



METODOLOGIA BASEADA EM INSPEÇÃO E RETROANÁLISE  
PARA VERIFICAÇÃO E AJUSTES DE SISTEMAS DE ANCORAGEM  
DE UNIDADES FLUTUANTES DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO OFFSHORE

Carolina dos Santos Seckler

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientadores: Breno Pinheiro Jacob  
Fabrício Nogueira Corrêa

Rio de Janeiro  
Agosto de 2011

METODOLOGIA BASEADA EM INSPEÇÃO E RETROANÁLISE  
PARA VERIFICAÇÃO E AJUSTES DE SISTEMAS DE ANCORAGEM  
DE UNIDADES FLUTUANTES DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO OFFSHORE

Carolina dos Santos Seckler

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL.

Examinada por:

---

Prof. Breno Pinheiro Jacob, D.Sc.

---

Prof. Fabrício Nogueira Corrêa, D.Sc.

---

Prof. Gilberto Bruno Ellwanger, D.Sc.

---

Eng. Isaias Quaresma Masetti, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

AGOSTO DE 2011

Seckler, Carolina dos Santos

Metodologia Baseada em Inspeção e Retroanálise  
para Verificação e Ajustes de Sistemas de Ancoragem  
de Unidades Flutuantes de Produção de Petróleo Offshore /  
Carolina dos Santos Seckler. – Rio de Janeiro:  
UFRJ/COPPE, 2011.

VIII, 95 p. il.: 14,0 cm.

Orientadores: Breno Pinheiro Jacob

Fabício Nogueira Correa

Dissertação (Mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de  
Engenharia Civil, 2011.

Referências Bibliográficas: p. 75- 76.

1. Ancoragem. 2.Retroanálise. 3. Diagrama de Offsets.  
I. Jacob, Breno Pinheiro, *et. al.* II. Universidade Federal do  
Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia Civil. III.  
Título.

## AGRADECIMENTOS

Aos familiares e amigos pelo apoio, sem o qual não teria concluído este trabalho. Dedico esta dissertação a vocês.

À Marizinha, agradeço também pelo beta-reading, especialmente por ter feito sob pressão durante a madrugada. Aproveito para me desculpar por isso. ^^

Aos orientadores pela sabedoria transmitida, pela paciência e por me fornecer os meios para a realização deste trabalho.

À equipe LAMCSO por estarem sempre dispostos a ajudar.

Agradeço também à CAPES e à COPPETEC.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

METODOLOGIA BASEADA EM INSPEÇÃO E RETROANÁLISE  
PARA VERIFICAÇÃO E AJUSTES DE SISTEMAS DE ANCORAGEM  
DE UNIDADES FLUTUANTES DE PRODUÇÃO DE PETRÓLEO OFFSHORE

Carolina dos Santos Seckler

Agosto/2011

Orientadores: Breno Pinheiro Jacob

Fabício Nogueira Correa

Programa: Engenharia Civil

O processo de instalação de linhas de ancoragem e *risers* em unidades flutuantes produtoras de petróleo offshore é especialmente complexo. Como o posicionamento desses sistemas nem sempre se mantém fiel ao projeto, após a instalação é usual efetuar-se inspeções por veículos de operação remota (ROVs). Neste contexto, o presente trabalho descreve uma metodologia de retroanálise que representa o sistema instalado em um modelo computacional. A metodologia se baseia na utilização de medidas de posição das linhas e *risers* recolhidas pelos ROVs para a geração de modelos, execução de análises e obtenção de diagramas de passeio das plataformas. Comparando esses diagramas com as zonas de segurança operacional dos *risers*, é possível sugerir ajustes no sistema e garantir a segurança dos equipamentos conectados à unidade.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

A METHODOLOGY BASED ON INSPECTION AND RETROANALYSIS  
FOR THE VERIFICATION AND ADJUSTMENTS OF MOORING SYSTEMS  
OF OFFSHORE OIL FLOATING PRODUCTION UNITS

Carolina dos Santos Seckler

August/2011

Advisors: Breno Pinheiro Jacob  
Fabrício Nogueira Correa

Department: Civil Engineering

The installation of mooring systems and risers of offshore oil floating production systems is especially complex. Since the positioning of such systems is not always consistent with the project, after the installation it is usual to perform inspections with Remotely Operated Vehicles (ROVs). In this context, this work describes a methodology based on inspection and retroanalysis that represents the as-built system in a computational model. The methodology employs measures of position of the mooring lines and risers collected by ROVs for the generation of models, execution of analyses and determination of diagrams with the *offsets* of the platforms. Comparing these diagrams with the safe operational zone of the risers, it is possible to suggest adjustments on the mooring system to assure the safe operation of the equipments connected to the platform.

# Sumário

1	Introdução .....	1
1.1	Contexto.....	1
1.2	Motivação e Objetivo.....	1
1.3	Estruturação da Dissertação.....	2
2	Ancoragem.....	3
2.1	Definição.....	3
2.2	Classificação .....	3
2.3	Tipos de Ancoragem .....	8
2.4	Tipos de Segmentos .....	14
2.5	Tipos de âncora.....	16
3	Metodologia de Geração de Modelos por Retroanálise.....	27
3.1	Introdução .....	27
3.2	Geração de Modelos por Retroanálise .....	29
3.3	Etapas da Metodologia.....	32
3.4	Comentários sobre a Metodologia de Geração .....	35
4	Procedimento de Verificação e Ajustes baseado nos Modelos Gerados por Retroanálise	39
4.1	Execução das Análises para Geração do Diagrama de Offsets de Ancoragem .....	39
4.2	Tratamento de Dados e Geração de Diagramas de Offsets de Ancoragem .....	41
4.3	Cruzamento com a Zona de Segurança dos Risers; Modificações no Sistema de Ancoragem .....	41
5	Estudo de Caso.....	45
5.1	Introdução .....	45
5.2	Modelo das Linhas.....	46
5.3	Dados de Inspeção .....	50
5.4	Ajuste das Linhas de Ancoragem .....	52
5.5	Ajuste dos Risers .....	55
5.6	Posição Neutra .....	60
5.7	Casos de Carregamento .....	61
5.8	Tratamento de Dados para Geração do Diagrama de Offsets de Ancoragem .....	61
5.9	Zona de Segurança Operacional dos Risers.....	65
5.10	Cruzamento Diagrama de Offsets de Ancoragem x SAFOP .....	68
5.11	Modificações no Sistema de Ancoragem.....	69

6	Conclusões .....	73
7	Referências Bibliográficas .....	75
	ANEXO I.....	77
	ANEXO II .....	80
	ANEXO III .....	84
	ANEXO IV .....	88
	ANEXO V .....	92

# 1 Introdução

## 1.1 Contexto

Com a descoberta e crescente produção de petróleo, muitas empresas operadoras vêm atuando na extração, transporte, refino e distribuição. Uma vez que uma operadora descobre um reservatório de petróleo offshore, ela deve realizar atividades de projeto de uma plataforma flutuante que possibilite sua permanência por anos em campo produzindo óleo.

Para manter o posicionamento de uma unidade flutuante durante o processo de produção empregam-se linhas de ancoragem. No entanto, mesmo ancorada, a embarcação está sujeita a movimentos devidos à ação de cargas ambientais, como vento, onda e corrente. Estes movimentos devem ser previstos na fase de projeto para que não haja danos nas linhas de amarração e nos *risers* conectados à unidade flutuante; procura-se assim garantir a integridade desses sistemas com a verificação e aprovação de todos os critérios de projeto pertinentes.

## 1.2 Motivação e Objetivo

Durante o processo de instalação da plataforma, nem sempre é possível manter os *risers* e as linhas de ancoragem com as configurações designadas no projeto, devido principalmente à dificuldade intrínseca ao procedimento de instalação, feito sob ações ambientais de onda, vento e corrente. Por conseqüência, a posição de projeto e a posição na qual a unidade flutuante foi realmente instalada são geralmente diferentes, não sendo incomum que as linhas de ancoragem e *risers* se encontrem mais ou menos tracionadas do que o previsto em seus projetos. Por conseqüência, não só a posição da plataforma instalada pode estar diferente da de projeto, como também seus *offsets* máximos podem deixar de obedecer ao valor estabelecido em projeto.

Neste contexto, para verificar e resolver os problemas relacionados à diferença de posicionamento e de níveis de tração das linhas de ancoragem, de modo a garantir a integridade dos *risers* durante a vida útil de um sistema de produção flutuante, o presente

trabalho descreve uma metodologia de retroanálise que representa em um modelo computacional o sistema instalado, de acordo com a configuração em campo. A metodologia se baseia na utilização de medidas de posição das linhas e *risers* recolhidas pelos ROVs para a geração de modelos, execução de análises e obtenção de diagramas de passeio das plataformas. Comparando esses diagramas com as zonas de segurança operacional dos *risers*, é possível sugerir ajustes no sistema e garantir a segurança dos equipamentos conectados à unidade, de modo que o sistema de ancoragem instalado continue atendendo aos critérios previstos em projeto e os passeios máximos da unidade flutuante continuem garantindo a integridade dos *risers*.

Para fins ilustrativos, será realizado um estudo de caso, utilizando uma plataforma fictícia.

### **1.3 Estruturação da Dissertação**

Primeiramente, para a realização desse trabalho os conceitos de ancoragem devem estar bem claros e, portanto o Capítulo 2 detalha todos os aspectos deste sistema.

Em seguida, é introduzida a metodologia de retroanálise no Capítulo 3.

No Capítulo 4.1, é explicado como se constrói o diagrama de *offsets* e no Capítulo 4.3 ele é cruzado com a zona segura de operação de *risers*.

Toda a metodologia descrita anteriormente é aplicada no Capítulo 5, que ilustra o estudo de caso, utilizando uma plataforma semisubmersível. Por fim, são apresentadas algumas conclusões no Capítulo 6.

## 2 Ancoragem

### 2.1 Definição

As linhas de ancoragem têm a função estrutural de gerar forças de restauração para manter em posição os sistemas flutuantes, tais como plataformas semisubmersíveis ou navios. Para oferecer a força de restauração necessária são dispostas em catenária ou utilizadas como linhas retesadas (*taut-leg*) ou tendões [2].

Os materiais mais utilizados nas linhas de ancoragem são as amarras de aço, os cabos de aço e os cabos de poliéster [8].

Normalmente, utilizam-se amarras nos trechos iniciais e finais das linhas de ancoragem por este material ser mais resistente ao manuseio, ao atrito com o fundo e com os guinchos das plataformas [11].

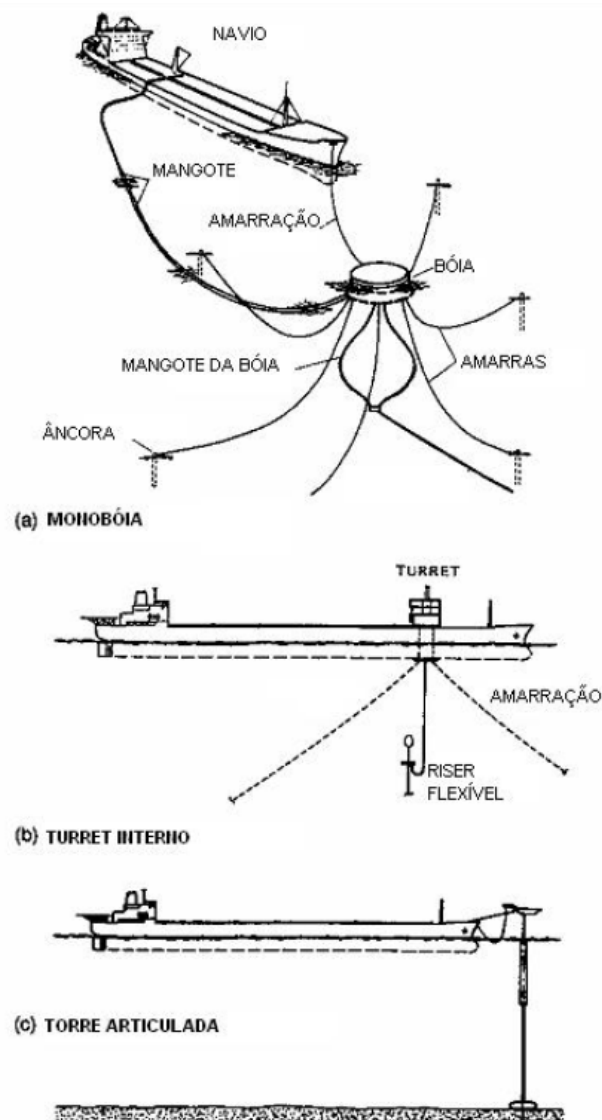
### 2.2 Classificação

Sistemas de ancoragem utilizados em estruturas flutuantes podem ser classificados em diferentes tipos, incluindo amarração em ponto único – SPM (*Single Point Mooring*), amarração com quadro de ancoragem SM (*Spread Mooring*) e o posicionamento dinâmico (DP), descritas sucintamente a seguir [7].

#### 2.2.1 Ponto Único

A ancoragem SPM (*Single Point Mooring*) é mais utilizada em unidades FSO ou em navios petroleiros convertidos em unidades FPSO, pois restringe apenas os deslocamentos lineares no plano horizontal, permitindo que a embarcação gire livremente em torno do eixo vertical (*weathervane*), minimizando os esforços sobre o sistema de amarração [12]. Existem vários tipos de ancoragem em um único ponto, sendo definidos basicamente três tipos: ancoragem com *turret*, CALM (*Catenary Anchor Leg Mooring*) e SALM (*Single Anchor Leg Mooring*) [6].

Em função da forma do casco e do tipo de sistema de amarração, os *Single Point Mooring Systems* (SPMs) tendem a ficar aproados com a ação ambiental resultante minimizando assim o efeito deste carregamento. Isto lhes confere uma grande sensibilidade à mudança da incidência das cargas ambientais. Em outras palavras, o SPM permite que o aproamento da embarcação varie conforme a direção da resultante dos agentes ambientais. O SPM possui um ponto de pivotamento em torno do qual o navio pode girar no plano horizontal. Exemplos de SPM estão apresentados na Figura 1 [12].



**Figura 1 - Exemplos de sistemas Single Point Mooring [15]**

### 2.2.1.1 Turret

No sistema de ancoragem com *turret*, todas as linhas de ancoragem e *risers* são presas a uma estrutura em forma de torre, que essencialmente faz parte da unidade a ser ancorada. O *turret* permite que a embarcação gire em torno do sistema de ancoragem. Ele pode ser montado interna ou externamente à embarcação [7], como mostra a Figura 2.

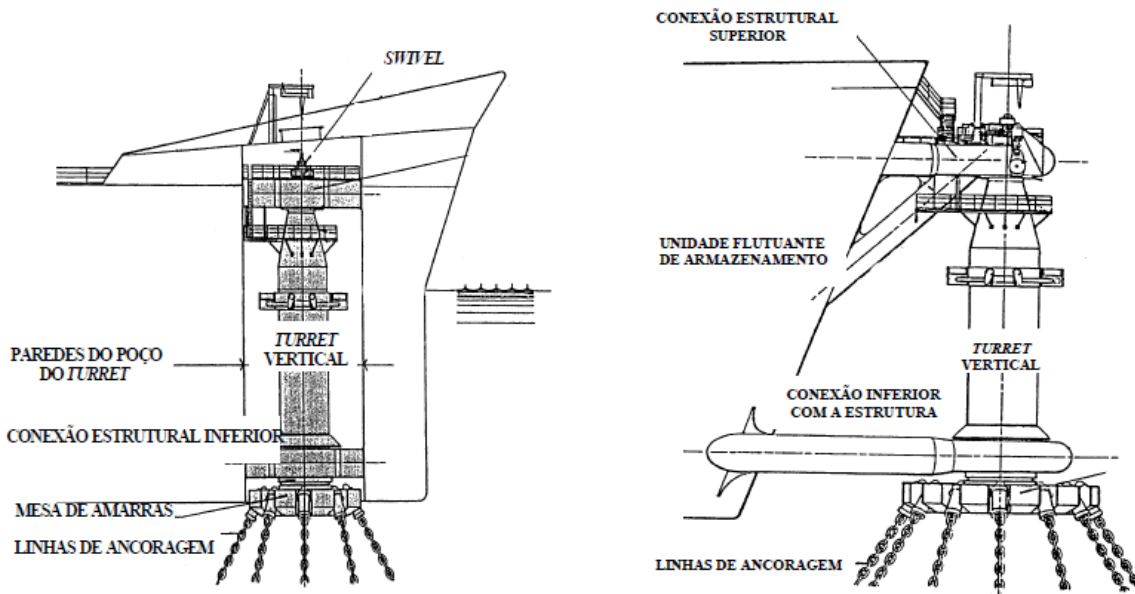


Figura 2 - Turret interno e turret externo [9]

### 2.2.1.2 CALM

O sistema CALM consiste numa bóia de grandes dimensões conectada a um número de linhas de ancoragem em catenária. Um cabo sintético é utilizado para fazer a amarração entre a bóia e o navio, em um sistema usualmente denominado como *hawser*, ilustrado na Figura 3. Este sistema é limitado em sua capacidade de resistir às condições ambientais, quando a reação da bóia for totalmente diferente da resposta do navio sob influência da onda. Assim, quando as condições do mar alcançam certa magnitude, é necessário desconectar o navio. Para evitar essas limitações, podem ser empregadas forquilhas (*yoke*) de acoplamento estruturais rígidas com articulações para ligar o navio à parte superior da bóia. A articulação rígida elimina movimentos horizontais entre a bóia e o navio [6].

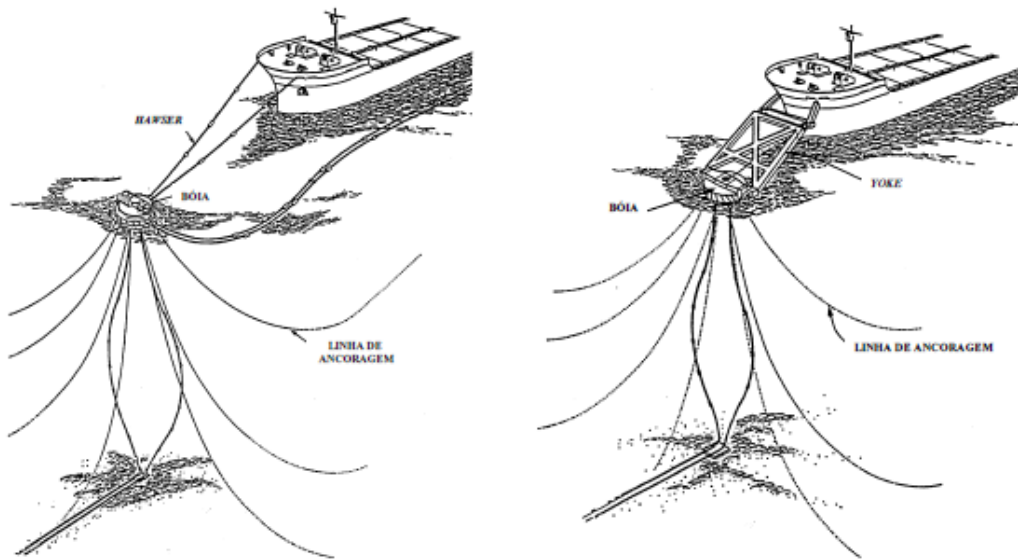


Figura 3 - Ancoragem tipo CALM fixada com hawser e com yoke [9]

### 2.2.1.3 SALM

O sistema SALM, ilustrado na Figura 4, emprega um sistema de *riser* vertical que possui ampla capacidade de flutuação próxima à superfície e, algumas vezes, na superfície, mantido por um *riser* pré-tensionado. O sistema basicamente emprega um *riser* articulado com uma forquilha de acoplamento rígida. Também é possível utilizar uma configuração na qual o empuxo dos flutuadores age no topo do *riser*, e estes funcionam como um pêndulo invertido [6].

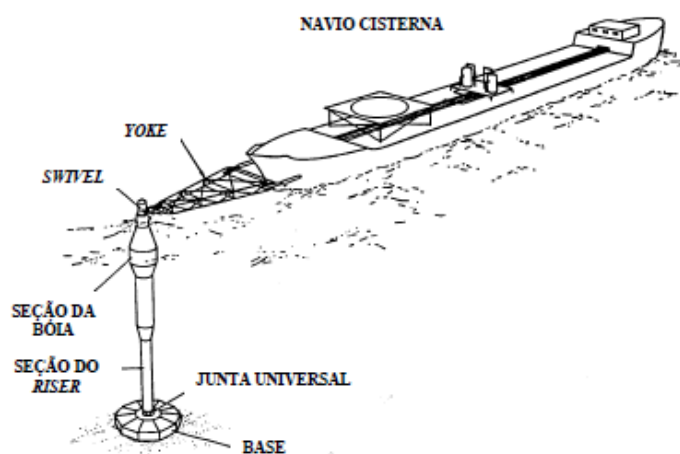


Figura 4 - SALM fixado com *riser* e yoke [9]

## **2.2.2 Pontos Múltiplos**

### **2.2.2.1 Spread Mooring**

Os *Spread Mooring Systems* (SMSs) são compostos por um sistema de amarração com múltiplas linhas, em catenária simples ou utilizando flutuadores (*spring buoys*) ou pesos (*clump weights*) intermediários, ancoradas ao fundo do mar através de âncoras de arraste, âncoras de carga vertical (VLAs), estacas de sucção ou estacas torpedos. Essas linhas são conectadas ao navio em pontos localizados no casco, mantendo dessa forma seu aproamento praticamente fixo [12].

A ancoragem SM tem sido mais freqüentemente utilizada por plataformas semisubmersíveis em operações de perfuração e produção, mas também pode ser empregada em unidades baseadas em navios. Neste sistema, as linhas de ancoragem se encontram distribuídas em torno da embarcação, de modo a resistir a carregamentos ambientais vindos de quaisquer direções [7].

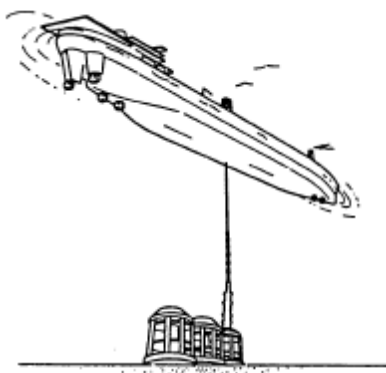
### **2.2.2.2 DICAS**

O DICAS (*Differentiated Compliance Anchoring System*) constitui-se num sistema com rigidez diferenciada entre as linhas de popa e proa da embarcação. As linhas de popa oferecem uma resistência menor aos movimentos da embarcação, permitindo que a mesma se alinhe com as cargas ambientais dentro de um limite angular (5 a 7 graus). Apesar do custo menor, o sistema só pode ser empregado em locações com pequena variação angular média da resultante do carregamento.

## **2.2.3 Posicionamento Dinâmico**

Entende-se por posicionamento dinâmico (Figura 5) um sistema que controla automaticamente a posição e aproamento de uma embarcação por meio de propulsão ativa. A característica fundamental do Posicionamento Dinâmico (DP) é a integração de um

grande número de subsistemas operando conjuntamente. Na ocorrência de falha de qualquer um deles, o sistema todo é comprometido, o que implica a perda de posição e aproamento por parte da embarcação. Por este motivo, pode se fazer necessária a utilização de âncoras de segurança. Este tipo de ancoragem é utilizado em atividades de perfuração e intervenção em poços de petróleo [8].



**Figura 5 - Posicionamento Dinâmico [9]**

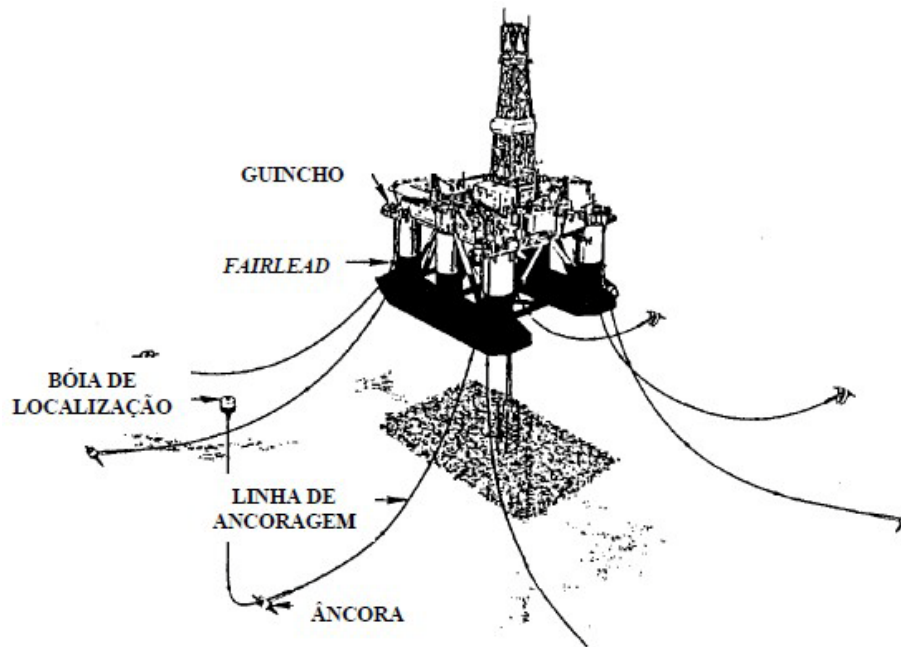
## ***2.3 Tipos de Ancoragem***

### **2.3.1 Ancoragem Convencional**

Denomina-se ancoragem convencional a ancoragem em catenária como a ilustrada na Figura 6. Esta técnica de ancoragem é utilizada em operações de produção ou perfuração, com a vantagem de possibilitar maiores passeios da embarcação sem a necessidade do uso de âncoras com elevado poder de garra. Isto decorre do fato de que este tipo de ancoragem possui um raio relativamente grande (cerca de três vezes a altura da lâmina d'água), e que o próprio atrito do trecho de linha apoiado no solo já absorve as solicitações do carregamento ambiental, sem chegar a solicitar as âncoras, em condições normais de operação [6].

É considerado como um sistema complacente, pois possui baixa rigidez comparada com os movimentos da unidade flutuante. Portanto, são necessários grandes deslocamentos da unidade flutuante para resistir às forças laterais [3]. O raio de ancoragem deve ser

razoavelmente grande para atender os critérios de projeto para passeio das unidades flutuantes ancoradas. Naturalmente, em um campo de exploração de petróleo, isto gera um congestionamento de linhas de unidades próximas, interferindo diretamente no posicionamento das mesmas, juntamente com equipamentos submarinos [8].



**Figura 6 - Sistema de ancoragem convencional [13]**

### 2.3.2 Ancoragem em *Taut-leg*

A ancoragem Taut-Leg é constituída por linhas retesadas com um ângulo de topo de aproximadamente  $45^\circ$  com a vertical. Conseqüentemente, tem-se uma projeção horizontal menor do que a ancoragem convencional, com relação à mesma ordem de grandeza da lâmina d'água, como mostra a Figura 7 [2].

Neste caso, como a ancoragem proporciona maior rigidez ao sistema, sendo o passeio da embarcação limitado a *offsets* menores, as âncoras a serem utilizadas precisam resistir a cargas mais elevadas, implicando numa fundação mais robusta [5].

Assim, este sistema apresenta as vantagens de reduzir o raio de ancoragem e utilizar menores pré-trações nas linhas de ancoragem comparadas ao sistema em catenária [3].

A adoção deste sistema implica em diminuição de custos com linhas de ancoragem, pois requer comprimentos menores e, devido ao raio de ancoragem ser mais curto (aproximadamente igual à altura da lâmina d'água), pode ser instalado em áreas congestionadas [6].

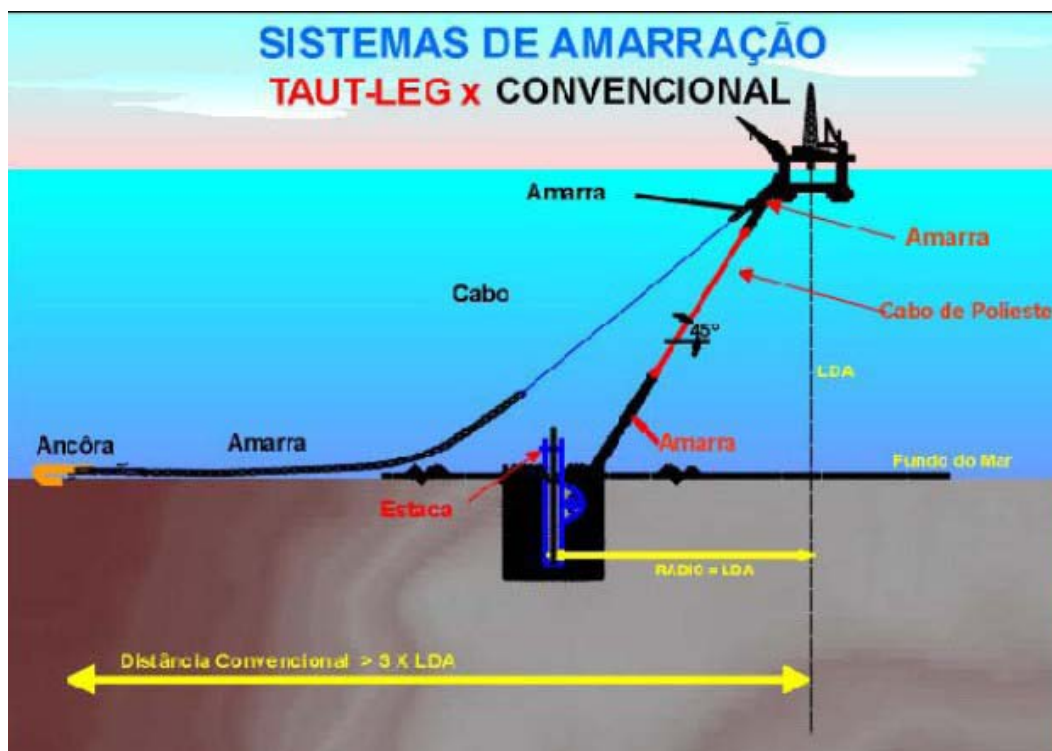


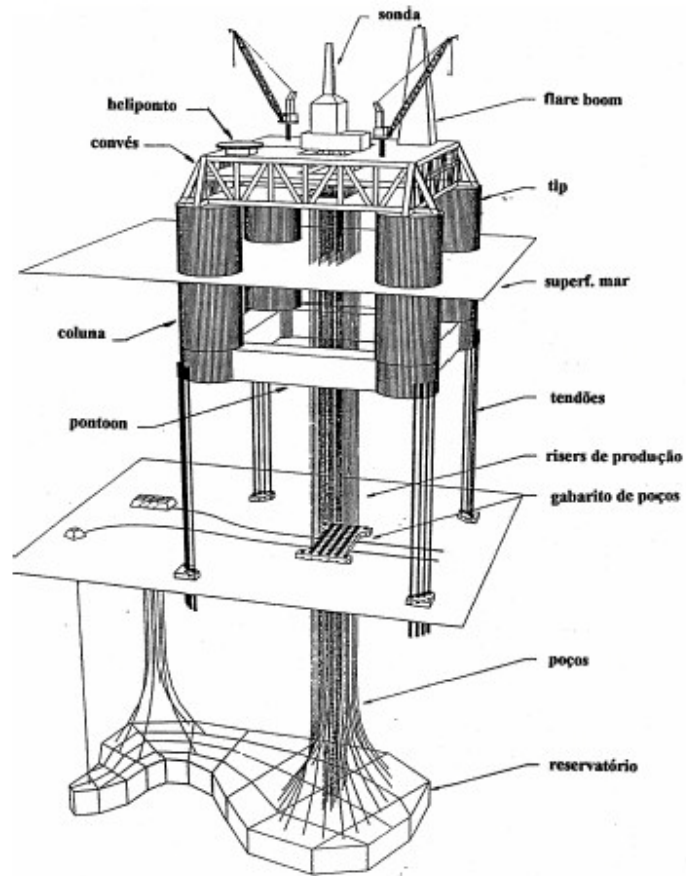
Figura 7 - Ancoragem convencional X Ancoragem em Taut-leg [10]

### 2.3.3 Tendões

A Figura 8 ilustra uma plataforma TLP ancorada com tendões. Os tendões podem ser de cabo de aço ou material sintético, proporcionando alta rigidez no plano vertical e baixa rigidez no plano horizontal. A força de restauração no plano horizontal é fornecida pela componente horizontal da força de tração nos tendões. Para tendões de pequenos diâmetros ( $d \cong 0.25$  m), os efeitos de flexão podem ser desprezados, enquanto que para grandes diâmetros ( $d \cong 1.00$  m) os efeitos de flexão devem ser considerados.

Esse tipo de ancoragem baseia-se na utilização de tendões verticais, que precisam estar sempre tracionados devido ao excesso de empuxo proveniente da parte submersa da embarcação. Além disso, ele é usado, principalmente, em plataformas tipo TLP (*Tension Leg Platform*), mas também pode ser adotado por bóias, monobóias, entre outras [2].

Uma de suas vantagens é possuir o arranjo de fundo do leito marinho mais “limpo”, evitando, assim, possíveis congestionamentos entre outros sistemas submarinos [5].



**Figura 8 - TLP com tendões [4]**

Algumas unidades flutuantes combinam tendões verticais com o sistema em catenária, fazendo com que as forças laterais ajudem na restauração da unidade flutuante [3], como mostra a Figura 9.

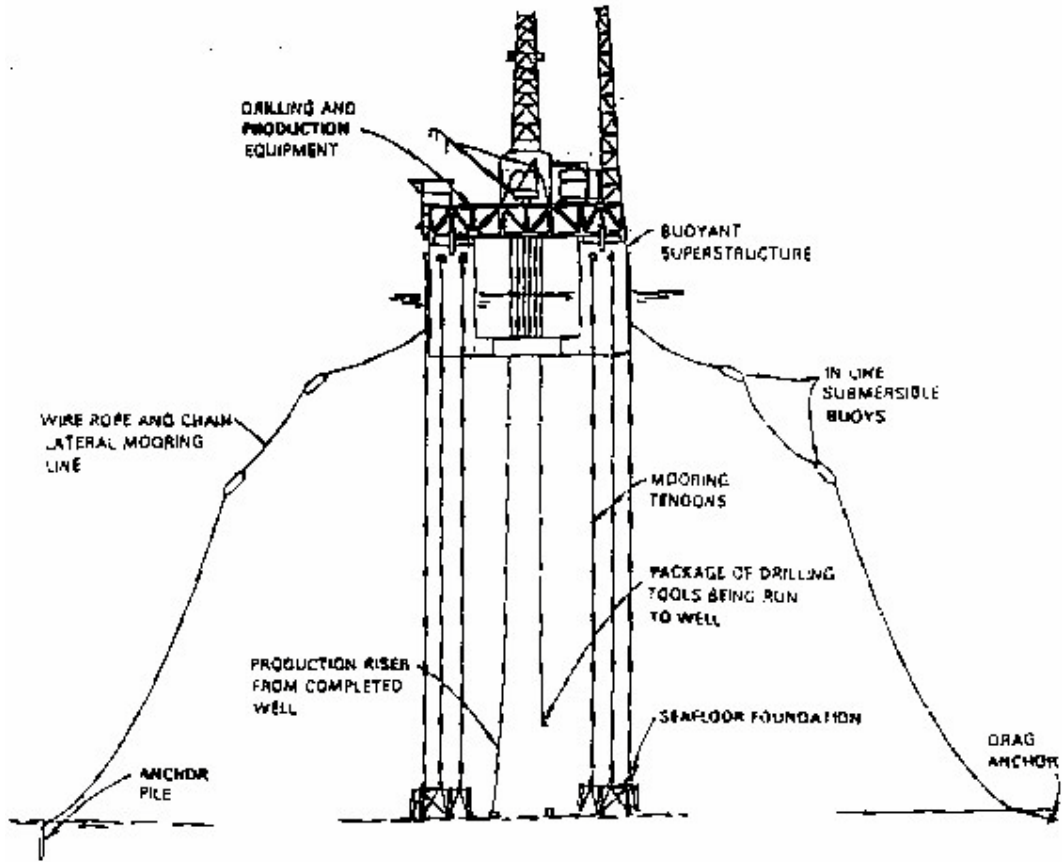


Figura 9 - Sistema combinado, tendões e catenária [2]

## 2.4 Tipos de Segmentos

### 2.4.1 Amarras

O tipo de amarra comumente utilizado na ancoragem de plataformas são as que possuem elos com malhete. As dimensões de um elo de corrente são múltiplos do diâmetro da corrente, como mostra a Figura 10.

Existem muitos tipos de componentes utilizados para unir duas partes de corrente. O usualmente empregado é o elo Kenter. Embora estes elementos tenham carga de ruptura igual ou superior a de uma corrente de mesma dimensão, a durabilidade à fadiga é sensivelmente menor. Portanto, as linhas de ancoragem devem utilizar o menor número possível desses elos [11].

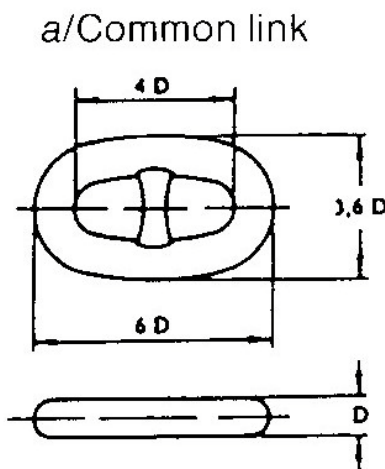


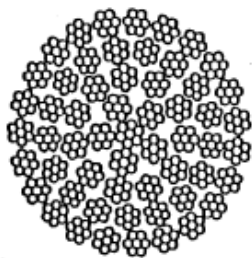
Figura 10 - Elo de amarra [13]

### 2.4.2 Cabos de Aço

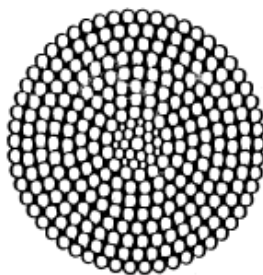
Os principais tipos de cabo de aço empregados na ancoragem de sistemas flutuantes são o “*six strand*” e o “*spiral strand*”, como mostra a Figura 11. Os cabos “*six strand*” são, normalmente, mais utilizados em unidades de perfuração devido ao seu fácil manuseio. Já os cabos do tipo “*spiral strand*” são empregados mais frequentemente em unidades de produção devido a sua resistência e durabilidade [11].

Objetivando minimizar a corrosão da trança metálica dos cabos de aço, podem ser empregados cabos galvanizados.

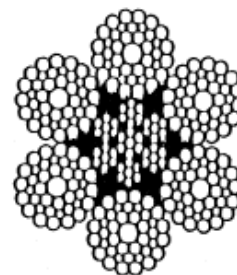
Com relação à resistência dos arames que formam o cabo, geralmente são empregados dois tipos IPS (*Improved Plow Steel*) ou EIPS (*Extra Improved Plow Steel*). Por ser mais resistente à tração, o EIPS é mais recomendado para unidades flutuantes [8].



Six Strand Rope



Spiral Strand



Multi Strand

Figura 11 - Cabos de Aço [10]

### 2.4.3 Cabos de Poliéster

O cabo de poliéster, Figura 12, é um cabo de material sintético, que apresenta uma flexibilidade axial bem maior que do cabo de aço e das amarras com a mesma carga de ruptura nominal, e um peso submerso por unidade de comprimento bem menor. Eles providenciam ainda a complacência necessária em decorrência das propriedades elásticas da fibra, evitando o uso de longas configurações em catenária usadas em sistemas de amarração convencionais.

Os tendões de poliéster apresentam baixa ou nenhuma rigidez à compressão axial. Por este motivo, devem estar, necessariamente, submetidos a esforços axiais de tração [8]. Além disso, eles têm a tendência de se deformar plasticamente, aumentando seu comprimento, em um efeito denominado de *creep*.

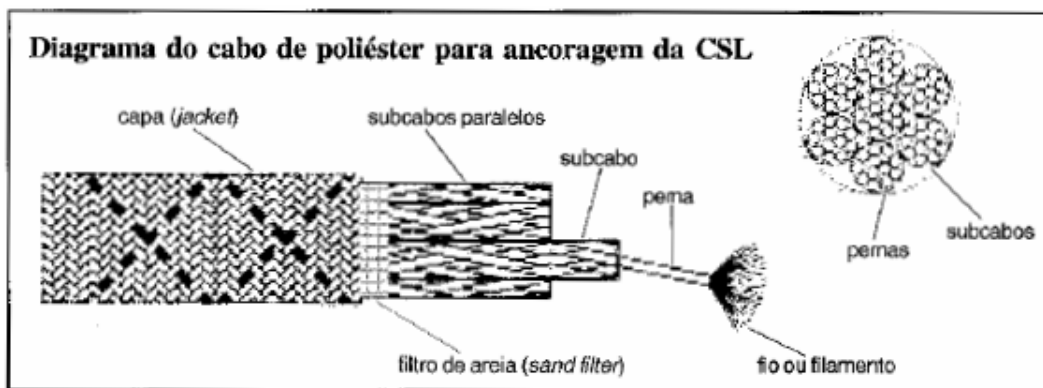


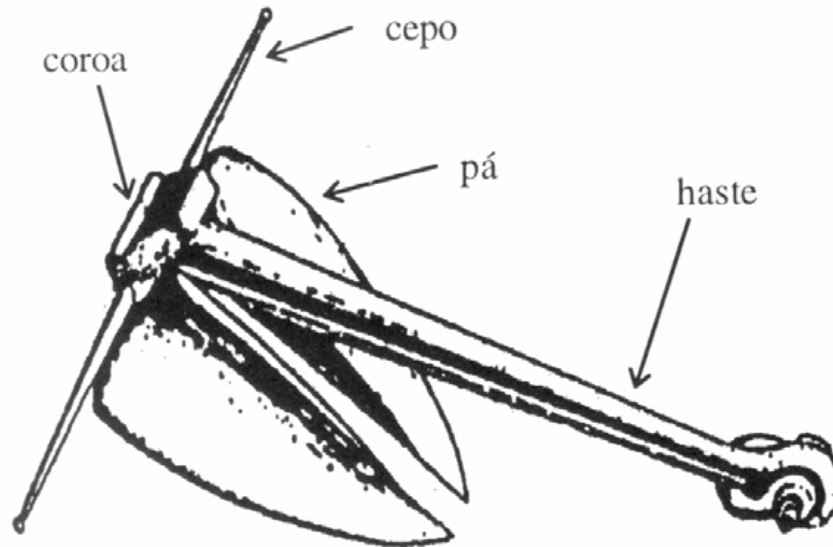
Figura 12 - Cabo de Poliéster [10]

## 2.5 Tipos de âncora

A função principal das linhas de ancoragem é manter a posição horizontal de uma unidade flutuante. Para tal, a linha deve ter um ponto de fixação no fundo do mar de forma a transmitir os esforços do sistema para o mesmo. Atribui-se a ele o nome de ponto de ancoragem e o elemento responsável por sua fixação é chamado de âncora. O ponto de fixação dependerá da forma de ancoragem utilizada no que diz respeito a uma característica básica: a capacidade de resistir a cargas verticais [11].

### 2.5.1 Âncora Convencional

Estas âncoras são constituídas: de uma haste, que fornece o ângulo de ataque para o seu enterramento no solo; de uma garra, que serve para mobilizar a capacidade de carga do solo; de um cepo, que impede a rotação da mesma após seu enterramento no leito marinho; e, uma coroa, que é responsável pela rigidez da âncora [6], como ilustra a Figura 13.



**Figura 13 - Âncora convencional [8]**

A resistência do solo é um fator preponderante no dimensionamento de uma âncora. Nos solos de baixa compactidade ou consistência, o carregamento se distribui uniformemente em toda a superfície da garra; por outro lado, em solos cimentados, toda transferência de esforços pode se concentrar em apenas uma pequena área de contato. Qualquer que seja o tipo de solo, o fato é que após o travamento a âncora deve alinhar-se o máximo possível com o leito marinho, de modo a inibir o seu arrasto no solo [9].

O seu processo de instalação é por arrasto: a embarcação de apoio, por intermédio da ancora, iça a linha de ancoragem da plataforma utilizando um cabo de apoio, *work wire*. Durante esta operação, os guinchos da plataforma e da embarcação liberam quantidades de linha até que o alvo seja atingido [10].

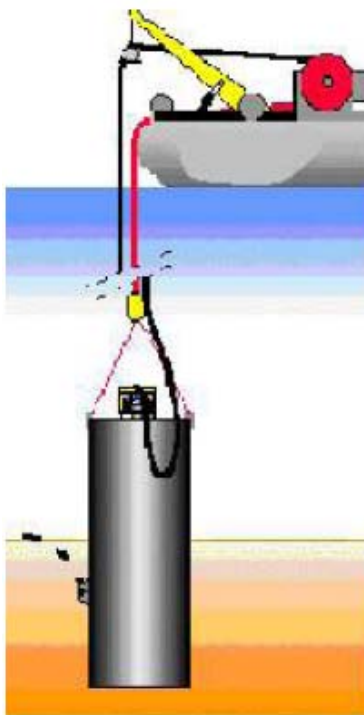
### **2.5.2 Estaca de Sucção**

Este tipo de estaca é constituída de um cilindro aberto no fundo e fechado no topo, no qual se acopla uma bomba de sucção, como mostra a Figura 14.



**Figura 14 - Estaca de sucção [8]**

A instalação pode ser realizada por uma embarcação provida de guindaste, como ilustrado na Figura 15, ou lançada da popa. Ocorre a penetração de parte da estaca por peso próprio, seguida da acoplagem do ROV com bomba de sucção que evacua a água existente no interior da estaca, causando a redução da pressão interna.



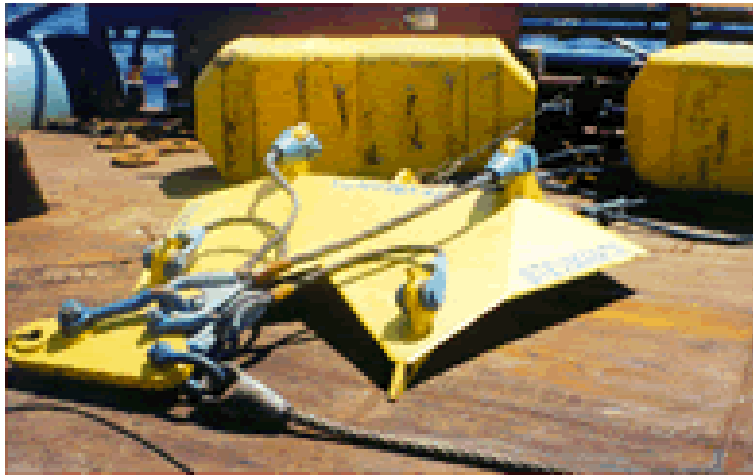
**Figura 15 - Instalação de uma estaca de sucção [8]**

Este sistema permite que a carga da linha de ancoragem seja aplicada em qualquer ângulo, desde cargas quase horizontais de linhas de ancoragem em catenária a cargas quase

verticais de TLPs. Dessa forma, são muito aplicadas em ancoragem de linhas tipo *taut leg* [6].

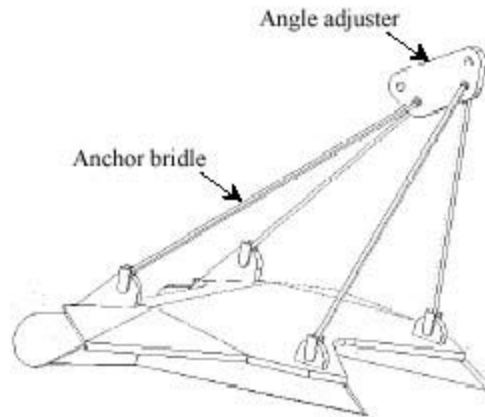
### 2.5.3 VLA

O uso cada vez maior de ancoragens *taut leg*, fez surgir a necessidade de se desenvolver um sistema de ancoragem que suportasse cargas com componentes verticais. Uma solução foi a utilização das âncoras VLA (*Vertically Loaded Anchor*), conforme ilustra a Figura 16.



**Figura 16 - Âncora VLA [8]**

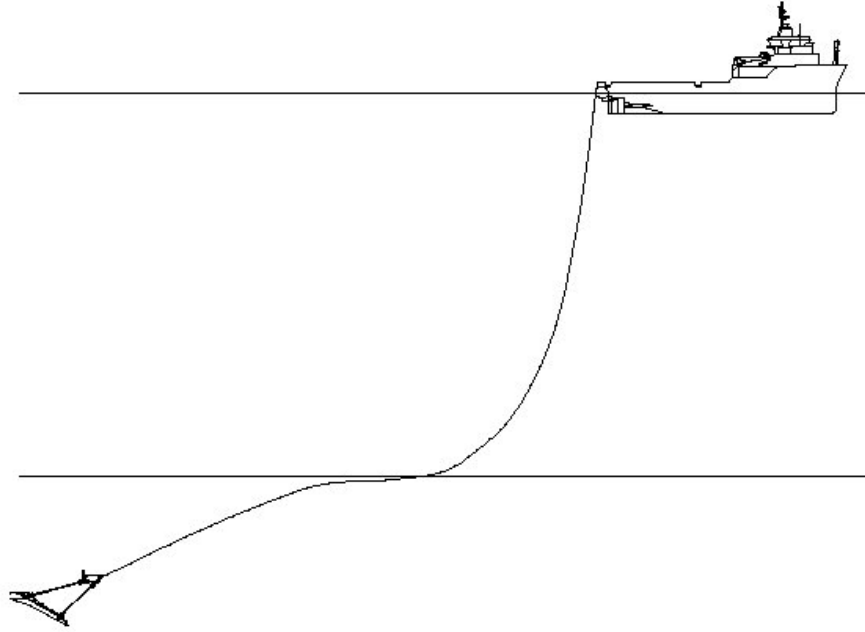
Estas âncoras possuem cabos, substituindo a haste rígida das âncoras convencionais, dotados de um dispositivo que permite a mudança do ângulo de aplicação da carga para que a mesma incida na direção normal à placa, como se vê na Figura 17.



**Figura 17 - Detalhe do dispositivo de ajuste de ângulo [8]**

A instalação, Figura 18, ocorre de forma semelhante à âncora convencional, puxando-se a âncora como auxílio de embarcações até atingir a carga prevista para a instalação. A direção de carregamento é, então, mudada para se tornar perpendicular à placa. Com o carregamento agindo nesta posição, o comportamento será igual ao de uma âncora de placa.

É interessante que a instalação seja realizada com o sistema de ancoragem definitivo, a fim de facilitar a ligação entre a âncora e a plataforma. No entanto, quando se utiliza o sistema de linhas de ancoragem do tipo *taut leg* com cabo de poliéster, a operação não é possível, pois o cabo irá absorver parte da carga aplicada durante o arraste. Neste caso, são usadas duas linhas de instalação, uma é conectada à embarcação que realiza a instalação, e a outra fica de espera em outro barco. Ao final do processo, o pino da manilha é rompido e a linha de espera é ligada a uma bóia para, posteriormente ser conectada à plataforma [6].



**Figura 18 - Âncora VLA após instalação [8]**

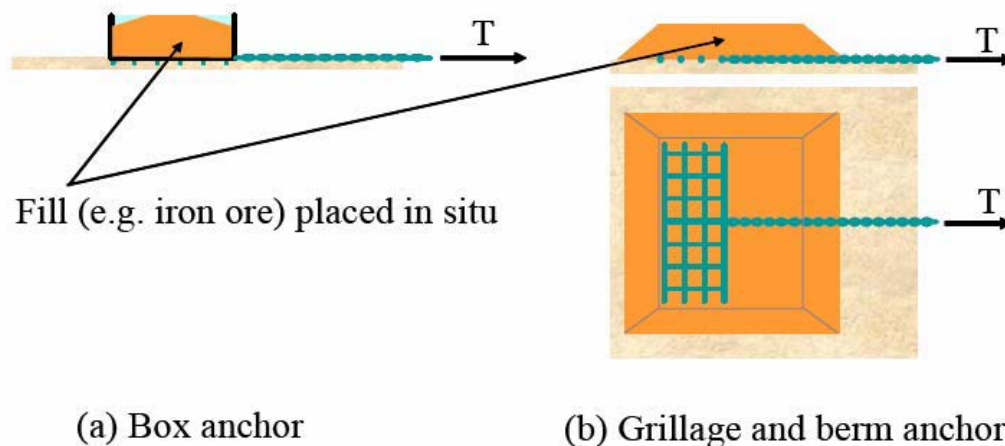
Para permitir a instalação dessas âncoras em áreas congestionadas, ou seja, em locais onde a presença de outras plataformas ou da própria plataforma (no caso de reinstalação) impeça a realização de operações de arraste, é possível realizar a instalação em outro sentido e girar posteriormente para a situação desejada. Essa versatilidade pode ser tomada como mais uma vantagem desse sistema de ancoragem [9].

#### **2.5.4 Âncora de Peso**

As âncoras de peso são um tipo de âncora por gravidade utilizado apenas em ancoragens nas quais é reduzido o risco de perda da locação no meio naval. É uma ancoragem de baixíssima eficiência, normalmente antieconômica para esforços de ancoragens muito altos.

Com o intuito de minimizar a dimensão dos guindastes necessários para a instalação desses sistemas de ancoragem, eles são compostos, por exemplo, por uma estrutura em formato de caixa vazia, preenchido posteriormente com material granular pesado, tal como blocos de rocha ou minério de ferro, como mostra a Figura 19. Durante a instalação,

primeiramente, o elemento em forma de caixa é posicionado sobre o leito do mar e, só depois, o material granular é adicionado através de tubos com o auxílio de ROVs [9].

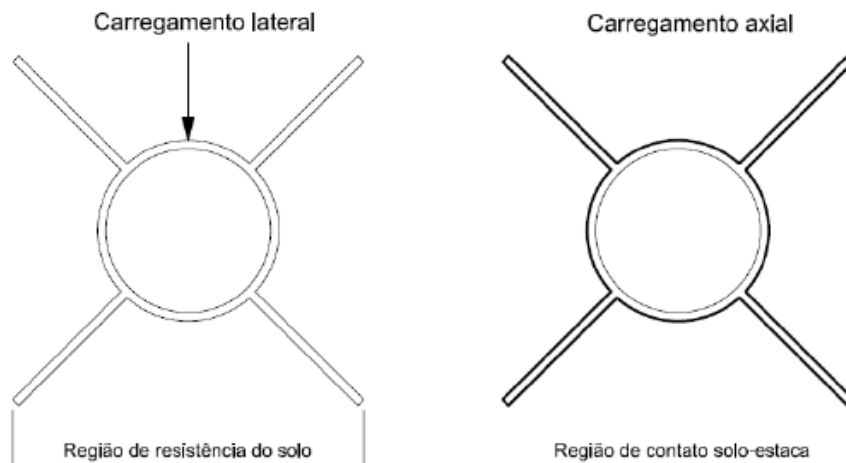


**Figura 19 - Instalação de uma âncora de peso [11]**

Para este tipo de ancoragem, a componente vertical é resistida pelo peso submerso da poita e pela sucção que ocorre entre o solo e a base. Quando a sucção se dá em solos coesivos, pode vir a dobrar a capacidade de carga da poita [10]. Já a força de arrasto é resistida pela adesão na interface solo-superfície e pelo empuxo passivo mobilizado pela área lateral da âncora enterrada no solo [9].

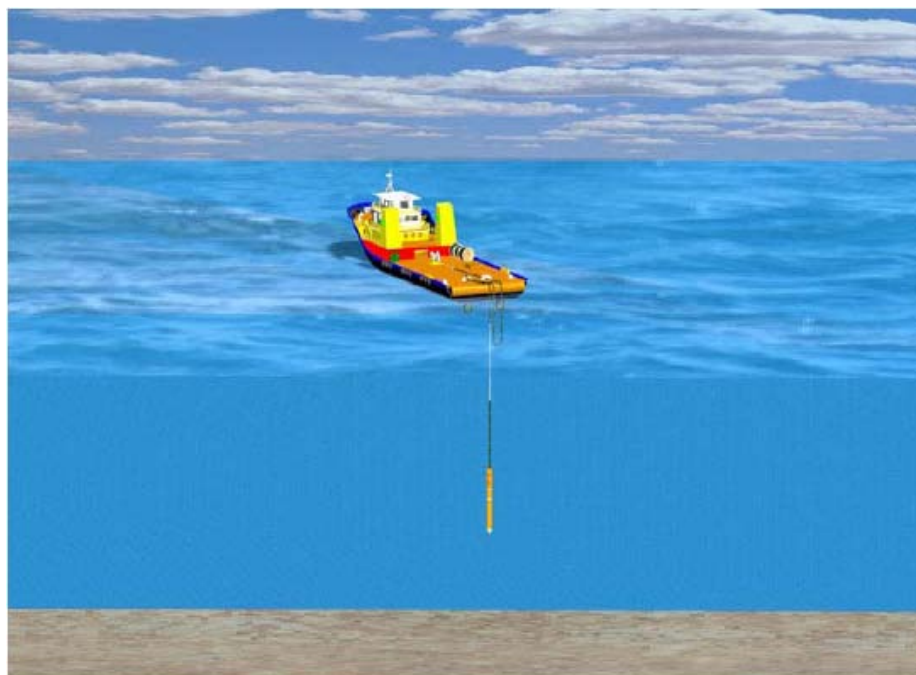
### 2.5.5 Estaca Torpedo

A estaca torpedo é uma estaca de aço tubular de ponta fechada com geometria cônica, preenchida com uma mistura de sucata de aço de várias dimensões e concreto, cuja dosagem é efetuada com o objetivo de atingir a maior massa específica possível. Em geral, seu comprimento é cerca de 10 vezes o seu diâmetro, apresentando basicamente o comportamento de um corpo rígido. A superfície lateral da estaca torpedo pode apresentar ainda aletas, o que aumenta o contato estaca-solo, com a finalidade de minimizar os problemas de baixa resistência lateral e axial. Uma seção típica desta estaca pode ser vista na Figura 20.



**Figura 20 - Seção da estaca torpedo na região das aletas [11]**

Este tipo de fundação foi criado para ser instalado por queda livre. Elas são liberadas a uma determinada altura do fundo do mar e são, por consequência, instaladas por penetração dinâmica sob ação de seu peso próprio [9]. A Figura 21 apresenta o esquema de lançamento de uma estaca torpedo, ao passo que a Figura 22 e a Figura 23 ilustram o lançamento de uma estaca torpedo para ancoragem de *risers* e de MODUs, respectivamente.



**Figura 21 - Esquema de lançamento de estaca torpedo para ancoragem de *riser* [11]**



**Figura 22 - Lançamento de estaca torpedo para ancoragem de riser [11]**



**Figura 23 - Lançamento de estaca torpedo para ancoragem de MODU [11]**

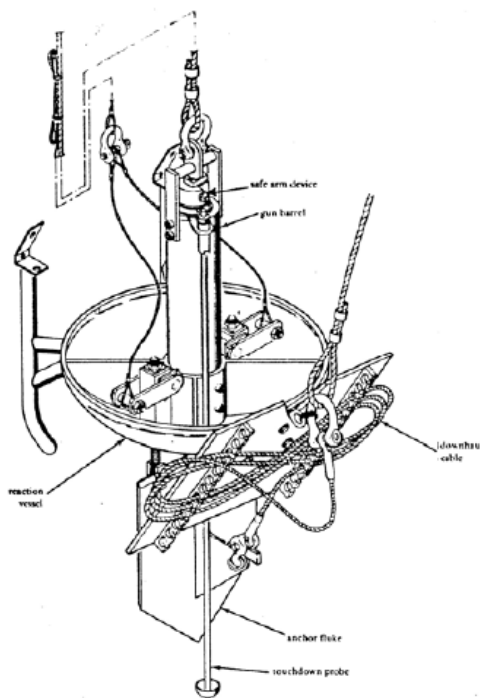
### **2.5.6 Âncora de Placa**

Estas âncoras, também conhecidas como PEAs (*Plate Embedment Anchor*), são utilizadas pela marinha americana e têm sido estudadas para implantação pela indústria

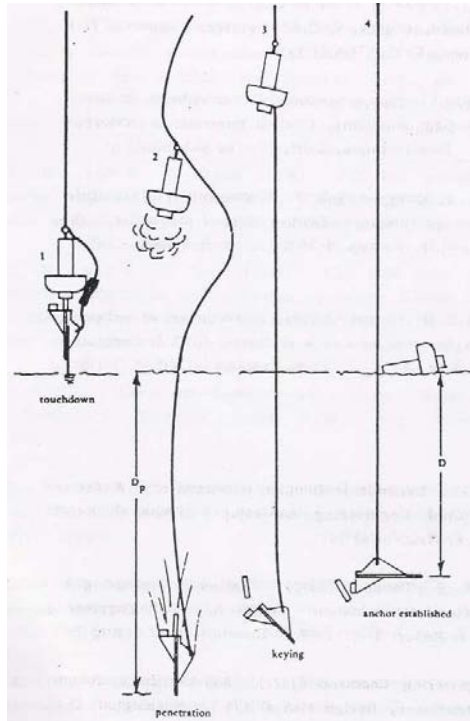
*offshore*. Um exemplo desta âncora com dispositivo de detonação está ilustrado na Figura 24.

Enquanto as verticais são instaladas por arrasto, as de placa são instaladas por cravação, com auxílio de martelo ou com uso de explosivos, como mostra a Figura 25.

Devido aos equipamentos prolongadores necessários na sua instalação, o uso de martelo só é economicamente viável no caso de águas rasas, nas quais seria possível empregar os martelos que trabalham fora d'água. Logo, essa metodologia de instalação não é aconselhável para lâminas d'água acima de 50 m, posto que seria inevitável o uso de martelos hidráulicos. Por outro lado, o uso de explosivos, apesar de proporcionar uma instalação rápida e econômica, está limitado ao peso da âncora e às características geotécnicas do solo local, pois, por exemplo, em locais onde exista uma espessa camada superficial de solo de baixa resistência, a energia de impacto seria dissipada e a âncora não penetraria o suficiente para atingir uma camada mais resistente [9].



**Figura 24 - Âncora de placa [8]**



**Figura 25 - Instalação da âncora de placa [12]**

As âncoras de placa apresentam três principais vantagens em relação às convencionais [10]:

- Elas resistem de forma eficiente a carregamentos em qualquer direção, inclusive a cargas verticais;
- Elas podem ser instaladas de maneira precisa em qualquer alvo;
- Apresentam elevada capacidade de carga, que está relacionada com a profundidade atingida pela âncora no solo.

## 3 Metodologia de Geração de Modelos por Retroanálise

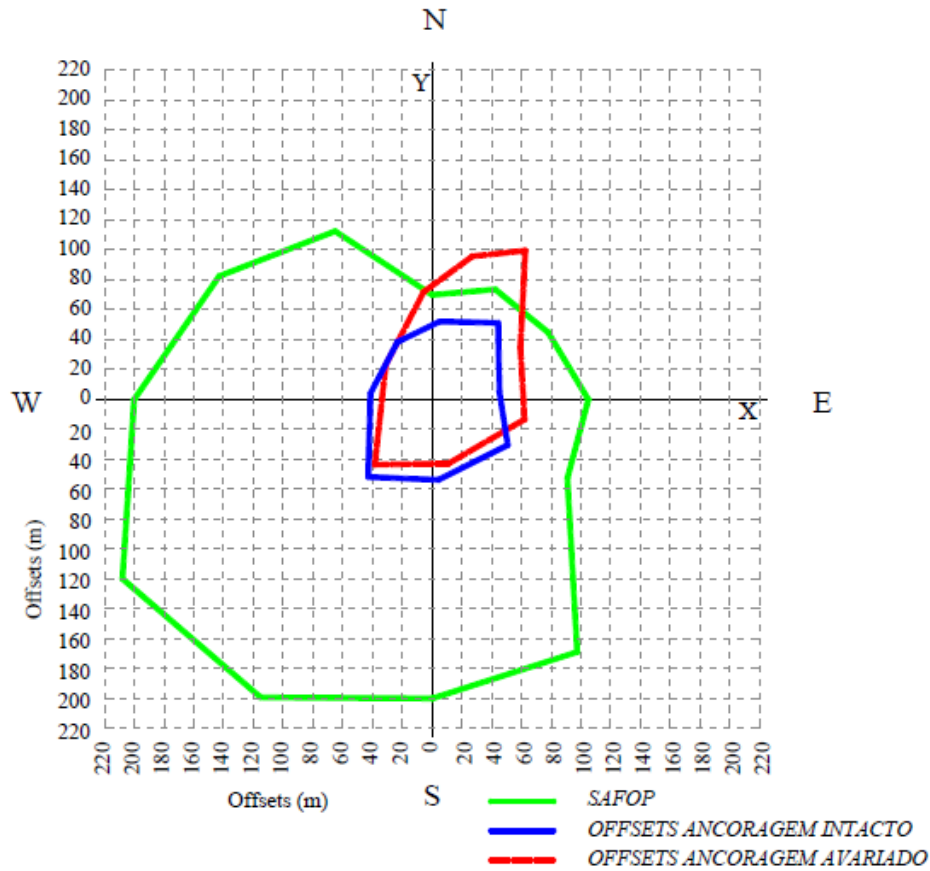
### 3.1 Introdução

Conforme mencionado no capítulo 1, para resolver os problemas relacionados à diferença de posicionamento e de níveis de tração das linhas de ancoragem e ângulo de topo dos *risers* decorrentes do processo de instalação, pode ser utilizado um procedimento de retroanálise que incorpora a geração de modelos numéricos do sistema flutuante *offshore* de acordo com as configurações *as-laid* das ancoragens e *risers*.

A partir deste modelo numérico, pode-se verificar a integridade do sistema e, caso necessário, se permite estabelecer medidas que auxiliem na sua correção. Isto significa permitir que o sistema de ancoragem instalado em campo continue atendendo aos critérios previstos em projeto e os passeios máximos da unidade flutuante continuem garantindo a integridade dos *risers*.

Uma vez construído o modelo numérico dos *risers* por retroanálise, a integridade dos mesmos pode ser verificada a partir de simulações numéricas capazes de gerar como subproduto uma área de segurança, no plano horizontal, limitada pelos passeios máximos que a unidade flutuante pode sofrer sem violar os critérios de projeto dos *risers*.

Esta área de segurança dos *risers* pode ser superposta com o diagrama de passeios máximos da unidade sob ações ambientais extremas de projeto, ou diagrama de *offsets* de ancoragem (Figura 26), obtidos através de análises globais de movimento, tomando modelos acoplados construídos por retroanálise que representam o casco, as linhas de ancoragem e os *risers* da plataforma, conforme *as-laid*.



**Figura 26 - Exemplo de cruzamento de SAFOP com Diagrama de Offsets [15]**

O sistema de *risers* estará seguro se o diagrama de *offsets* estiver dentro da área de segurança dos *risers*. Caso isto não ocorra ou os limites dos dois diagramas estejam muito próximos, podem ser propostas alternativas de pagamento e recolhimento das linhas de ancoragem para conter os passeios máximos do sistema flutuante de forma a torná-los adequados para a operação do sistema de *risers*.

### **3.2 Geração de Modelos por Retroanálise**

O procedimento de geração de modelos de sistemas flutuantes *offshore* por retroanálise significa adequar o modelo numérico às características geométricas levantadas em campo. Este procedimento é complexo, porque deve levar em conta todas as peculiaridades do processo de inspeção de uma plataforma. Sabe-se que tal processo é demorado, podendo levar dias, e cada linha inspecionada pode estar relacionada a uma diferente posição média da plataforma. Isto significa que cada linha deve ser modelada conforme os pontos notáveis registrados pelos *Remotely Operated Vehicles* (ROVs), a posição da unidade, e se possível, com as condições ambientais registradas no dia da inspeção. Os pontos notáveis são os pontos específicos ao longo da linha registrados por ROVs. Normalmente, em linhas de ancoragem, estes pontos correspondem às mudanças de segmentos, ao TDP e posição da âncora (quando observada).

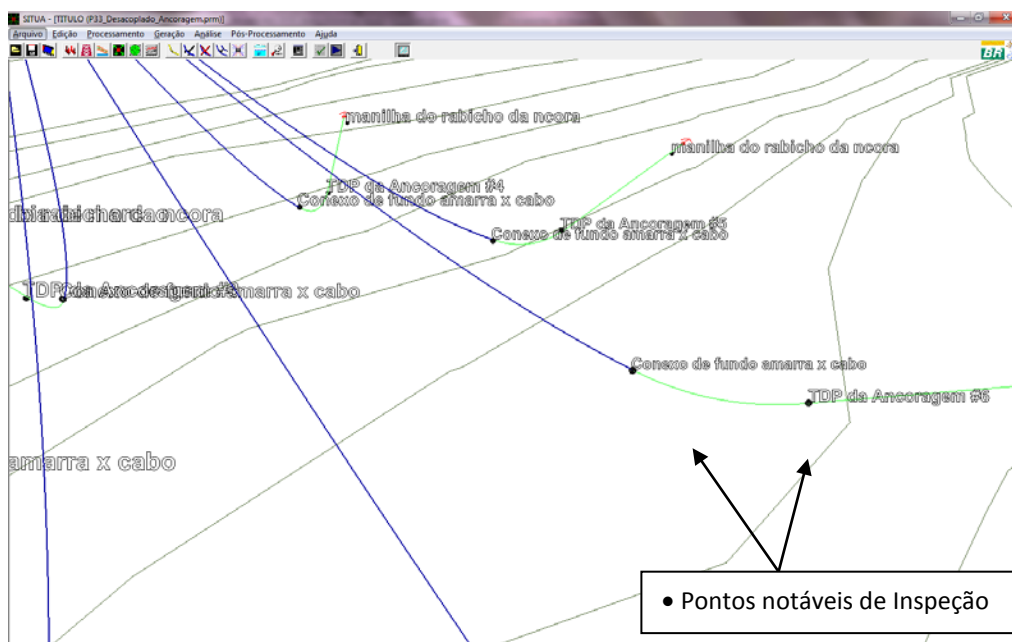
Tomando os pontos notáveis registrados pelos *Remotely Operated Vehicles* (ROVs) e os demais dados fornecidos pelos *surveys*, é possível determinar, para cada linha de ancoragem, uma configuração que melhor se ajuste a observada em campo. Procedimento semelhante pode ser empregado para definir a configuração de cada *riser* acoplado à unidade flutuante.

Tendo em vista as peculiaridades do procedimento de retroanálise, o LAMCSO/COPPE vem desenvolvendo uma interface gráfica específica para pré-processamento e geração de modelos, implementada no sistema SITUA-Prosím [1], capaz de coletar, processar e visualizar em um ambiente gráfico 3D os pontos notáveis de inspeção de cada linha. Este programa foi utilizado para o estudo de casos desta dissertação.

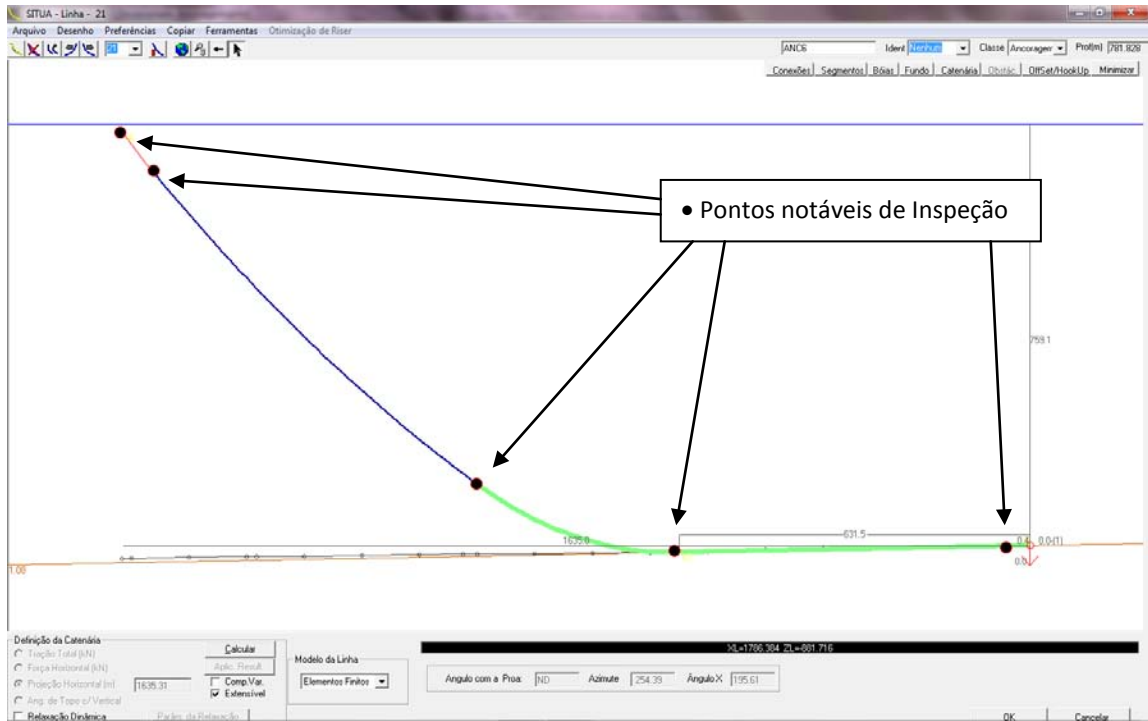
Tomando os pontos notáveis registrados pelos ROVs, representados na interface gráfica, e os demais dados fornecidos pelos *surveys*, o SITUA fornece recursos específicos de geração de linhas em catenária (incluindo recursos de pagamento e recolhimento do segmento de topo, ajuste da tração no topo e da posição da âncora) possibilitando determinar, para cada linha de ancoragem, uma configuração que melhor se ajuste aos pontos notáveis. Procedimento semelhante pode ser empregado para definir a configuração de cada *riser*, a partir dos dados de inspeção informados pela Petrobras.

As etapas deste procedimento de calibração serão descritas em detalhe no próximo item desta seção. Como poderá ser visto, trata-se de um processo manual (ou semi-automático) que incorpora a experiência do projetista, envolvendo vários passos, visando aproximar a configuração geométrica gerada pela equação da catenária aos pontos notáveis de inspeção.

A título de ilustração, a Figura 27 apresenta a tela de visualização 3D da Interface do SITUA com a representação de linhas de ancoragem ajustadas a pontos notáveis medidos. Pode-se observar a excelente adesão das catenárias a estes pontos. Já a Figura 28 apresenta a tela de edição de linhas do SITUA com a vista 2D de uma linha ajustada aos pontos de inspeção, indicando-se por cores os diferentes segmentos. Novamente, pode-se perceber que se obteve um bom ajuste: os pontos notáveis da inspeção coincidem com os pontos do modelo que correspondem às fronteiras entre os segmentos, e ao TDP.



**Figura 27 - Vista 3D, Linhas de ancoragem ajustadas aos pontos de uma inspeção**



**Figura 28 - Linha de ancoragem ajustada aos pontos de inspeção (vista 2D)**

Uma vez realizado este procedimento de retroanálise para todas as linhas, obtém-se um modelo composto pelos *risers* e linhas de ancoragem que obedece aos dados registrados em campo. A partir deste modelo, é possível avaliar a configuração da plataforma em sua posição de equilíbrio neutro (ou seja, sem ação de carregamentos ambientais) através da realização de uma análise estática acoplada casco-linhas, verificando inclusive se a posição encontrada difere da posição de projeto.

Este modelo na posição neutra é o que deve ser empregado nas análises subsequentes para a geração dos diagramas de *offsets*. O uso dos procedimentos de retroanálise incorporados na metodologia, e implementados na interface gráfica do SITUA especializada no pré-processamento e geração de modelos, garante que os dados do modelo (incluindo comprimento pago de segmento de topo de cada linha de ancoragem, posição de ancora e tração de topo) reflitam de forma adequada a configuração neutra da plataforma.

### **3.3 Etapas da Metodologia**

#### **3.3.1 Modelagem da Unidade Flutuante e Consideração da Batimetria**

O primeiro modelo a ser construído é o da unidade flutuante com suas conexões, dados geométricos e físicos além de todos os coeficientes aero e hidrodinâmicos a partir de dados de projeto. Para posicionar a unidade flutuante, é necessário importar primeiro a batimetria do solo marinho da região estudada, pois esta carrega consigo as informações das coordenadas globais UTM da região em que o sistema flutuante está locado. Em seguida, posiciona-se em primeira instância a unidade flutuante em sua posição de projeto.

#### **3.3.2 Modelagem das Linhas**

A seguir descrevem-se as etapas da metodologia de geração de modelos numéricos das linhas de ancoragem e *risers* pelo processo de retroanálise utilizando o programa SITUA-Prosim. Observa-se que cada etapa pode se aplicar tanto a linhas de ancoragem quanto a *risers*, ou apenas para um destes tipos de linha. Desta forma, ao início da descrição de cada etapa está indicado, entre colchetes, se ela se aplica apenas para ancoragem [A], apenas para *risers* [R], ou para ambos [A/R].

- a) [A/R] Inicialmente, tomam-se, do relatório de inspeção, os valores das coordenadas UTM (Norte, Este, Profundidade) dos pontos notáveis registrados pelo ROV (conexão amarra-cabo, cabo-amarra, TDP, etc.), transcrevendo-os para um arquivo digital que servirá como entrada de dados para o programa SITUA-Prosim.
- b) [A/R] Em seguida, utilizam-se as telas dos módulos de geração de modelos do SITUA para, tomando os dados da configuração original de projeto, indicar a posição de projeto do casco, as conexões de topo das linhas, definir os dados dos segmentos, e gerar a configuração das linhas na posição de projeto.

- c) [A/R] Ativa-se o recurso do SITUA de importar o arquivo contendo os pontos de inspeção, permitindo sua visualização tanto na tela geral 3D quanto na tela 2D do módulo de edição de linhas em catenária.
- d) [A/R] Uma vez modelado o casco, linhas de ancoragem e os *risers* na posição de projeto, entra-se novamente na tela de edição de linhas do SITUA. Para cada linha, a extremidade de topo é movida para as coordenadas UTM registradas no momento da inspeção da respectiva linha. É importante ressaltar que, como em geral a inspeção das linhas não é realizada ao mesmo tempo, para cada inspeção a unidade flutuante poderá estar em uma nova coordenada UTM. Portanto, mover o topo da linha é o mesmo que mover o casco para a posição e azimute registrados em cada inspeção.
- e) [A/R] Em seguida, o azimute de cada linha é modificado, do valor de projeto para o valor informado no relatório de inspeção. Nesse caso observa-se que pode haver uma inconsistência entre o azimute informado no relatório e o azimute correspondente ao alinhamento dos pontos notáveis inspecionados. Assim, para obter um melhor ajuste, através da vista ortográfica superior do SITUA confere-se o azimute informado no relatório com o obtido pelo alinhamento dos pontos. Caso haja alguma diferença, no processo de modelagem opta-se por considerar o azimute definido pelo alinhamento dos pontos notáveis inspecionados.
- f) [A/R] De posse da posição de cada linha no momento da respectiva inspeção (em termos das coordenadas do topo definidas no passo **d**), e do azimute definido no passo **e**), e tomando a posição da âncora informada no relatório da inspeção (ou, no caso de *riser*, o ponto de truncamento do modelo definido no passo **b**), utiliza-se o módulo de geração de catenária da tela de edição de linhas do SITUA para obter uma nova configuração da linha.
- g) [Ancoragem] Em seguida, ainda usando os recursos da tela de edição de linhas do SITUA, a amarra de topo é paga ou recolhida ao mesmo tempo em que o raio de ancoragem é alterado, até que a linha do modelo numérico assuma uma

configuração onde a posição dos pontos notáveis (especialmente os pontos correspondentes às fronteiras (*links*) entre os segmentos) se aproximem da posição 3D (N, E, Prof) dos respectivos pontos registrados em campo. O resultado deste procedimento de ajuste são os parâmetros que definem a configuração em catenária das linhas de ancoragem, incluindo, por exemplo, o comprimento de amarra paga.

- h)** Para linhas compostas por segmentos de poliéster (com grande extensibilidade e sujeitos a fenômenos de *creep*) entra mais uma variável de ajuste: o comprimento do segmento. Assim, na modelação da linha (utilizando a formulação de catenária extensível) o comprimento indeformado do segmento de poliéster deve ser ajustado de modo que, após o cálculo da catenária (que leva em conta a extensibilidade) obtenha-se uma configuração na qual a posição dos pontos inicial e final de cada segmento de poliéster se aproxime das posições correspondentes registradas em campo.
- i)** [*Riser*] De modo semelhante ao descrito no passo **g)** voltado para linhas de ancoragem, no caso de *risers* deve-se efetuar ajustes no modelo até obter uma configuração onde a linha se aproxime das posições 3D (N, E, Prof) dos respectivos pontos registrados pelo ROV na inspeção. Diferentemente das linhas de ancoragem, onde o ajuste é feito variando o comprimento da amarra de topo e do raio de ancoragem (e do segmento de poliéster se for o caso), no caso dos *risers* o ajuste deve ser feito variando o ângulo de topo.

Após realizar os passos de “**a**” até “**h**” para todas as linhas, conclui-se a etapa de ajuste individual da geometria espacial das linhas de ancoragem e *risers*, para obedecer a posição dos pontos notáveis medidos em campo (lembrando que estes pontos podem ter sido obtidos em diferentes medições, com a plataforma em diferentes posições). Resta então reconectar as linhas na plataforma e obter a configuração final na posição neutra, como será descrito nos passos a seguir.

- j) [A/R] Entrando novamente na tela de edição de linhas do SITUA, alteram-se as condições de contorno da extremidade inferior das linhas (âncoras, ou pontos extremos dos *risers* apoiados no fundo) para considerá-las fixas, e reconecta-se a extremidade superior à respectiva conexão no casco.
- k) Finalmente, pode-se então disparar o programa Prosim para calcular o equilíbrio estático acoplado da plataforma com todas as suas linhas, e assim obter a posição neutra do sistema. Para esta análise, as linhas de ancoragens são representadas por elementos de treliça, e os *risers* por elementos de pórtico.
- l) Tomando os resultados do Prosim que definem a posição neutra obtidos no passo j), e os parâmetros que definem a configuração em catenária das linhas de ancoragem e *risers* (ângulo de topo, projeção horizontal, pré-trações, etc. obtidos pelos passos de ajuste a até h), tem-se então as informações necessárias que caracterizam o modelo em sua posição neutra.

### **3.4 Comentários sobre a Metodologia de Geração**

Neste item comentam-se alguns aspectos relacionados às premissas e hipóteses consideradas no estabelecimento da metodologia de geração de modelos numéricos descrita anteriormente.

#### **3.4.1 Foco: Geração de Diagramas de *Offsets* de Ancoragem de Segurança dos *Risers***

Inicialmente, é importante ressaltar que a metodologia aqui apresentada diz respeito à geração de modelos orientados especificamente para as análises de movimento necessárias para a elaboração de diagramas de *offsets* de plataformas flutuantes ancoradas ou para análise desacoplada de *risers* para geração dos diagramas de segurança dos *risers*.

### **3.4.2 Elementos de Ligação de Segmentos de Ancoragem (Manilhas de União, Placas Triangulares)**

Para atender ao objetivo de uma análise global de movimentos, que é obter respostas confiáveis de movimento e trações nas linhas de ancoragem, os tamanhos dos elementos finitos usualmente adotados para modelar os segmentos das linhas variam na faixa de 1% a 2,5% do comprimento suspenso da linha.

Caso o objetivo da análise fosse determinar o comportamento estrutural da linha (como usualmente se procede na análise numérica de *risers*), poder-se-ia considerar uma malha mais bem refinada e no caso da linha de ancoragem considerar a modelagem individual dos elementos de ligação entre os segmentos (tais como manilhas de união e placas triangulares). No entanto, tais componentes são relativamente pequenos (da ordem de 40 cm) para serem considerados em análises globais de movimento; isso levaria ao uso de elementos muito menores do que os empregados para modelar os segmentos, implicando na criação de segmentos de transição com gradação no comprimento dos elementos (para evitar variações acentuadas entre elementos adjacentes) e/ou intervalos de integração dinâmica menores do que os convencionais, para evitar instabilidade numérica.

Assim, observa-se que a modelagem dos elementos de ligação pode elevar significativamente o custo computacional, sem de fato apresentar ganhos de precisão sobre as repostas desejadas no contexto da análise global de movimentos. Recorda-se ainda que, em linhas de ancoragem em catenária convencional, geralmente a soma dos comprimentos dos elementos de transição atinge aproximadamente apenas 0,1% do comprimento total da linha, não interferindo, portanto de forma significativa na configuração final da linha.

Conclui-se, portanto que para a análise global de movimentos não se recomenda a representação isolada dos elementos de ligação de segmentos. Desta forma, os modelos para diagramas de *offsets* podem não incluir a representação individual destes elementos.

### **3.4.3 Configuração em Catenária no Plano Vertical**

No procedimento de geração das configurações em catenária das linhas respeitando os pontos notáveis, assume-se que cada linha está contida em um plano vertical. Isto

equivale a considerar que, no momento da inspeção, a condição ambiental (especialmente correnteza) é amena e não afasta a linha significativamente do plano vertical.

#### **3.4.4 Incertezas na Medição do TDP**

Existem algumas incertezas quanto à precisão com que se mede, durante uma inspeção, a posição do TDP das linhas. A posição medida pode ser afetada por diversos fatores, incluindo a parcela dinâmica do movimento da linha. Assim, também dependendo do ângulo em que a linha toca o solo, o TDP medido envolve imprecisões que podem afetar o processo de calibração do modelo. Por exemplo, em uma linha de ancoragem em catenária convencional, um deslocamento vertical de um metro no topo pode acarretar em um passeio horizontal de vários metros no TDP.

Em *risers*, o TDP muitas vezes é o único ponto registrado no relatório de inspeção. No entanto, como o ângulo de topo dos *risers* flexíveis com a vertical é pequeno, na ordem de 7 graus, pode-se dizer que a posição do TDP informada na inspeção dos *risers* é mais confiável do que a de uma linha de ancoragem convencional. Ainda assim, para aumentar a precisão do processo de calibração, recomenda-se que nas próximas inspeções sejam registrados outros pontos ao longo do comprimento suspenso dos *risers*.

#### **3.4.5 Incertezas na Medição da âncora**

Estacas de sucção são simples de serem observadas, pois seu topo fica aparente. No entanto, em diversos casos a posição da âncora é especialmente difícil de ser avaliada, visto que a pode-se encontrar encoberta pelo solo marinho. Usualmente a informação válida é o ponto de afloramento da amarra de fundo. Este ponto é normalmente considerado fixo como se fosse a âncora do modelo. Conseqüentemente o comprimento de amarra de fundo também deve ser modificado no modelo para que os pontos de transição dos segmentos sejam obedecidos.

### **3.4.6 Fundo Batimétrico**

Como já mencionado, no processo de geração dos modelos utilizam-se dados de fundo batimétrico extraídos do banco de dados SGO da Petrobrás. Nesses dados batimétricos, as curvas de nível são separadas horizontalmente por centenas de metros. Portanto, a precisão é baixa quando comparada com a precisão de registro de profundidade de um ROV.

Algumas vezes, ao registrar o TDP de uma linha o ROV indica profundidade maior do que a observada na batimetria do SGO, nas mesmas coordenadas N e E. Tem sido observados erros na casa de poucos metros, normalmente menores que 4 metros. Nestes casos, continua-se fazendo uso da batimetria lida pelo programa, com a atenção de que, sempre que possível, seja aferido o ângulo em que a catenária se aproxima do fundo tomando outros dois pontos registrados pelo ROV, próximos entre si e imediatamente acima do TDP.

### **3.4.7 Escolha dos Pontos**

Alguns pontos da inspeção podem ser descartados caso o projetista observe uma não concordância com os demais pontos registrados.

Os principais pontos utilizados para as linhas de ancoragem são o fairlead e os pontos de mudança de segmento. Os dados de entrada de comprimento de cada segmento são os de projeto, inclusive para o caso do poliéster. Entretanto, neste último caso, se o ajuste não for possível, seu comprimento deve ser alterado para atender ao comprimento registrado indiretamente pelo ROV (através da posição de seus pontos extremos).

Para os *risers*, utiliza-se o maior número de pontos possíveis registrados ao longo da linha pelo ROV.

## 4 Procedimento de Verificação e Ajustes baseado nos Modelos Gerados por Retroanálise

### 4.1 Execução das Análises para Geração do Diagrama de Offsets de Ancoragem

#### 4.1.1 Introdução

Como já mencionado, o diagrama de *offsets* compõe os passeios máximos de um sistema flutuante submetido aos carregamentos ambientais extremos de projeto.

Estes valores dos passeios máximos devem ser obtidos por estatísticas de extremos de simulações dinâmicas acopladas e o diagrama de *offsets* pode ser apresentado pela envoltória dos passeios máximos estatísticos ocorridos em cada direção azimutal.

Com as simulações numéricas para geração do diagrama, também são avaliadas as trações em todas as linhas de ancoragem comparando-as com os limites de projeto estabelecidos, normalmente baseados na Prática Recomendada API-RP-2SK [14].

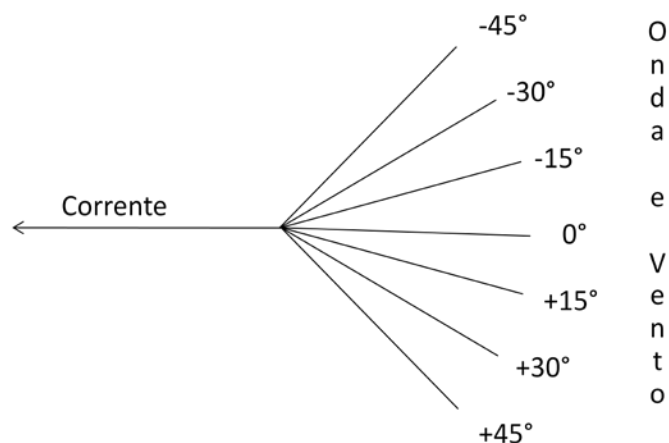
Tanto simulações intactas com avariadas devem ser estudadas com o modelo de retroanálise. Neste trabalho, o sistema foi simulado com apenas uma das linhas rompidas, linha esta com o maior valor de tração para o caso de carregamento em que a unidade teve o maior passeio. No entanto, em projetos, comumente é rompida uma segunda linha, sendo esta a segunda linha mais tracionada do caso de carregamento que gerou o maior valor em módulo de tração nas linhas de ancoragem.

Na fase de projeto, o limite de passeio horizontal da plataforma é usualmente um círculo de raio igual a 10%, para condição intacta, do valor da lâmina d'água onde a unidade flutuante encontra-se instalada. Para uma condição de avaria de linhas este valor usualmente sobe para 15%. Estes limites tendem a ser menores quando o sistema é instalado por linhas em configuração *taut-leg* ou *semi-taut-leg*. O diagrama de *offsets* gerado por retroanálise representa um dado muito mais substancial e proporcionará aos engenheiros a possibilidade de ajustar as trações nas linhas com uma maior liberdade e segurança.

### 4.1.2 Casos de Carregamento

Existem muitas maneiras de gerar um diagrama de *offsets* em termos de quais e quantos carregamentos serão utilizados. Neste trabalho, foram realizados carregamentos de vento, onda e corrente com períodos de retorno anual, decenário e centenário. Os carregamentos foram aplicados em diversos ângulos, espaçados de 15° cada. Além disso, os carregamentos de ondas e ventos decenários foram compostos com os de correntes centenárias e vice-versa.

Para cada direção de corrente incidem onda e vento em sete direções relativas, como mostra a Figura 29. São definidas oito direções de corrente: N, NE, E, SE, S, SW, W, NW.



**Figura 29 - Direções relativas entre onda/vento e corrente [13]**

Dessa forma, o total de 168 carregamentos ficou dividido como segue:

- 56 carregamentos com período de retorno anual;
- 56 carregamentos com período de retorno decenário de onda/ vento e centenário de corrente;
- 56 carregamentos com período de retorno centenário de onda/ vento e decenário de corrente.

## **4.2 Tratamento de Dados e Geração de Diagramas de Offsets de Ancoragem**

Deve ser efetuada uma análise dinâmica para todos os casos de carregamento para obter como resultados os movimentos da plataforma em todos os graus de liberdade e os valores de tração de cada linha de ancoragem e *riser*.

Primeiramente, as trações dinâmicas máximas em cada linha de ancoragem devem ser verificadas para cada um dos casos de carregamento. Segundo a RP-2SK elas não podem ultrapassar 60% da tração de rompimento (especificada pelo fabricante) normalmente conhecida como *MBL* (*Minimum Breaking Load*). Na análise do sistema avariado, as trações nas linhas não devem ultrapassar 80% da *MBL* [14]. Se tal condição não for atendida, o modelo deve ser alterado, sugerindo modificações no sistema instalado para que se possa diminuir a tração nas linhas, e as simulações devem ser refeitas. Não havendo esse problema, os movimentos devem ser analisados.

Os movimentos incluem o módulo e o ângulo do passeio horizontal, que serão utilizados como dados de entrada em uma estatística de extremos seguindo uma distribuição de Weibull. Essa análise terá como resultado os pontos que representam as médias e os máximos passeios da unidade. Os pontos mais externos são escolhidos e unidos por retas para cada uma das duas análises (intacta e avariada), formando duas curvas que definem o diagrama de *offsets*.

## **4.3 Cruzamento com a Zona de Segurança dos Risers; Modificações no Sistema de Ancoragem**

### **4.3.1 Introdução**

Os critérios de projeto de um *riser* podem incluir o raio de curvatura mínimo e a tração máxima que a estrutura do *riser* pode suportar sem constituir um risco para a sua integridade. Para que esses critérios de projeto sejam atendidos, devem ser definidos limites máximos de passeio horizontal dentro dos quais o topo do *riser* deve permanecer durante todo o tempo de operação da unidade flutuante. Estes limites, quando definidos para

diferentes direções para todo o sistema de *risers*, caracterizam o diagrama de SAFOP (*Safe Operational Zone*) ou Zona de Segurança Operacional do sistema de produção.

#### 4.3.2 Geração do Diagrama de Zona de Segurança Operacional dos *risers*

A geração dos diagramas SAFOP consiste basicamente em posicionar o topo dos *risers* em diferentes lugares com deslocamentos prescritos, e realizar análises dinâmicas (precedidas de análises estáticas) com aplicação de carregamentos ambientais para avaliar se algum critério de projeto dos *risers* é violado. O resultado é uma curva que limita a área segura de operação do conjunto de *risers*.

O procedimento de geração propriamente dito se inicia com uma análise estática não-linear para cada direção do diagrama, nos quais são aplicados incrementalmente deslocamentos horizontais prescritos no topo dos *risers* (em termos do percentual da lâmina d'água, %LDA) e os correspondentes perfis de correnteza. Cada análise estática é interrompida no passo onde for detectada a primeira violação de qualquer dos critérios de projeto. Imediatamente, executa-se um "step back" para posicionar o topo dos *risers* no passo anterior do *offset* estático.

Na análise dinâmica que se segue, são acrescentados os movimentos prescritos de primeira ordem devido à ação da onda (regular ou irregular) no casco e à onda atuando diretamente sobre os *risers*. As análises dinâmicas em cada direção são executadas gradualmente para *offsets* menores, até que qualquer critério de utilização dos *risers* deixa de ser violado.

Os limites encontrados para cada direção são unidos com retas, determinando a Zona de Segurança Operacional do sistema de *risers*, e conformando assim o diagrama de SAFOP. Além disso, o diagrama informa para cada direção qual *riser* esteve no limite de violar algum dos critérios de projeto e qual foi esse critério.

Na geração do diagrama de SAFOP não é considerada a fadiga, corrosão e efeitos de temperaturas extremas nos *risers*. Também as interferências entre *Riser*-linha de ancoragem e entre linha de ancoragem-equipamento submarino são condições que devem ser avaliadas em outras etapas de projeto, etapas essas que levem em conta a interação direta dos *risers* com o sistema de ancoragem.

Ressalta-se que uma ou mais situações particulares de cada projeto podem restringir a zona segura de operação da plataforma independentemente das restrições impostas pelos *risers*, por exemplo, quando alguma unidade será localizada próxima à plataforma, pode existir uma restrição de passeio que reduz a área estabelecida no *SAFOP* [15].

### **4.3.3 Cruzamento dos Diagramas de *Offsets* e SAFOP**

Uma vez que todos os diagramas estejam prontos, eles devem ser desenhados proporcionalmente, utilizando o mesmo par de eixos cartesianos, de modo a serem comparáveis. Os diagramas de *offsets* a serem utilizados aqui são aqueles que contêm os *offsets* máximos, tanto do caso em que as linhas de ancoragem encontram-se intactas quanto do caso com o sistema avariado.

A unidade flutuante estará operando em segurança se os diagramas de *offsets* se encontrarem totalmente envolvidos pelo SAFOP e com uma boa margem de segurança. Ou seja, a área dos diagramas de *offsets* deve ser bem menor que a área do SAFOP.

Isso é de vital importância, pois garante que os *risers* não serão tracionados até o limite de rompimento durante toda a vida operacional da unidade flutuante e que sofrerão menos danos devidos à movimentação, o que diminui a quantidade de intervenções para manutenção.

### **4.3.4 Modificações no Sistema de Ancoragem**

O diagrama de *offsets* costuma se aproximar do SAFOP em algumas direções e ficar muito distante em outras e, com isso, manter algumas linhas tracionadas acima do necessário, apenas para cumprir o limite de 10% da lâmina d'água comentado anteriormente.

O ideal seria que o diagrama de *offsets* tivesse um formato parecido com o SAFOP, apenas com uma área menor, mantendo uma margem de segurança. Para que isso aconteça, pode-se propor de mudança no sistema de ancoragem. Tal mudança deve ser feita no comprimento da amarra de topo das linhas de ancoragem, o que eventualmente mudará a

posição neutra e o aproamento da unidade flutuante. É importante que as âncoras não sejam mexidas, pois as linhas não serão relançadas. Devem-se afrouxar as linhas opostas à direção em que o SAFOP se afasta do diagrama de *offsets* e aumentar a tração das linhas na direção oposta dos pontos em que o diagrama de *offsets* se aproxima do SAFOP ou até mesmo ultrapassa os seus limites.

Seguindo esses novos parâmetros, novos diagramas de *offsets* devem ser gerados até que seja encontrada uma configuração ótima para o sistema. Essa configuração poderá, finalmente, ser aplicada na prática, dando uma maior complacência para o sistema de ancoragem.

## 5 Estudo de Caso

### 5.1 Introdução

Com o objetivo de ilustrar a aplicação do procedimento descrito nos capítulos anteriores, foi construído um modelo de plataforma semi-submersível com as seguintes características gerais:

- Coordenadas de projeto – Norte: 7492008 m/Leste: 340985 m;
- Aproamento –  $31^\circ$  (Norte);
- Largura da plataforma – 69,220 m;
- Calado – 20,34 m;
- Deslocamento – 21284 toneladas.

A Figura 30 apresenta uma vista 3D da malha do casco da plataforma.

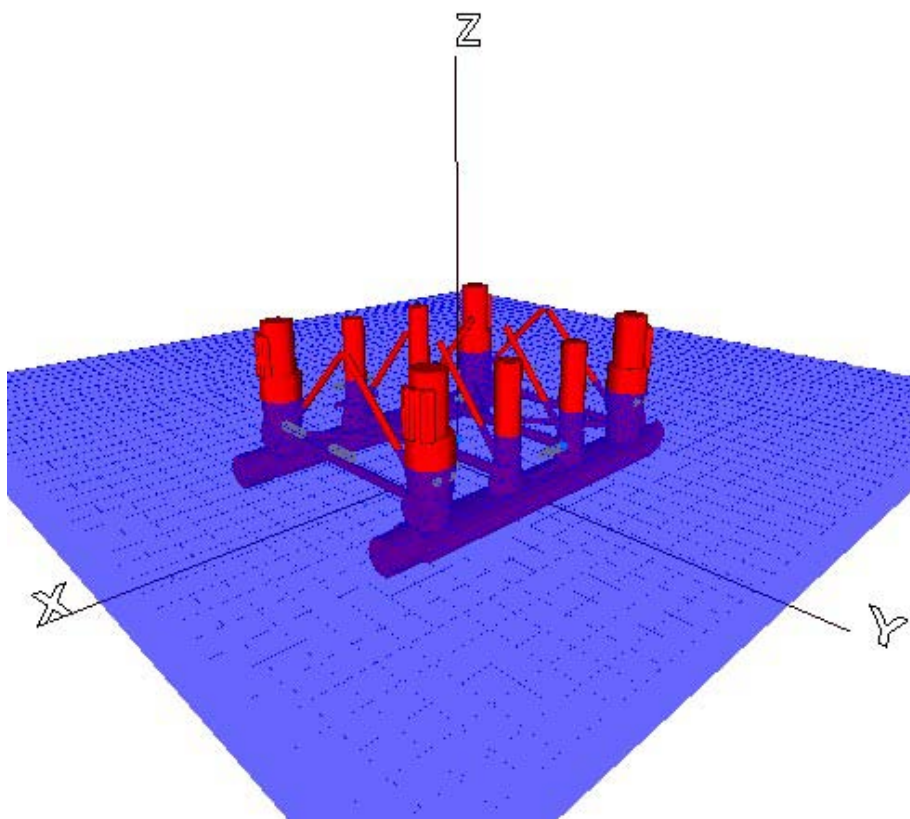
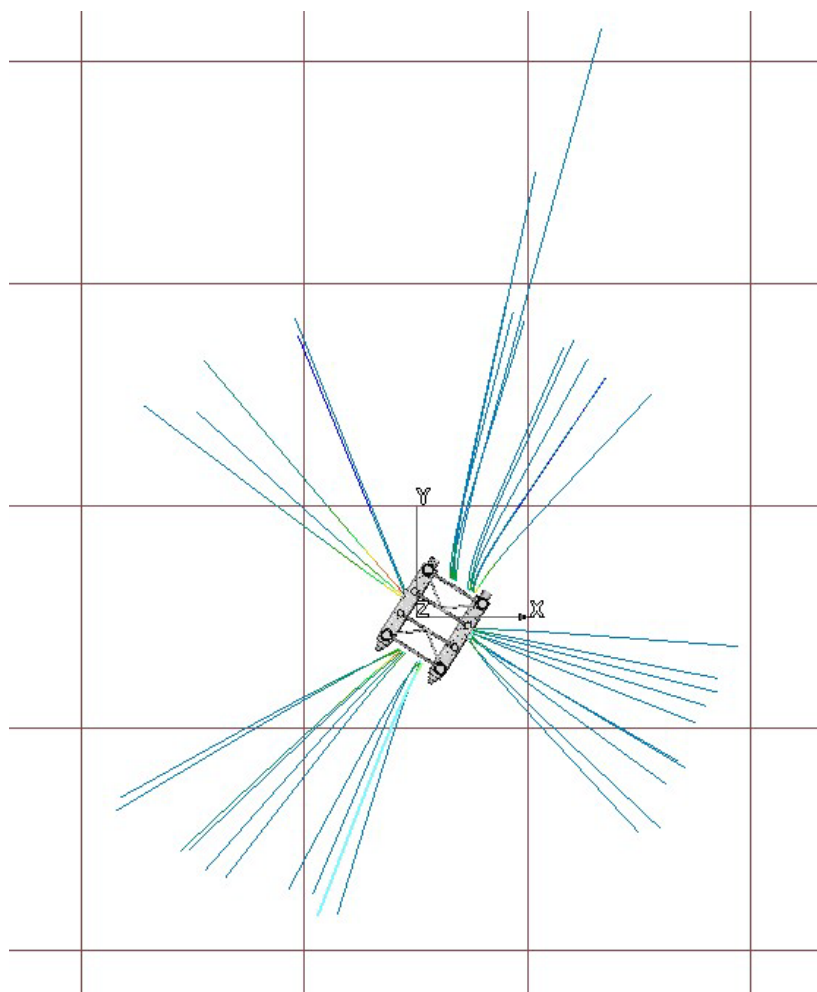


Figura 30 - Malha 3D do casco da plataforma

## 5.2 Modelo das Linhas

A plataforma possui um total de 36 *risers* conectados. Todos foram modelados, como mostra a Figura 31.



**Figura 31 - Modelo 3D dos *risers***

Os dados das linhas de ancoragem originalmente utilizados no projeto da plataforma são apresentados na Tabela 1 e na Tabela 2, enquanto que os dados dos *risers* estão na Tabela 3 e na Tabela 4.

**Tabela 1 - Dados de projeto das linhas de ancoragem**

<b>Linha</b>	<b>Pré-Tração</b>	<b>Raio de Ancoragem</b>	<b>Amarra de Fundo</b>	<b>Trecho Intermediário</b>	<b>Amarra de Topo</b>
	<b>(ton)</b>	<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(m)</b>	<b>(m)</b>
<b>1</b>	72	1729	1100	460+220	62
<b>2</b>	86	1679	1050	460+2,5+2,5+220	74
<b>3</b>	107	1771	1170	460+2,5+2,5+220	50
<b>4</b>	100	1778	1170	460+2,5+2,5+220	46
<b>5</b>	78	1557	960	460+2,5+2,5+220	22
<b>6</b>	67	1797	1200	460+2,5+2,5+220	21
<b>7</b>	65	1788	1200	460+2,5+2,5+220	11
<b>8</b>	65	1741	1110	460+220	57

**Tabela 2 - Características dos componentes das linhas de ancoragem**

	<b>Amarra de Fundo</b>	<b>Cabo de Aço</b>	<b>Amarra de Topo</b>
<b>Diâmetro Nominal (mm)</b>	84	96	76
<b>Tipo</b>	-	6X41 IWRC	-
<b>Massa (kg/m)</b>	161,4	38,7	132,2
<b>EA (N)</b>	7,76E08	3,32E08	5,97E08
<b>Peso na Água (N/m)</b>	1377	330	1128
<b>Carga de Ruptura (kN)</b>	5550	5740	5544

**Tabela 3 - Dados de projeto dos risers**

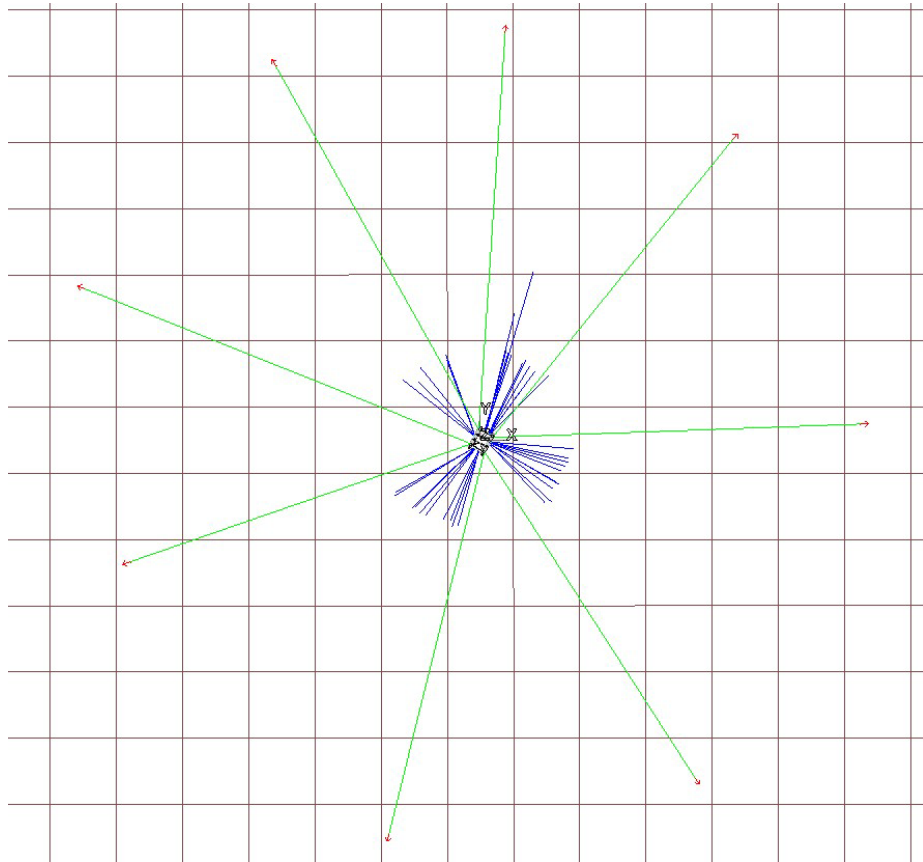
<b>Riser</b>	<b>Comprimento (m)</b>	<b>Riser</b>	<b>Comprimento (m)</b>
<b>1</b>	658	<b>19</b>	660
<b>2</b>	632	<b>20</b>	660
<b>3</b>	660	<b>21</b>	660
<b>4</b>	666	<b>22</b>	660
<b>5</b>	665	<b>23</b>	660
<b>6</b>	1025	<b>24</b>	660
<b>7</b>	834	<b>25</b>	660
<b>8</b>	660	<b>26</b>	660
<b>9</b>	660	<b>27</b>	660
<b>10</b>	660	<b>28</b>	660
<b>11</b>	660	<b>29</b>	660
<b>12</b>	660	<b>30</b>	663
<b>13</b>	660	<b>31</b>	661

14	660	32	660
15	660	33	660
16	660	34	660
17	660	35	660
18	660	36	660

Tabela 4 – Característica dos materiais dos risers

Material	Risers em que foi utilizado	Diâmetro			Peso vazio (kN/m)		Rigidez		
		Interno (pol)	Interno (m)	Externo (m)	Ar	Água	Axial EA (kN)	Flexional EI (kN/m <sup>2</sup> )	Torsional GJ (kN*m <sup>2</sup> )
1	R01	7,62	0,194	0,266	0,935	0,378	333300	32,465	2978
2	R02	8	0,203	0,276	0,989	0,387	357100	38,589	3425
3	R03	11,5	0,292	0,389	1,906	0,710	625000	111,022	11750
4	R04, R05	6	0,152	0,212	0,492	0,137	178600	23,217	1007
5	R06, R09, R11, R13, R15, R17, R19, R21, R23, R27, R33, R35	2,5	0,062	0,116	0,271	0,165	90910	1,739	142,127
6	R07, R08, R10, R12, R18, R18, R28, R34, R36	4	0,102	0,155	0,394	0,204	131600	4,775	379,654
7	R16	6	0,152	0,212	0,909	0,381	185200	10,833	1007
8	R20, R22, R24, R32	6	0,152	0,211	0,563	0,212	185200	11,292	961,036
9	R25	2,5	0,064	0,110	0,215	0,126	33260	1,138	103,948
10	R26	4	0,102	0,156	0,388	0,212	45110	3,677	350,613
11	R29	8	0,203	0,278	1,049	0,439	357100	30,647	3466
12	R30	4	0,102	0,156	0,393	0,200	42370	3,951	379,654
13	R31	2,5	0,062	0,118	0,272	0,162	90910	1,425	142,127

A Figura 32 mostra a configuração final de projeto, com o casco, os risers e as linhas de ancoragem.



**Figura 32 – Vista superior do modelo de projeto completo da plataforma**

### 5.3 Dados de Inspeção

O Relatório de Inspeção é um documento que deve ser fornecido pela empresa operadora para ser utilizado como dado de pesquisa. Como mencionado anteriormente, este relatório contém, entre outras, informações sobre os *risers* e as linhas de ancoragem no momento da inspeção. A Tabela 5 resume os valores que foram utilizados na modelagem das linhas de ancoragem.

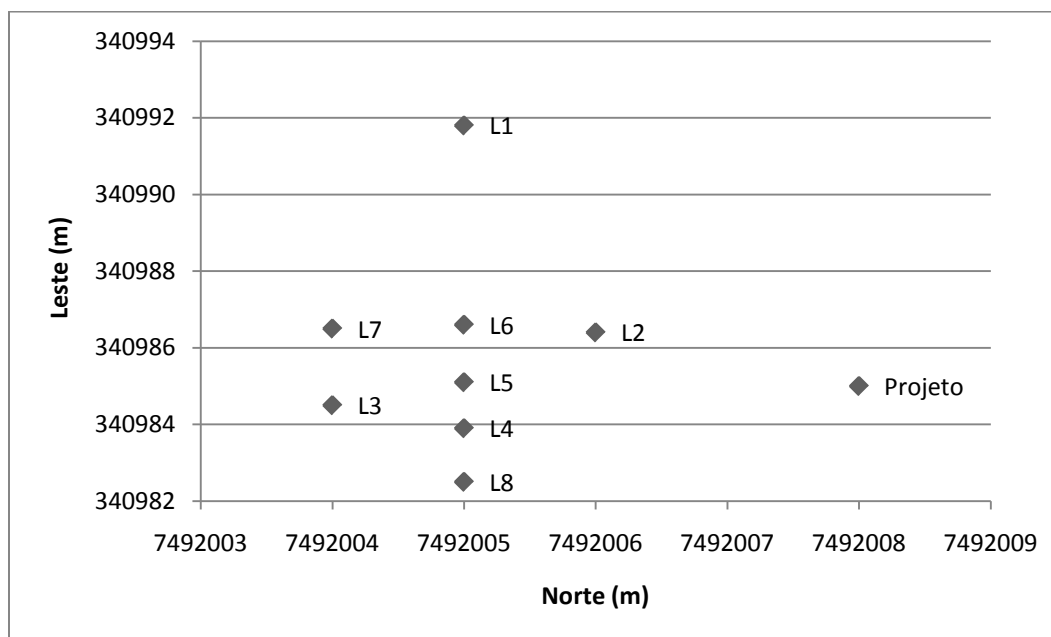
**Tabela 5 - Dados de inspeção das linhas de ancoragem**

	Norte (m)	Leste (m)	LDA (m)	Comentário
<b>Unidade Flutuante</b>	7492005,0	340991,8	0	Inspeção Linha 1
	7492006,0	340986,4	0	Inspeção Linha 2
	7492004,0	340984,5	0	Inspeção Linha 3
	7492005,0	340983,9	0	Inspeção Linha 4
	7492005,0	340985,1	0	Inspeção Linha 5
	7492005,0	340986,6	0	Inspeção Linha 6
	7492004,0	340986,5	0	Inspeção Linha 7
	7492005,0	340982,5	0	Inspeção Linha 8
<b>Linha 1</b>	7492515,5	341417,3	422,1	TDP do sistema #1
	7492495,3	341401,9	416,7	Conexão de fundo amarra x cabo
	7492053,3	341053,8	48,9	Conexão de superfície cabo x amarra
	7492175,7	341154,4	206,6	Conexão cabo x cabo
	7493429,6	342093,9	421,3	Posição da manilha do rabicho da âncora
	7492038,8	341021,8	2.069	Chain Stopper L1
<b>Linha 2</b>	7492041,6	341704,1	450,9	TDP do sistema #2
	7492039,6	341658,5	441,3	Conexão de fundo amarra x cabo
	7492019,0	341082,3	61,5	Conexão de superfície cabo x amarra
	7492026,2	341245,3	214,6	Conexão rabicho x cabo de superfície
	7492026,5	341249,9	218,9	Conexão rabicho x cabo de fundo
	7492137,9	342684,8	487,2	manilha do rabicho da âncora
	7492022,0	341028,9	2.069	Chain Stopper L2
<b>Linha 3</b>	7491322,9	341404,0	461,7	TDP do sistema #3
	7491448,9	341324,1	419,3	Conexão de fundo amarra x cabo
	7491930,1	341016,6	36,4	Conexão de superfície cabo x amarra
	7491782,8	341103,2	176,7	Conexão rabicho x cabo de superfície
	7491784,4	341111,0	180,8	Conexão rabicho x cabo de fundo

<b>Linha 4</b>	7490466,9	342036,1	509,7	manilha do rabicho da âncora
	7491959,7	340994,8	2.069	Chain Stopper L3
	7491321,5	340833,4	212	TDP do sistema #4
	7491377,2	340847,7	437,4	Conexão de fundo amarra x cabo
	7491924,1	340987,3	45,2	Conexão de superfície cabo x amarra
	7491775,2	340949,6	191,3	Conexão rabicho x cabo de superfície
	7491770,6	340948,4	195,0	Conexão rabicho x cabo de fundo
	7490246,6	340558,1	461,4	manilha do rabicho da âncora
<b>Linha 5</b>	7491960,9	340994,3	2.069	Chain Stopper L4
	7491771,9	340303,6	398,6	TDP do sistema #5
	7491796,3	340369,4	387,6	Conexão de fundo amarra x cabo
	7491985,6	340909,0	40,8	Conexão de superfície cabo x amarra
	7491931,2	340760,0	175,8	Conexão rabicho x cabo de superfície
	7491928,5	340755,9	178,6	Conexão rabicho x cabo de fundo
	7491477,7	339430,0	362,9	manilha do rabicho da âncora
	7491989,6	340942,6	2.069	Chain Stopper L5
<b>Linha 6</b>	7492204,1	340387,6	388,9	TDP do sistema #6
	7492200,9	340389,6	386,8	Conexão de fundo amarra x cabo
	7492000,2	340926,1	15,7	Conexão de superfície cabo x amarra
	7492057,0	340782,5	197,7	Conexão rabicho x cabo de superfície
	7492057,6	340780,3	202,4	Conexão rabicho x cabo de fundo
	7492623,3	339244,2	329,1	manilha do rabicho da âncora
	7491989,2	340944,0	2.069	Chain Stopper L6
	7492631,6	340660,0	385,1	TDP do sistema #7
<b>Linha 7</b>	7492578,7	340689,0	377,9	Conexão de fundo amarra x cabo
	7492067,4	340966,1	16,8	Conexão de superfície cabo x amarra
	7492207,8	340884,7	169,3	Conexão rabicho x cabo de superfície
	7492212,9	340882,4	173,1	Conexão rabicho x cabo de fundo
	7493582,1	340095,8	335,1	manilha do rabicho da âncora
	7492048,7	340976,3	2.069	Chain Stopper L7
	7492692,8	341019,9	399,6	TDP do sistema #8
	7492671,8	341018,7	395,4	Conexão de fundo amarra x cabo
<b>Linha 8</b>	7492095,4	340975,9	49,7	Conexão de superfície cabo x amarra
	7492258,3	340990,3	202,2	Conexão cabo / cabo
	7493702,1	341068,9	370,7	manilha do rabicho da âncora
	7492049,4	340972,1	2.069	Chain Stopper L8

A Figura 33 mostra a dispersão espacial das coordenadas da plataforma de projeto em diferentes dias de inspeção, cada dia correspondente a uma linha de ancoragem. É

possível notar que as coordenadas de projeto e de inspeção diferem em alguns metros, o que acarreta mudanças nas trações das linhas de ancoragem e dos *risers*.

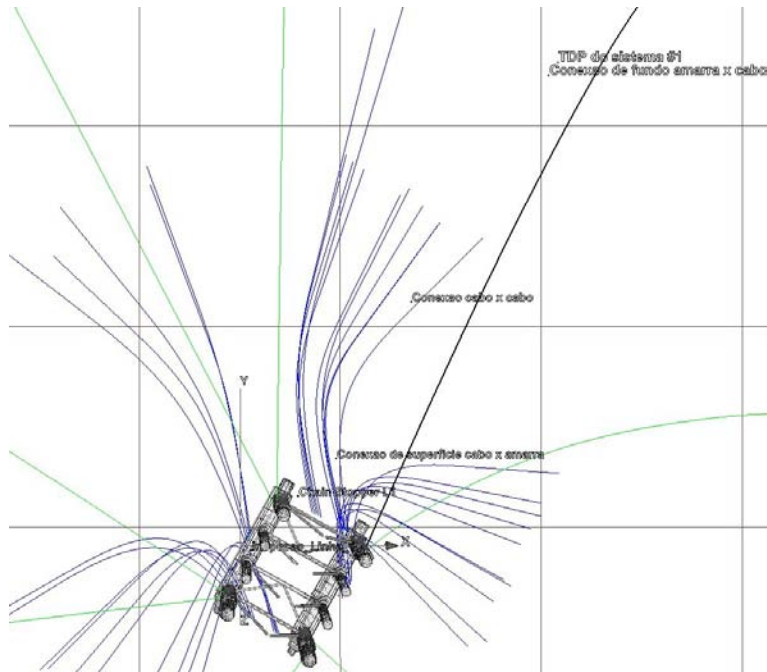


**Figura 33 - Posições UTM da plataforma**

Dados semelhantes foram utilizados para os *risers*. Eles estão disponíveis no ANEXO I.

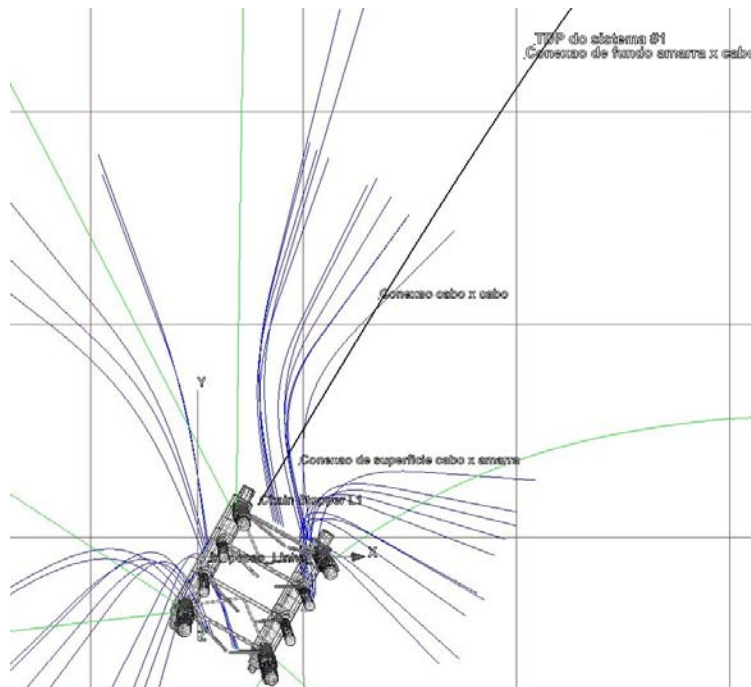
#### **5.4 Ajuste das Linhas de Ancoragem**

Como descrito na metodologia de modelagem apresentada anteriormente, deve-se inserir os dados de inspeção no modelo de projeto. Estes dados, com o objetivo da visualização do modelo não ficar muito poluída de informações, podem ser inseridos de uma linha por vez, de modo a poder ajustá-las com maior precisão. A Figura 34 mostra os pontos de ajuste da linha 1. É possível notar que tais pontos estão fora da linha e deverão ser ajustados.



**Figura 34 - Dados de inspeção da linha 1 (linha marcada de preto)**

Primeiramente, solta-se a linha, ajustando-a à posição da plataforma no dia da inspeção, como mostrado pela Figura 35. É muito importante não se esquecer de manter a âncora fixa, simulando o movimento apenas da unidade flutuante.

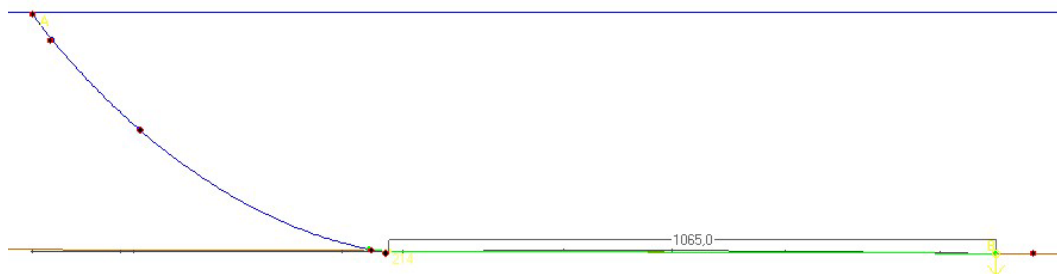


**Figura 35 - Linha 1 solta no espaço**



Como já foi dito, para que se dê o ajuste, é necessário pagar e/ou recolher linha e mover a âncora no modelo. A Figura 38 mostra a linha 1 completamente ajustada.

Terminada esta primeira etapa, a âncora pode ser fixada novamente e as próximas linhas podem ser ajustadas.

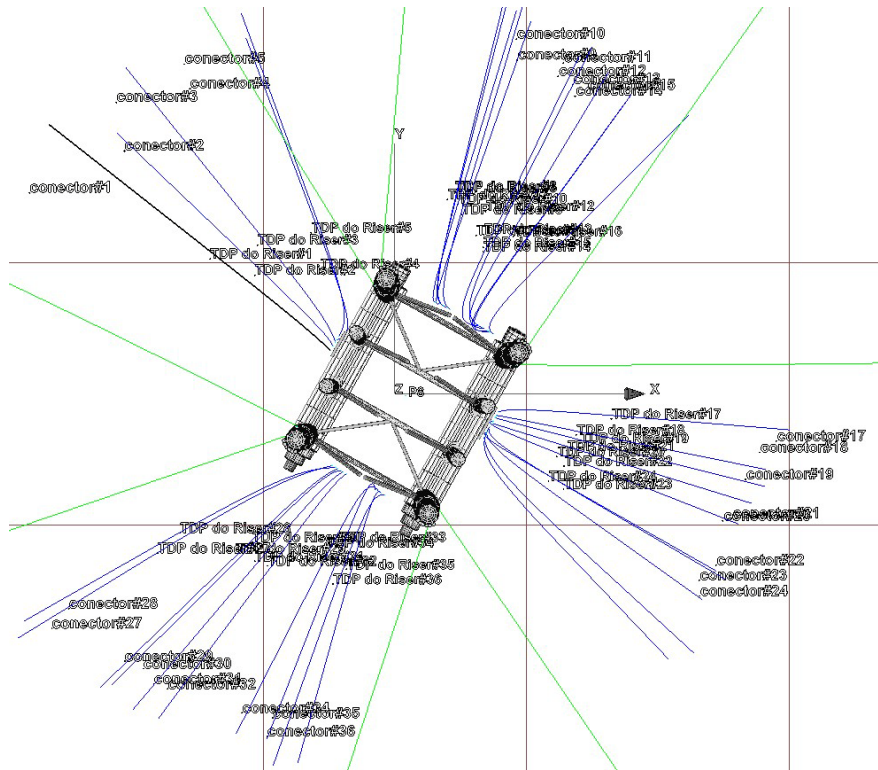


**Figura 38 - Plano da linha 1 ajustada**

## **5.5 Ajuste dos Risers**

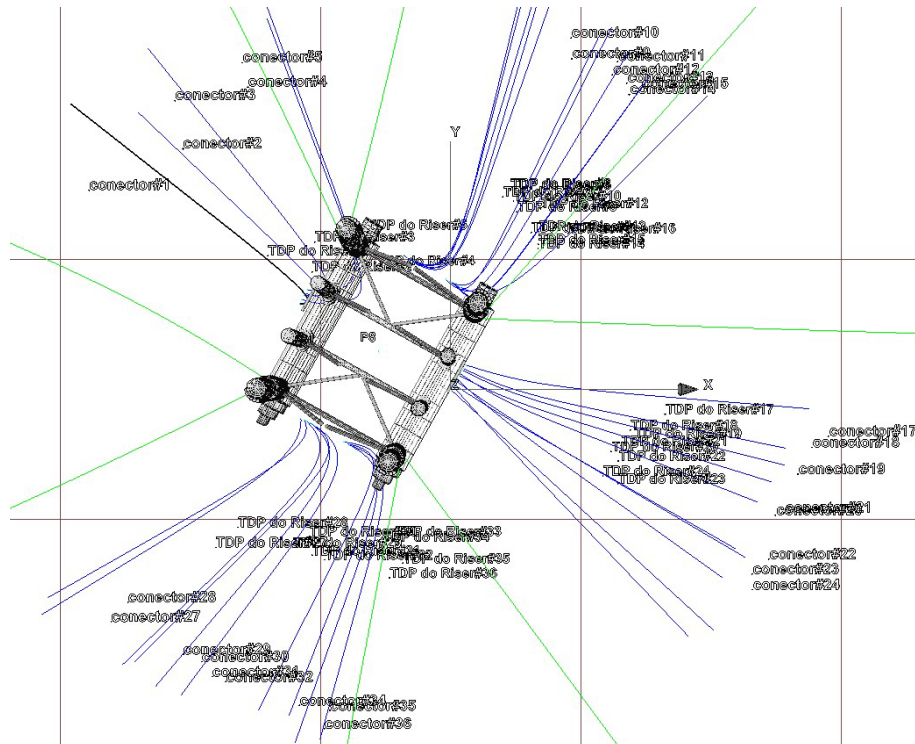
Da mesma forma que nas linhas de ancoragem, o ajuste dos *risers* deve começar com a inserção dos pontos de inspeção no modelo. Neste caso, consideram-se levantados pela inspeção dois pontos por *riser*.

A Figura 39 mostra todos os pontos de ajuste, inclusive os do *riser* 1. É possível notar que tais pontos estão fora das linhas e deverão ser ajustados.



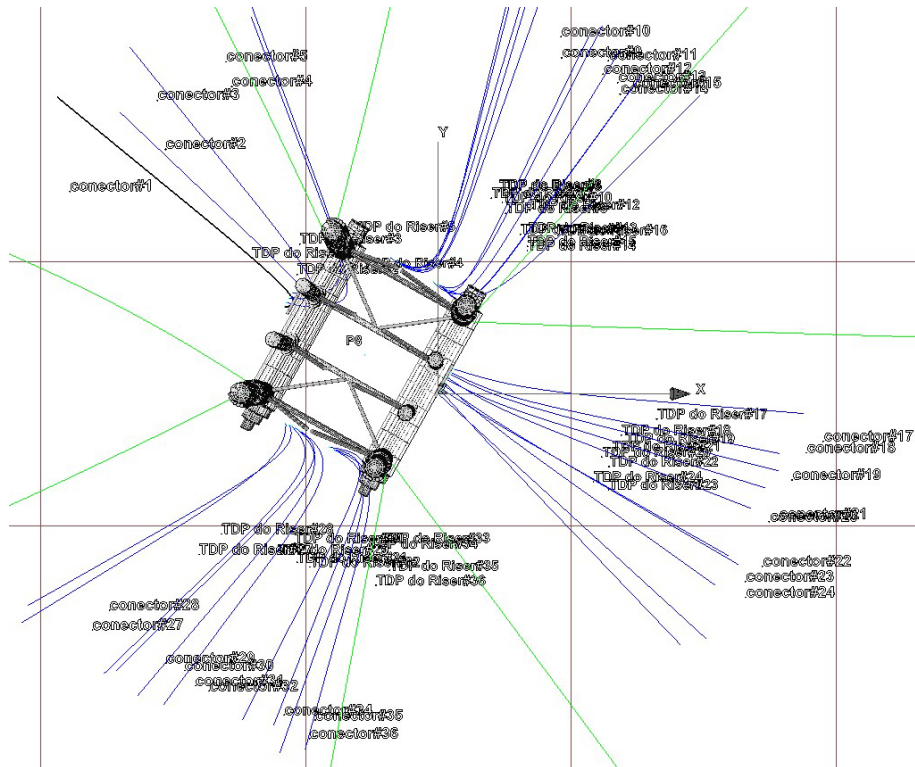
**Figura 39 - Dados de inspeção do riser 1 (linha marcada de preto)**

Como não há dados da conexão de topo dos risers, o primeiro passo é levar a plataforma até a posição em que ela se encontrava durante a inspeção. Este processo, feito para o riser 1, está ilustrado na Figura 40.



**Figura 40 - Plataforma na posição de inspeção do riser 1**

Novamente, é necessário ajustar o azimute do *riser 1* pelo método de tentativa e erro. A Figura 41 mostra o azimute corrigido.

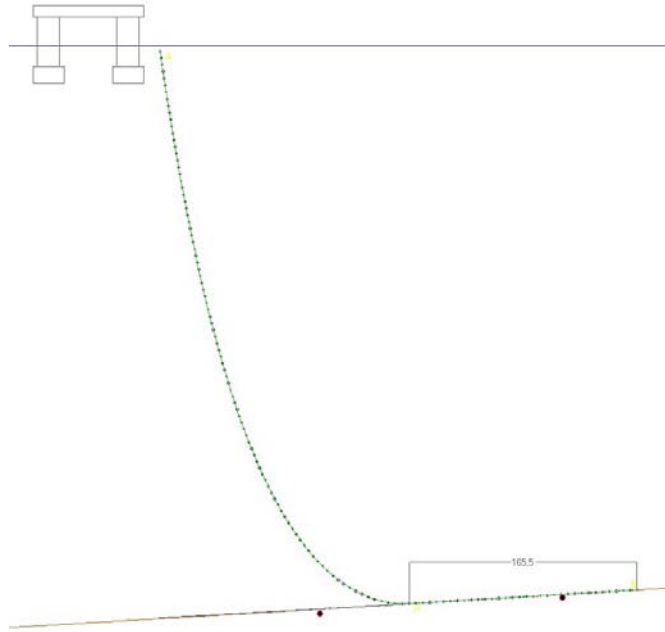


**Figura 41 - Riser 1 com azimuth corrigido**

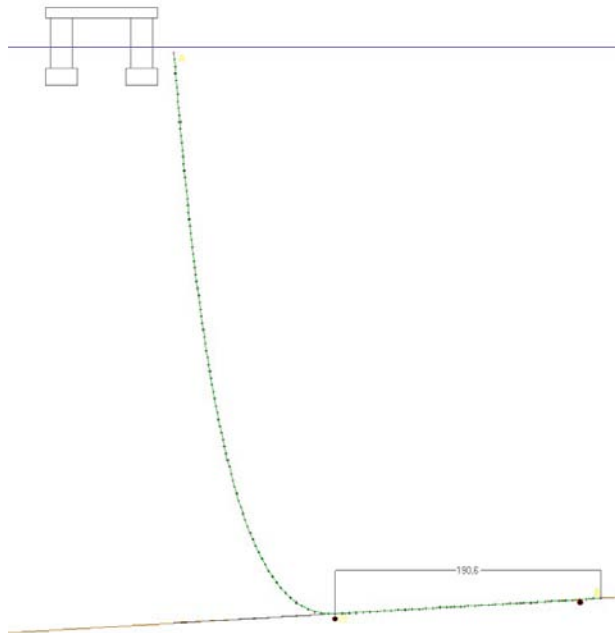
É possível notar que o conector 1 não se ajusta à linha. Isto pode ocorrer devido ao fato de a unidade flutuante ter se movimentado durante a inspeção ou a parte do riser apoiada no solo não ter uma projeção horizontal reta. De qualquer maneira, o ponto a ser ajustado será o TDP no caso dos risers.

Uma vez ajustado o azimuth, o próximo passo é encaixar o ponto vermelho correspondente ao TDP medido no ponto do TDP do modelo do riser, como mostra a Figura 42.

Para que se consiga o ajuste, é necessário mudar o ângulo de topo até que os pontos coincidam. A Figura 43 mostra o riser 1 completamente ajustado.



**Figura 42 - Plano do *riser* 1 ainda não ajustado**



**Figura 43 - Plano do *riser* 1 ajustado**

Como o conector não foi ajustado no plano azimutal, não é necessário que ele se ajuste no plano da linha uma vez que o comprimento do modelo numérico não é igual ao comprimento de *risers* que atinge o conector *riser-flow*. Terminado o ajuste do primeiro

*riser*, a extremidade do fundo deve ser fixada no modelo e o processo repetido para os demais *risers*.

## 5.6 Posição Neutra

Uma vez que todas as linhas tenham sido ajustadas, pode ser encontrada a posição de equilíbrio estático da plataforma sem ação ambiental (posição neutra). A configuração final após o ajuste de todas as linhas está mostrada na Figura 44.

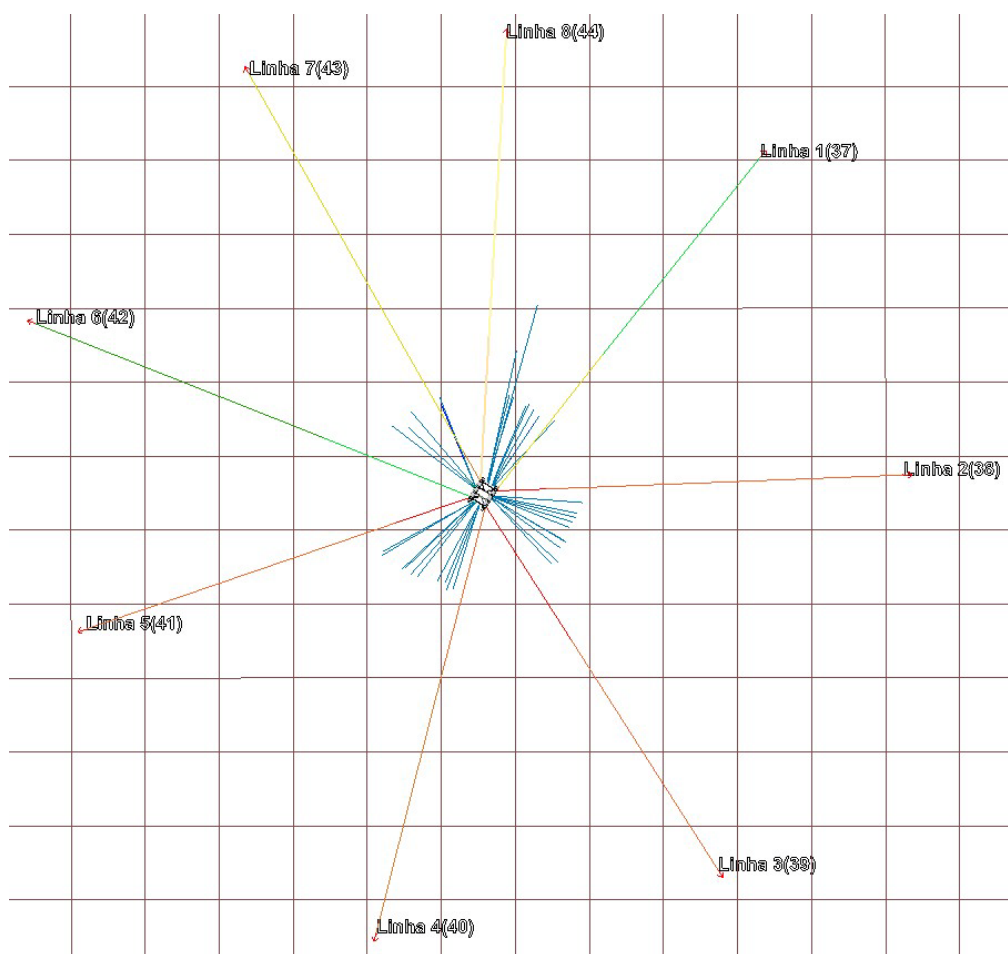


Figura 44 - Configuração final das linhas de ancoragem na posição neutra

## **5.7 Casos de Carregamento**

Encontrada a posição neutra da plataforma, os casos de carregamentos podem ser inseridos no programa, possibilitando que sejam feitas simulações posteriores. Como descrito no Capítulo 4.1, tais casos se tratam de combinações entre onda, vento e corrente, simulados para um mar real. As características dos 168 casos aplicados a esta plataforma estão detalhadas no ANEXO II.

É realizada, em sequência, uma análise estática acoplada casco- linhas, seguida de uma análise dinâmica para cada caso de carregamento. Conforme abordado no Capítulo 1, as simulações utilizam análises dinâmicas não-lineares de um modelo acoplado que considera uma malha de elementos finitos para cada uma das linhas.

Vale lembrar que, como também já foi dito, a simulação foi feita para análises intactas e avariadas, com uma das linhas de ancoragem rompida.

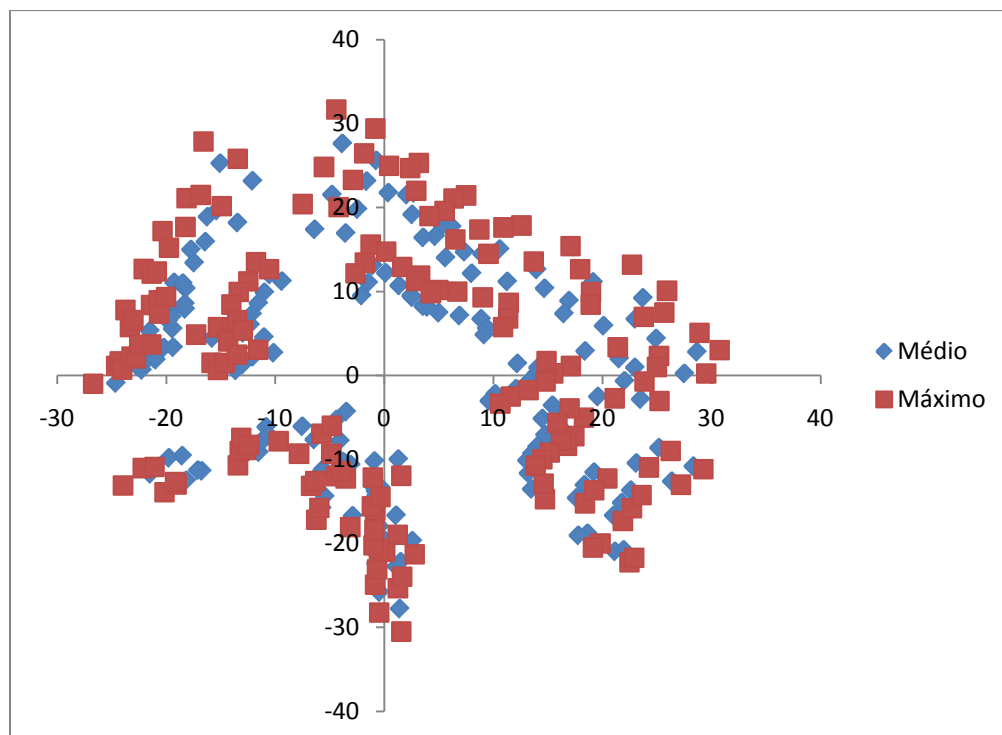
## **5.8 Tratamento de Dados para Geração do Diagrama de Offsets de Ancoragem**

### **5.8.1 Caso Intacto**

Os dados de saída da análise dinâmica incluem a tração nas linhas e os movimentos em todos os graus de liberdade, bem como o ângulo do movimento. O tratamento dos dados é iniciado pelo histórico de tração das linhas de ancoragem, como já foi dito no Capítulo 4.1. O *MBL* verificado das linhas de ancoragem é de 5866 kN. A tração máxima encontrada para cada um dos casos de carregamentos e para cada linha não deve ultrapassar 60% da *MBL*, ou seja, 3519,6 kN. De fato, os valores de tração ficaram abaixo do limite, como pode ser verificado no ANEXO III.

Os valores de movimento da plataforma nos seis graus de liberdade e o respectivo ângulo de *offset* para cada caso de carregamento servem como dado de entrada em uma estatística de extremos que utiliza distribuição de Weibull. As informações mais importantes resultantes desse processamento são os valores de passeio médio e máximo que

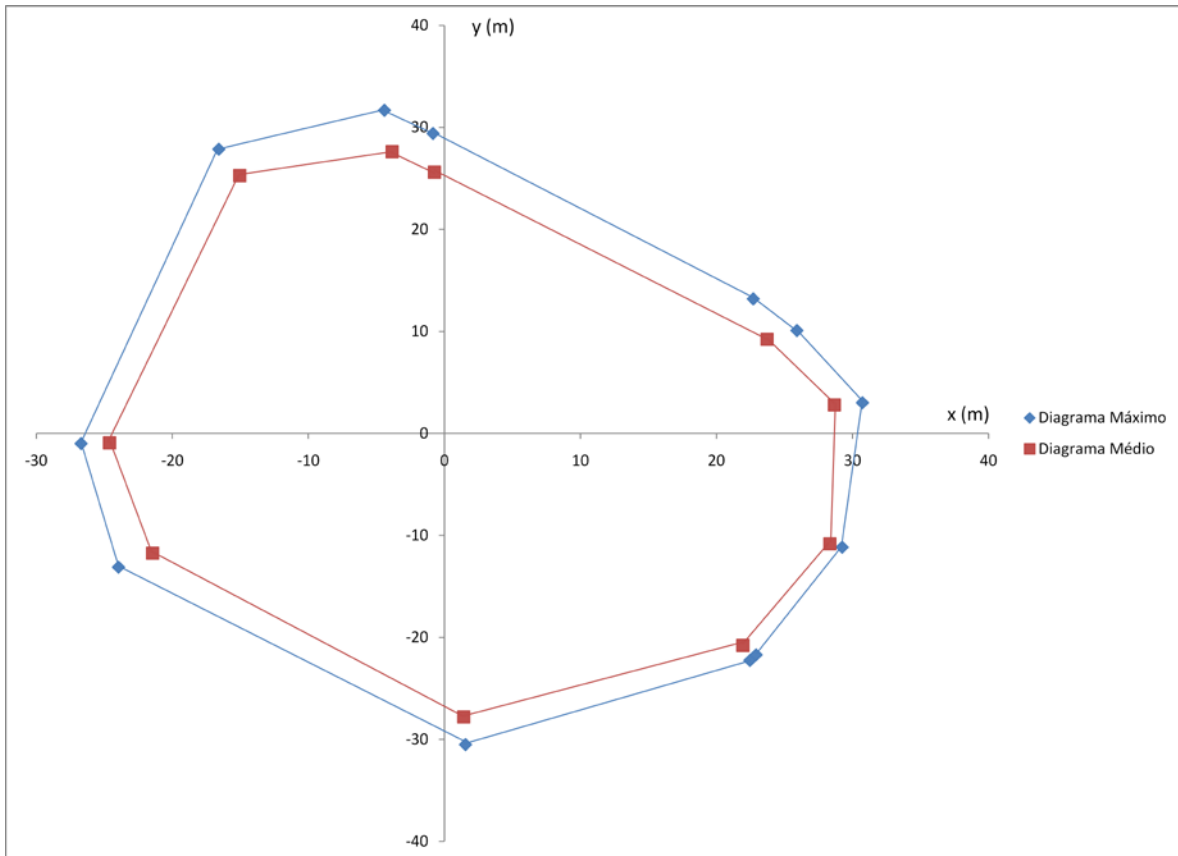
a plataforma sofre em cada um dos casos. Utilizando estes valores e os ângulos dos dados originais como coordenadas polares, foi montado um gráfico, como ilustra a Figura 45.



**Figura 45 - Offsets médios e máximos para cada caso de carregamento**

A origem do gráfico representa o ponto onde se encontra o CG da plataforma e os eixos representam o deslocamento em metros. É possível notar que, mesmo em uma situação em que as linhas de ancoragem estão intactas, a plataforma pode chegar a mais de 30 metros de deslocamento em quase todas as direções sob condições ambientais extremas, o que pode ser muito prejudicial para os *risers*.

Escolhendo-se os pontos mais externos das duas dispersões e ligando-os por retas, é possível desenhar os diagramas de *offsets* médio e máximo da plataforma para o caso intacto, como mostra a Figura 46.



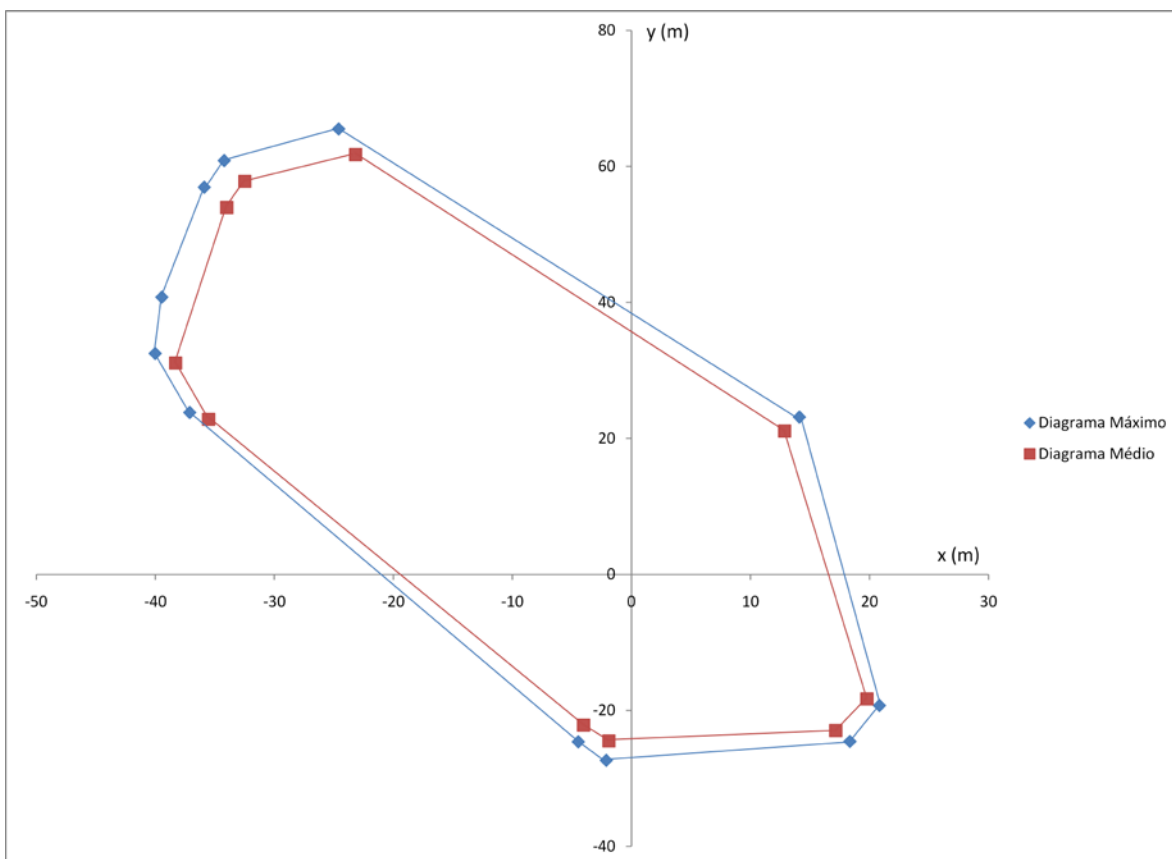
**Figura 46 - Diagramas de *offsets* médio e máximo (caso intacto)**

### 5.8.2 Caso Avariado

Com os dados da estatística de extremos é possível saber qual o passeio máximo esperado que a plataforma pode ter. Em seguida, deve-se verificar em qual caso de carregamento ocorreu o passeio máximo e, dentro desse caso, qual foi a linha mais tracionada. Supõe-se, então, que tal linha tenha se rompido durante esse deslocamento excessivo. Na realidade, o procedimento limita-se a remover tal linha do modelo da plataforma e realizar nova simulação numérica, dessa vez com uma linha a menos.

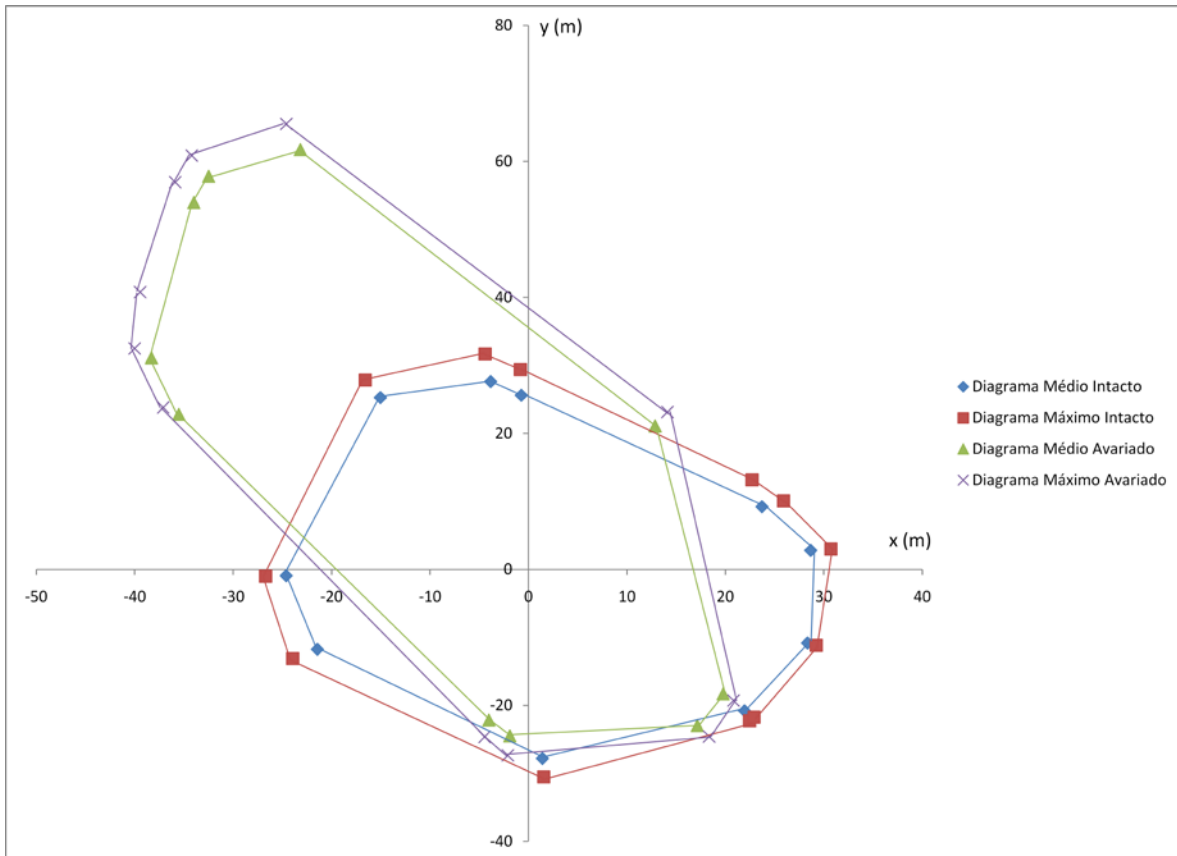
Neste estudo de caso, a linha mais tracionada foi a linha 3 (Figura 44), no caso de carregamento 167 (vide ANEXO II), correspondente a um passeio de 32,42 m. O mesmo procedimento do caso intacto foi realizado para a plataforma com sete linhas restantes, resultando em novos diagramas de *offsets*, ilustrados na Figura 47. As trações, disponíveis

no ANEXO IV, também foram verificadas e estão todas abaixo do limite, que, neste caso, representa 80% da *MBL*, ou seja, 4692,8 kN.



**Figura 47 - Diagramas de *offsets* médio e máximo (caso avariado)**

A Figura 48 compara os dois pares de diagramas. É possível notar que, como era de se esperar, no caso avariado, os passeios são muito maiores na direção noroeste (segundo quadrante), justamente devido à falta da linha 3, posicionada a sudeste (quarto quadrante).

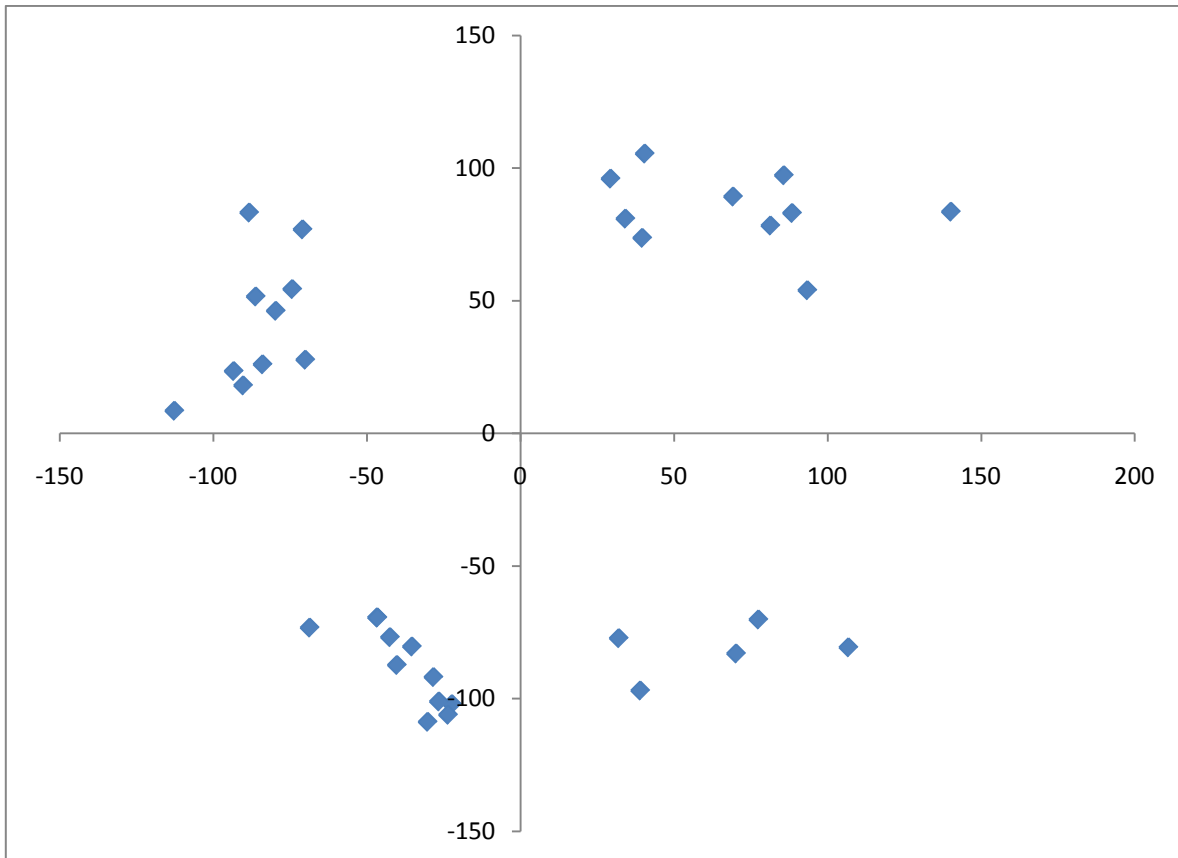


**Figura 48 - Comparação dos diagramas de *offsets* dos casos intacto e avariado**

## **5.9 Zona de Segurança Operacional dos Risers**

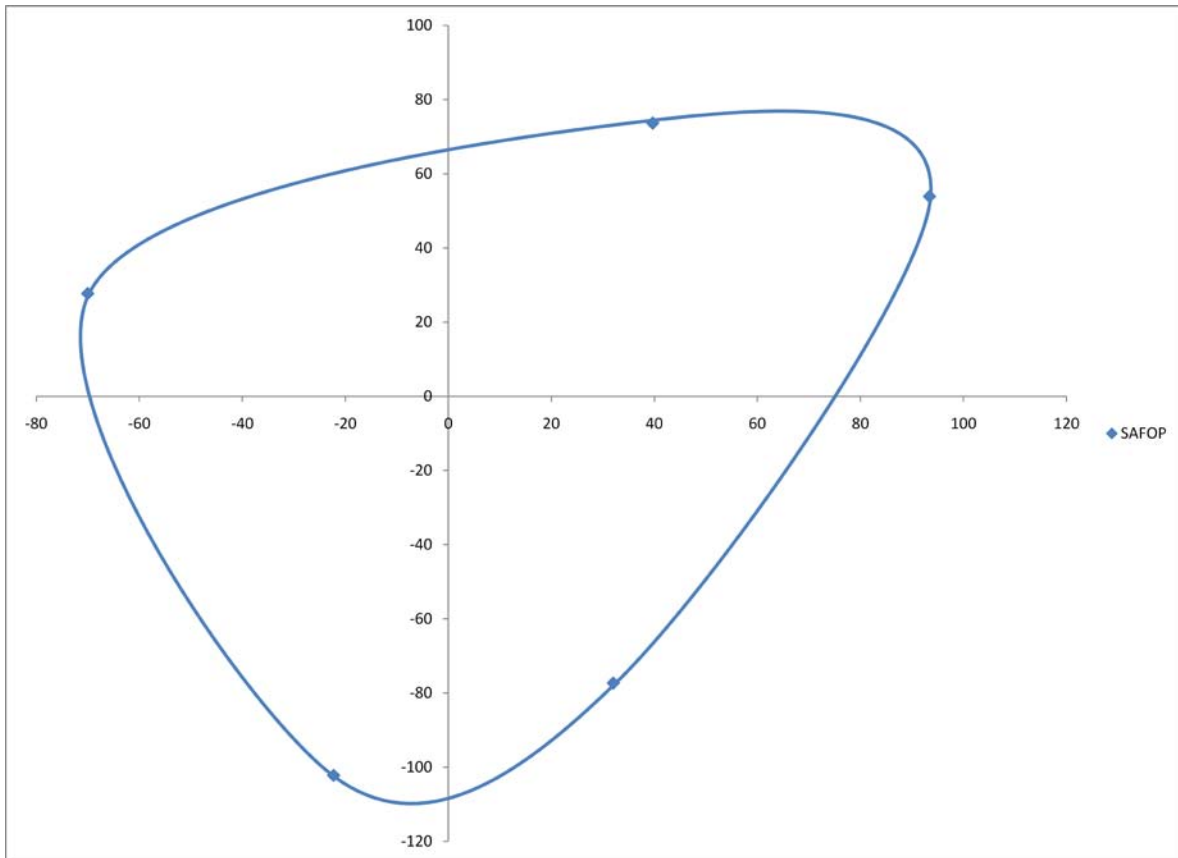
O diagrama de *offsets* apresenta dados quantitativos de movimento, mas para que seja possível inferir se de fato se a plataforma está operando de forma segura é preciso comparar os diagramas obtidos anteriormente com a zona de segurança operacional (SAFOP) dos risers da unidade flutuante.

De acordo com o que foi explicitado no Capítulo 4.3, o SAFOP é automaticamente gerado pelo programa SITUA-Prosim, porém agora através de simulações desacopladas do modelo de retroanálise gerado para os *risers*. A Figura 49 mostra o gráfico gerado.



**Figura 49 – Pontos de violação do critério de projeto**

O critério de projeto utilizado para a geração deste gráfico foi apenas o raio de curvatura, pois as trações ficaram muito abaixo da tração máxima. Também não foram realizadas análises nas conexões de topo dos *risers*. A zona segura de operação dos *risers* é, na realidade, a área mais interna da Figura 49. Esses pontos foram ligados, constituindo o SAFOP, ilustrado na Figura 50.



**Figura 50 - Zona de segurança de operação de risers (SAFOP)**

## 5.10 Cruzamento Diagrama de Offsets de Ancoragem x SAFOP

Colocando os gráficos mostrados pela Figura 48 e pela Figura 50 no mesmo eixo, é possível fazer uma análise qualitativa dos dados. Esta comparação está ilustrada na Figura 51.

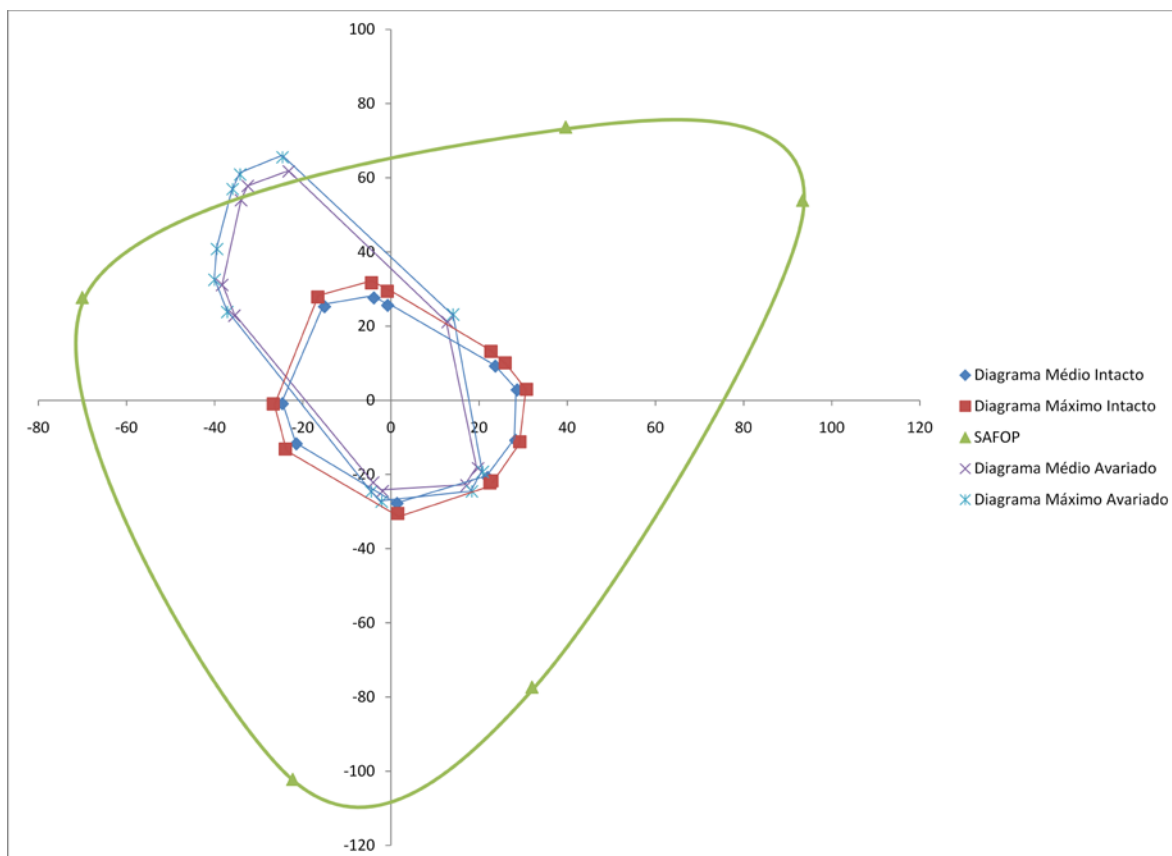


Figura 51 - Cruzamento dos diagramas de *offsets* com o SAFOP

É possível notar que, diferentemente do diagrama de *offsets*, o SAFOP é uma figura muito irregular, devido, principalmente, ao fato de os *risers* estarem dispostos irregularmente e terem materiais e comportamentos estruturais diferentes. Verifica-se, também, que o passeio da plataforma ultrapassa os limites da integridade estrutural dos *risers* na parte superior do gráfico, enquanto que, ao mesmo tempo, existe uma grande área de folga abaixo e à direita. Seria, portanto, mais sensato que o diagrama de *offsets* se aproximasse do formato do SAFOP e tivesse um passeio menor para *Noroeste*. Alguns ajustes foram feitos e os resultados serão apresentados em seguida.

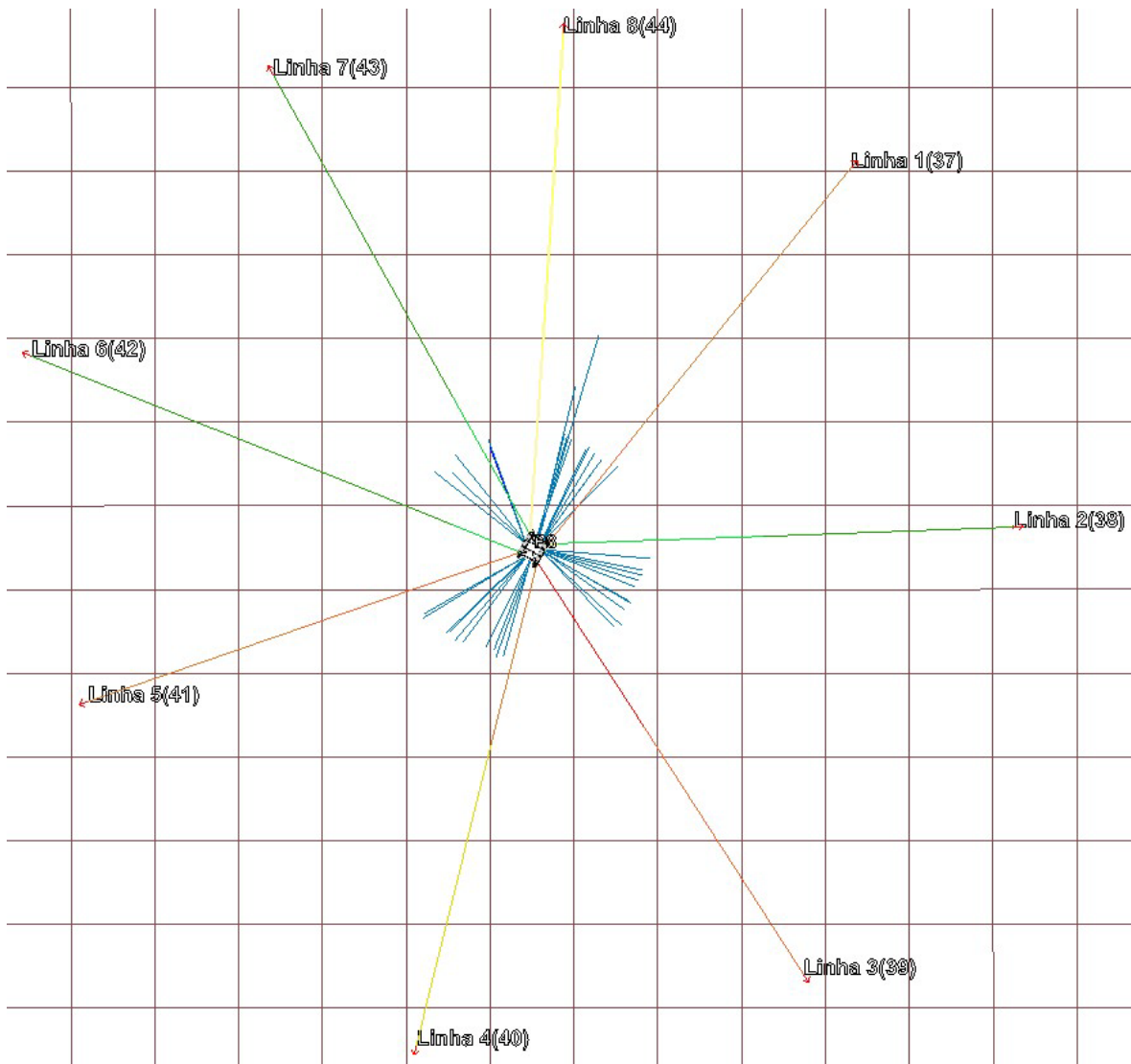
### 5.11 Modificações no Sistema de Ancoragem

Para aumentar a complacência do sistema e melhorar o ajuste entre diagrama de *offsets* e SAFOP, foram propostas algumas modificações nas linhas de ancoragem. Basicamente, os valores de pré-tração das linhas foram alterados, apenas mexendo em seus comprimentos de topo. As alterações ocorreram conforme descrito na Tabela 6. A tabela ilustra também as trações de topo de cada linha no caso original, em que a ancoragem se encontrava intacta, e as trações após as alterações. Como descrito anteriormente, o objetivo da modificação é fazer com que a plataforma tenha maior complacência e se ajuste melhor ao SAFOP. Assim, as linhas 1, 5 e 6 (Figura 52) foram recolhidas em 10m, enquanto a linha 2 teve seu comprimento aumentado em 30m.

**Tabela 6 - Modificações no sistema de ancoragem**

<b>Linha</b>	<b>Tração de topo original (kN)</b>	<b>Modificação</b>	<b>Nova tração de topo (kN)</b>	<b>Diferença entre as trações (%)</b>
<b>1</b>	821,224	Recolhimento de 10m de linha	1234,570	Aumento de 50,33%
<b>2</b>	1341,987	Pagamento de 30m de linha	793,208	Diminuição de 40,89%
<b>3</b>	1427,720	-	1681,244	Aumento de 17,76%
<b>4</b>	1129,170	-	1110,835	Diminuição de 1,62%
<b>5</b>	1345,728	Recolhimento de 10m de linha	1320,241	Diminuição de 1,89%
<b>6</b>	619,227	Recolhimento de 10m de linha	634,301	Aumento de 2,43%
<b>7</b>	839,399	-	684,115	Diminuição de 18,50%
<b>8</b>	1078,307	-	1078,803	Aumento de 0,05%

Após serem realizadas as modificações, um novo equilíbrio teve de ser calculado, pois as forças horizontais (trações nas linhas) e os momentos foram alterados, mudando a posição neutra e o apoio da plataforma, como descrito na Tabela 7.



**Figura 52 - Plataforma na posição neutra após modificações**

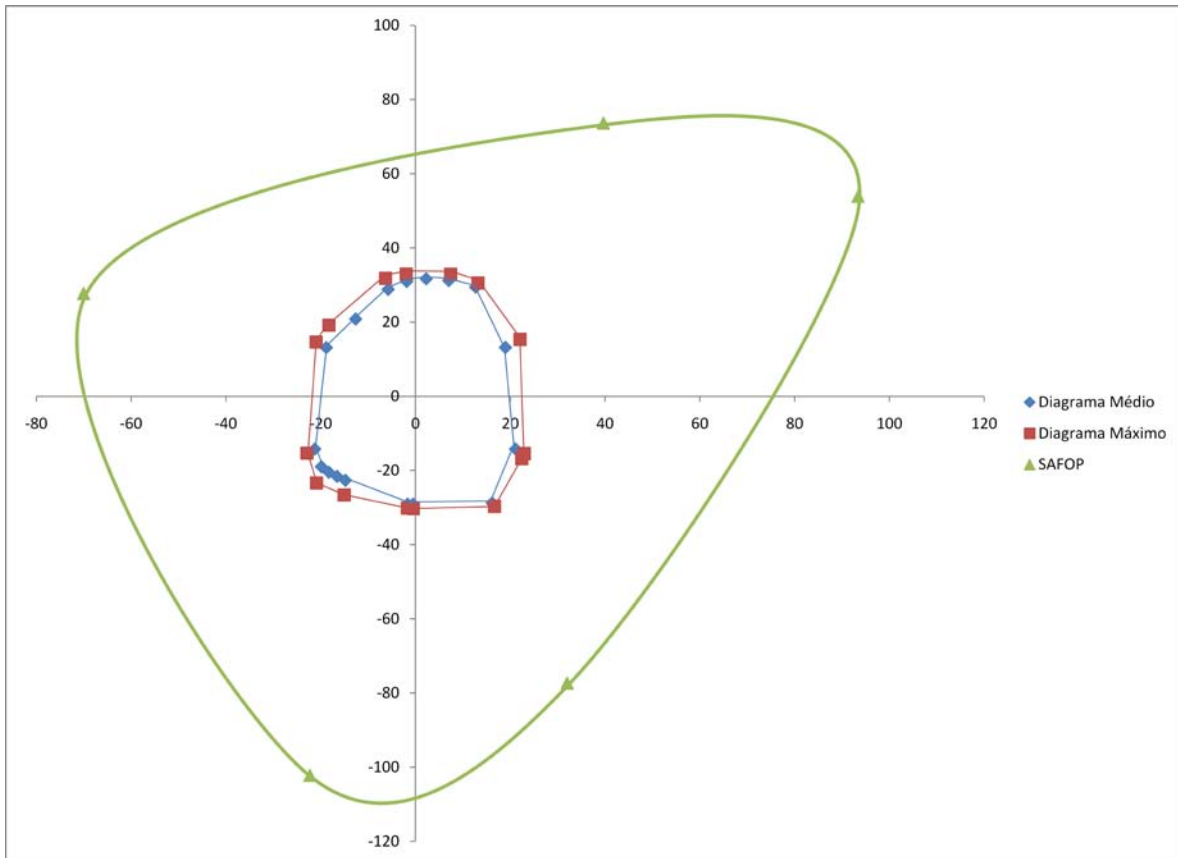
**Tabela 7 - Comparação entre as posições neutras original e após modificação**

	<b>Posição neutra original</b>	<b>Posição neutra após modificações</b>
<b>Coordenada Norte (m)</b>	7492005,8825	7492007,1123
<b>Coordenada Leste (m)</b>	341001,2689	340989,5626
<b>Aproamento com o Norte (graus)</b>	32,4256	29,2881

Utilizando a nova posição neutra, mais uma vez foram realizadas análises estáticas, seguidas de análises dinâmicas, para determinar os passeios médios e máximos da

plataforma. Como nos outros casos, as linhas foram analisadas em termos de tração máxima. Infelizmente, para este caso, a linha de ancoragem 3 apresentou, para o caso de carregamento 167 (ANEXO II) um valor de tração máxima acima do permitido, mas ainda assim dentro do valor total do *MBL*. Todos os valores estão apresentados no ANEXO V.

Apesar deste problema encontrado, um obstáculo que possivelmente inviabilizaria a continuação do projeto, foram montados novos diagramas de *offsets* para a plataforma. A Figura 53 mostra a comparação entre o SAFOP e os diagramas de *offsets* após as modificações no sistema de ancoragem. É possível notar que os novos diagramas de *offsets* estão mais centralizados em relação ao SAFOP quando comparados aos originais (já apresentados na Figura 51). Entretanto, fica óbvio que ao realizar uma análise com este novo sistema com uma das linhas rompidas (e novamente seria a linha 3, que obteve maior tração no caso com maior passeio), o diagrama ainda se aproximaria dos limites do SAFOP. Uma possível solução para este problema é realizar modificações nas demais linhas de ancoragem, de modo a deixar o diagrama de *offsets* mais ovalizado, diminuindo seus passeios para *Norte*.



**Figura 53 - Comparação entre SAFOP e diagramas de *offsets* após modificações no sistema de ancoragem**

## 6 Conclusões

No projeto de sistemas flutuantes offshore ancorados, deve-se garantir a integridade do sistema de ancoragem e de *risers*. Entretanto, durante o processo de instalação da plataforma nem sempre é possível manter os *risers* e as ancoragens com as configurações designadas no projeto, devido principalmente à dificuldade intrínseca ao procedimento de instalação, feito sob ações ambientais de onda, vento e correnteza. Por conseqüência, a posição de projeto e a posição na qual a unidade flutuante foi realmente instalada são geralmente diferentes, não sendo incomum que as linhas de ancoragem e *risers* se encontrem mais ou menos tracionadas do que o previsto em seus projetos. Por conseqüência, não só a posição da plataforma instalada pode estar diferente da de projeto, como também seus *offsets* máximos podem deixar de obedecer ao valor estabelecido em projeto.

Para resolver os problemas relacionados à diferença de posicionamento e de níveis de tração das linhas de ancoragem e verificação da integridade dos *risers* decorrentes do processo de instalação de um sistema flutuante *offshore*, pode ser utilizado um procedimento de retroanálise que incorpora a geração do modelo numérico do sistema flutuante *offshore* de acordo com a configuração de campo de suas linhas de ancoragem e *risers*. De posse deste modelo, pode-se verificar a integridade do sistema e, caso necessário, sejam estabelecidas medidas que auxiliem na sua correção.

Assim, este trabalho teve como objetivo descrever para o meio acadêmico o procedimento de geração de modelos de linhas de unidades flutuantes por retroanálise, e apresentar os procedimentos de análise e verificação que permitem que medidas possam ser tomadas em campo para manter o sistema em segurança. Isto significa permitir que o sistema de ancoragem instalado continue atendendo aos critérios previstos em projeto e os passeios máximos da unidade flutuante continuem garantindo a integridade dos *risers*.

De fato, o procedimento de retroanálise se mostrou uma ferramenta útil para reproduzir a configuração das linhas de ancoragem e *risers* instalados em sistemas flutuantes offshore em alto-mar. Sua aplicação se estende desde a verificação dos pontos de inspeção até a análise mais detalhada do comportamento dinâmico de unidades flutuantes, comparando os dados de projeto com os observados após a instalação. A metodologia

apresentada neste trabalho visa ser incorporada como atividade obrigatória de todos os sistemas flutuantes ancorados, ou seja, é de vital importância que a metodologia apresentada seja aplicada com rigor por engenheiros projetistas após a instalação de qualquer unidade flutuante, principalmente produtora de óleo e gás. Começando com a realização da inspeção no local da instalação e terminando com diversas propostas de melhoria do sistema de ancoragem já instalado até que se atinja a configuração ideal.

Em se tratando do estudo de caso apresentado neste trabalho, buscou-se aplicar passo a passo a metodologia apresentada em um estudo de caso de uma unidade de produção *offshore* semi-submersível. Foi possível ilustrar diferenças significativas que podem ser encontradas entre a configuração de projeto e a instalada das linhas de ancoragem e *risers*. Um primeiro ciclo de ajuste do sistema de ancoragem foi proposto, indicando as diretrizes que um projetista deve obedecer para adequar o diagrama de *offsets* ao SAFOP gerado pelo modelo de retroanálise. Fica como proposta para trabalhos futuros criar um algoritmo de otimização que auxilie o projetista a realizar o trabalho de ajuste de configuração do sistema de ancoragem.

## 7 Referências Bibliográficas

- [1] JACOB, B.P., “PROSIM – Simulação Numérica do Comportamento de Unidades Flutuantes Ancoradas”, Manual Teórico, LAMCSO/COPPE/UFRJ, Programa de Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2006.
- [2] RODRIGUES, M.V., *Algoritmos otimizados para a análise acoplada de sistemas flutuantes na exploração de petróleo offshore*, Tese de D. Sc., COPPE/UFRJ, Programa de Engenharia Civil, Dezembro de 2004.
- [3] BRANDÃO, L.A., *Análise acoplada dos movimentos de uma unidade flutuante e da dinâmica dos sistemas de ancoragem e risers*, Dissertação de M. Sc., COPPE/UFRJ, Programa de Engenharia Oceânica, Setembro de 2008.
- [4] MENDES, P.L.F., *Comparação das metodologias de análise acoplada e não acoplada na modelagem de instalação de dutos por reboque*, Tese de M. Sc., COPPE/UFRJ, Programa de Engenharia Oceânica, Setembro de 2006.
- [5] BAHIENSE, R.A., *Implementação e Avaliação de uma Metodologia Fortemente Acoplada para Análise de Sistemas Flutuantes Offshore*, Tese de M. Sc., COPPE/UFRJ, Programa de Engenharia Civil, Dezembro de 2007.
- [6] KUNITAKI, D.M.K.N., *Tratamento de Incertezas no Comportamento Dinâmico de Estacas Torpedo para Ancoragem de Sistemas Flutuantes na Exploração de Petróleo Offshore*, Tese de M. Sc., COPPE/UFRJ, Programa de Engenharia Civil, Julho de 2006.
- [7] LIMA, A.L., *Avaliação de Metodologias de Análise de Unidades Estacionárias de produção de Petróleo Offshore*, Tese de M. Sc., COPPE/UFRJ, Programa de Engenharia Civil, Junho de 2006.
- [8] MONTEIRO, B.F., *Aplicação do Método do Enxame de Partículas na Otimização de Sistemas de Ancoragem de Unidades Flutuantes Para Exploração de Petróleo Offshore*, Dissertação de M. Sc., COPPE/UFRJ, Programa de Engenharia Civil, Junho de 2008.
- [9] COSTA, R.G.B., *Análise Paramétrica das Condições de Ancoragem de Plataformas Offshore Utilizando Estacas Torpedo a Partir de Modelos em Elementos Finitos*,

- Dissertação de M. Sc., COPPE/UFRJ, Programa de Engenharia Civil, Outubro de 2008.
- [10] SILVA, U.A., *Análise de Cravabilidade de Estacas Torpedo*, Monografia de Especialização, COPPE/UFRJ, Engenharia de Fundações, Maio de 2008.
- [11] ALBRECHT, C.H., *Algoritmos Evolutivos Aplicados à Síntese e Otimização de Sistemas de Ancoragem*, Tese de D. Sc., COPPE/UFRJ, Programa de Engenharia Oceânica, Março de 2005.
- [12] LOUREIRO, R.R., *Análise Numérico-Experimental de Anomalia de Sistema de Ancoragem em Catenária Devido a Falha de Manilhas de Linha de Poliéster*, Dissertação de M. Sc., COPPE/UFRJ, Programa de Engenharia Oceânica, Julho de 2007.
- [13] (Relatório Técnico Interno da Petrobras, Março de 2010).
- [14] API RP 2SK, Design and Analysis of Stationkeeping Systems for Floating Structures. 3 ed., American Petroleum Institute, Outubro de 2005.
- [15] GIRÓN, A.R.C., *Aplicação de Metodologias de Projeto Integrado de Sistemas de Ancoragem e Risers na Exploração de Petróleo Offshore*, Dissertação de M. Sc., COPPE/UFRJ, Programa de Engenharia Civil, Março de 2009.

## ANEXO I

**Tabela 8 - Dados de inspeção dos risers**

	<b>Norte (m)</b>	<b>Leste (m)</b>	<b>LDA (m)</b>	<b>Comentário</b>
<b>Unidade Flutuante</b>	7492024,5	340953,7	0	Inspeção <i>Riser 1</i>
	7492025,3	340954,9	0	Inspeção <i>Riser 2</i>
	7492026,8	340955,4	0	Inspeção <i>Riser 3</i>
	7492027,9	340957,9	0	Inspeção <i>Riser 4</i>
	7492031,0	340959,3	0	Inspeção <i>Riser 5</i>
	7492043,2	340997,8	0	Inspeção <i>Riser 6</i>
	7492024,2	341000,2	0	Inspeção <i>Riser 7</i>
	7492041,1	341000,9	0	Inspeção <i>Riser 8</i>
	7492040,5	341003,1	0	Inspeção <i>Riser 9</i>
	7492041,6	341000,2	0	Inspeção <i>Riser 10</i>
	7492038,2	341006,7	0	Inspeção <i>Riser 11</i>
	7492038,7	341008,4	0	Inspeção <i>Riser 12</i>
	7492037,8	341008,7	0	Inspeção <i>Riser 13</i>
	7492036,8	341010,6	0	Inspeção <i>Riser 14</i>
	7492036,7	341011,5	0	Inspeção <i>Riser 15</i>
	7492035,5	341013,9	0	Inspeção <i>Riser 16</i>
	7491999,3	341024,0	0	Inspeção <i>Riser 17</i>
	7491998,1	341024,7	0	Inspeção <i>Riser 18</i>
	7491997,7	341024,7	0	Inspeção <i>Riser 19</i>
	7491995,8	341023,5	0	Inspeção <i>Riser 20</i>
	7491997,5	341019,4	0	Inspeção <i>Riser 21</i>
	7491994,2	341018,8	0	Inspeção <i>Riser 22</i>
	7491993,6	341019,1	0	Inspeção <i>Riser 23</i>
	7491991,9	341018,5	0	Inspeção <i>Riser 24</i>
	7492991,9	341019,5	0	Inspeção <i>Riser 25</i>
	7491989,3	341018,9	0	Inspeção <i>Riser 26</i>
	7491976,6	340959,6	0	Inspeção <i>Riser 27</i>
	7491977,7	340957,8	0	Inspeção <i>Riser 28</i>
	7491977,2	340959,5	0	Inspeção <i>Riser 29</i>
	7491977,1	340960,1	0	Inspeção <i>Riser 30</i>
	7491974,6	340960,2	0	Inspeção <i>Riser 31</i>
	7491974,4	340962,4	0	Inspeção <i>Riser 32</i>
	7491965,9	340976,5	0	Inspeção <i>Riser 33</i>
	7491966,3	340974,8	0	Inspeção <i>Riser 34</i>
	7491964,9	340979,5	0	Inspeção <i>Riser 35</i>
	7491967,5	340977,9	0	Inspeção <i>Riser 36</i>
<b>Riser 1</b>	7492515,5	341417,3	422,1	TDP do sistema #1
	7492495,3	341401,9	416,7	Conector #1

<b>Riser 2</b>	7492128,0	340843,6	411,2	TDP do sistema #2
	7492249,3	340716,6	399,5	Conector #2
<b>Riser 3</b>	7492158,6	340846,1	411,8	TDP do sistema #3
	7492297,3	340708,8	398,8	Conector #3
<b>Riser 4</b>	7492134,8	340909,1	414,6	TDP do sistema #4
	7492312,4	340780,8	402,4	Conector #4
<b>Riser 5</b>	7492171,3	340900,1	413,6	TDP do sistema #5
	7492336,2	340775,7	400,6	Conector #5
<b>Riser 6</b>	492213,0	341046,2	417,4	TDP do sistema #6
<b>Riser 7</b>	7492206,3	341038,7	417,9	TDP do sistema #7
<b>Riser 8</b>	7492214,8	341046,2	418,2	TDP do sistema #8
<b>Riser 9</b>	7492191,2	341053,3	419,0	TDP do sistema #9
	7492347,6	341109,3	415,8	Conector #9
<b>Riser 10</b>	7492201,9	341049,5	417,8	TDP do sistema #10
	7492368,0	341108,2	414,3	Conector #10
<b>Riser 11</b>	7492170,3	341068,2	420,9	TDP do sistema #11
	7492345,6	341156,7	417,4	Conector #11
<b>Riser 12</b>	7492194,9	341077,7	420,1	TDP do sistema #12
	7492331,9	341151,5	417,6	Conector #12
<b>Riser 13</b>	7492171,5	341075,9	421,2	TDP do sistema #13
	7492324,8	341167,0	420,3	Conector #13
<b>Riser 14</b>	7492153,9	341075,3	421,6	TDP do sistema #14
	7492312,5	341169,2	419,5	Conector #14
<b>Riser 15</b>	7492157,8	341075,2	420,1	TDP do sistema #15
	7492318,5	341181,6	419,7	Conector #15
<b>Riser 16</b>	7492169,5	341106,4	421,4	TDP do sistema #16
<b>Riser 17</b>	7491982,0	341210,3	432,2	TDP do sistema #17
	7491958,2	341386,5	440,4	Conector #17
<b>Riser 18</b>	7491965,4	341173,7	432,2	TDP do sistema #18
	7491946,6	341366,6	436,2	Conector #18
<b>Riser 19</b>	7491956,7	341177,6	431,8	TDP do sistema #19
	7491917,5	341355,5	443,1	Conector #19
<b>Riser 20</b>	7491942,6	341153,3	431,4	TDP do sistema #20
	7491873,8	341331,5	443,0	Conector #20
<b>Riser 21</b>	7491948,8	341163,8	432,6	TDP do sistema #21
	7491876,7	341340,5	441,5	Conector #21
<b>Riser 22</b>	7491932,6	341161,4	433,0	TDP do sistema #22
	7491827,4	341323,3	440,9	Conector #22
<b>Riser 23</b>	7491908,7	341160,7	432,8	TDP do sistema #23
	7491811,2	341306,0	441,9	Conector #23
<b>Riser 24</b>	7491917,1	341144,8	432,3	TDP do sistema #24
	7491794,4	341306,4	442,2	Conector #24
<b>Riser 25</b>	7491865,3	341138,1	434,4	TDP do sistema #25

<b>Riser 26</b>	7491854,6	341164,4	435,1	TDP do sistema #26
	7491713,4	341257,7	443,0	Conector #26
<b>Riser 27</b>	7491845,9	340744,0	415,2	TDP do sistema #27
	7491770,1	340637,2	413,9	Conector #27
<b>Riser 28</b>	7491866,2	340766,1	416,6	TDP do sistema #28
	7491790,0	340654,1	414,7	Conector #28
<b>Riser 29</b>	7491844,9	340822,2	419,2	TDP do sistema #29
	7491734,9	340709,1	418,7	Conector #29
<b>Riser 30</b>	7491856,4	340838,9	420,1	TDP do sistema #30
	7491726,6	340727,6	420,4	Conector #30
<b>Riser 31</b>	7491836,3	340841,4	421,1	TDP do sistema #31
	7491711,3	340738,5	420,1	Conector #31
<b>Riser 32</b>	7491831,9	340854,5	420,7	TDP do sistema #32
	7491705,7	340752,4	420,5	Conector #32
<b>Riser 33</b>	7491855,9	340927,6	422,8	TDP do sistema #33
<b>Riser 34</b>	7491850,1	340914,6	422,4	TDP do sistema #34
	7491679,7	340827,8	424,0	Conector #34
<b>Riser 35</b>	7491827,1	340935,2	425,0	TDP do sistema #35
	7491673,0	340858,7	426,8	Conector #35
<b>Riser 36</b>	7491811,7	340921,1	425,3	TDP do sistema #36
	7491654,3	340853,0	426,7	Conector #36

## ANEXO II

**Tabela 9 - Casos de carregamento**

<b>Carregamento</b>	<b>Corrente</b>	<b>Período de Retorno</b>	<b>Onda e Vento</b>	<b>Período de Retorno</b>
1	N	Anual	SW	Anual
2	N	Anual	SW	Anual
3	N	Anual	S	Anual
4	N	Anual	S	Anual
5	N	Anual	S	Anual
6	N	Anual	SE	Anual
7	N	Anual	SE	Anual
8	NE	Anual	W	Anual
9	NE	Anual	W	Anual
10	NE	Anual	SW	Anual
11	NE	Anual	SW	Anual
12	NE	Anual	SW	Anual
13	NE	Anual	S	Anual
14	NE	Anual	S	Anual
15	E	Anual	NW	Anual
16	E	Anual	NW	Anual
17	E	Anual	W	Anual
18	E	Anual	W	Anual
19	E	Anual	W	Anual
20	E	Anual	SW	Anual
21	E	Anual	SW	Anual
22	SE	Anual	W	Anual
23	SE	Anual	W	Anual
24	SE	Anual	NW	Anual
25	SE	Anual	NW	Anual
26	SE	Anual	NW	Anual
27	SE	Anual	N	Anual
28	SE	Anual	N	Anual
29	S	Anual	NW	Anual
30	S	Anual	NW	Anual
31	S	Anual	N	Anual
32	S	Anual	N	Anual
33	S	Anual	N	Anual
34	S	Anual	NE	Anual
35	S	Anual	NE	Anual
36	SW	Anual	N	Anual
37	SW	Anual	N	Anual
38	SW	Anual	NE	Anual
39	SW	Anual	NE	Anual
40	SW	Anual	NE	Anual
41	SW	Anual	E	Anual

42	SW	Anual	E	Anual
43	W	Anual	NE	Anual
44	W	Anual	NE	Anual
45	W	Anual	E	Anual
46	W	Anual	E	Anual
47	W	Anual	E	Anual
48	W	Anual	SE	Anual
49	W	Anual	SE	Anual
50	NW	Anual	E	Anual
51	NW	Anual	E	Anual
52	NW	Anual	SE	Anual
53	NW	Anual	SE	Anual
54	NW	Anual	SE	Anual
55	NW	Anual	S	Anual
56	NW	Anual	S	Anual
57	N	Centenário	SW	Decenário
58	N	Centenário	SW	Decenário
59	N	Centenário	S	Decenário
60	N	Centenário	S	Decenário
61	N	Centenário	S	Decenário
62	N	Centenário	SE	Decenário
63	N	Centenário	SE	Decenário
64	NE	Centenário	W	Decenário
65	NE	Centenário	W	Decenário
66	NE	Centenário	SW	Decenário
67	NE	Centenário	SW	Decenário
68	NE	Centenário	SW	Decenário
69	NE	Centenário	S	Decenário
70	NE	Centenário	S	Decenário
71	E	Centenário	NW	Decenário
72	E	Centenário	NW	Decenário
73	E	Centenário	W	Decenário
74	E	Centenário	W	Decenário
75	E	Centenário	W	Decenário
76	E	Centenário	SW	Decenário
77	E	Centenário	SW	Decenário
78	SE	Centenário	W	Decenário
79	SE	Centenário	W	Decenário
80	SE	Centenário	NW	Decenário
81	SE	Centenário	NW	Decenário
82	SE	Centenário	NW	Decenário
83	SE	Centenário	N	Decenário
84	SE	Centenário	N	Decenário
85	S	Centenário	NW	Decenário
86	S	Centenário	NW	Decenário
87	S	Centenário	N	Decenário
88	S	Centenário	N	Decenário

89	S	Centenário	N	Decenário
90	S	Centenário	NE	Decenário
91	S	Centenário	NE	Decenário
92	SW	Centenário	N	Decenário
93	SW	Centenário	N	Decenário
94	SW	Centenário	NE	Decenário
95	SW	Centenário	NE	Decenário
96	SW	Centenário	NE	Decenário
97	SW	Centenário	E	Decenário
98	SW	Centenário	E	Decenário
99	W	Centenário	NE	Decenário
100	W	Centenário	NE	Decenário
101	W	Centenário	E	Decenário
102	W	Centenário	E	Decenário
103	W	Centenário	E	Decenário
104	W	Centenário	SE	Decenário
105	W	Centenário	SE	Decenário
106	NW	Centenário	E	Decenário
107	NW	Centenário	E	Decenário
108	NW	Centenário	SE	Decenário
109	NW	Centenário	SE	Decenário
110	NW	Centenário	SE	Decenário
111	NW	Centenário	S	Decenário
112	NW	Centenário	S	Decenário
113	N	Decenário	SW	Centenário
114	N	Decenário	SW	Centenário
115	N	Decenário	S	Centenário
116	N	Decenário	S	Centenário
117	N	Decenário	S	Centenário
118	N	Decenário	SE	Centenário
119	N	Decenário	SE	Centenário
120	NE	Decenário	W	Centenário
121	NE	Decenário	W	Centenário
122	NE	Decenário	SW	Centenário
123	NE	Decenário	SW	Centenário
124	NE	Decenário	SW	Centenário
125	NE	Decenário	S	Centenário
126	NE	Decenário	S	Centenário
127	E	Decenário	NW	Centenário
128	E	Decenário	NW	Centenário
129	E	Decenário	W	Centenário
130	E	Decenário	W	Centenário
131	E	Decenário	W	Centenário
132	E	Decenário	SW	Centenário
133	E	Decenário	SW	Centenário
134	SE	Decenário	W	Centenário
135	SE	Decenário	W	Centenário

<b>136</b>	SE	Decenário	NW	Centenário
<b>137</b>	SE	Decenário	NW	Centenário
<b>138</b>	SE	Decenário	NW	Centenário
<b>139</b>	SE	Decenário	N	Centenário
<b>140</b>	SE	Decenário	N	Centenário
<b>141</b>	S	Decenário	NW	Centenário
<b>142</b>	S	Decenário	NW	Centenário
<b>143</b>	S	Decenário	N	Centenário
<b>144</b>	S	Decenário	N	Centenário
<b>145</b>	S	Decenário	N	Centenário
<b>146</b>	S	Decenário	NE	Centenário
<b>147</b>	S	Decenário	NE	Centenário
<b>148</b>	SW	Decenário	N	Centenário
<b>149</b>	SW	Decenário	N	Centenário
<b>150</b>	SW	Decenário	NE	Centenário
<b>151</b>	SW	Decenário	NE	Centenário
<b>152</b>	SW	Decenário	NE	Centenário
<b>153</b>	SW	Decenário	E	Centenário
<b>154</b>	SW	Decenário	E	Centenário
<b>155</b>	W	Decenário	NE	Centenário
<b>156</b>	W	Decenário	NE	Centenário
<b>157</b>	W	Decenário	E	Centenário
<b>158</b>	W	Decenário	E	Centenário
<b>159</b>	W	Decenário	E	Centenário
<b>160</b>	W	Decenário	SE	Centenário
<b>161</b>	W	Decenário	SE	Centenário
<b>162</b>	NW	Decenário	E	Centenário
<b>163</b>	NW	Decenário	E	Centenário
<b>164</b>	NW	Decenário	SE	Centenário
<b>165</b>	NW	Decenário	SE	Centenário
<b>166</b>	NW	Decenário	SE	Centenário
<b>167</b>	NW	Decenário	S	Centenário
<b>168</b>	NW	Decenário	S	Centenário

## ANEXO III

**Tabela 10 - Valores de tração máxima nas linhas de ancoragem para cada caso de carregamento na situação intacta**

	<b>Linha1</b>	<b>Linha2</b>	<b>Linha3</b>	<b>Linha4</b>	<b>Linha5</b>	<b>Linha6</b>	<b>Linha7</b>	<b>Linha8</b>
<b>Caso1</b>	772,93	1389,99	1861,19	1606,93	1780,07	747,33	840,73	968,95
<b>Caso2</b>	776,81	1431,69	1922,74	1641,42	1755,43	707,05	822,23	968,43
<b>Caso3</b>	721,24	1406,35	1998,79	1665,96	1678,99	649,74	758,85	902,73
<b>Caso4</b>	717,95	1434,77	2084,32	1731,53	1643,85	621,01	720,03	872,30
<b>Caso5</b>	727,31	1483,03	2156,94	1763,49	1595,32	581,09	691,66	855,26
<b>Caso6</b>	776,70	1583,21	2143,00	1681,85	1560,20	580,94	706,21	901,44
<b>Caso7</b>	842,18	1689,86	2112,06	1614,88	1540,52	595,88	730,98	951,72
<b>Caso8</b>	702,34	1150,10	1545,26	1490,86	1941,07	786,65	921,46	986,91
<b>Caso9</b>	687,72	1128,65	1512,54	1491,72	1960,73	783,86	872,74	941,37
<b>Caso10</b>	754,77	1249,20	1705,41	1652,71	2029,81	847,05	921,44	987,16
<b>Caso11</b>	777,12	1313,79	1758,89	1599,61	1929,21	803,06	904,80	1017,32
<b>Caso12</b>	774,25	1364,38	1834,10	1604,22	1827,16	771,54	882,88	1004,44
<b>Caso13</b>	738,90	1342,24	1848,88	1590,95	1729,96	695,62	826,07	962,37
<b>Caso14</b>	738,69	1367,74	1884,55	1640,32	1716,46	671,25	787,72	922,91
<b>Caso15</b>	854,57	1180,85	1314,12	1207,54	1830,93	905,15	1165,25	1267,79
<b>Caso16</b>	832,35	1177,81	1354,81	1283,68	1880,66	917,27	1180,45	1269,55
<b>Caso17</b>	791,80	1091,88	1325,64	1315,58	1960,79	950,93	1187,74	1250,18
<b>Caso18</b>	736,70	1029,66	1300,26	1337,76	2022,11	931,71	1121,96	1150,16
<b>Caso19</b>	719,77	1015,32	1268,98	1339,70	2081,28	918,25	1049,44	1061,49
<b>Caso20</b>	747,93	1075,34	1440,17	1514,66	2197,60	975,20	1078,08	1085,06
<b>Caso21</b>	778,49	1171,45	1494,18	1508,18	2090,97	902,67	1048,88	1101,03
<b>Caso22</b>	833,77	978,83	1073,36	1148,84	2044,57	1096,95	1378,72	1389,51
<b>Caso23</b>	853,14	1012,86	1099,96	1160,87	2010,81	1095,46	1429,50	1444,72
<b>Caso24</b>	882,90	1077,12	1136,79	1138,17	1945,53	1079,57	1425,01	1470,64
<b>Caso25</b>	920,33	1082,40	1111,33	1090,11	1919,52	1090,86	1428,81	1477,70
<b>Caso26</b>	938,85	1067,19	1066,86	1057,65	1847,37	1057,73	1414,48	1516,31
<b>Caso27</b>	989,46	1057,62	1023,19	996,04	1774,01	1059,58	1556,85	1704,56
<b>Caso28</b>	986,58	1065,71	1072,88	1040,19	1769,42	1024,39	1519,38	1661,36
<b>Caso29</b>	1238,13	1525,07	1207,98	904,62	1372,35	837,49	1322,79	1715,91
<b>Caso30</b>	1253,39	1518,83	1167,16	859,82	1290,87	798,02	1299,21	1765,33
<b>Caso31</b>	1311,77	1490,98	1101,48	808,83	1203,47	807,79	1429,89	1961,82
<b>Caso32</b>	1291,70	1515,70	1163,33	859,79	1200,88	769,71	1358,12	1863,79
<b>Caso33</b>	1262,87	1576,57	1246,31	919,84	1256,25	755,15	1277,39	1769,52
<b>Caso34</b>	1182,51	1606,31	1333,43	991,39	1315,07	742,08	1179,27	1617,15
<b>Caso35</b>	1249,46	1723,35	1352,18	973,76	1271,06	721,30	1127,90	1621,17
<b>Caso36</b>	1183,90	1653,56	1427,44	989,23	1181,36	673,73	1120,23	1611,82
<b>Caso37</b>	1146,47	1676,92	1470,51	1049,96	1233,67	667,77	1074,25	1523,51
<b>Caso38</b>	1107,89	1714,41	1531,30	1093,92	1279,82	656,94	1002,97	1416,54
<b>Caso39</b>	1197,10	1866,75	1547,87	1028,80	1182,81	628,50	960,36	1467,33
<b>Caso40</b>	1295,80	2032,59	1519,62	947,74	1058,24	582,60	916,79	1503,76
<b>Caso41</b>	1264,23	1992,87	1486,58	927,21	1038,76	586,99	902,78	1459,13

<b>Caso42</b>	1254,33	1968,75	1595,47	1007,32	1052,68	579,05	924,09	1485,69
<b>Caso43</b>	1092,93	2001,93	1849,12	1211,60	1167,17	559,44	779,51	1227,99
<b>Caso44</b>	1165,62	2176,78	1843,23	1125,98	1052,62	538,74	750,46	1235,61
<b>Caso45</b>	1118,94	2100,88	1811,29	1104,26	1037,27	517,44	723,38	1180,68
<b>Caso46</b>	1090,30	2050,37	1919,56	1198,52	1074,53	513,78	722,05	1169,44
<b>Caso47</b>	1048,52	2032,86	1991,71	1270,58	1127,75	524,87	739,78	1164,78
<b>Caso48</b>	1064,49	2087,97	2105,36	1371,39	1184,08	534,04	737,87	1154,26
<b>Caso49</b>	1052,97	2058,45	2153,39	1405,77	1196,79	528,85	722,68	1092,27
<b>Caso50</b>	987,88	2036,46	2090,23	1306,53	1112,49	495,82	654,12	1031,52
<b>Caso51</b>	973,36	2016,38	2133,10	1400,52	1150,41	498,73	670,89	1045,62
<b>Caso52</b>	979,42	2095,98	2253,16	1467,77	1217,35	516,34	688,12	1046,74
<b>Caso53</b>	968,17	2038,65	2281,92	1497,95	1236,23	509,35	662,13	990,98
<b>Caso54</b>	885,86	1966,87	2283,56	1549,17	1242,23	493,72	658,08	973,22
<b>Caso55</b>	829,11	1892,94	2369,96	1630,39	1266,26	494,49	637,32	901,54
<b>Caso56</b>	821,54	1828,95	2314,69	1634,41	1304,52	521,58	644,00	897,62
<b>Caso57</b>	681,06	1308,84	2059,15	1964,65	2100,19	761,67	782,41	842,55
<b>Caso58</b>	687,01	1376,02	2206,02	2010,51	2010,15	716,99	750,19	830,97
<b>Caso59</b>	630,00	1389,48	2335,74	2068,75	1896,87	632,88	678,56	762,16
<b>Caso60</b>	611,23	1426,22	2531,40	2188,99	1845,20	582,50	608,44	705,42
<b>Caso61</b>	616,31	1517,88	2668,45	2241,75	1768,90	555,69	583,01	696,67
<b>Caso62</b>	713,80	1691,18	2601,02	2132,66	1694,44	546,95	614,29	764,63
<b>Caso63</b>	808,81	1824,77	2574,84	1982,65	1606,50	555,09	649,44	823,58
<b>Caso64</b>	609,95	948,79	1496,32	1676,63	2406,76	943,13	986,98	932,31
<b>Caso65</b>	583,92	922,74	1491,21	1700,00	2438,28	911,78	901,72	845,10
<b>Caso66</b>	675,65	1090,90	1718,55	1876,30	2450,55	933,68	931,50	904,56
<b>Caso67</b>	710,22	1214,81	1846,94	1893,11	2277,59	864,76	909,79	931,42
<b>Caso68</b>	708,24	1272,89	1967,55	1864,86	2075,53	807,01	840,10	910,15
<b>Caso69</b>	680,96	1296,72	2063,21	1861,54	1940,25	716,60	772,57	839,79
<b>Caso70</b>	659,50	1330,55	2191,65	1976,62	1906,03	667,06	720,53	799,99
<b>Caso71</b>	855,26	1064,13	1205,99	1219,29	2054,20	1069,82	1350,43	1361,65
<b>Caso72</b>	800,86	1049,84	1259,24	1301,37	2123,77	1075,83	1328,71	1320,99
<b>Caso73</b>	727,60	917,33	1188,97	1369,83	2339,75	1163,99	1365,07	1269,46
<b>Caso74</b>	661,55	830,03	1153,90	1417,37	2508,18	1158,26	1280,32	1126,76
<b>Caso75</b>	628,22	800,70	1159,13	1470,30	2642,59	1150,03	1174,78	1016,37
<b>Caso76</b>	733,17	977,83	1394,60	1721,56	2784,87	1166,42	1206,86	1062,44
<b>Caso77</b>	730,51	1033,87	1495,57	1683,25	2542,63	1056,40	1129,08	1066,17
<b>Caso78</b>	779,34	748,67	856,31	1158,91	2618,14	1522,39	1779,27	1501,10
<b>Caso79</b>	826,65	790,71	877,79	1130,37	2483,06	1531,01	1846,73	1621,38
<b>Caso80</b>	903,67	919,71	966,37	1121,11	2310,22	1440,75	1824,39	1692,06
<b>Caso81</b>	961,85	922,59	937,52	1043,97	2260,64	1455,50	1839,53	1726,26
<b>Caso82</b>	985,83	918,32	869,99	981,59	2148,56	1406,85	1845,86	1789,50
<b>Caso83</b>	1053,05	886,35	809,79	894,04	2003,86	1388,48	2046,76	2052,83
<b>Caso84</b>	1071,46	885,80	827,62	911,88	2036,75	1437,54	2108,24	2068,70
<b>Caso85</b>	1370,27	1525,09	1052,35	792,58	1321,34	914,84	1531,76	2023,82
<b>Caso86</b>	1439,55	1538,54	1026,59	744,82	1231,61	890,09	1564,89	2120,48
<b>Caso87</b>	1564,57	1521,61	931,15	689,94	1125,53	899,14	1720,61	2410,07
<b>Caso88</b>	1486,35	1548,04	1017,62	751,29	1130,08	837,33	1575,31	2194,74

<b>Caso89</b>	1383,10	1589,36	1118,49	823,59	1205,11	814,80	1420,49	1969,44
<b>Caso90</b>	1285,52	1621,35	1256,88	933,96	1302,56	787,92	1286,41	1784,93
<b>Caso91</b>	1388,83	1815,42	1303,09	883,43	1173,06	738,90	1213,74	1796,22
<b>Caso92</b>	1377,97	1748,75	1307,62	853,70	1066,07	695,27	1270,80	1892,32
<b>Caso93</b>	1306,79	1789,12	1401,20	950,25	1148,25	678,71	1155,51	1730,82
<b>Caso94</b>	1202,02	1792,03	1531,18	1040,57	1210,38	654,73	1017,12	1522,43
<b>Caso95</b>	1368,18	2089,69	1519,55	931,67	1033,88	595,55	977,71	1622,35
<b>Caso96</b>	1537,56	2354,81	1547,65	838,39	880,41	564,55	933,13	1706,50
<b>Caso97</b>	1577,62	2404,35	1500,51	798,78	826,58	544,86	933,02	1723,71
<b>Caso98</b>	1535,90	2341,53	1630,39	879,87	861,65	540,06	945,36	1700,23
<b>Caso99</b>	1160,55	2293,92	2063,39	1209,47	1034,99	512,22	710,45	1200,92
<b>Caso100</b>	1309,96	2584,34	2055,76	1089,79	882,90	489,09	675,23	1242,69
<b>Caso101</b>	1308,22	2579,09	2046,45	1044,71	841,31	454,06	648,77	1221,45
<b>Caso102</b>	1251,31	2511,85	2148,52	1161,11	897,40	468,80	654,89	1215,60
<b>Caso103</b>	1174,90	2443,78	2249,00	1272,59	964,89	463,39	659,41	1168,51
<b>Caso104</b>	1208,85	2546,97	2466,44	1449,64	1041,47	497,94	674,01	1156,99
<b>Caso105</b>	1154,49	2488,00	2568,90	1517,20	1073,09	474,05	654,89	1082,60
<b>Caso106</b>	1079,75	2406,96	2368,85	1354,78	988,04	459,62	583,03	1009,22
<b>Caso107</b>	1024,22	2353,39	2434,09	1452,45	1038,85	467,05	591,01	1009,62
<b>Caso108</b>	1037,21	2500,72	2678,66	1599,15	1113,52	476,95	608,76	1002,61
<b>Caso109</b>	1012,08	2404,53	2725,27	1689,44	1157,39	461,85	597,28	950,27
<b>Caso110</b>	899,30	2288,87	2778,22	1804,06	1177,20	444,00	582,66	887,46
<b>Caso111</b>	800,68	2163,44	2935,31	1928,00	1245,59	465,63	547,97	785,83
<b>Caso112</b>	780,57	2016,61	2832,44	1922,32	1290,79	487,88	565,69	786,89
<b>Caso113</b>	683,08	1254,12	2007,01	2076,31	2343,92	828,34	830,98	856,69
<b>Caso114</b>	656,70	1330,96	2238,78	2137,82	2136,28	745,58	746,65	806,98
<b>Caso115</b>	631,06	1417,05	2506,15	2245,68	1998,13	653,27	662,35	734,70
<b>Caso116</b>	611,77	1519,26	2809,41	2428,37	1900,02	593,02	598,93	680,35
<b>Caso117</b>	624,39	1650,15	3041,08	2498,44	1771,35	538,33	543,71	643,65
<b>Caso118</b>	731,88	1785,74	2773,06	2216,45	1649,59	530,64	606,89	766,63
<b>Caso119</b>	888,13	2039,81	2752,85	2040,59	1536,03	545,57	630,32	847,89
<b>Caso120</b>	582,86	809,92	1370,59	1738,35	2797,09	1121,84	1082,89	912,40
<b>Caso121</b>	554,37	809,32	1388,91	1815,85	2894,67	1087,44	990,66	823,70
<b>Caso122</b>	668,29	1030,80	1698,70	2010,17	2865,48	1037,42	995,97	895,49
<b>Caso123</b>	684,92	1149,26	1879,32	1997,24	2477,16	931,51	906,50	893,76
<b>Caso124</b>	713,38	1298,98	2049,83	2009,24	2213,70	810,57	856,33	898,60
<b>Caso125</b>	650,20	1334,09	2270,27	2100,54	2079,83	719,65	751,81	812,97
<b>Caso126</b>	629,37	1392,48	2446,49	2227,66	1982,55	637,49	655,86	730,63
<b>Caso127</b>	880,81	1068,77	1157,01	1187,13	2034,38	1100,64	1418,05	1431,01
<b>Caso128</b>	821,63	1029,64	1212,43	1287,78	2177,73	1149,92	1416,79	1381,60
<b>Caso129</b>	698,66	857,89	1137,62	1405,38	2565,80	1304,60	1467,19	1285,83
<b>Caso130</b>	625,37	741,61	1114,98	1521,19	2921,53	1334,13	1367,65	1106,02
<b>Caso131</b>	582,68	709,75	1125,22	1586,95	3088,57	1313,92	1228,76	966,94
<b>Caso132</b>	660,92	879,11	1421,63	1851,56	3128,30	1248,13	1206,27	998,71
<b>Caso133</b>	694,65	1017,10	1547,74	1859,01	2781,55	1080,74	1097,28	993,63
<b>Caso134</b>	779,95	803,66	936,01	1181,30	2482,27	1387,11	1622,64	1424,01
<b>Caso135</b>	826,94	849,66	954,01	1155,24	2352,30	1369,78	1687,17	1544,73

<b>Caso136</b>	895,13	965,88	1015,84	1120,70	2156,62	1279,60	1643,81	1591,37
<b>Caso137</b>	944,91	977,03	970,73	1037,72	2092,10	1287,60	1657,21	1633,16
<b>Caso138</b>	967,73	971,77	929,02	983,86	1987,86	1249,76	1683,17	1687,82
<b>Caso139</b>	1062,94	965,03	900,66	937,91	1890,90	1264,58	1891,77	1980,63
<b>Caso140</b>	1056,14	942,80	907,35	961,70	1919,69	1291,86	1905,98	1973,85
<b>Caso141</b>	1364,01	1431,44	1041,20	803,06	1430,08	981,18	1602,10	2028,74
<b>Caso142</b>	1417,11	1451,49	975,80	742,81	1293,52	945,64	1632,15	2148,82
<b>Caso143</b>	1591,75	1473,67	918,88	705,75	1166,27	942,15	1858,92	2545,09
<b>Caso144</b>	1451,89	1482,56	995,09	753,13	1184,25	881,69	1646,84	2231,15
<b>Caso145</b>	1317,13	1535,72	1162,07	888,63	1294,10	840,48	1438,27	1929,21
<b>Caso146</b>	1156,28	1541,43	1344,21	1039,42	1409,22	801,69	1220,74	1603,38
<b>Caso147</b>	1303,86	1818,82	1407,43	971,15	1220,34	721,09	1116,99	1651,04
<b>Caso148</b>	1352,16	1658,86	1245,51	851,39	1144,12	743,85	1352,20	1936,90
<b>Caso149</b>	1209,68	1667,94	1393,19	986,16	1236,27	712,33	1162,97	1652,31
<b>Caso150</b>	1080,65	1694,23	1576,79	1151,63	1343,54	677,68	1001,02	1393,72
<b>Caso151</b>	1308,40	2075,97	1631,34	1014,62	1091,47	603,53	944,96	1512,03
<b>Caso152</b>	1554,20	2469,82	1628,19	862,64	867,00	548,77	891,08	1633,33
<b>Caso153</b>	1667,10	2628,49	1611,28	807,62	778,43	507,86	884,59	1743,72
<b>Caso154</b>	1563,45	2525,81	1726,48	912,64	831,43	515,74	891,00	1673,90
<b>Caso155</b>	1141,18	2234,00	2052,02	1255,89	1085,32	526,01	721,96	1190,07
<b>Caso156</b>	1374,55	2667,98	2102,19	1097,54	891,61	500,61	689,21	1275,66
<b>Caso157</b>	1414,13	2788,55	2066,63	1009,10	810,35	474,43	667,99	1302,50
<b>Caso158</b>	1299,99	2663,53	2202,47	1181,15	852,10	463,04	651,45	1245,13
<b>Caso159</b>	1203,99	2507,38	2302,69	1287,80	972,80	481,41	659,72	1188,21
<b>Caso160</b>	1206,53	2611,11	2579,34	1508,97	1070,59	514,79	673,73	1162,19
<b>Caso161</b>	1102,62	2487,01	2657,08	1598,50	1154,54	511,26	668,49	1051,28
<b>Caso162</b>	1166,47	2586,31	2400,26	1313,67	955,22	469,75	601,74	1074,30
<b>Caso163</b>	1083,02	2474,77	2452,18	1419,04	1005,16	465,39	607,52	1044,93
<b>Caso164</b>	1055,19	2550,52	2717,92	1581,98	1111,08	484,35	620,33	1015,46
<b>Caso165</b>	1041,19	2490,88	2875,39	1803,02	1171,45	470,20	583,94	908,86
<b>Caso166</b>	840,10	2257,05	2977,60	1925,10	1217,67	450,18	563,57	830,28
<b>Caso167</b>	727,19	2179,03	3362,34	2231,86	1310,05	451,44	536,60	726,19
<b>Caso168</b>	735,97	2016,14	3087,42	2177,01	1416,17	495,26	543,10	713,89

## ANEXO IV

**Tabela 11 - Valores de tração máxima nas linhas de ancoragem para cada caso de carregamento na situação avariada**

	<b>Linha1</b>	<b>Linha2</b>	<b>Linha4</b>	<b>Linha5</b>	<b>Linha6</b>	<b>Linha7</b>	<b>Linha8</b>
<b>Caso1</b>	710,62	1806,05	2242,01	1607,38	500,11	536,14	619,66
<b>Caso2</b>	709,33	1900,67	2387,64	1582,74	461,83	508,23	597,37
<b>Caso3</b>	637,83	1907,27	2524,33	1499,85	407,58	454,11	533,40
<b>Caso4</b>	632,69	2044,71	2719,47	1454,13	382,97	427,69	506,55
<b>Caso5</b>	669,98	2144,75	2678,80	1427,25	367,77	413,76	507,18
<b>Caso6</b>	716,29	2219,00	2471,21	1402,78	385,42	440,36	546,95
<b>Caso7</b>	766,71	2285,41	2357,85	1344,79	392,44	442,06	573,44
<b>Caso8</b>	673,62	1400,96	1853,14	1771,50	543,83	625,79	693,09
<b>Caso9</b>	665,70	1422,48	1854,50	1760,32	532,25	589,22	665,47
<b>Caso10</b>	733,22	1578,11	2067,94	1808,84	599,97	634,02	700,66
<b>Caso11</b>	756,63	1694,54	2053,38	1707,42	551,60	606,85	703,50
<b>Caso12</b>	740,58	1751,11	2107,47	1624,26	528,27	591,09	685,40
<b>Caso13</b>	686,23	1727,89	2168,66	1550,01	462,90	530,30	621,67
<b>Caso14</b>	681,58	1802,12	2335,93	1553,41	438,75	498,11	582,58
<b>Caso15</b>	829,37	1383,53	1451,83	1712,06	688,47	875,30	978,32
<b>Caso16</b>	794,51	1355,97	1531,32	1753,74	680,76	869,42	968,93
<b>Caso17</b>	754,34	1255,23	1556,71	1836,53	712,32	878,29	945,90
<b>Caso18</b>	702,53	1189,97	1575,67	1922,38	712,19	819,94	861,31
<b>Caso19</b>	689,58	1187,53	1598,31	1943,68	679,52	770,13	801,87
<b>Caso20</b>	731,11	1289,00	1807,31	2010,22	715,61	791,11	817,83
<b>Caso21</b>	758,08	1414,61	1845,21	1906,50	651,90	750,01	814,16
<b>Caso22</b>	803,71	1071,83	1296,14	1966,64	893,94	1115,90	1141,79
<b>Caso23</b>	827,78	1106,73	1311,56	1922,22	896,93	1173,58	1200,27
<b>Caso24</b>	852,48	1186,24	1303,78	1867,36	882,10	1168,03	1226,89
<b>Caso25</b>	890,04	1202,58	1239,71	1838,14	896,52	1176,52	1241,48
<b>Caso26</b>	915,07	1183,50	1205,49	1773,77	869,02	1171,53	1268,83
<b>Caso27</b>	976,69	1157,71	1118,18	1706,50	904,83	1319,96	1470,85
<b>Caso28</b>	968,68	1163,85	1152,11	1676,01	863,09	1288,24	1443,24
<b>Caso29</b>	1213,26	1687,52	1030,60	1304,79	682,63	1073,21	1440,73
<b>Caso30</b>	1231,92	1695,17	977,86	1225,09	649,36	1065,49	1484,31
<b>Caso31</b>	1310,64	1656,35	904,04	1145,94	682,57	1207,15	1711,97
<b>Caso32</b>	1278,97	1683,71	950,34	1116,45	640,47	1130,48	1611,22
<b>Caso33</b>	1249,11	1755,49	1034,38	1167,62	619,63	1038,22	1505,33
<b>Caso34</b>	1167,45	1797,80	1136,12	1224,84	600,84	945,42	1344,36
<b>Caso35</b>	1207,82	1921,15	1157,92	1207,33	582,98	879,58	1299,13
<b>Caso36</b>	1161,66	1901,61	1178,74	1096,03	526,73	862,80	1280,63
<b>Caso37</b>	1094,21	1930,21	1261,98	1139,72	522,24	785,24	1157,98
<b>Caso38</b>	1049,70	1980,16	1365,30	1198,22	507,58	732,34	1053,63
<b>Caso39</b>	1094,16	2126,46	1362,48	1148,09	483,03	664,80	1017,77
<b>Caso40</b>	1173,85	2325,26	1269,66	1026,59	455,70	632,10	1030,56
<b>Caso41</b>	1164,97	2309,72	1211,14	989,82	447,35	616,66	1000,17

<b>Caso42</b>	1179,96	2329,02	1300,10	976,77	447,37	614,65	1014,34
<b>Caso43</b>	965,70	2353,87	1718,53	1132,31	414,03	519,60	762,63
<b>Caso44</b>	1023,50	2588,53	1644,55	1022,16	408,60	489,23	753,02
<b>Caso45</b>	1004,17	2584,20	1581,62	977,21	385,05	456,28	708,91
<b>Caso46</b>	1000,04	2611,95	1663,94	973,31	379,90	441,01	690,22
<b>Caso47</b>	960,70	2577,79	1783,66	1002,15	381,89	449,56	688,69
<b>Caso48</b>	973,97	2653,03	1960,32	1070,46	396,04	460,71	687,90
<b>Caso49</b>	941,76	2592,18	1993,46	1105,66	380,36	454,68	652,35
<b>Caso50</b>	883,40	2729,81	1946,69	978,31	346,44	382,86	565,76
<b>Caso51</b>	884,25	2704,87	2041,25	1018,23	352,31	394,39	573,76
<b>Caso52</b>	892,42	2798,79	2204,75	1053,42	363,32	409,43	585,12
<b>Caso53</b>	864,08	2777,66	2239,12	1109,66	359,29	413,43	577,12
<b>Caso54</b>	840,41	2710,48	2350,10	1125,16	346,44	420,05	577,09
<b>Caso55</b>	764,99	2661,75	2496,64	1143,32	338,53	394,68	525,36
<b>Caso56</b>	727,86	2603,60	2583,66	1171,58	340,29	400,72	513,03
<b>Caso57</b>	624,12	1822,82	2928,13	1833,75	470,62	477,91	529,52
<b>Caso58</b>	609,67	2024,06	3296,18	1760,57	430,64	453,04	496,47
<b>Caso59</b>	545,33	2137,13	3688,13	1660,37	367,17	388,73	440,21
<b>Caso60</b>	525,26	2336,08	4113,08	1602,39	336,70	352,70	407,27
<b>Caso61</b>	573,22	2477,45	3767,43	1499,15	338,76	348,87	420,13
<b>Caso62</b>	696,45	2628,81	3404,91	1462,50	355,11	388,89	477,16
<b>Caso63</b>	725,40	2746,84	3096,91	1361,84	360,11	377,36	476,03
<b>Caso64</b>	585,58	1130,97	2026,25	2250,27	671,53	701,16	687,57
<b>Caso65</b>	580,28	1159,24	2056,61	2183,34	629,62	627,00	621,71
<b>Caso66</b>	663,08	1405,47	2294,64	2148,31	657,61	647,72	659,54
<b>Caso67</b>	701,49	1572,49	2379,64	1957,46	592,15	621,18	665,33
<b>Caso68</b>	680,65	1703,09	2465,48	1823,28	532,78	553,37	613,09
<b>Caso69</b>	637,88	1784,44	2664,00	1740,68	460,82	489,81	537,20
<b>Caso70</b>	606,83	1882,64	3008,51	1714,96	414,35	440,06	496,80
<b>Caso71</b>	828,57	1204,12	1406,16	1943,69	844,09	1067,19	1101,27
<b>Caso72</b>	776,50	1189,58	1522,29	2012,08	844,74	1043,33	1067,30
<b>Caso73</b>	697,11	1007,74	1560,48	2233,65	922,60	1090,01	1021,39
<b>Caso74</b>	638,49	914,31	1618,54	2421,99	919,89	1004,87	894,64
<b>Caso75</b>	612,49	916,26	1701,60	2488,86	899,42	912,12	808,49
<b>Caso76</b>	722,84	1131,07	1997,07	2562,38	881,05	915,88	835,33
<b>Caso77</b>	716,89	1234,76	2001,57	2303,38	766,52	823,42	806,83
<b>Caso78</b>	762,03	785,19	1256,00	2578,71	1358,28	1575,87	1325,88
<b>Caso79</b>	806,60	831,66	1224,21	2431,75	1371,35	1653,11	1450,10
<b>Caso80</b>	883,18	974,25	1227,16	2252,76	1281,25	1621,03	1511,60
<b>Caso81</b>	946,17	984,68	1147,79	2201,13	1298,00	1640,43	1547,36
<b>Caso82</b>	974,61	978,02	1064,46	2099,32	1260,36	1650,46	1610,12
<b>Caso83</b>	1040,85	939,00	961,79	1958,81	1261,26	1867,92	1891,79
<b>Caso84</b>	1071,40	933,01	963,89	1966,44	1308,64	1947,91	1937,75
<b>Caso85</b>	1359,70	1656,31	880,11	1263,63	777,84	1324,73	1788,11
<b>Caso86</b>	1434,06	1671,69	817,46	1178,33	765,89	1358,85	1893,47
<b>Caso87</b>	1563,16	1648,00	744,24	1073,11	794,21	1528,27	2199,40
<b>Caso88</b>	1493,00	1680,18	806,11	1062,74	722,87	1387,45	1993,91

<b>Caso89</b>	1384,46	1738,47	900,46	1128,71	699,01	1220,29	1752,81
<b>Caso90</b>	1283,10	1781,40	1038,71	1219,47	657,72	1080,83	1554,64
<b>Caso91</b>	1339,38	1967,67	1027,28	1133,52	628,03	989,26	1497,50
<b>Caso92</b>	1343,38	1968,69	978,49	998,58	569,97	1020,55	1569,12
<b>Caso93</b>	1256,33	2005,44	1127,47	1074,19	537,83	880,35	1370,41
<b>Caso94</b>	1139,19	2038,65	1285,76	1143,81	513,75	767,82	1151,48
<b>Caso95</b>	1218,93	2299,60	1244,35	1036,35	475,04	702,91	1130,95
<b>Caso96</b>	1362,80	2624,10	1142,88	879,38	454,70	648,37	1182,42
<b>Caso97</b>	1423,87	2706,31	1060,62	808,36	435,66	630,36	1168,32
<b>Caso98</b>	1424,70	2745,26	1129,69	799,66	416,68	624,01	1176,28
<b>Caso99</b>	984,44	2654,36	1876,70	1060,93	391,68	471,12	706,49
<b>Caso100</b>	1088,67	3031,22	1728,29	891,80	372,42	436,11	694,37
<b>Caso101</b>	1107,90	3156,76	1626,99	822,08	347,20	402,37	663,46
<b>Caso102</b>	1110,49	3270,36	1733,70	811,89	344,52	390,01	649,60
<b>Caso103</b>	1040,26	3134,39	1888,87	874,27	344,07	395,07	635,06
<b>Caso104</b>	1031,55	3300,05	2186,10	963,81	374,21	409,97	619,93
<b>Caso105</b>	1007,47	3199,22	2321,93	1010,14	354,53	412,54	600,44
<b>Caso106</b>	935,06	3390,17	2175,32	887,00	323,38	342,20	507,64
<b>Caso107</b>	907,78	3297,74	2310,53	941,36	328,50	349,26	509,66
<b>Caso108</b>	930,92	3480,66	2585,10	994,05	345,37	362,28	528,35
<b>Caso109</b>	883,14	3389,71	2700,31	1032,03	330,25	369,22	512,86
<b>Caso110</b>	855,92	3310,79	2899,82	1077,83	321,87	385,96	533,11
<b>Caso111</b>	748,54	3220,72	3170,05	1115,14	321,12	363,19	479,21
<b>Caso112</b>	672,84	3107,56	3408,02	1156,88	311,44	353,60	451,99
<b>Caso113</b>	632,25	1718,07	2961,31	2041,96	505,22	519,66	561,01
<b>Caso114</b>	582,67	1929,62	3507,45	1897,22	443,66	446,71	493,48
<b>Caso115</b>	556,41	2227,61	4068,61	1753,04	372,97	394,43	439,29
<b>Caso116</b>	538,07	2523,65	4768,35	1650,45	330,49	340,69	393,64
<b>Caso117</b>	588,86	2698,11	4192,92	1517,80	342,52	349,89	422,08
<b>Caso118</b>	704,29	2792,51	3540,83	1443,63	354,47	387,43	481,88
<b>Caso119</b>	808,47	2932,25	3169,98	1312,66	376,91	399,58	510,27
<b>Caso120</b>	560,44	915,30	2046,19	2690,76	860,63	824,46	708,36
<b>Caso121</b>	559,31	974,54	2134,62	2632,51	792,15	726,54	638,58
<b>Caso122</b>	661,87	1277,45	2426,86	2531,20	717,09	713,28	676,35
<b>Caso123</b>	674,12	1531,96	2522,64	2142,61	615,51	617,11	635,51
<b>Caso124</b>	669,87	1731,36	2822,43	1945,98	513,27	552,04	598,65
<b>Caso125</b>	593,88	1880,03	3231,95	1860,33	439,21	471,48	522,02
<b>Caso126</b>	571,99	2103,89	3716,94	1763,00	383,57	389,73	447,20
<b>Caso127</b>	853,48	1204,86	1360,85	1939,63	881,97	1141,27	1186,77
<b>Caso128</b>	795,75	1145,71	1487,57	2070,01	915,10	1133,69	1127,49
<b>Caso129</b>	679,90	927,54	1587,83	2500,32	1073,39	1212,67	1058,22
<b>Caso130</b>	605,69	798,71	1713,17	2859,71	1112,46	1119,17	902,45
<b>Caso131</b>	573,44	797,25	1806,31	2920,39	1042,90	984,99	784,01
<b>Caso132</b>	653,71	1022,69	2134,42	2883,12	946,66	924,80	789,29
<b>Caso133</b>	683,48	1226,81	2225,57	2503,00	772,46	794,64	755,36
<b>Caso134</b>	758,12	850,96	1299,08	2432,75	1204,17	1399,85	1229,10
<b>Caso135</b>	805,47	904,94	1267,76	2300,80	1193,59	1471,94	1348,89

<b>Caso136</b>	866,37	1031,97	1238,35	2087,55	1103,41	1419,70	1382,19
<b>Caso137</b>	925,24	1053,07	1154,40	2026,30	1105,62	1441,48	1427,47
<b>Caso138</b>	953,63	1046,81	1090,68	1928,31	1079,55	1471,08	1483,87
<b>Caso139</b>	1050,55	1028,93	1021,17	1835,48	1126,93	1697,19	1789,31
<b>Caso140</b>	1051,05	1004,88	1024,09	1845,48	1151,42	1736,95	1828,25
<b>Caso141</b>	1350,95	1556,78	899,82	1366,11	839,44	1385,25	1800,32
<b>Caso142</b>	1409,22	1576,21	813,98	1239,81	813,21	1429,01	1927,45
<b>Caso143</b>	1589,59	1584,89	755,92	1118,47	845,65	1659,32	2345,16
<b>Caso144</b>	1463,03	1607,45	803,25	1115,37	769,20	1461,03	2054,30
<b>Caso145</b>	1321,57	1677,74	969,33	1209,55	715,21	1242,19	1717,86
<b>Caso146</b>	1163,85	1707,38	1156,76	1311,84	661,62	1015,64	1383,91
<b>Caso147</b>	1233,66	1959,16	1162,04	1190,95	602,57	889,27	1320,46
<b>Caso148</b>	1353,85	1861,61	951,99	1065,91	621,13	1113,26	1657,35
<b>Caso149</b>	1180,90	1873,20	1142,30	1148,92	569,08	925,62	1335,99
<b>Caso150</b>	1052,36	1938,52	1393,82	1259,12	529,43	760,55	1072,29
<b>Caso151</b>	1144,59	2264,88	1400,94	1119,21	486,76	663,98	1024,26
<b>Caso152</b>	1344,00	2714,85	1222,38	879,95	439,22	608,72	1072,52
<b>Caso153</b>	1462,73	2963,89	1104,15	767,36	412,07	582,48	1119,89
<b>Caso154</b>	1451,34	3005,35	1189,22	779,57	414,89	566,01	1115,55
<b>Caso155</b>	946,82	2520,91	1935,14	1140,70	404,03	487,33	701,73
<b>Caso156</b>	1101,10	3054,03	1780,03	938,24	387,01	446,10	695,62
<b>Caso157</b>	1163,14	3343,06	1632,17	806,01	360,36	406,72	690,32
<b>Caso158</b>	1155,15	3508,05	1749,11	780,68	341,50	383,62	658,08
<b>Caso159</b>	1087,81	3319,74	1946,72	866,12	359,01	396,55	632,97
<b>Caso160</b>	1071,66	3474,61	2326,05	950,57	369,73	406,99	622,41
<b>Caso161</b>	1002,67	3346,93	2570,58	1040,24	371,39	419,08	594,01
<b>Caso162</b>	1024,84	3608,55	2111,89	839,70	332,41	349,79	535,98
<b>Caso163</b>	964,89	3478,54	2288,92	888,74	329,05	352,02	524,96
<b>Caso164</b>	968,80	3686,56	2632,68	950,19	346,55	370,64	538,36
<b>Caso165</b>	913,08	3514,87	2865,37	1032,27	333,34	366,68	515,56
<b>Caso166</b>	800,57	3381,81	3172,07	1122,92	329,65	369,99	499,05
<b>Caso167</b>	697,56	3338,81	3731,04	1165,41	311,35	338,91	439,87
<b>Caso168</b>	627,00	3194,19	4105,00	1309,76	310,11	340,13	424,38

## ANEXO V

**Tabela 12 - Valores de tração máxima nas linhas de ancoragem para cada caso de carregamento após modificações no sistema de ancoragem**

	<b>Linha1</b>	<b>Linha2</b>	<b>Linha3</b>	<b>Linha4</b>	<b>Linha5</b>	<b>Linha6</b>	<b>Linha7</b>	<b>Linha8</b>
<b>Caso1</b>	1151,39	842,45	2128,13	1551,35	1830,83	775,86	715,34	988,67
<b>Caso2</b>	1167,11	861,42	2174,80	1575,84	1787,17	732,47	699,75	989,72
<b>Caso3</b>	1101,68	845,18	2235,55	1595,59	1663,00	676,40	650,44	932,06
<b>Caso4</b>	1092,29	859,71	2355,88	1659,05	1635,58	641,65	621,46	901,76
<b>Caso5</b>	1098,16	886,86	2461,64	1685,61	1558,76	598,27	589,04	874,43
<b>Caso6</b>	1175,41	926,29	2437,70	1640,12	1534,16	593,76	597,01	924,06
<b>Caso7</b>	1249,77	1006,43	2400,24	1577,48	1517,89	610,29	613,77	968,41
<b>Caso8</b>	1058,46	664,02	1768,58	1461,12	1953,34	822,23	767,69	1001,75
<b>Caso9</b>	1022,86	653,95	1749,04	1458,51	2002,62	825,72	731,36	943,29
<b>Caso10</b>	1078,26	750,78	1951,37	1634,86	2054,05	882,65	771,09	984,29
<b>Caso11</b>	1130,34	781,41	2034,66	1562,65	1949,75	847,86	755,94	1012,00
<b>Caso12</b>	1139,15	824,93	2090,72	1566,59	1848,89	802,89	743,11	1013,84
<b>Caso13</b>	1110,20	801,68	2120,18	1544,55	1729,31	721,16	697,12	975,31
<b>Caso14</b>	1106,79	821,00	2139,28	1569,71	1704,84	694,16	667,06	945,56
<b>Caso15</b>	1288,14	673,99	1485,73	1169,74	1871,41	963,80	968,21	1264,10
<b>Caso16</b>	1247,06	677,60	1571,95	1239,75	1915,50	969,84	983,66	1266,42
<b>Caso17</b>	1186,66	633,05	1516,33	1290,73	2003,81	1007,79	1001,49	1257,57
<b>Caso18</b>	1115,32	604,69	1475,84	1293,68	2105,77	993,76	947,02	1164,55
<b>Caso19</b>	1070,97	595,55	1448,31	1288,94	2128,71	973,18	886,80	1071,41
<b>Caso20</b>	1081,04	663,92	1633,15	1465,06	2255,24	1052,65	919,97	1093,48
<b>Caso21</b>	1139,91	699,52	1703,62	1464,56	2130,69	959,24	886,85	1104,01
<b>Caso22</b>	1219,10	575,19	1251,35	1135,65	2122,03	1181,92	1175,29	1363,09
<b>Caso23</b>	1250,53	584,91	1287,83	1143,35	2086,27	1180,47	1244,60	1431,65
<b>Caso24</b>	1305,43	615,25	1318,89	1119,31	2032,51	1155,66	1204,65	1454,18
<b>Caso25</b>	1355,73	615,17	1304,18	1072,39	1984,35	1166,61	1192,22	1451,44
<b>Caso26</b>	1386,29	605,74	1231,50	1035,54	1923,34	1115,77	1206,37	1488,57
<b>Caso27</b>	1,45	6,04	1,19	9,90	1,84	1,15	1,34	1,69
<b>Caso28</b>	1424,33	621,31	1244,36	1032,29	1849,45	1093,04	1280,86	1615,51
<b>Caso29</b>	1778,98	876,63	1421,84	905,40	1379,49	863,98	1060,38	1672,76
<b>Caso30</b>	1808,23	874,54	1370,26	869,34	1290,03	816,33	1041,20	1725,98
<b>Caso31</b>	1892,02	866,24	1311,11	829,85	1221,73	832,35	1169,67	1894,59
<b>Caso32</b>	1857,86	879,93	1402,06	882,94	1230,67	795,69	1072,42	1790,48
<b>Caso33</b>	1805,49	916,03	1499,83	946,77	1276,32	773,74	1008,55	1696,70
<b>Caso34</b>	1731,53	955,28	1588,84	1001,59	1319,04	753,41	933,90	1578,92
<b>Caso35</b>	1833,32	1062,84	1605,58	960,30	1269,09	725,36	885,85	1584,41
<b>Caso36</b>	1722,73	964,55	1700,12	1004,96	1186,05	687,35	905,24	1590,85
<b>Caso37</b>	1703,88	997,74	1752,08	1054,52	1224,84	680,12	861,23	1512,80
<b>Caso38</b>	1681,19	1044,26	1797,33	1073,98	1258,08	660,03	807,15	1420,30
<b>Caso39</b>	1833,87	1157,26	1800,62	991,21	1116,83	628,67	767,49	1500,76
<b>Caso40</b>	1967,77	1296,00	1790,24	914,70	988,44	582,82	729,84	1531,74
<b>Caso41</b>	1911,72	1225,64	1785,85	922,60	996,81	582,82	726,53	1490,48

<b>Caso42</b>	1885,05	1211,02	1884,96	1001,11	1021,34	583,75	744,65	1504,62
<b>Caso43</b>	1694,83	1292,59	2186,27	1162,80	1081,41	553,59	622,98	1257,27
<b>Caso44</b>	1799,88	1417,89	2251,54	1097,68	975,61	529,26	599,21	1256,66
<b>Caso45</b>	1701,01	1314,77	2206,39	1103,04	982,77	515,73	585,54	1207,48
<b>Caso46</b>	1654,99	1284,80	2301,79	1204,27	1033,78	516,74	586,01	1195,03
<b>Caso47</b>	1598,15	1283,34	2351,16	1258,27	1073,45	521,80	597,95	1184,44
<b>Caso48</b>	1637,89	1347,28	2487,15	1353,91	1138,20	529,04	609,44	1179,28
<b>Caso49</b>	1567,74	1284,08	2533,41	1363,30	1148,15	519,65	588,91	1114,38
<b>Caso50</b>	1522,29	1276,53	2447,68	1293,57	1055,77	496,86	544,94	1077,46
<b>Caso51</b>	1510,26	1274,79	2506,19	1355,66	1098,99	499,19	556,11	1082,99
<b>Caso52</b>	1541,14	1359,77	2614,34	1438,46	1145,92	512,83	568,91	1069,05
<b>Caso53</b>	1479,50	1305,81	2633,46	1452,68	1167,03	501,43	550,14	1026,93
<b>Caso54</b>	1378,36	1221,60	2647,64	1509,34	1161,04	488,76	560,40	1005,09
<b>Caso55</b>	1281,77	1173,49	2745,71	1565,75	1178,61	493,23	539,06	928,87
<b>Caso56</b>	1274,08	1132,50	2646,47	1562,66	1242,68	525,16	549,86	934,67
<b>Caso57</b>	990,80	787,06	2298,98	1892,96	2108,43	803,47	670,49	857,51
<b>Caso58</b>	1027,97	835,61	2447,03	1915,95	1998,17	763,82	660,24	858,51
<b>Caso59</b>	950,38	840,89	2579,78	1936,00	1886,42	663,68	598,62	795,14
<b>Caso60</b>	924,22	863,86	2808,88	2046,70	1809,22	607,35	542,03	743,61
<b>Caso61</b>	929,89	920,12	3017,97	2125,48	1777,67	566,43	514,46	721,54
<b>Caso62</b>	1073,84	1003,26	2933,50	2080,52	1642,62	548,62	547,07	793,28
<b>Caso63</b>	1177,56	1118,62	2893,04	1917,70	1594,44	562,68	553,75	855,10
<b>Caso64</b>	903,28	573,66	1735,02	1638,41	2447,55	997,02	837,63	939,82
<b>Caso65</b>	848,59	562,28	1699,76	1663,26	2512,00	966,44	768,53	842,70
<b>Caso66</b>	942,59	672,63	1979,94	1842,47	2509,93	982,19	795,32	895,68
<b>Caso67</b>	1007,41	751,27	2122,42	1874,24	2328,11	906,49	768,06	930,08
<b>Caso68</b>	1041,53	764,63	2223,01	1818,03	2103,53	842,65	726,38	913,19
<b>Caso69</b>	1001,95	782,54	2319,31	1802,75	1936,45	744,99	664,57	856,46
<b>Caso70</b>	993,45	802,83	2484,14	1878,98	1874,24	693,46	624,78	833,44
<b>Caso71</b>	1268,63	607,86	1377,79	1175,83	2119,49	1157,11	1144,38	1359,62
<b>Caso72</b>	1210,44	619,24	1431,74	1259,81	2179,81	1151,40	1130,50	1321,53
<b>Caso73</b>	1081,03	558,65	1366,42	1313,03	2395,09	1238,30	1169,25	1271,01
<b>Caso74</b>	985,64	524,56	1300,46	1360,09	2558,54	1259,90	1120,38	1150,19
<b>Caso75</b>	914,71	511,15	1304,74	1403,21	2710,00	1246,22	1028,91	1029,74
<b>Caso76</b>	1027,69	645,66	1549,97	1663,03	2867,61	1267,56	1040,28	1062,58
<b>Caso77</b>	1039,51	648,84	1680,34	1625,85	2626,27	1143,31	965,54	1063,87
<b>Caso78</b>	1114,40	482,33	992,31	1128,89	2799,23	1638,51	1541,41	1471,90
<b>Caso79</b>	1200,84	498,43	1025,79	1098,28	2632,49	1629,88	1605,89	1593,63
<b>Caso80</b>	1319,85	547,64	1108,86	1105,53	2437,18	1536,64	1570,27	1647,65
<b>Caso81</b>	1387,38	548,89	1059,79	1025,63	2390,65	1539,04	1570,76	1673,21
<b>Caso82</b>	1407,66	532,32	996,93	962,50	2249,39	1515,50	1603,95	1763,68
<b>Caso83</b>	1518,85	521,99	932,44	872,54	2145,88	1519,24	1786,05	2029,79
<b>Caso84</b>	1511,26	533,48	945,91	908,60	2200,93	1590,48	1823,42	1998,55
<b>Caso85</b>	1951,23	893,13	1251,70	801,21	1348,49	942,97	1249,12	1968,84
<b>Caso86</b>	2023,16	889,00	1206,29	759,47	1256,35	919,80	1269,20	2058,50
<b>Caso87</b>	2187,14	848,99	1127,12	708,62	1164,58	941,22	1394,29	2287,88
<b>Caso88</b>	2075,77	894,64	1261,48	793,77	1174,95	885,40	1261,42	2071,45

<b>Caso89</b>	1935,83	920,49	1370,65	863,13	1259,96	831,39	1107,56	1867,04
<b>Caso90</b>	1860,34	973,89	1516,21	948,97	1290,93	788,61	1005,86	1723,18
<b>Caso91</b>	2040,14	1133,63	1557,71	887,34	1123,08	727,21	942,62	1753,30
<b>Caso92</b>	1978,85	1023,75	1585,16	875,62	1077,97	713,43	1018,46	1843,19
<b>Caso93</b>	1908,36	1076,35	1699,00	959,85	1136,86	690,73	911,20	1694,02
<b>Caso94</b>	1841,62	1145,07	1797,07	1019,76	1146,17	653,90	808,62	1550,89
<b>Caso95</b>	2120,05	1365,96	1792,27	895,26	942,01	586,29	774,85	1681,28
<b>Caso96</b>	2377,92	1581,71	1856,75	812,95	801,89	544,77	750,75	1755,38
<b>Caso97</b>	2327,02	1547,33	1835,05	804,09	791,50	532,11	744,70	1746,35
<b>Caso98</b>	2285,97	1501,30	1979,18	901,62	827,71	533,78	761,69	1728,72
<b>Caso99</b>	1829,50	1576,57	2477,10	1157,06	912,09	492,41	564,09	1237,46
<b>Caso100</b>	2028,31	1790,49	2504,79	1041,35	793,86	469,80	535,66	1273,10
<b>Caso101</b>	1981,68	1711,03	2501,67	1054,21	792,47	442,19	523,85	1242,41
<b>Caso102</b>	1889,82	1642,55	2601,73	1182,81	842,81	457,00	532,56	1240,95
<b>Caso103</b>	1794,49	1602,90	2667,86	1260,83	908,14	459,50	537,01	1195,09
<b>Caso104</b>	1820,24	1732,91	2924,31	1412,65	972,05	472,98	557,28	1179,49
<b>Caso105</b>	1729,15	1653,50	3010,21	1483,65	993,94	458,30	549,13	1101,11
<b>Caso106</b>	1684,60	1594,20	2767,63	1318,16	920,65	448,67	495,52	1068,36
<b>Caso107</b>	1611,30	1551,50	2832,52	1408,97	966,98	457,24	508,44	1065,97
<b>Caso108</b>	1657,65	1687,75	3134,97	1560,90	1035,28	467,29	523,78	1059,43
<b>Caso109</b>	1564,01	1607,44	3195,88	1623,65	1058,95	448,89	522,23	983,46
<b>Caso110</b>	1395,68	1487,18	3289,21	1748,16	1079,64	432,53	511,53	947,15
<b>Caso111</b>	1267,45	1401,53	3426,88	1826,47	1145,93	460,25	489,51	834,52
<b>Caso112</b>	1230,95	1278,73	3221,00	1805,48	1230,60	490,86	500,35	834,14
<b>Caso113</b>	971,51	770,42	2292,11	2003,26	2358,83	875,62	723,46	868,02
<b>Caso114</b>	967,93	819,31	2494,77	2022,72	2131,30	782,68	661,81	834,78
<b>Caso115</b>	951,02	863,70	2750,83	2114,47	1954,86	690,26	596,66	771,82
<b>Caso116</b>	930,35	927,58	3124,23	2253,01	1838,63	614,10	546,90	721,61
<b>Caso117</b>	924,28	1022,64	3443,90	2367,20	1711,32	543,43	490,23	669,27
<b>Caso118</b>	1071,23	1088,24	3181,79	2168,64	1618,55	530,83	537,34	781,52
<b>Caso119</b>	1299,12	1284,92	3135,19	1985,29	1479,57	544,70	548,55	869,64
<b>Caso120</b>	847,85	521,70	1565,21	1686,09	2873,07	1175,08	916,18	919,61
<b>Caso121</b>	770,63	520,50	1604,64	1755,76	3050,07	1171,72	843,52	818,52
<b>Caso122</b>	913,02	682,12	1934,12	1967,73	2943,98	1106,31	857,26	889,88
<b>Caso123</b>	961,38	710,95	2120,61	1969,79	2546,78	986,13	777,96	882,68
<b>Caso124</b>	1019,68	791,52	2287,42	1945,98	2229,68	859,98	758,69	905,08
<b>Caso125</b>	960,57	815,46	2553,86	2011,84	2047,01	748,87	660,19	836,92
<b>Caso126</b>	945,81	851,18	2734,13	2092,97	1920,00	660,77	582,58	766,09
<b>Caso127</b>	1312,85	612,45	1320,10	1160,37	2098,82	1186,30	1211,46	1435,46
<b>Caso128</b>	1235,10	608,98	1389,79	1244,34	2234,61	1226,73	1188,43	1368,68
<b>Caso129</b>	1046,85	533,11	1289,31	1350,54	2639,28	1377,14	1276,43	1283,67
<b>Caso130</b>	909,39	496,03	1262,03	1445,62	3021,55	1426,58	1194,16	1126,44
<b>Caso131</b>	831,43	479,32	1286,24	1516,73	3174,49	1416,09	1067,61	978,86
<b>Caso132</b>	915,14	599,58	1571,11	1775,06	3217,28	1339,70	1055,99	1006,78
<b>Caso133</b>	975,17	658,64	1728,71	1803,51	2862,23	1157,41	953,86	995,95
<b>Caso134</b>	1121,75	509,60	1089,49	1163,43	2599,19	1497,83	1405,59	1402,10
<b>Caso135</b>	1202,27	527,13	1115,69	1128,23	2470,99	1473,13	1454,95	1510,56

<b>Caso136</b>	1305,06	561,14	1163,51	1089,38	2260,42	1368,22	1408,16	1555,95
<b>Caso137</b>	1371,73	566,53	1145,41	1020,80	2185,13	1389,37	1421,38	1597,96
<b>Caso138</b>	1405,46	555,87	1074,86	965,87	2077,88	1338,93	1435,47	1657,97
<b>Caso139</b>	1534,55	556,91	1022,65	912,45	2011,09	1390,12	1647,19	1972,05
<b>Caso140</b>	1502,24	559,85	1047,44	955,67	2054,96	1433,10	1635,66	1910,88
<b>Caso141</b>	1926,19	806,32	1208,72	809,80	1460,78	1037,18	1331,99	1983,67
<b>Caso142</b>	2007,83	826,95	1166,39	744,30	1330,98	988,41	1342,26	2100,56
<b>Caso143</b>	2223,04	800,65	1075,37	716,65	1249,18	997,59	1543,72	2431,33
<b>Caso144</b>	2017,81	851,71	1231,84	786,87	1269,31	929,55	1317,12	2101,03
<b>Caso145</b>	1844,86	888,32	1426,51	932,18	1356,75	863,61	1125,38	1816,70
<b>Caso146</b>	1682,29	932,20	1658,50	1051,32	1411,30	803,19	950,11	1536,99
<b>Caso147</b>	1953,47	1158,37	1704,23	950,50	1148,40	701,47	865,94	1636,80
<b>Caso148</b>	1925,22	964,45	1504,38	883,75	1177,23	768,63	1078,29	1855,16
<b>Caso149</b>	1757,21	993,09	1668,65	1006,15	1249,95	723,43	921,37	1592,31
<b>Caso150</b>	1658,94	1077,30	1858,42	1117,74	1272,44	668,52	793,26	1398,05
<b>Caso151</b>	2057,02	1391,07	1938,97	956,70	972,77	592,69	745,94	1571,51
<b>Caso152</b>	2449,39	1731,84	1960,68	819,79	766,38	538,37	711,60	1732,67
<b>Caso153</b>	2462,21	1713,95	1975,07	825,80	738,04	502,24	722,57	1773,99
<b>Caso154</b>	2308,56	1641,17	2117,19	926,28	801,67	520,81	724,92	1700,04
<b>Caso155</b>	1846,16	1539,01	2454,15	1181,08	945,98	503,63	572,79	1253,60
<b>Caso156</b>	2181,39	1914,02	2529,20	1026,06	772,55	478,48	550,20	1338,01
<b>Caso157</b>	2119,49	1843,24	2536,78	1023,05	771,08	467,79	541,61	1333,44
<b>Caso158</b>	1946,64	1738,78	2644,72	1193,55	806,47	450,49	529,10	1273,10
<b>Caso159</b>	1820,57	1662,81	2730,24	1285,34	929,30	480,60	552,80	1219,85
<b>Caso160</b>	1835,46	1779,18	3040,16	1477,60	1002,47	490,53	571,74	1160,19
<b>Caso161</b>	1699,25	1731,32	3219,31	1569,75	1041,88	485,55	554,31	1058,16
<b>Caso162</b>	1792,98	1727,04	2807,75	1287,31	895,54	463,15	511,58	1133,08
<b>Caso163</b>	1687,13	1630,70	2870,67	1391,15	950,15	457,59	519,39	1089,59
<b>Caso164</b>	1649,24	1725,74	3203,76	1531,56	1033,85	473,19	533,50	1055,60
<b>Caso165</b>	1591,25	1685,91	3385,85	1735,87	1079,79	451,65	506,58	945,42
<b>Caso166</b>	1320,72	1481,60	3507,93	1867,14	1119,37	437,32	501,62	858,77
<b>Caso167</b>	1157,05	1412,33	3877,17	2102,45	1211,33	445,69	479,18	759,39
<b>Caso168</b>	1160,54	1284,29	3490,28	2030,59	1320,12	499,41	488,15	763,69