

**MODELAGEM E DIMENSIONAMENTO DE UM HELIPONTO EM
AÇO EM UMA PLATAFORMA DE PETRÓLEO**

**ANA LAURA CASSIANO DIAS AVILA
FLÁVIA MANUELLA FARIA BARBOSA HENRIQUES**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE –
DARCY RIBEIRO – UENF
CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
16 de março de 2006**

MODELAGEM E DIMENSIONAMENTO DE UM HELIPONTO EM AÇO EM UMA PLATAFORMA DE PETRÓLEO

**ANA LAURA CASSIANO DIAS AVILA
FLÁVIA MANUELLA FARIA BARBOSA HENRIQUES**

“Projeto Final apresentado ao
Laboratório de Engenharia Civil da
Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das
exigências para obtenção do título
de Engenheiro Civil”.

ORIENTADOR: PROF. DYLMAR PENTEADO DIAS
CO -ORIENTADOR: PROF. GINES ARTURO SANTOS FALCÓN

**Campos dos Goytacazes - RJ
16 de março de 2006**

MODELAGEM E DIMENSIONAMENTO DE UM HELIPONTO EM AÇO EM UMA PLATAFORMA DE PETRÓLEO

**ANA LAURA CASSIANO DIAS AVILA
FLÁVIA MANUELLA FARIA BARBOSA HENRIQUES**

“Projeto Final apresentado ao
Laboratório de Engenharia Civil da
Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das
exigências para obtenção do título
de Engenheiro Civil”.

Aprovadas em 16 de março de 2006.

Comissão Examinadora:

Prof. Gines Arturo Santos Falcon (D.Sc., Engenharia Mecânica)

Prof^a. Vânia José Karam (D.Sc., Engenharia Civil)

Prof. Dylmar Penteado Dias (D.Sc., Ciências de Materiais)

Prof^a. Patrícia Habib Hallack (D.Sc. Estruturas)

I. DEDICATÓRIA

À família de Ana Laura, filho Davi, mãe Fátima e irmãs Ana Carolina e Ana Luíza e à família de Flávia, mãe Márcia e irmãos, Ana Luíza e Cláudio. Aos amigos Augusto, Ivan e Adolfo.

II. AGRADECIMENTO

Aos nossos professores, do ciclo básico e profissional, pelo apoio e conhecimento passados e principalmente aos professores do último período por compreenderem as nossas faltas.

Aos nossos mestres especiais, os professores Dylmar, Gines, Jean Marie e Sérgio que se tornaram também amigos.

A nossa família, pelo carinho e incentivo.

Aos colegas de turma, futuros colegas de trabalho.

Aos amigos para toda a vida pela grande ajuda nos momentos de dificuldades.

Aos amigos do Bureau Veritas, e aos amigos da REDUR Campos – Caixa, pela motivação e compreensão nas faltas ao estágio.

A todos que nos apoiaram direta ou indiretamente.

III. RESUMO

Para o dimensionamento da estrutura supracitada utilizaremos métodos computacionais e métodos de cálculos usuais, já vistos nas disciplinas da área de estruturas. O trabalho consiste na modelagem da estrutura e no seu dimensionamento. A modelagem foi feita utilizando software especializado, o STEEL. Após a obtenção do modelo, fez-se então o dimensionamento atendendo aos critérios estabelecidos pela Petróleo do Brasil S.A. (PETROBRAS) em relação ao tipo de aeronave e diâmetro máximo do rotor.

IV. PALAVRAS-CHAVE

1. HELIPONTO
2. MODELAGEM
3. DIMENSIONAMENTO
4. STEEL
5. PLATAFORMA MARÍTIMA

V. GLOSSÁRIO

AWS: American Welding Society;

HELIDECK: Elevação da Plataforma onde se encontra o Heliponto;

HELIPONTO: Área utilizada para pousos e decolagens de helicópteros;

ISA: International Studies Association;

PETROBRAS: Petróleo do Brasil S.A.

PLATAFORMA MARÍTIMA: Embarcação utilizada em atividade de E&P no setor Offshore engajada nas áreas marítimas.

OFFSHORE: Atividade de apoio marítimo que é regulamentada pela Resolução A.891(21) da IMO.

SOFTWARE: Programas, rotinas ou métodos operacionais de um sistema;

STEEL: Programa de modelagem e análise de dados;

TRELIÇA: Estrutura de barras ligadas entre si por nós articulados, cujas cargas se aplicam nesses mesmos nós;

E&P: Exploração e Produção.

VI. ÍNDICE DE TEXTO

1. INTRODUÇÃO	8
2. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE PROJETO	12
2.1 Helicóptero	12
2.2 Perfis e Dimensões dos Elementos Estruturais do Modelo	14
2.3 Tipo de Aço	15
2.4 Tipo de Solda	16
3. MODELAGEM	19
3.1 Organização das Coordenadas do Modelo	19
3.2 Inserção dos Nós e das Barras do Modelo	19
3.3 Definição e Aplicação dos Perfis ao Modelo	19
3.4 Aplicação do Carregamento Calculado	20
4. CÁLCULO DOS CARREGAMENTOS	23
4.1 Peso Próprio	23
4.2 Sobrecarga de Utilização	24
4.3 Peso da Chapa sobre a Estrutura (Laje)	25
4.4 Peso do Helicóptero	27
4.5 Carga de Vento	29
5. CÁLCULO DE FLAMBAGEM	30
6. CÁLCULO DE RESISTÊNCIA DA SOLDA	36
7. CONCLUSÃO	39
8. BIBLIOGRAFIA	40
9. ANEXOS	41
9.1 Pontos dos Quadrantes	41

9.2 Pontos da Carga de Vento	42
9.3 Pontos de Carregamento do Heliponto	43

VII. ÍNDICE DE TABELAS

<i>Tabela 1- Anos Necessário para a Perda de 1 mm de Camada de Aço</i>	11
<i>Tabela 2- Características do Helicóptero</i>	13
<i>Tabela 3- Perfis Aplicados ao Modelo</i>	14
<i>Tabela 4 - Tipos de Aço</i>	16
<i>Tabela 5 - Propriedades da seção</i>	17
<i>Tabela 6 - Tabela de Soldagem</i>	31
<i>Tabela 7 - Nós e Cargas Atuantes nos Mesmos</i>	37
<i>Tabela 8 - Pontos dos Quadrantes</i>	41
<i>Tabela 9 - Pontos de Carga de Vento</i>	42
<i>Tabela 10 - Pontos de Carregamento do Heliponto</i>	43

VIII. ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 - Helicóptero de Projeto – Super Puma AS 332 L2</i>	13
<i>Figura 2 - Perfil I – Tipo 1</i>	15
<i>Figura 3 - Perfil I – Tipo 2</i>	15
<i>Figura 4 - Chapa de Aço</i>	16
<i>Figura 5 - Soldagem</i>	16
<i>Figura 6 - Configuração da Solda para o Perfil 1</i>	18
<i>Figura 7 - Configuração da Solda para o Perfil 2</i>	18
<i>Figura 8 - Modelo no Software STEEL</i>	20
<i>Figura 9 - Modelo –Plano z</i>	21
<i>Figura 10 - Modelo –Plano x</i>	22
<i>Figura 11 - Modelo –Plano y</i>	23
<i>Figura 12 - Divisão da área de toque para aplicação da carga da aeronave sobre os nós da face superior da estrutura</i>	27
<i>Figura 13 - Direção do vento na estrutura</i>	30
<i>Figura 14 - Caso de pilar apoiado e engastado</i>	31

1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista que a região Norte Fluminense apresenta uma economia voltada para a exploração e produção de petróleo, que este é um campo de trabalho de grande interferência da engenharia e ainda que esta economia necessita de profissionais especializados, concluímos que um Projeto Final na área de estruturas metálicas nos ampliaria o conhecimento nesta área, de grandes oportunidades de trabalhos e pesquisas.

É importante citar que as estruturas metálicas, essas já amplamente empregadas na indústria naval e aeronáutica, estão sendo cada vez mais utilizadas na construção civil. Portanto, o campo de trabalho para um profissional da engenharia civil especializado em estruturas de aço não se restringe às construções *offshore*.

Levando em consideração todos os aspectos citados acima, decidimos projetar uma estrutura aplicável às tendências econômicas da região e que seja constituída de um material de construção civil em expansão no mercado. Considerando o tempo disponível para a execução do Projeto Final, as bibliografias disponíveis e o conhecimento adquirido nas disciplinas cursadas, optou-se por realizar o projeto construtivo de um heliponto em uma plataforma marítima de petróleo.

A prospecção *offshore* de petróleo tem concentrado vultosos investimentos no mercado mundial. Visando a reduzir as importações, vários países voltam-se à exploração em plataformas continentais, como a Noruega, no Mar do Norte, e os Estados Unidos, que já vêm nas águas do Alasca interessante possibilidade de aumentar sua produção. Na verdade, apesar de ter iniciado tendência de declínio e de sua natureza não-renovável, o petróleo ainda é a principal fonte energética do mundo, com 43% do total (NEWS BRASIL OFFSHORE, 2005). Além disso, movimenta formidáveis volumes de dinheiro em sua cadeia produtiva, da perfuração ao refino, passando pela produção da indústria petroquímica, distribuição e venda de combustíveis e diversificados produtos.

Assim, é natural que, independentemente do futuro de escassez e extinção, o “ouro negro” ainda atraia tantos interesses. Hoje, subitamente, a exploração offshore é fundamental. Trata-se de avanço que possibilitou ampliar por muito tempo a presença destacada do petróleo na matriz energética do Planeta. Felizmente, a PETROBRAS é líder em tecnologia de exploração em plataformas marítimas, fator que confere ao Brasil boas perspectivas de produção nas próximas décadas.

Após a instalação da PETROBRAS em Macaé, em 1978, a pequena cidade do interior do Rio de Janeiro deu lugar a uma das mais importantes cidades do Estado e do País. Com a chegada de milhares de empresas prestadoras de serviço do setor petrolífero, as oportunidades de trabalho aumentaram consideravelmente. Muitas empresas continuam procurando espaço para se instalarem em Macaé devido ao crescimento econômico. Macaé vem consolidando a sua posição no topo das cidades brasileiras mais desenvolvidas econômica e socialmente (NEWS BRASIL OFFSHORE, 2005).

Junto com o processo econômico ascendente na região observa-se uma crescente utilização do aço como material de construção, visto que este apresenta inúmeras vantagens com sua utilização. Algumas destas são as seguintes:

- menor tempo de execução – a estrutura metálica é projetada por fabricação industrial e seriada, de preferência, levando a um menor tempo de fabricação e montagem;
- maior confiabilidade – devido ao fato do material ser único e homogêneo, com limites de escoamento e ruptura e módulo de elasticidade definidos, além de ser uma estrutura fabricada e montada por profissionais qualificados;
- maior limpeza de obra – devido à ausência de entulhos, como escoramento e fôrmas;
- maior facilidade de transporte e manuseio – em função da maior resistência do material, as peças de aço são menores, com reduzido

peso relativo, facilitando assim o carregamento, transporte e manipulação;

- maior facilidade de ampliação – é bastante freqüente a necessidade de ampliação de estruturas industriais, ocasião em que a expansão deve ser executada sem interferir nas outras atividades: isto só é possível devido à precisão e menores dimensões das peças e à fabricação fora do local da obra;
- maior facilidade de montagem – sendo a estrutura de aço feita em regime de fabricação industrial, a equipe montadora já recebe as peças nos tamanhos definidos, com as extremidades preparadas para soldagem ou aparafusamento durante a montagem; esta é rápida e eficiente, feita com mão de obra qualificada e equipamentos leves;
- facilidade de desmontagem e reaproveitamento – a estrutura de aço tem a seu crédito o valor residual que não é perdido com a execução da obra, pois ela pode ser desmontada e transferida para outro local sem maiores problemas;
- facilidade de vencer grandes vãos – a maior resistência do aço, conduz à melhoria das condições para vencer grandes vãos, com menores dimensões das peças e menores pesos;
- precisão das dimensões dos componentes estruturais – como a fabricação obedece a rigorosas especificações dimensionais, pode-se encomendar todos os acessórios antecipadamente, sejam portas, janelas, basculantes e outros. Menores são também os gastos com alvenarias e argamassas; no caso de prédios, após a montagem da estrutura, ela está totalmente nivelada e aprumada, o que serve de guia para as demais etapas;
- maior facilidade de reforço – quando houver necessidade de aumento de carga, a estrutura pode ser facilmente reforçada, em alguns casos com a colocação apenas de uma chapa numa viga ou coluna;
- resistência à corrosão – o aço apresenta excelente resistência à corrosão atmosférica desde que determinados cuidados sejam

tomados. Para melhorar ainda mais a resistência do aço à corrosão, protege-se a estrutura com pintura e/ou galvanização; pode-se ainda trabalhar com aços de alta resistência à corrosão atmosférica, que são capazes de durar quatro vezes mais que os aços comuns (Tabela 1);

Tabela 1 - Anos necessários para a perda de 1 mm de camada de aço

Ambiente	Aço CC (*)	Aço ARC (**)
rural	40 a 100	120 a 200
marítimo	20 a 40	60 a 120
industrial	20 a 40	60 a 120

(*) aço-carbono comum

(**) aço de alta resistência à corrosão

- redução da carga nas fundações – a grande consequência da alta resistência do aço aos esforços de tração, compressão e cisalhamento é o enorme alívio de cargas para as fundações. As estruturas em aço são cerca de 6 vezes menos pesadas que as estruturas em concreto;
- menores dimensões das peças – a elevada resistência das peças executadas em aço leva, automaticamente, a menores dimensões. No caso de colunas, obtêm-se maior área útil e menores pesos; no de vigas, menores alturas (metade das do concreto) e menores pesos.

Optamos por projetar uma estrutura que se enquadrasse na realidade de nossa região, e permitisse o uso dos programas computacionais na manipulação de dados e modelagem de estruturas, por isso a escolha do helideck.

O STEEL é um programa para modelagem e análise de dados. A modelagem consiste basicamente em definir as coordenadas em três dimensões do modelo que será realizado, aplicar as condições de contorno,

definir o perfil, aplicar o carregamento e verificar se a estrutura modelada suportará os esforços exigidos da mesma.

Nos próximos tópicos será feita uma descrição individual de cada um desses passos.

2. DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE PROJETO

2.1. Helicóptero

O helicóptero utilizado no projeto foi o *Super Puma AS 332 L2*, sendo este o helicóptero mais pesado com autorização para pousar na Bacia de Campos, segundo dados pesquisados em homologações de plataformas na Bacia supracitada.

Este helicóptero de transporte biturbina médio se beneficia das tecnologias mais modernas nos domínios de propulsão (motores Turbomeca Makila 1 A2), conjuntos mecânicos e aviônicos (acoplador e PA 4 eixos integrados com displays na versão *Standard*).

As características do helicóptero resultam de progressos obtidos em colaboração com os operadores e levam em consideração as mais rigorosas normas. É muito confortável, apresenta notável desempenho e custos de manutenção reduzidos. É o primeiro helicóptero com capacidade de operação de superurgência homologada, proporcionando segurança máxima em caso de pane de um motor. Os custos operacionais podem ser otimizados através da utilização do sistema HUMS (Health Usage Monitoring System). Ele é particularmente adequado para o transporte *offshore* (19 a 24 passageiros). Com um peso de decolagem elevado, pode operar para plataformas distantes de mais de 200 n.m (370 km) da costa.

Tabela 2 – Características da aeronave (EUROCOPTER Company)

CARACTERÍSTICAS (ISA, nível do mar)	
Peso máximo de decolagem	9300 kg / 20500 lb
Capacidade	2 pilotos+ 24 passageiros +1 tripulante
Carga útil (incluindo combustível para missão)	4614 kg / 10170 lb
Capacidade de carga do gancho	5000 kg / 11025 lb
Peso máximo de operação com carga externa	10500 kg / 22046 lb
Motorização	2 Turbomeca Makila 1 A2
Potência máxima de decolagem (por motor)	1376 kW / 1845 shp
Potência máxima monomotor	1573 kW / 2109 shp
Velocidade de cruzeiro rápido (com peso máximo)	278 km/h – 150 kts
Alcance máximo com tanque padrão	827 km – 447 n.m.
Alcance máximo com tanque padrão + tanque externo + tanque central*	1215 km – 656 n.m.



Figura 1- Helicóptero de Projeto – Super Puma AS 332 L2
(<http://www.helibras.com.br>)

2.2. Perfis e Dimensões dos Elementos Estruturais do Modelo

O modelo é constituído de perfis laminados e chapas de aço cujas dimensões foram definidas com base no critério de análise de tensões efetuado pelo programa STEEL.

A primeira configuração de perfis aplicada foi:

Perfil tubular de 6” para as barras da treliça superior, e 8” para as barras da treliça de apoio e para as colunas. O resultado não foi satisfatório, a estrutura não suportou o carregamento aplicado.

O próximo perfil testado foi: Perfil I, 100 x 65 para treliça superior, e Perfil I, 200 x 100 para treliça de apoio e colunas, que também não se adequou ao heliponto.

A terceira combinação de perfis foi: Perfil I, 250 x 114 e Perfil I, 400 x 155, para treliça e apoios, respectivamente. Para este caso, a estrutura suportou o carregamento, ficando sua aplicação condicionada a estabilidade da estrutura e resistência do meio de ligação das barras, analisadas pelos cálculos de flambagem e de resistência da solda.

Tabela 3 – Perfis Aplicados ao Modelo

Tipo 1	Treliça Superior do Heliponto	Perfil I – 250 mm x 114 mm
Tipo 2	Treliças de Apoio e Colunas	Perfil I – 400 mm x 155 mm

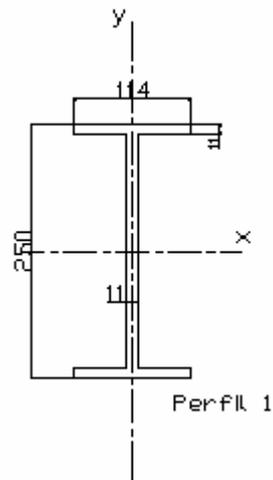


Figura 2- Perfil Tipo 1

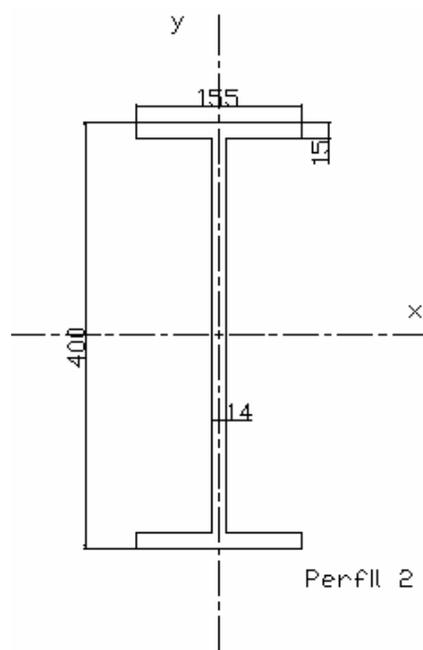


Figura 3- Perfil Tipo 2

2.3. Tipo de Aço

A laje do Helideck é composta por chapa de aço de 25 mm de espessura, com 196,25 Kg/m².

Tabela 4 – Propriedades do aço (PFEIL, 2000)

Especificação	Teor de Carbono %	Lim. De Escoamento f_y (MPa)	Res. A Ruptura f_u (MPa)
ASTM A36	0,25 – 0,29	250 (36 ksi)	400 – 500



Figura 4- Chapa de aço

2.4. Tipo de Solda

A soldagem é a técnica de unir duas ou mais partes construtivas de um todo, assegurando entre elas a continuidade do material e, em consequência, suas características mecânicas e químicas.

A escolha pela soldagem está baseada no fato das estruturas soldadas serem rígidas, pois seus membros estarão ligados diretamente um ao outro, o que não ocorre em estruturas parafusadas.

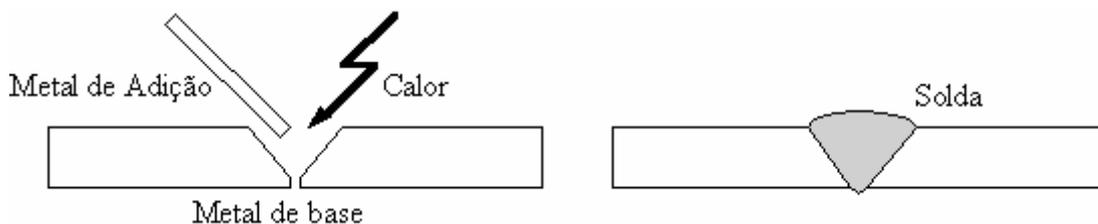


Figura 5 – Soldagem

As soldas podem ser dos tipos: filete, entalhe ou chanfro, ranhura e tampão.

A solda utilizada no projeto foi do tipo filete, mais econômica e prática, pois não requer uma maior preparação do material como os outros tipos.

Área efetiva: é calculada como o produto do comprimento efetivo de solda pela espessura da garganta efetiva.

- Comprimento efetivo: é igual ao comprimento total da solda de dimensão uniforme, incluindo os retornos nas extremidades.

- Garganta efetiva (altura): é a menor distância medida da raiz à face plana teórica da solda.

- Perna: menor dos dois lados da face de fusão, do maior triângulo que possa ser inscrito na seção da solda.

- Raiz: interseção das faces de fusão.

Tabela 5 – Tabela de soldagem

Perna (mm)	Altura (mm)	Espessura (mm)
3,0	2,1213	6
3,5	2,4749	8
4,0	2,8284	9
4,5	3,1820	10
5,0	3,5355	11
5,5	3,8891	12
6,0	4,2426	13, 14
6,5	4,5962	15, 16
7,0	4,9497	17, 18
7,5	5,3033	19, 20
8,5	6,0104	21, 22
9,0	6,3640	23, 24
10,0	7,0711	25, 26

A soldagem dos perfis da treliça superior (perfil I 250 mm x 114 mm), com 11mm de espessura, tem a seguinte configuração, de acordo com a tabela 4:

Perna: 5 mm

Altura: 3,5355 mm

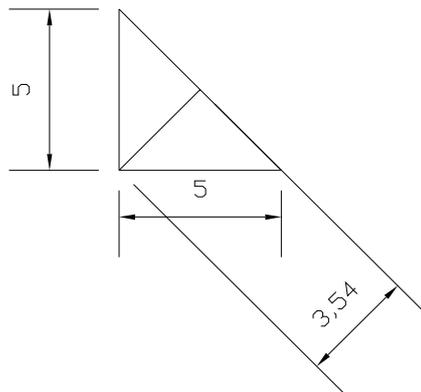


Figura 6 – Configuração da solda para o perfil 1

Para os perfis da treliça de apoio e das colunas (perfil I 400 mm x 155 mm), com 15 mm de espessura, os dados obtidos na tabela 4 são:

Perna: 6,5 mm

Altura: 4,5962 mm

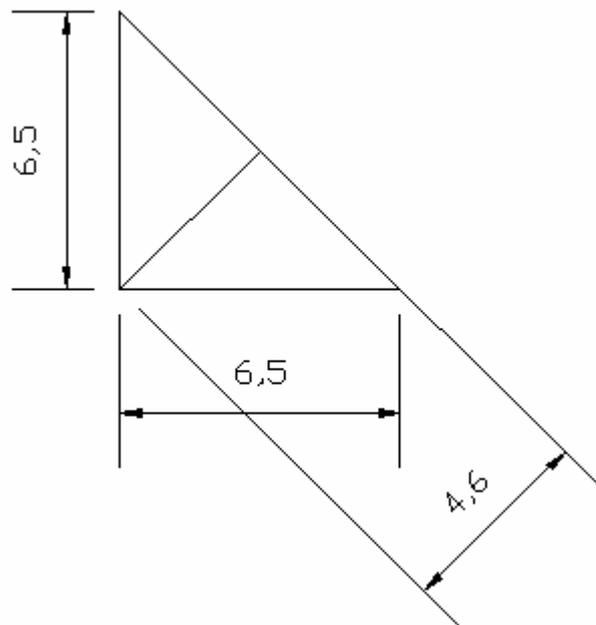


Figura 7 – Configuração da solda para o perfil 2

3. MODELAGEM

3.1 Organização das Coordenadas do Modelo

A organização das coordenadas foi definida de acordo com as características da aeronave e a disposição das treliças na estrutura.

As coordenadas foram digitadas, uma a uma, e depois inseridas no programa, gerando assim os nós do modelo.

3.2 Inserção dos Nós e das Barras do Modelo

As coordenadas foram digitadas, uma a uma, e depois inseridas no programa, gerando assim os nós do modelo.

Baseado em modelos usuais para plataformas de petróleo, criou-se uma estrutura com finalidade de pouso e decolagem de aeronaves. Esta, composta por treliças, deve suportar o peso da aeronave, passageiros, peso da laje e sobrecargas.

A treliça modelada é composta de 3070 nós e 5104 barras.

A **Figura 8** apresenta a estrutura do heliponto, e o layout do programa.

3.3 Definição e Aplicação dos Perfis ao Modelo

Esta etapa na realidade foi à última a ser executada, visto que o perfil que havíamos estabelecido inicialmente não foi suficiente para suportar todo o carregamento recebido.

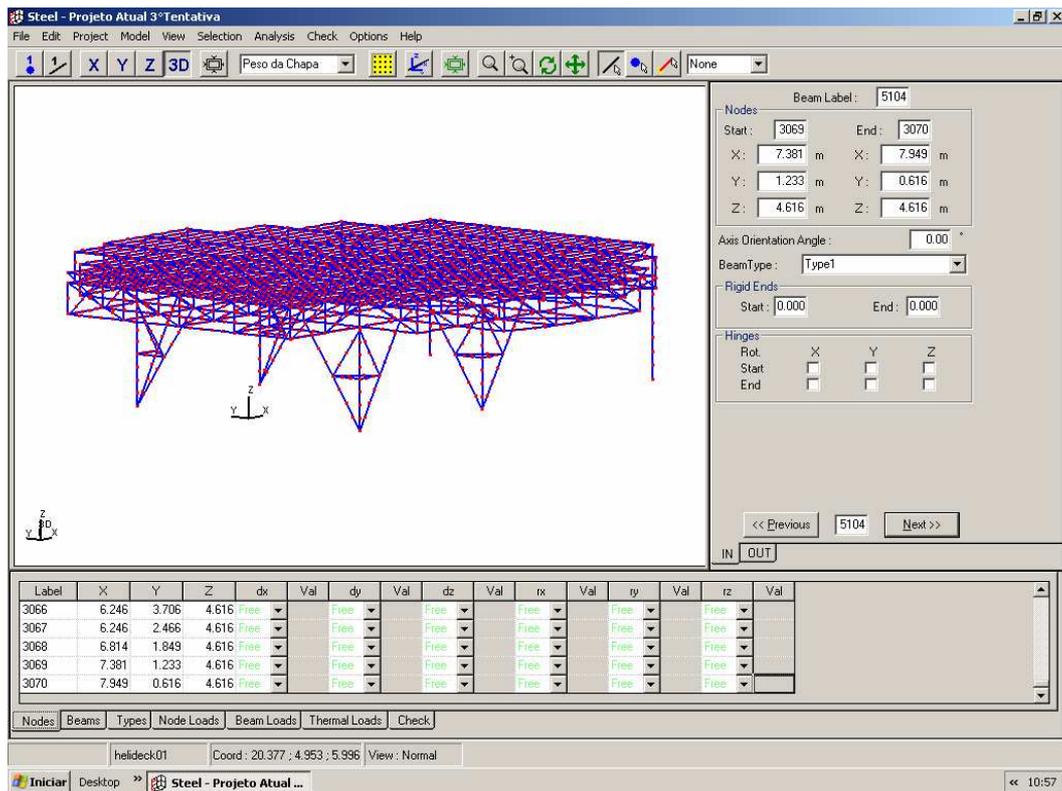


Figura 8 – Modelo no Software STEEL

3.4 Aplicação do Carregamento Calculado

Depois de calculados, os carregamentos são aplicados nos nós que estão em contato com a laje do heliponto.

Estes foram os passos executados no processo de modelagem.

A **Figura 9** apresenta a estrutura, na tela do software utilizado, no plano z, onde se encontram os nós que recebem cargas da chapa, da aeronave e a sobrecarga.

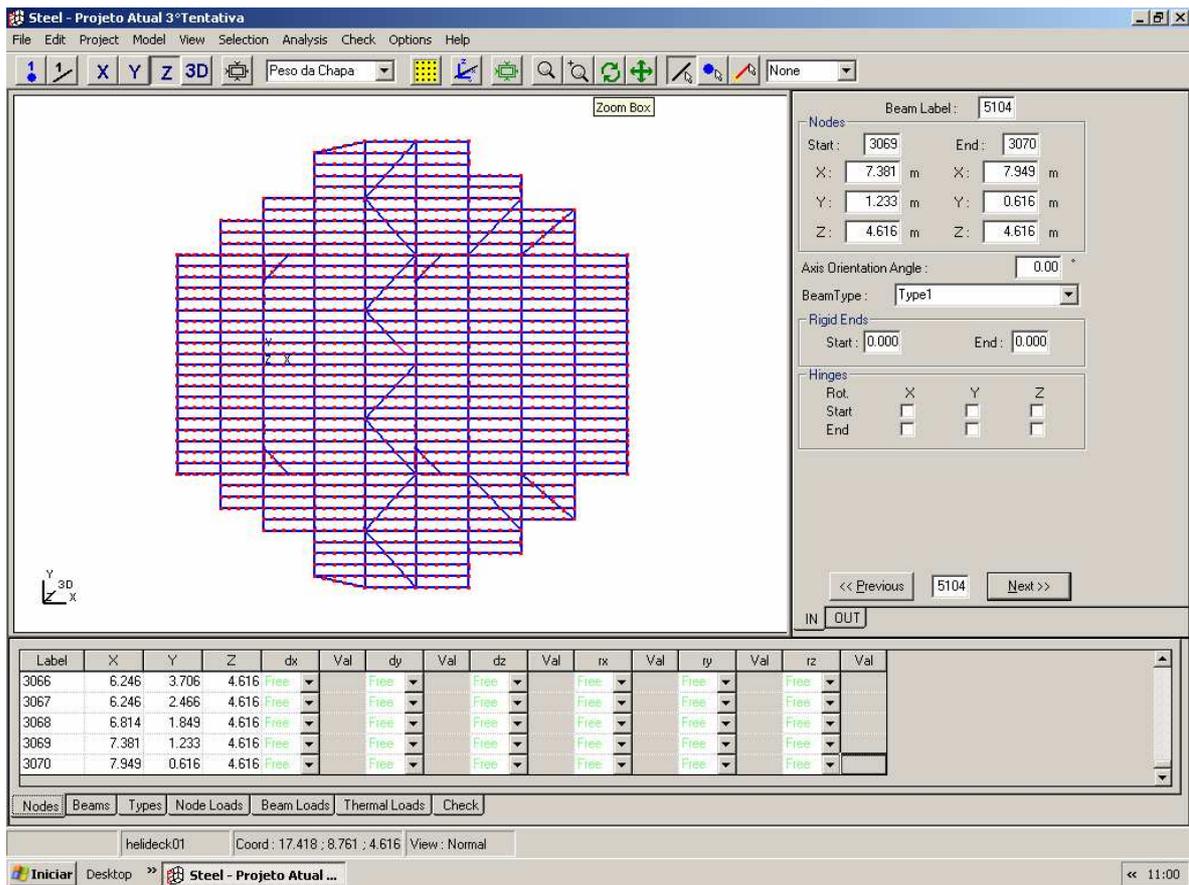


Figura 9 – Modelo –Plano z

As **Figuras 10 e 11**, a seguir, apresentam os planos x e y, respectivamente, que recebem carga de vento.

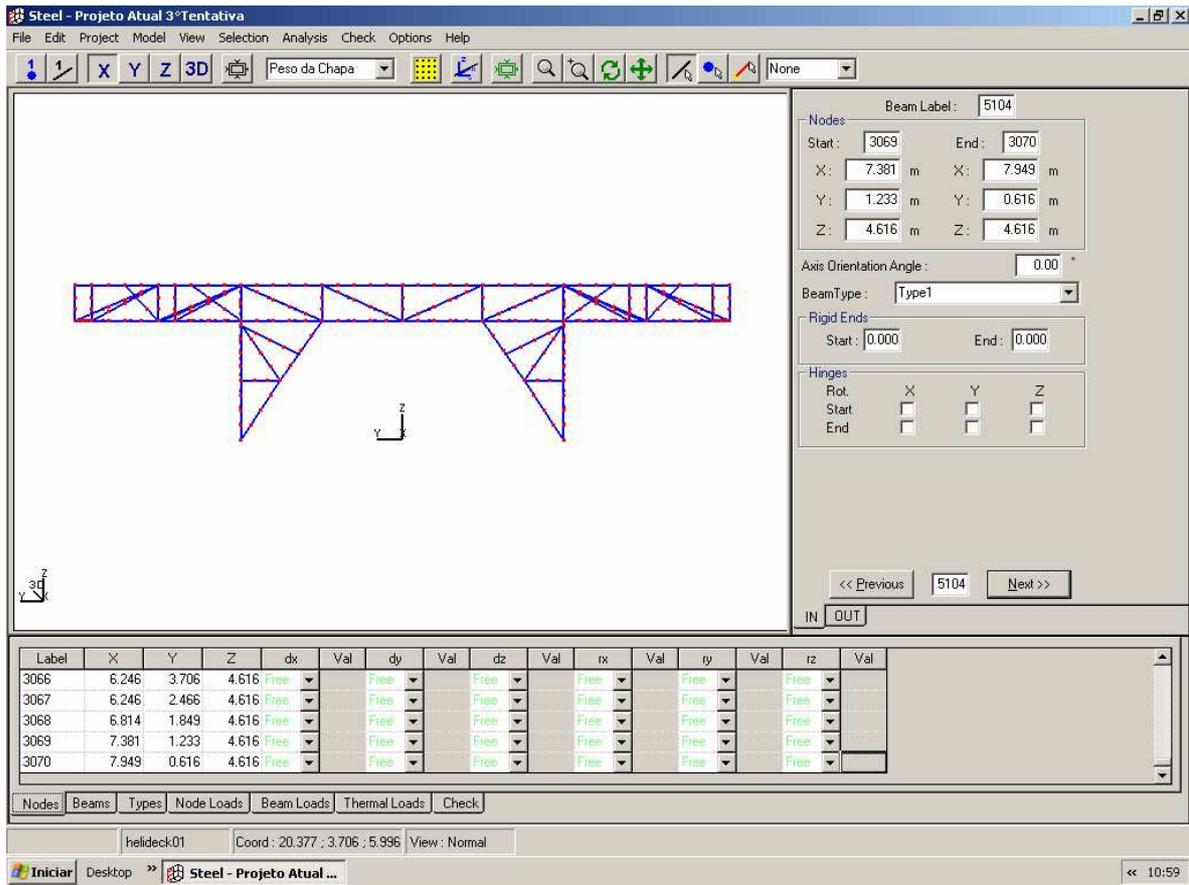


Figura 10 – Modelo – Plano x

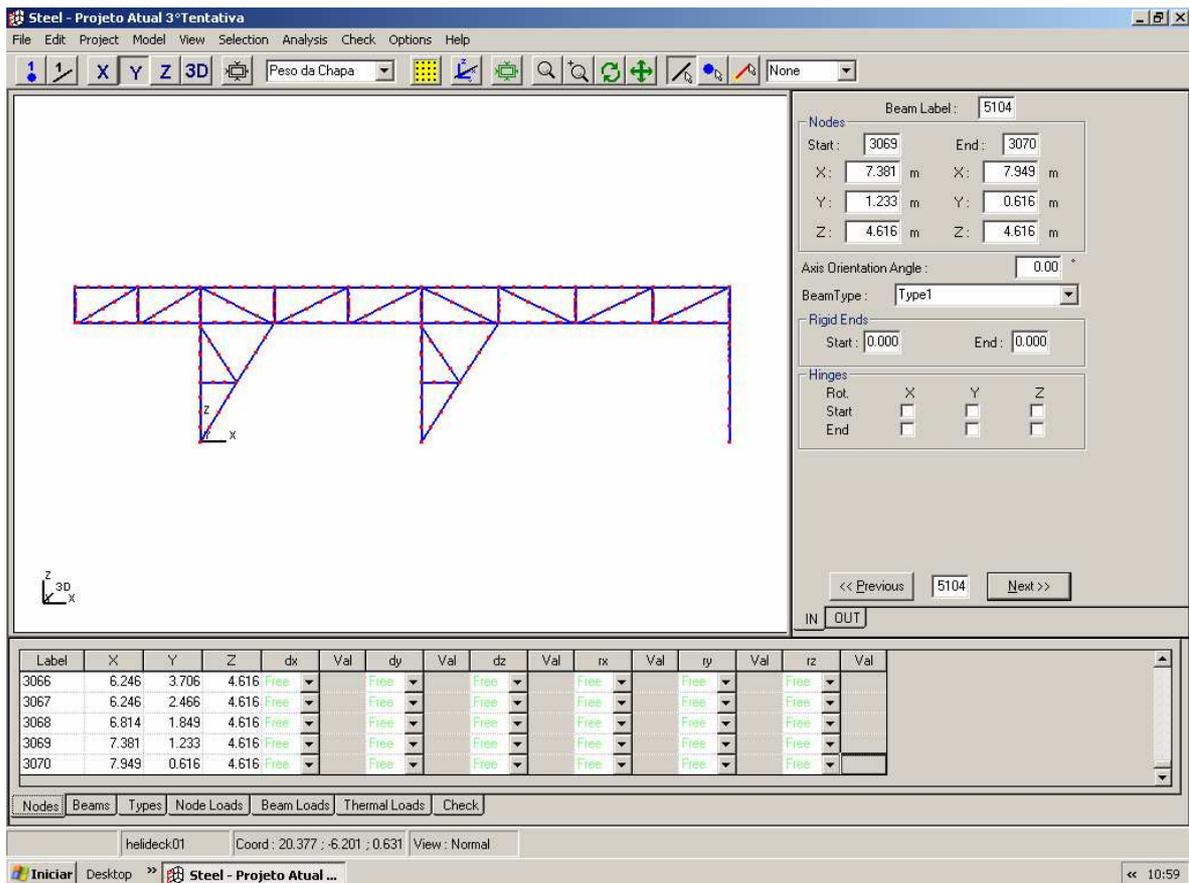


Figura 11 – Modelo –Plano y

4. CÁLCULO DOS CARREGAMENTOS

O carregamento do heliponto foi composto pela presença das seguintes cargas: peso próprio da treliça, peso da chapa, peso máximo do helicóptero, sobrecarga de utilização e ação do vento.

Cada umas dessas cargas foram calculadas e aplicadas nos nós específicos da estrutura, de acordo com seu campo de atuação.

4.1. Peso Próprio da Estrutura

O software STEEL calcula automaticamente o valor do peso próprio da estrutura e armazena este valor em sua base de dados, para utilizá-lo em cálculos posteriores.

4.2. Sobrecarga de Utilização

De acordo com as normas *Rules for the Classification of Offshore Units-Structural Safety*, a sobrecarga de utilização para este caso é de 4,50 kg/m². Assim temos:

$$P_s = S_u \times A \quad (1)$$

Onde:

S_u = sobrecarga de utilização = 4,5 kg/ m²;

A = área da laje = 490,8014 m²;

P_s = peso da sobrecarga.

A equação 1 nos fornece o seguinte resultado:

$$P_s = 4,5 \text{ kg/ m}^2 \times 490,8014 \text{ m}^2$$

$$P_s = 2.208,61 \text{ kg}$$

O valor encontrado está em unidade de massa. Como o cálculo se refere à força atuante nos nós, o valor encontrado é multiplicado pela aceleração a que ele está submetido, no caso a aceleração da gravidade g .

$$F = m \times g \quad (2)$$

Onde: m =massa;

g = aceleração da gravidade.

$$F_s = P_s \times g \quad (3)$$

Onde:

F_s = Força exercida pela sobrecarga nos nós.

Resolvendo a equação 3 encontramos o seguinte valor de F_s :

$$F_s = 2\,208,61 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 21\,644,0 \text{ N}$$

O valor da força da sobrecarga sobre a estrutura passa então para 21.644 N.

Toda a força exercida da sobrecarga para a estrutura deverá ser igualmente distribuída nos nós da face superior da treliça, em contato com a laje do heliponto.

No plano superior da treliça, cota $z = 5996$ mm, encontram-se 327 nós, portanto o valor de F_s deve ser dividido por 327, resultando na carga que cada nó deverá receber.

$$q_s = F_s / n \quad (4)$$

Onde:

q_s = Valor da força aplicada em cada nó;

$F_s = 21\,644,0$ N;

n = número de nós = 327.

$$q_s = 21.644,0 \text{ N} / 327;$$

$$q_s = 66,19 \text{ N/nó.}$$

O valor de sobrecarga de utilização que chega a cada nó da treliça, em contato com a laje, é $66,19 \text{ N} = 0,066 \text{ kN}$.

4.3. Peso da Chapa (laje)

A chapa de aço escolhida para o projeto foi a de 25 mm de espessura, que contribui com $196,25 \text{ kg/m}^2$.

A chapa abrange toda a área plana superior da estrutura, o que significa $490,8014 \text{ m}^2$.

O peso de projeto será o peso majorado da chapa de aço, resultado do produto do peso da chapa pelo coeficiente de majoração.

Para esta estrutura consideramos como coeficiente de majoração o valor 1,3 (PFEIL, 2000).

$$P_{ch} = M \times A \quad (5)$$

Sendo:

P_{ch} = peso da chapa;

M = massa da chapa por área = 196,25 kg/m²;

A = área da laje = 490,8014 m².

$$P_{ch} = 196,25 \text{ kg/m}^2 \times 490,8014 \text{ m}^2$$

$$P_{ch} = 96319,77 \text{ kg}$$

Aplicando o valor encontrado para P_{ch} na equação 2, temos que , $P_{ch} = 943933,79 \text{ N} = 943,93 \text{ kN}$.

$$P_d = P_{ch} \times 1,3 \quad (6)$$

Para:

P_d = peso de projeto;

$P_{ch} = 943,93 \text{ kN}$.

$$P_d = 943,93 \text{ kN} \times 1,3 = 1\,227,11 \text{ kN}$$

Toda a força exercida da chapa para a estrutura (P_d), que corresponde a 1.227.113,93 N, deverá ser igualmente distribuída nos nós da face superior da treliça.

No plano superior da treliça, na cota $z = 5996\text{mm}$, encontram-se 327 nós, portanto o valor de P_d dividido por 327 resulta na carga que cada nó deverá receber.

$$q_{ch} = P_d / n \quad (7)$$

Onde:

q_{ch} = Valor da força da chapa aplicada em cada nó;

$P_d = 1\,227,11 \text{ kN}$;

$n = 327$.

$$q_{ch} = 1\,227\,113,93 \text{ N} / 327 = 3\,752,64 \text{ N}$$

$$q_{ch} = 3,75 \text{ kN/ nó}$$

A chapa contribui com 3,75 kN para cada nó da treliça na qual ela está apoiada.

4.4. Peso do Helicóptero

De acordo com a norma *Rules for the Classification of Offshore Units-Structural Safety*, o coeficiente de majoração para o caso de acidentes com helicópteros em uma plataforma ou navio é de 3,0.

Com os dados da tabela 2 se calcula o valor da força exercida pela aeronave na estrutura.

$$P_{hm} = P_h \times 3,0 \quad (8)$$

Sendo:

P_h = Peso bruto do helicóptero = 10.000,0 kg;

P_{hm} = Peso majorado.

$$P_{hm} = 10.500,0 \text{ kg} \times 3,0$$

$$P_{hm} = 31.500,0 \text{ kg}$$

Para facilitar a aplicação da carga com uma maior segurança, dividimos a área de toque em quatro quadrantes como mostra a figura abaixo:

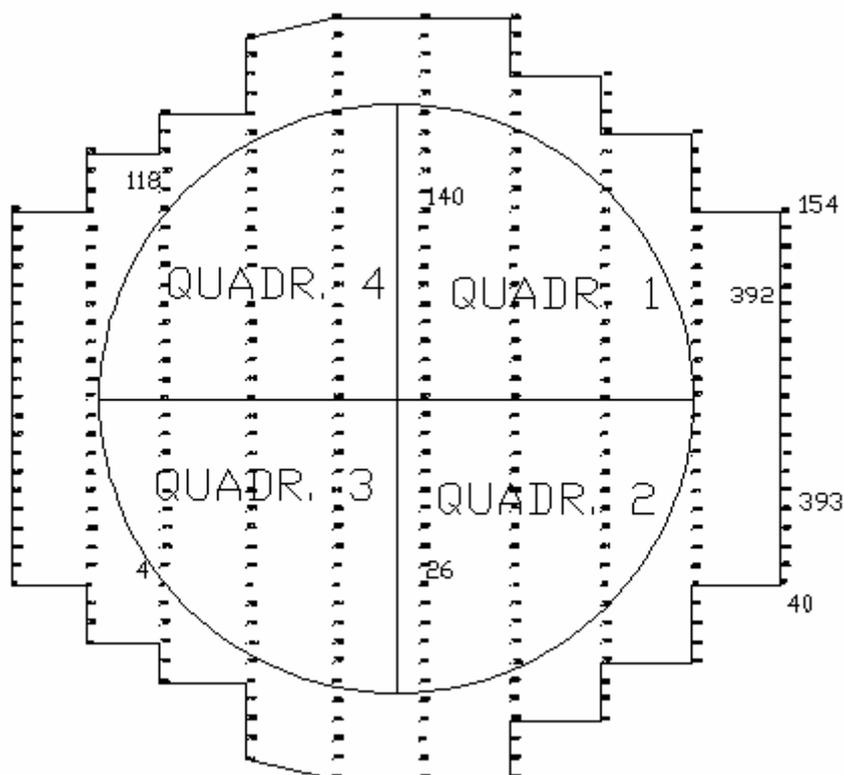


Figura 12 – Divisão da área de toque para aplicação da carga da aeronave sobre os nós da face superior da estrutura

Depois de definidos os quadrantes, identificamos quais e quantos são os nós em cada um dos quadrantes. Estes ficaram definidos assim:

Quadrante 1 – 44 nós

Quadrante 2 – 44 nós

Quadrante 3 – 38 nós

Quadrante 4 – 41 nós

Sabendo-se que o peso total da aeronave está igualmente distribuído em suas três rodas, temos que cada um dos pneus do helicóptero recebe a mesma carga e, portanto, cada um deles recebe aproximadamente 33,33% da carga, sendo que, em cada quadrante poderemos ter até dois pneus apoiados ao mesmo tempo, por isso, consideramos que cada quadrante recebe 66,7% da carga total do helicóptero.

$$P_{h1\&2} = 0,667 \times P_{hm} \quad (9)$$

Em que:

$P_{h1\&2}$ = Peso do helicóptero nos quadrantes 1 e 2;

P_{hm} = 31.500,0 kg.

$$P_{h1\&2} = (66,7 / 100) \times 31.500,0 \text{ kg}$$

$$P_{h1\&2} = 21010,5 \text{ kg}$$

$$P_{h1\&2} / \text{nó} = P_{h1\&2} / 44$$

$$P_{h1\&2} / \text{nó} = 21010,5 / 44$$

$$P_{h1\&2} / \text{nó} = 477,5 \text{ kg}$$

O peso do helicóptero nos quadrantes 1 e 2, por nó ($P_{h1\&2} / \text{nó}$) tem o valor de 4679,5 N (equação 2). Sendo assim, cada um dos nós recebe uma carga de $q_{h1\&2} = 4,68 \text{ kN}$, onde $q_{h1\&2}$ é a carga da aeronave que chega em cada nó dos quadrantes mais solicitados.

Utilizando o mesmo critério para calcular a carga dos outros quadrantes, temos que:

$$q_{h3} = 5,419 \text{ kN/ nó}$$

$$q_{h4} = 5,022 \text{ kN/ nó}$$

As cargas são então aplicadas nos nós de acordo com o valor encontrado para cada quadrante.

4.5. Carga de Vento

A carga de vento em relação ao conjunto da plataforma é significativa em duas direções, como mostra a **Figura 13**, e a mesma é calculada pela seguinte forma, de acordo com norma *Rules for the Classification of Steel Ships*:

$$F_v = 0,0473 \times V^2 \times C_s \times A \quad (10)$$

Onde:

F_v = força de vento aplicada;

V = velocidade do vento para situação de tormenta = 60 nós = 30,9 m/s;

C_s = coeficiente de forma = 1 para área projetada do helicóptero;

A = área de incidência do vento = 25,2m x 1,38m = 34,8 m².

$$F = 0,0473 \times (30,9 \text{ m/s})^2 \times 1,0 \times 34,8 \text{ m}^2$$

$$F = 1,572 \text{ kN}$$

Porém o número de nós para aplicação da força de vento no eixo x é de 130 e no eixo y é de 113. Assim temos que:

$$F_x = 1,572 \text{ kN} / 130 \text{ nós} = 0,012 \text{ kN/nó}$$

$$F_y = 1,572 \text{ kN} / 113 \text{ nós} = 0,014 \text{ kN/nó}$$

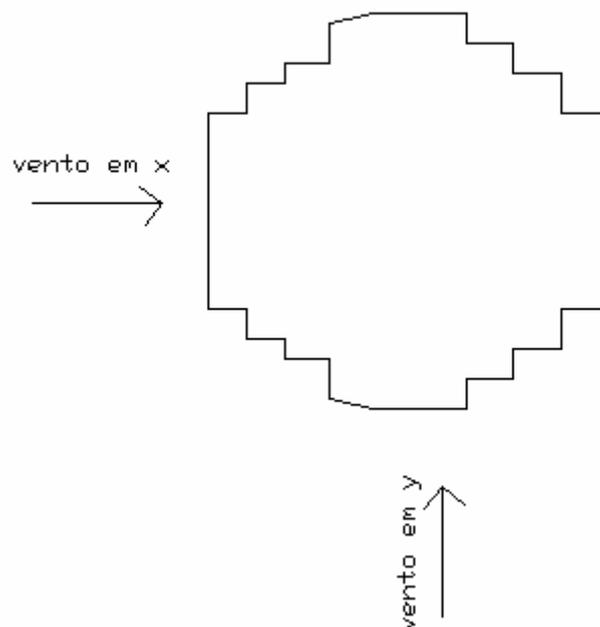


Figura 13 – Direção do vento na estrutura

5. CÁLCULO DE FLAMBAGEM

O cálculo a seguir se refere à estabilidade das colunas que apóiam o heliponto. A partir dos dados obtidos com o programa STEEL, sabemos qual

das colunas está mais sujeita a flambagem. No caso, a coluna mais comprimida é a que se encontra entre os pontos de modelagem de número 152 e 154, com uma carga de compressão de 144,66 kN.

Com os dados do modelo e a geometria do perfil, pode-se fazer a verificação quanto à flambagem.

Dimensões do perfil (**Figura 3**):

$b_f = 155 \text{ mm}$

$t_f = 15 \text{ mm}$

$h_w = 370 \text{ mm}$

$t_w = 14 \text{ mm}$

Tabela 6 – Propriedades da seção (EBIN S/A, 1981)

DIMENSÃO NOMINAL (mm)	LARGURA DAS ABAS (mm)	ESPESSURA DA ALMA (mm)	ESPESSURA MÉDIA DAS ABAS (mm)	ÁREA (cm ²)	MASSA (kg/m)	MOMENTOS DE INÉRCIA (cm ⁴)		RAIOS DE GIRAÇÃO (cm)	
						J_x	J_y	i_x	i_y
400 x 150	155	14	15	98,4	77,2	23077	754	15,3	2,77

Critério 1 – *Checgem da Flambagem na Coluna:*

$$\sigma_{E1} = \frac{\pi^2 (EI)}{A \cdot (f \cdot \lambda)^2} \quad (11)$$

Onde:

$E = \text{módulo de elasticidade} = 206000 \text{ N/mm}^2$;

$I = 754 \text{ cm}^4$;

$A = 98,4 \text{ cm}^2$;

$f = \text{fator de determinação do comprimento de flambagem} = 0,71$ (**Figura 14**);

$\lambda = \text{comprimento do pilar} = 461,6 \text{ cm}$.



$$f = \frac{(2)^{1/2}}{2} = 0,071$$

Figura 14 - Caso de pilar apoiado e engastado

$$\sigma_{E1} = \frac{\pi^2 (EI)}{A \cdot (f \cdot \lambda)^2}$$

$$\sigma_{E1} = \frac{\pi^2 (206\,000 \times 754)}{98,4 \cdot (0,71 \cdot 461,6)^2}$$

$$\sigma_{E1} = \frac{\pi^2 (155324000)}{98,4 \cdot 107410,8857}$$

$$\sigma_{E1} = \frac{1532986434}{10569231,15}$$

$$\sigma_{E1} = 145,04 \text{ N/mm}^2 = 145,04 \text{ MPa}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{se } \sigma_{E1} \leq R_{EH} / 2 \Rightarrow \sigma_{E1} = \sigma_{CB}, \\ \text{se } \sigma_{E1} > R_{EH} / 2 \Rightarrow \sigma_{CB} = R_{EH} (1 - R_{EH} / 4\sigma_{E1}) \text{ e } (\sigma_{CB} / g_R \cdot g_m) \geq F_A / A \end{array} \right. \quad (12)$$

Sendo:

R_{EH} = tensão de rendimento mínimo = 250 MPa;

F_A = 144,66 kN = 144 660 N;

A = 78,4 cm² = 7 840 mm²;

g_R = 2,0 (para coluna);

g_m = 1,02 (para flambagem em coluna).

Como:

$$R_{EH} / 2 = 250 \text{ MPa} / 2$$

$$R_{EH} / 2 = 125 \text{ MPa}$$

Então:

$$\sigma_{E1} > R_{EH} / 2$$

$$145,04 \text{ MPa} > 125 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{CB} = R_{EH} (1 - R_{EH} / 4\sigma_{E1}) \quad (13)$$

$$\sigma_{CB} = R_{EH} (1 - R_{EH} / 4\sigma_{E1})$$

$$\sigma_{CB} = 250 (1 - 250 / 4 \cdot 145,04)$$

$$\sigma_{CB} = 142,27 \text{ MPa}$$

$$(\sigma_{CB} / g_R \cdot g_m) \geq F_A / A \quad (14)$$

$$(142,27 / 2 \cdot 1,02) \geq 144 \, 660 / 9840$$

$$(142,27 / 2,04) \geq 14,70$$

$$69,74 \text{ MPa} \geq 14,70 \text{ MPa}$$

Para este critério a estrutura está estável.

Critério 2 – *Checagem da Flambagem Torsional:*

$$\sigma_{E2} = \frac{\pi^2 (EI_w)}{I_p \cdot \lambda^2} + 0,41 \cdot \frac{EI_t}{I_p} \quad (15)$$

Onde:

$$I_w = \frac{t_f \cdot b_f^3 \cdot h_w^2 \cdot 10^{-6}}{24} = \frac{15 \cdot 155^3 \cdot 370^2 \cdot 10^{-6}}{24} = 3,19 \text{ cm}^6$$

$$I_p = J_x + J_y = 23077 + 754 = 23\,831 \text{ cm}^4$$

$$I_t = 1/3 (h_w \cdot t_w^3 + 2 b_f \cdot t_f^3) \cdot 10^{-4} = 1/3 (370 \cdot 14^3 + 2 (155) \cdot 15^3) \cdot 10^{-4} = 68,72 \text{ cm}^4$$

$$E = 206000 \text{ N/mm}^2;$$

$$\lambda = 461,6 \text{ cm.}$$

$$\sigma_{E2} = \frac{\pi^2 (E I_w)}{I_p \cdot l^2} + 0,41 \cdot \frac{E I_t}{I_p}$$

$$\sigma_{E2} = \frac{\pi^2 (206000 \cdot 3,19)}{23\,831 \cdot 461,6} + 0,41 \cdot \frac{(206000 \cdot 68,72)}{23\,831}$$

$$\sigma_{E2} = \frac{\pi^2 (657140)}{11000389,6} + 0,41 \cdot \frac{(14156320)}{23\,831}$$

$$\sigma_{E2} = 0,59 + 243,55 = 244,14 \text{ MPa}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{se } \sigma_{E2} \leq R_{EH} / 2 \Rightarrow \sigma_{E1} = \sigma_{CT}, \\ \text{se } \sigma_{E2} > R_{EH} / 2 \Rightarrow \sigma_{CT} = R_{EH} (1 - R_{EH} / 4\sigma_{E2}) \text{ e } (\sigma_{CT} / g_R \cdot g_m) \geq F_A / A \end{array} \right.$$

$$R_{EH} = 250 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{E2} > 250 / 2 = 125$$

$$\sigma_{CT} = R_{EH} (1 - R_{EH} / 4\sigma_{E2})$$

$$\sigma_{CT} = 250 (1 - 250 / 4 \cdot 244,14) = 186,00 \text{ MPa}$$

$$(\sigma_{CT} / g_R \cdot g_m) \geq F_A / A$$

$$(186,00 / 2 \cdot 1,02) \geq 144\,660 / 9840$$

$$91,18 \text{ MPa} \geq 14,70 \text{ MPa}$$

A estrutura atendeu ao critério 2.

Critério 3 – *Checagem da Flambagem Local:*

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{E3} = 78 \cdot (t_w / h_w)^2 \cdot 10^4, \text{ ou} \\ \sigma_{E3} = 32 \cdot (t_f / b_f)^2 \cdot 10^4, \text{ devendo ser escolhido o menor,} \end{array} \right. \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{E3} &= 78 \cdot (14 / 370)^2 \cdot 10^4 = 111,67 \text{ MPa} \\ \sigma_{E3} &= 32 \cdot (15 / 155)^2 \cdot 10^4 = 299,69 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\sigma_{E3} = 299,69 \text{ MPa}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{se } \sigma_{E3} \leq R_{EH} / 2 \Rightarrow \sigma_{CL} = \sigma_{E3}, \\ \text{se } \sigma_{E3} > R_{EH} / 2 \Rightarrow \sigma_{CL} = R_{EH} (1 - R_{EH} / 4\sigma_{E3}) \text{ e } (\sigma_{CL} / g_R \cdot g_m) \geq F_A / A \end{array} \right.$$

$$R_{EH} = 250 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{E3} = 299,69 \text{ MPa} > 250 / 2$$

$$\sigma_{CL} = R_{EH} (1 - R_{EH} / 4\sigma_{E3})$$

$$\sigma_{CL} = 250 (1 - 250 / 4 \cdot 299,69) = 197,86 \text{ MPa}$$

$$(\sigma_{CL} / g_R \cdot g_m) \geq F_A / A$$

$$(197,86 / 2 \cdot 1,02) \geq 144\,660 / 9840$$

$$96,99 \text{ MPa} \geq 14,70 \text{ MPa}$$

A coluna mais carregada está com a geometria do perfil adequada e permanece estável para a carga atuante. Os demais apoios conseqüentemente permanecerão estáveis.

Critério 4 – *Checagem da Condição Geométrica:*

$$b_f / t_f \leq 40 \quad (17)$$

$$150 / 15 \leq 40$$

$$10 \leq 40$$

O último critério de análise de flambagem foi atendido, estando portanto a estrutura do heliponto estável.

6. CÁLCULO DE RESISTÊNCIA DA SOLDADA

Para o cálculo da soldagem consideramos a sua geometria (altura e comprimento da solda), a carga axial atuante, metal da solda, e o diâmetro do tubo utilizado.

O eletrodo utilizado foi o E70XX, que é compatível com o metal da base, ASTM A36 .

De acordo com a AWS para soldas com solicitação de cisalhamento na seção efetiva, a tensão admissível da solda é igual a $0,30F_w$, onde F_w é a resistência mínima a tração do metal da solda. Para o eletrodo E70XX, $F_w = 483\text{MPa}$, desta forma a tensão admissível da solda é $144,9\text{MPa}$.

$$(P \times C \times \sigma_{adm}) \times 2 \geq F_{max} \quad (18)$$

Onde:

P = perna

C = comprimento da solda

σ_{adm} = tensão admissível da solda

F_{max} = carga axial máxima atuante

Soldagem das peças da treliça superior:

O valor de F_{max} foi obtido no Software STEEL a partir do seguinte processo:

Primeiramente os nós com as maiores forças aplicadas foram identificados. Estes nós são: 16, 182 e 248.

Em seguida, cada barra ligada aos nós acima foi analisada, para descobrir qual das barras tem a maior força axial atuante.

A tabela 6 apresenta os referidos nós e a carga atuante nos mesmos, assim como as barras que estão conectadas com estes nós e as cargas axiais atuantes nas mesmas:

**Tabela 7 – Força axial aplicada nas barras conectadas aos nós
com maiores forças aplicadas**

NÓS	FORÇA APLICADA AO NÓ (N)	BARRAS CONECTADAS	FORÇA AXIAL APLICADA NA BARRA (N)
16	- 9238	49	11900
		363	- 39000
		376	- 50100
		4079	73400
		4392	- 67700
		3836	5000
		907	- 21900
182	- 9238	719	-15000
		316	-10000
		4370	119600
		4338	-76000
		1327	-21300
		795	60200
		182	- 9238
417	-23500		
4520	35500		
4482	35500		
1335	-28100		
779	3100		

A força axial máxima encontrada é, portanto, a que atua na barra 4370, com o valor de 119 600 N.

Com os dados disponíveis calcula-se a resistência da solda, que deverá superar a força aplicada à estrutura.

$$(P \times C \times \sigma_{adm}) \times 2 \geq F_{max}$$

Sendo:

P = 5mm;

C = 934mm;

σ_{adm} = 144,9 MPa;

F_{max} = 119 600 N;

$$(P \times C \times \sigma_{adm}) \times 2 \geq F_{max}$$

$$(5\text{mm} \times 934\text{mm} \times 144,9 \text{ N/ mm}^2) \times 2 \geq 119 600 \text{ N}$$

$$676 683 \times 2 \text{ N} \geq 119 600 \text{ N}$$

$$1\ 353\ 366\ \text{N} \geq 119\ 600\ \text{N}$$

$$1\ 353,37\ \text{kN} \geq 119,6\ \text{kN}$$

A resistência da solda é maior que a força axial máxima atuante na peça da treliça superior. Para simplificação do processo de soldagem, todas as barras com o perfil I (250 mm x 114 mm) serão soldadas para resistir ao maior esforço axial atuante, com as seguintes características de solda, com base nos cálculos executados:

Perna = 5 mm;

Garganta: 4,5962 mm;

Comprimento = 934 mm;

Eletrodo: E70XX.

Soldagem das peças das treliças de apoio e das colunas:

Para este caso foi feita análise das tensões no heliponto. A partir do gráfico das tensões atuantes na estrutura, foi possível escolher a barra mais solicitada e calcular a resistência da solda na mesma.

A barra com maior tensão para o perfil do tipo 2 é a de número 398, com carga axial de 40 200N.

Perna: 6,5mm;

Altura: 4,5962mm;

Comprimento = 1382 mm;

Eletrodo: E70XX;

$F_{\max} = 40\ 200\ \text{N}$.

$$(P \times C \times \sigma_{\text{adm}}) \times 2 \geq F_{\max}$$

$$(6,5\text{mm} \times 1\ 382\ \text{mm} \times 144,9\text{N/mm}^2) \times 2 \geq 119\ 600\ \text{N}$$

$$1\ 301\ 636,70 \times 2\ \text{N} \geq 40\ 200\ \text{N}$$

$$2\ 603\ 273,40\ \text{N} \geq 40\ 200\ \text{N}$$

$$2\ 603,27\ \text{kN} \geq 40,2\ \text{kN}$$

A solda utilizada resiste as tensões as quais as barras estão submetidas.

7. CONCLUSÃO

Pelos aspectos apresentados neste trabalho, pode-se afirmar que se a estrutura for realizada da maneira como foi dimensionada e verificada, suportará as cargas que serão aplicadas na mesma sem que ocorram problemas estruturais.

Informamos também que mesmo não procedendo o escopo do projeto visamos elaborá-lo sem extrapolar nas dimensões dos perfis para não onerar o custo do mesmo.

Ressaltamos que a estrutura poderá ser instalada em outros locais, e não só em uma plataforma marítima.

8. Referências bibliográficas

BEER, F. P.; RUSSEL JOHNSTON JR, E., 1995 – **Resistência dos Materiais**, Ed. Makron Books, São Paulo.

BELLEI, I.H. **Edifícios Industriais em Aço – Projeto e Cálculo**. Pini, 1994, São Paulo.

BUREAU VERITAS, **Rules for the Classification of Offshore**. BV , 1998.

BUREAU VERITAS, **Rules for the Classification of Steel Ships**. BV , 2000.

PFEIL, WALTER; PFEIL, MICHELE. **Estruturas de Aço**. 7 ed. LTC,2000, Rio de Janeiro.

Sítios da web

AEROPLAN CONSULTORIA, www.aeroplan.com.br, em 17/01/2006.

HELIBRAS, www.helibras.com.br, em 17/01/2006.

O HELIPONTO, www.oheliponto.com.br, em 17/01/2006.

9. ANEXOS

9.1 Pontos de Carregamento dos Quadrantes

Tabela 8 – Nós da área de toque do heliponto

Pontos dos Quadrantes			
Quadrante 1	Quadrante 2	Quadrante 3	Quadrante 4
136	22	16	130
142	28	21	135
144	30	182	179
287	290	206	180
288	292	248	203
294	329	250	204
330	332	434	245
349	352	435	246
350	367	436	246
406	402	437	252
414	403	442	438
415	410	443	454
416	411	444	578
417	412	445	582
422	413	450	594
423	418	451	730
424	419	452	742
425	420	453	247
430	421	570	248
431	426	571	249
432	427	572	439
433	428	573	440
590	429	574	441
591	486	575	455
592	487	576	456
593	488	577	457
606	489	598	579
607	602	599	580
608	603	600	581
609	604	601	583
610	605	722	584
611	614	723	585
612	615	724	595
613	616	734	596
746	617	735	597
747	738	736	731
748	739	737	732
749	740		743
758	741		744
759	750		745

Continuação – Tabela 8

760	751		
761	752		
762	753		

9.2 Pontos de Carga de Vento

Tabela 9– Nós que sofrem ação do vento

Pontos de Carga de Vento			
Do ponto	Ao ponto	Carga	Eixo
11	12	0.012	x
125	126	0.012	x
156	161	0.012	x
173	173	0.012	x
184	187	0.012	x
213	214	0.012	x
216	217	0.012	x
255	256	0.012	x
258	259	0.012	x
466	473	0.012	x
558	561	0.012	x
566	569	0.012	x
716	721	0.012	x
729	729	0.012	x
787	792	0.012	x
1889	1892	0.014	y
1921	1928	0.014	y
1965	1968	0.014	y
1993	2000	0.014	y
2109	2109	0.014	y
2118	2118	0.012	x
2128	2128	0.012	x
2267	2304	0.012	x
2283	2286	0.014	y
2345	2354	0.012	x
2389	2390	0.012	x
2393	2396	0.012	x
2395	2396	0.014	y
2403	2404	0.012	x
2453	2454	0.012	x

Continuação – Tabela 9

2453	2454	0.014	y
2465	2478	0.012	x
2543	2544	0.012	x
2543	2544	0.014	y
2555	2556	0.012	x
2621	2622	0.014	y
2667	2668	0.014	y
2729	2730	0.014	y
2787	2788	0.014	y
2983	2986	0.014	y
3007	3014	0.014	y
3019	3020	0.014	y
3022	3022	0.014	y
3027	3030	0.014	y
3035	3038	0.014	y

9.3 Pontos de Carregamento do Heliponto

Tabela 10- Nós com carga aplicada

Carregamento do Heliponto	
Do ponto	Ao ponto
8	8
10	10
12	12
16	16
21	22
28	28
30	30
37	37
39	39
86	86
122	122
126	126
130	130
135	136
142	142
144	144
151	151
153	153
157	158
160	160

Continuação – Tabela 10

167	168
170	170
172	173
179	180
182	182
184	184
186	186
203	204
206	206
208	208
210	210
214	214
216	216
245	246
248	248
250	250
252	252
256	256
258	258
287	288
290	290
292	292
294	294
298	298
300	300
329	330
332	332
334	334
336	336
340	340
342	342
349	350
352	352
355	355
357	357
359	360
367	368
370	370
372	372
374	374
381	382
384	384
394	473
554	633

Continuação – Tabela 10

14	765
787	824