

**PARA:**

Mariana Duarte  
Rodrigo Cavalli

**COPIA:**

Flávia Costa

HISTÓRICO DAS REVISÕES				
REV.	DATA	ELABORADO	VERIFICADO	APROVADO
1	30/01/2024	PGS	NSI	CFS
	PRINCIPAIS MUDANÇAS			
	Primeira Emissão			

<b>TÍTULO:</b>	<b>ESTUDO DE CVD DE 1ª EXTREMIDADE DA LINHA GL NO POÇO 3-RJS-688 (P-MOD5-4) AO FPSO ALMIRANTE BARROSO</b>
----------------	---

**ÍNDICE**

1	INTRODUÇÃO.....	2
1.1	Objetivo.....	2
1.2	Abreviações .....	2
1.3	Referências .....	2
2	PREMISSAS DE CÁLCULO .....	3
2.1	Hipóteses e Metodologia .....	3
2.2	Critério de Aceitação .....	3
3	RESULTADOS .....	5
3.1	Instalação do MCV .....	5
3.1.1	Alinhamento e verticalização do MCV .....	5
3.1.2	Heave up .....	6
3.1.3	Toque da linha no solo após conexão .....	6
4	CONCLUSÕES.....	7
5	ANEXO.....	8
6	RESUMO.....	9

## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 Objetivo**

O presente documento tem por objetivo realizar um estudo de CVD de primeira extremidade no poço 3-RJS-688 (P-MOD5-4) em uma lâmina d'água de 1861m, a ser realizada pela embarcação Skandi 300t no campo Búzios V, para avaliar a necessidade do uso de boias e/ou peso morto durante o procedimento de modo a verticalizar o MCV e cumprir o critério de heave up.

As análises são realizadas utilizando o programa de elementos finitos para análises de instalação, ORCAFLEX versão 11.2b.

### **1.2 Abreviações**

<b>CVD</b>	: Conexão Vertical Direta
<b>MCV</b>	: Módulo de Conexão Vertical
<b>TDP</b>	: Touch Down Point
<b>MBR</b>	: Minimum Bending Radius
<b>te</b>	: Toneladas
<b>Skandi 300t</b>	: Skandi Olinda ou Skandi Recife

### **1.3 Referências**

<b>Ref</b>	<b>Documento</b>	<b>Rev</b>	<b>Título</b>
[1]	RL-3A36.05-1500-94G-R1N-006	0	DUTO DE GAS LIFT DO POÇO 3-RJS-688 AO FPSO ALMIRANTE BARROSO
[2]	RT-2604	0	CVD de 1ª GL 3-RJS-688 FPSO Almirante Barroso

## 2 PREMISSAS DE CÁLCULO

### 2.1 Hipóteses e Metodologia

A metodologia utilizada no estudo visa dispor o cabo ligado à manilha do MCV e o flexível de maneira que o MCV e o hub estejam alinhados, com o desvio do MCV em relação à vertical dentro da tolerância especificada, que é condição necessária para a conexão vertical.

Após o MCV ser assentado, o ponto de conexão do flexível com o navio é suspenso, inicialmente 2,5 metros em 2,15 segundos, para assegurar que não há travamento da vértebra. Caso necessário, esse deslocamento pode ser reduzido. Nesse caso o comprimento de flexível usado para verticalizar o MCV é mantido. Essa etapa é para simular um deslocamento vertical do navio logo após o MCV ser assentado no hub.

As seguintes hipóteses foram assumidas:

- A análise realizada é dinâmica, porém não são considerados efeitos de corrente, ondas e vento;
- Apenas boias encontradas a bordo são consideradas como remediação para possíveis problemas na configuração da instalação;
- A distância horizontal entre o ponto de conexão do cabo de sustentação do MCV e o ponto de conexão do flexível com o tensionador foi assumida em 25m;
- O centro de empuxo é considerado na mesma posição do centro de gravidade do MCV;
- A linha é considerada cheia de água;
- Foi considerada a rigidez à flexão nas condições de temperatura e pressão da instalação e anular alagado.

### 2.2 Dados de Referência

Item	Descrição
Estrutura	WSI 101.2511-RD-4042-X Rev. 1
Vértebra	CB-BR1012509-00-01 Rev. 5
Conector	CB-EF1012511-00-01 Rev. 5
MCV	SK-130685-27 / OneSubsea
Lâmina d'água	1861 m

### 2.3 Critério de Aceitação

Nas configurações estudadas os parâmetros da Tabela 2.1 são avaliados em relação aos limites informados.

**Tabela 2.1 – Parâmetros de aceitação da configuração**

<b>Parâmetros</b>	<b>Ref</b>	<b>Valor Limite</b>	<b>Unidade</b>
Inclinação do MCV em relação à vertical	[-]	±0,50	graus
Distância mínima do flexível ao solo	[-]	0,50	m
Distância do flange do MCV ao leito marinho	[1]	4,50	m
Raio de travamento da vértebra	[1]	2,35	m
Raio de curvatura mínimo da linha	[1]	1,10	m
Momento fletor máximo na vértebra	[1]	27,00	kN.m
Força cortante máxima na vértebra	[1]	23,80	kN

De acordo com o documento ET-3000.00-1500-951-PMU-001 - revisão F, algumas observações se aplicam:

- (1) No caso de estudos para MCVs de umbilicais, a aprovação da análise depende apenas dos parâmetros descritos acima, não incluindo os esforços (momento/tração/cortante) como critérios de aceitação;
- (2) No caso de linhas de fluxo, os carregamentos devem ser gerados obedecendo o mesmo sistema de referência do relatório de cargas e comparados individualmente em módulo (i.e. tração com tração, cortante com cortante e momento com momento).

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Instalação do MCV

Para a instalação do MCV com as boias mostradas na Tabela 3.1, os resultados da análise de alinhamento e verticalização do MCV são mostrados no item 3.1.1 e o do heave up no item 3.1.2.

**Tabela 3.1 – Posicionamento das boias**

<b>Empuxo [kg]</b>	<b>Posição em relação ao flange do MCV [m]</b>
1594 (1213 + 381)	3
381	7,5

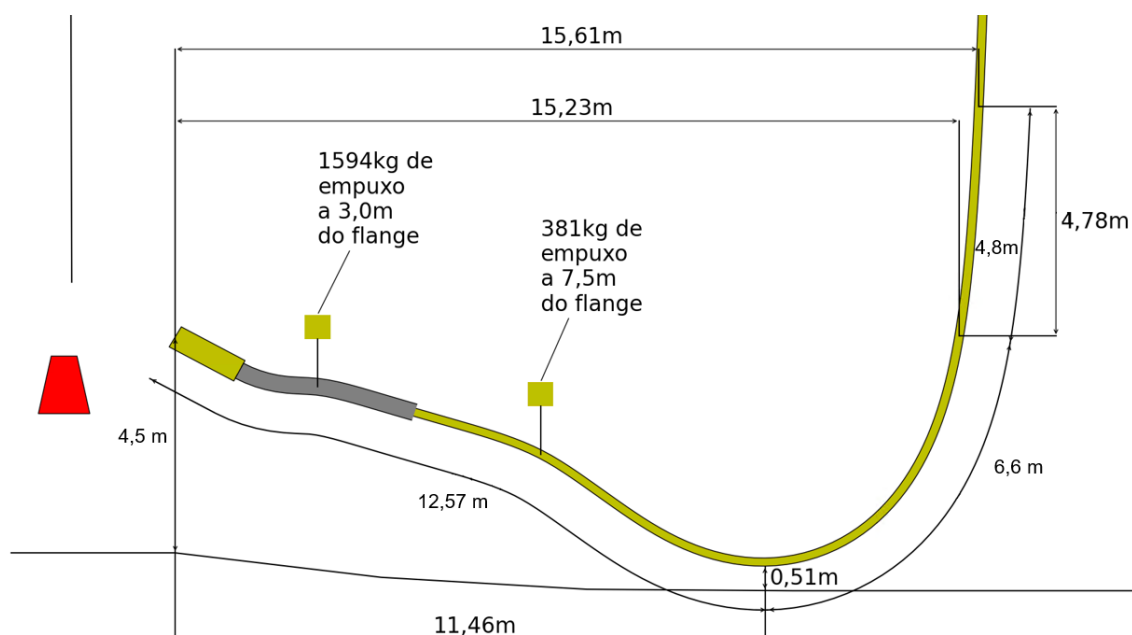
##### 3.1.1 Alinhamento e verticalização do MCV

Os resultados da configuração que mantém o MCV verticalizado e alinhado são mostrados na Tabela 3.2. A Figura 3.1 apresenta a configuração do CVD de 1ª extremidade.

**Tabela 3.2 – Resultados estáticos para alinhamento e verticalização**

<b>Distância do flange do MCV ao solo [m]</b>	<b>Distância mínima da linha ao solo [m]</b>	<b>Inclinação do MCV [graus]</b>	<b>MBR Linha [m]</b>	<b>MBR Vértebra [m]</b>	<b>Momento Fletor Max. na Vértebra [kN.m]</b>	<b>Força Cortante Máx na Vértebra [kN]</b>
4,50	0,51	-0,39	2,34	2,35*	7,56	9,00

\*Vértebra travada



**Figura 3.1 – Configuração da CVD de 1ª extremidade. Comprimento do ponto no seio da configuração até ao flange do goose neck e comprimento do ponto na altura do flange do goose neck até o seio.**

**3.1.2 Heave up**

Nesse caso o MCV é fixado no hub e o ponto de conexão do flexível com o navio é suspenso 1,8 metros em 2,15 segundos, mantendo o comprimento de flexível utilizado para verticalizar e alinhar o MCV. Os resultados são apresentados na Tabela 3.3 e na Tabela 3.4.

**Tabela 3.3 – Resultados para análise de heave up**

<b>Heave up</b>	<b>MBR Linha</b>	<b>MBR Vértebra</b>	<b>Momento Fletor Máx na Vértebra</b>	<b>Força Cortante Max. na Vértebra</b>
<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>[m]</b>	<b>[kN.m]</b>	<b>[kN]</b>
1,80	2,28	2,35*	11,14	11,14

\*Vértebra travada

**Tabela 3.4 – Esforços no flange do goose neck do MCV da análise do heave up**

<b>Momento Fletor</b>	<b>Momento Fletor [kN.m]</b>	<b>Tração [kN]</b>	<b>Força Cortante [kN]</b>
<b>Máximo</b>	20,99	1,74	0,24
<b>Mínimo</b>	7,81	-2,41	-4,81

**3.1.3 Toque da linha no solo após conexão**

Nesse caso o MCV é fixado no hub e o ponto de conexão do flexível com o navio é pago até que a linha toque no solo, mantendo o comprimento de flexível utilizado para verticalizar e alinhar o MCV. Os resultados dos esforços da interface do MCV com o duto são apresentados na

Tabela 3.5.

**Tabela 3.5 – Esforços no MCV no momento em que a linha toca no solo**

<b>Momento Fletor [kN.m]</b>	<b>Tração [kN]</b>	<b>Força Cortante [kN]</b>
15,53	0,95	-1,56


## 4 CONCLUSÕES

A Tabela 4.1 sumariza os resultados da operação de conexão vertical direta de 1ª extremidade.

**Conclui-se que é necessário instalar 1594kg de empuxo a 3m, 381kg de empuxo a 7,5m, do flange, conforme Tabela 3.1, de forma a verticalizar o MCV e cumprir o critério de heave up que deverá nesse caso ser reduzido para 1,8m.**

O estudo apresenta travamento da vértebra, porém o momento fletor máximo na mesma não ultrapassa o admissível.

**Os esforços calculados deste estudo estão aprovados a partir do ábaco** (Figura 4.1)

 <b>PETROBRAS</b>	Poço	3-RJS-688 (P-MOD5-4)	
	Tipo de MCV	MCVA	
	RL de referência	RL-3A36.05-1500-94G-R1N-006	
	Data	22-jan-24	
	TAG		
	Execução	PGS	
	Verificação	NSI	
	Aprovação		
Caso de carregamento	Esforço	Valor	Status
CVD 2a - Topo	Tração (Fx) [kN]		APROVADO
CVD 1a - MCV no Hub com linha suspensa (Caso 3i - Flutuadores) A	Tração (Fx)	1,74	APROVADO
	Força Cortante (Fz)	0,24	
	Momento Fletor (My)	20,99	
CVD 1a - MCV no Hub com linha suspensa (Caso 3i - Flutuadores) B	Tração (Fx)	-2,41	APROVADO
	Força Cortante (Fz)	-4,81	
	Momento Fletor (My)	7,81	
CVD 1ª - MCV no Hub (Caso 3ii - Flutuadores) A	Tração (Fx)	0,95	APROVADO
	Força Cortante (Fz)	-1,56	
	Momento Fletor (My)	15,53	

**Figura 4.1 – Resultados do ábaco / Resultados do momento equivalente**

**Tabela 4.1 – Tabela de comparação entre os valores encontrados e os limites**

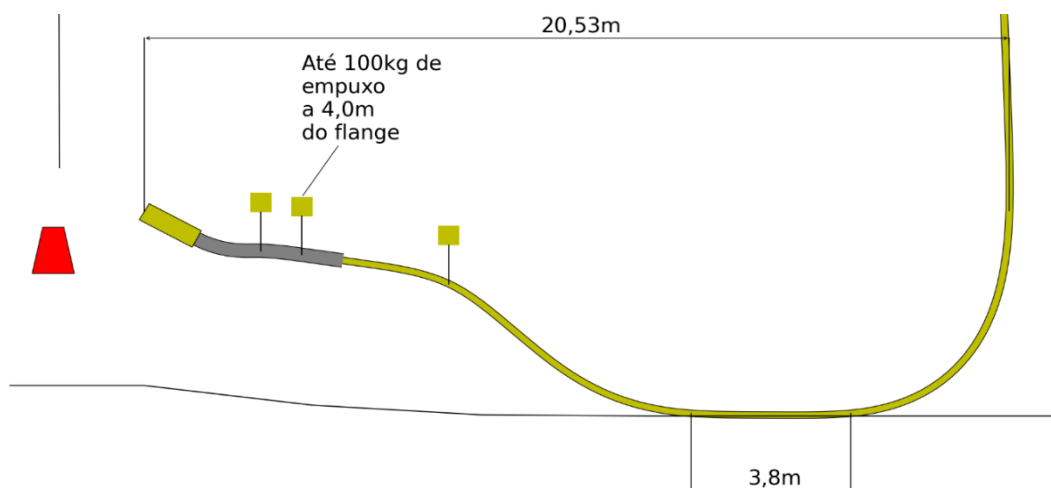
Seção	Parâmetros	Valor encontrado	Valor Limite	Unidade
3.1.1	Inclinação em relação à vertical	-0,39	±0,50	graus
3.1.1	Distância mínima do flexível ao solo	0,51	0,50	m
3.1.1	Distância do flange do MCV ao leito marinho	4,50	4,50	m
3.1.2	Raio de curvatura mínimo da linha/vértebra	2,28 / 2,35*	1,10 / 2,35	m
3.1.2	Momento fletor máximo na vértebra	11,14	27,00	kN.m
3.1.2	Força cortante máxima na vértebra	11,14	23,80	kN

\*Vértebra travada

## 5 ANEXO

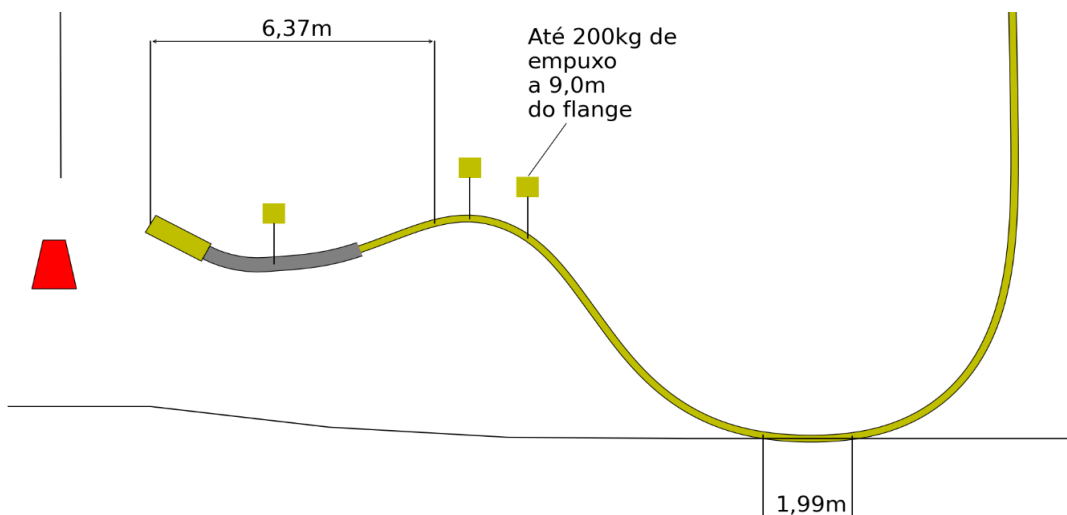
Esse anexo apresenta uma contingência para o caso em que o MCV se encontra acoplado no hub, porém não está travado. A ideia é, com o MCV fixo no modelo, pagar linha até que esteja um comprimento lançado no solo e então adicionar boias para a verticalização do MCV sem ação da catenária.

A primeira opção seria acrescentar até 100kg de empuxo, afastado 4m do flange do MCV para que o valor do momento fletor máximo admissível no flange não seja atingido. O raio mínimo na vértebra nessa condição é de 2,35m e o da linha é de 2,34m. O momento fletor obtido nessa condição é de 18,68kN.m no flange e 10,36kN.m na vértebra. A força cortante é de 10,76kN na vértebra. A Figura 5.1 apresenta essa configuração.



**Figura 5.1 – Configuração do caso de contingência – 1ª opção**

A segunda opção seria acrescentar até 200kg de empuxo, afastado 9m do flange do MCV para que o valor do momento fletor máximo admissível no flange não seja atingido. O raio mínimo na vértebra nessa condição é de 2,35m e o da linha é de 1,99m. O momento fletor obtido nessa condição é de 20,77kN.m no flange e 12,43kN.m na vértebra. A força cortante é de 11,31kN na vértebra. A Figura 5.2 apresenta essa configuração.



**Figura 5.2 – Configuração do caso de contingência – 2ª opção**

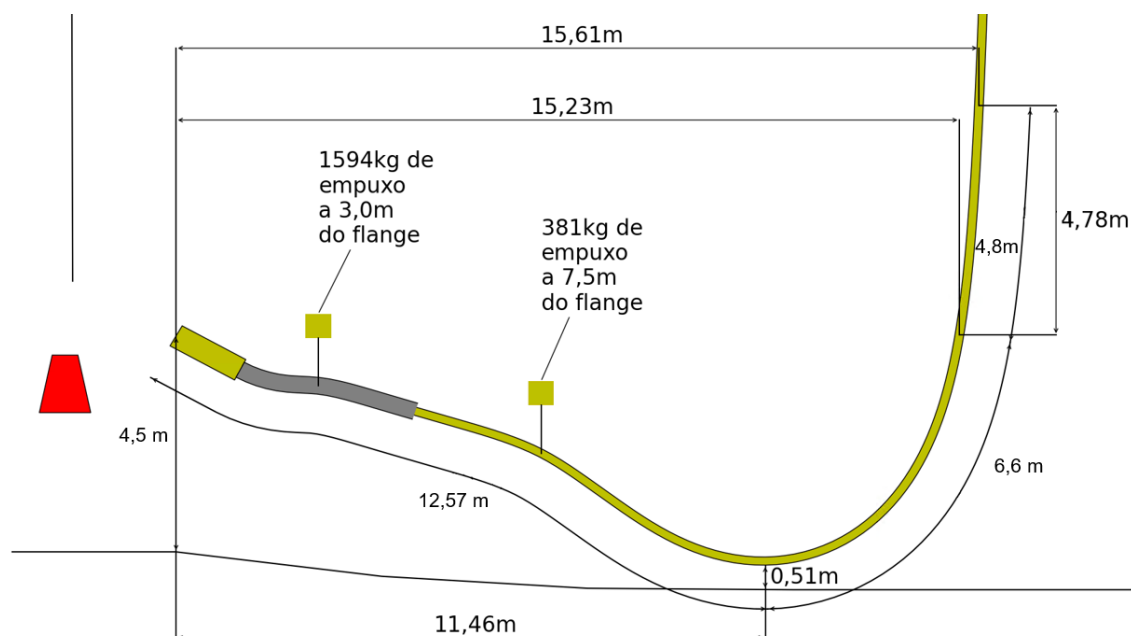


## 6 RESUMO

CVD de primeira extremidade no poço 3-RJS-688 (P-MOD5-4) em uma lâmina d'água de 1861m.

**Tabela 6.1 – Heave Up**

Heave up [m]
1,8



**Figura 6.1 – Configuração de Verticalização**

**Tabela 6.2 – Configurações de Contingência**

Contingência	Empuxo limite [kg]	Distância ao flange [m]
1	100	4,0
2	200	9,0

**FIM DO DOCUMENTO**