

**PARA:**

Tiago Miguel Silva  
André Melo Paulo

**COPIA:**

Adalberto Silva

HISTÓRICO DAS REVISÕES				
REV.	DATA	ELABORADO	VERIFICADO	APROVADO
1	06/06/2024	DTW	CME	CFS
	PRINCIPAIS MUDANÇAS			
	Primeira Emissão			

<b>TÍTULO:</b>	<b>ESTUDO DE CVD DE 1ª EXTREMIDADE DA LINHA IG NO MANIFOLD MSIAG-FC-011</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 .....	4
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 da linha de IG no MSIAG-FC-011 em uma lâmina d'água de 2176m, a ser realizada pela embarcação Skandi Búzios no campo Lula, 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 11.3.

### **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

### **1.3 Referências**

<b>Ref</b>	<b>Documento</b>	<b>Rev</b>	<b>Título</b>
[1]	RL-3A00.00-1500-94G-R1N-001	0	DUTO DE INJEÇÃO DE GÁS DO MSIAG-02 À P-66 – ANÁLISE DE ESFORÇOS EM EQUIP. SUB. (MCV)
[2]	RT-2885	0	CVD de 1ª da linha de IG no manifold MSIAG-02(FC-11)

## **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;
- A linha é considerada cheia de água;
- Foi considerada a rigidez à flexão nas condições de temperatura e pressão da instalação. e anular alagado
- 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;

### **2.2 Dados de Referência**

<b>Item</b>	<b>Descrição</b>
Estrutura	WSI 152.2553-RD-4042-6 Rev. 1
Vértebra	CB-BR1522553-00-01 Rev. 1
Conector	CB-EF1522540-00-05 Rev. 4
MCV	P7000051394 / DU700164510 Rev. C / Technipfmc
Lâmina d'água	2176 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**

Parâmetros	Ref	Valor Limite	Unidade
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]	4,14	m
Raio de curvatura mínimo da linha	[1]	2,40	m
Momento fletor máximo na vértebra	[1]	70,00	kN.m
Força cortante máxima na vértebra	[1]	34,00	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**

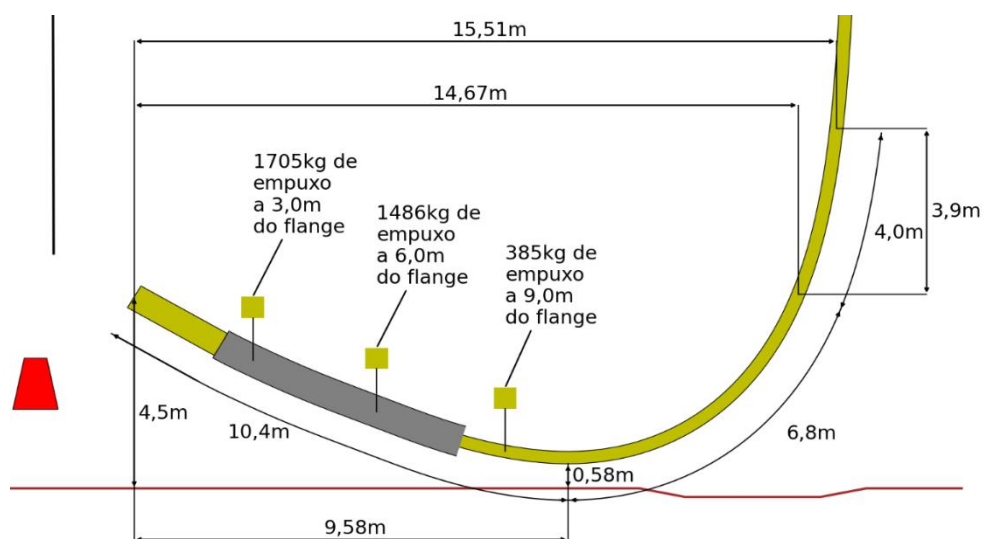
Empuxo [kg]	Posição em relação ao flange do MCV [m]
1320 + 385	3
760 + 726	6
385	9

##### 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**

Distância do flange do MCV ao solo [m]	Distância mínima da linha ao solo [m]	Inclinação do MCV [graus]	MBR Linha [m]	MBR Vértebra [m]
4,50	0,58	0,36	4,85	7,12



**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 2,5 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>
2,50	4,13	4,14*	13,91	17,35

\*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>	40,01	2,43	-2,69
<b>Mínimo</b>	-6,17	9,20	-13,75

**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>
-0,23	7,54	-11,76


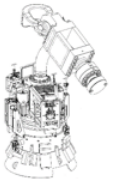
## 4 CONCLUSÕES

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

**Conclui-se que é necessário instalar 1705kg de empuxo a 3m, 1486kg de empuxo a 6m, 385kg de empuxo a 9m**, do flange, conforme Tabela 3.1, de forma a verticalizar o MCV e cumprir o critério de heave up.

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)

 		Poço	MSIAG-FC-011	Parecer Final
		Tipo de MCV	Injeção	aprovado
		RL de referência	RL-3A00.00-1500-94G-R1N-001	
		Data	06/06/24	
		TAG	P7000051394	
		Execução	DTW	Revisão da Planilha
		Verificação	CME	
		Aprovação	CFS	0
Análise Estrutural - MCV P7000051394 (Manifold Pré-Sal)				
Índice	Caso de Carregamento	Esforço	Valor (input)	Resultado Final
1	CVD 2ª - Topo (Caso 1)	Tração	kN	-
2	CVD 1ª - MCV no hub com linha suspensa (Caso 3i - Flutuador/peso morto)	Tração (F <sub>x</sub> )	2,43 kN	aprovado
		Cortante (F <sub>z</sub> )	-2,69 kN	
		Momento fletor (M <sub>y</sub> )	40,01 kN.m	
		Tração (F <sub>x</sub> )	9,20 kN	aprovado
		Cortante (F <sub>z</sub> )	-13,75 kN	
		Momento fletor (M <sub>y</sub> )	-6,17 kN.m	
3	CVD 1ª - MCV no hub (Caso 3ii - Flutuador/peso morto)	Tração (F <sub>x</sub> )	7,54 kN	aprovado
		Cortante (F <sub>z</sub> )	-11,76 kN	
		Momento fletor (M <sub>y</sub> )	-0,23 kN.m	
		Tração (F <sub>x</sub> )	kN	-
		Cortante (F <sub>z</sub> )	kN	
		Momento fletor (M <sub>y</sub> )	kN.m	

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

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

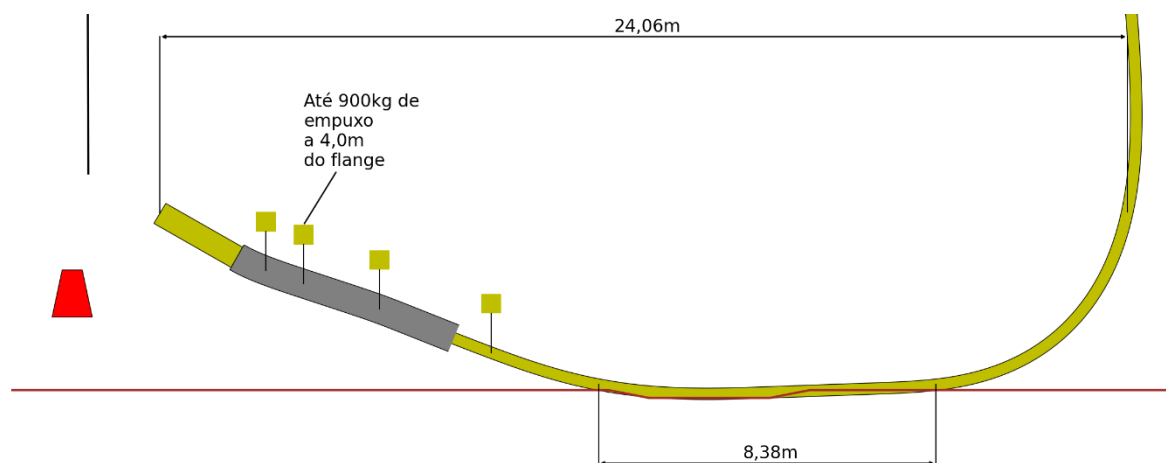
Seção	Parâmetros	Valor encontrado	Valor Limite	Unidade
3.1.1	Inclinação em relação à vertical	0,36	±0,50	graus
3.1.1	Distância mínima do flexível ao solo	0,58	0,50	m
3.1.1	Distância do flange do MCV ao leito marinho	4,50	4,50	m
3.1.2	Raio de curvatura mínimo da linha/vértebra	4,13 / 4,14*	2,40 / 4,14	m
3.1.2	Momento fletor máximo na vértebra	13,91	70,00	kN.m
3.1.2	Força cortante máxima na vértebra	17,35	34,00	kN

\*Vértebra travada

## 5 ANEXO

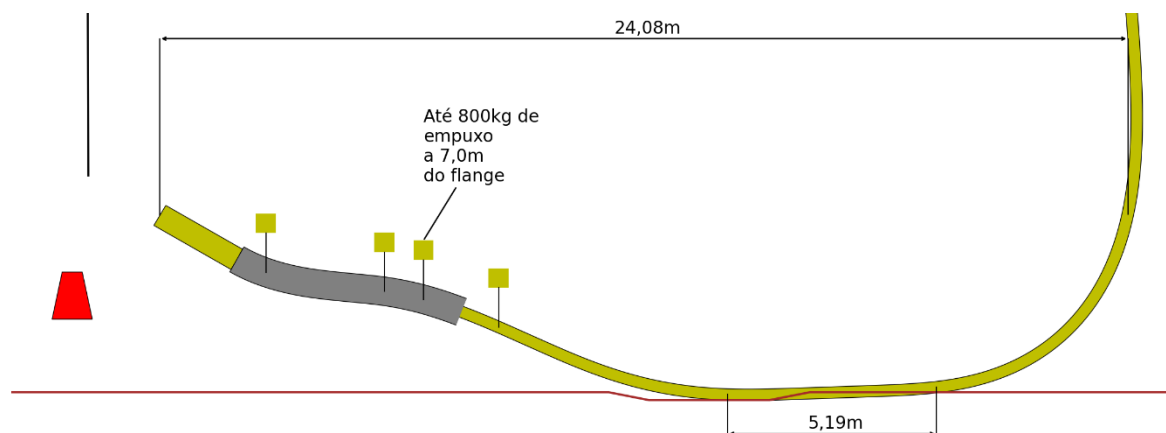
Esse anexo apresenta uma contingência para o caso em que o MCV se encontra acoplado no hub, porém não está travado. A ideia é, com o MCV fixo no modelo, pagar linha até que esteja um comprimento lançado no solo e então adicionar boias para a verticalização do MCV sem ação da catenária.

A primeira opção seria acrescentar até 900kg de empuxo, afastado 4m do flange do MCV. O raio mínimo na vértebra nessa condição é de 4,14m e o da linha é de 4,13m. O momento fletor obtido nessa condição é de 37,17kN.m no flange e 5,06kN.m na vértebra. A força cortante é de 16,95kN 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 800kg de empuxo, afastado 7m do flange do MCV. O raio mínimo na vértebra nessa condição é de 4,14m e o da linha é de 4,13m. O momento fletor obtido nessa condição é de 35,92kN.m no flange e 9,59kN.m na vértebra. A força cortante é de 16,95kN na vértebra. A Figura 5.2 apresenta essa configuração.



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

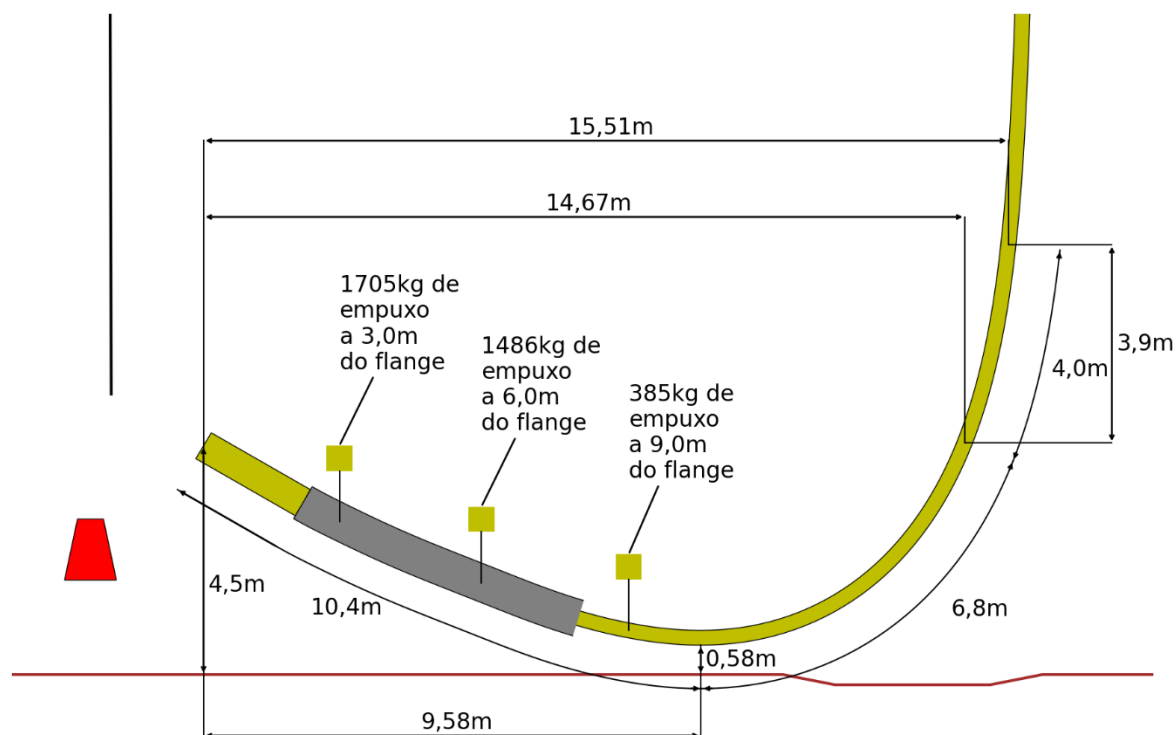


## 6 RESUMO

CVD de primeira extremidade no manifold MSIAG FMC em uma lâmina d'água de 2176m.

**Tabela 6.1 – Heave Up**

Heave up [m]
2,5



**Figura 6.1 – Configuração de Verticalização**

**Tabela 6.2 – Configurações de Contingência**

Contingência	Empuxo limite [kg]	Distância ao flange [m]
1	900	4,0
2	800	7,0

**FIM DO DOCUMENTO**