30
Compressão paralela ao fio (Esbelteza nos dois eixos)	Cheias	0,23	Nc,sd	20,44	kN	CO13
Flexão desviada com compressão, encurvadura sobre ambos os eixos	Cheias	0,80	Nc,sd	26,62	kN	CO12
			Mz,sd	11,90	kNm	

ANEXO 4:

Tabelas de consulta do Eurocódigo 5

- Tabela 4.1: Classes de duração das acções;
- Tabela 4.2: Classes de serviço;
- Tabela 4.3: Coeficientes parciais de segurança relativos às propriedades dos materiais
- Tabela 4.4: Valores limite de deformação para vigas;
- Tabela 4.5: Valores de K_{def} ;
- Tabela 4.6: Valores de K_{mod} .

Tabela 4.1: Classes de duração das acções (EC5-1-1: 2004, tabela 2.1)

Load-duration class	Order of accumulated duration of characteristic load
Permanent	more than 10 years
Long-term	6 months – 10 years
Medium-term	1 week – 6 months
Short-term	less than one week
Instantaneous	

Tabela 4.2: Classes de serviço (EC5-1-1: 2004, ponto 2.3.1.3)

Classe de serviço	Condições ambientais	Exemplo
1	T=20° CHR> 65%, em poucas semanas do ano	Estruturas interiores geral
2	T=20° CHR> 85%, em poucas semanas do ano	Estruturas exteriores cobertas
3	HR>HR (Classe 2)	Estruturas em ambientes muito húmidos (Interiores ou exteriores)

Tabela 4.3: Coeficientes parciais de segurança relativos às propriedades dos materiais (EC5-1-1: 2004, tabela 2.3)

Fundamental combinations:	
Solid timber	1,3
Glued laminated timber	1,25
LVL, plywood, OSB,	1,2
Particleboards	1,3
Fibreboards, hard	1,3
Fibreboards, medium	1,3
Fibreboards, MDF	1,3
Fibreboards, soft	1,3
Connections	1,3
Punched metal plate fasteners	1,25
Accidental combinations	1,0

Tabela 4.4: Valores limite de deformação para vigas (EC5-1-1: 2004, tabela 7.2)

	w_{inst}	$w_{net,fin}$	w_{fin}
Beam on two supports	$l/300$ to $l/500$	$l/250$ to $l/350$	$l/150$ to $l/300$
Cantilevering beams	$l/150$ to $l/250$	$l/125$ to $l/175$	$l/75$ to $l/150$

Tabela 4.5: Valores de Kdef (EC5-1-1: 2004, tabela 3.2)

Material	Standard	Service class		
		1	2	3
Solid timber	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Glued Laminated timber	EN 14080	0,60	0,80	2,00
LVL	EN 14374, EN 14279	0,60	0,80	2,00
Plywood	EN 636			
	Type EN 636-1	0,80	–	–
	Type EN 636-2	0,80	1,00	–
	Type EN 636-3	0,80	1,00	2,50
OSB	EN 300			
	OSB/2	2,25	–	–
	OSB/3, OSB/4	1,50	2,25	–
Particleboard	EN 312			
	Type P4	2,25	–	–
	Type P5	2,25	3,00	–
	Type P6	1,50	–	–
	Type P7	1,50	2,25	–
Fibreboard, hard	EN 622-2			
	HB.LA	2,25	–	–
	HB.HLA1, HB.HLA2	2,25	3,00	–
Fibreboard, medium	EN 622-3			
	MBH.LA1, MBH.LA2	3,00	–	–
	MBH.HLS1, MBH.HLS2	3,00	4,00	–
Fibreboard, MDF	EN 622-5			
	MDF.LA	2,25	–	–
	MDF.HLS	2,25	3,00	–

Tabela 4.6: Valores de Kmod (EC5-1-1: 2004, tabela 3.1)

Material	Standard	Service class	Load-duration class				
			Permanent action	Long term action	Medium term action	Short term action	Instantaneous action
Solid timber	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Glued laminated timber	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
LVL	EN 14374, EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Plywood	EN 636 Type EN 636-1 Type EN 636-2 Type EN 636-3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
OSB	EN 300 OSB/2 OSB/3, OSB/4 OSB/3, OSB/4	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Particle-board	EN 312 Type P4, Type P5 Type P5 Type P6, Type P7 Type P7	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Fibreboard, hard	EN 622-2 HB.LA, HB.HLA 1 or 2 HB.HLA1 or 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Fibreboard, medium	EN 622-3 MBH.LA1 or 2 MBH.HLS1 or 2 MBH.HLS1 or 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	-	-	-	0,45	0,80
Fibreboard, MDF	EN 622-5 MDF.LA, MDF.HLS MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	-	-	-	0,45	0,80

ANEXO 5:

Formulários

- Tabela 5.1: Combinação de acções;
- Tabela 5.2: Verificação dos Estados Limites Últimos;
- Tabela 5.3: Cálculo das deformações instantaneas e finais (devido a fluência).

Tabela 5.1: Combinação de acções

Combinação de acções	Fórmulas
Estado Limite Último (ELU)	$F_d = \sum_{i=1}^m \gamma_{G,i} \times F_{G_i,k} + \gamma_{G1,k} \times F_{Q1,k} + \gamma_Q \times \sum_{j=2}^n \psi_0 \times F_{Qj,k}$
Combinação Característica (Curta duração):	$F_d = \sum_{i=1}^m F_{G_i,k} + F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{0,j} \times F_{Qj,k}$
Combinação frequente (média duração)	$F_d = \sum_{i=1}^m F_{G_i,k} + \psi_1 \times F_{Q1,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{2,j} \times F_{Qj,k}$
Combinação quase-permanente (longa duração)	$F_d = \sum_{i=1}^m F_{G_i,k} + \sum_{j=2}^n \psi_{2,j} \times F_{Qj,k}$

Tabela 5.2: Verificação dos Estados Limites Últimos (ELU)

Verificação dos ELU	Fórmulas
Valores de cálculo das propriedades dos materiais	$X_d = k_{mod} \frac{X_k}{\gamma_M}$
Tracção paralela ao fio	$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d}$
Compressão paralela ao fio	$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$
Flexão simples	$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$
Flexão desviada pura	$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad ; \quad k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$ $\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} \quad ; \quad \sigma_{m,x,d} = \frac{M_x}{W_x}$ $k_m = 0.7$, para secções rectangulares; $k_m = 1$, para outro tipo de secções.

<p>Flexão Composta com Compressão paralela ao Fio com encurvadura</p>	$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} \times f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 ; \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \times f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$ $k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k^2_y - \lambda^2_{rel,y}}} ; k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k^2_z - \lambda^2_{rel,z}}}$ $k_y = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda^2_{rel,y}) \quad \text{e}$ $k_z = 0,5(1 + \beta_c(\lambda_{rel,z} - 0.3) + \lambda^2_{rel,z})$ $\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} \quad \text{e} \quad \lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}}$ <p>$\beta_c = 0,2$ Madeira maciça; $\beta_c = 0,1$ Madeira lamelada-colada.</p>
<p>Instabilidade lateral torsional (Bambeamento)</p>	$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1 ; \quad \lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}}$ $\sigma_{m,crit} = \frac{\pi \sqrt{E_{0,05} \cdot I_z \cdot G_{0,05} \cdot I_{tor}}}{l_{ef} \cdot w_y}$ <p>Madeira com secção rectangular:</p> $\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0,05}$ <p>coeficiente de babeamento:</p> $k_{crit} = \begin{cases} 1 & \text{Se } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \\ 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} & \text{Se } 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \\ \frac{1}{\lambda^2_{rel,m}} & \text{Se } \lambda_{rel,m} > 1,4 \end{cases}$
<p>Corte</p>	$\tau_{sd} \leq f_{vd} ; \tau_{sd} = \frac{3 \times V_{sd}}{2 \times A} ; b_{ef} = k_{cr} \times b ;$ <p>$k_{cr} = 0.67$ – Para madeira maciça e lamelada colada.</p>

<p>Flexão Composta com Tracção paralela ao Fio</p>	$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad ; \quad \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$
<p>Flexão Composta com Compressão paralela ao Fio sem encurvadura</p>	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad ; \quad \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$
<p>Torção</p>	<p>$\tau_{tor,d} = k_{shape} \times f_{v,d}$</p> <p>Factor de forma:</p> $k_{shape} = \begin{cases} 1,2 & \text{Para secções circulares} \\ \min \left\{ 1 + 0,15 \left(\frac{h}{b}\right) & \text{Para secções rectangulares} \right. \\ & 2,0 \end{cases}$

Tabela 5.3: Cálculo das deformações instantâneas e finais (devido a fluência)

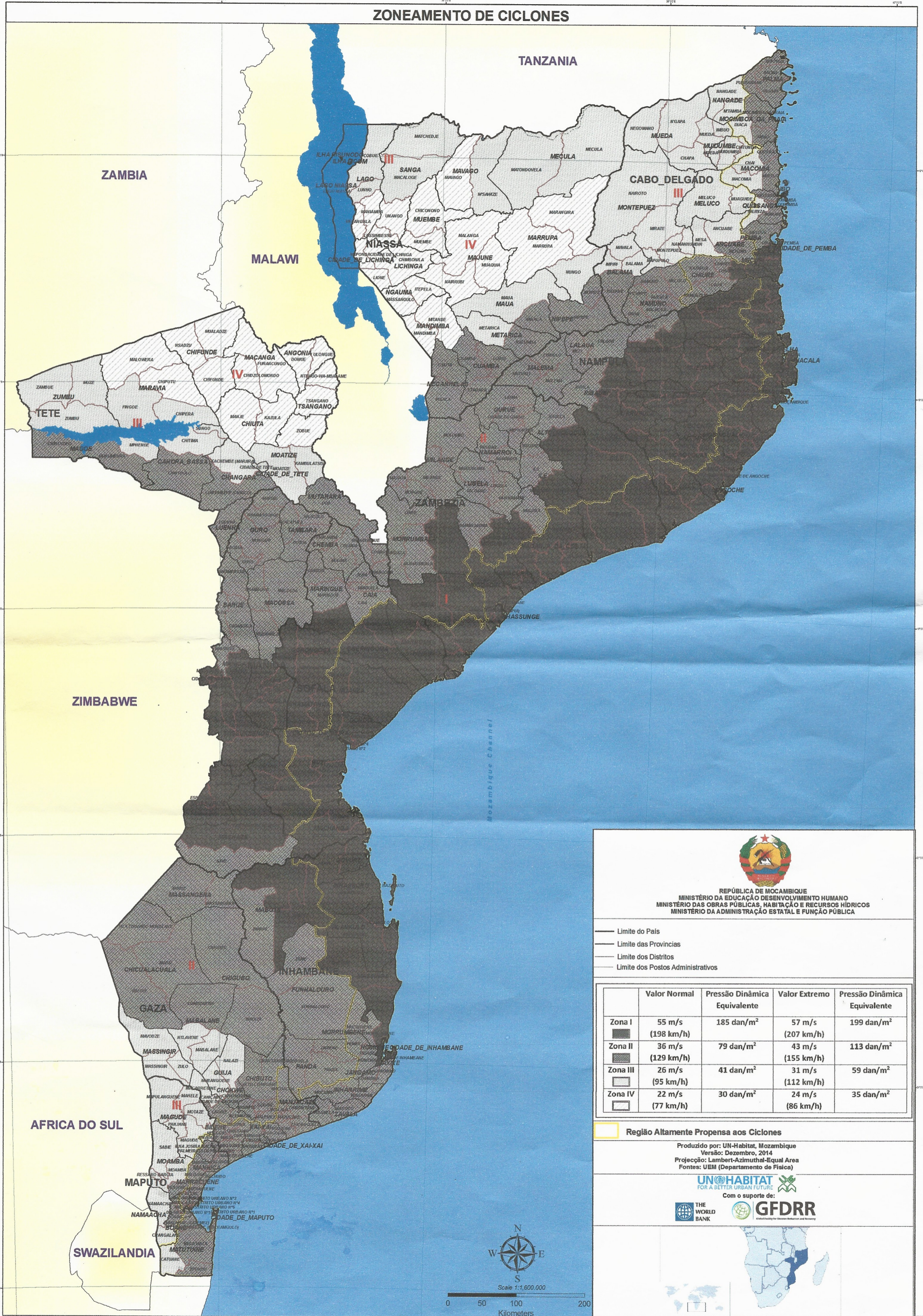
Deformação	Fórmula
Instantânea	$\omega_{inst} = \frac{qL^4}{185EI}$
Fluência	$\omega_{flu} = \omega_{inst} \times k_{def}$ Carga permanente: $\omega_{fin,G} = \omega_{inst,G}(1 + k_{def})$ Sobrecarga: $\omega_{fin,Q} = \omega_{inst,Q}(1 + k_{def} \times \psi_2)$
Final	$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,Q1} + \sum w_{fin,Qi}$


ANEXO 6:

Mapas de ventos e Sísmico de Moçambique

- Mapa de ventos de Moçambique– Zonamento de ciclones;
- Mapa sísmico de Moçambique– Zonamento sísmico.

ZONEAMENTO DE CICLONES








REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO DESENVOLVIMENTO HUMANO
 MINISTÉRIO DAS OBRAS PÚBLICAS, HABITAÇÃO E RECURSOS HÍDRICOS
 MINISTÉRIO DA ADMINISTRAÇÃO ESTATAL E FUNÇÃO PÚBLICA


— Limite do País
 — Limite das Províncias
 — Limite dos Distritos
 — Limite dos Postos Administrativos

	Valor Normal	Pressão Dinâmica Equivalente	Valor Extremo	Pressão Dinâmica Equivalente
Zona I	55 m/s (198 km/h)	185 dan/m ²	57 m/s (207 km/h)	199 dan/m ²
Zona II	36 m/s (129 km/h)	79 dan/m ²	43 m/s (155 km/h)	113 dan/m ²
Zona III	26 m/s (95 km/h)	41 dan/m ²	31 m/s (112 km/h)	59 dan/m ²
Zona IV	22 m/s (77 km/h)	30 dan/m ²	24 m/s (86 km/h)	35 dan/m ²

Região Altamente Propensa aos Ciclones

Produzido por: UN-Habitat, Moçambique
 Versão: Dezembro, 2014
 Projecção: Lambert-Azimuthal-Equal Area
 Fontes: UEM (Departamento de Física)



Scale 1:1.600.000

0 50 100 200 Kilometers

CATÁLOGO DE MEDIDAS TÉCNICAS

2. Ciclones, SISMO, inundações e secas

AMEAÇAS: Zoneamento Sísmico

Table: CABO DELEGADO. Columns: Distrito, Posto Administrativo, Zona. Lists districts like Ancuabe, Balama, Chiure, etc.

Table: NIANSSA. Columns: Distrito, Posto Administrativo, Zona. Lists districts like Cidade de Lichinga, Cuamba, Lago, etc.

Table: NAMFULA. Columns: Distrito, Posto Administrativo, Zona. Lists districts like Angoche, C. Ilha de Moçambique, Cidade de Namfula, etc.

Table: ZAMBEZIA. Columns: Distrito, Posto Administrativo, Zona. Lists districts like Alto Molocue, Chinde, Cidade de Quelimane, etc.

Table: TETE. Columns: Distrito, Posto Administrativo, Zona. Lists districts like Angonia, Cahora Bassa, Changara, etc.

Table: MANICA. Columns: Distrito, Posto Administrativo, Zona. Lists districts like Bárue, Cidade de Chimio, Gondola, etc.

Table: MOCIMBOA DA PRAIA. Columns: Distrito, Posto Administrativo, Zona. Lists districts like Mogovolas, Moma, Monapo, etc.

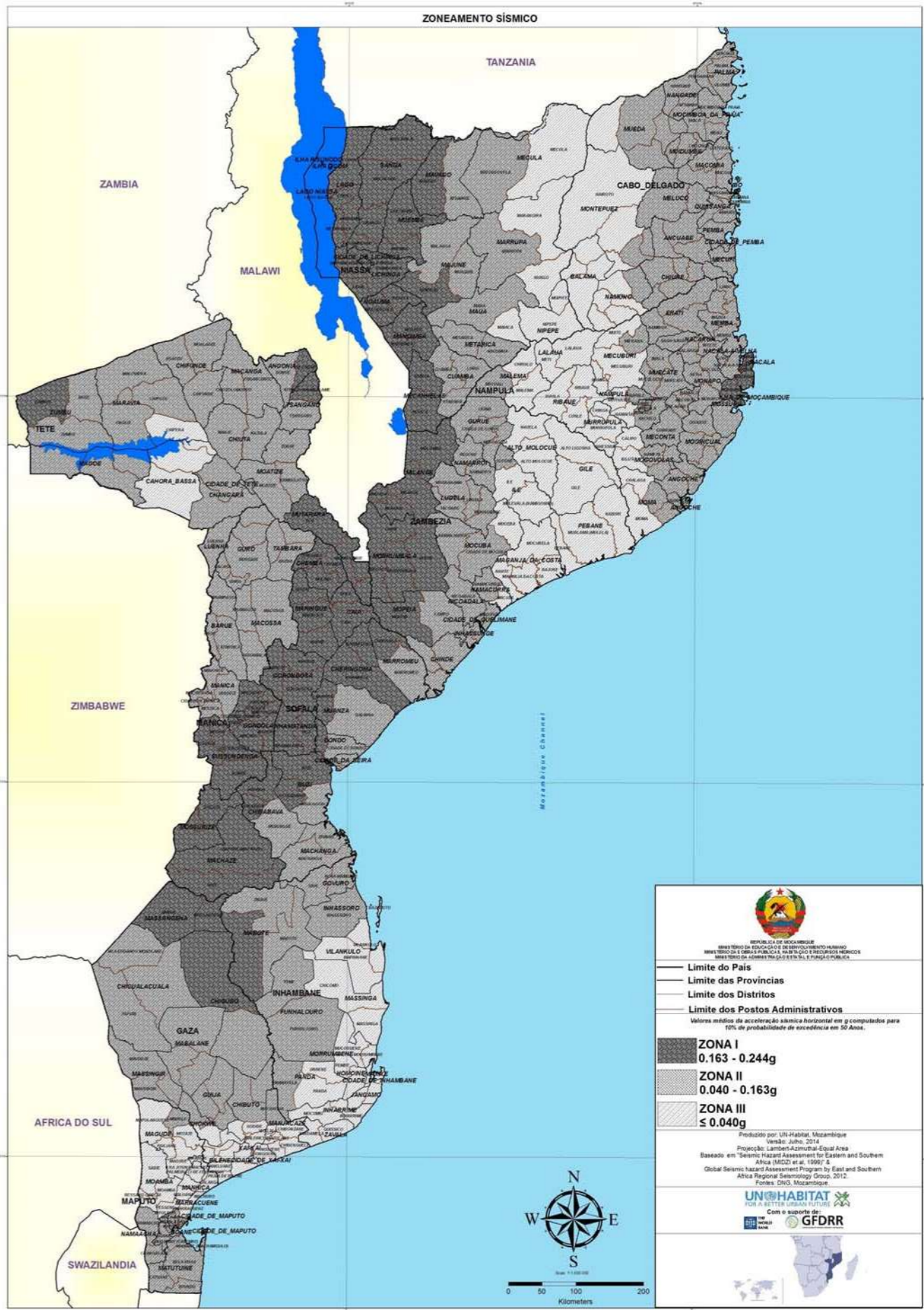
Table: INHAMBANE. Columns: Distrito, Posto Administrativo, Zona. Lists districts like Cidade de Inhambane, Cidade de Maxixe, Funhalouro, etc.

Table: MAPUTO CIDADE. Columns: Distrito, Posto Administrativo, Zona. Lists districts like DU Nº 1 - KaMifumo, etc.

Table: GAZA. Columns: Distrito, Posto Administrativo, Zona. Lists districts like Bilene, Chibuto, Chicalacuata, etc.

Table: SOFALA. Columns: Distrito, Posto Administrativo, Zona. Lists districts like Búzi, Caia, Chermaba, etc.

Table: MAPUTO PROVINCIA. Columns: Distrito, Posto Administrativo, Zona. Lists districts like Boane, Cidade da Matola, Magude, etc.

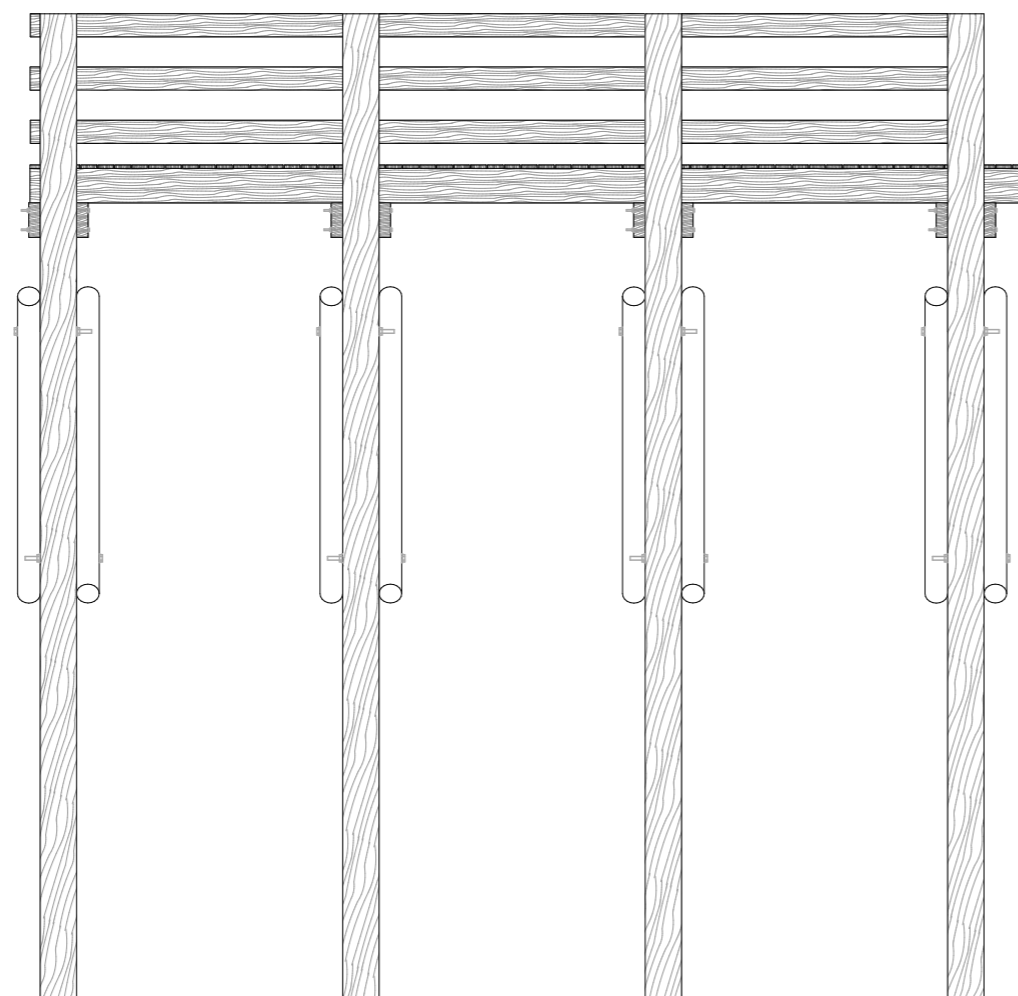
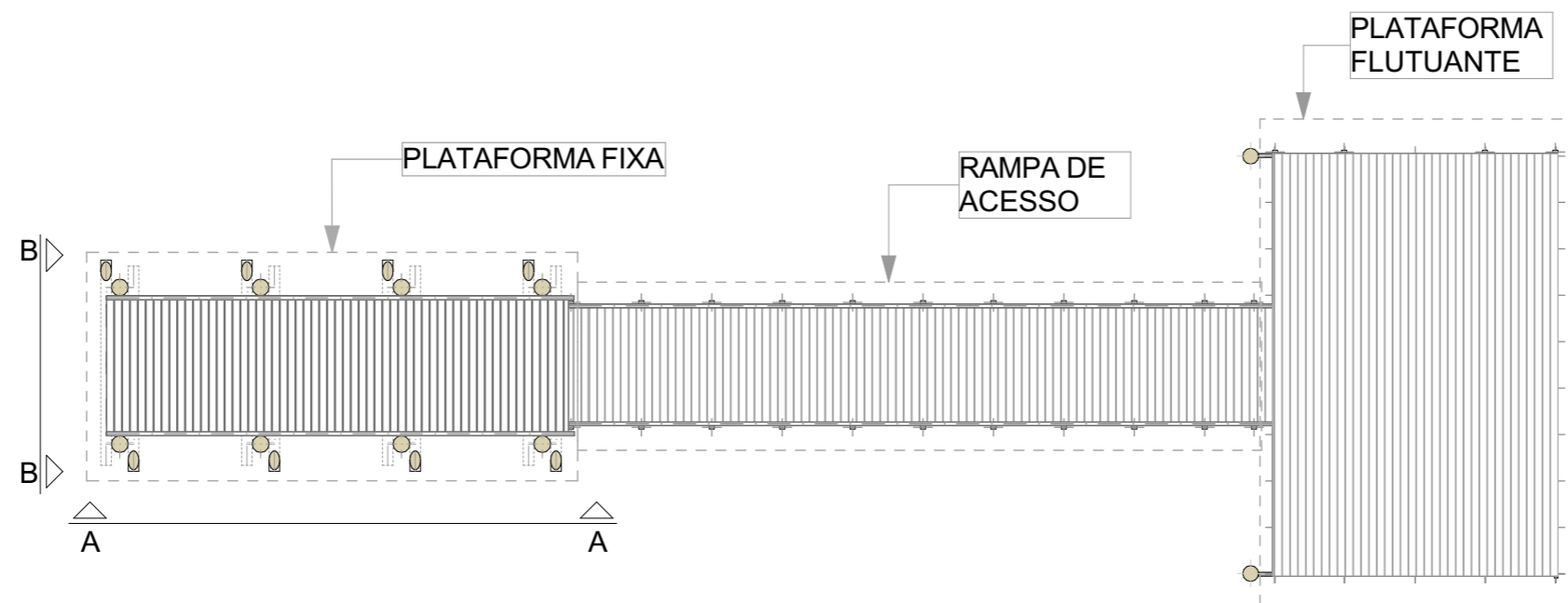


Legend for seismic zones: ZONA I (0.163 - 0.244g), ZONA II (0.040 - 0.163g), ZONA III (≤ 0.040g). Includes logos for UN-Habitat and GDFRR.

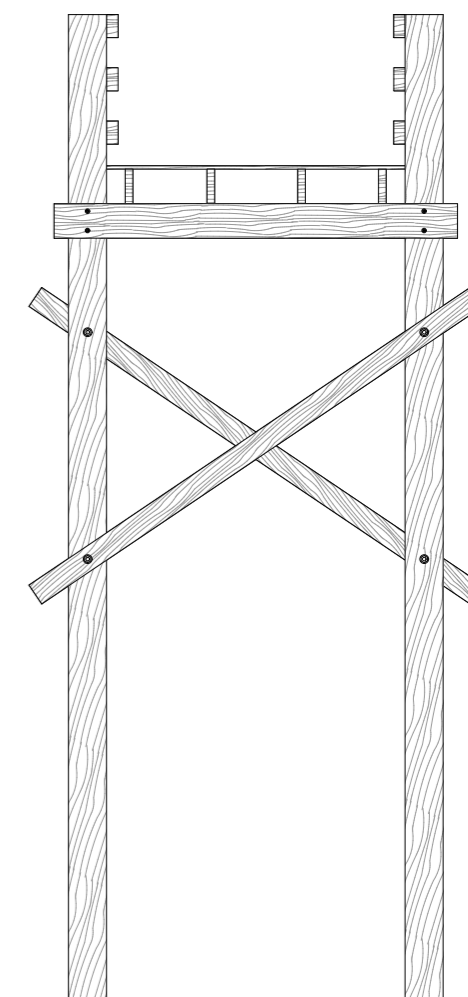
ANEXO 7:

Detalhes construtivos da plataforma fixa

- Planta, vista frontal e lateral da plataforma fixa;
- Detalhes da plataforma fixa;
- Detalhes das ligações Viga – Pilar e Pilar – Contraventamento.



VISTA LATERAL A-A



VISTA FRONTAL B-B

CONSULTORIA DE:



Av. Angola, nr 1891, 1º Andar,
Tel. +258 21467288 +258
827408445 / 845216803
Email:secretaria@nyeleti.co.mz
MAPUTO - MOÇAMBIQUE

PROPRIETÁRIO:

FNDS - Fundo Nacional de Desenvolvimento Sustentavel

LOCALIZAÇÃO:

Reserva Nacional de Marromeu

ASSUNTO:

Elaboração do Plano e Desenho de Infraestruturas Chave para a Reserva Nacional de Marromeu

Planta e Cortes Transversais e em perfil da Plataforma fixa.

PROJECTOU:

Charles Matlava

CALCULOU:

Charles Matlava

DESENHOU:

Charles Matlava

DESENHO Nº.:

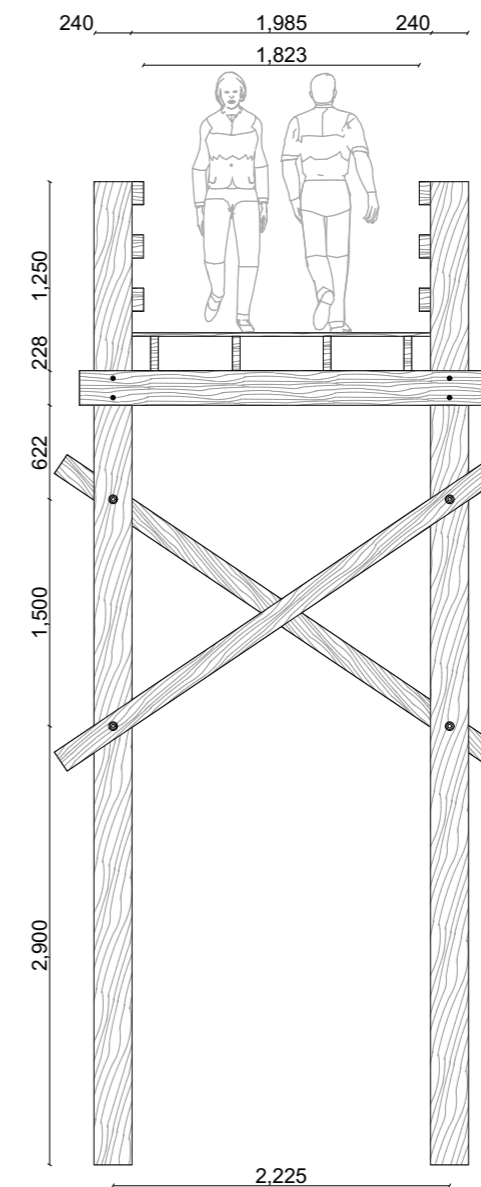
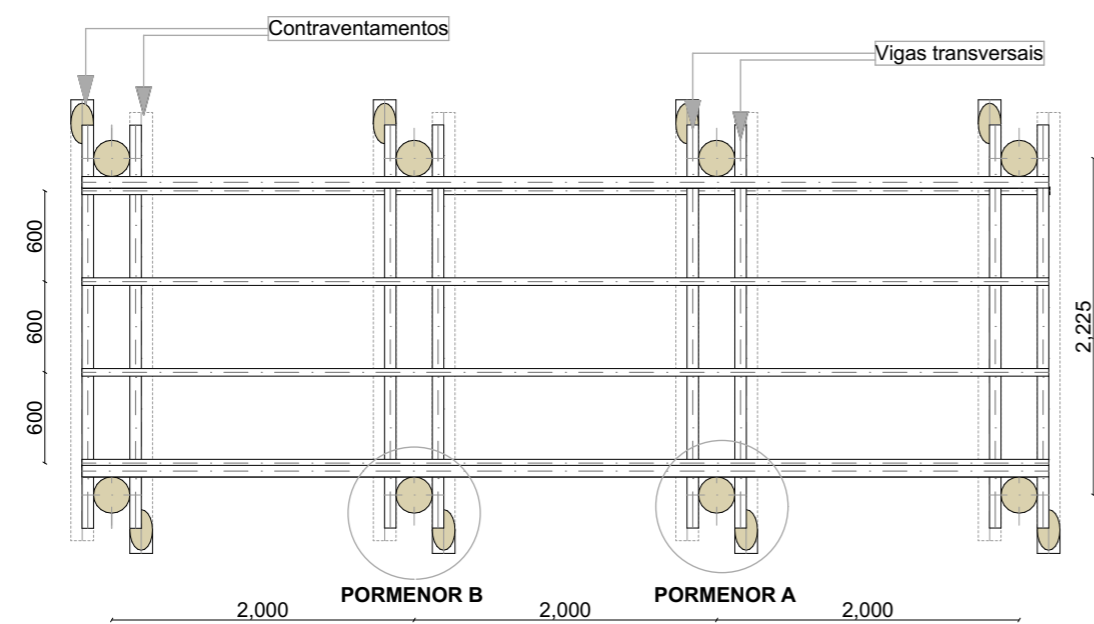
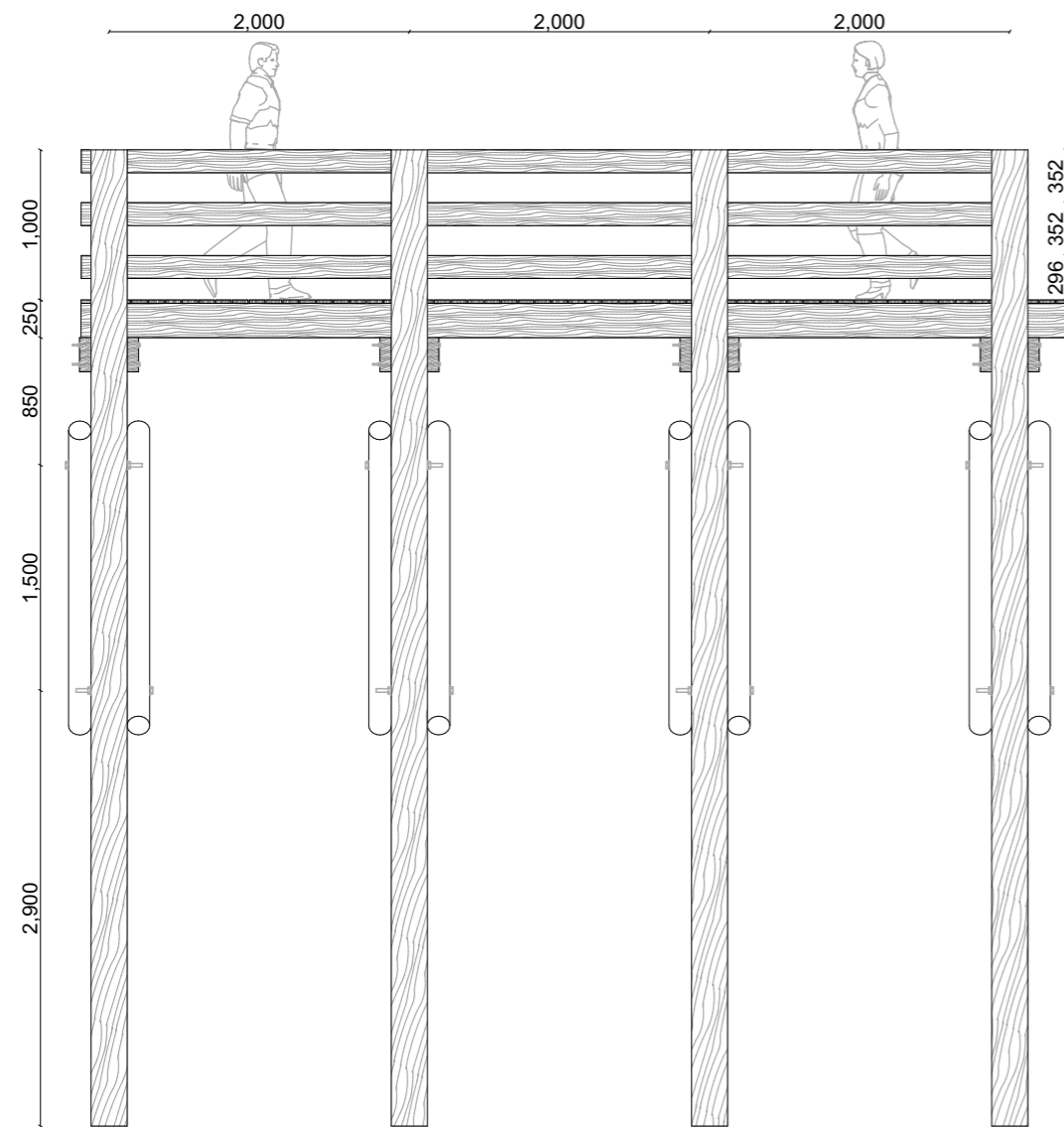
00-Rev00-A3

DATA:

Abril de 2022

ESCALA:

1:100, 1:50



CONSULTORIA DE:



Av. Angola, nr 1891, 1º Andar,
 Tel. +258 21467288 +258
 827408445 / 845216803
 Email:secretaria@nyeleti.co.mz
 MAPUTO - MOÇAMBIQUE

PROPRIETÁRIO:

FNDS - Fundo Nacional de Desenvolvimento Sustentavel
 LOCALIZAÇÃO:
 Reserva Nacional de Marromeu

ASSUNTO:

Elaboração do Plano e Desenho de Infraestruturas Chave para a
 Reserva Nacional de Marromeu

Cotagem da Plataforma Fixa

PROJECTOU:

Charles Matlava

CALCULOU:

Charles Matlava

DESENHOU:

Charles Matlava

DESENHO Nº.:

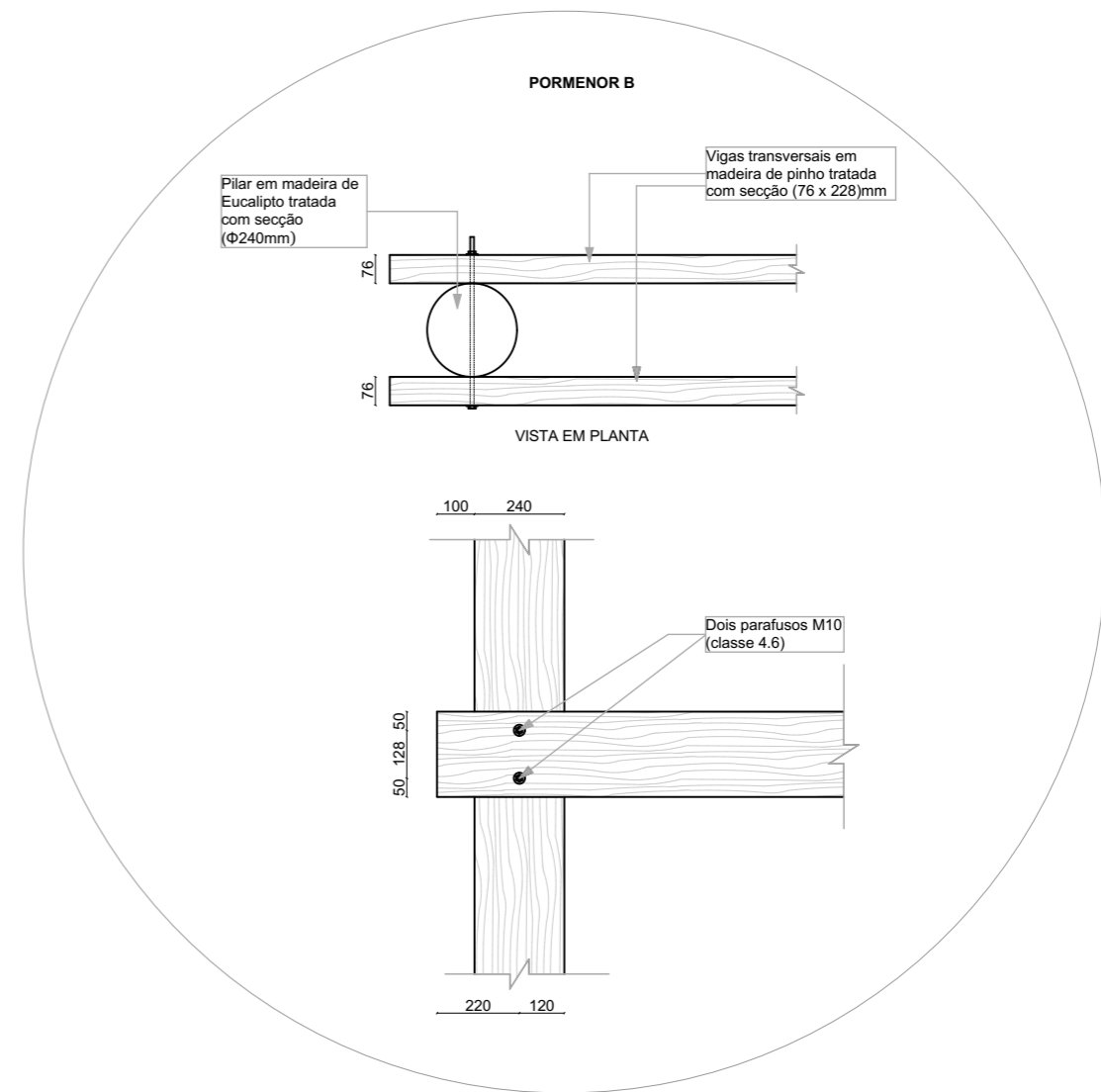
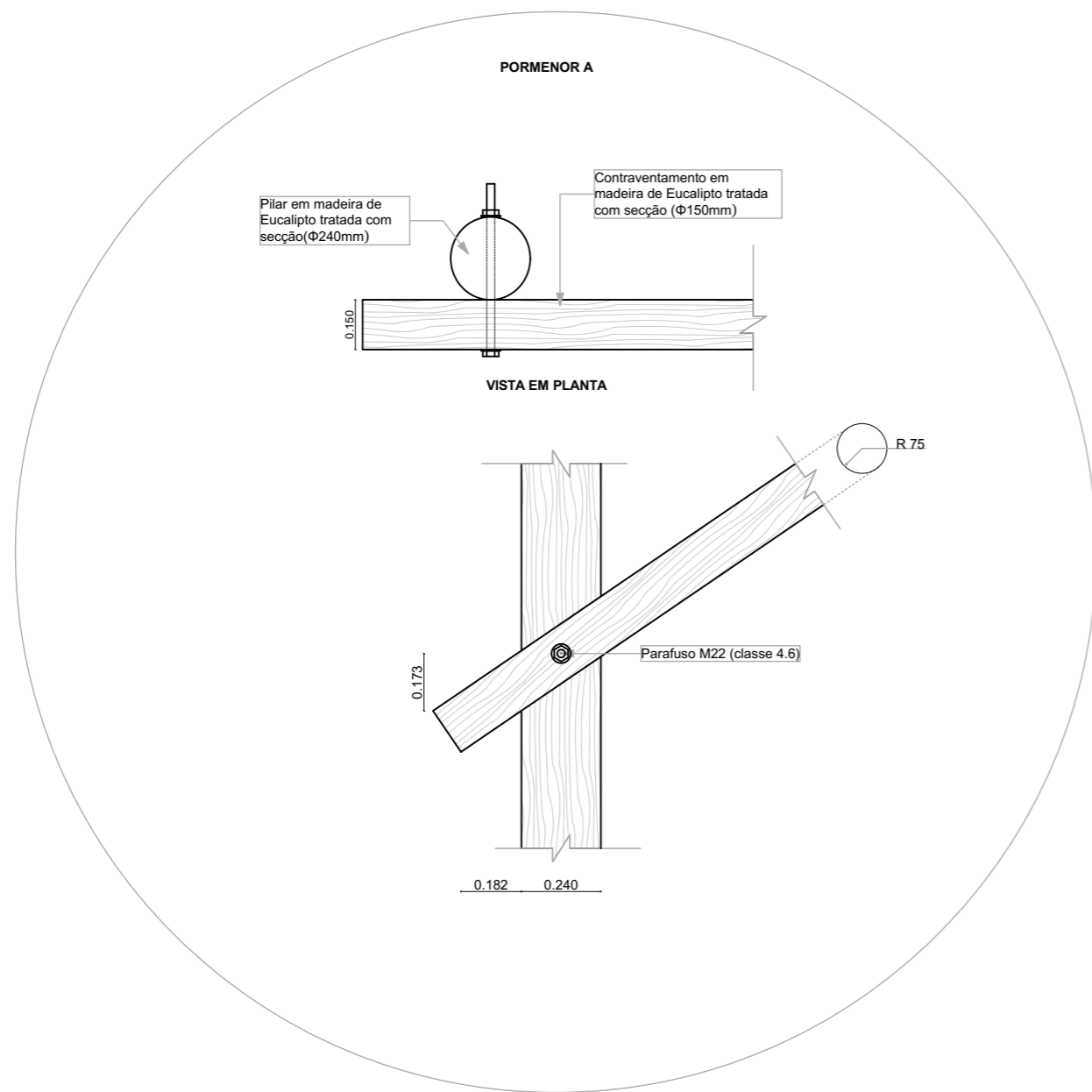
01-Rev00-A3

DATA:

Abril de 2022

ESCALA:

1:50



CONSULTORIA DE:



Av. Angola, nr 1891, 1º Andar,
Tel. +258 21467288 +258
827408445 / 845216803
Email: secretaria@nyeleti.co.mz
MAPUTO - MOÇAMBIQUE

PROPRIETÁRIO:

FNDS - Fundo Nacional de Desenvolvimento Sustentavel
LOCALIZAÇÃO:
Reserva Nacional de Marromeu

ASSUNTO:

Elaboração do Plano e Desenho de Infraestruturas Chave para a Reserva Nacional de Marromeu

Detalhes das Ligações Viga - Pilar e Pilar - Contraventamento

PROJECTOU:

Charles Matlava

CALCULOU:

Charles Matlava

DESENHOU:

Charles Matlava

DESENHO Nº.:

02-Rev00-A3

DATA:

Abril de 2022

ESCALA:

1:20