



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

Engenharia

Coberturas com estrutura têxtil pré-esforçada
Estudo de forma livre sobre campo desportivo de uma
escola

Marco Emanuel Rebelo Neves

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

(ciclo de estudos integrado)

Orientador: Prof. Doutor João António Saraiva Pires da Fonseca

Covilhã, Outubro de 2013

Agradecimentos

A todos os elementos da Faculdade de Engenharia da Universidade da Beira Interior pela participação na formação pessoal e profissional que me foi proporcionada ao longo do curso.

Ao meu Orientador, Professor Doutor João António Saraiva Pires da Fonseca, pela partilha de conhecimento, rigor científico, espírito crítico, dedicação, disponibilidade e amizade demonstrados ao longo da realização deste trabalho.

Aos meus pais, à minha irmã, ao meu cunhado, à minha tia e restante família pelo amor, incentivo e apoio incondicionais mostrados ao longo deste percurso formativo.

Aos meus colegas e amigos de curso, nomeadamente o Vítor, por estarem ao meu lado nos cinco anos que dediquei ao Mestrado Integrado em Engenharia Civil, pela sua amizade, companheirismo, paciência e dedicação.

A todos os que nunca desistiram e me ajudaram a caminhar rumo à concretização de mais um dos meus sonhos.

Resumo

As estruturas têxteis tracionadas começaram a ter grande desenvolvimento durante a segunda metade do século XX, constituindo actualmente um sector relevante na área científica das estruturas de engenharia civil. Este tipo de estrutura era inicialmente constituído por cabos independentes, evoluindo depois para grelhas de cabos e posteriormente para membranas pré-esforçadas, das quais existem actualmente variados exemplos, nomeadamente com formas "livres".

O conhecimento científico tem apoiado a evolução do projeto e execução prática deste tipo de estruturas complexas, nomeadamente através da evolução dos métodos de cálculo e do estudo das características dos materiais, associado à concepção de ligações eficientes. A complexidade da análise das estruturas de tipo membrana tracionada reside no facto de apresentarem grande flexibilidade e comportamento estrutural geometricamente não-linear.

Denominadas como 'estruturas leves', destacam-se por vencer grandes vãos, pela facilidade de fabrico e montagem, pelo uso de tecido de fibras sintéticas de alta resistência como elemento estrutural, para além da grande diversidade de formas possíveis e em geral do custo reduzido.

Com o presente trabalho pretende-se estudar este tipo de estruturas, explorando o atual conhecimento sobre o assunto, com compreensão das vantagens em relação às estruturas convencionais, através de uma aplicação prática ao caso concreto da cobertura de um campo desportivo.

Inicia-se o trabalho através de uma recolha bibliográfica sobre o tema. Em seguida foi definido o tipo de cobertura a estudar, bem como os materiais a utilizar, as características e pormenores da membrana, os cabos de tensionamento e as estruturas de suporte da cobertura. No capítulo seguinte é feita a análise estrutural e a verificação da resistência em estados limite últimos, sob a acção do vento e da neve, tendo em conta o processo construtivo e o pré-esforço. Por fim foi definido o padrão de corte da membrana para que esta possa ser pré-esforçada de maneira correta e eficaz.

Palavras-chave

Cobertura, membrana tracionada, cabos de aço, análise geometricamente não lineares, padrão de corte.

Abstract

The textile tensile structures had strong development during the second half of the twentieth century, and are currently an important sector in the scientific area of civil engineering structures. This type of structure was initially based on independent cables, evolving to grids and then to cable textile tensiled membranes, currently with a broad range of examples, including the so called "free" forms.

These structures are usually referred to as 'lightweight structures', adequate for large spans, easy to manufacture and assembly, using a fabric of high strength fibers as structural element, obtaining a wide variety of forms at relative low cost.

Scientific knowledge has been supporting the practical design and construction of such complex structures, namely through the development of calculation methods and the study of the material characteristics, associated with the design of efficient details for the connections. The complexity of the tensioned membrane structures is due to their high flexibility and non-linear behavior.

The present work aims to study textile membrane structures, exploring the current knowledge on the subject understanding the advantages over conventional structures, through practical application to the case of a roof for a school sports field.

The work begins with a bibliographic research of literature on the subject. Then the application example is presented, as well as the chosen materials as all the features and details of the membrane, cable prestressing and support structures. Structural analysis and safety verification of resistance on ultimate limit state under the action of wind and snow was performed, taking into account the constructive process and prestressing. In the last part of the work the cutting pattern of the membrane is addressed, in order to achieve an effective prestress.

Keywords

Roof structure, textile tension structure, tensioned cables, non-linear cable analysis, cutting pattern.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract.....	v
Lista de Figuras.....	ix
Lista de Tabelas.....	xi
Lista de Acrónimos.....	xiii
1. Introdução	1
2. Recolha bibliográfica	2
2.1. Generalidades	2
2.2. Classificação de coberturas em membrana	3
2.3. Classificação quanto à curvatura da membrana	4
2.4. Fases de projeto de uma cobertura em membrana tracionada	4
3. Formulação do problema	6
4. Exemplo de aplicação	7
4.1. Conceção geral.....	7
4.2. Recolha de pontos.....	7
4.3. Obtenção da forma final da cobertura	8
5. Materiais	11
5.1. Membrana.....	11
5.1.1. Manutenção.....	18
5.2. Placa metálica de esquina	19
5.3. Fundações e ligações com outros elementos	20
5.4. Cabos de aço	21
5.5. Arco e mastros	22
6. Modelos preliminares	23
6.1. Estrutura hipostática e em cruz de 4 apoios.....	23
6.2. Estudo de cobertura de “duas águas”	24

6.3.	Estudo de cobertura do tipo “paraboloide hiperbólico”	25
7.	Acções de cálculo	26
7.1.	Acção do vento.....	26
7.2.	Acção da neve.....	28
8.	Cálculos de dimensionamento da cobertura	29
8.1.	Resistência da membrana	29
8.2.	Resistência dos cabos de aço de borda	30
8.3.	Resistência dos cabos de aço de apoio	30
8.4.	Combinação de acções.....	30
8.5.	Resistência dos mastros e arco.....	35
8.6.	Resistência ao corte do parafuso	36
8.7.	Listagem de cabos/barras e nós da cobertura	37
9.	Padrão de corte	39
9.1.	Layouts	40
10.	Conclusão	41
11.	Referências Bibliográficas	43
ANEXOS	45
	Anexo 1.1 - Esforços internos na membrana	46
	Anexo 1.2 - Esforços nos cabos de borda na membrana.....	57
	Anexo 1.3 - Esforços nos mastros e cabos de apoio.....	59
	Anexo 1.4 - Esforços no arco	60
	Anexo 1.5 - Reações nos apoios	61
	Anexo 1.6 - Deslocamentos nos nós.....	62
	Anexo 2.1 - Layout com peças de corte.....	76
	Anexo 2.2 - Pormenores de ligação	

Lista de Figuras

Figura 1 - Cobertura de Pavilhão Musical em Kassel, Alemanha ^[16]	2
Figura 2 - Cúpula do Milénio, Londres, Inglaterra (à esquerda) e Terminal Hajj do Aeroporto Jeddah, Arábia Saudita (à direita) ^[16]	3
Figura 3 - Cobertura pneumática (suportada por ar) ^[16]	3
Figura 4 - Cobertura em membrana tracionada por cabos e mastros ^[16]	4
Figura 5 - Curvatura anticlástica ^[4]	4
Figura 6 - Fases de projeto de uma cobertura em membrana tensa [4]	5
Figura 7 - Maquete com cobertura de análise inicial (Escala 1/xx)	7
Figura 8 - Sistema de recolha utilizado para retirar coordenadas da cobertura	8
Figura 9 - Cobertura de membrana tracionada em estudo ^[33] , perspectiva	9
Figura 10 - Cobertura de membrana tracionada em estudo, em planta ^[33]	9
Figura 11 - Cobertura de membrana tracionada em estudo, em alçado principal ^[33]	10
Figura 12 - Cobertura de membrana tracionada em estudo, alçado lateral direito e esquerdo ^[33]	10
Figura 13 - Esquema de tecido têxtil técnico ^[2]	11
Figura 14 - Fiação simples das membranas ^[3]	12
Figura 15 - Fiação do tipo 8H-Satin (fios de urdume na vertical e fios de trama na horizontal) ^[27]	13
Figura 16 - Exemplo esquemático da membrana com revestimento e acabamento ^[3]	14
Figura 17 - Tipo de ligação de superfície (junta soldada) ^[2]	15
Figura 18 - Processo de soldadura por alta frequência ^[2]	16
Figura 19 - Junta soldada a alta frequência (achatada) ^[2]	16
Figura 21 - Aparelho de soldadura de membranas ^[2]	17
Figura 20 - Soldagem sobre pré-esforço ^[2]	17
Figura 22 - Corte (a) e planta (b) de um bordo com cordão de aço ^[2]	18
Figura 23 - Placa metálica de esquina ^[30]	19
Figura 24 - Pormenor de esquina com junta costurada (esquerda) e modo de costura (direita) ^[2]	20

Figura 25 - Pormenor de cabos de aço e mastro na amarração da membrana ^[30]	20
Figura 26 - - Suporte de ligação à fundação ^[2]	21
Figura 27 - Estrutura hipostática ^[33]	23
Figura 28 - Estrutura em cruz de 4 apoios ^[33]	24
Figura 29 - Cobertura de ‘duas águas’ ^[33]	24
Figura 30 - Estrutura de cobertura do tipo “paraboloide hiperbólico” ^[33]	25
Figura 31 - Disposição dos coeficientes de pressão sobre a superfície da membrana (caso A) ^[33]	27
Figura 32 - Disposição dos coeficientes de pressão sobre a superfície da membrana (caso B) ^[33]	27
Figura 33 - Disposição dos coeficientes de forma sobre a superfície da membrana ^[33]	29
Figura 34 - Deformada da cobertura, a laranja, para o caso 1 em alçado principal (com escala meramente representativa) ^[33]	31
Figura 35 - Deformada da cobertura, a laranja, para o caso 2 em alçado principal (com escala meramente representativa) ^[33]	32
Figura 36 - Deformada da cobertura, a laranja, para o caso 3 em alçado principal (com escala meramente representativa) ^[33]	33
Figura 37 - Deformada da cobertura, a laranja, para o caso 4 em alçado principal (com escala meramente representativa) ^[33]	33
Figura 38 - Deformada da cobertura, a laranja, para o caso 5 em alçado principal (com escala meramente representativa) ^[33]	34
Figura 39 - Deformada da cobertura, a laranja, para o caso 6 em alçado principal (com escala meramente representativa) ^[33]	35
Figura 40 - Linhas de corte na membrana ^[33]	39
Figura 41 - Curva das tiras dependendo da forma da membrana tridimensionalmente (sinclástica na parte superior e anticlástica na parte inferior) ^[4]	40

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Características principais da fibra de carbono ^[27]	12
Tabela 2 - Características do tecido adotado ^[28]	13
Tabela 3 - Características dos cabos de aço ^[31]	21
Tabela 4 - Características das seções do arco e dos mastros ^[32]	22
Tabela 5 - Combinações dos casos de carga sobre a cobertura	30
Tabela 6 - Listagem de cabos/barras da cobertura ^[33]	37
Tabela 7 - Listagem de nós da cobertura ^[33]	38

Lista de Acrónimos

PAN	Poliacrilonitrila
PVC	Policloreto de vinila
UV	Ultra violeta
FEP	Etileno propileno fluorado
CHS	Seção circular oca
RSA	Regulamento de Segurança e Acções para Edifícios e Pontes
EC8	Eurocódigo 8

1. Introdução

A partir da segunda metade do século XX, as estruturas de membrana e cabos pré-esforçados começaram a fazer parte do universo da engenharia, apoiadas no avanço do conhecimento científico que ajudou a resolver questões ligadas à conceção e ao dimensionamento.

Embora apresente certas dificuldades, este tipo de estrutura apresenta vantagens, tais como a possibilidade de cobrir grandes vãos, serem estruturas leves, terem facilidade de fabrico e montagem, e em usar tecido sintético de fibras de alta resistência como elemento estrutural.

Num estudo das estruturas já existentes em todo o mundo, encontram-se exemplos muito distintos no aspeto e tipo de utilização, mas com grandes semelhanças no seu funcionamento. Tomando como exemplos uma ponte suspensa, uma cobertura em rede de cabos ou um balão atmosférico, verifica-se que o funcionamento de todas estas estruturas é caracterizado por uma distribuição de esforços internos exclusivamente de tração nos elementos estruturais principais.

As estruturas tracionadas são geralmente executadas com membranas, cabos de aço de alta resistência e mastros. Neste tipo de estruturas incluem-se redes de cabos em coberturas, estruturas pneumáticas e membranas pré-esforçadas.

O presente trabalho pretende sintetizar o projeto de uma cobertura em membrana tracionada, dando a conhecer esta temática e os materiais específicos usados neste tipo de estruturas. Neste trabalho será analisado um exemplo de uma cobertura em membrana têxtil tracionada, utilizando as técnicas de análise estrutural disponíveis, completado no final com o estudo do padrão de corte da membrana, necessário para que a cobertura responda eficientemente a todas as ações atuantes.

2. Recolha bibliográfica

2.1. Generalidades

As estruturas de membrana tracionadas [16] tiveram a sua origem em tendas e toldos tradicionais. Essas tendas eram feitas a partir de peles de animais ou materiais entrelaçados, sendo usadas ao longo da história pelo mundo inteiro, particularmente nas sociedades mais antigas que necessitavam de coberturas desmontáveis.

Estas coberturas tiveram pouca evolução entre o tempo do império romano e o século XIX, muito por causa da falta de avanço na manufatura de tecidos, das ligações e dos cabos. Porém, depois da revolução industrial, houve uma grande procura de tendas grandes (circos) e por materiais de grande resistência. Neste período as estruturas de membrana eram relativamente deformáveis e a estabilidade dependia de uma combinação eficiente com cabos entrelaçados [16].

Após a segunda guerra mundial houve grande desenvolvimento dos vários tipos de membrana estrutural. Frei Otto [16], teve um papel fundamental no desenvolvimento de estruturas com membranas tracionadas. Ele começou por fazer experiências com formas leves, fazendo testes com modelos em escala reduzida com materiais como o sabão, de forma a que se formasse uma película de espuma. Concluiu que essas formas podiam ser utilizadas como possíveis coberturas em tração.

Um dos primeiros projetos de coberturas em membrana tensionada da autoria de Frei Otto, foi uma pequena cobertura para um Pavilhão Musical em Kassel, Alemanha, em 1955 (Fig. 1). A estabilidade já não era assegurada só pelo peso, mas também pela própria membrana têxtil, levando em conta as curvaturas e o pré-esforço introduzido.

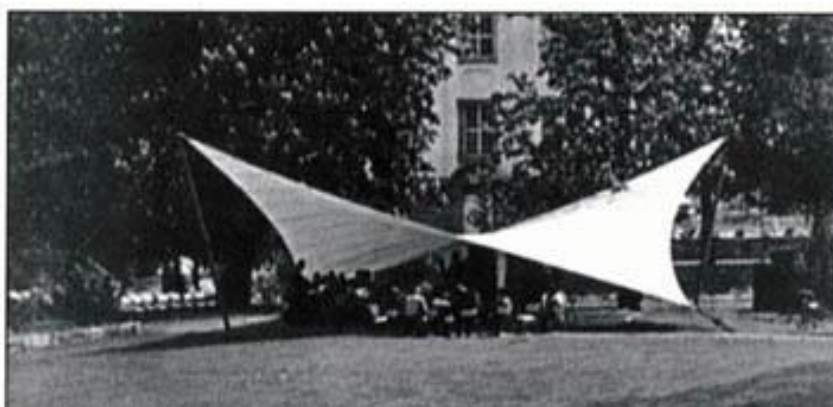


Figura 1 - Cobertura de Pavilhão Musical em Kassel, Alemanha [16].

A partir do projeto de Kassel nasceu uma geração de coberturas têxteis tracionadas, nas quais se introduziu progressivamente uma sucessão de novos conceitos sobre formas, técnicas de montagem, métodos de pré-esforço, materiais e ligações.

As estruturas da Cúpula do Milénio, em Londres, Inglaterra e do Terminal Hajj do Aeroporto Jeddah, na Arábia Saudita (Fig. 2), são outros exemplos de estruturas com membranas tracionadas.



Figura 2 - Cúpula do Milénio, Londres, Inglaterra (à esquerda) e Terminal Hajj do Aeroporto Jeddah, Arábia Saudita (à direita) [16].

2.2. Classificação de coberturas em membrana

Atualmente existem dois tipos principais de sistemas estruturais que envolvem a membrana tracionada [1]: sistemas pneumáticos suportados por ar e sistemas de membranas tracionadas por cabos. Os sistemas suportados por ar utilizam a engenharia mecânica para criar uma pressão de ar interna positiva, a fim de apoiar o tecido (Fig. 3). Os sistemas de membranas tracionadas por cabos dependem de cabos ou estruturas de aço como suporte base, tendo como aspeto característico uma superfície com dupla curvatura (Fig. 4).



Figura 3 - Cobertura pneumática (suportada por ar) [16].



Figura 4 - Cobertura em membrana tracionada por cabos e mastros [16].

2.3. Classificação quanto à curvatura da membrana

As estruturas tracionadas em dupla curvatura [4] podem ser classificadas em sinclásticas e anticlásticas. As curvaturas ditas sinclásticas possuem sempre mesmo sinal, como por exemplo, uma esfera, um balão inflável ou uma cúpula semiesférica. As anticlásticas têm curvaturas de sinais contrários como o caso do parabolóide hiperbólico (Fig. 5).

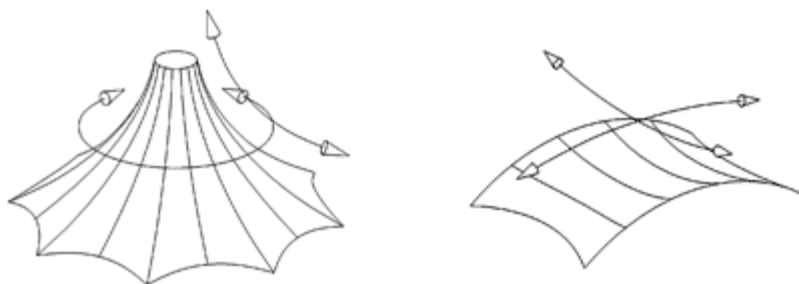


Figura 5 - Curvatura anticlástica [4].

2.4. Fases de projeto de uma cobertura em membrana tracionada

O projeto de uma estrutura têxtil do tipo membrana tracionada pode em geral subdividir-se nas seguintes três fases [2]:

- 1- Escolha da forma geométrica: determinação de uma forma inicial adequada à função arquitetónica e cujas forças interiores de membrana estejam em equilíbrio sob a acção do peso próprio e do pré-esforço;

- 2- Cálculo estrutural: análise do comportamento da estrutura de forma a poder verificar as condições de segurança em estados limite últimos e de utilização;
- 3- Estudo dos padrões de corte do tecido: determinação de um conjunto de peças planas feitas de tecido que espacialmente serão unidas para formar a superfície (membrana) determinada no processo anteriormente descrito.

INTENÇÃO ARQUITECTÓNICA

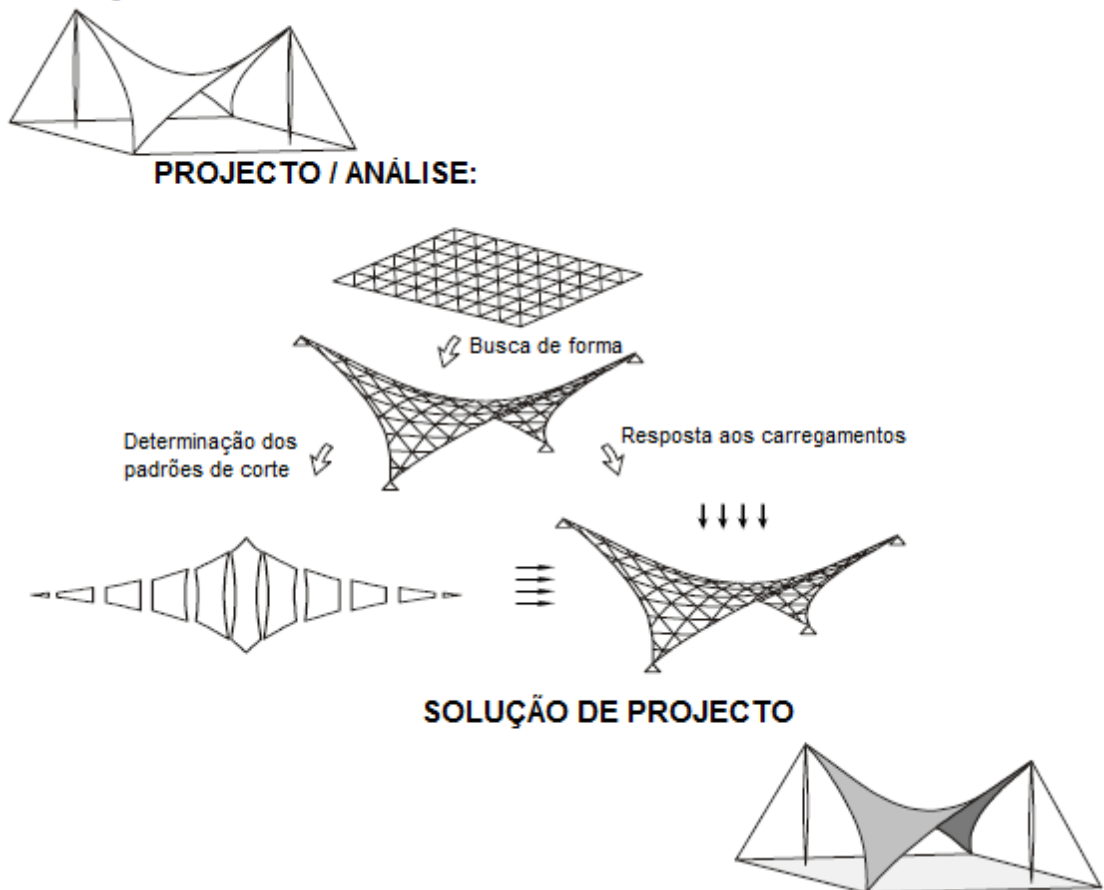


Figura 6 - Fases de projeto de uma cobertura em membrana tensa [4].

3. Formulação do problema

O presente trabalho tem como objetivo o dimensionamento de uma cobertura em membrana pré-esforçada, situada no recinto desportivo da Escola Secundária da Sé, Guarda. A ideia para a construção de uma cobertura sobre o recinto, deve-se ao facto de a Escola não possuir um espaço coberto adequado para as aulas da disciplina de Educação Física e essas aulas serem lecionadas no recinto desportivo ao ar livre. Essas aulas encontram-se condicionadas pelas condições atmosféricas, pois caso ocorra precipitação as aulas são canceladas.

Numa primeira fase, procedeu-se à procura da forma inicial da cobertura. O material a utilizar é escolhido, tal como a membrana, os cabos e as estruturas de suporte necessárias para o dimensionamento da cobertura.

A segunda fase diz respeito à análise estrutural e ao dimensionamento da cobertura, onde são consideradas as combinações das acções exteriores e o pré-esforço inicial, verificando-se o comportamento estrutural da cobertura.

Numa última fase procede-se à obtenção do padrão de corte da membrana, necessário para que esta esteja tracionada, sem enrugamentos, com resposta aos esforços aplicados sobre ela.

4. Exemplo de aplicação

4.1. Conceção geral

O exemplo de aplicação que se pretendeu analisar foi o de uma cobertura em membrana tracionada.

A conceção foi idealizada em pesquisa orientada, através da observação de vários exemplos nacionais e internacionais, existindo uma ideia previamente delineada. Primeiramente, realizou-se em rascunho de papel um esboço da cobertura em análise, transferindo-se para o nível prático, através da construção de uma maquete (Fig. 7), obtendo-se assim uma hipótese da sua configuração final, que poderia sofrer ainda a pequenos ajustes. Para a construção da maquete, utilizou-se como materiais a meia de vidro (membrana), arame (estrutura suporte) e pregos (cabos e mastros de amarração).



Figura 7 - Maquete com cobertura de análise inicial (Escala 1/2000)

Numa fase inicial, a cobertura era constituída por 4 arcos, 2 a 2 em paralelo, com o objetivo de suportar a membrana, por 10 pilares para amarrar a membrana ao solo, por membrana contínua e por cabos localizados nos bordos (Fig. 7).

Concluiu-se que seria mais simples calcular os esforços existentes na membrana, nos cabos e nos pilares através de algumas alterações. Essas mudanças foram feitas com a redução para 2 arcos paralelos, e com a eliminação dos 4 pilares interiores da cobertura. Com a anulação destes pilares, a amarração da membrana foi transferida para pontos específicos nos arcos.

4.2. Recolha de pontos

Consumada a construção do modelo físico, foram retirados (medidos) pontos da cobertura em estudo para que esta fosse transformada num modelo de cálculo a utilizar no programa de

cálculo [33]. Para tal, foi necessário construir uma estrutura, representada na Figura 8, constituída por dois pórticos, uma viga deslizante e uma régua.



Figura 8 - Sistema de recolha utilizado para retirar coordenadas da cobertura

Com o movimento da régua e da viga, percorrendo os eixos x e y respetivamente, retirou-se a altura (eixo z) para cada ponto da membrana construída na maquete. Concluído o levantamento de pontos, inseriram-se numa folha de cálculo corrente com o objetivo de aproximar a forma da membrana a uma superfície polinomial, através do método dos mínimos quadrados, utilizando para tal equações do tipo $y = mx+b$ e $y = ax^2+bx+c$, fazendo várias iterações até atingir uma diferença reduzida entre o modelo matemático e o físico.

4.3. Obtenção da forma final da cobertura

Concluído o processo de obtenção das coordenadas dos nós da cobertura, estas introduzidas no programa de cálculo [33]. Após a definição dos nós, estes foram ligados através de cabos formando uma malha ortogonal com o objetivo de modelar a membrana. Esta malha foi constituída por cabos espaçados entre si, inicialmente de 1 m, e posteriormente de 1,40 m. A modificação foi feita com o objetivo de manter a mesma proporção das coordenadas, uma vez que a cobertura sofreu alterações nas suas dimensões gerais.

Após construído o modelo matemático da estrutura de cobertura, esta foi sujeita a um pré-esforço nos cabos interiores (membrana) de 55 kN/m e nos cabos de borda (cabos de aço) de 75 kN com o objetivo de encontrar a forma final da cobertura em membrana. A forma final foi escolhida de acordo com seguinte critério: deslocamentos reduzidos e esforços na membrana inferiores ao da resistência máxima do tecido. Encontrada uma configuração final da cobertura, cumprindo os critérios propostos, concluiu-se que esta seria uma geometria aceitável, como se pode verificar nas Figuras 9, 10, 11 e 12.

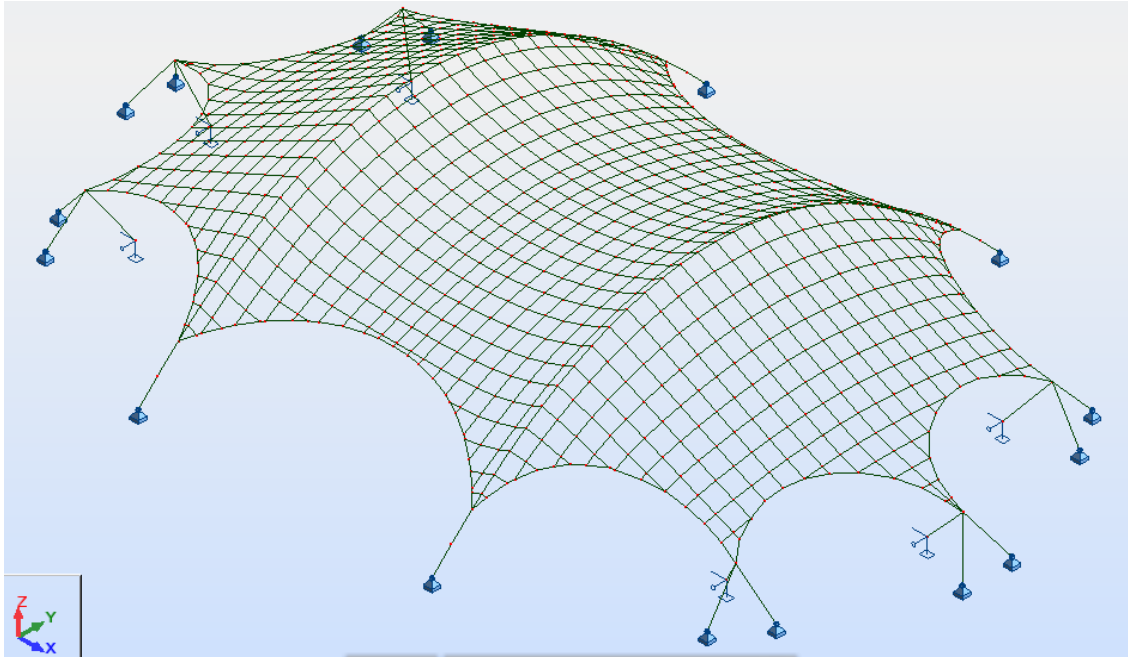


Figura 9 - Cobertura de membrana tracionada em estudo ^[33], perspectiva.

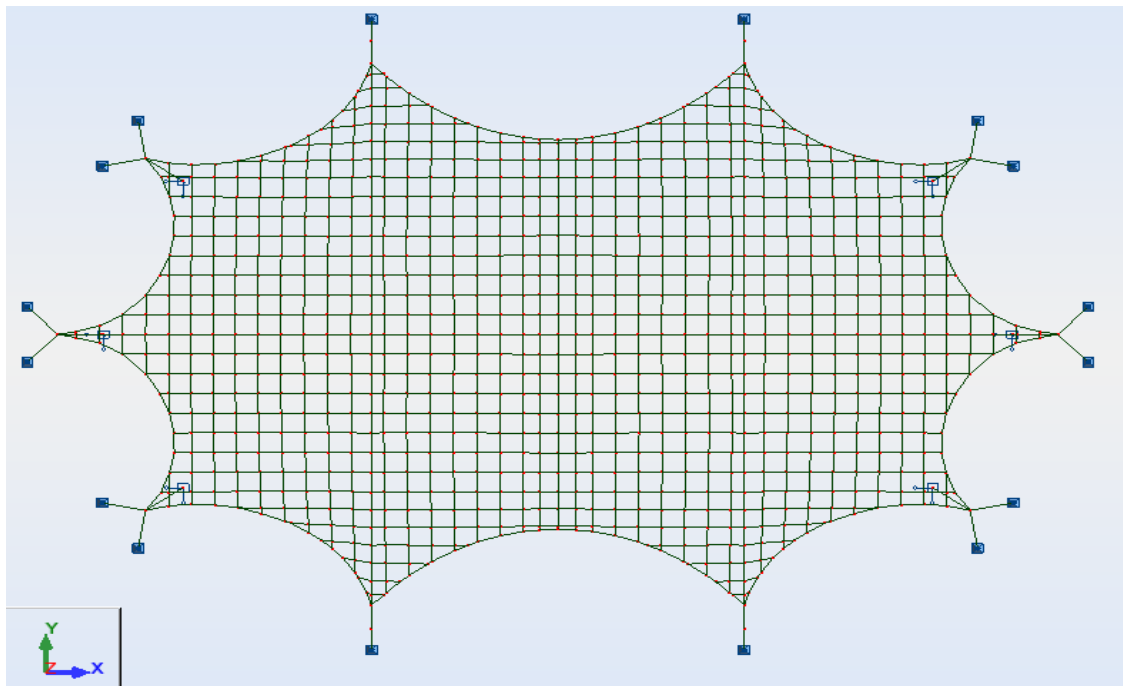


Figura 10 - Cobertura de membrana tracionada em estudo, em planta ^[33].

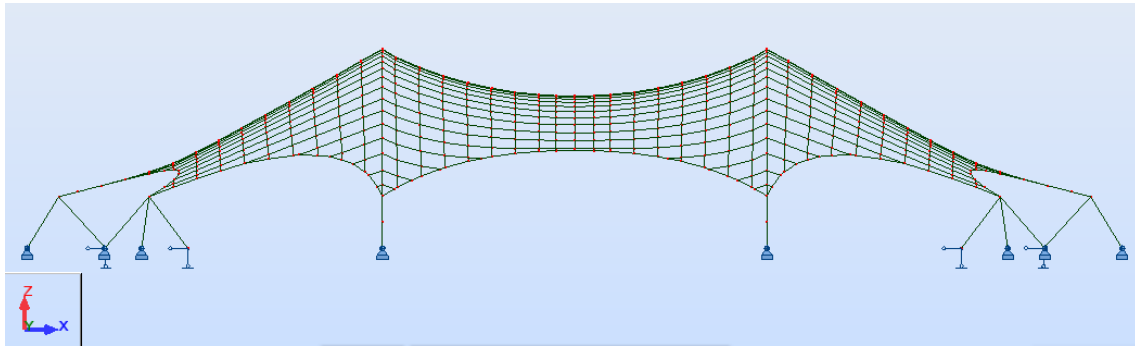


Figura 11 - Cobertura de membrana tracionada em estudo, em alçado principal [33].

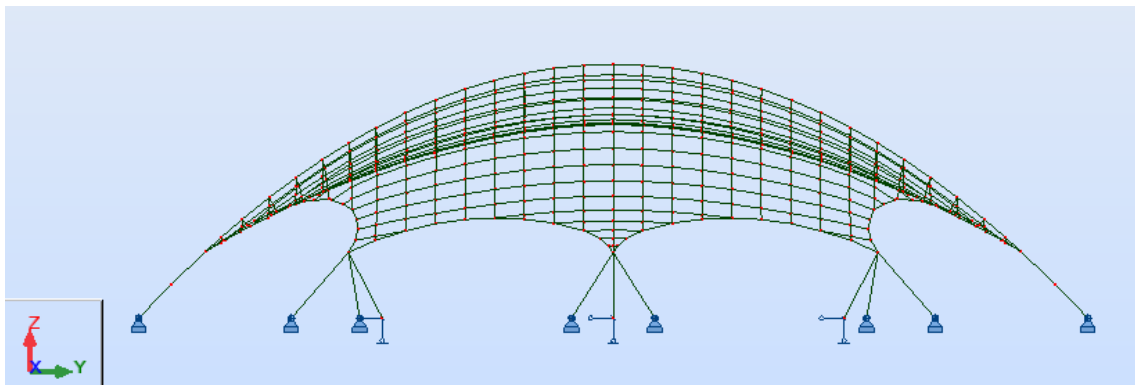


Figura 12 - Cobertura de membrana tracionada em estudo, alçado lateral direito e esquerdo [33].

O pré-esforço utilizado, em comparação com o referido em [34] foi muito superior ao utilizado naquele projeto, visto que durante a realização deste estudo foi utilizado um programa de cálculo [33] vocacionado para elementos rígidos.

5. Materiais

5.1. Membrana

Os materiais de membrana [2] apresentam capacidade, tanto para fins estruturais como para resistir ao meio ambiente. Estes materiais, denominados de membranas técnicas, são geralmente muito finos, dividindo-se em têxteis técnicos (com ou sem revestimento) e plásticos técnicos (películas extrudidas).

As membranas técnicas são usadas na construção de coberturas de grandes vãos, ligadas por elementos de grande área, permitindo transferências de carga exclusivamente de tração. Para tal, necessitam de curvatura, terem cabos de bordo e ancoradas de forma adequada.

Por outro lado, o material tem de satisfazer os requisitos que influenciam o ambiente interior como permeabilidade, resistência ao fogo, isolamento térmico, transmissão da luz, manutenção e durabilidade [2].

Para a cobertura em estudo, optou-se por tecidos têxteis revestidos (Fig. 13), atualmente os mais utilizados na área das 'estruturas leves'. A opção por estes tecidos, com função de elemento estrutural, deveu-se ao facto de serem resistentes ao criar um vão entre os elementos de suporte encaminhando as forças devidas ao vento e à neve e por serem seguros ao caminhar sobre eles.

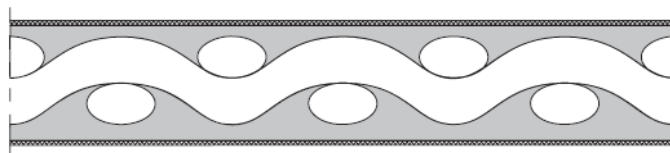


Figura 13 - Esquema de tecido têxtil técnico [2].

O tecido têxtil técnico foi tratado com compostos adicionais, revestidos com pastas especiais e a superfície foi tratada para protegê-lo contra influências externas [2].

Dependendo dos requisitos decorrentes, o material foi especificado de acordo com o tipo de fibra, de tecelagem e de revestimento.

Tipo de fibra

Para a membrana, optou-se por uma malha estrutural com fibras de carbono.

A fibra de carbono [27] é o resultado de uma variedade de produtos filamentosos compostos por mais de 90% de carbono e filamentos de 5 a 15 μm de diâmetro de poliacrilonitrila (PAN). Quanto às suas características na Tabela 1, estas possuem elevados valores de resistência à

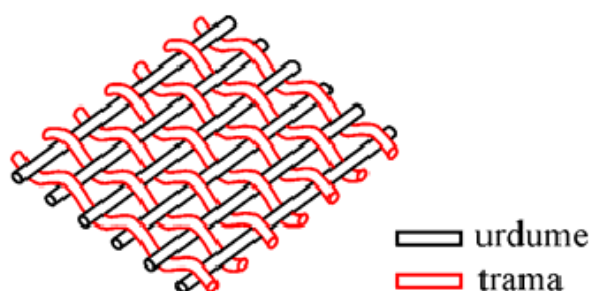
tração, módulo de elasticidade extremamente elevado e baixa massa específica. Além da resistência e rigidez, as fibras de carbono possuem excelente resistência à fadiga, características de amortecimento de vibrações, resistência térmica e estabilidade dimensional. As fibras de carbono possuem também boa resistência elétrica e térmica e são quimicamente inertes, exceto quanto à oxidação.

Tabela 1 - Características principais da fibra de carbono ^[27]

Características da fibra de carbono		
Resistência à tração	4900	MPa
Módulo de Elasticidade	230	GPa
Deformação	2,1	%
Densidade	1,8	g/cm ³
Diâmetro filamento	7	µm

Tecelagem dos fios

A fiação dos tecidos [27] que formam as membranas é efetuada em duas direções: o urdume e a trama. Durante a fiação os fios do urdume são mantidos retos, e os fios da trama são passados alternadamente por cima e por baixo dos fios do urdume, apresentando consequentemente uma forma mais ondulada (Fig. 14). Da interação entre os dois, o urdume acaba por ondular ligeiramente e, mais tarde, quando o tecido é solicitado, esta interação intensifica-se, resultando em propriedades mecânicas anisotrópicas não lineares da membrana.

Figura 14 - Fiação simples das membranas ^[3].

Na membrana em estudo, adotou-se como fiação dos tecidos o tipo 8H-Satin, ou seja, os fios de trama flutuam ao longo de 7 fios de urdume, entrelaçando no oitavo, continuando consecutivamente esta maneira de fiação, como se verifica na Figura 15.

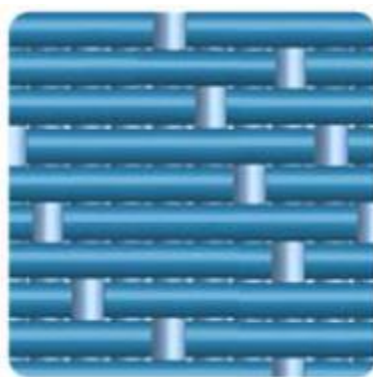


Figura 15 - Fiação do tipo 8H-Satin (fios de urdume na vertical e fios de trama na horizontal) [27].

Este tipo de fiação fez com que o tecido se tornasse mais maleável e apresentasse uma maior resistência à tração, quer na direção de urdume ou da trama, em relação a uma fiação simples [27].

Características do tecido adotado

O tecido foi escolhido no catálogo *Fiberglass Supply* [28], e apresentava as seguintes características da Tabela 2.

Tabela 2 - Características do tecido adotado [28]

Características do tecido			
Largura de corte		1,06	m
Peso		362,8	g/m ²
Espessura		0,34	mm
Fiação		8-H Cetim	
Fios/2,54 cm	Urdume	24	
	Trama	24	
Filamentos por fio	Urdume	3000	
	Trama	3000	
Resistência à tração característica	Urdume	116	kN/m
	Trama	116	kN/m
Comprimento de rolo		91,4	m

Revestimento e acabamento do tecido

A resistência dos materiais [3] contra as ações exteriores foi conseguida através de um conjunto de medidas durante a produção, ou seja, com a aplicação de um revestimento com a função de proteger o tecido e de um acabamento que permitirá drenar a água e o ar (Fig. 16).

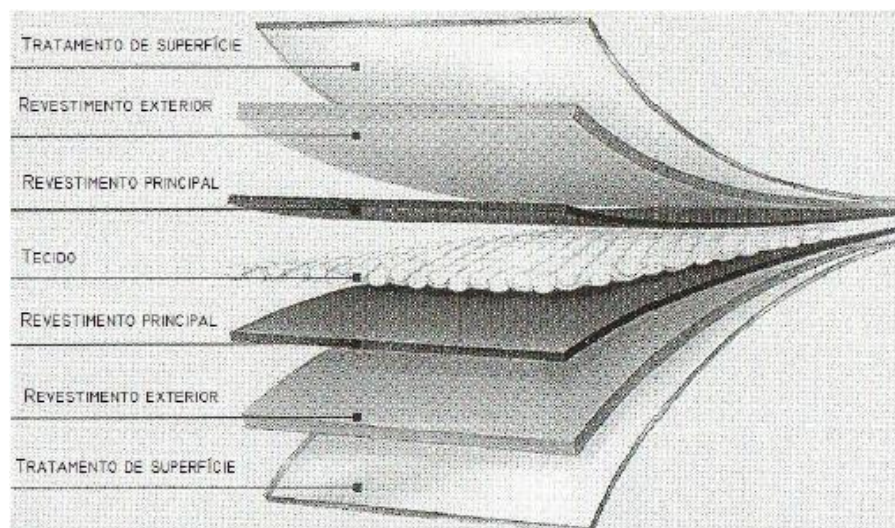


Figura 16 - Exemplo esquemático da membrana com revestimento e acabamento [3].

Em relação ao revestimento do tecido, optou-se por utilizar a membrana revestida com policloreto de vinila (PVC), com espessura de cerca de 0,15 mm. Este revestimento em PVC torna a proteção contra os raios ultravioleta possível, garantindo que a resistência da membrana não reduza num prazo de tempo muito curto e seja auto retardante em caso de incêndio. O revestimento emprega aditivos que inibem a formação de bolores e manchas provocadas por fungos, e apresenta antioxidantes que inibem o surgimento de manchas ferruginosas. Deve ser feito com cuidado, uma vez que com o tempo a membrana fica danificada devido ao meio ambiente, e o efeito da água a passar permanentemente na zona deteriorada intensifica os danos [3].

Quanto ao acabamento, este foi realizado através de películas laminadas. Este acabamento da parte exterior também possibilita uma proteção aos raios ultravioleta, pois a pigmentação branca reflete a luz UV. O acabamento permite que a membrana não se suje rapidamente e a sua espessura é de 0,05 mm [3].

Ligação da membrana

Para criar a superfície da cobertura em membrana foi necessário fazer a ligação das peças individuais.

Existem vários tipos de ligações permanentes [2] para as peças, tais como, as soldadas, as costuradas, as combinadas e as coladas. Para a cobertura em análise optou-se por ligação soldada, Figura 17.

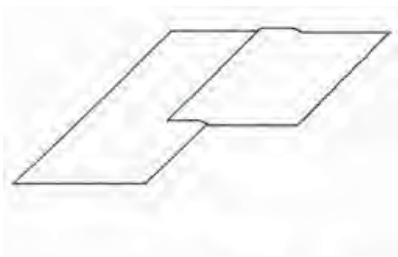


Figura 17 - Tipo de ligação de superfície (junta soldada) [2].

Estas ligações permanentes foram efetuadas pelo fabricante das peças em membrana, chegando à obra previamente pronta a colocar, sendo estas as mais comuns no mercado da construção em membrana.

A ligação em junta soldada aumentou de forma significativa a sua rigidez, existindo diferenças na rigidez do tecido a ligar e a junta, embora esta ligação seja flexível. Nesta ligação, optou-se por colocar juntas de fitas como reforço, de modo a aumentar a resistência da junta. Relativamente à força da junta soldada, esta seria cerca de 60-95% da resistência do tecido, dependendo também do processo de soldadura utilizado e da temperatura de processamento [2].

A junta apresentava características de estabilidade em relação aos raios UV e de impermeabilidade à água.

Soldagem da membrana

A soldagem de tecidos [2] revestidos foi só possível com termoplásticos. Os plásticos como apresentavam uma má condução relativamente ao calor, levaram a que a soldagem de tecidos finos trouxesse menos problemas.

O processo de soldagem consiste em unir duas ou mais peças de tecido do mesmo material, sob a influência de calor, sem a utilização de cola adicional, podendo o processo ser com ou sem pressão. Os processos mais utilizados para a junção de tecidos são a soldadura por alta frequência e soldura com elemento quente [2].

Para a junção da membrana, optou-se por soldadura de alta frequência. Esta soldadura consistiu em formar uma larga junta homogénea fazendo com que as espessuras do tecido dos dois materiais fiquem integradas.

No processo de soldadura [2], as tiras de tecido foram unidas entre si por meio de pressão e calor. Apenas os plásticos térmicos com arranjo de moléculas polares podiam ser utilizados

durante este método de soldagem, pois com as radiações de alta frequência, algumas moléculas oscilavam de acordo com a frequência, provocando o aquecimento do material. O termoplástico foi aquecido entre o frio e um eléctrodo de controlo de temperatura, para fluir e ficarem as juntas pressionadas, Figura 18. Após a eletricidade estar desligada, a costura teve que arrefecer sob pressão, a fim de que a massa fundida pudesse endurecer e a força de reposição no material pudesse tornar-se eficaz.

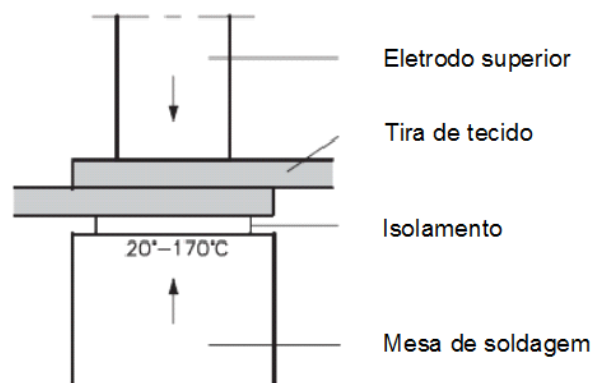


Figura 18 - Processo de soldadura por alta frequência [2].

A largura comum de soldadura por altas frequências ronda os 50-80 mm [2]. A junta de soldadura optada para a membrana foi a achatada, Figura 19.



Figura 19 - Junta soldada a alta frequência (achatada) [2].

Antes da realização de qualquer trabalho de execução nas membranas, realizaram-se ensaios para determinar parâmetros de soldadura em juntas altamente carregadas, como o teste de controlo de resistência e o teste de rutura de junta, sendo realizados nas duas direções principais [2].

Um fenómeno importante relacionado com a soldadura prendeu-se com a retração do tecido. Este encolhimento, também chamado de deformação térmica, foi compensado durante o processo de soldadura, através de um pré-esforço do tecido (Fig. 20). Desta forma, quando as peças foram cortadas, este fenómeno teve de ser tido em conta.



Figura 20 - Soldagem sobre pré-esforço [2].

Relativamente a cortes ocorridos durante a 'vida útil' da cobertura, a sua reparação será feita através de um aparelho de soldadura, Figura 21, *in situ*.



Figura 21 - Aparelho de soldadura de membranas [2].

Bordos da membrana

Quanto aos bordos da membrana foram adotados bordos flexíveis com cordão de aço, uma vez que neste tipo de estruturas são usuais.

Durante o processo de elevação da cobertura de membrana [2], o cordão de aço deslizou dentro da bainha, sendo protegido, devido ao atrito, de forma a não danificar a bainha. Relativamente ao ângulo (α) no interior da bainha (Fig. 22), este foi determinado de acordo com o diâmetro do cordão e a largura da bainha, ângulo este que quanto maior, maior é o efeito de corte e de desprendimento na soldadura. O valor do ângulo foi de 15° , de acordo com ensaios realizados, de forma a evitar o desprendimento.

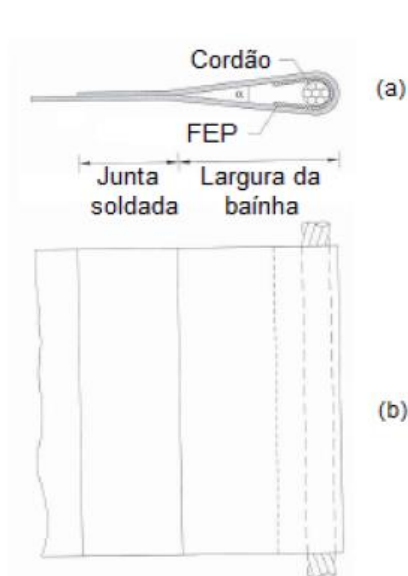


Figura 22 - Corte (a) e planta (b) de um bordo com cordão de aço [2].

Quanto ao pormenor construtivo da Figura 22 colocou-se uma fita na bainha de poliéster (FEP), para quando as forças tangenciais, devido ao deslizamento do cordão de aço dentro da bainha, forem elevadas.

5.1.1. Manutenção

Limpeza da membrana

Existem fatores que retêm a sujidade na membrana, como por exemplo as precipitações locais, a poluição no ar, a proximidade de árvores que libertem pólen, entre outros. Por isso dever-se-á proceder à limpeza da membrana, de modo a que a vida útil da mesma não seja afetada.

A limpeza da membrana deverá ser efetuada logo após o término da estação Verão/Inverno, seguinte à montagem desta, pois iniciar a limpeza anos após a montagem poderá causar danos no acabamento acrílico da superfície, provocados pela acumulação de sujidade levando a uma maior necessidade de a esfregar [34].

Para o revestimento escolhido para o tecido (PVC), optou-se por utilizar um detergente da empresa *Ferrari*, de pH neutro, ideal para a utilização de qualquer produto revestido a PVC. De acordo com o detergente escolhido, a limpeza deverá ser feita com esponjas macias e muita água e os funcionários de limpeza deverão calçar sapatos de sola de borracha do tipo desportivo. Antes da subida à membrana, para efetuar a sua limpeza, os funcionários deverão limpar convenientemente as solas do dito calçado de modo a não provocar danos no acabamento acrílico [34].

Reparação da membrana

Os tecidos com revestimento poderão ser consertados no local quando ocorrem pequenos estragos. Se o rasgo ou o furo for até 5 cm de comprimento, a membrana poderá ser reparada com remendos soldados diretamente na parte externa da membrana. Estes remendos deverão ter sempre os cantos arredondados e a área onde serão aplicados deverá ser limpa para garantir que não exista sujidade nesse local [34].

Os remendos deverão ser do mesmo tipo de material utilizado na membrana, devendo o fabricante do tecido fornecer uma pequena quantidade de material para quando for necessário realizar qualquer reparo. A membrana deverá ser guardada em local seco e escuro.

Além dos reparos, a membrana pode vir a necessitar de um retensionamento. Normalmente seis meses após a montagem da estrutura, deve-se fazer uma inspeção para ver se é necessário um retensionamento das membranas.

Substituição da membrana

Caso seja necessária a substituição da membrana, dever-se-á ter em conta os padrões de corte em *layout*, para se obter outra vez a forma da cobertura em membrana [34].

A utilização de outro tipo de tecido fará com que se façam novos testes de compensação para o novo material.

5.2. Placa metálica de esquina

O pormenor de esquina foi representado por uma placa metálica (Fig. 23), considerando-se uma componente vital de quase todas as estruturas tracionadas. Esta serviu para fixar a esquina do tecido, permitindo que o tecido fosse puxado, e para segurar as extremidades dos cabos de aço de borda colocados na bainha do tecido [30]. Todas as cargas combinadas foram transferidas através da placa de membrana na estrutura para o suporte de aço.

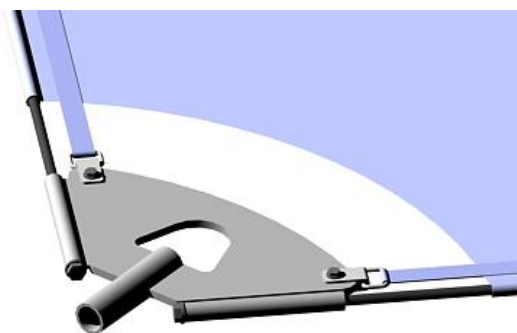


Figura 23 - Placa metálica de esquina [30].

Os elementos de bordo representavam componentes rígidas na esquina, sendo inconvenientes na transmissão de esforços, devido à ligação de elementos com rigidez muito diferenciada. Quanto mais agudo fosse o ângulo de esquina, maiores seriam os esforços, e maior seria a influência de rigidez dos bordos para tornar a esquina mais rígida [30].

A placa metálica atuou também como ponto de drenagem, em conjunto com os rebordos do tecido. No Anexo 2.2, pode consultar-se o pormenor de esquina utilizado na cobertura em estudo.

Em relação ao tipo de junta utilizado na esquina da membrana, além de se ter utilizado a soldadura, optou-se por um reforço com juntas costuradas, Figura 24 [2]. Como modo de costura, adotou-se uma costura cega, ou seja, a membrana dobrou-se 5 cm na direção contrária e voltou a dobrar-se na direção principal.



Figura 24 - Pormenor de esquina com junta costurada (esquerda) e modo de costura (direita) [2].

5.3. Fundações e ligações com outros elementos

As forças atuantes sobre os cabos e os mastros foram transferidas para o solo através de ligações de fundação com ancoragens que funcionam à tração e à compressão [30]. Foi utilizado o tipo de configuração, um mastro e dois cabos de aço, na amarração da membrana, conforme a Figura 25.



Figura 25 - Pormenor de cabos de aço e mastro na amarração da membrana [30].

Essas ligações foram feitas através de suportes, ou seja, utilizaram-se cordões travados completamente, com extremo do tipo encaixe em garfo, ligado a um suporte fixo.

As trações internas devem também de alguma maneira descarregar nas fundações [2]. Os suportes de perfil metálico, Figura 26, foram fixados à sapata de betão armado através de 4 chumbadouros, conforme Anexo 2.2. Foram usados parafusos do tipo M36 de classe 8.8.



Figura 26 - - Suporte de ligação à fundação [2].

5.4. Cabos de aço

Os cabos de aço foram utilizados nas bordas da membrana e no seu tracionamento.

As características dos cabos variam de acordo com o processo de sua execução e da disposição dos arames. Para o caso em estudo, optou-se por 2 tipos de cabos de aço. Utilizou-se para as bordas da membrana do tipo $\varnothing 38$, e para os cabos de tracionamento dos apoios do tipo $\varnothing 40$, apresentando as características na Tabela 3.

Tabela 3 - Características dos cabos de aço [31]

Características dos cabos de aço adotados				
Diâmetro	$\varnothing 38$		$\varnothing 40$	
Núcleo	Aço		Aço	
Tipo	Circular		Circular	
Cordões	6		6	
Arames	19		19	
Peso	5,78	kg/m	6,4	kg/m
Secção	6,48	m ²	7,18	m ²
Resistência de tração característica	1010	kN	1120	kN

5.5. Arco e mastros

No caso de estudo optou-se por estruturas em aço, pois a sua resistência mecânica é superior à do alumínio, porém apresenta mais baixa resistência à corrosão e maior peso em relação ao alumínio.

As barras que compuseram a estrutura possuíam seção transversal tubular. Essa forma garante uma boa rigidez com pouca quantidade de material, resultando em estruturas leves e muito resistentes [4].

Para sustentar a membrana optaram-se por 2 arcos em paralelo de seção CHS 508,0x14,2 com S355, pormenorizado em Anexo 2.2. As características deste material escolhido apresentam-se na Tabela 4.

Quanto aos mastros consistem em reticulados espaciais onde as barras ficam sujeitas a esforços axiais de tração e compressão. Essa configuração garante alta eficiência estrutural, uma vez que as barras são solicitadas da forma que permite o melhor aproveitamento da capacidade resistente do material [4]. Para os 6 mastros, adotou-se a seção CHS 168,3x6,3 com S355, também pormenorizado em Anexo 2.2. Quanto às características desta seção tubular apresentam-se na Tabela 4.

Tabela 4 - Características das seções do arco e dos mastros ^[32]

Características das seções tubulares adotadas			
	Arco	Mastro	Unidades
	CHS 508,0x14,2	CHS 168,3x6,3	
Classe de aço	S355	S355	---
Peso	173	25,2	kg/m
Área	220	32,1	cm ²
Momento de inércia	67199	1053	cm ⁴
Módulo de elasticidade	2646	125	cm ³
Módulo de plasticidade	3463	165	cm ³
Área superficial	1,60	0,529	m ² /m

6. Modelos preliminares

Com o objetivo de calcular a cobertura idealizada foram concebidas várias hipóteses de modelos preliminares, verificando se o programa de cálculo [33] utilizado corresponderia ao que se esperava obter ao nível de resultados previstos.

6.1. Estrutura hipostática e em cruz de 4 apoios

O objetivo pretendido ao analisar-se estas duas estruturas era com que deformada regressasse ao ponto de origem com esforços nulos nas barras.

O primeiro modelo representativo (Fig. 27) correspondia a uma estrutura hipostática constituída por 3 barras do mesmo comprimento e 2 rótulas. Nesta estrutura foram aplicadas duas cargas verticais de diferentes valores (10 e 20 kN) em cada uma das rótulas, calculando-se a deformada e os esforços em cada uma das barras. Após concluído este cálculo concebeu-se uma nova estrutura hipostática com as coordenadas obtidas na deformada, aplicando de seguida nas barras os esforços obtidos anteriormente. Os resultados obtidos foram satisfatórios, com a estrutura a regressar quase ao ponto inicial, tendo o nó, da carga vertical de 20 kN, ficado a 5 cm da origem dos 62,5 cm previstos a retroceder. Os esforços obtidos apresentavam valores quase nulos.

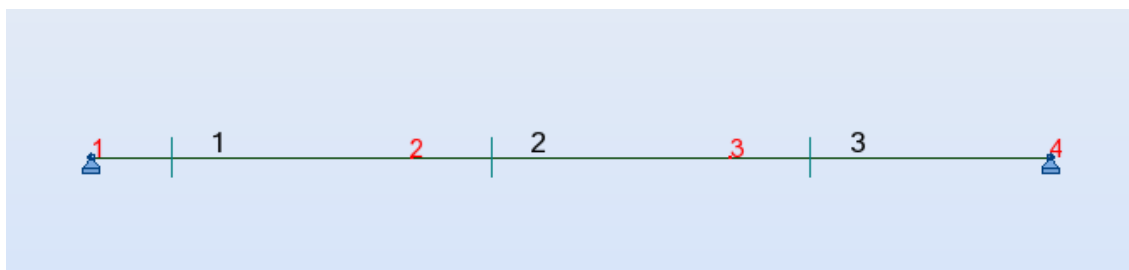


Figura 27 - Estrutura hipostática [33].

Em relação ao segundo modelo representativo (Fig. 28), este correspondia a uma estrutura em cruz de 4 apoios com 1 nó central. Desses 4 apoios, 1 apoio encontrou-se acima dos outros 10 m. Aplicou-se uma carga térmica no cabo número 4, obtendo assim a deformada da estrutura e os esforços em cada um dos cabos. Realizado este cálculo, foi concebido uma nova estrutura com as coordenadas da deformada obtida, onde se aplicaram nos cabos os esforços obtidos. Os resultados foram alcançados na sua totalidade com o nó central a retroceder ao ponto de origem e os esforços nos cabos a ficarem quase nulos.

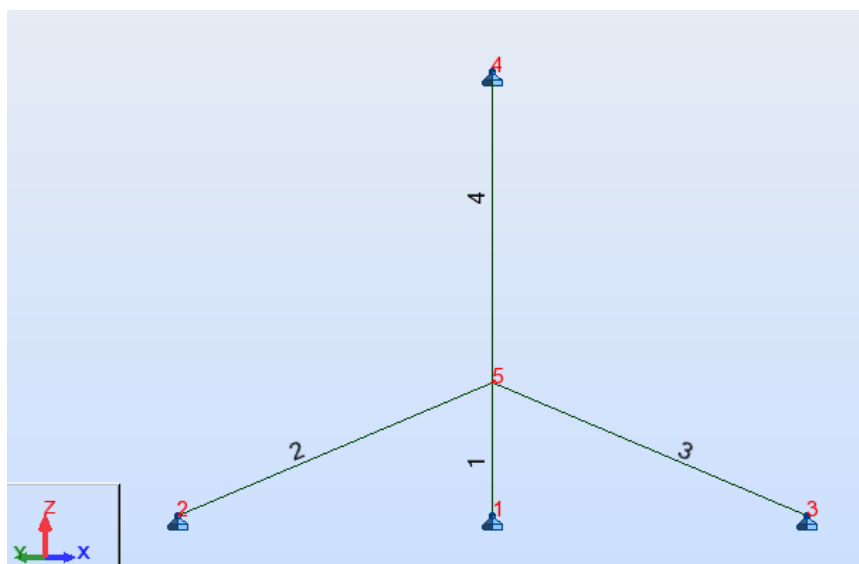


Figura 28 - Estrutura em cruz de 4 apoios ^[33].

6.2. Estudo de cobertura de “duas águas”

Para análise da cobertura em estudo, foi idealizado uma cobertura simples de “duas águas” concebida através da colocação de um sistema de cabos ortogonais, formando o feitiço de uma grelha, de forma a projetar a cobertura em membrana na Figura 29.

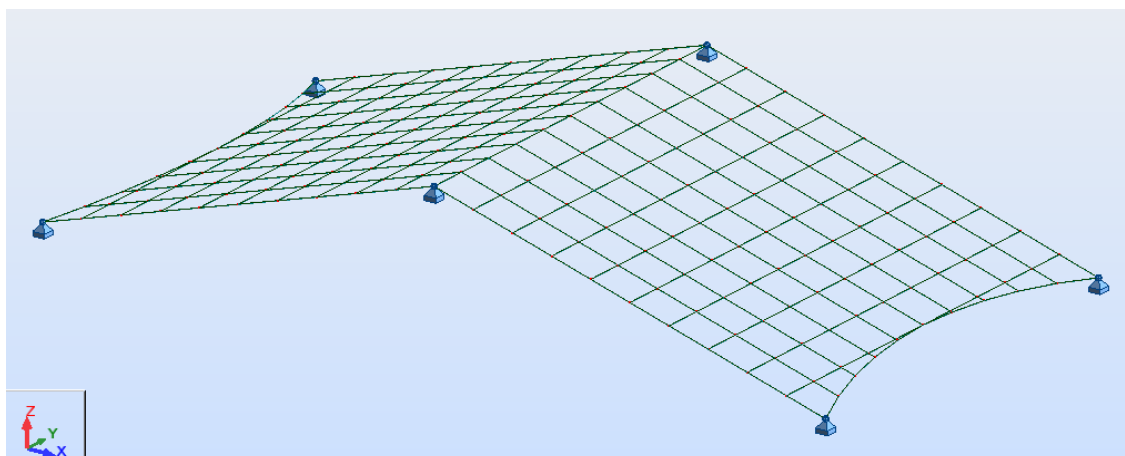


Figura 29 - Cobertura de ‘duas águas’ ^[33].

A análise desta cobertura auxiliar teve como objetivo calcular a deformada e os esforços nos cabos, a partir da colocação de carga térmica nos cabos de borda laterais, aplicando também um encurtamento nos cabos interiores para que estes não ficassem frouxos. Após concluído esse cálculo concebeu-se uma nova cobertura com a configuração da deformada obtida. Colocaram-se os esforços obtidos no cálculo anterior nos cabos e aliviaram-se os cabos de

borda laterais, para que a estrutura regressasse à posição inicial e os cabos ficassem com esforço nulo. Os resultados obtidos não foram atingidos na sua totalidade, uma vez que apenas alguns pontos da cobertura regressaram à sua origem e alguns cabos não apresentaram esforço nulo. Estes resultados poderiam ficar a dever-se a pequenos erros do programa de cálculo [33] utilizado e ao comprimento pequeno de alguns cabos, devido à sua rigidez não permitir a sua regressão.

Estes cálculos foram efetuados para que na cobertura em estudo se colocassem esforços nos cabos, levando a pequenas deformações, para concluir se o esforço aplicado nesses cabos é otimizado para o caso em estudo.

6.3. Estudo de cobertura do tipo “paraboloide hiperbólico”

Como os resultados obtidos anteriormente na cobertura de duas águas não foram atingidos na sua totalidade concebeu-se outro tipo de cobertura, ou seja, do tipo “paraboloide hiperbólico” (Fig. 30), com o objetivo de alcançar os resultados pretendidos com a cobertura de “duas águas”, onde se previu que fosse mais fácil de calcular por parte do programa de cálculo [33] utilizado. Os resultados pretendidos tinham também como primeiro objetivo o cálculo da deformada e dos esforços nos cabos a partir da colocação de carga térmica nos cabos de borda laterais, e numa segunda fase o retrocesso da cobertura à posição de origem obtendo esforços quase nulos.

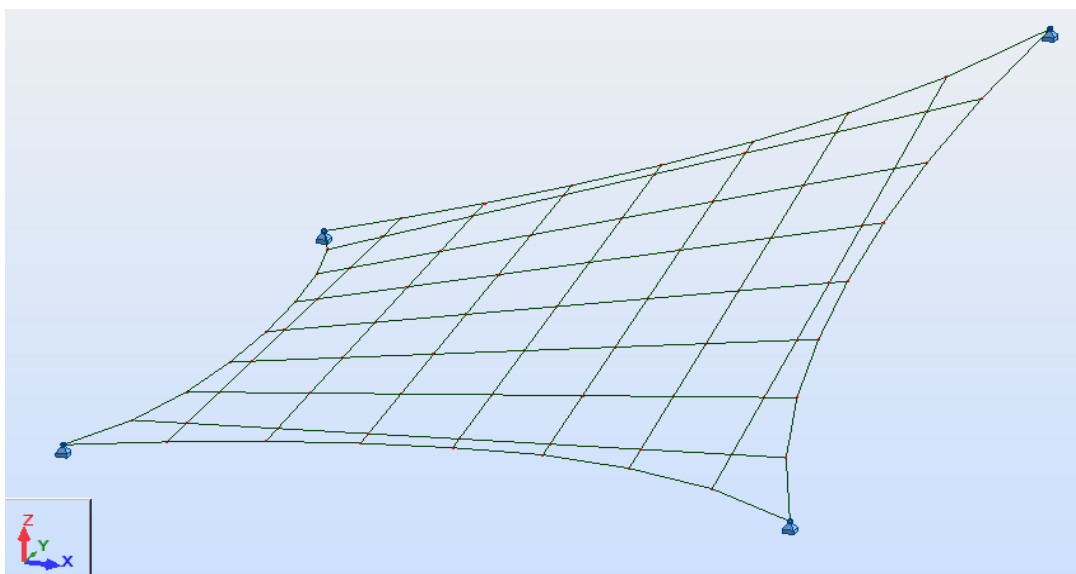


Figura 30 - Estrutura de cobertura do tipo “paraboloide hiperbólico” [33].

Os resultados alcançados foram atingidos quase na sua totalidade, ficando a estrutura com cerca de 1% dos esforços aplicados na fase inicial e os deslocamentos a poucos milímetros da

sua posição inicial, existindo alguns nós com 4 cm de distância do objetivo pretendido. Isto poder-se-ia ter ficado a dever a alguns cabos mais compridos que outros, visto a estrutura ter um apoio acima dos restantes.

Seguidamente foram calculados os esforços e deslocamentos, arbitrando uma carga térmica nos cabos de borda lateral, superior à dos cabos interiores, na cobertura de posição inicial, de modo a que o cálculo convergisse com pequenos deslocamentos. A configuração encontrada era uma geometria aceitável, aproximada da inicial, estando em equilíbrio com os esforços finais.

7. Acções de cálculo

Para a cobertura em estudo foram considerados como carregamentos exteriores a acção do vento e da neve.

7.1. Acção do vento

De acordo com o RSA [14], Decreto-Lei nº285/83 de 31 de maio, foram retiradas informações necessárias para o cálculo da pressão exercida sobre a superfície pelo vento.

Para efeitos de acção do vento considera-se o País dividido em 2 zonas (artigo 20º), estando a cobertura em análise situada na zona B, situando-se esta a uma altitude de aproximadamente 950 m. No que diz respeito ao artigo 21º foi considerada uma rugosidade do tipo II, visto a cobertura se situar num local periférico a edifícios de médio e grande porte. Finalizadas estas informações, foi possível retirar da figura 1 do artigo 24º a pressão dinâmica do vento ($w = 0,90 \text{ kN/m}^2$), na qual se utilizou uma altura média de 10 m para a cobertura. Como a estrutura se encontrava na zona B, foi necessário multiplicar o valor encontrado na anterior figura por 1,2, considerando assim uma pressão dinâmica do vento de $1,08 \text{ kN/m}^2$.

Para determinar a acção do vento sobre a cobertura em membrana, foi necessário conhecer, além da pressão dinâmica do vento, w , os coeficientes de forma de pressão relativos à construção em causa. De acordo com o Anexo 1, do Decreto-Lei nº285/83 de 31 de maio, no Quadro I-VII para coberturas isoladas, retiraram-se os valores para os coeficientes de forma. A cobertura em análise foi considerada de 2 águas, com uma inclinação $\beta=25^\circ$ e direcção do vento de 0° , da qual se obtiveram 2 casos distintos. Para o caso A, consideraram-se coeficientes de pressão de $\delta_{p1A} = -0,2$ e $\delta_{p2A} = -0,8$, enquanto que para o caso B, $\delta_{p1B} = 2$ e $\delta_{p2B} = -0,8$, do qual foi minimizado, no segundo caso para $\delta_{p1B} = 1$, pois durante os cálculos de dimensionamento apresentavam-se valores de esforços muito grandes na membrana. Como a cobertura é mais complexa do que se apresenta no RSA, as Figuras 31 e 32 mostram como

foram dispostos os coeficientes de pressão na superfície da membrana para o caso A e B, respetivamente.

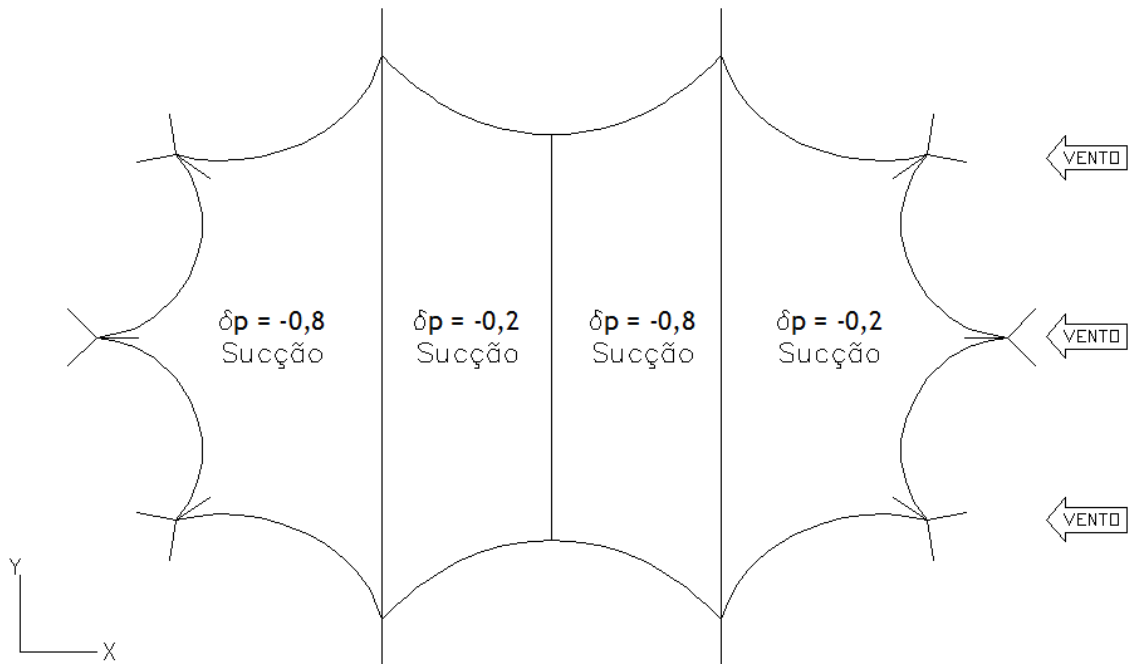


Figura 31 - Disposição dos coeficientes de pressão sobre a superfície da membrana (caso A) ^[33].

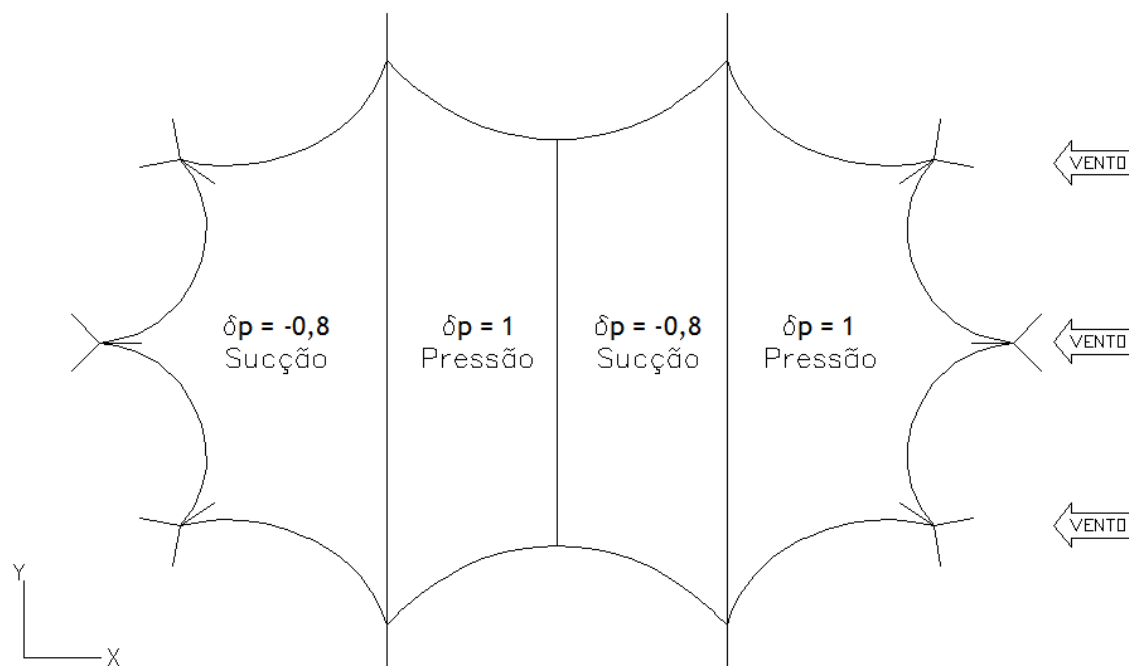


Figura 32 - Disposição dos coeficientes de pressão sobre a superfície da membrana (caso B) ^[33].

Por fim, obtiveram-se as pressões em cada um dos casos. No caso A, a pressão $P_{1A} = -0,2 \cdot 1,08 = -0,216 \text{ kN/m}^2$ e $P_{2A} = -0,864 \text{ kN/m}^2$, enquanto que no caso B, $P_{1B} = 1,16 \text{ kN/m}^2$ e $P_{2B} = -0,864$

kN/m^2 . Em relação às coberturas isoladas, o sinal positivo considera-se quando a resultante exerce de cima para baixo e o sinal negativo quando se exerce a pressão de baixo para cima.

Durante os cálculos foi consultado, para efeitos de comparação, o projeto referido em [34], onde este apresentava valores da acção do vento mais baixos aos estipulados neste trabalho.

As cargas devido à acção do vento, foram aplicadas em cada um dos nós obtidos na criação da membrana no programa Robot, tendo sido necessário calcular a área correspondente à superfície de cada nó, obtendo assim o valor final de carga. A acção do vento foi assim simplificada numa carga isolada nos nós, normal à face das membranas.

7.2. Acção da neve

De acordo com o RSA [14], Decreto-Lei nº285/83 de 31 de maio, foi necessário verificar esta condição nos cálculos de dimensionamento da cobertura, uma vez que esta situa-se no distrito da Guarda com altitude superior a 200 m (artigo 26º).

A acção da neve pode ser considerada uma carga distribuída, cujo valor característico, por metro quadrado em plano horizontal, é dado pela expressão $s_k = (1/400)*(h-50)$. Como foi referido anteriormente, também se simplificou esta carga distribuída numa carga isolada, normal ao solo, com a respetiva área a que o nó corresponde.

Numa primeira fase colocou-se como altitude do local 950 m, tendo sido reduzida essa altitude para os 800 m, de forma a que a acção da neve sobre a superfície da membrana fosse menor, pois existiam esforços demasiado grandes durante o cálculo de dimensionamento da cobertura. Nesta fase também foi consultado o projeto de cobertura anteriormente referido [34], onde apresentava valores de acção da neve mais baixos aos estipulados neste trabalho.

O coeficiente que depende da forma da superfície, μ , foi consultado no Anexo II do RSA [14], a partir do Quadro II-I. O formato da cobertura optada foi o de 2 águas com $\beta=25^\circ$, obtendo como coeficientes de forma para coberturas isoladas os seguintes: $\mu_1=1,055$ e $\mu_2=0,8$. Como a cobertura é mais complexa do que se apresenta no RSA, a Figura 33 mostra como foram dispostos os coeficientes obtidos para refletir o efeito da acção da neve.

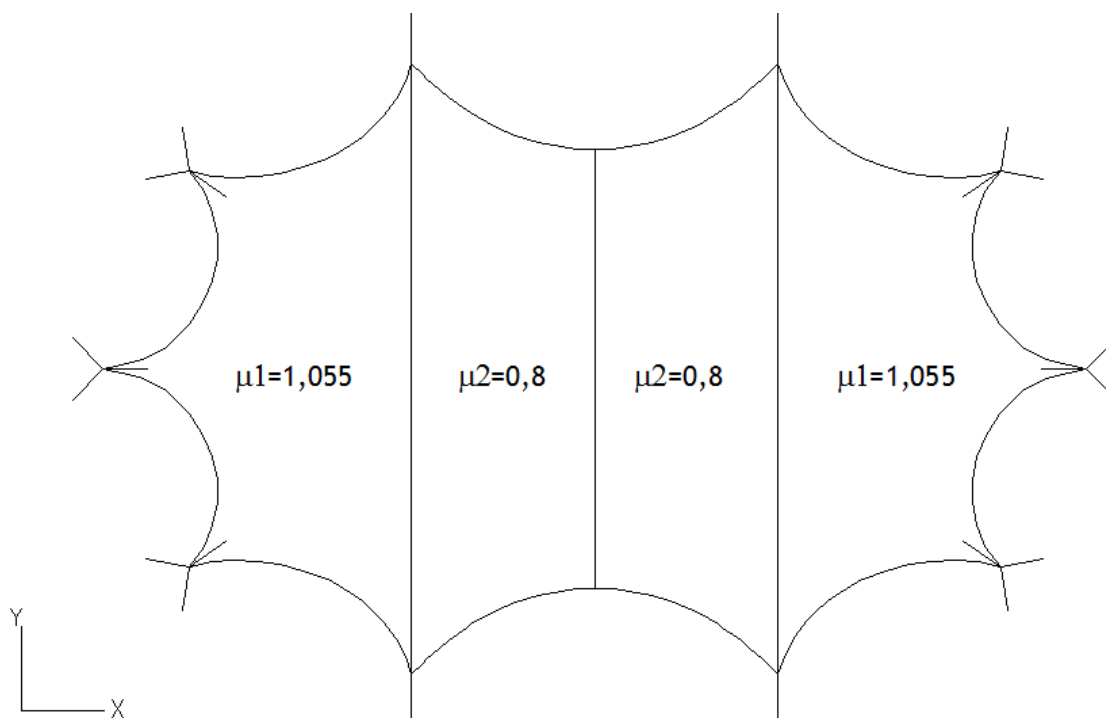


Figura 33 - Disposição dos coeficientes de forma sobre a superfície da membrana ^[33].

Os valores de carga obtidos a aplicar em cada face da membrana foram $S_{k1}=1,94 \text{ kN/m}^2$ e $S_{k2}=1,5 \text{ kN/m}^2$ aplicados a cada área correspondente de cada nó.

8. Cálculos de dimensionamento da cobertura

8.1. Resistência da membrana

A membrana utilizada, de fibra de carbono, apresentava como resistência característica, tanto na direção do urdume como da trama, o valor de 116 kN/m , de acordo com o catálogo consultado da *Fiberglass Supply* [28].

Para dimensionamento, optou-se por um fator de segurança $k_e = 0,85$, obtendo como valor máximo de tensão de cálculo $98,6 \text{ kN/m}$. Como a representação da membrana foi feita através de uma malha quadrangular de cabos, com distância entre eles de $1,40 \text{ m}$, então considerou-se que a resistência máxima de tensão no tecido era $Z_s = 98,6 \text{ kN/m} \times 1,40 \text{ m} = 138 \text{ kN}$ por cabo.

8.2. Resistência dos cabos de aço de borda

O cabo de aço considerado, consultado no catálogo da *Bridon* [31], apresentava como resistência característica 1010 kN ($\varnothing 38$). Para efeitos de cálculo de dimensionamento, a resistência máxima de tração considerado foi $R_d = 1010 / (1,1 \times 1,5) = 612 \text{ kN}$.

8.3. Resistência dos cabos de aço de apoio

Para os cabos de aço dos apoios, considerou-se como resistência característica 1120 kN ($\varnothing 40$), tendo por base o catálogo da *Bridon* [31]. No cálculo de dimensionamento, apresentou-se como resistência máxima de tração $R_d = 1120 / (1,1 \times 1,5) = 679 \text{ kN}$.

8.4. Combinação de ações

Relativamente às acções de cálculo de dimensionamento, aplicadas à cobertura em análise, foram considerados 6 casos, encontrando-se os casos de carga na Tabela 5.

Tabela 5 - Combinações dos casos de carga sobre a cobertura

Caso de carga	
C1	Peso próprio + Pré-esforço
C2	Peso próprio + Pré-esforço + Vento A
C3	Peso próprio + Pré-esforço + Vento B
C4	Peso próprio + Pré-esforço + Neve
C5	Peso próprio + Pré-esforço + Vento A + Neve
C6	Peso próprio + Pré-esforço + Vento B + Neve

Para efeitos de dimensionamento, a quantificação da acção teve de ter em conta a sua variabilidade, as características do estado limite em relação ao qual se fez a verificação e a possibilidade de atuação simultânea de outras acções.

Foram considerados coeficientes de segurança $\gamma_g=1,0$ e $\gamma_g=1,5$ para quando a acção permanente em causa tinha um efeito favorável e desfavorável, respetivamente. A acção permanente foi considerada favorável quando o vento tinha o efeito de sucção (de baixo para cima) e desfavorável quando apresentava o efeito de pressão (de cima para baixo) e a carga da neve. Relativamente às acções variáveis o coeficiente de segurança considerado foi $\gamma_q=1,5$.

O coeficiente $\psi_0=0,6$, foi utilizado quando a combinação de cargas variáveis era o vento e a neve, considerando como acção base o vento.

Considerando todos estes critérios, as combinações utilizadas foram as seguintes:

- C1: $S_d = 1,0 \times S_{Gk}$
- C2: $S_d = 1,0 \times S_{Gk} + 1,5 \times S_{Wk,A}$
- C3: $S_{d1} = 1,0 \times S_{Gk} + 1,5 \times S_{Wk,B}$ e $S_{d2} = 1,5 \times S_{Gk} + 1,5 \times S_{Wk,B}$
- C4: $S_d = 1,5 \times S_{Gk} + 1,5 \times S_{Sk}$
- C5: $S_d = 1,5 \times S_{Gk} + 1,5 \times (S_{Wk,A} + 0,6 \times S_{Sk})$
- C5: $S_d = 1,5 \times S_{Gk} + 1,5 \times (S_{Wk,B} + 0,6 \times S_{Sk})$

Em Anexo foram apresentados as tabelas com os esforços resultantes para o caso mais desfavorável em cada situação.

Caso de carga C1

Quanto ao primeiro caso de carga foi arbitrado um pré-esforço de 75 kN/m na direção do urdume e da trama na membrana, e de 150 kN nos cabos de aço das bordas laterais.

Os cabos, que representavam a membrana, apresentaram esforços na ordem dos 10 a 40 kN, tendo como valor máximo valores na ordem dos 48 kN. Estes valores estavam dentro dos valores admissíveis.

Os cabos de aço, localizados nas bordas da membrana, verificaram os valores aceitáveis apresentando como esforço máximo 259 kN. Os cabos de aço, ligantes da membrana e dos apoios, com esforço máximo de 160 kN também verificavam de acordo com os esforços admissíveis.

Relativamente aos deslocamentos, na Figura 34, estes foram maiores na parte da membrana, não variando significativamente em relação à posição inicial, tornando a cobertura numa estrutura estável.

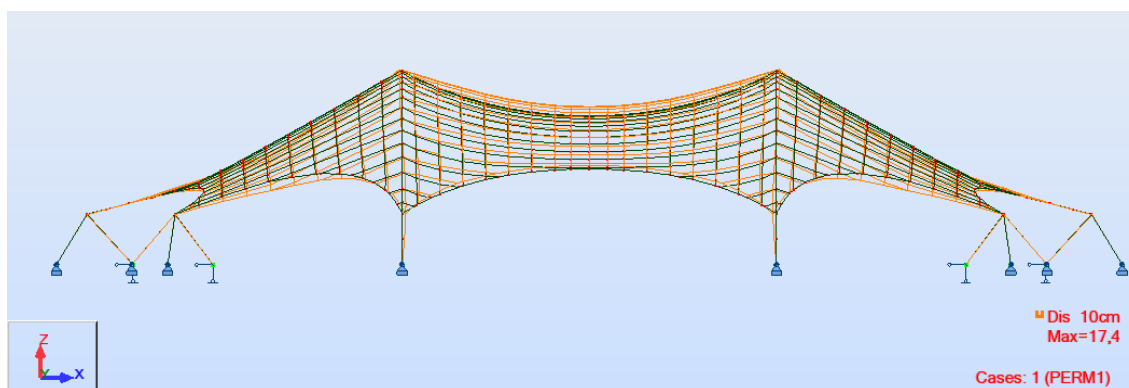


Figura 34 - Deformada da cobertura, a laranja, para o caso 1 em alçado principal (com escala meramente representativa) ^[33].

Caso de carga C2

Calculado o segundo caso de carga, verificou-se que este é o mais favorável quando a sobrecarga atuante é unicamente o vento.

Em relação à membrana, esta apresentou como valor máximo e admissível 70 kN. Nos cabos de aço de borda e nos cabos ligados aos apoios, os esforços atuantes máximos encontrados foram 610 kN e 290 kN, respetivamente, comprovando a validade dos valores.

Quanto aos deslocamentos, na Figura 35, não apresentavam grandes variações nos elementos rígidos, tendo a membrana mostrado uma variação máxima na ordem dos 50 cm, continuando assim a cobertura em equilíbrio.

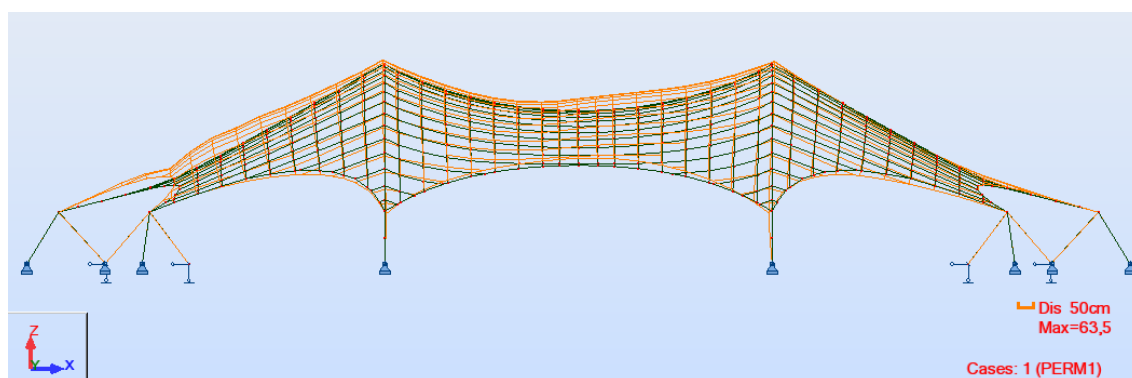


Figura 35 - Deformada da cobertura, a laranja, para o caso 2 em alçado principal (com escala meramente representativa) ^[33].

Caso de carga C3

Em relação a este caso de carga, vento (caso B), os esforços máximos nos cabos de aço de borda eram da ordem dos 610 kN, encontrando-se estes dentro do admissível, como se verifica em Anexo 1.2. Quanto aos valores máximos obtidos na membrana e nos cabos de aço dos apoios, com esforços máximos de 124 kN e 400 kN respetivamente, encontrando-se estes também dentro dos limites estipulados.

Neste carregamento verificaram-se esforços nulos na membrana levando ao enrugamento da mesma.

Os deslocamentos máximos foram superiores aos verificados no anterior caso de carga, na ordem dos 90 cm, uma vez que foi utilizado um esforço de vento de pressão (cima para baixo), fazendo assim com que a membrana se deformasse mais, conforme se pode verificar na Figura 36.

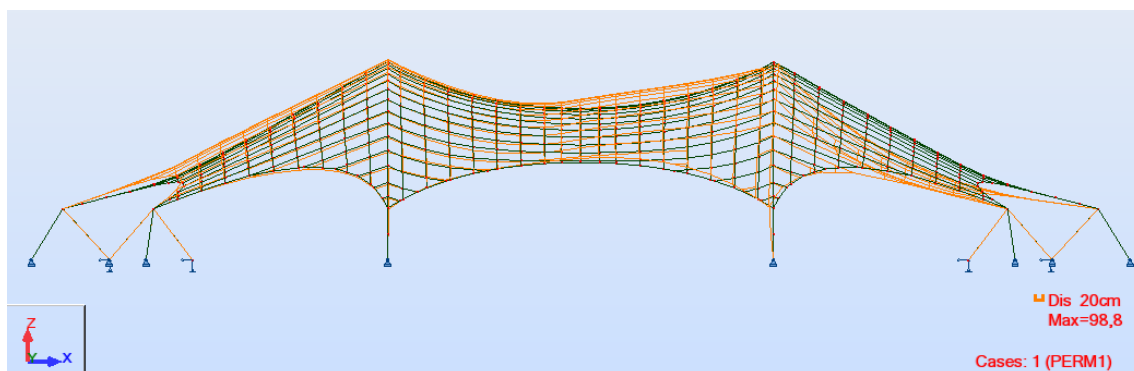


Figura 36 - Deformada da cobertura, a laranja, para o caso 3 em alçado principal (com escala meramente representativa) ^[33].

Caso de carga C4

Relativamente ao dimensionamento da cobertura, em que a acção base é a neve, registaram-se vários problemas, com diversos pontos na membrana a registarem esforço superior ao estipulado e outros com esforço nulo levando ao enrugamento do tecido. Estes problemas podem ter ficado a dever-se a falhas na construção da membrana, ou seja, esta não estaria colocada da forma mais correta para corresponder aos esforços solicitados.

Quanto aos esforços máximos encontrados para os cabos de aço de borda e dos apoios, estes apresentaram valores máximos admissíveis ao convencionado, de 580 kN e 615 kN, respetivamente.

Os deslocamentos verificados para esta situação de carga, apresentaram como valor máximo 125 cm. Este deslocamento é maior aos registados anteriormente devido ao peso da neve na membrana, podendo visualizar na Figura 37.

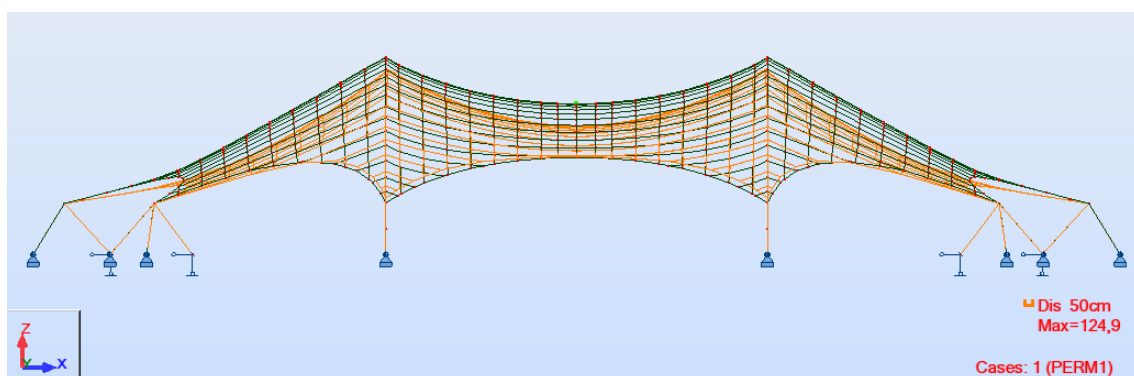


Figura 37 - Deformada da cobertura, a laranja, para o caso 4 em alçado principal (com escala meramente representativa) ^[33].

Caso de carga C5

Neste caso de carga considerou-se o vento (caso A) como acção base. Em relação aos valores obtidos por parte da membrana, estes encontravam-se todos dentro do limite estabelecido anteriormente, onde o valor máximo a atuar no tecido foi 94 kN.

Quanto aos cabos de aço, de borda e de ligação aos apoios, também apresentavam valores máximos (271 kN e 269 kN, respetivamente) inferiores aos de segurança.

Os deslocamentos apresentaram como valor máximo um abaixamento na membrana de aproximadamente 63 cm, visto estar a ser aplicada a carga da neve levando assim à deformação do tecido, como se verifica na Figura 38.

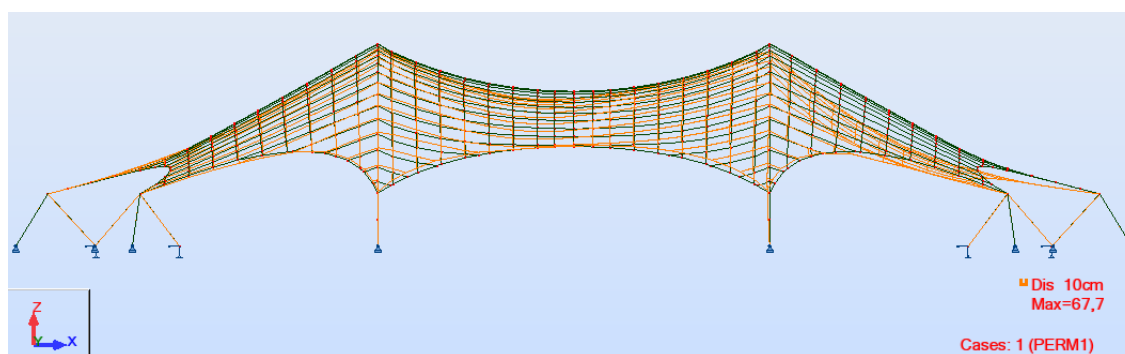


Figura 38 - Deformada da cobertura, a laranja, para o caso 5 em alçado principal (com escala meramente representativa) ^[33].

Caso de carga C6

Na combinação de carga (vento B e neve), considerou-se também como acção base o vento, resultando deste caso um esforço máximo de 140 kN, no Anexo 1.1, valor um pouco superior ao de dimensionamento (138 kN). Este caso também apresentava alguns esforços nulos que levariam ao enrugamento da membrana.

Relativamente aos cabos de aço de borda e de apoios foram registados valores de esforço máximo (500 kN e 480 kN, respetivamente) inferiores aos admissíveis para o cálculo de dimensionamento. No Anexo 1.3 apresentam-se os esforços nos cabos de aço de apoio.

Quanto aos deslocamentos, no Anexo 1.6, foram maiores numa das partes laterais da cobertura, como se pode verificar na Figura 39, uma vez que foi colocado nesse local o caso de carga de vento de pressão (cima para baixo) e a combinação rara da neve. Essa parte da cobertura encontrava-se mais esforçada, mas com a estrutura em equilíbrio.

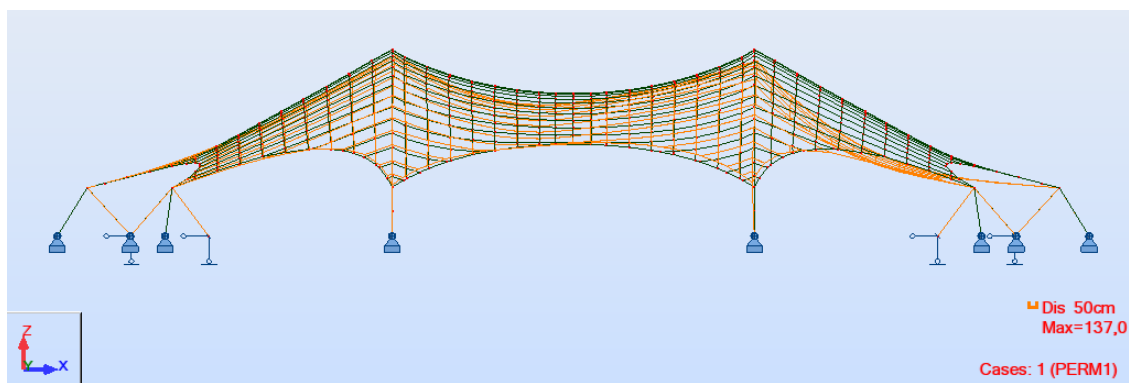


Figura 39 - Deformada da cobertura, a laranja, para o caso 6 em alçado principal (com escala meramente representativa) [33].

8.5. Resistência dos mastros e arco

Como no caso de carga 4 o tecido apresentava esforços superiores ao que poderia resistir, devido aos problemas acima descritos, considerou-se que o caso de carga mais desfavorável fosse o 6. Por isso fizeram-se os cálculos de dimensionamento, tanto dos mastros como do arco, utilizando os esforços resultantes dessa combinação.

Os esforços máximos resultantes para o mastro no caso mais desfavorável apresentam-se em Anexo 1.3, com $N_d = -755,59 \text{ kN}$; $V_d = 0,29 \text{ kN}$; $M_d = 0 \text{ kNm}$.

A seção adotada para os mastros foi CHS 168,3x6,3 com S355. Foram retiradas as seguintes características do catálogo da *Tata Steel* [32]: $A_x = 28,27 \text{ cm}^2$; $A_y = A_z = 23,86 \text{ cm}^2$.

Cálculos de dimensionamento:

$$\sigma = 755,59 \times 10 / 28,27 = 267,28 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = 0,29 \times 10 / 23,86 = 0,13 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{(267,28^2 + 3 \times 0,13^2)} = 267,28 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{v,R,d} = 355 / 1,1 = 322,70 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Verificação: } 267,28 / 322,70 = 0,83 < 1$$

Relativamente aos valores máximos atuantes no arco para o caso 6, podendo verificar em Anexo 1.4, foram os seguintes: $N_d = -1707,53 \text{ kN}$; $V_d = -196,48 \text{ kN}$; $M_d = 583,5 \text{ kNm}$.

Adotou-se, durante os cálculos de dimensionamento, a seção CHS 508,0x14,2 com S355, com os seguintes valores, de acordo com o catálogo da *Tata Steel* [32]: $A_x = 220 \text{ cm}^2$; $A_y = A_z = 110,14 \text{ cm}^2$; $W_{pl} = 2646 \text{ cm}^3$.

Cálculos de dimensionamento:

$$\sigma = 1707,53 \times 10 / 220 + 583,5 \times 10^3 / 2646 = 298,13 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = 196,48 \times 10 / 110,14 = 17,84 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_v = \sqrt{(298,13^2 + 3 \times 17,84^2)} = 299,73 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{v,R,d} = 355 / 1,1 = 322,70 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Verificação: } 299,73 / 322,70 = 0,93 < 1$$

8.6. Resistência ao corte do parafuso

Para garantir a segurança no dimensionamento da cobertura, fez-se a resistência ao corte do parafuso utilizando a expressão [1] do EC8 Parte 1-8 [15]. Para isso, optou-se por 4 parafusos M36 de classe 8.8.

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \times f_{ub} \times A}{\gamma_{M2}} \quad [1]$$

Com,

$$\alpha_v = 0,6 \text{ (Classe 8.8)}$$

$$f_{ub} = 800 \text{ N/mm}^2 \text{ (Classe 8.8)}$$

$$A_s(\text{M36}) = 883,95 \text{ mm}^2$$

$$\gamma_{M2} = 1,25$$

$$F_{v,Rd} = \frac{0,6 \times 800 \times 10^3 \times 883,95 \times 10^{-6}}{1,25} = 339,44 \text{ kN}$$

Como o suporte apresentava 4 parafusos, então $F_{v,Rd} = 1357,76 \text{ kN}$.

De acordo com o caso mais desfavorável (C6), o esforço de corte máximo foi 999,48 kN (Anexo 1.5), sendo este menor ao esforço máximo de corte nos 4 parafusos, verificando o dimensionamento.

8.7. Listagem de cabos/barras e nós da cobertura

Para uma melhor compreensão na leitura dos esforços obtidos, foi elaborada a Tabela 6 e Tabela 7 com a listagem de cabos/barras e nós, respetivamente, que constituíam a cobertura em análise.

Tabela 6 - Listagem de cabos/barras da cobertura ^[33]

Listagem da cobertura no programa Robot		Cabos/Barras	
<i>Membrana</i>	Parte central	Urdume	1 a 422
		Trama	423 a 824
	Parte lateral direita	Urdume	893 a 1094
		Trama	1095 a 1282
	Parte lateral esquerda	Urdume	1283 a 1484
		Trama	1485 a 1672
<i>Cabos de aço</i>	Borda central		1673 a 1724
	Borda lateral direita		1725 a 1776
	Borda lateral esquerda		1777 a 1828
<i>Cabos de aço</i>	Ligados aos apoios (direita)		1830, 1831, 1833, 1834, 1836, 1837
	Ligados aos apoios (esquerda)		1839, 1840, 1842, 1843, 1845, 1846
<i>Mastros</i>	Direita		1829, 1832, 1835
	Esquerda		1838, 1841, 1844
<i>Arco</i>	Direita		825 a 858
	Esquerda		859 a 892

Tabela 7 - Listagem de nós da cobertura [33]

Zona		Nós
Membrana	<i>Parte Central</i>	1-9, 11-19, 21-29, 31-39, 41-49, 51-59, 61-69, 71-79, 81-89, 91-99, 101-109, 111-114, 116, 117, 119
		138-146, 148-156, 158-166, 168-176, 178-186, 188-196, 198-206, 208-216, 218-226, 228-236, 238-241, 243, 244, 246
		265-272, 274-281, 283-290, 292-299, 301-308, 310-317, 319-326, 328-335, 337-344, 346-353, 355-362, 365-367, 369, 370, 372
		390-397, 399-406, 408-415, 417-424, 426-433, 435-442, 444-451, 453-460, 462-469, 471-478, 480-483, 485, 486, 488
	<i>Parte Lateral Direita</i>	506-518, 520-529, 531-539, 541-549, 551-558, 560-567, 569-576, 578-585, 587-595, 597-601, 604-609
		623-632, 634-642, 644-652, 654-661, 663-670, 672-679, 681-688, 690-698, 700-704, 707-712
<i>Parte Lateral Esquerda</i>	730-742, 744-753, 755-763, 765-773, 775-782, 784-791, 793-800, 802-809, 811-819, 821-825, 828-833	
	947-856, 858-866, 868-876, 878-885, 887-894, 896-903, 905-912, 914-922, 924-928, 931-936	
Cabos de aço (borda)	<i>Parte Central</i>	125-137, 252-264, 378-389, 494-505
	<i>Parte Lateral Direita</i>	519,530,540,550,559,568,577,586,596,602,603,610,622,726,728
		633,643,653,662,671,680,689,699,705,706,713-725,727,729
	<i>Parte Lateral Esquerda</i>	743,754,764,774,783,792,801,810,820,826,827,834,846,950,952
		857,867,877,886,895,904,913,923,929,930,937-949,951,953
Arco	<i>Direita</i>	10,20,30,40,50,60,70,80,90,100,110,115,118,120,121,122,124,147,157,167,177,187,197,207,217,227,237,242,245,247,248,249,251
	<i>Esquerda</i>	273,282,291,300,309,318,327,336,345,354,363,368,371,373,374,375,377,398,407,416,425,434,443,452,461,470,479,484,487,489,490,493,491,492
Apoios	<i>Arco</i>	123,250,376,492
	<i>Direita</i>	954-962
	<i>Esquerda</i>	963-971

9. Padrão de corte

O padrão de corte [2] requer de alguns critérios, como por exemplo o óptico, o construtivo (tal como o equipamento de corte e de ligação), o estrutural (comportamento estrutural, distribuição de esforços, resistência do tecido/junta e compensação) e o topológico (comprimento e largura das tiras, curvatura da superfície). Outro critério pelo qual foi escolhido este padrão de corte foi o das linhas geodésicas, ou seja, essas linhas representam os caminhos de menor distância entre dois pontos numa dada superfície. Também se teve em conta no arranjo das tiras, um melhor aproveitamento da resistência do material utilizado. A forma do padrão de corte teve de ser criada de modo a que não existissem dobras na membrana, tendo de ser compensada na direção do urdume e da trama, pois ao ligar a membrana, esta deformou-se para preencher os requisitos de pré-esforço dimensionados.

Após realizados os cálculos de dimensionamento da cobertura, procedeu-se ao processo de procura do padrão de corte da membrana. Este processo consistiu em dividir a membrana em tiras, criando um padrão de corte bidimensional da cobertura tridimensional. Para isso foi necessário utilizar o programa de cálculo [33], no qual se usaram as cargas de pré-esforço da membrana aliviando-a posteriormente através dos cabos de borda, obtendo-se valores de carga próximos do nulo e a respetiva deformada.

Desta forma na respetiva deformada, optou-se por fazer linhas de corte, aproximadamente paralelas, unindo os cabos de bordo com os arcos na zona de cobertura lateral, como mostra na Figura 40 da parte lateral. Na parte central da cobertura também se escolheram linhas paralelas com 1m de largura, unindo os 2 arcos, sendo estas tiras ligadas ao centro e às tiras que compõem as zonas laterais, como se verifica na Figura 40 da parte central.

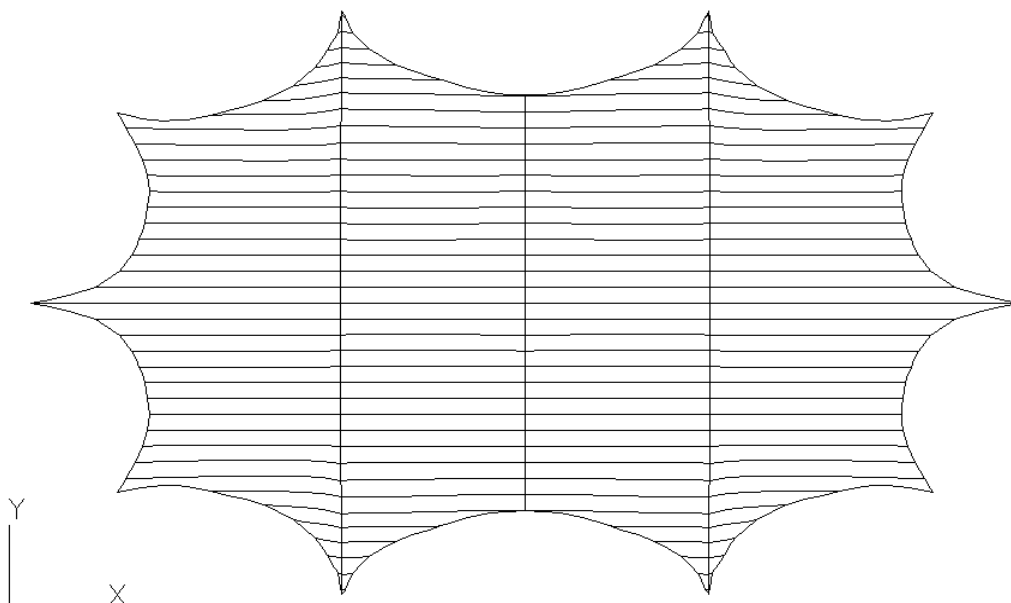


Figura 40 - Linhas de corte na membrana [33].

Através da deformada encontrada, retiraram-se as coordenadas x , com distância de 1 m entre ambas, e calculou-se a inclinação entre as duas (cota z). A partir destes dados calculou-se o comprimento da tira de membrana a cortar. O processo para a direção y foi da mesma forma que o anterior referido. Concluído o processo de divisão da membrana, definiu-se o padrão de corte sendo a superfície convertida num conjunto de tiras planares. No anexo 2.1 foi apresentado o padrão de corte com apenas $\frac{1}{4}$ da membrana padronizada, visto que a cobertura é duplamente simétrica (eixos x e y).

Nas tiras individuais fez-se a respetiva compensação, em cada direção. Na cobertura em análise, optou-se por valores de compensação de 2%, nas direções x e y [2]. Como a forma da membrana é anticlástica, quer na cobertura da parte central quer nas da parte lateral, as curvas nas tiras individuais são côncavas como mostra a Figura 41.

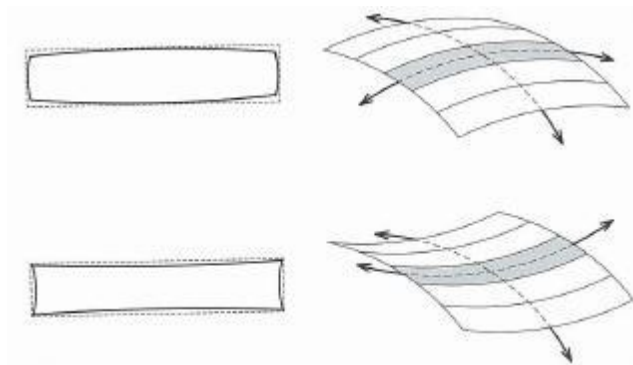


Figura 41 - Curva das tiras dependendo da forma da membrana tridimensionalmente (sinclástica na parte superior e anticlástica na parte inferior) [4].

9.1. Layouts

A informação sobre a geometria das tiras a cortar pode ser lido a partir dos desenhos individuais em Anexo 2.1. Este *layout* permite reconhecer as peças individuais da membrana, apresentando características, tais como, a área da peça, as compensações e os vários pontos com as suas coordenadas. A apresentação deste *layout* possibilita uma preparação e organização de todo o processo construtivo, como o empacotamento e preparação para içamento da cobertura.

10. Conclusão

Durante a realização do trabalho foi possível verificar que, apesar de ser um tema relativamente recente, o tema é muito vasto. Existe uma grande diversidade de estruturas com cobertura em membrana tracionada, levando a que cada projeto possua particularidades diferentes dos outros. Esta grande variedade faz com que haja uma maior experiência para os projetistas, de acordo com as tecnologias e processos construtivos. A Comunidade Científica Europeia ainda fornece documentação insuficiente neste domínio específico.

Estas estruturas apresentam grande leveza nos materiais, agravando o seu comportamento característico, que quando carregadas denotaram elevadas deformações nas membranas e cabos. Para que o comportamento estrutural melhora, foi necessário aplicar um pré-esforço, tornando a membrana e os cabos em elementos mais rígidos.

As acções do vento, neste tipo de estruturas, representaram uma dificuldade, podendo ser simuladas através da utilização de coeficientes de pressão, arbitrados de acordo o RSA, de onde os valores fornecidos eram razoáveis para este tipo de estrutura mais pequena. Nestas estruturas o ideal seria a realização do ensaio em túnel de vento, para determinar os coeficientes de pressão. Com a utilização de coeficientes de pressão de valores muito elevados poderá levar a um sobredimensionamento da estrutura e conseqüentes soluções estruturais dispendiosas.

No caso de carregamento mais desfavorável, durante o cálculo de dimensionamento, denotaram-se esforços superiores aos esperados. Tal acontecimento poderá ter ocorrido devido a uma geometria de cobertura imperfeita e à utilização de um programa de cálculo para elementos rígidos [33], visto não se possuir um programa para este tipo de estruturas flexíveis. Com a utilização deste programa para elementos rígidos, os esforços encontrados nos restantes casos de carregamento sobre a cobertura, eram superiores em comparação com outros projetos consultados, tal como o do projeto [34].

Relativamente ao padrão de corte encontrado para a cobertura estudada, esta poderá apresentar algumas imperfeições, devido a se utilizar um método não convencional em relação aos utilizados por outros, ou seja, uso de um programa gerador de cortes da membrana.

No presente trabalho poder-se-á considerar que os objetivos propostos foram atingidos, apesar de alguns incorreções que foram manifestadas.

11. Referências Bibliográficas

- [1] Obrebsk, Jan B.; “Lightweight Structures in Civil Engineering”, Organized by Polish Chapter of International Association for Shell and Special Structures, Warsaw, Poland, 24-28 June 2002, p. 839-917.
- [2] Seidel, M.; “Tensile Surface Structures: A Pratical Guide to Cable and Membrane Constuction”, Ernst & Sohn, Berlin, 2009, 229 p.
- [3] Vilela, C.; “Acção Estática do Vento em Tensoestruturas”, Tese de Doutorado, Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, Junho 2011, p. 4-33.
- [4] Ferreira, P.; “Análise e Dimensionamento de uma Estrutura de Cobertura em Membrana Tensa”, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, Junho 2010, pág. 1-52, 131-151.
- [5] Schlaich, J.; Bergermann R.; Sobek W.; “Tensile Membrane Structures”, Invited Lecture in the IASS-Congress, Madrid, Spain, September 1989, p.1-14.
- [6] Oliveira M.; Barbato R.; “Estudo das Estruturas de Membrana: Uma Abordagem Integrada do Sistema Construtivo, do Progresso de Projetar e dos Métodos de Análise”, Cadernos de Engenharia de Estruturas, São Carlos, Brasil, Volume 7, Número 22, 2005, p. 107-122.
- [7] Pauletti R.; “Análise de Estruturas Reteseadas (Tensoestruturas), empregando Programas Generalistas”, I Simpósio Nacional sobre Tensoestruturas, São Paulo, Brasil, 5-6 Maio de 2002, p. 1-19.
- [8] Feitosa L.; Brasil R.; Pauletti R.; “Sistemas Estruturais Leves para Cobertura de Grandes Vãos”, XXXIII Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, Campina Grande, Brasil, 12-15 Setembro 2005, p.1-8.
- [9] Krebs K.; “Cobertura do Estádio Beira-Rio com Painéis-Membrana: Descrição do Processo Construtivo e Identificação das Etapas Críticas na Verificação da Qualidade de Execução”, Trabalho de Diplomação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, Julho 2011, p. 22-38.
- [10] Oliveira, M.; “Estudo das Estruturas de Membrana: Uma Abordagem Integrada do Sistema Construtivo, do Processo de Projetar e dos Métodos de Análise”, Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Brasil, 2001, p. 6-56, 122-148.
- [11] Leonard, J. (1988). Tension Structures. Behaviour & Analysis, McGraw-Hill, Inc, New York, 400p.
- [12] Gründig L.; Moncrieff E.; Singer P.; Ströbel D.; “High-Performance Cutting Pattern Generattion of Architectural Textile Structures”, Fourth Fourth International Colloquium on Computation of Shell & Spatial Structures, Chania-Crete, Greece, 5-7 June, 2000, p.1-15.

- [13] CEN; Eurocódigo 1: Acções em Estruturas, 2002.
- [14] Regulamento de Segurança e Acções para Edifícios e Pontes, Decreto-Lei nº285/83 de 31 de maio.
- [15] CEN; Eurocode 3: Design of Steel Structures - Part 1-8: Design of Joints. PR EN 1993-1-8:2005, Brussels.
- [16] <http://www.metalica.com.br/coberturas>, consultado em Junho de 2013.
- [17] http://www.technica.com.br/site/query_result.php?var=tensor, consultado em Junho de 2013.
- [18] <http://tensorestruturas.com/informacoes-tecnicas/>, consultado em Junho de 2013.
- [19] <http://www.arquiteturatextil.com.br>, consultado em Junho de 2013.
- [20] http://www.lsa.org/images/pdf_files/DL_folded_A4_2010.pdf, consultado em Julho de 2013.
- [21] http://www.lsa.org/index.php?option=com_content&view=article&id=280:aami-park-stadium-melbourne&catid=22:stadiums&Itemid=29, consultado em Julho de 2013.
- [22] <http://www.tensinet.com>, consultado em Julho de 2013.
- [23] http://www.unimar.br/feat/assent_humano4/membranas.htm, consultado em Julho de 2013.
- [24] <http://www.aecweb.com.br/aec-news/materia/4807/a-sofisticacao-das-estruturas-de-membranas.html>, consultado em Julho de 2013.
- [25] http://www2.dupont.com/Teflon_Industrial/en_US/tech_info/techinfo_compare.html, consultado em Maio de 2013
- [26] <http://www.acpsales.com/home.html>, consultado em Maio de 2013.
- [27] <http://www.toraycfa.com/pdfs/T700SDataSheet.pdf>, consultado em Maio de 2013.
- [28] <http://www.fiberglasssupply.com/pdf/reinforcement/CarbonFiberFabrics.pdf>, consultado em Maio de 2013.
- [29] http://www.fiberglasssupply.com/Product_Catalog/Reinforcements/Carbon_and_Kevlar/carbon_and_kevlar.html, consultado em Maio de 2013.
- [30] <http://www.membranedetail.com/>, consultado em Setembro de 2013.
- [31] <http://pdf.archiexpo.com/pdf/bridon/cranebrochure/65373-66786.html>, consultado em Maio de 2013
- [32] http://www.tatasteelliftingandexcavating.com/file_source/StaticFiles/Construction/Tubes/Structural_Tubes_Publications/Celsius_UK_SP_WEB.pdf, consultado em Setembro de 2013
- [33] Programa de cálculo: “Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2012”.
- [34] Projeto “Cobertura de Membrana Tensionada”, Espaço Polis, Guarda, Portugal, 2003.

ANEXOS

Anexo 1.1 - Esforços internos na membrana

C6		C6	
Cabos	FX(kN)	Cabos	FX(kN)
1	76,59	69	95,91
2	77,17	70	97,48
3	78,09	71	99,29
4	79,19	72	101,39
5	80,22	73	96,2
6	81,06	74	96,44
7	82,37	75	96,84
8	83,8	76	97,44
9	85,54	77	98,21
10	72,11	78	99,29
11	72,28	79	100,7
12	72,58	80	102,34
13	73,05	81	104,33
14	73,68	82	91,14
15	74,53	83	91,17
16	75,39	84	91,3
17	76,61	85	91,54
18	78,29	86	91,98
19	72,27	87	92,72
20	72,5	88	93,89
21	72,91	89	95,34
22	73,62	90	97,05
23	74,61	91	67,59
24	76,02	92	64,94
25	77,75	93	61,86
26	79,91	94	59,32
27	82,31	95	57,57
28	72,52	96	56,86
29	72,73	97	56,86
30	73,13	98	57,36
31	73,83	99	58,71
32	74,91	100	5,78
33	76,35	101	4,96
34	78,06	102	5,45
35	80,16	103	6,18
36	82,56	104	7,41
37	74,36	105	15,04
38	74,56	106	15,51
39	74,94	107	16,52
40	75,63	108	18,43
41	76,64	109	17,63
42	78,07	110	0,49
43	79,79	111	72,1
44	81,81	112	72,27
45	84,17	113	72,58
46	78,09	114	73,04
47	78,31	115	73,67
48	78,73	116	74,53
49	79,47	117	75,39
50	80,53	118	76,61
51	81,88	119	78,29
52	83,48	120	72,25
53	85,43	121	72,49
54	87,65	122	72,9
55	84,38	123	73,6
56	84,65	124	74,6
57	85,09	125	76
58	85,81	126	77,74
59	86,8	127	79,89
60	88,16	128	82,3
61	89,78	129	72,51
62	91,68	130	72,71
63	93,85	131	73,11
64	92,27	132	73,81
65	92,54	133	74,89
66	92,96	134	76,33
67	93,66	135	78,04
68	94,61	136	80,14
69	95,91	137	82,54

138	74,33	213	75,74
139	74,54	214	75,63
140	74,92	215	76,02
141	75,6	216	76,77
142	76,62	217	77,85
143	78,04	218	79,23
144	79,76	219	80,88
145	81,78	220	82,53
146	84,14	221	72,03
147	78,06	222	71,76
148	78,28	223	71,77
149	78,69	224	72,16
150	79,44	225	72,9
151	80,49	226	73,99
152	81,84	227	75,4
153	83,44	228	77,09
154	85,39	229	78,81
155	87,61	230	72,13
156	84,33	231	71,81
157	84,6	232	71,79
158	85,04	233	72,18
159	85,76	234	72,91
160	86,75	235	74,01
161	88,11	236	75,41
162	89,73	237	77,09
163	91,62	238	78,88
164	93,79	239	72,42
165	92,19	240	72,1
166	92,47	241	72,11
167	92,89	242	72,52
168	93,58	243	73,24
169	94,53	244	74,32
170	95,83	245	75,71
171	97,39	246	77,36
172	99,2	247	79,13
173	101,3	248	74,25
174	96,09	249	73,94
175	96,34	250	73,94
176	96,73	251	74,36
177	97,33	252	75,06
178	98,09	253	76,11
179	99,16	254	77,47
180	100,57	255	79,07
181	102,21	256	80,79
182	104,2	257	77,97
183	91,04	258	77,66
184	91,06	259	77,66
185	91,18	260	78,12
186	91,42	261	78,8
187	91,86	262	79,81
188	92,58	263	81,1
189	93,74	264	82,63
190	95,19	265	84,25
191	96,9	266	84,2
192	67,72	267	83,87
193	65,09	268	83,85
194	62,03	269	84,33
195	59,5	270	84,97
196	57,78	271	85,92
197	57,08	272	87,13
198	57,09	273	88,56
199	57,78	274	90,09
200	59,14	275	92,05
201	5,87	276	91,72
202	5,05	277	91,68
203	5,54	278	92,16
204	6,26	279	92,82
205	7,51	280	93,71
206	15,05	281	94,82
207	15,53	282	96,13
208	16,53	283	97,59
209	18,37	284	95,97
210	17,45	285	95,65
211	0,37	286	95,56
212	76,17	287	95,95

288	96,6	363	79,78
289	97,43	364	81,07
290	98,39	365	82,6
291	99,52	366	84,22
292	100,86	367	84,15
293	91,12	368	83,82
294	90,95	369	83,8
295	90,91	370	84,28
296	91,17	371	84,93
297	91,71	372	85,88
298	92,53	373	87,09
299	93,38	374	88,52
300	94,38	375	90,05
301	95,6	376	91,98
302	70,99	377	91,65
303	72,54	378	91,61
304	73,87	379	92,09
305	74,63	380	92,75
306	74,95	381	93,64
307	75,6	382	94,76
308	76,37	383	96,07
309	77,42	384	97,52
310	78,49	385	95,86
311	92,05	386	95,54
312	92,64	387	95,46
313	93,21	388	95,85
314	94,04	389	96,5
315	94,61	390	97,33
316	49,69	391	98,3
317	50,64	392	99,42
318	51,3	393	100,77
319	20,25	394	91,02
320	20,63	395	90,86
321	7,72	396	90,82
322	72,03	397	91,09
323	71,75	398	91,62
324	71,77	399	92,44
325	72,15	400	93,29
326	72,89	401	94,3
327	73,99	402	95,53
328	75,39	403	71,09
329	77,08	404	72,63
330	78,81	405	73,94
331	72,12	406	74,69
332	71,8	407	75,02
333	71,78	408	75,66
334	72,17	409	76,44
335	72,9	410	77,48
336	74	411	78,55
337	75,41	412	92
338	77,08	413	92,59
339	78,87	414	93,17
340	72,4	415	94
341	72,09	416	94,57
342	72,1	417	49,68
343	72,5	418	50,63
344	73,23	419	51,29
345	74,31	420	20,25
346	75,7	421	20,62
347	77,35	422	7,73
348	79,12	423	23,71
349	74,23	424	23,68
350	73,92	425	23,9
351	73,92	426	24,35
352	74,34	427	24,93
353	75,04	428	25,69
354	76,09	429	26,35
355	77,45	430	27,03
356	79,05	431	27,44
357	80,77	432	27,45
358	77,93	433	27,28
359	77,62	434	25,42
360	77,63	435	25,33
361	78,09	436	25,39
362	78,77	437	25,57

438	25,85	513	45,12
439	26,08	514	44,68
440	26,29	515	62,16
441	26,05	516	62,29
442	25,18	517	62,41
443	23,44	518	62,32
444	21,62	519	62,18
445	34,53	520	61,74
446	34,6	521	61,09
447	34,45	522	60,29
448	34,15	523	59,53
449	33,76	524	58,82
450	33,25	525	58,08
451	32,63	526	57,4
452	31,96	527	56,87
453	31,11	528	55,35
454	30,1	529	23,71
455	29,44	530	23,68
456	38,69	531	23,9
457	38,61	532	24,35
458	38,53	533	24,93
459	38,38	534	25,69
460	38,19	535	26,34
461	38,02	536	27,02
462	37,75	537	27,43
463	37,43	538	27,44
464	36,99	539	27,26
465	36,26	540	25,42
466	35,52	541	25,33
467	43,53	542	25,39
468	43,41	543	25,57
469	43,16	544	25,85
470	42,76	545	26,08
471	42,18	546	26,29
472	41,51	547	26,04
473	40,87	548	25,17
474	40,15	549	23,43
475	39,62	550	21,61
476	39,26	551	34,53
477	38,85	552	34,6
478	46,3	553	34,44
479	46,2	554	34,15
480	45,97	555	33,75
481	45,67	556	33,25
482	45,31	557	32,62
483	44,91	558	31,95
484	44,45	559	31,09
485	44,17	560	30,09
486	44,1	561	29,42
487	44,34	562	38,69
488	44,21	563	38,61
489	43,47	564	38,52
490	43,51	565	38,37
491	43,42	566	38,19
492	43,27	567	38,01
493	43,01	568	37,74
494	42,75	569	37,42
495	42,44	570	36,98
496	42,3	571	36,25
497	42,37	572	35,5
498	43	573	43,53
499	44,14	574	43,41
500	44,66	575	43,15
501	43,97	576	42,75
502	49,56	577	42,17
503	49,43	578	41,49
504	49,17	579	40,85
505	48,75	580	40,13
506	48,04	581	39,59
507	47,26	582	39,23
508	46,4	583	38,82
509	45,73	584	46,3
510	45,38	585	46,2
511	45,5	586	45,97
512	45,92	587	45,67

588	45,3	663	11,41
589	44,9	664	14,35
590	44,44	665	17,49
591	44,15	666	20,34
592	44,08	667	22,62
593	44,31	668	0
594	44,19	669	0
595	43,44	670	0
596	43,51	671	0
597	43,42	672	0
598	43,27	673	0
599	43	674	0
600	42,75	675	0,54
601	42,44	676	1,72
602	42,29	677	3,07
603	42,36	678	4,4
604	42,99	679	0
605	44,13	680	0
606	44,66	681	0
607	43,97	682	0
608	49,56	683	0
609	49,43	684	0
610	49,17	685	0
611	48,75	686	0
612	48,04	687	0,47
613	47,26	688	1,93
614	46,4	689	3,49
615	45,73	690	8,04
616	45,39	691	0
617	45,52	692	0
618	45,49	693	0
619	44,69	694	0
620	44,26	695	0
621	62,16	696	0
622	62,29	697	0
623	62,41	698	0
624	62,33	699	0
625	62,19	700	0
626	61,75	701	0,12
627	61,11	702	1,82
628	60,3	703	0
629	59,56	704	0
630	58,84	705	0
631	58,12	706	0
632	57,43	707	0
633	56,9	708	0
634	55,66	709	0
635	13,18	710	0
636	13,31	711	0
637	13,76	712	0,11
638	14,48	713	0,8
639	15,46	714	3,71
640	16,53	715	5,79
641	17,76	716	7,77
642	18,75	717	8,13
643	19,24	718	8,53
644	18,87	719	8,81
645	17,9	720	9,02
646	16,26	721	9,05
647	16,63	722	9,12
648	17	723	9,44
649	17,45	724	10,19
650	17,99	725	11,11
651	18,64	726	11,46
652	19,43	727	12,27
653	20,47	728	12,41
654	21,54	729	11,69
655	22,49	730	13,18
656	23,23	731	13,31
657	3,17	732	13,76
658	3,64	733	14,48
659	4,47	734	15,45
660	5,59	735	16,52
661	7,02	736	17,76
662	8,9	737	18,74

738	19,24	813	8,53
739	18,87	814	8,81
740	17,89	815	9,01
741	16,26	816	9,04
742	16,63	817	9,11
743	17	818	9,43
744	17,45	819	10,18
745	17,99	820	11,09
746	18,64	821	11,44
747	19,43	822	12,26
748	20,47	823	12,4
749	21,53	824	11,68
750	22,48	893	102,52
751	23,23	894	100,5
752	3,17	895	98,48
753	3,64	896	96,71
754	4,47	897	95,24
755	5,59	898	94,06
756	7,01	899	92,94
757	8,9	900	92,01
758	11,4	901	91,45
759	14,34	902	91,23
760	17,48	903	91,73
761	20,33	904	93,46
762	22,61	905	97,27
763	0	906	98,61
764	0	907	103,38
765	0	908	101,38
766	0	909	99,35
767	0	910	97,58
768	0	911	96,1
769	0	912	94,91
770	0,54	913	93,85
771	1,71	914	92,99
772	3,07	915	92,44
773	4,4	916	92,24
774	0	917	91,92
775	0	918	106,6
776	0	919	104,61
777	0	920	102,58
778	0	921	100,82
779	0	922	99,33
780	0	923	98,14
781	0	924	97,29
782	0,47	925	96,97
783	1,92	926	97,13
784	3,49	927	96,96
785	8,03	928	97,17
786	0	929	95,09
787	0	930	93,04
788	0	931	91,25
789	0	932	89,78
790	0	933	88,62
791	0	934	87,63
792	0	935	86,87
793	0	936	86,35
794	0	937	86,29
795	0	938	100,25
796	0,12	939	98,22
797	1,82	940	96,18
798	0	941	94,4
799	0	942	92,93
800	0	943	91,77
801	0	944	90,67
802	0	945	89,82
803	0	946	89,22
804	0	947	92,45
805	0	948	90,41
806	0	949	88,34
807	0,11	950	86,58
808	0,8	951	85,15
809	3,71	952	84,04
810	5,79	953	82,74
811	7,77	954	81,55
812	8,13	955	80,42

956	96,51	1031	86,28
957	94,56	1032	100,23
958	92,59	1033	98,2
959	90,88	1034	96,16
960	89,49	1035	94,39
961	88,41	1036	92,92
962	87,7	1037	91,75
963	87,48	1038	90,66
964	87,66	1039	89,81
965	88,03	1040	89,21
966	86,16	1041	92,44
967	84,28	1042	90,4
968	82,65	1043	88,33
969	81,35	1044	86,57
970	80,38	1045	85,14
971	78,03	1046	84,03
972	75,11	1047	82,73
973	71,22	1048	81,54
974	122,74	1049	80,41
975	121,22	1050	96,5
976	119,74	1051	94,55
977	118,43	1052	92,58
978	117,33	1053	90,88
979	116,47	1054	89,49
980	115,74	1055	88,4
981	115,32	1056	87,7
982	114,88	1057	87,47
983	114,89	1058	87,66
984	141,44	1059	88,03
985	140,56	1060	86,16
986	139,7	1061	84,29
987	138,97	1062	82,66
988	138,4	1063	81,36
989	137,36	1064	80,38
990	140,78	1065	78,03
991	139,94	1066	75,11
992	139,13	1067	71,23
993	138,53	1068	122,75
994	58,54	1069	121,23
995	57,64	1070	119,74
996	57,02	1071	118,44
997	32,17	1072	117,34
998	31,54	1073	116,48
999	20,04	1074	115,76
1000	6,89	1075	115,33
1001	103,37	1076	114,89
1002	101,37	1077	114,9
1003	99,34	1078	141,32
1004	97,57	1079	140,44
1005	96,09	1080	139,59
1006	94,9	1081	138,85
1007	93,83	1082	138,29
1008	92,98	1083	137,25
1009	92,43	1084	140,44
1010	92,23	1085	139,59
1011	91,91	1086	138,79
1012	106,59	1087	138,2
1013	104,59	1088	58,6
1014	102,57	1089	57,71
1015	100,8	1090	57,08
1016	99,32	1091	32,21
1017	98,12	1092	31,59
1018	97,27	1093	20,07
1019	96,96	1094	6,9
1020	97,11	1095	0
1021	96,94	1096	0
1022	97,16	1097	0
1023	95,08	1098	0
1024	93,02	1099	0
1025	91,23	1100	0
1026	89,76	1101	0,37
1027	88,61	1102	0,6
1028	87,61	1103	0,73
1029	86,86	1104	0,69
1030	86,34	1105	0,38

1106	0,28	1181	0
1107	0,11	1182	0,01
1108	0,1	1183	0,05
1109	0,27	1184	0,16
1110	0,37	1185	0
1111	0,69	1186	0
1112	0,73	1187	4,82
1113	0,6	1188	0
1114	0,37	1189	0,3
1115	0	1190	0,22
1116	0	1191	0,07
1117	0	1192	0,02
1118	0	1193	0
1119	0	1194	0
1120	0	1195	0
1121	1,26	1196	0
1122	0	1197	0
1123	0	1198	0
1124	0	1199	0
1125	0,25	1200	0
1126	0,51	1201	0,02
1127	0,44	1202	0,06
1128	0,25	1203	0,22
1129	0,06	1204	0,3
1130	0,04	1205	0
1131	0	1206	4,8
1132	0	1207	24,84
1133	0	1208	22,89
1134	0	1209	21,22
1135	0,04	1210	19,83
1136	0,06	1211	18,47
1137	0,24	1212	17,19
1138	0,43	1213	16,13
1139	0,5	1214	15,34
1140	0,24	1215	14,92
1141	0	1216	14,92
1142	0	1217	15,35
1143	0	1218	16,13
1144	1,26	1219	17,2
1145	0	1220	18,48
1146	0	1221	19,85
1147	0	1222	21,25
1148	0,12	1223	22,92
1149	0,05	1224	24,88
1150	0	1225	33
1151	0	1226	32,08
1152	0	1227	31,14
1153	0	1228	30,39
1154	0	1229	29,7
1155	0	1230	28,97
1156	0	1231	28,53
1157	0	1232	28,12
1158	0	1233	27,95
1159	0	1234	27,95
1160	0	1235	28,12
1161	0	1236	28,53
1162	0,05	1237	28,97
1163	0,12	1238	29,7
1164	0	1239	30,39
1165	0	1240	31,14
1166	0	1241	32,08
1167	0	1242	33
1168	0,01	1243	45,62
1169	0,17	1244	44,03
1170	0,05	1245	42,45
1171	0,01	1246	39,39
1172	0	1247	36,17
1173	0	1248	33,64
1174	0	1249	32,3
1175	0	1250	31,86
1176	0	1251	31,68
1177	0	1252	31,68
1178	0	1253	31,86
1179	0	1254	32,31
1180	0	1255	33,65

1256	36,18	1331	69,87
1257	39,4	1332	68,35
1258	42,45	1333	66,61
1259	44,03	1334	64,34
1260	45,62	1335	62,18
1261	56,63	1336	59,47
1262	54,22	1337	79,39
1263	0	1338	77,99
1264	0	1339	76,65
1265	0,19	1340	75,38
1266	0,28	1341	74,1
1267	0,28	1342	72,76
1268	0,19	1343	71,28
1269	0	1344	69,97
1270	0	1345	68,62
1271	54,17	1346	90,44
1272	56,59	1347	89,31
1273	47,14	1348	88,19
1274	47,01	1349	87,08
1275	47,01	1350	86,05
1276	47,14	1351	85,06
1277	89,92	1352	84,26
1278	89,92	1353	83,61
1279	123,59	1354	83,44
1280	123,59	1355	72,74
1281	29,63	1356	71,63
1282	29,63	1357	70,46
1283	80,72	1358	69,2
1284	79,54	1359	67,81
1285	78,05	1360	65,95
1286	76,57	1361	63,06
1287	75	1362	60,35
1288	73,19	1363	56,61
1289	71	1364	119,5
1290	69,13	1365	118,82
1291	67,31	1366	118,24
1292	66,15	1367	117,47
1293	65,95	1368	116,69
1294	66,35	1369	115,84
1295	68,76	1370	114,8
1296	69,6	1371	113,89
1297	80,96	1372	112,96
1298	79,08	1373	112,24
1299	77,38	1374	107,93
1300	75,83	1375	107,64
1301	74,32	1376	107,51
1302	72,69	1377	107,18
1303	70,87	1378	106,67
1304	69,21	1379	104,77
1305	67,51	1380	130,62
1306	65,99	1381	130,42
1307	64,82	1382	130,54
1308	77	1383	129,15
1309	74,75	1384	77,56
1310	73,01	1385	77,45
1311	71,47	1386	76,43
1312	69,92	1387	49,84
1313	68,26	1388	49,43
1314	66,34	1389	32,47
1315	64,63	1390	11,16
1316	62,85	1391	80,91
1317	61,28	1392	79,02
1318	69,65	1393	77,32
1319	68,17	1394	75,78
1320	66,66	1395	74,27
1321	65,32	1396	72,64
1322	64,07	1397	70,82
1323	62,83	1398	69,15
1324	61,66	1399	67,45
1325	60,57	1400	65,93
1326	59,51	1401	64,76
1327	59,04	1402	76,97
1328	74,65	1403	74,72
1329	73,03	1404	72,97
1330	71,38	1405	71,43

1406	69,89	1481	49,83
1407	68,22	1482	49,42
1408	66,3	1483	32,47
1409	64,6	1484	11,16
1410	62,81	1485	5,13
1411	61,24	1486	5,87
1412	69,63	1487	10,7
1413	68,14	1488	13,79
1414	66,64	1489	16
1415	65,3	1490	18,3
1416	64,05	1491	19,85
1417	62,81	1492	21,34
1418	61,64	1493	22,49
1419	60,55	1494	23,36
1420	59,49	1495	23,89
1421	59,02	1496	24,46
1422	74,63	1497	24,67
1423	73,01	1498	24,67
1424	71,36	1499	24,46
1425	69,84	1500	23,89
1426	68,33	1501	23,36
1427	66,59	1502	22,5
1428	64,31	1503	21,34
1429	62,16	1504	19,85
1430	59,45	1505	18,3
1431	79,37	1506	16
1432	77,98	1507	13,79
1433	76,63	1508	10,71
1434	75,36	1509	5,88
1435	74,09	1510	5,14
1436	72,74	1511	5,76
1437	71,26	1512	1,12
1438	69,95	1513	6,54
1439	68,6	1514	9,99
1440	90,42	1515	13,16
1441	89,29	1516	14,98
1442	88,18	1517	16,51
1443	87,07	1518	17,51
1444	86,04	1519	18,24
1445	85,05	1520	18,76
1446	84,25	1521	18,89
1447	83,6	1522	18,97
1448	83,43	1523	18,97
1449	72,73	1524	18,89
1450	71,62	1525	18,76
1451	70,45	1526	18,24
1452	69,19	1527	17,52
1453	67,8	1528	16,51
1454	65,94	1529	14,99
1455	63,05	1530	13,16
1456	60,34	1531	9,99
1457	56,61	1532	6,55
1458	119,46	1533	1,13
1459	118,77	1534	5,76
1460	118,2	1535	11,78
1461	117,43	1536	8,27
1462	116,65	1537	10,1
1463	115,8	1538	11,7
1464	114,76	1539	12,63
1465	113,85	1540	13,4
1466	112,93	1541	14
1467	112,2	1542	14,43
1468	107,76	1543	14,7
1469	107,47	1544	14,94
1470	107,33	1545	15,04
1471	107	1546	15,04
1472	106,5	1547	14,94
1473	104,6	1548	14,7
1474	130,54	1549	14,43
1475	130,34	1550	14
1476	130,46	1551	13,4
1477	129,07	1552	12,63
1478	77,53	1553	11,7
1479	77,43	1554	10,1
1480	76,41	1555	8,28

1556	11,78	1631	39,76
1557	10,93	1632	38,88
1558	12,42	1633	57,22
1559	13,87	1634	58,73
1560	14,75	1635	59,41
1561	15,55	1636	60,37
1562	16,07	1637	60,77
1563	16,41	1638	60,78
1564	16,72	1639	60,73
1565	16,87	1640	60,67
1566	16,97	1641	60,66
1567	16,97	1642	60,66
1568	16,87	1643	60,67
1569	16,73	1644	60,72
1570	16,42	1645	60,77
1571	16,07	1646	60,76
1572	15,55	1647	60,36
1573	14,75	1648	59,39
1574	13,88	1649	58,71
1575	12,43	1650	57,2
1576	10,94	1651	52,29
1577	27,93	1652	48,41
1578	24,15	1653	66,5
1579	25,12	1654	66,6
1580	25,75	1655	66,35
1581	26,21	1656	66,22
1582	26,62	1657	66,22
1583	26,88	1658	66,36
1584	27,07	1659	66,61
1585	27,21	1660	66,51
1586	27,29	1661	48,38
1587	27,29	1662	52,26
1588	27,21	1663	57,37
1589	27,07	1664	57,33
1590	26,88	1665	57,33
1591	26,62	1666	57,37
1592	26,21	1667	60,11
1593	25,75	1668	60,11
1594	25,12	1669	84,54
1595	24,15	1670	84,54
1596	27,92	1671	20,09
1597	46,76	1672	20,09
1598	46,42		
1599	46,27		
1600	46,22		
1601	46,1		
1602	46,04		
1603	45,99		
1604	45,96		
1605	45,91		
1606	45,91		
1607	45,96		
1608	45,99		
1609	46,04		
1610	46,1		
1611	46,22		
1612	46,27		
1613	46,42		
1614	46,76		
1615	38,89		
1616	39,78		
1617	40,33		
1618	40,97		
1619	41,42		
1620	41,64		
1621	41,9		
1622	41,99		
1623	42,06		
1624	42,06		
1625	41,99		
1626	41,89		
1627	41,63		
1628	41,42		
1629	40,96		
1630	40,32		

Anexo 1.2 - Esforços nos cabos de borda na membrana

Caso	C3	Caso	C3
Cabos	FX(kN)	Cabos	FX(kN)
1673	609,78	1743	265,66
1674	609,81	1744	272,99
1675	609,31	1745	247,73
1676	610,47	1746	289,06
1677	564,37	1747	320,8
1678	564,39	1748	311,29
1679	514,22	1749	308,24
1680	475,98	1750	308,61
1681	476,1	1751	189,97
1682	447,9	1752	191,45
1683	427,7	1753	191,44
1684	414,6	1754	108,12
1685	407,42	1755	108,62
1686	403,33	1756	76,73
1687	404,1	1757	77,72
1688	408,58	1758	62,93
1689	417,69	1759	62,97
1690	424,87	1760	55,46
1691	349,56	1761	53,68
1692	359,77	1762	320,83
1693	364,35	1763	311,26
1694	310,99	1764	308,26
1695	321,17	1765	308,59
1696	303,27	1766	189,98
1697	332,41	1767	191,44
1698	330,25	1768	191,44
1699	609,78	1769	108,13
1700	609,81	1770	108,62
1701	583,31	1771	76,74
1702	584,47	1772	77,71
1703	564,37	1773	62,96
1704	564,39	1774	62,96
1705	514,22	1775	55,49
1706	475,98	1776	53,66
1707	476,1	1777	345,15
1708	447,9	1778	299,61
1709	427,7	1779	320,99
1710	414,6	1780	305,92
1711	407,42	1781	306,34
1712	403,33	1782	193,86
1713	404,1	1783	210,05
1714	408,58	1784	183,98
1715	417,69	1785	194,57
1716	424,87	1786	176,46
1717	349,56	1787	173,8
1718	359,77	1788	173,8
1719	364,35	1789	176,46
1720	310,99	1790	194,57
1721	321,17	1791	183,98
1722	303,27	1792	210,05
1723	332,41	1793	193,86
1724	330,25	1794	306,34
1725	289,06	1795	305,92
1726	247,73	1796	320,99
1727	272,99	1797	299,61
1728	265,66	1798	345,15
1729	271,61	1799	391,31
1730	291,39	1800	381,54
1731	321,37	1801	376,83
1732	341,58	1802	378,17
1733	359,55	1803	356,42
1734	326,18	1804	365,97
1735	321,25	1805	384,22
1736	321,25	1806	334,55
1737	326,18	1807	358,06
1738	359,55	1808	305,41
1739	341,58	1809	333,56
1740	321,37	1810	290,87
1741	291,39	1811	322,34
1742	271,61	1812	297,22

1813	289,33
1814	391,33
1815	381,52
1816	376,86
1817	378,15
1818	356,43
1819	365,96
1820	384,22
1821	334,55
1822	358,06
1823	305,42
1824	333,55
1825	290,89
1826	322,33
1827	297,25
1828	289,3

Anexo 1.3 - Esforços nos mastros e cabos de apoio

C6						
Barras/Cabos	FX(kN)	FY(kN)	FZ(kN)	MX(kNm)	MY(kNm)	MZ(kNm)
1829	-568,01	0	-0,29	0	0	0
1830	349,55	---	---	---	---	---
1831	460,82	---	---	---	---	---
1832	-755,59	0	0,29	0	0	0
1833	473,28	---	---	---	---	---
1834	473,54	---	---	---	---	---
1835	-567,98	0	-0,29	0	0	0
1836	349,64	---	---	---	---	---
1837	460,68	---	---	---	---	---
1838	-504,27	0	0,29	0	0	0
1839	390,88	---	---	---	---	---
1840	480,62	---	---	---	---	---
1841	-478,66	0	-0,29	0	0	0
1842	349,79	---	---	---	---	---
1843	349,76	---	---	---	---	---
1844	-504,09	0	0,29	0	0	0
1845	390,86	---	---	---	---	---
1846	480,28	---	---	---	---	---

Anexo 1.4 - Esforços no arco

C6						
Barras	FX(kN)	FY(kN)	FZ(kN)	MX(kNm)	MY(kNm)	MZ(kNm)
825	-1403,68	-0,9	35,88	-1,32	-810,56	78,98
826	-1410,57	5,22	45,62	-7,83	-701,64	72,84
827	-1423,04	10,2	74,59	-12,58	-701,64	72,17
828	-1441,21	6,78	98,92	-16,3	-465,51	48,17
829	-1464,09	4,5	118,25	-19,27	-465,51	47,04
830	-1491,76	-7,25	132,28	-21,69	-113,19	49,83
831	-1523,28	-20,01	139,89	-24,52	-113,2	48,49
832	-1558,78	-44,62	139,72	-28,73	298,24	142,61
833	-1600,93	-36,18	145,12	-35,75	298,22	141,04
834	-1647,34	2,36	148,06	-44,25	707,38	185,79
835	-1682,58	78,19	130,79	-52,18	707,35	183,83
836	-1697,47	124,64	62,15	-55,06	990,34	-118,17
837	-1703,72	132,23	-19,02	-50,71	990,36	-119,9
838	-1707,53	121,53	-90,28	-40,27	850,65	-473,93
839	-1703,58	113,38	-160,13	-26,55	850,75	-474,71
840	-1329,16	-130,73	-130,52	-11,34	412,36	-300,35
841	-1319,49	-143,94	-198,4	0,01	412,39	-300,52
842	-1403,73	0,87	37,23	1,6	-762	-80,14
843	-1410,43	-5,24	43,76	8,11	-762	-79,77
844	-1423,35	-10,22	75,95	12,85	-600,8	-58,25
845	-1440,89	-6,8	97,05	16,57	-600,8	-57,3
846	-1464,63	-4,53	119,62	19,52	-301,55	-40,55
847	-1491,22	7,19	130,45	21,93	-301,55	-39,29
848	-1524,04	19,92	141,31	24,75	88,91	-77,08
849	-1558,02	44,45	137,98	28,93	88,91	-75,61
850	-1601,78	35,88	146,52	35,91	496,53	-189,69
851	-1646,42	-2,7	146,63	44,35	496,52	-187,93
852	-1683,58	-77,83	132,4	52,21	896,24	-69,03
853	-1696,44	-124,22	60,98	55,05	896,21	-67,05
854	-1704,96	-131,82	-17,22	50,67	960,89	323,32
855	-1706,61	-121,31	-91,12	40,24	960,99	324,46
856	-1704,39	-113,29	-158,99	26,53	696,8	583,07
857	-1327,48	130,63	-132,26	11,33	696,86	583,5
858	-1321,45	143,83	-196,48	-0,01	0	0,01
859	-1283,44	1,84	24,65	-1,67	-327,42	92,11
860	-1289,34	1,76	18,55	-8,96	-269,72	86,88
861	-1299,4	4,98	25,59	-14,63	-269,72	86,11
862	-1313,82	14,54	31,17	-19,69	-192,52	58,37
863	-1331,73	20,82	34,84	-23,28	-192,52	57,03
864	-1354,79	25,45	42,61	-24,92	-83,58	-9,54
865	-1381,78	24,82	50,26	-24,33	-83,58	-10,97
866	-1410,61	45,87	51,27	-21,71	65,81	-116,65
867	-1446,36	25,79	65,24	-15,92	65,83	-117,58
868	-1481,22	9,67	72,19	-9,1	257,72	-167,32
869	-1513,22	-44,07	75,01	-2,01	257,74	-167,54
870	-1541,14	-30,09	59,99	2,09	456,42	-58,48
871	-1555,09	-29,92	22,43	4,27	456,42	-58,36
872	-1561,9	-40,48	-19	4,65	468,02	37,57
873	-1562,61	-42,21	-68,08	3,56	468,02	37,68
874	-1320,45	17,52	-64,81	1,52	260,45	40,24
875	-1316,09	19,29	-125,63	0	260,46	40,27
876	-1283,47	-1,84	26,29	1,73	-293,45	-89,66
877	-1289,16	-1,8	16,93	9,02	-293,45	-89,23
878	-1299,64	-5,03	27,19	14,69	-234,05	-79,25
879	-1313,4	-14,6	29,54	19,73	-234,05	-78,14
880	-1332,16	-20,87	36,43	23,31	-142,96	-27,78
881	-1354,14	-25,47	40,98	24,94	-142,96	-26,32
882	-1382,4	-24,79	51,86	24,33	-9,47	47,28
883	-1409,71	-45,77	49,66	21,7	-9,47	48,55
884	-1447,05	-25,64	66,68	15,9	156,59	153
885	-1480,16	-9,59	70,68	9,08	156,6	153,54
886	-1514,05	44,01	76,42	2	367,6	103,35
887	-1539,88	30,05	58,51	-2,09	367,6	103,34
888	-1556,08	29,88	23,88	-4,26	491,82	12,29
889	-1560,75	40,44	-20,12	-4,65	491,82	12,16
890	-1563,22	42,17	-67,19	-3,55	402,89	-78,12
891	-1318,52	-17,5	-66,66	-1,52	402,9	-78,18
892	-1317,79	-19,27	-123,82	0	0	0

Anexo 1.5 - Reações nos apoios

C6						
Nós	FX(kN)	FY(kN)	FZ(kN)	MX(kNm)	MY(kNm)	MZ(kNm)
123	115,71	-999,48	890,58	0	0	0
250	115,49	999,7	890,52	0	0	0
376	-15,71	-974,11	896,41	0	0	0
492	-15,71	974,02	896,34	0	0	0
954	315,88	217,04	419,23	0	0	0
955	38,73	228,09	-261,8	0	0	0
956	299,48	-59,89	-345,08	0	0	0
957	530,88	0	579,94	0	0	0
958	218,59	224,89	-354,46	0	0	0
959	218,63	-224,93	-354,52	0	0	0
960	315,87	-217,03	419,2	0	0	0
961	38,74	-228,15	-261,87	0	0	0
962	299,38	59,87	-344,97	0	0	0
963	-280,76	192,81	372,75	0	0	0
964	-43,3	255,18	-292,91	0	0	0
965	-312,18	-62,35	-359,84	0	0	0
966	-323,49	0	352,8	0	0	0
967	-161,21	166,27	-261,92	0	0	0
968	-161,27	-166,34	-262,02	0	0	0
969	-280,65	-192,74	372,61	0	0	0
970	-43,3	-255,16	-292,9	0	0	0
971	-311,96	62,31	-359,58	0	0	0

Anexo 1.6 - Deslocamentos nos n s

C6							
N�	UX (cm)	UY (cm)	UZ (cm)	RX (Rad)	RY (Rad)	RZ (Rad)	
1	-0,5	0,1	-38,6	0	0	0	
2	-0,9	0,1	-30,2	0	0	0	
3	-1,4	0,1	-23,7	0	0	0	
4	-2,2	0,1	-17	0	0	0	
5	-2,7	0,1	-13,5	0	0	0	
6	-2,7	0,1	-12,9	0	0	0	
7	-1,7	0,1	-15,9	0	0	0	
8	0,8	0,1	-23	0	0	0	
9	5,1	0,1	-33,6	0	0	0	
10	11,7	0,1	-47,3	0	0,001	0	
11	-1,2	0	-36,9	0	0	0	
12	-1,7	0	-28,2	0	0	0	
13	-2,2	0	-21,6	0	0	0	
14	-3	0,1	-14,8	0	0	0	
15	-3,6	0,1	-11,2	0	0	0	
16	-3,6	0,1	-10,6	0	0	0	
17	-2,6	0,1	-13,6	0	0	0	
18	-0,1	0,1	-20,9	0	0	0	
19	4,2	0,2	-31,6	0	0	0	
20	11,6	0	-46,1	0,017	0,001	0,002	
21	-1,5	0	-34,4	0	0	0	
22	-2	0	-25,5	0	0	0	
23	-2,6	0,2	-18,6	0	0	0	
24	-3,4	0,2	-11,7	0	0	0	
25	-3,9	0,3	-7,9	0	0	0	
26	-4	0,3	-7,3	0	0	0	
27	-3	0,3	-10,2	0	0	0	
28	-0,5	0,4	-17,5	0	0	0	
29	3,9	0,5	-28,3	0	0	0	
30	11,3	0,3	-42,9	0,032	0,001	0,003	
31	-1,7	0,3	-30,5	0	0	0	
32	-2,2	0,4	-21,4	0	0	0	
33	-2,8	0,6	-14,5	0	0	0	
34	-3,6	0,7	-7,3	0	0	0	
35	-4,2	0,8	-3,3	0	0	0	
36	-4,3	0,9	-2,4	0	0	0	
37	-3,5	0,9	-5,1	0	0	0	
38	-1	1	-12,3	0	0	0	
39	3,3	1,3	-23,1	0	0	0	
40	10,8	1	-37,7	0,046	0,001	0,005	
41	-1,7	0,9	-25,9	0	0	0	
42	-2,2	1	-16,7	0	0	0	
43	-2,7	1,2	-9,7	0	0	0	
44	-3,6	1,4	-2,3	0	0	0	
45	-4,2	1,7	1,9	0	0	0	
46	-4,3	1,9	3,3	0	0	0	
47	-3,6	2	0,9	0	0	0	
48	-1,2	2,2	-5,9	0	0	0	
49	2,9	2,6	-16,4	0	0	0	
50	10	2,3	-30,8	0,057	0,001	0,006	
51	-1,3	1,8	-20,8	0	0	0	
52	-1,8	1,8	-11,8	0	0	0	
53	-2,3	2,1	-4,7	0	0	0	
54	-3,1	2,4	2,8	0	0	0	
55	-3,8	2,8	7,4	0	0	0	
56	-4	3,1	9,1	0	0	0	
57	-3,4	3,4	7,4	0	0	0	
58	-1,3	3,9	1,1	0	0	0	
59	2,5	4,7	-8,7	0	0	0	
60	9,2	4,5	-22,5	0,065	0	0,007	
61	-0,8	2,8	-15,7	0	0	0	
62	-1,2	2,9	-7	0	0	0	
63	-1,7	3,2	-0,2	0	0	0	
64	-2,4	3,5	7,5	0	0	0	
65	-3	4	12,5	0	0	0	
66	-3,3	4,7	14,9	0	0	0	
67	-2,9	5,2	13,9	0	0	0	
68	-1,1	6,1	8,5	0	0	0	
69	2,3	7,3	-0,6	0	0	0	

70	8,2	7,4	-13,3	0,07	0	0,008
71	-0,5	4	-11,1	0	0	0
72	-0,8	3,9	-2,8	0	0	0
73	-1,1	4,2	3,9	0	0	0
74	-1,7	4,7	11,6	0	0	0
75	-2,3	5,4	17	0	0	0
76	-2,6	6,3	20,1	0	0	0
77	-2,4	7,3	20	0	0	0
78	-0,9	8,7	15,6	0	0	0
79	1,9	10,5	7,8	0	0	0
80	7	11,1	-3,8	0,07	0	0,01
81	-0,3	5,1	-7,2	0	0	0
82	-0,6	4,9	0,7	0	0	0
83	-0,8	5,1	7	0	0	0
84	-1,3	5,6	14,6	0	0	0
85	-1,8	6,6	20,5	0	0	0
86	-2,2	8	24,4	0	0	0
87	-2,1	9,5	25,5	0	0	0
88	-1,1	11,5	22,4	0	0	0
89	1,2	14,1	15,8	0	0	0
90	5,5	15,3	5,5	0,066	0	0,012
91	-0,7	6,2	-3,8	0	0	0
92	-0,8	5,7	3,3	0	0	0
93	-1	5,8	9	0	0	0
94	-1,3	6,2	16,3	0	0	0
95	-1,7	7,3	22,3	0	0	0
96	-2,1	9	26,8	0	0	0
97	-2,3	11,2	29,1	0	0	0
98	-1,7	14,1	27,5	0	0	0
99	0,1	17,5	22,3	0	0	0
100	3,8	19,1	13	0,057	0,001	0,016
101	-0,9	8	1,3	0	0	0
102	-0,9	6,7	6,2	0	0	0
103	-1	6,2	10,3	0	0	0
104	-1,2	6,1	16,3	0	0	0
105	-1,5	7	22	0	0	0
106	-1,9	8,9	26,7	0	0	0
107	-2,5	11,8	30,2	0	0	0
108	-2,6	15,9	30,7	0	0	0
109	-1,6	20,5	27,1	0	0	0
110	1,5	22,7	19,3	0,044	0,002	0,02
111	3,1	7,3	24,1	0	0	0
112	1,1	10,3	28	0	0	0
113	-0,8	15,2	29,7	0	0	0
114	-1,9	21,1	28	0	0	0
115	-1,3	25,4	23,5	0,025	0,002	0,023
116	1	14,4	28,7	0	0	0
117	-3	22	29,2	0	0	0
118	-4,3	26,6	25,4	0,003	0	0,024
119	-2,7	19,2	25,6	0	0	0
120	-6,8	25,7	24,4	-0,02	-0,005	0,021
121	-7,9	23,3	21,8	-0,037	-0,011	0,016
122	-5	11,2	9,9	-0,068	-0,028	0
123	0	0	0	-0,074	-0,031	-0,004
124	-7,9	20,4	18,8	-0,049	-0,017	0,01
125	2,2	6,7	7	0	0	0
126	2,5	6	10,6	0	0	0
127	3,2	5,5	15,5	0	0	0
128	4	5,7	19,8	0	0	0
129	4,1	6,4	21,3	0	0	0
130	4,5	6,8	23,3	0	0	0
131	4,4	8,8	25,7	0	0	0
132	4,5	9	26	0	0	0
133	2,5	12,2	25,7	0	0	0
134	1	13,9	24,8	0	0	0
135	-2,3	16,8	22,7	0	0	0
136	-2,9	17,3	22,3	0	0	0
137	1,9	8,3	2,9	0	0	0
138	-1,3	0,2	-36,9	0	0	0
139	-1,7	0,2	-28,2	0	0	0
140	-2,3	0,1	-21,6	0	0	0
141	-3	0,1	-14,8	0	0	0
142	-3,6	0,1	-11,2	0	0	0
143	-3,6	0,1	-10,6	0	0	0
144	-2,7	0,1	-13,6	0	0	0

145	-0,1	0	-20,9	0	0	0
146	4,1	0	-31,6	0	0	0
147	11,6	0,1	-46,2	-0,016	0,001	-0,002
148	-1,5	0,2	-34,5	0	0	0
149	-2	0,1	-25,6	0	0	0
150	-2,6	0	-18,7	0	0	0
151	-3,4	-0,1	-11,8	0	0	0
152	-4	-0,1	-8	0	0	0
153	-4	-0,2	-7,3	0	0	0
154	-3,1	-0,1	-10,2	0	0	0
155	-0,5	-0,2	-17,6	0	0	0
156	3,8	-0,3	-28,4	0	0	0
157	11,3	-0,1	-43	-0,032	0,001	-0,003
158	-1,8	-0,2	-30,6	0	0	0
159	-2,3	-0,2	-21,5	0	0	0
160	-2,8	-0,4	-14,6	0	0	0
161	-3,7	-0,5	-7,4	0	0	0
162	-4,3	-0,6	-3,3	0	0	0
163	-4,4	-0,7	-2,4	0	0	0
164	-3,5	-0,7	-5,2	0	0	0
165	-1	-0,9	-12,4	0	0	0
166	3,3	-1,1	-23,2	0	0	0
167	10,7	-0,8	-37,8	-0,045	0,001	-0,005
168	-1,7	-0,8	-26	0	0	0
169	-2,2	-0,8	-16,8	0	0	0
170	-2,8	-1,1	-9,8	0	0	0
171	-3,6	-1,3	-2,4	0	0	0
172	-4,2	-1,5	1,8	0	0	0
173	-4,4	-1,7	3,1	0	0	0
174	-3,6	-1,8	0,8	0	0	0
175	-1,3	-2	-6,1	0	0	0
176	2,8	-2,5	-16,5	0	0	0
177	10	-2,2	-30,9	-0,057	0,001	-0,006
178	-1,4	-1,6	-20,9	0	0	0
179	-1,9	-1,7	-11,9	0	0	0
180	-2,4	-2	-4,9	0	0	0
181	-3,2	-2,2	2,6	0	0	0
182	-3,8	-2,6	7,3	0	0	0
183	-4	-2,9	9	0	0	0
184	-3,4	-3,2	7,2	0	0	0
185	-1,3	-3,7	1	0	0	0
186	2,4	-4,5	-8,9	0	0	0
187	9,1	-4,3	-22,6	-0,065	0	-0,007
188	-0,9	-2,7	-15,8	0	0	0
189	-1,3	-2,7	-7,1	0	0	0
190	-1,8	-3	-0,3	0	0	0
191	-2,5	-3,3	7,3	0	0	0
192	-3,1	-3,8	12,3	0	0	0
193	-3,4	-4,5	14,7	0	0	0
194	-2,9	-5	13,7	0	0	0
195	-1,1	-5,9	8,3	0	0	0
196	2,2	-7,1	-0,8	0	0	0
197	8,1	-7,3	-13,5	-0,07	0	-0,008
198	-0,5	-3,8	-11,3	0	0	0
199	-0,8	-3,7	-3	0	0	0
200	-1,2	-4	3,7	0	0	0
201	-1,8	-4,5	11,4	0	0	0
202	-2,4	-5,2	16,8	0	0	0
203	-2,7	-6,1	19,9	0	0	0
204	-2,4	-7,1	19,8	0	0	0
205	-1	-8,5	15,4	0	0	0
206	1,8	-10,3	7,6	0	0	0
207	6,9	-10,9	-4	-0,07	0	-0,01
208	-0,4	-4,9	-7,4	0	0	0
209	-0,6	-4,7	0,5	0	0	0
210	-0,9	-4,9	6,8	0	0	0
211	-1,3	-5,4	14,4	0	0	0
212	-1,8	-6,4	20,3	0	0	0
213	-2,2	-7,7	24,1	0	0	0
214	-2,2	-9,2	25,2	0	0	0
215	-1,1	-11,3	22,1	0	0	0
216	1,2	-14	15,6	0	0	0
217	5,4	-15,1	5,3	-0,066	0	-0,012
218	-0,7	-6	-4	0	0	0
219	-0,9	-5,5	3,1	0	0	0

220	-1	-5,6	8,8	0	0	0
221	-1,3	-6	16,1	0	0	0
222	-1,7	-7,1	22	0	0	0
223	-2,1	-8,8	26,5	0	0	0
224	-2,3	-10,9	28,7	0	0	0
225	-1,7	-13,8	27,1	0	0	0
226	0	-17,3	22	0	0	0
227	3,7	-19	12,9	-0,057	0,001	-0,016
228	-0,9	-7,8	1,1	0	0	0
229	-1	-6,5	6	0	0	0
230	-1	-6	10,1	0	0	0
231	-1,2	-5,9	16,1	0	0	0
232	-1,5	-6,8	21,7	0	0	0
233	-1,9	-8,7	26,4	0	0	0
234	-2,5	-11,4	29,8	0	0	0
235	-2,5	-15,4	29,9	0	0	0
236	-1,6	-20,2	26,8	0	0	0
237	1,4	-22,5	19,1	-0,044	0,002	-0,02
238	3	-7,1	23,9	0	0	0
239	1,1	-10,1	27,6	0	0	0
240	-0,8	-14,9	29,2	0	0	0
241	-2	-20,9	27,8	0	0	0
242	-1,4	-25,2	23,4	-0,026	0,002	-0,023
243	1	-14,3	28,4	0	0	0
244	-3,1	-21,9	29,1	0	0	0
245	-4,4	-26,5	25,2	-0,004	0	-0,024
246	-2,9	-19,3	25,7	0	0	0
247	-6,9	-25,6	24,3	0,02	-0,005	-0,021
248	-7,9	-23,2	21,7	0,037	-0,011	-0,016
249	-5,1	-11,2	9,9	0,067	-0,028	0
250	0	0	0	0,074	-0,032	0,004
251	-7,9	-20,3	18,7	0,049	-0,017	-0,01
252	2,1	-6,6	6,9	0	0	0
253	2,5	-5,9	10,4	0	0	0
254	3,2	-5,3	15,3	0	0	0
255	4	-5,5	19,6	0	0	0
256	4,1	-6,2	21,1	0	0	0
257	4,5	-6,6	23,1	0	0	0
258	4,4	-8,6	25,5	0	0	0
259	4,4	-8,9	25,8	0	0	0
260	2,4	-12,1	25,5	0	0	0
261	0,9	-13,8	24,7	0	0	0
262	-2,4	-16,8	22,7	0	0	0
263	-3	-17,2	22,2	0	0	0
264	1,9	-8,2	2,7	0	0	0
265	-0,3	0,1	-49	0	0	0
266	-0,6	0,1	-54,3	0	0	0
267	-0,9	0,1	-57	0	0	0
268	-0,8	0	-55,4	0	0	0
269	0,3	0	-50,3	0	0	0
270	2,6	0	-42,6	0	0	0
271	6,3	0	-33	0	0	0
272	11,8	0	-21,3	0	0	0
273	12,7	0	-19,7	0	0,013	0
274	-1	-0,1	-47,9	0	0	0
275	-1,2	-0,1	-53,6	0	0	0
276	-1,6	-0,2	-57,2	0	0	0
277	-1,5	-0,9	-56,2	0	0	0
278	-0,4	-1,2	-51,1	0	0	0
279	2,1	-1,2	-42,9	0	0	0
280	6,2	-0,9	-32,4	0	0	0
281	12,2	-0,2	-19,8	0	0	0
282	12,5	0	-19,2	0,006	0,013	0,002
283	-1,3	-0,2	-45,7	0	0	0
284	-1,5	-0,2	-51,7	0	0	0
285	-1,9	-0,4	-55,6	0	0	0
286	-1,8	-1,3	-54,5	0	0	0
287	-0,7	-1,9	-49,4	0	0	0
288	1,9	-2	-41	0	0	0
289	5,9	-1,4	-30,6	0	0	0
290	11,8	-0,3	-18,3	0	0	0
291	12	0	-17,9	0,012	0,013	0,004
292	-1,4	0,1	-42	0	0	0
293	-1,7	0	-48,4	0	0	0
294	-2,1	-0,3	-52,5	0	0	0

295	-2	-1,6	-51,5	0	0	0
296	-0,9	-2,4	-46,3	0	0	0
297	1,6	-2,5	-38	0	0	0
298	5,6	-1,6	-27,8	0	0	0
299	11,2	-0,2	-15,9	0	0	0
300	11,1	0,3	-15,9	0,018	0,013	0,005
301	-1,4	0,6	-37,3	0	0	0
302	-1,6	0,6	-43,7	0	0	0
303	-2,1	0,3	-47,8	0	0	0
304	-2	-1,3	-46,9	0	0	0
305	-0,9	-2,4	-41,8	0	0	0
306	1,4	-2,6	-33,7	0	0	0
307	5,1	-1,4	-24	0	0	0
308	10,3	0,2	-12,7	0	0	0
309	9,9	0,8	-13,2	0,022	0,013	0,007
310	-1,1	1,5	-31,9	0	0	0
311	-1,3	1,6	-38	0	0	0
312	-1,8	1,2	-41,9	0	0	0
313	-1,7	-0,7	-40,7	0	0	0
314	-0,7	-2	-35,8	0	0	0
315	1,4	-2,3	-28,1	0	0	0
316	4,6	-1	-19,2	0	0	0
317	9	1	-9	0	0	0
318	8,4	1,7	-9,9	0,026	0,013	0,008
319	-0,7	2,7	-26,1	0	0	0
320	-0,9	2,8	-31,9	0	0	0
321	-1,3	2,6	-35,3	0	0	0
322	-1,2	0,1	-33,5	0	0	0
323	-0,3	-1,4	-28,4	0	0	0
324	1,5	-1,9	-21,3	0	0	0
325	4	-0,4	-13,6	0	0	0
326	7,5	2	-4,9	0	0	0
327	6,7	2,9	-6,2	0,028	0,012	0,008
328	-0,4	4	-20,8	0	0	0
329	-0,6	4,3	-26,1	0	0	0
330	-1	4,3	-28,8	0	0	0
331	-0,8	1,9	-26,3	0	0	0
332	0	-0,3	-20,9	0	0	0
333	1,5	-1,1	-14,2	0	0	0
334	3,4	0,5	-7,6	0	0	0
335	5,9	3,5	-0,6	0	0	0
336	4,9	4,5	-2,3	0,03	0,011	0,008
337	-0,3	5,3	-16,1	0	0	0
338	-0,5	5,8	-20,9	0	0	0
339	-0,8	6	-23	0	0	0
340	-0,6	3,9	-19,7	0	0	0
341	0,2	1,7	-13,5	0	0	0
342	1,5	0,3	-6,6	0	0	0
343	2,9	2	-1	0	0	0
344	4,5	5,4	4	0	0	0
345	3,3	6,3	1,7	0,029	0,01	0,007
346	-0,6	6,6	-12,1	0	0	0
347	-0,7	7,3	-16,5	0	0	0
348	-1	7,6	-18,5	0	0	0
349	-0,9	5,5	-15,3	0	0	0
350	-0,2	3,4	-8,9	0	0	0
351	1,1	1,6	-1,2	0	0	0
352	2,3	3,4	4,2	0	0	0
353	3,4	7,2	8	0	0	0
354	2	8,1	5,1	0,027	0,008	0,004
355	-0,8	9,3	-4,3	0	0	0
356	-0,8	10,4	-7,8	0	0	0
357	-0,9	10,6	-10,7	0	0	0
358	-1	7,6	-10,1	0	0	0
359	-0,7	4,8	-5,6	0	0	0
360	0,4	2,7	1,8	0	0	0
361	1,7	5,1	7,6	0	0	0
362	3	9,5	12,1	0	0	0
363	1,2	9,9	8,1	0,022	0,006	0,001
364	-0,9	11,1	7,8	0	0	0
365	1,1	9,9	16,1	0	0	0
366	2,8	12	19,9	0	0	0
367	3,7	13,9	19,3	0	0	0
368	0,8	11,3	10,3	0,015	0,004	-0,001
369	-3,7	8,1	15	0	0	0

370	0,8	12,5	18	0	0	0
371	0,7	12,2	11,6	0,005	0,003	-0,003
372	-2,9	8,6	13,3	0	0	0
373	0,9	12,1	11,6	-0,006	0,002	-0,003
374	1	11,1	10,6	-0,015	0,003	-0,003
375	0,7	5,6	5,1	-0,033	0,005	-0,001
376	0	0	0	-0,037	0,005	-0,001
377	1	9,9	9,3	-0,022	0,003	-0,003
378	1,9	10,4	-0,6	0	0	0
379	2,1	12,1	-2,5	0	0	0
380	2,1	13,6	-2,6	0	0	0
381	1	12,3	1,1	0	0	0
382	-1,7	7,3	5,8	0	0	0
383	-0,7	9,6	5,6	0	0	0
384	-4,2	5,7	10,3	0	0	0
385	-6,8	2,8	13	0	0	0
386	-4,6	5,5	11,8	0	0	0
387	-6,3	4,3	13,5	0	0	0
388	-3,2	7	11,6	0	0	0
389	-3,5	6,9	12	0	0	0
390	-1	0,3	-47,9	0	0	0
391	-1,2	0,2	-53,7	0	0	0
392	-1,6	0,3	-57,2	0	0	0
393	-1,6	0,9	-56,2	0	0	0
394	-0,4	1,3	-51,1	0	0	0
395	2,1	1,3	-42,9	0	0	0
396	6,2	0,9	-32,4	0	0	0
397	12,2	0,2	-19,8	0	0	0
398	12,5	0	-19,2	-0,006	0,013	-0,002
399	-1,3	0,3	-45,8	0	0	0
400	-1,5	0,3	-51,8	0	0	0
401	-1,9	0,5	-55,6	0	0	0
402	-1,8	1,4	-54,5	0	0	0
403	-0,7	2	-49,4	0	0	0
404	1,9	2,1	-41	0	0	0
405	5,9	1,4	-30,7	0	0	0
406	11,8	0,3	-18,4	0	0	0
407	12	0	-17,9	-0,012	0,013	-0,004
408	-1,5	0,1	-42,1	0	0	0
409	-1,7	0,1	-48,5	0	0	0
410	-2,1	0,4	-52,6	0	0	0
411	-2,1	1,7	-51,5	0	0	0
412	-0,9	2,4	-46,4	0	0	0
413	1,6	2,6	-38,1	0	0	0
414	5,5	1,7	-27,9	0	0	0
415	11,2	0,2	-15,9	0	0	0
416	11,1	-0,3	-15,9	-0,018	0,013	-0,005
417	-1,4	-0,5	-37,4	0	0	0
418	-1,7	-0,5	-43,8	0	0	0
419	-2,1	-0,1	-48	0	0	0
420	-2	1,4	-47	0	0	0
421	-1	2,5	-41,9	0	0	0
422	1,4	2,6	-33,8	0	0	0
423	5	1,5	-24,1	0	0	0
424	10,2	-0,2	-12,7	0	0	0
425	9,9	-0,8	-13,2	-0,022	0,013	-0,007
426	-1,2	-1,4	-32	0	0	0
427	-1,4	-1,4	-38,1	0	0	0
428	-1,8	-1,1	-42,1	0	0	0
429	-1,7	0,8	-40,9	0	0	0
430	-0,7	2,1	-35,9	0	0	0
431	1,4	2,4	-28,2	0	0	0
432	4,5	1,1	-19,3	0	0	0
433	9	-0,9	-9	0	0	0
434	8,4	-1,7	-9,9	-0,026	0,013	-0,008
435	-0,7	-2,5	-26,3	0	0	0
436	-1	-2,7	-32,1	0	0	0
437	-1,4	-2,5	-35,4	0	0	0
438	-1,2	0	-33,7	0	0	0
439	-0,3	1,5	-28,6	0	0	0
440	1,5	2	-21,4	0	0	0
441	4	0,4	-13,7	0	0	0
442	7,5	-2	-5	0	0	0
443	6,7	-2,9	-6,3	-0,028	0,012	-0,008
444	-0,4	-3,8	-21	0	0	0

445	-0,6	-4,2	-26,2	0	0	0
446	-1	-4,1	-28,9	0	0	0
447	-0,9	-1,8	-26,5	0	0	0
448	0	0,4	-21	0	0	0
449	1,5	1,2	-14,3	0	0	0
450	3,4	-0,5	-7,6	0	0	0
451	5,9	-3,5	-0,6	0	0	0
452	4,9	-4,5	-2,3	-0,03	0,011	-0,008
453	-0,3	-5,1	-16,3	0	0	0
454	-0,5	-5,7	-21,1	0	0	0
455	-0,9	-5,9	-23,2	0	0	0
456	-0,7	-3,8	-19,8	0	0	0
457	0,1	-1,6	-13,6	0	0	0
458	1,5	-0,2	-6,7	0	0	0
459	2,9	-1,9	-1,1	0	0	0
460	4,5	-5,3	4	0	0	0
461	3,3	-6,3	1,7	-0,029	0,01	-0,007
462	-0,7	-6,4	-12,3	0	0	0
463	-0,8	-7,1	-16,6	0	0	0
464	-1	-7,5	-18,6	0	0	0
465	-1	-5,4	-15,5	0	0	0
466	-0,3	-3,3	-9	0	0	0
467	1,1	-1,5	-1,3	0	0	0
468	2,3	-3,3	4,1	0	0	0
469	3,4	-7,2	8	0	0	0
470	2	-8,1	5,1	-0,027	0,008	-0,004
471	-0,8	-9,1	-4,4	0	0	0
472	-0,8	-10,3	-7,9	0	0	0
473	-0,9	-10,5	-10,8	0	0	0
474	-1	-7,5	-10,2	0	0	0
475	-0,7	-4,8	-5,6	0	0	0
476	0,4	-2,6	1,8	0	0	0
477	1,7	-5,1	7,6	0	0	0
478	3	-9,4	12,1	0	0	0
479	1,2	-9,8	8	-0,022	0,006	-0,001
480	-1	-11	7,7	0	0	0
481	1,1	-9,9	16	0	0	0
482	2,8	-11,9	19,9	0	0	0
483	3,7	-13,8	19,3	0	0	0
484	0,8	-11,3	10,3	-0,015	0,004	0,001
485	-3,7	-8	15	0	0	0
486	0,8	-12,5	17,9	0	0	0
487	0,7	-12,1	11,6	-0,005	0,003	0,003
488	-2,9	-8,5	13,2	0	0	0
489	0,9	-12	11,6	0,006	0,002	0,003
490	1	-11,1	10,6	0,015	0,003	0,003
491	0,6	-5,5	5,1	0,033	0,005	0,001
492	0	0	0	0,037	0,005	0,001
493	1	-9,9	9,3	0,022	0,003	0,003
494	1,9	-10,2	-0,7	0	0	0
495	2	-12	-2,6	0	0	0
496	2,1	-13,5	-2,7	0	0	0
497	1	-12,2	1	0	0	0
498	-1,7	-7,3	5,7	0	0	0
499	-0,7	-9,6	5,5	0	0	0
500	-4,2	-5,7	10,2	0	0	0
501	-6,8	-2,7	13	0	0	0
502	-4,6	-5,4	11,7	0	0	0
503	-6,3	-4,3	13,5	0	0	0
504	-3,2	-7	11,6	0	0	0
505	-3,6	-6,9	12	0	0	0
506	-7,7	0,1	-75,1	0	0	0
507	-23,1	0,1	-97,7	0	0	0
508	-34,2	0,1	-115,2	0	0	0
509	-40,5	0	-126,2	0	0	0
510	-42,6	0	-130,2	0	0	0
511	-40,7	0	-127,3	0	0	0
512	-35,1	0	-116,4	0	0	0
513	-27,6	0	-100,1	0	0	0
514	-19,5	0	-79,8	0	0	0
515	-14,4	0	-63,6	0	0	0
516	-10,2	0	-47,1	0	0	0
517	-6,5	0	-29,7	0	0	0
518	-3,1	0	-13,5	0	0	0
519	-0,4	0	-0,4	0	-0,001	0

520	-7,1	-0,2	-72,8	0	0	0
521	-22,3	-0,7	-95	0	0	0
522	-33,4	-1	-112,7	0	0	0
523	-39,9	-0,9	-123,9	0	0	0
524	-42,1	-0,7	-128,3	0	0	0
525	-40,4	-0,2	-125,5	0	0	0
526	-34,9	-0,1	-114,9	0	0	0
527	-27,3	-0,1	-98,4	0	0	0
528	-19,1	-0,3	-77,8	0	0	0
529	-14,3	0	-61,2	0	0	0
530	-10,5	0,2	-44,1	0	0	0
531	-6,8	-0,2	-69,2	0	0	0
532	-21,8	-1,2	-91,5	0	0	0
533	-32,9	-1,7	-109,2	0	0	0
534	-39,4	-1,7	-120,6	0	0	0
535	-41,8	-1,2	-125,3	0	0	0
536	-40,4	-0,2	-123,2	0	0	0
537	-35	-0,1	-112,8	0	0	0
538	-27,4	-0,1	-96	0	0	0
539	-18,9	-0,4	-74,3	0	0	0
540	-14,1	0,1	-57,5	0	0	0
541	-9,1	-0,1	-66,3	0	0	0
542	-25,3	-1,5	-90,5	0	0	0
543	-37,1	-2,5	-109,4	0	0	0
544	-44	-2,5	-121,3	0	0	0
545	-46,2	-1,9	-125,7	0	0	0
546	-44,3	-0,4	-122,6	0	0	0
547	-38,7	-0,2	-111,3	0	0	0
548	-31	-0,1	-94	0	0	0
549	-22,3	-1,7	-71,4	0	0	0
550	-19,7	-2,3	-63,5	0	0	0
551	-9	1	-59	0	0	0
552	-24,8	-0,5	-83,2	0	0	0
553	-36,5	-2	-102,4	0	0	0
554	-43,4	-2,3	-114,7	0	0	0
555	-46	-1,7	-119,9	0	0	0
556	-44,6	-0,1	-117,7	0	0	0
557	-39,4	0,1	-107	0	0	0
558	-31,7	0,2	-89,5	0	0	0
559	-23,2	-3,3	-65,7	0	0	0
560	-10,5	2,3	-52,2	0	0	0
561	-27,2	0,3	-78,2	0	0	0
562	-39,1	-1,5	-98,3	0	0	0
563	-46,1	-2	-111	0	0	0
564	-48,4	-1,3	-115,8	0	0	0
565	-46,6	0,5	-112,4	0	0	0
566	-41,3	0,8	-100,9	0	0	0
567	-33,6	0,9	-82,5	0	0	0
568	-26,1	-3,4	-62,3	0	0	0
569	-9,8	5,1	-42	0	0	0
570	-25,2	2,8	-67,4	0	0	0
571	-36,3	0,8	-87,1	0	0	0
572	-42,9	0	-99,8	0	0	0
573	-45,2	0,5	-104,9	0	0	0
574	-43,8	2	-102,3	0	0	0
575	-38,9	2,1	-91,2	0	0	0
576	-31,7	2	-73,3	0	0	0
577	-24,9	-2,2	-54,4	0	0	0
578	-10	8,4	-32	0	0	0
579	-24,8	5,7	-57,7	0	0	0
580	-35,3	3,4	-77,3	0	0	0
581	-41,1	2,5	-89,3	0	0	0
582	-42,6	2,9	-92,9	0	0	0
583	-40,4	4,5	-88,1	0	0	0
584	-35,8	4,2	-76,9	0	0	0
585	-29,9	3,6	-60,9	0	0	0
586	-22,8	0,5	-39,8	0	0	0
587	-5,1	14,4	-15,8	0	0	0
588	-14,7	12,5	-35,5	0	0	0
589	-21,5	10	-50,4	0	0	0
590	-25,4	8,3	-60,1	0	0	0
591	-26,9	7,6	-64,3	0	0	0
592	-26	8,2	-63,1	0	0	0
593	-22,3	7	-54,4	0	0	0
594	-17,8	5,5	-42,4	0	0	0

595	-12,8	1,5	-28	0	0	0
596	-11	0,2	-22,7	0	0	0
597	-2,3	20,2	-1,9	0	0	0
598	-7,8	20	-16	0	0	0
599	-11,4	18,3	-25,8	0	0	0
600	-13,2	16,8	-31,8	0	0	0
601	-13,5	15,6	-34,3	0	0	0
602	-13,2	15,2	-35,2	0	0	0
603	-0,2	0,2	-0,4	-0,001	-0,001	0
604	-3,2	21,7	7,4	0	0	0
605	-7,4	18,3	-3,7	0	0	0
606	-9,7	12,4	-9,9	0	0	0
607	-7	22,1	11,2	0	0	0
608	-10,9	13,2	4,1	0	0	0
609	-10	19,9	15,6	0	0	0
610	-6	2,9	-14,6	0	0	0
611	-10,2	7,7	-25,4	0	0	0
612	-12,4	11	-32	0	0	0
613	-11,6	18	-30,2	0	0	0
614	-11,4	13,3	-18,4	0	0	0
615	-11,3	12,4	-15,6	0	0	0
616	-11,4	13,9	5,2	0	0	0
617	-12,4	14,9	12	0	0	0
618	-10,3	18,2	15,9	0	0	0
619	-11,3	19	18,9	0	0	0
620	-9,3	21,1	20,7	0	0	0
621	-3,3	0	-13,2	0	0	0
622	-6,8	0,2	-29,1	0	0	0
623	-7,1	0,3	-72,8	0	0	0
624	-22,3	0,8	-95,1	0	0	0
625	-33,4	1,1	-112,8	0	0	0
626	-39,9	1	-124	0	0	0
627	-42,1	0,7	-128,3	0	0	0
628	-40,4	0,2	-125,6	0	0	0
629	-34,9	0,1	-114,9	0	0	0
630	-27,3	0,1	-98,5	0	0	0
631	-19,1	0,3	-77,8	0	0	0
632	-14,3	0	-61,2	0	0	0
633	-10,5	-0,2	-44,1	0	0	0
634	-6,9	0,4	-69,2	0	0	0
635	-21,9	1,3	-91,5	0	0	0
636	-32,9	1,8	-109,2	0	0	0
637	-39,5	1,8	-120,7	0	0	0
638	-41,8	1,3	-125,3	0	0	0
639	-40,4	0,3	-123,3	0	0	0
640	-35	0,2	-112,8	0	0	0
641	-27,4	0,1	-96	0	0	0
642	-18,9	0,4	-74,3	0	0	0
643	-14,1	0	-57,5	0	0	0
644	-9,1	0,3	-66,4	0	0	0
645	-25,3	1,6	-90,6	0	0	0
646	-37,1	2,6	-109,4	0	0	0
647	-44	2,6	-121,4	0	0	0
648	-46,2	2	-125,8	0	0	0
649	-44,4	0,5	-122,7	0	0	0
650	-38,7	0,2	-111,4	0	0	0
651	-31	0,2	-94	0	0	0
652	-22,3	1,8	-71,4	0	0	0
653	-19,7	2,4	-63,5	0	0	0
654	-9	-0,8	-59,1	0	0	0
655	-24,8	0,7	-83,3	0	0	0
656	-36,5	2,1	-102,5	0	0	0
657	-43,4	2,4	-114,8	0	0	0
658	-46	1,7	-120	0	0	0
659	-44,7	0,1	-117,8	0	0	0
660	-39,4	-0,1	-107,1	0	0	0
661	-31,7	-0,2	-89,5	0	0	0
662	-23,2	3,3	-65,7	0	0	0
663	-10,5	-2,2	-52,3	0	0	0
664	-27,2	-0,1	-78,3	0	0	0
665	-39,2	1,6	-98,4	0	0	0
666	-46,1	2,1	-111,1	0	0	0
667	-48,4	1,4	-115,8	0	0	0
668	-46,6	-0,4	-112,5	0	0	0
669	-41,3	-0,7	-101	0	0	0

670	-33,6	-0,9	-82,5	0	0	0
671	-26,1	3,4	-62,3	0	0	0
672	-9,8	-4,9	-42,1	0	0	0
673	-25,2	-2,7	-67,5	0	0	0
674	-36,4	-0,6	-87,3	0	0	0
675	-43	0,1	-99,9	0	0	0
676	-45,3	-0,4	-104,9	0	0	0
677	-43,9	-1,9	-102,4	0	0	0
678	-38,9	-2	-91,2	0	0	0
679	-31,7	-2	-73,3	0	0	0
680	-24,9	2,2	-54,4	0	0	0
681	-10,1	-8,3	-32,2	0	0	0
682	-24,9	-5,6	-57,9	0	0	0
683	-35,3	-3,3	-77,5	0	0	0
684	-41,2	-2,4	-89,4	0	0	0
685	-42,7	-2,8	-93	0	0	0
686	-40,4	-4,5	-88,1	0	0	0
687	-35,8	-4,1	-76,9	0	0	0
688	-29,8	-3,6	-60,9	0	0	0
689	-22,8	-0,5	-39,8	0	0	0
690	-5,2	-14,2	-15,9	0	0	0
691	-14,7	-12,4	-35,6	0	0	0
692	-21,5	-9,9	-50,5	0	0	0
693	-25,5	-8,2	-60,1	0	0	0
694	-26,9	-7,5	-64,3	0	0	0
695	-26	-8,2	-63,1	0	0	0
696	-22,3	-7	-54,4	0	0	0
697	-17,8	-5,5	-42,4	0	0	0
698	-12,7	-1,5	-28	0	0	0
699	-11	-0,2	-22,7	0	0	0
700	-2,4	-20	-2,1	0	0	0
701	-7,9	-19,9	-16,1	0	0	0
702	-11,4	-18,2	-25,9	0	0	0
703	-13,2	-16,7	-31,9	0	0	0
704	-13,5	-15,5	-34,3	0	0	0
705	-13,2	-15,1	-35,2	0	0	0
706	-0,2	-0,2	-0,4	0,001	-0,001	0
707	-3,2	-21,5	7,3	0	0	0
708	-7,4	-18,2	-3,7	0	0	0
709	-9,6	-12,4	-9,9	0	0	0
710	-7,1	-22	11,1	0	0	0
711	-10,9	-13,1	4,1	0	0	0
712	-10	-19,8	15,6	0	0	0
713	-5,9	-2,9	-14,6	0	0	0
714	-10,2	-7,6	-25,4	0	0	0
715	-12,4	-11	-32	0	0	0
716	-11,5	-18	-30,1	0	0	0
717	-11,4	-13,3	-18,3	0	0	0
718	-11,3	-12,4	-15,5	0	0	0
719	-11,4	-13,8	5,2	0	0	0
720	-12,5	-14,8	11,9	0	0	0
721	-10,4	-18,2	15,9	0	0	0
722	-11,3	-18,9	18,8	0	0	0
723	-9,4	-21	20,6	0	0	0
724	-3,3	0	-13,2	0	0	0
725	-6,8	-0,1	-29,1	0	0	0
726	-12,2	11,7	0,7	0	0	0
727	-12,2	-11,7	0,7	0	0	0
728	-11	13,3	-7,7	0	0	0
729	-10,9	-13,3	-7,6	0	0	0
730	14,1	0	-22,6	0	0	0
731	12,8	0	-20,6	0	0	0
732	11,9	0	-19,3	0	0	0
733	10,9	0	-17,8	0	0	0
734	9,7	0	-15,7	0	0	0
735	7,8	0	-12,3	0	0	0
736	4,3	0	-5,9	0	0	0
737	1,1	0	0,6	0	0	0
738	-1,9	0	7	0	0	0
739	-1,9	0	6,9	0	0	0
740	-1,1	0	4,2	0	0	0
741	-0,6	0	2	0	0	0
742	-0,3	0	0,5	0	0	0
743	-0,1	0	-0,5	0	0	0
744	13,9	-0,1	-21,9	0	0	0

745	12,5	-0,2	-19,8	0	0	0
746	11,7	-0,2	-18,7	0	0	0
747	10,8	-0,2	-17,4	0	0	0
748	9,6	-0,1	-15,4	0	0	0
749	7,7	0	-12	0	0	0
750	4,4	-0,1	-5,8	0	0	0
751	1,2	0	0,5	0	0	0
752	-1,6	0,1	6,7	0	0	0
753	-1,3	0	6,5	0	0	0
754	0	0	3,3	0	0	0
755	13,5	-0,2	-20,9	0	0	0
756	12,4	-0,3	-19,2	0	0	0
757	11,7	-0,4	-18,3	0	0	0
758	11	-0,4	-17,2	0	0	0
759	10	-0,3	-15,4	0	0	0
760	8,3	-0,1	-12,4	0	0	0
761	5,2	-0,2	-6,5	0	0	0
762	2,3	0	-0,8	0	0	0
763	-0,2	0	4,7	0	0	0
764	0,8	-0,2	3,4	0	0	0
765	13	-0,2	-19,6	0	0	0
766	12,3	-0,4	-18,5	0	0	0
767	11,9	-0,5	-17,9	0	0	0
768	11,4	-0,6	-17,2	0	0	0
769	10,6	-0,5	-15,7	0	0	0
770	9,2	-0,2	-13,2	0	0	0
771	6,5	-0,4	-7,9	0	0	0
772	4	-0,2	-2,8	0	0	0
773	1,8	-0,2	2	0	0	0
774	1,8	-0,2	1,8	0	0	0
775	11,7	0,2	-16,8	0	0	0
776	11,2	-0,2	-16,3	0	0	0
777	11	-0,4	-16,1	0	0	0
778	10,7	-0,6	-15,7	0	0	0
779	10,2	-0,5	-14,8	0	0	0
780	9	-0,2	-12,7	0	0	0
781	6,8	-0,5	-8,3	0	0	0
782	4,6	-0,3	-3,9	0	0	0
783	3,2	-0,4	0,3	0	0	0
784	10,2	0,8	-13,8	0	0	0
785	10,2	0,1	-14	0	0	0
786	10,2	-0,3	-14,3	0	0	0
787	10,1	-0,5	-14,5	0	0	0
788	9,8	-0,5	-14	0	0	0
789	8,9	-0,2	-12,5	0	0	0
790	6,9	-0,6	-8,6	0	0	0
791	4,9	-0,4	-4,6	0	0	0
792	3,4	-0,2	-1,4	0	0	0
793	8,4	1,8	-10,1	0	0	0
794	8,6	0,8	-11	0	0	0
795	8,9	0,1	-12	0	0	0
796	9	-0,3	-12,8	0	0	0
797	8,9	-0,4	-13	0	0	0
798	8,3	-0,2	-12,2	0	0	0
799	6,6	-0,7	-8,8	0	0	0
800	4,8	-0,4	-5,2	0	0	0
801	3,4	0	-2,4	0	0	0
802	6,4	3,4	-5,7	0	0	0
803	6,9	2,1	-7	0	0	0
804	7,6	1	-8,7	0	0	0
805	8,3	0,2	-10,3	0	0	0
806	8,7	-0,1	-11,4	0	0	0
807	8,6	-0,1	-11,3	0	0	0
808	7,2	-0,7	-8,3	0	0	0
809	5,8	-0,4	-5	0	0	0
810	4,5	0,7	-1,7	0	0	0
811	4,4	4,9	-1,7	0	0	0
812	5,1	3	-4,2	0	0	0
813	5,9	1,4	-6,9	0	0	0
814	6,6	0,3	-9,5	0	0	0
815	7,1	-0,4	-11,7	0	0	0
816	6,9	-0,3	-12,2	0	0	0
817	5,2	-0,9	-8,8	0	0	0
818	3,6	-0,5	-5,7	0	0	0
819	2,2	0,4	-2,8	0	0	0

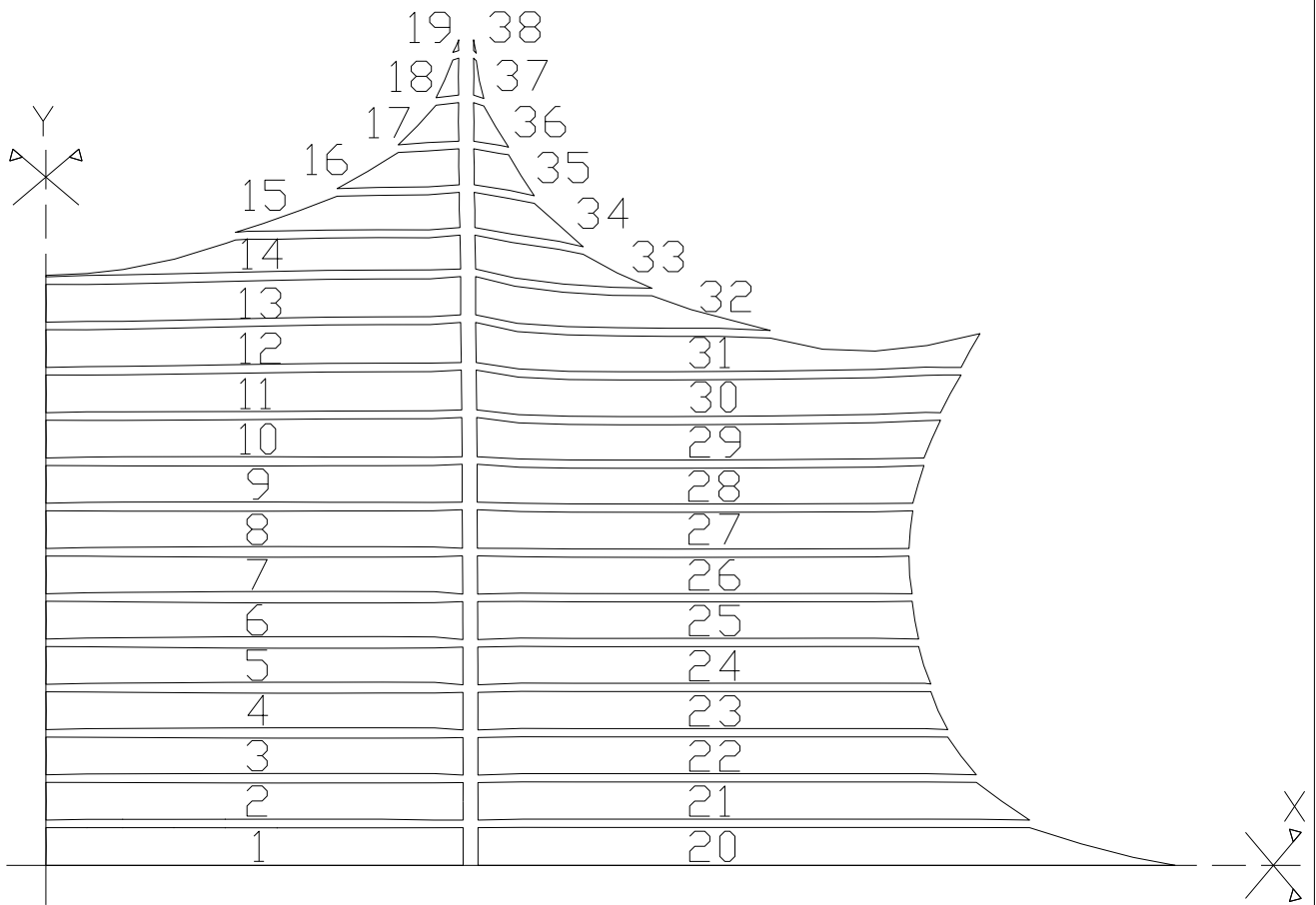
820	1,7	0,1	-1,7	0	0	0
821	2,7	6,9	2,5	0	0	0
822	3,3	4,7	0	0	0	0
823	4	3	-3,1	0	0	0
824	4,8	1,5	-6,2	0	0	0
825	5,2	0,9	-8,5	0	0	0
826	4,7	1,1	-8,5	0	0	0
827	0,2	0,1	-0,4	-0,001	0,001	0
828	1,2	9,3	7	0	0	0
829	1,4	7,6	5	0	0	0
830	2	6	2	0	0	0
831	0,7	11,1	10	0	0	0
832	1,7	8,8	7,3	0	0	0
833	0,9	11,7	11,2	0	0	0
834	1,7	0,5	-2,5	0	0	0
835	2,8	-0,3	-4,6	0	0	0
836	3,9	-0,3	-6,5	0	0	0
837	4	2,7	-5,5	0	0	0
838	3,2	4,4	-1,5	0	0	0
839	2,8	5,5	-1,2	0	0	0
840	1,6	8,6	7,3	0	0	0
841	1,8	9,4	9,8	0	0	0
842	0,6	10,8	10,6	0	0	0
843	1,2	10,9	11,6	0	0	0
844	0,5	11,4	11,5	0	0	0
845	-0,1	0	0,6	0	0	0
846	-0,1	0,1	1,9	0	0	0
847	13,9	0,2	-21,9	0	0	0
848	12,5	0,2	-19,8	0	0	0
849	11,7	0,2	-18,7	0	0	0
850	10,8	0,2	-17,4	0	0	0
851	9,6	0,1	-15,4	0	0	0
852	7,7	0,1	-12	0	0	0
853	4,4	0,1	-5,8	0	0	0
854	1,2	0	0,5	0	0	0
855	-1,6	0	6,7	0	0	0
856	-1,3	0	6,5	0	0	0
857	0	0	3,3	0	0	0
858	13,5	0,2	-20,9	0	0	0
859	12,4	0,3	-19,2	0	0	0
860	11,7	0,4	-18,3	0	0	0
861	11	0,4	-17,2	0	0	0
862	10	0,3	-15,4	0	0	0
863	8,3	0,1	-12,4	0	0	0
864	5,2	0,2	-6,6	0	0	0
865	2,3	0	-0,8	0	0	0
866	-0,2	0	4,7	0	0	0
867	0,8	0,2	3,4	0	0	0
868	13	0,2	-19,6	0	0	0
869	12,3	0,4	-18,5	0	0	0
870	11,9	0,6	-17,9	0	0	0
871	11,4	0,6	-17,2	0	0	0
872	10,6	0,5	-15,7	0	0	0
873	9,2	0,3	-13,2	0	0	0
874	6,5	0,4	-7,9	0	0	0
875	4	0,2	-2,8	0	0	0
876	1,8	0,2	2	0	0	0
877	1,8	0,3	1,8	0	0	0
878	11,7	-0,2	-16,8	0	0	0
879	11,2	0,2	-16,3	0	0	0
880	11	0,5	-16,1	0	0	0
881	10,7	0,6	-15,7	0	0	0
882	10,2	0,5	-14,8	0	0	0
883	9	0,2	-12,7	0	0	0
884	6,7	0,5	-8,3	0	0	0
885	4,6	0,3	-3,9	0	0	0
886	3,2	0,4	0,3	0	0	0
887	10,2	-0,8	-13,8	0	0	0
888	10,2	-0,1	-14	0	0	0
889	10,2	0,3	-14,3	0	0	0
890	10,1	0,5	-14,5	0	0	0
891	9,7	0,5	-14	0	0	0
892	8,9	0,2	-12,5	0	0	0
893	6,9	0,7	-8,6	0	0	0
894	4,9	0,4	-4,7	0	0	0

895	3,3	0,2	-1,4	0	0	0
896	8,4	-1,8	-10,1	0	0	0
897	8,6	-0,8	-11	0	0	0
898	8,9	-0,1	-12	0	0	0
899	9	0,3	-12,8	0	0	0
900	8,9	0,4	-13	0	0	0
901	8,3	0,2	-12,2	0	0	0
902	6,6	0,8	-8,8	0	0	0
903	4,8	0,5	-5,2	0	0	0
904	3,4	0	-2,4	0	0	0
905	6,4	-3,4	-5,7	0	0	0
906	6,9	-2	-7	0	0	0
907	7,6	-1	-8,7	0	0	0
908	8,3	-0,2	-10,4	0	0	0
909	8,7	0,2	-11,4	0	0	0
910	8,6	0,1	-11,3	0	0	0
911	7,2	0,7	-8,3	0	0	0
912	5,8	0,4	-5	0	0	0
913	4,5	-0,7	-1,7	0	0	0
914	4,4	-4,9	-1,7	0	0	0
915	5,1	-3	-4,2	0	0	0
916	5,9	-1,4	-7	0	0	0
917	6,6	-0,3	-9,6	0	0	0
918	7,1	0,4	-11,7	0	0	0
919	6,9	0,4	-12,2	0	0	0
920	5,2	1	-8,8	0	0	0
921	3,6	0,6	-5,7	0	0	0
922	2,2	-0,4	-2,8	0	0	0
923	1,7	-0,1	-1,7	0	0	0
924	2,7	-6,9	2,5	0	0	0
925	3,3	-4,7	0	0	0	0
926	4	-2,9	-3,2	0	0	0
927	4,8	-1,5	-6,2	0	0	0
928	5,2	-0,8	-8,5	0	0	0
929	4,7	-1,1	-8,5	0	0	0
930	0,2	-0,1	-0,4	0,001	0,001	0
931	1,1	-9,3	7	0	0	0
932	1,4	-7,6	5	0	0	0
933	2	-5,9	2	0	0	0
934	0,7	-11,1	9,9	0	0	0
935	1,7	-8,8	7,3	0	0	0
936	0,9	-11,7	11,2	0	0	0
937	1,7	-0,5	-2,5	0	0	0
938	2,8	0,3	-4,6	0	0	0
939	3,9	0,3	-6,5	0	0	0
940	4	-2,6	-5,5	0	0	0
941	3,2	-4,4	-1,5	0	0	0
942	2,8	-5,5	-1,2	0	0	0
943	1,6	-8,6	7,3	0	0	0
944	1,8	-9,4	9,8	0	0	0
945	0,6	-10,8	10,5	0	0	0
946	1,2	-10,9	11,5	0	0	0
947	0,5	-11,4	11,5	0	0	0
948	-0,1	0	0,6	0	0	0
949	-0,1	0	1,9	0	0	0
950	2,3	7,2	5,7	0	0	0
951	2,3	-7,2	5,7	0	0	0
952	2,5	6,5	3	0	0	0
953	2,5	-6,5	3	0	0	0
954	0	0	0	-0,002	0	0
955	0	0	0	0	0	0
956	0	0	0	0	0	0
957	0	0	0	0	0,001	0
958	0	0	0	0	0	0
959	0	0	0	0	0	0
960	0	0	0	0,002	0	0
961	0	0	0	0	0	0
962	0	0	0	0	0	0
963	0	0	0	-0,001	0	0
964	0	0	0	0	0	0
965	0	0	0	0	0	0
966	0	0	0	0	-0,002	0
967	0	0	0	0	0	0
968	0	0	0	0	0	0
969	0	0	0	0,001	0	0

970	0	0	0	0	0	0
971	0	0	0	0	0	0

ANEXO 2

Anexo 2.1 - Layout com peças de corte



Título:

Padrão de Corte

Escala:

1/200

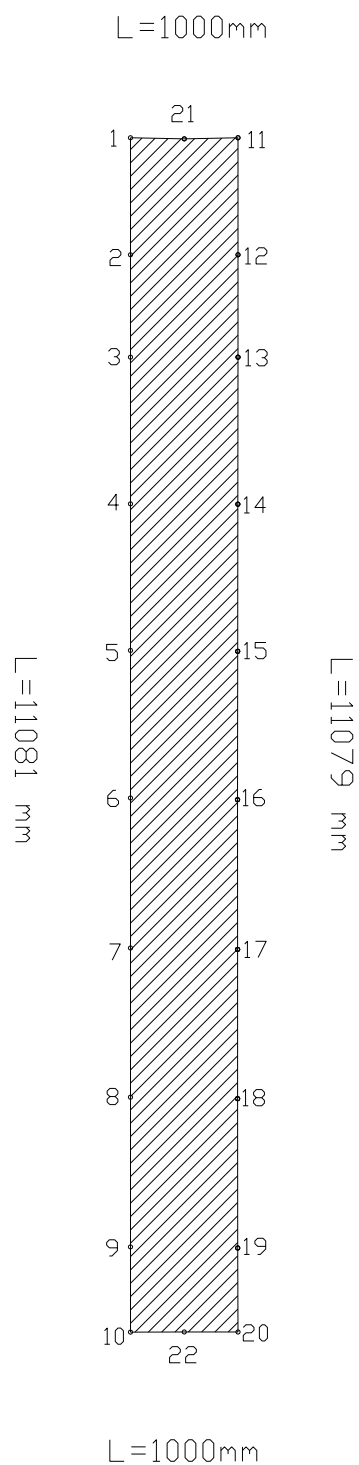
Nome:

Marco Neves nº23821

Data:

Outubro/13

Engenharia Civil - UBI



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	0	0
2	1086	0
3	2035	0
4	3396	0
5	4756	0
6	6125	0
7	7517	0
8	8901	0
9	10290	0
10	11080	0
11	0	1000
12	1086	1000
13	2035	1000
14	3399	998
15	4764	997
16	6141	995
17	7530	996
18	8915	996
19	10300	997
20	11079	1000
21	10	500
22	11079	500

Padrão de Corte:

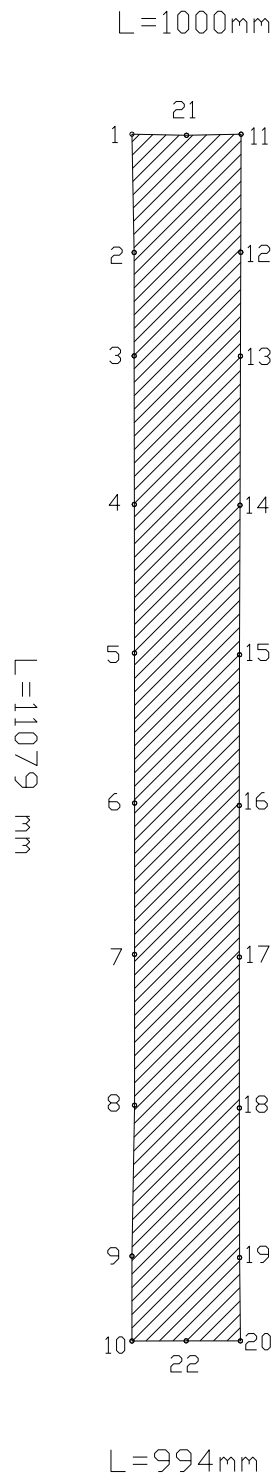
Tira 1

Escala: 1/70

Área: 11,05m²

Data: Outubro/13

UBI



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	0	1000
2	1085	1020
3	2035	1020
4	3399	1021
5	4764	1022
6	6141	1024
7	7530	1023
8	8915	1023
9	10300	1000
10	11079	1000
11	0	2000
12	1084	1997
13	2037	1994
14	3406	1990
15	4779	1985
16	6163	1983
17	7555	1984
18	8940	1984
19	10314	1986
20	11078	1994
21	10	1500
22	11078	1497

Padrão de Corte:

Tira 2

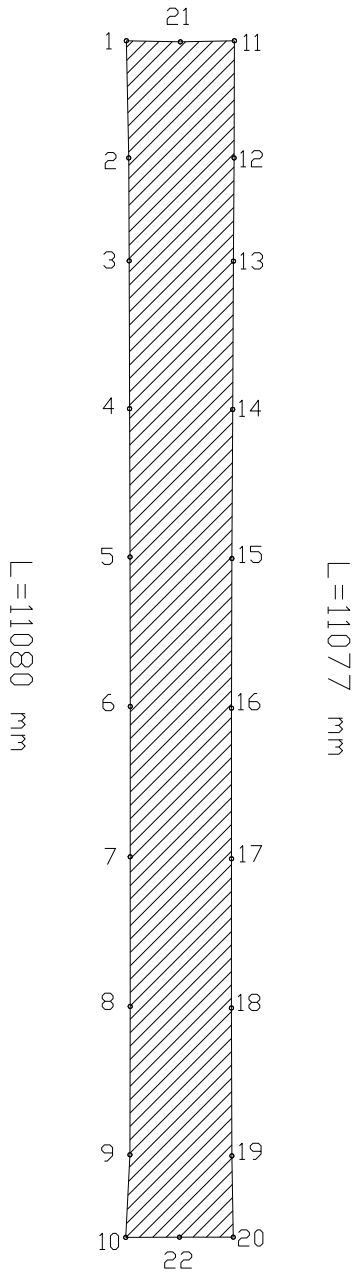
Escala: 1/70

Área: 10,74m²

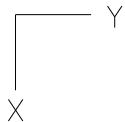
Data: Outubro/13

UBI

L=1000mm



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	0	2000
2	1084	2022
3	2037	2025
4	3406	2029
5	4779	2033
6	6163	2036
7	7555	2035
8	8940	2035
9	10314	2033
10	11078	1994
11	0	3000
12	1084	2997
13	20401	2991
14	3413	2984
15	4793	2976
16	6179	2973
17	7573	2973
18	8955	2972
19	10324	2976
20	11076	2989
21	10	2500
22	11076	2491



Padrão de Corte:

Tira 3

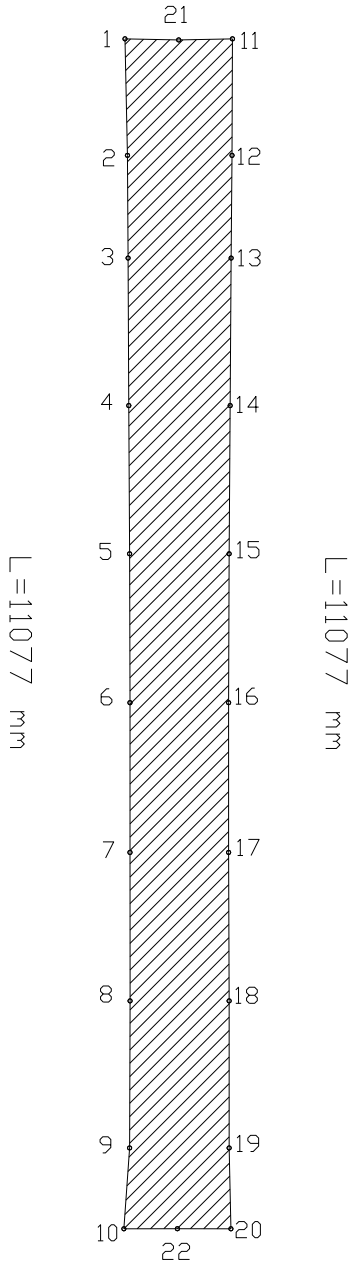
Escala: 1/70

Área: 10,54m²

Data: Outubro/13

UBI

L=1000mm



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	0	3000
2	1084	3022
3	20401	3028
4	3413	3035
5	4793	3042
6	6179	3046
7	7573	3046
8	8955	3047
9	10324	3042
10	11076	2989
11	0	4000
12	1084	3996
13	2040	3988
14	3413	3979
15	4793	3969
16	6179	3964
17	7573	3964
18	8955	3963
19	10324	3969
20	11076	3986
21	10	3500
22	11075	3487

Padrão de Corte:

Tira 4

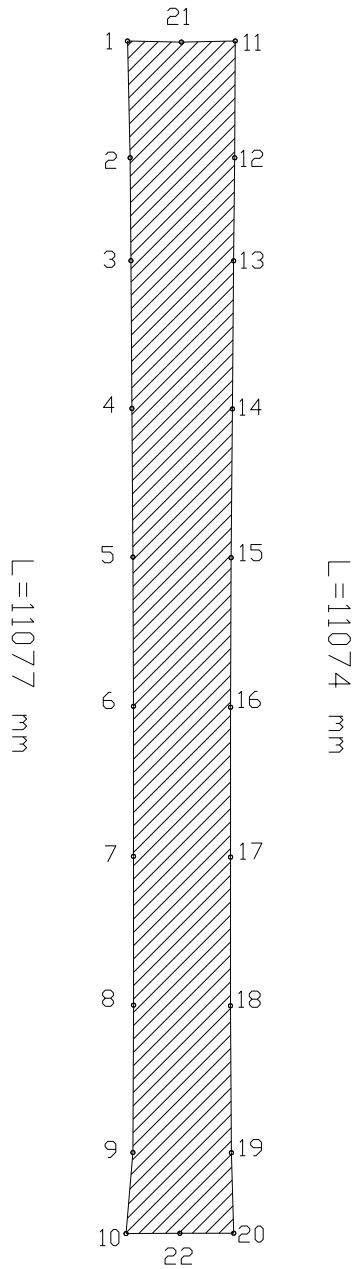
Escala: 1/70

Área: 10,40m²

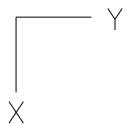
Data: Outubro/13

UBI

L=1000mm



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	0	4000
2	1084	4023
3	2040	4031
4	3413	4040
5	4793	4050
6	6179	4055
7	7573	4055
8	8955	4056
9	10324	4050
10	11076	3986
11	0	5000
12	1084	4995
13	2042	4985
14	3417	4973
15	4799	4961
16	6188	4956
17	7580	4956
18	8961	4956
19	10326	4964
20	11073	4985
21	10	4500
22	11074	4486



Padrão de Corte:

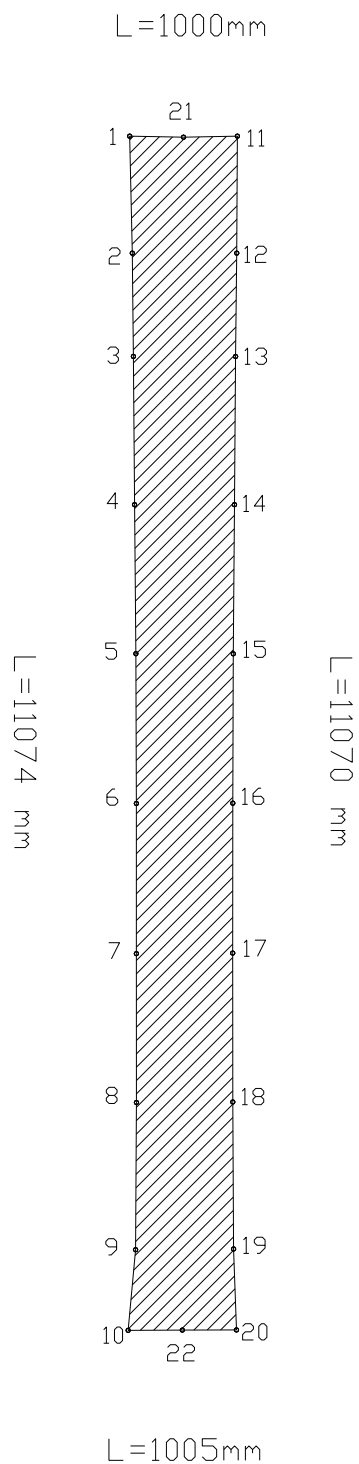
Tira 5

Escala: 1/70

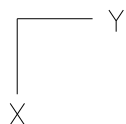
Área: 10,27m²

Data: Outubro/13

UBI

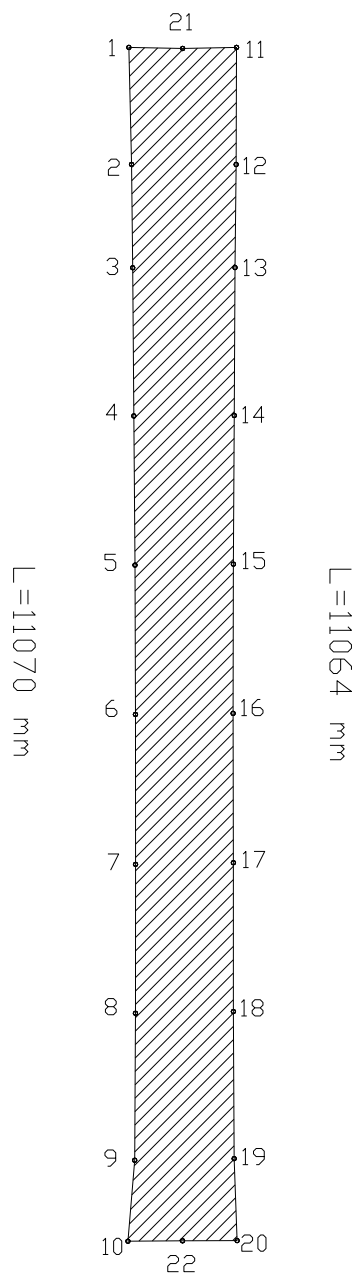


Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	0	5000
2	1084	5024
3	2042	5034
4	3417	5045
5	4799	5057
6	6188	5062
7	7580	5062
8	8961	5063
9	10326	5054
10	11074	4985
11	0	6000
12	1084	5994
13	2043	5983
14	3417	5973
15	4800	5962
16	6185	5957
17	7575	5956
18	8956	5957
19	10319	5964
20	11069	5991
21	10	5500
22	11070	5488

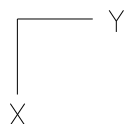


Padrão de Corte:		Tira 6
Escala:	1/70	Área: 10,22m ²
Data:	Outubro/13	UBI

L=1000mm



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	0	6000
2	1084	6025
3	2043	6035
4	3417	6046
5	4800	6057
6	6185	6061
7	7575	6062
8	8956	6061
9	10319	6054
10	11069	5991
11	0	7000
12	1085	6996
13	2041	6985
14	3413	6978
15	4791	6971
16	6175	6968
17	7560	6971
18	8940	6971
19	10304	6978
20	11063	7005
21	10	6500
22	11066	6498



Padrão de Corte:

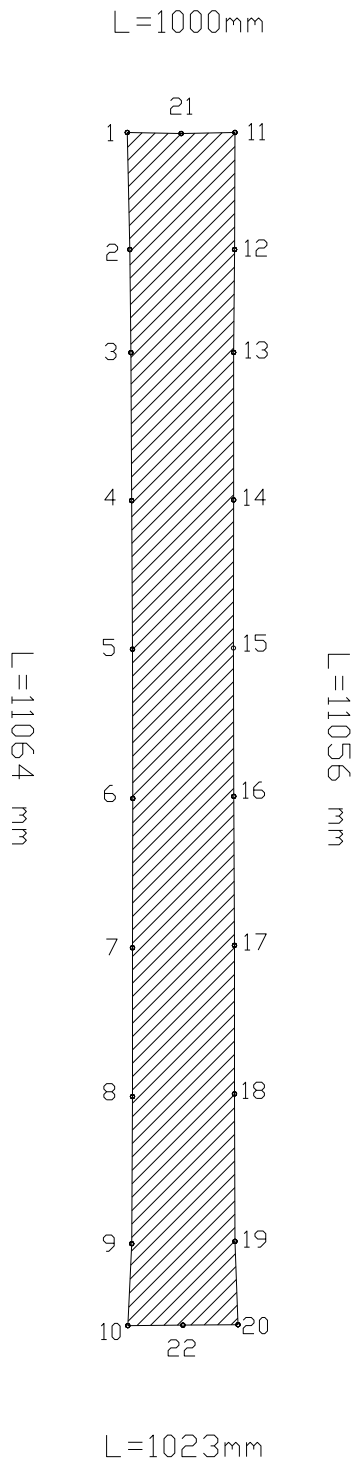
Tira 7

Escala: 1/70

Área: 10,31m²

Data: Outubro/13

UBI



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	0	7000
2	1085	7023
3	2041	7033
4	3413	7040
5	4791	7048
6	6175	7050
7	7560	7048
8	8940	7048
9	10304	7041
10	11063	7005
11	0	8000
12	1085	7996
13	2039	7989
14	3407	7987
15	4780	7986
16	6156	7988
17	7537	7995
18	8915	7995
19	10282	8000
20	11055	8028
21	10	7500
22	11059	7516

Padrão de Corte:

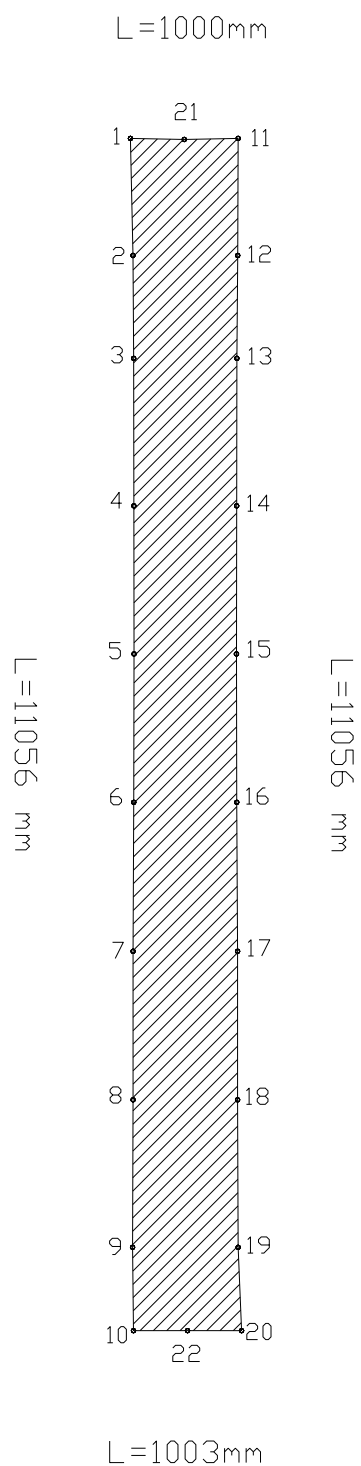
Tira 8

Escala: 1/70

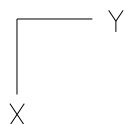
Área: 10,55m²

Data: Outubro/13

UBI



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	0	8000
2	1085	8023
3	2039	8030
4	3407	8031
5	4780	8033
6	6156	8030
7	7537	8024
8	8915	8024
9	10282	8020
10	11055	8028
11	0	9000
12	1085	8996
13	2039	8988
14	3407	8986
15	4780	8984
16	6156	8987
17	7537	8995
18	8915	8995
19	10282	9000
20	11055	9031
21	10	8500
22	11055	8530



Padrão de Corte:

Tira 9

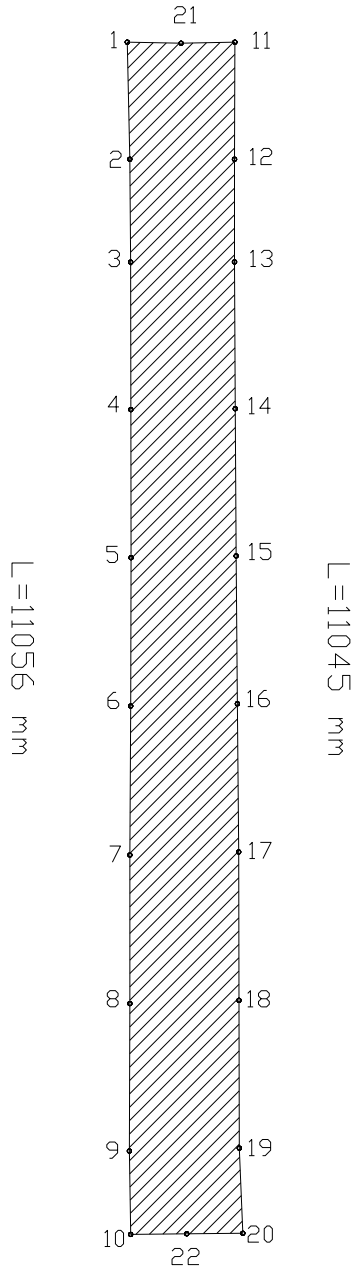
Escala: 1/70

Área: 10,68m²

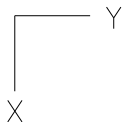
Data: Outubro/13

UBI

L=1000mm



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	0	9000
2	1085	9023
3	2039	9031
4	3407	9033
5	4780	9035
6	6156	9032
7	7537	9024
8	8915	9024
9	10282	9020
10	11055	9031
11	0,0	10000
12	1085	9996
13	2038	9996
14	3399	10002
15	4764	10011
16	6135	10022
17	7509	10034
18	8885	10037
19	10255	10040
20	11044	10073
21	10	9500
22	11049	9552



Padrão de Corte:

Tira 10

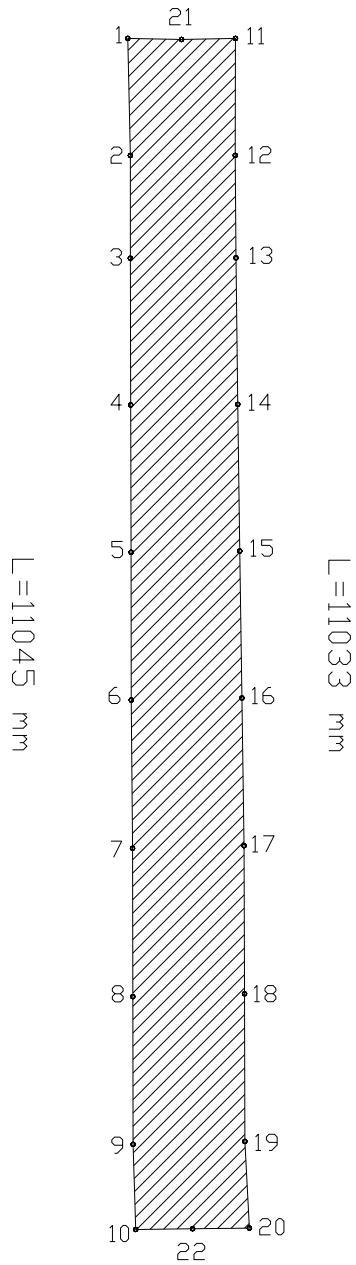
Escala: 1/70

Área: 10,96m²

Data: Outubro/13

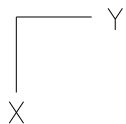
UBI

L=1000mm



L=1015mm

Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	0	10000
2	1085	10023
3	2038	10023
4	3399	10027
5	4764	10031
6	6135	10032
7	7509	10044
8	8885	10047
9	10255	10049
10	11044	10073
11	0	11000
12	1084	10998
13	2035	11004
14	3393	11021
15	4753	11040
16	6116	11060
17	7486	11079
18	8859	11084
19	10228	11087
20	11031	11129
21	10	10500
22	11037	10601



Padrão de Corte:

Tira 11

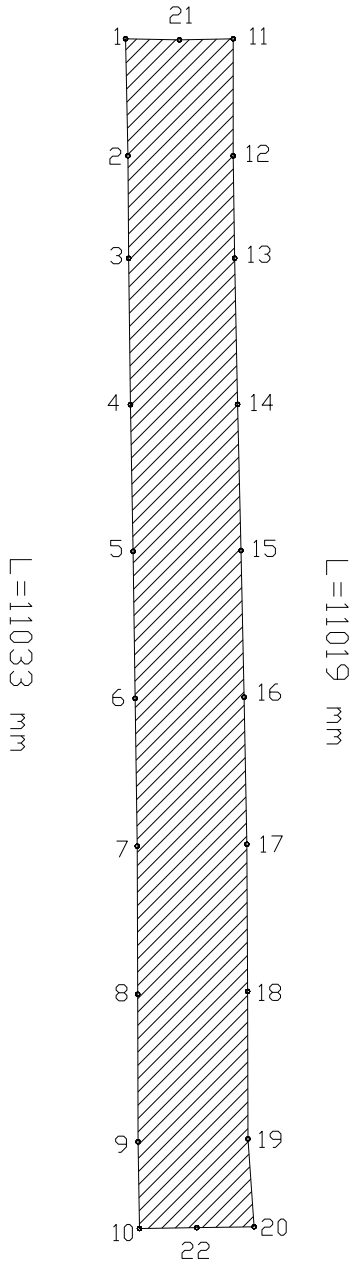
Escala: 1/70

Área: 11,19m²

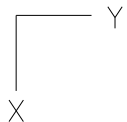
Data: Outubro/13

UBI

L=1000mm



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	0	11000
2	1084	11022
3	2035	11028
4	3393	11045
5	4753	11069
6	6116	11088
7	7486	11108
8	8859	11112
9	10228	11115
10	11031	11129
11	0	12000
12	1085	11999
13	2034	12013
14	3389	12040
15	4745	12071
16	6104	12100
17	7468	12126
18	8833	12133
19	10201	12136
20	11015	12193
21	10	11500
22	11023	11661



Padrão de Corte:

Tira 12

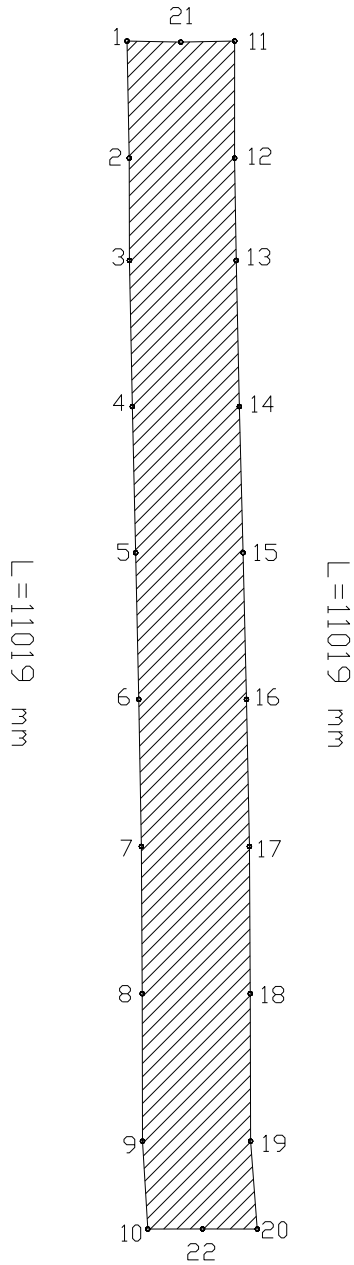
Escala: 1/70

Área: 11,09m²

Data: Outubro/13

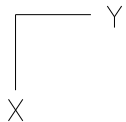
UBI

L=1000mm



L=1016mm

Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	0	12000
2	1085	12020
3	2034	12022
4	3389	12049
5	4745	12080
6	6104	12108
7	7468	12133
8	8833	12140
9	10201	12143
10	11015	12193
11	0	13000
12	1085	12998
13	2034	13014
14	3389	13043
15	4745	13077
16	6104	13109
17	7468	13136
18	8833	13144
19	10201	13147
20	11015	13209
21	10	12500
22	11015	12701



Padrão de Corte:

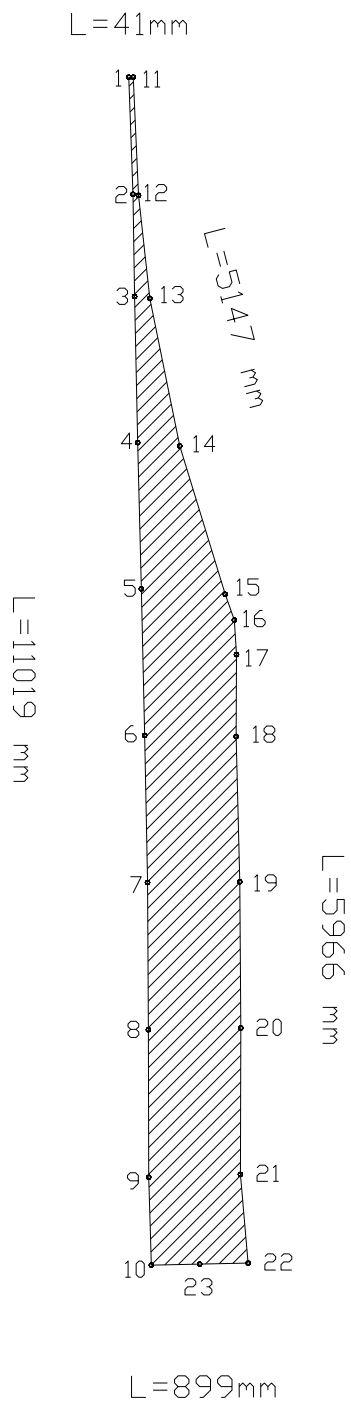
Tira 13

Escala: 1/70

Área: 10,99m²

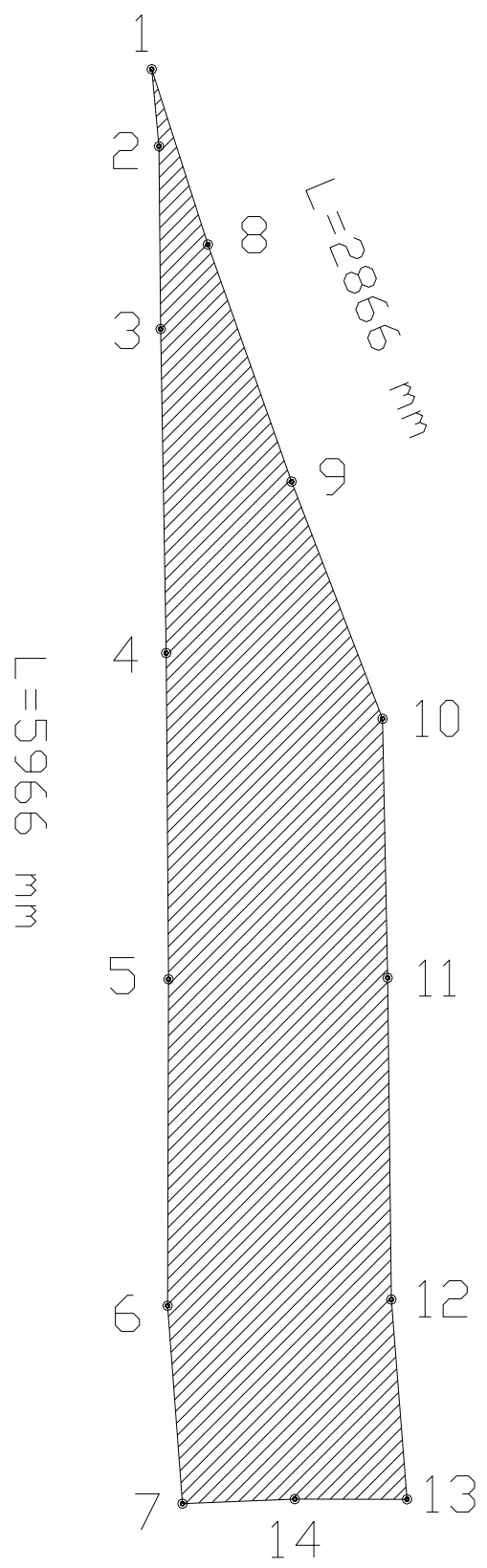
Data: Outubro/13

UBI



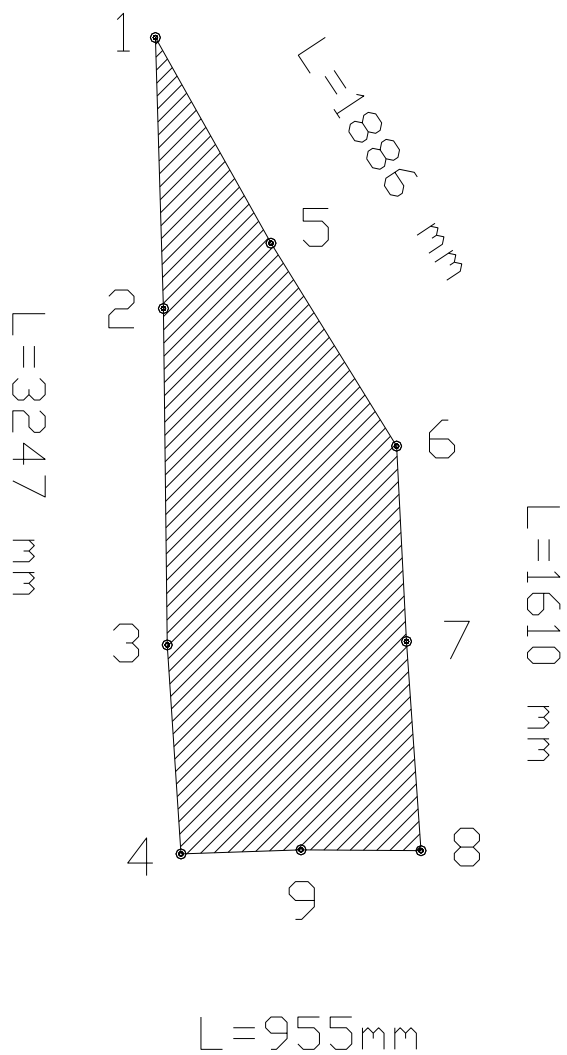
Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	0	13000
2	1085	13039
3	2034	13053
4	3389	13082
5	4745	13116
6	6104	13147
7	7468	13173
8	8833	13181
9	10201	13184
10	11015	13209
11	0	13041
12	1095	13090
13	2051	13195
14	3420	13473
15	4795	13895
16	5034	13980
17	5354	14000
18	6114	13997
20	8817	14040
21	10174	14036
22	10996	14107
23	11006	13658

Padrão de Corte:		Tira 14
Escala:	1/70	Área: 6,64m ²
Data:	Outubro/13	UBI

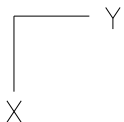


Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	5034	13980
2	5354	14010
3	6114	14017
4	7461	14040
5	8817	14049
6	10174	14045
7	10996	14107
8	5770	14213
9	6756	14561
10	7734	14940
11	8811	14961
12	10148	14976
13	10978	15041
14	10977	14574

Padrão de Corte:		Tira 15
Escala:	1/30	Área: 4,12 m ²
Data:	Outubro/13	UBI



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	7734	14940
2	8811	14972
3	10148	14987
4	10978	15041
5	8551	15400
6	9357	15900
7	10134	15939
8	10965	15997
9	10962	15519



Padrão de Corte:

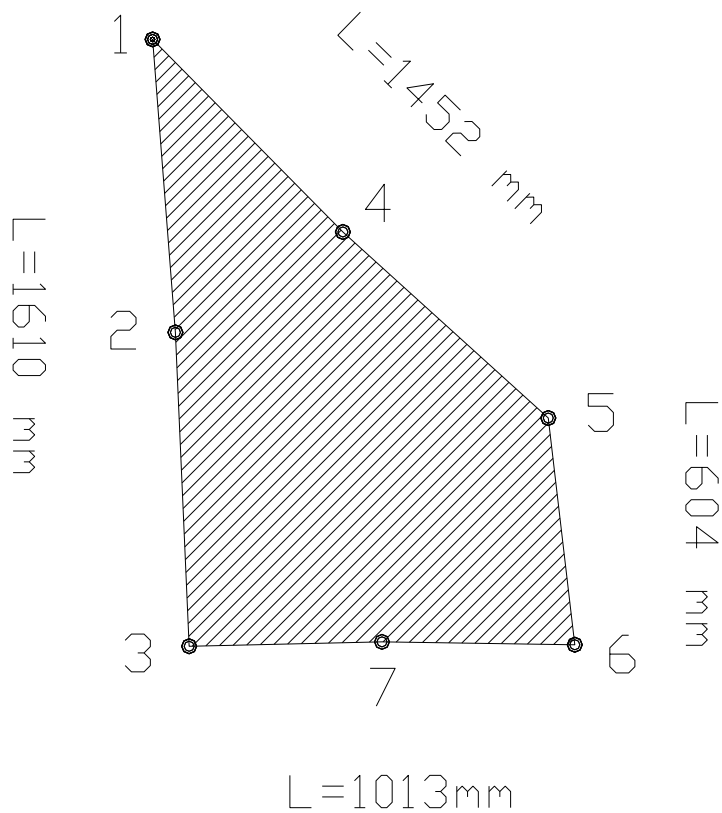
Tira 16

Escala: 1/30

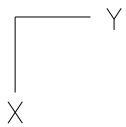
Área: 2,25m²

Data: Outubro/13

UBI



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	9357	15900
2	10134	15939
3	10965	15997
4	9868	16405
5	10361	16950
6	10961	17020
7	10954	16508



Padrão de Corte:

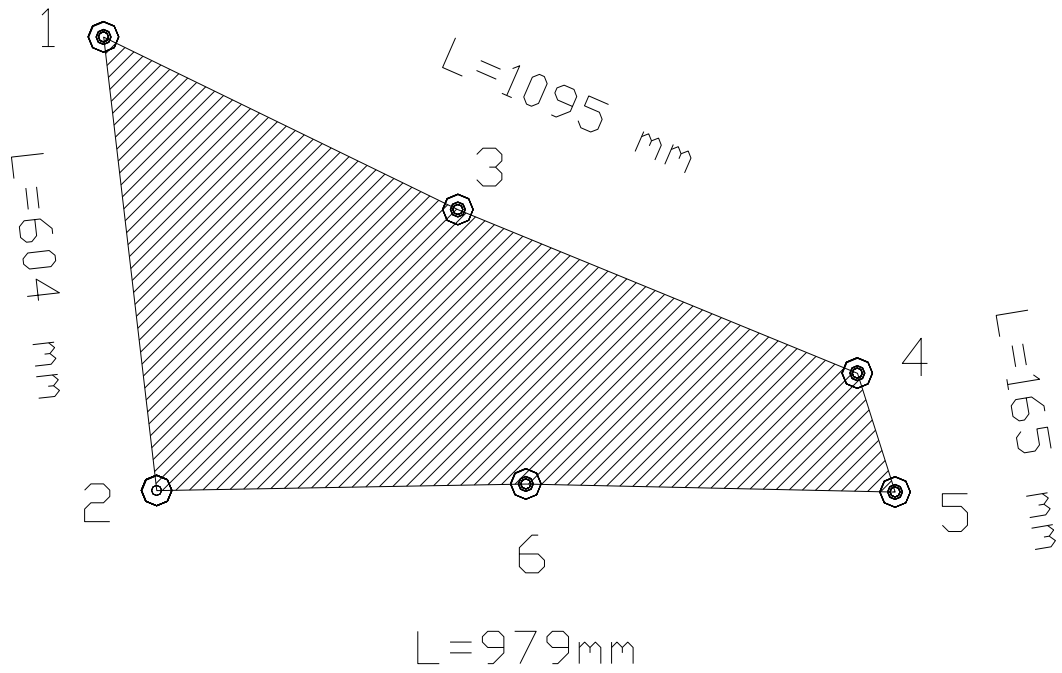
Tira 17

Escala: 1/20

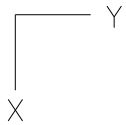
Área: 1,07 m²

Data: Outubro/13

UBI



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	10361	16950
2	10961	17020
3	10589	17420
4	10806	17950
5	10963	18000
6	10953	17510



Padrão de Corte:

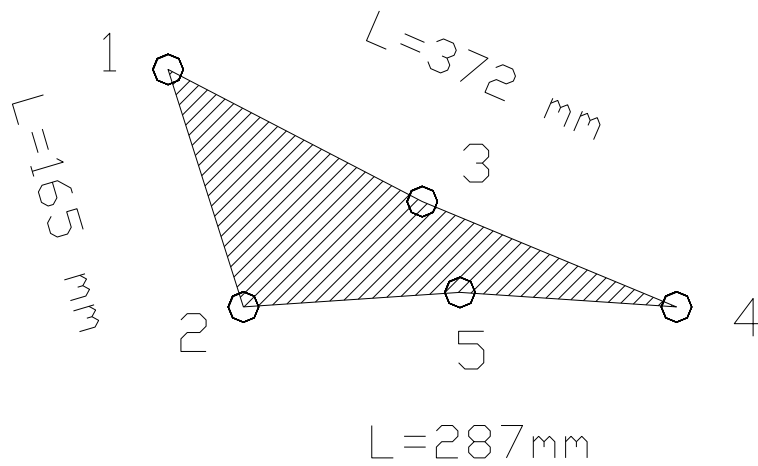
Tira 18

Escala: 1/10

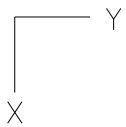
Área: 0,35 m²

Data: Outubro/13

UBI



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	10806	17950
2	10963	18000
3	10893	18118
4	10963	18287
5	10954	18143



Padrão de Corte:

Tira 19

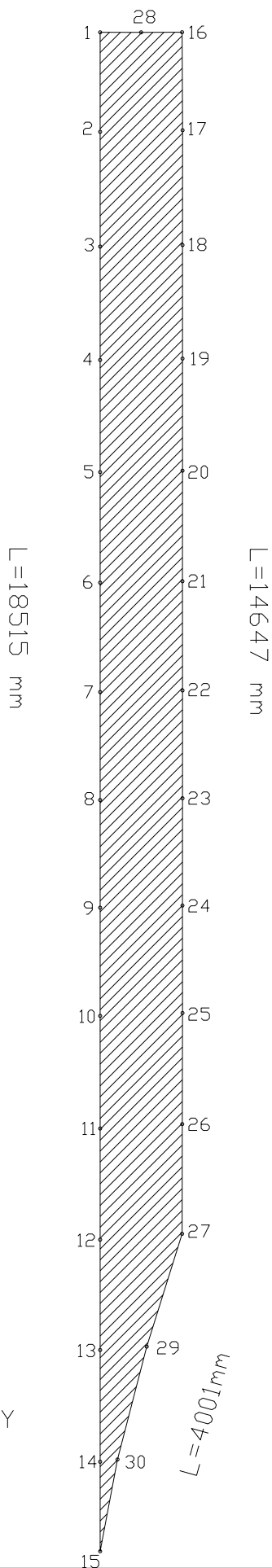
Escala: 1/5

Área: 0,02 m²

Data: Outubro/13

UBI

L=1000mm



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	11080	0
2	12293	0
3	13692	0
4	15075	0
5	16441	0
6	17789	0
7	19122	0
8	20439	0
9	21751	0
10	23070	0
11	24442	0
12	25797	0
13	27142	0
14	28504	0
15	29596	0
16	11079	1000
17	12274	1006
18	13674	1005
19	15058	1005
20	16424	1005
21	17772	1005
22	19103	1005
23	20417	1005
24	21725	1004
25	23035	1005
26	24388	1002
27	25726	1000
28	11080	500
29	27101	569
30	28476	212

Padrão de Corte:

Tira 20

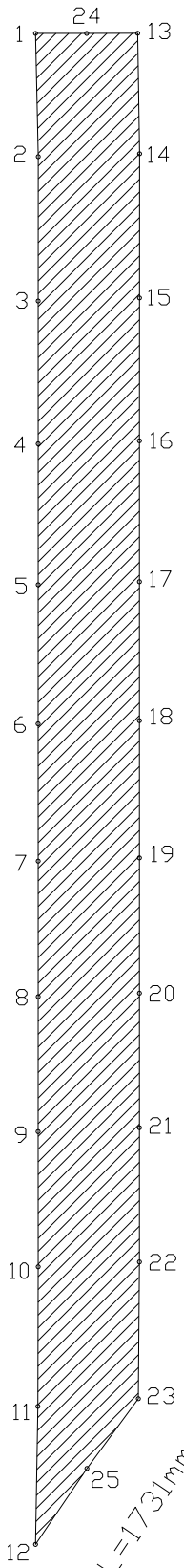
Escala: 1/75

Área: 16,45m²

Data: Outubro/13

UBI

L=994mm



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	11079	1000
2	12274	1026
3	13674	1025
4	15058	1025
5	16424	1025
6	17772	1025
7	19103	1025
8	20417	1025
9	21725	1025
10	23035	1025
11	24388	1022
12	25726	1000
13	11078	1994
14	12246	2012
15	13644	2011
16	15029	2010
17	16395	2010
18	17741	2010
19	19072	2010
20	20383	2010
21	21687	2010
22	22988	2010
23	24313	2000
24	11079	1497
25	24990	1500

Padrão de Corte:

Tira 21

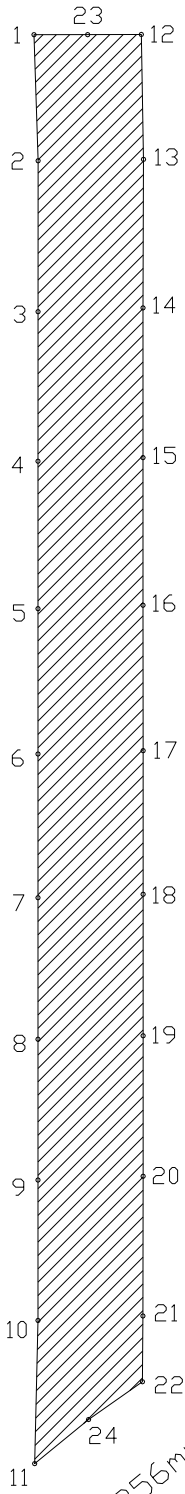
Escala: 1/70

Área: 13,72m²

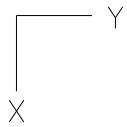
Data: Outubro/13

UBI

L=996mm

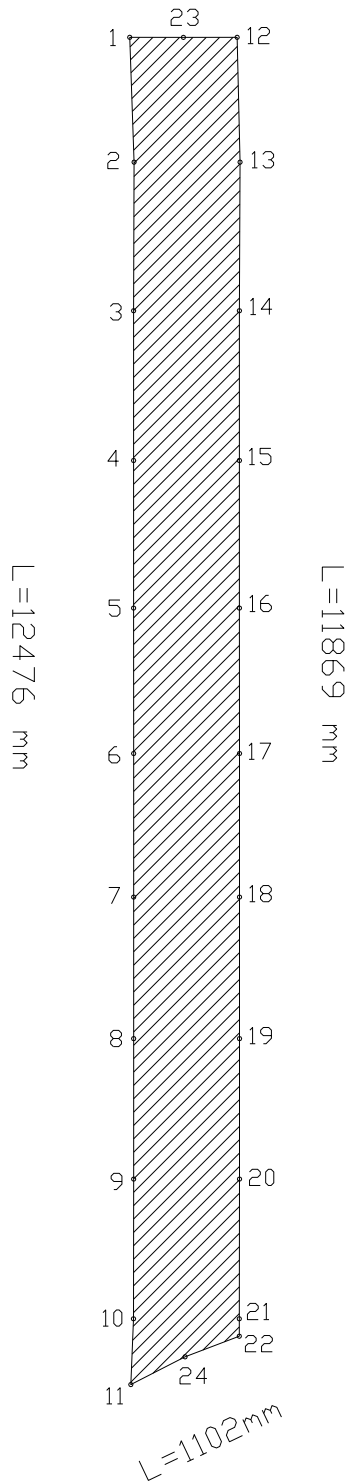


Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	11078	1994
2	12246	2032
3	13644	2031
4	15029	2030
5	16395	2030
6	17741	2030
7	19072	2030
8	20383	2030
9	21687	2030
10	22988	2030
11	24313	2000
12	11076	2989
13	12233	3009
14	13609	3005
15	14996	3005
16	16363	3005
17	17710	3006
18	19040	3006
19	20351	3006
20	21652	3006
21	22946	3004
22	23555	3000
23	11078	2491
24	23905	2500



Padrão de Corte:		Tira 22
Escala:	1/70	Área: 12,54m ²
Data:	Outubro/13	UBI

L=997mm



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	11076	2989
2	12233	3030
3	13609	3025
4	14996	3025
5	16363	3025
6	17710	3026
7	19040	3026
8	20351	3026
9	21652	3026
10	22946	3024
11	23555	3000
12	11076	3986
13	12233	4013
14	13609	4007
15	14996	4007
16	16363	4007
17	17710	4008
18	19040	4008
19	20351	4008
20	21652	4008
21	22946	4006
22	23107	4006
23	11077	3487
24	23298	3503

Padrão de Corte:

Tira 23

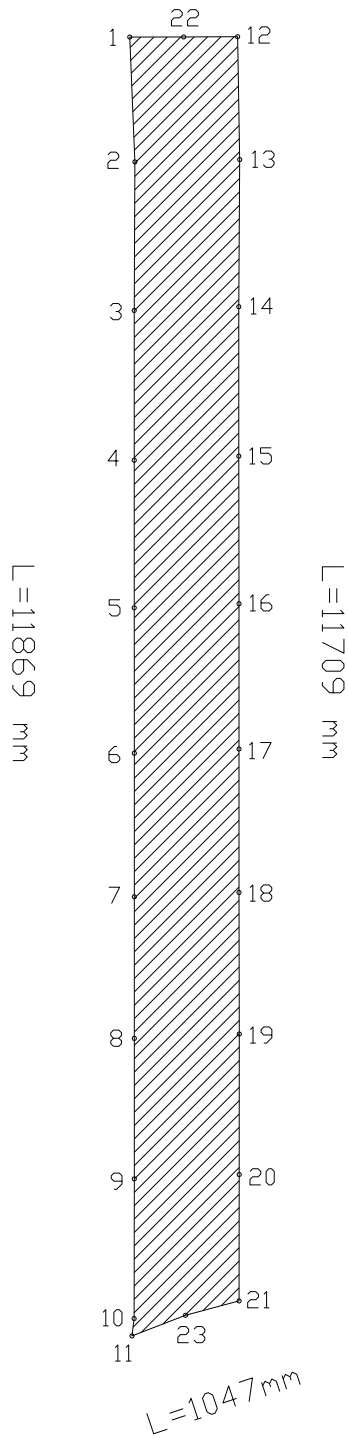
Escala: 1/70

Área: 12,03m²

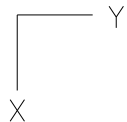
Data: Outubro/13

UBI

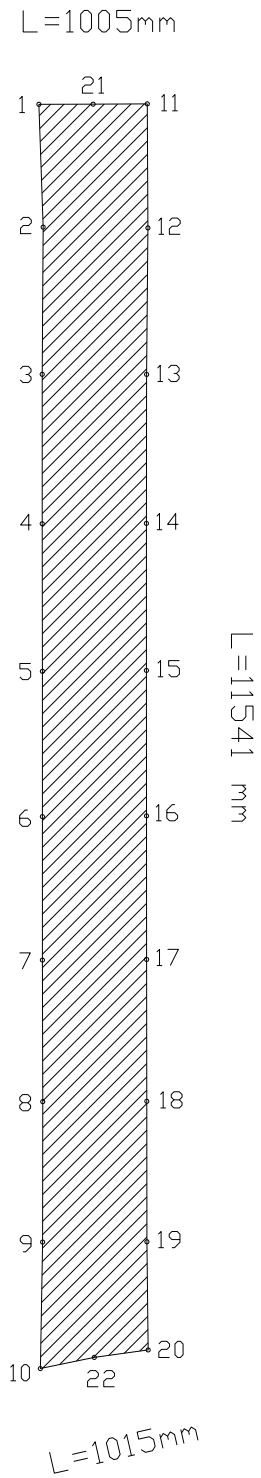
L=999mm



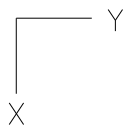
Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	11076	3986
2	12233	4033
3	13609	4027
4	14996	4027
5	16363	4027
6	17710	4028
7	19040	4028
8	20351	4028
9	21652	4028
10	22946	4026
11	23107	4006
12	11073	4985
13	12211	5005
14	13574	4997
15	14958	4997
16	16325	4999
17	17671	4999
18	19000	4999
19	20311	5001
20	21612	5000
21	22783	5000
22	11075	4486
23	22915	4503



Padrão de Corte:		Tira 24
Escala:	1/70	Área: 11,53m ²
Data:	Outubro/13	UBI

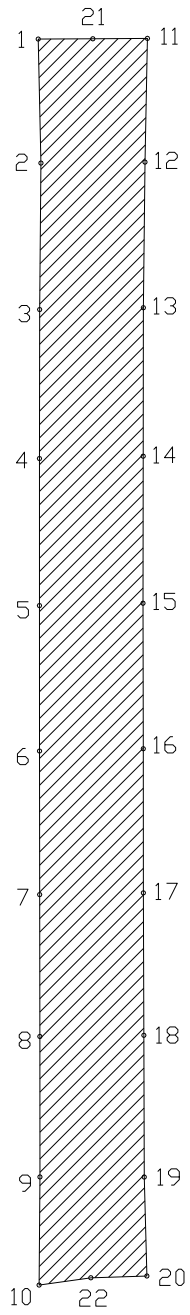


Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	11073	4985
2	12211	5025
3	13574	5017
4	14958	5017
5	16325	5019
6	17671	5019
7	19000	5019
8	20311	5021
9	21612	5020
10	22783	5000
11	11069	5991
12	12218	5997
13	13575	5985
14	14955	5983
15	16317	5983
16	17664	5984
17	18994	5985
18	20308	5987
19	21609	5988
20	22610	6000
21	11072	5488
22	22680	5500



Padrão de Corte:		Tira 25
Escala:	1/70	Área: 11,27 m ²
Data:	Outubro/13	UBI

L = 1013mm

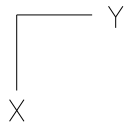


L = 11541 mm

L = 11463 mm

L = 1005mm

Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	11069	5991
2	12218	6017
3	13575	6005
4	14955	6003
5	16317	6003
6	17664	6004
7	18994	6005
8	20308	6007
9	21609	6008
10	22610	6000
11	11063	7005
12	12209	6982
13	13558	6967
14	14933	6965
15	16295	6964
16	17643	6966
17	18978	6967
18	20297	6971
19	21610	6975
20	22526	7000
21	11067	6498
22	22543	6480



Padrão de Corte:

Tira 26

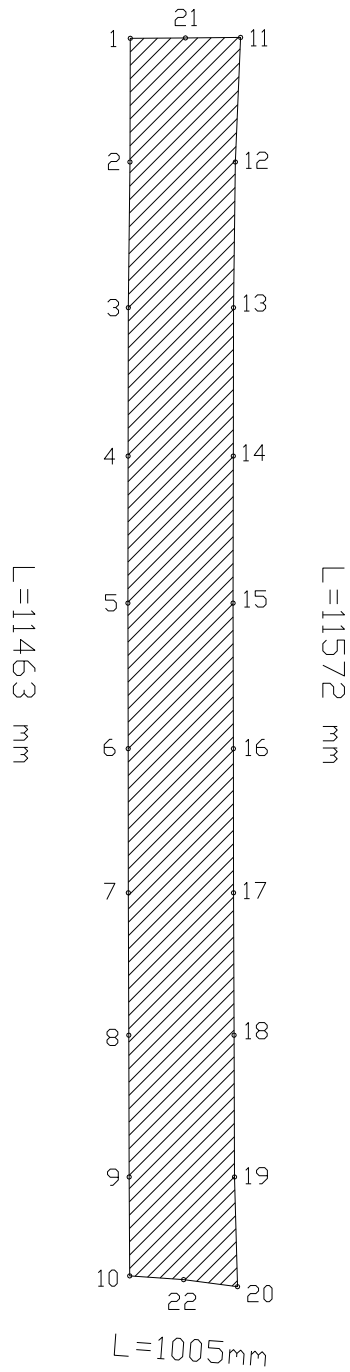
Escala: 1/70

Área: 11,11 m²

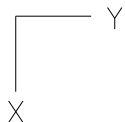
Data: Outubro/13

UBI

L=1023mm



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	11063	7005
2	12209	7002
3	13558	6986
4	14933	6985
5	16295	6983
6	17643	6985
7	18978	6986
8	20297	6991
9	21610	6994
10	22526	7000
11	11055	8028
12	12209	7979
13	13558	7962
14	14933	7960
15	16295	7958
16	17643	7961
17	18978	7962
18	20297	7967
19	21610	7971
20	22626	8000
21	11060	7516
22	22560	7500



Padrão de Corte:

Tira 27

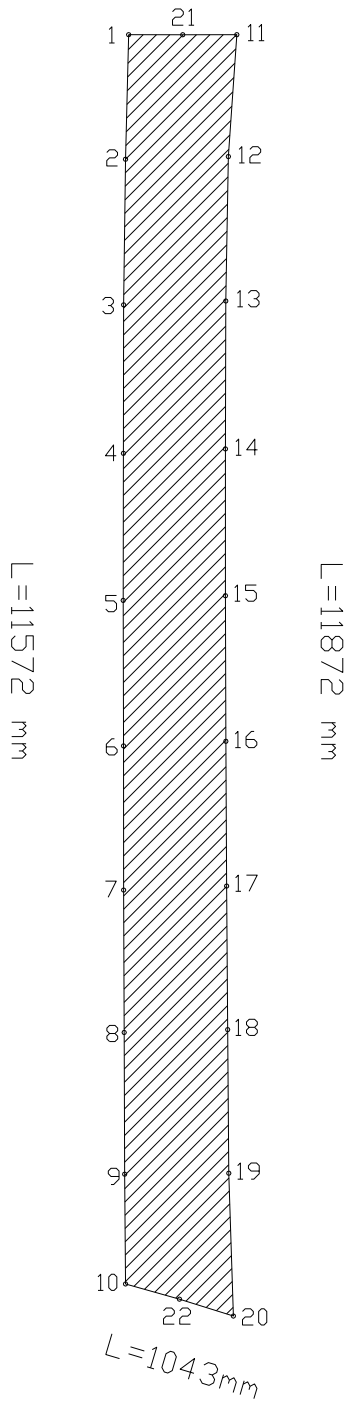
Escala: 1/70

Área: 11,27 m²

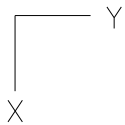
Data: Outubro/13

UBI

L=1003mm



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	11055	8028
2	12209	7999
3	13558	7982
4	14933	7980
5	16295	7978
6	17643	7981
7	18978	7982
8	20297	7987
9	21610	7991
10	22626	8000
11	11055	9031
12	12184	8953
13	13522	8929
14	14892	8926
15	16252	8926
16	17600	8930
17	18941	8937
18	20271	8946
19	21601	8957
20	22924	9000
21	11056	8530
22	22767	8500



Padrão de Corte:

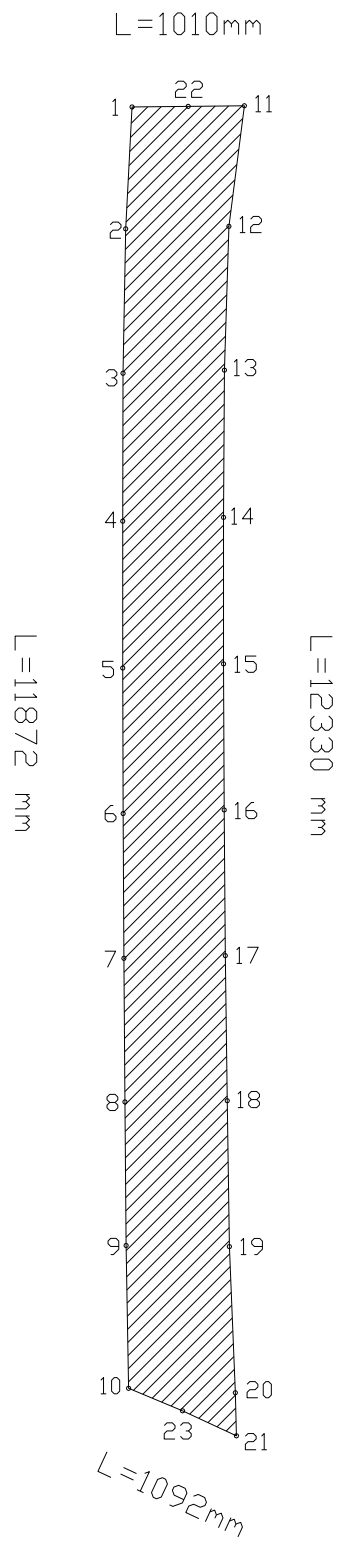
Tira 28

Escala: 1/70

Área: 11,22 m²

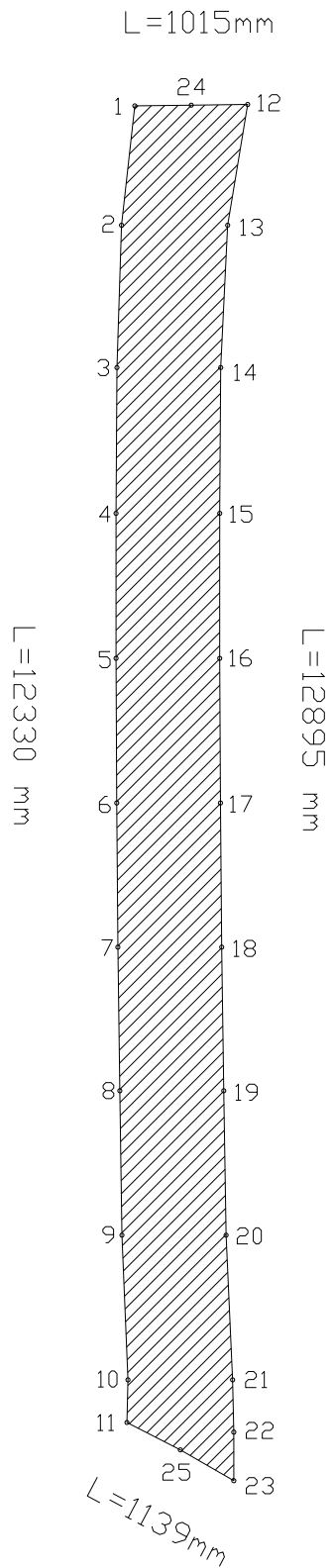
Data: Outubro/13

UBI



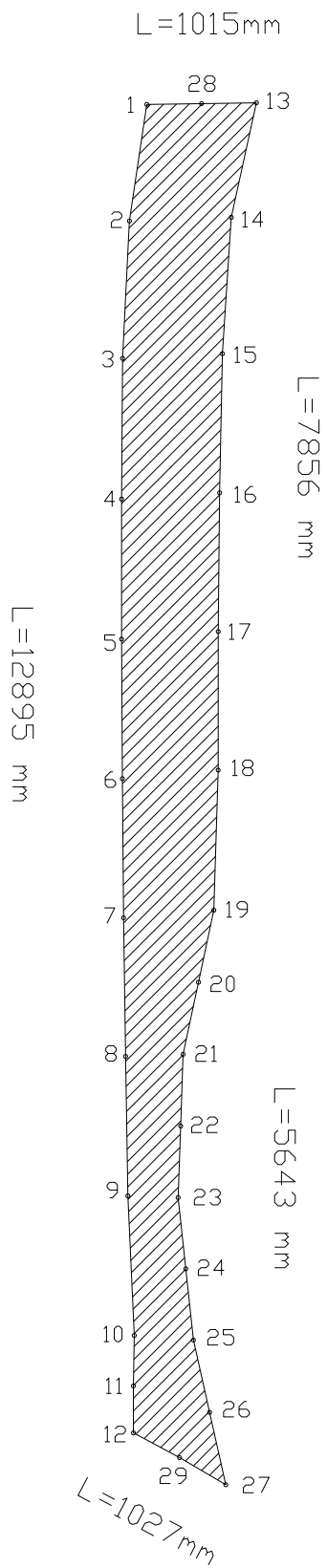
Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	11055	9031
2	12184	8972
3	13522	8948
4	14892	8945
5	16252	8945
6	17600	8949
7	18941	8955
8	20271	8965
9	21601	8976
10	22924	9000
11	11044	10073
12	12161	9930
13	13493	9888
14	14857	9880
15	16214	9880
16	17567	9886
17	18916	9897
18	20260	9914
19	21611	9934
20	22965	9989
21	23363	10000
22	11050	9552
23	23132	9500

Padrão de Corte:		Tira 29
Escala:	1/70	Área: 11,50 m ²
Data:	Outubro/13	UBI



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	11044	10073
2	12161	9949
3	13493	9906
4	14857	9897
5	16214	9897
6	17567	9904
7	18916	9914
8	20260	9933
9	21611	9953
10	22965	10009
11	23363	10000
12	11031	11129
13	12161	10942
14	13493	10877
15	14857	10868
16	16214	10868
17	17567	10875
18	18916	10886
19	20260	10906
20	21611	10927
21	22965	10988
22	23453	11000
23	23908	11000
24	11038	10601
25	23619	10500

Padrão de Corte:		Tira 30
Escala:	1/70	Área: 12,33 m ²
Data:	Outubro/13	UBI



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	11031	11129
2	12161	10961
3	13493	10895
4	14857	10885
5	16214	10885
6	17567	10892
7	18916	10904
8	20260	10924
9	21611	10946
10	22965	11008
11	23453	11000
12	23908	11000
13	11015	12193
14	12126	11949
15	13447	11863
16	14796	11836
17	16141	11823
18	17484	11822
19	18842	11780
20	19540	11631
21	20239	11482
22	20933	11458
23	21628	11434
24	22318	11508
25	23009	11582
26	23709	11739
27	24410	11896
28	11023	11661
29	24148	11448

Padrão de Corte:

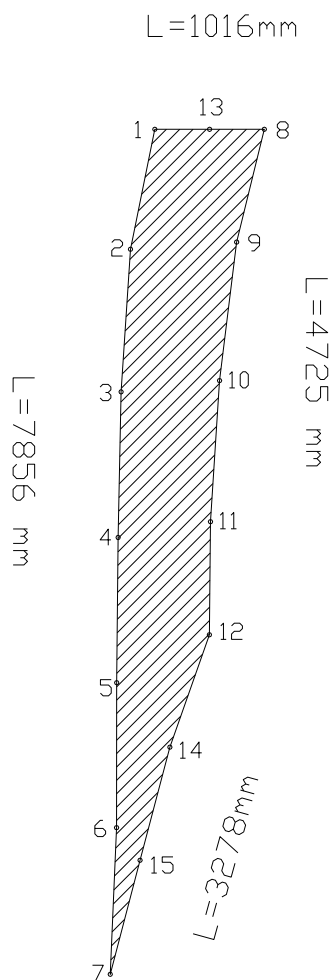
Tira 31

Escala: 1/70

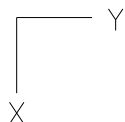
Área: 10,73 m²

Data: Outubro/13

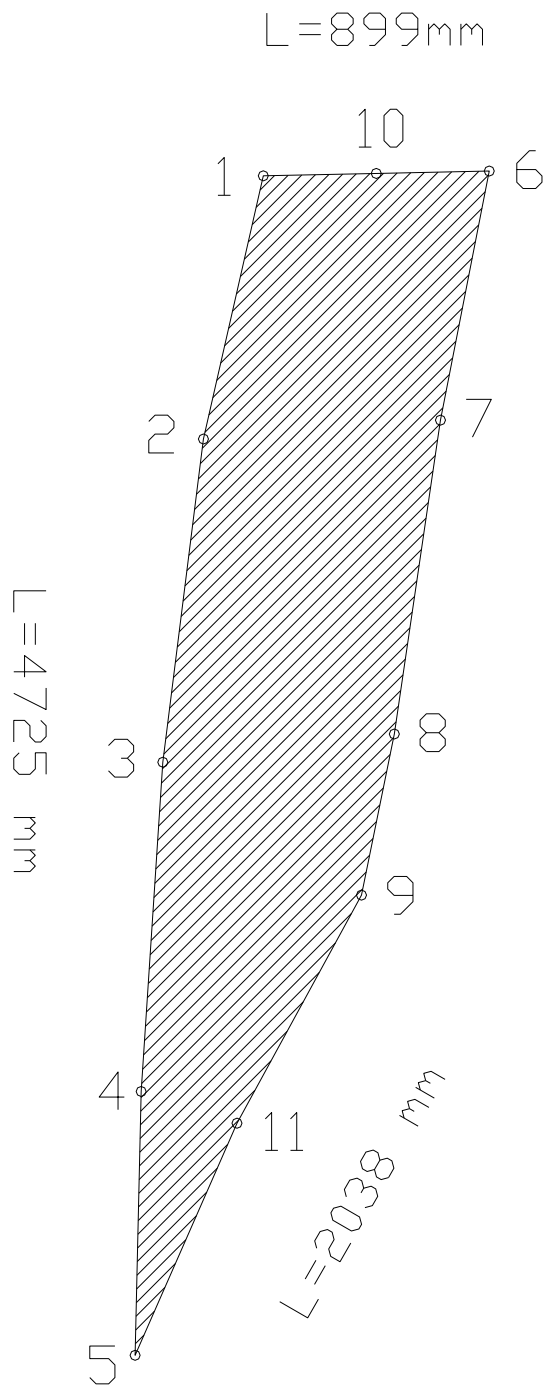
UBI



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	11015	12193
2	12126	11968
3	13447	11880
4	14796	11853
5	16141	11839
6	17484	11838
7	18842	11780
8	11015	13209
9	12060	12952
10	13343	12794
11	14650	12709
12	15697	12700
13	11015	12701
14	16738	12333
15	17785	12056

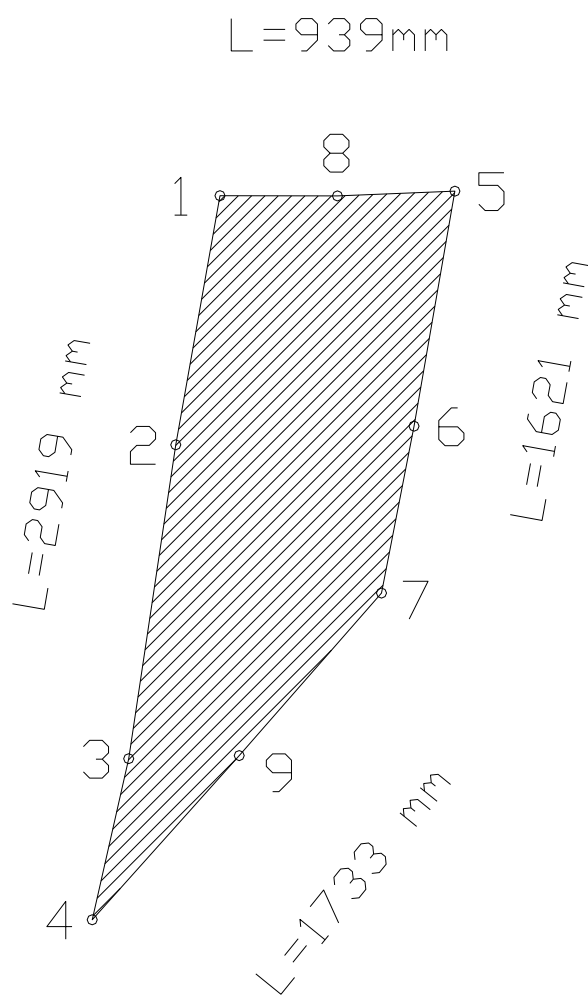


Padrão de Corte:		Tira 32
Escala:	1/70	Área: 5,50 m ²
Data:	Outubro/13	UBI

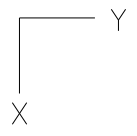


Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	11015	13209
2	12060	12971
3	13343	12810
4	14650	12724
5	15697	12700
6	10996	14107
7	11985	13913
8	13231	13730
9	13870	13600
10	11006	13658
11	14776	13105

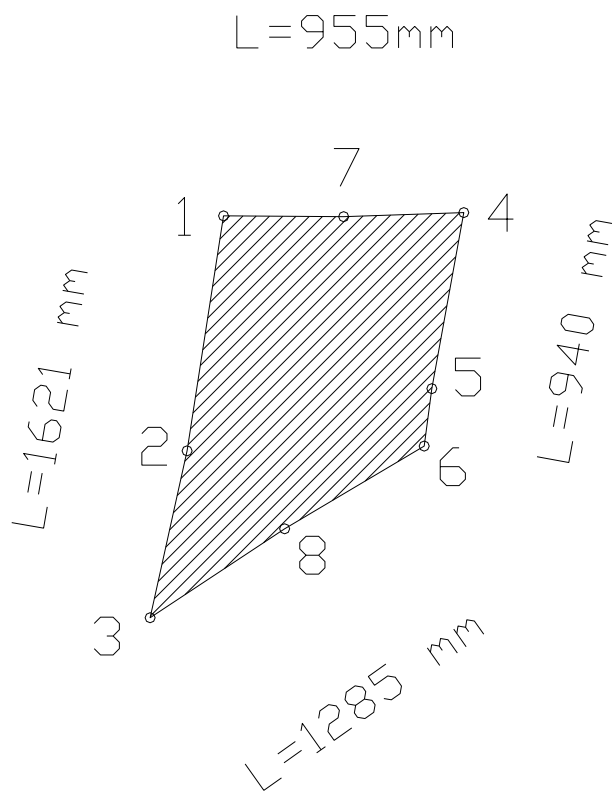
Padrão de Corte:		Tira 33
Escala:	1/30	Área: 3,32 m ²
Data:	Outubro/13	UBI



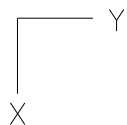
Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	10996	14107
2	11985	13932
3	13231	13745
4	13870	13600
5	10978	15041
6	11911	14879
7	12573	14750
8	10997	14574
9	13219	14184



Padrão de Corte:		Tira 34
Escala:	1/30	Área: 2,04 m ²
Data:	Outubro/13	UBI



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	10978	15041
2	11911	14896
3	12573	14750
4	10965	15997
5	11664	15870
6	11892	15839
7	10981	15519
8	12220	15284



Padrão de Corte:

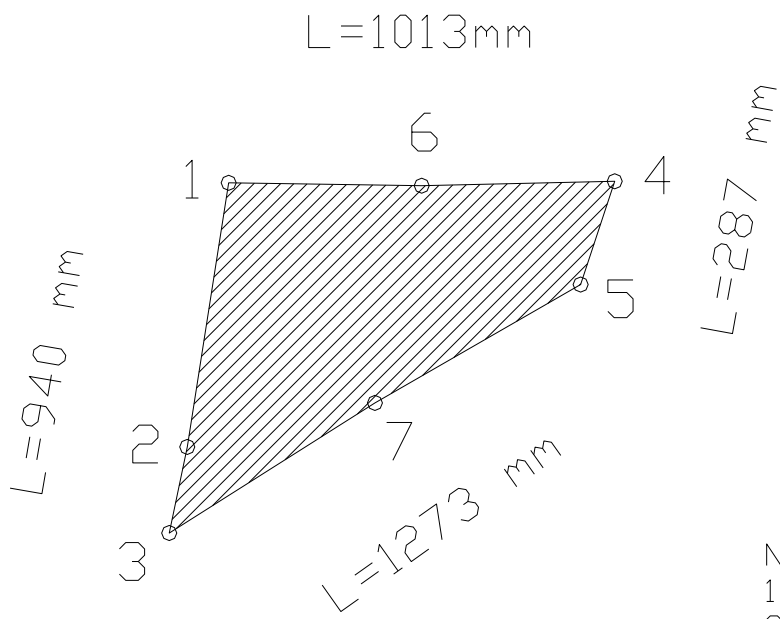
Tira 35

Escala: 1/30

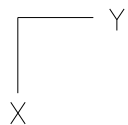
Área: 1,17 m²

Data: Outubro/13

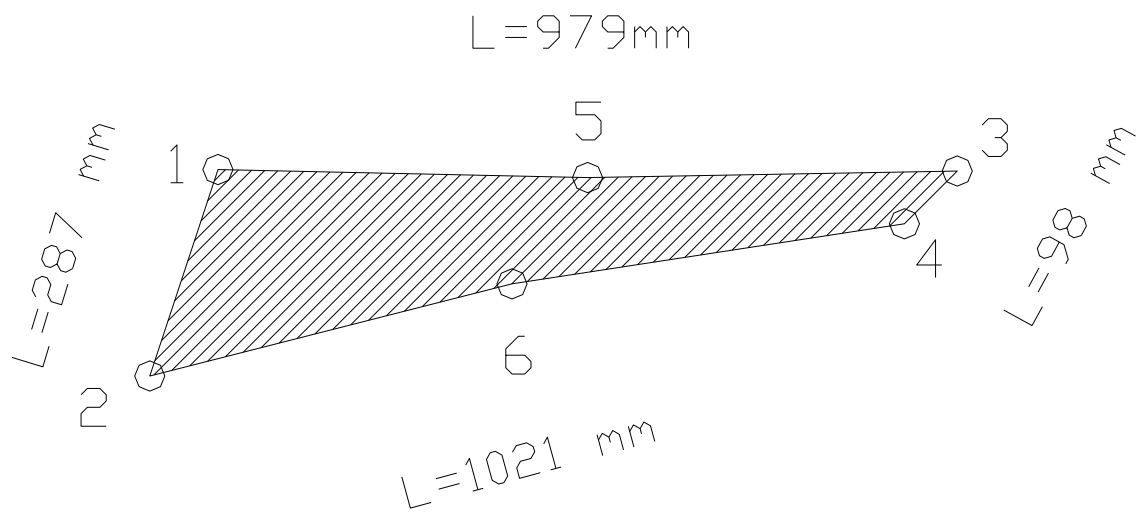
UBI



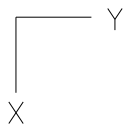
Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	10964	15997
2	11664	15887
3	11892	15839
4	10961	17020
5	11234	16930
6	10973	16508
7	11548	16384



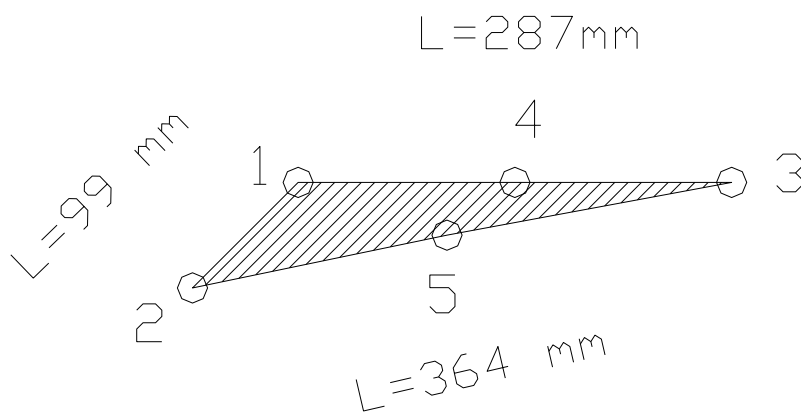
Padrão de Corte:		Tira 36
Escala:	1/20	Área: 0,58 m ²
Data:	Outubro/13	UBI



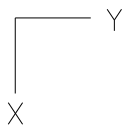
Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	10961	17020
2	11234	16930
3	10963	18000
4	11033	17930
5	10972	17510
6	11112	17410



Padrão de Corte:		Tira 37
Escala:	1/10	Área: 0,14 m ²
Data:	Outubro/13	UBI



Nr.	X[mm]	Y[mm]
1	10963	18000
2	11033	17930
3	10963	18287
4	10973	18143
5	10988	18098



Padrão de Corte:

Tira 38

Escala: 1/5

Área: 0,01 m²

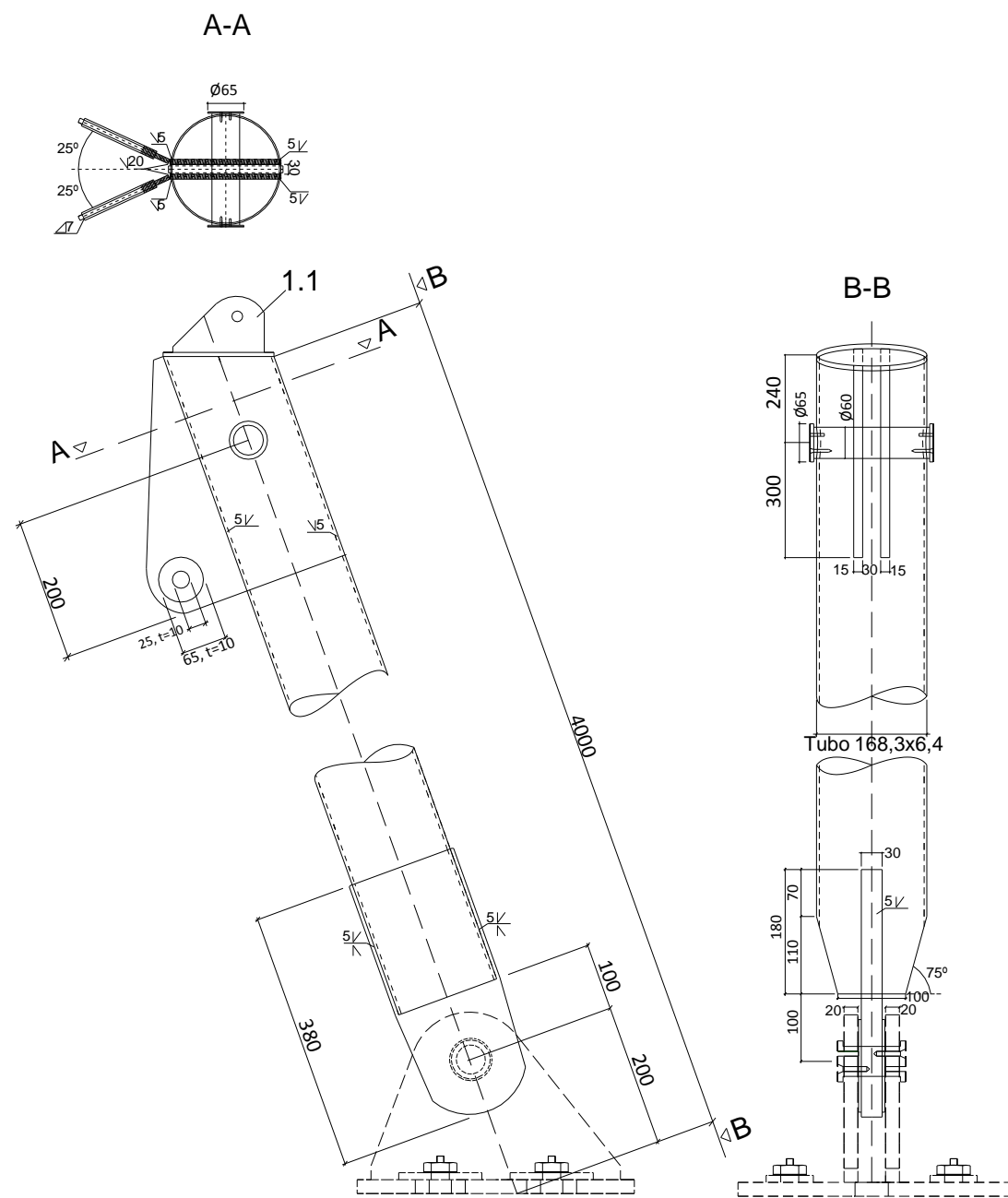
Data: Outubro/13

UBI

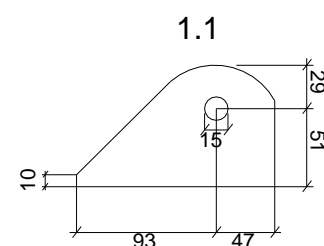
Anexo 2.2 - Pormenores de ligação

Pormenor fundação-mastro

Escala 1:10

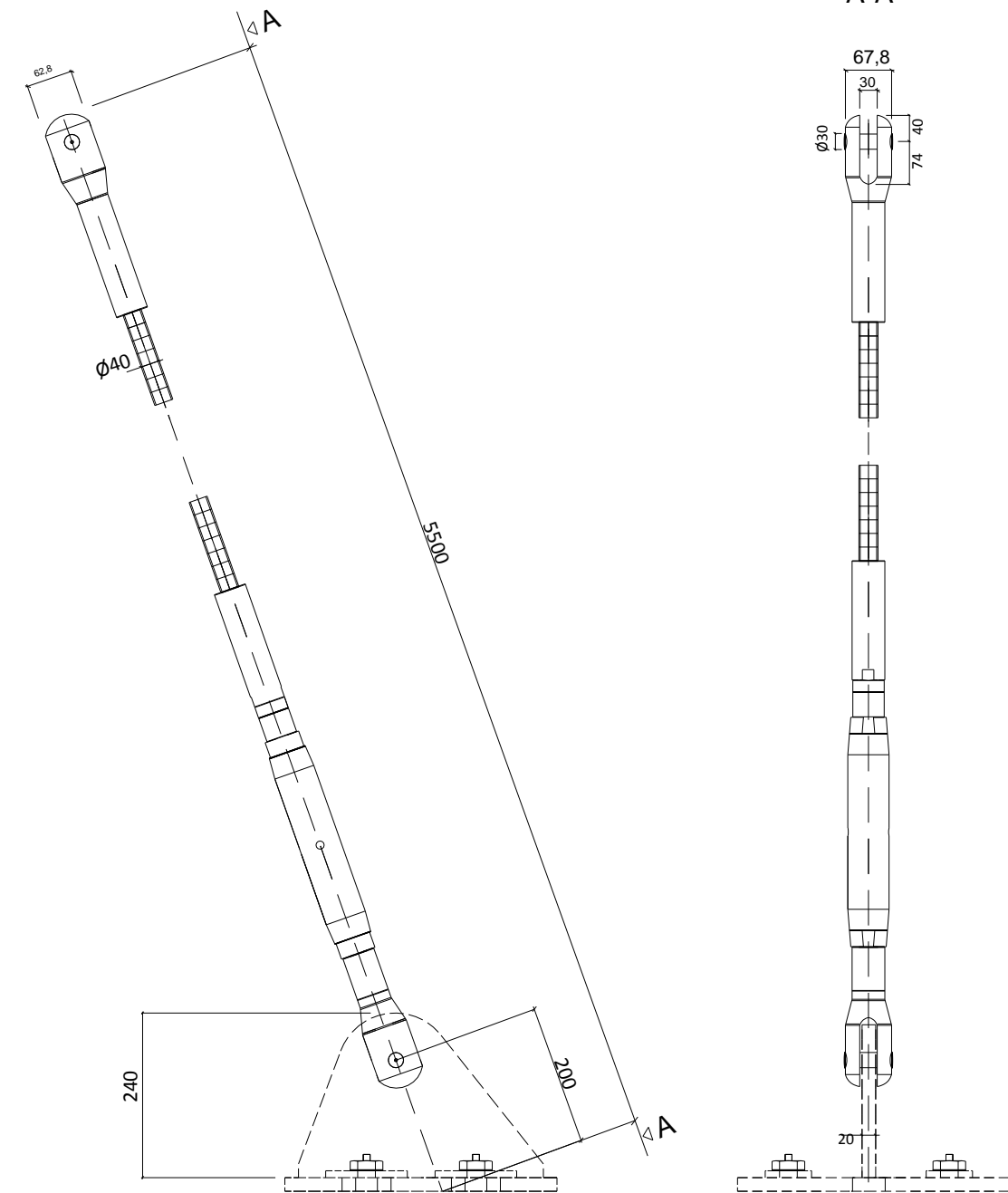


Escala 1:5



Pormenor fundação-cabo

Escala 1:10



Título:

Pormenores de ligação - Cobertura de Membrana

Nº Desenho:

1

Nome:

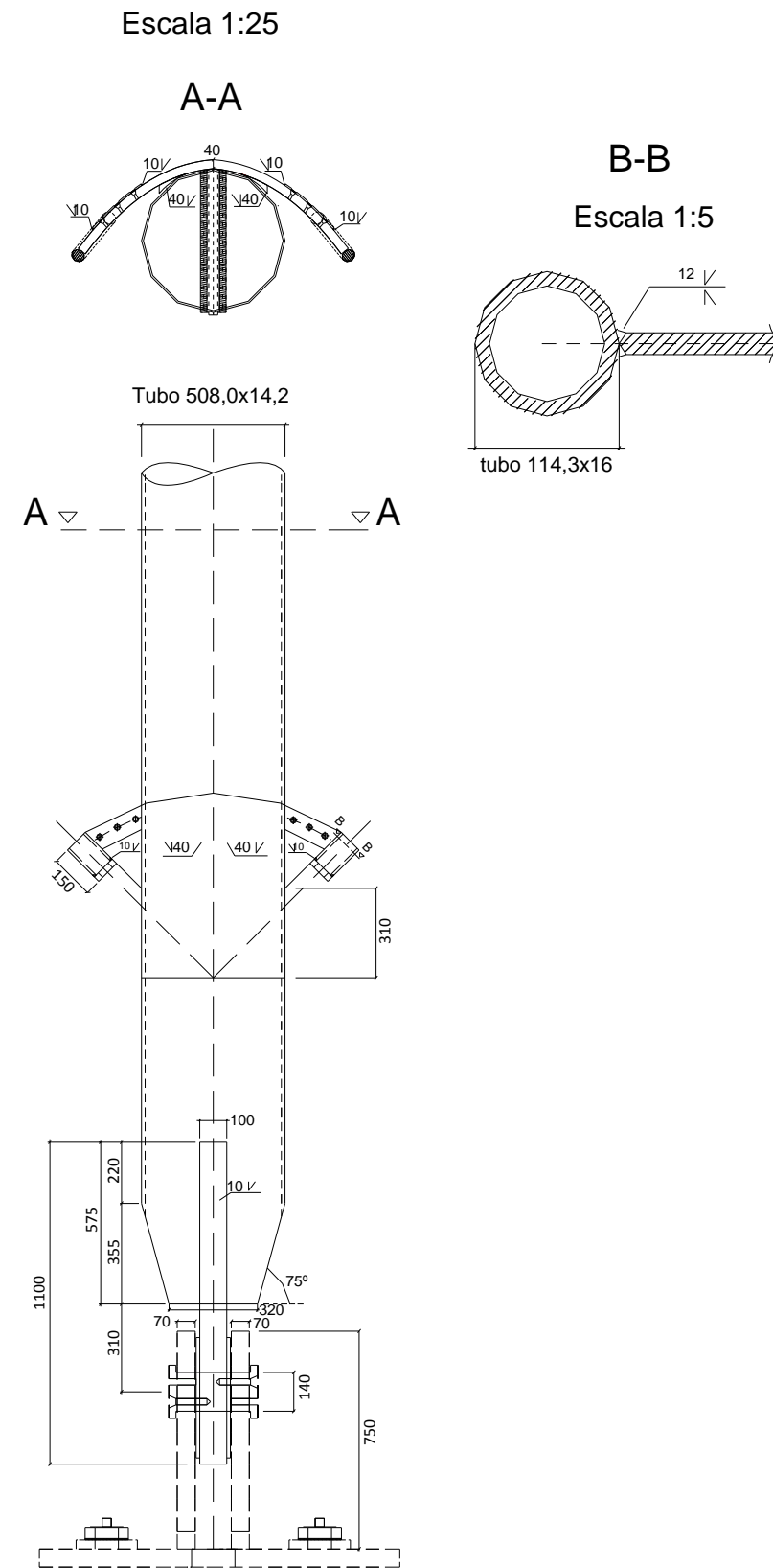
Marco Neves nº23821

Data:

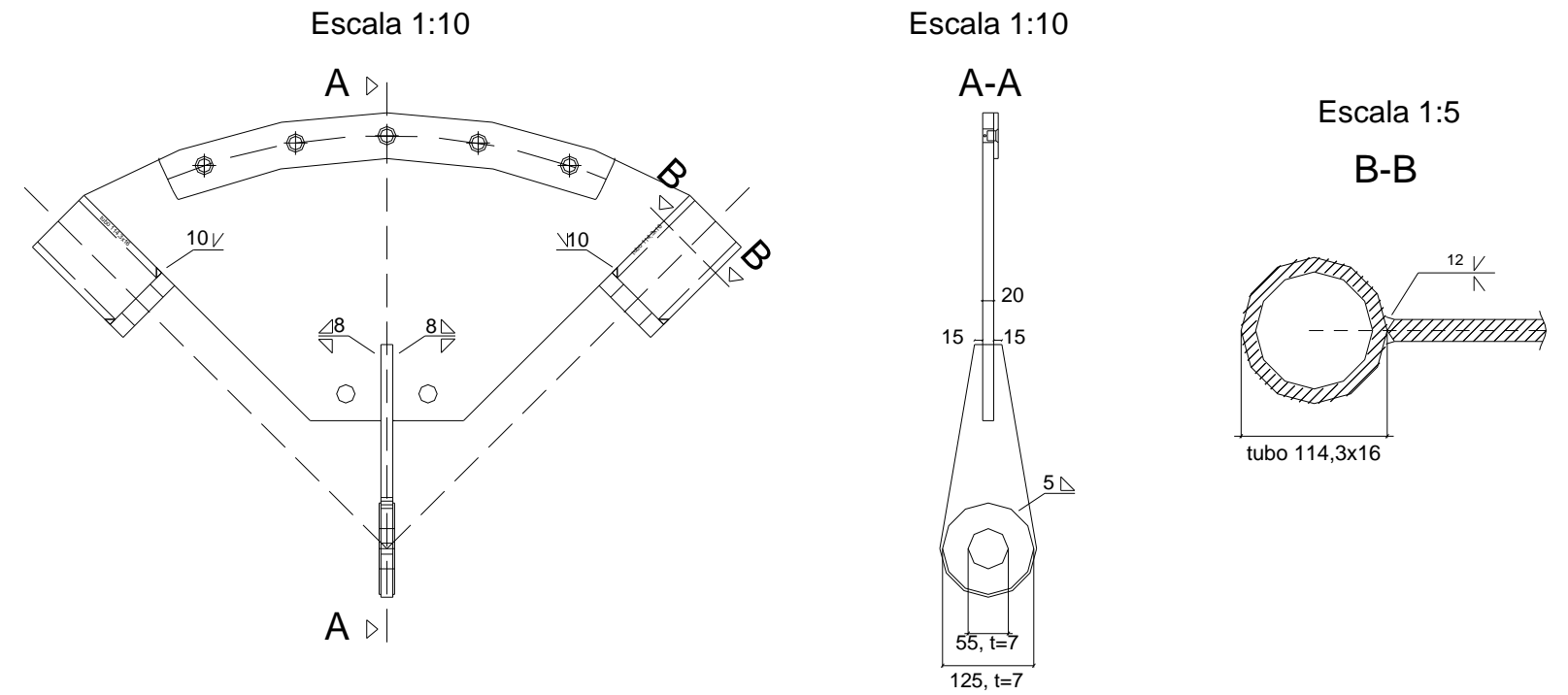
Outubro/13

Engenharia Civil - UBI

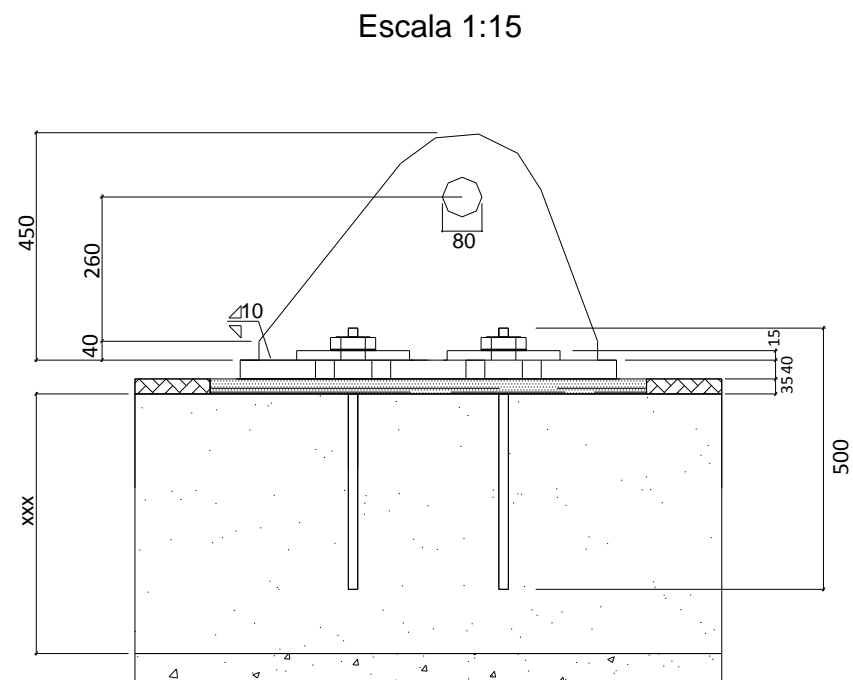
Pormenor fundação-arco



Pormenor placa de esquina



Pormenor fundação



Título:

Pormenores de ligação - Cobertura de Membrana

Nº Desenho:

2

Nome:

Marco Neves nº23821

Data:

Outubro/13

Engenharia Civil - UBI