
 <b>PETROBRAS</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>		<b>Nº: ET-3010.00-1500-941-PZ9-001</b>						
	CLIENTE: SUB/ES/EDD/EDF					PÁGINA: 1 de 8			
	PROGRAMA: DESENVOLVIMENTO DA PRODUÇÃO								
	ÁREA: UNIDADES MARÍTIMAS DE PRODUÇÃO								
SUB/ES/EDD	TÍTULO: PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE DE CONEXÃO VERTICAL SEM RESTRITOR DE CURVATURA						INTERNA		
							EDF		
<p align="center"><b>ÍNDICE DE REVISÕES</b></p>									
<b>REV</b>	<b>DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS</b>								
0	EMISSÃO ORIGINAL								
A	REVISÃO GERAL								
B	REVISÃO GERAL. INCLUSÃO DO CASO DE RESTRITOR DE CURVATURA COM ÂNGULO DE COBERTURA MENOR DO QUE 72 GRAUS. INCLUSÃO DOS ITENS 5e), 7 E 8e).								
		<b>Rev 0</b>	<b>Rev A</b>	<b>Rev B</b>	<b>Rev C</b>	<b>Rev D</b>	<b>Rev E</b>	<b>Rev F</b>	<b>Rev G</b>
<b>DATA</b>		03/02/2017	27/04/2020	30/08/2022					
<b>PROJETO</b>		EISE/EDF	EISE/EDF	EDD/EDF					
<b>EXECUÇÃO</b>		P. TAVARES	R. DEFENDI	BXQ9					
<b>VERIFICAÇÃO</b>		E. VARDARO	E. VARDARO	U4CX					
<b>APROVAÇÃO</b>		F. CASTRO	V. LEAL	BEIW					
AS INFORMAÇÕES DESTES DOCUMENTOS SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DE SUA FINALIDADE.									



ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº: ET-3010.00-1500-941-PZ9-001	Rev.: B
CLIENTE:	SUB/ES/EDD/EDF		PÁGINA: 2 de 8
TÍTULO:	PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE DE CONEXÃO VERTICAL SEM RESTRITOR DE CURVATURA		

## ÍNDICE

1	OBJETIVO.....	3
2	NOMENCLATURAS.....	3
3	REFERÊNCIAS .....	3
4	INTRODUÇÃO.....	3
5	PREMISSAS DE MODELAGEM .....	4
6	CASOS DE CARREGAMENTO.....	5
7	CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO .....	7
8	RESULTADOS .....	7
9	ANEXOS .....	8

	<b>ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA</b>	Nº: <b>ET-3010.00-1500-941-PZ9-001</b>	Rev.: <b>B</b>
	CLIENTE: SUB/ES/EDD/EDF	PÁGINA: 3 de 8	
	TÍTULO: PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE DE CONEXÃO VERTICAL SEM RESTRITOR DE CURVATURA		

## 1 OBJETIVO

O objetivo desta Especificação Técnica (ET) é fornecer os requisitos mínimos para a execução das análises de viabilidade de Conexão Vertical Direta (CVD) de dutos flexíveis sem restritores de curvatura ou com restritores de curvatura com ângulo de cobertura menor do que 72 graus instalados na extremidade conectada ao Módulo de Conexão Vertical (MCV).

Para efeito de verificação, os requisitos desta ET se aplicam para CVD de 1ª e 2ª extremidade, porém somente o caso de CVD de 2ª extremidade será abordado nesta ET.

## 2 NOMENCLATURAS

ET	Especificação Técnica
CVD	Conexão Vertical Direta
MCV	Módulo de Conexão Vertical
PLSV	Pipelay Laying Support Vessel
EI	Rigidez Flexional
GAR	Guincho de Abandono e Recolhimento

## 3 REFERÊNCIAS

[1] ET-3010.00-1500-941-PLR-004 REV. 0 – ANÁLISE DE CARGAS DE DUTOS EM EQUIPAMENTOS SUBMARINOS

[2] I-ET-3000.00-1500-942-PMU-001 REV. A – INSTALLATION METHODS

## 4 INTRODUÇÃO

A verificação da viabilidade de uma operação de CVD sem a utilização da vértebra ou de vértebra com ângulo de cobertura reduzido ( $< 72^\circ$ ) é comum em projetos de reaproveitamento de dutos nos quais a vértebra não está disponível ou mesmo em casos de novos projetos em que a mesma foi danificada.

O objetivo das análises desta ET é verificar a viabilidade de CVD sem vértebra ou com vértebra com ângulo de cobertura reduzido para um dado duto flexível e MCV. Os resultados obtidos são a configuração do duto (posição da lingada, empuxo de flutuadores, etc.) e as restrições de instalação que possibilitem a realização da CVD ou a indicação de inviabilidade da realização da CVD sem o uso de vértebra ou vértebra com ângulo de cobertura reduzido.

A avaliação dos esforços impostos no flange dos MCVs dos equipamentos durante as fases de instalação e operação dos dutos não está no escopo destas análises, sendo isto tratado na ref. [1].

Para a execução das análises desta ET serão necessários os seguintes dados:

- Propriedades físicas e geométricas do duto, conector, adaptador e vértebra;
- Propriedades geométricas e peso do MCV;
- Propriedades do solo.

## 5 PREMISSAS DE MODELAGEM

As seguintes premissas básicas de modelagem dos elementos devem ser seguidas:

### a) Conectores

- Os conectores devem ser modelados como elementos de viga homogêneos lineares, conforme a ref. [1].

### b) Dutos Flexíveis

- Os dutos devem ser modelados como elementos de viga homogêneos.
- Deve ser considerada a rigidez a flexão (EI) linear pós-escorregamento para a condição de anular alagado.
- Deve ser adotado o modelo de amortecimento proporcional à rigidez com amortecimento estrutural de 5% no período da onda (8,6 s).
- Os dutos devem ser sempre lançados cheios de água do mar, a menos que seja especificado de outro modo pela PETROBRAS.

### c) Solo

- Se não for informado pela PETROBRAS, considerar a rigidez normal de 100 kN/m/m<sup>2</sup> e a rigidez de cisalhamento de 10000 kN/m/m<sup>2</sup>.
- Caso não esteja indicada a declividade, o solo deve ser considerado plano.
- A análise deve ser executada duas vezes, uma para a altura do flange ao solo marinho nominal+0,52m, e outra para a altura do flange ao solo marinho nominal-0,52m.

### d) Cabo do guincho e guindaste

- Propriedades do cabo do guincho e do guindaste conforme indicado na Tabela 1.

Diâmetro Externo (mm)	87.00
Peso Linear no ar (kgf/m)	31.30
Rigidez Axial (kN)	5.54E+05
Rigidez Flexional Linear (kN.m <sup>2</sup> )	50.00

Tabela 1 - Propriedades do cabo

### e) Restritor de curvatura (vértebra)

- Para o caso de vértebra com ângulo de cobertura reduzido (< 72°), a vértebra deve ser modelada com rigidez a flexão (EI) bilinear, como indicado na ref. [1].

## 6 CASOS DE CARREGAMENTO

### 6.1 CVD 2ª - Aproximação

A análise desta etapa visa obter a configuração de equilíbrio próximo ao assentamento e travamento do MCV no equipamento submarino. O início e o final desta análise podem ser vistos na Figura 1 e na Figura 2.

A condição inicial de equilíbrio é obtida com o cabo do Guincho de Abandono e Recolhimento (GAR) na vertical (tolerância de  $\pm 0.5^\circ$ ) e o MCV a 10 m do solo (tolerância de + 1.0 m / - 0.0 m). Na sequência, o Guindaste é recolhido até a verticalização do MCV (tolerância de  $\pm 0.5^\circ$ ). Por fim, o conjunto é descido até que o MCV chegue, na vertical, à altura nominal do solo.

Conforme a Figura 3, os parâmetros que definem a configuração de equilíbrio são:

- $d_1$  – Comprimento de duto da traseira do conector até a primeira lingada da corcova (mínimo de 3 m);
- $d_2$  – Comprimento de duto entre as lingadas;
- $L$  – Comprimento da lingada (2 m a 5 m).

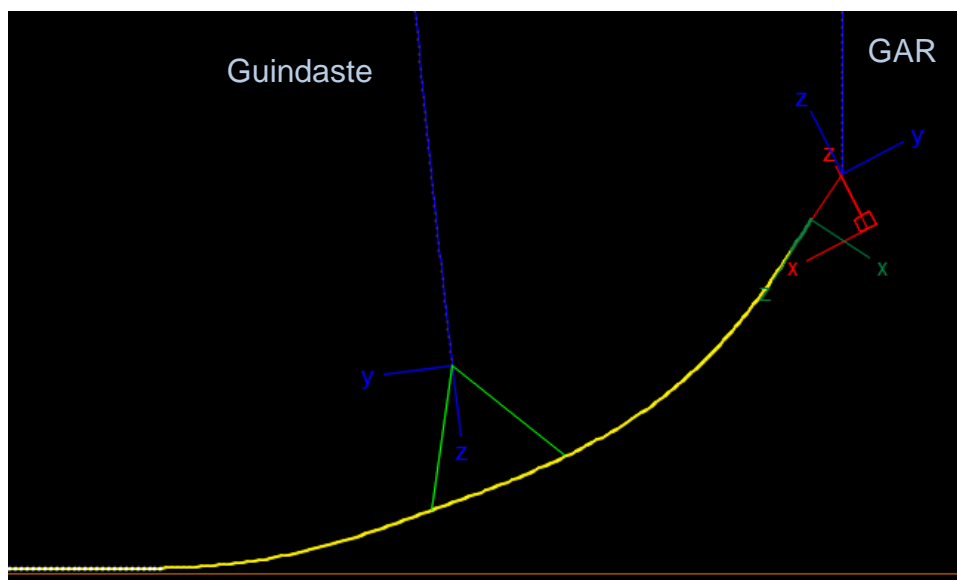
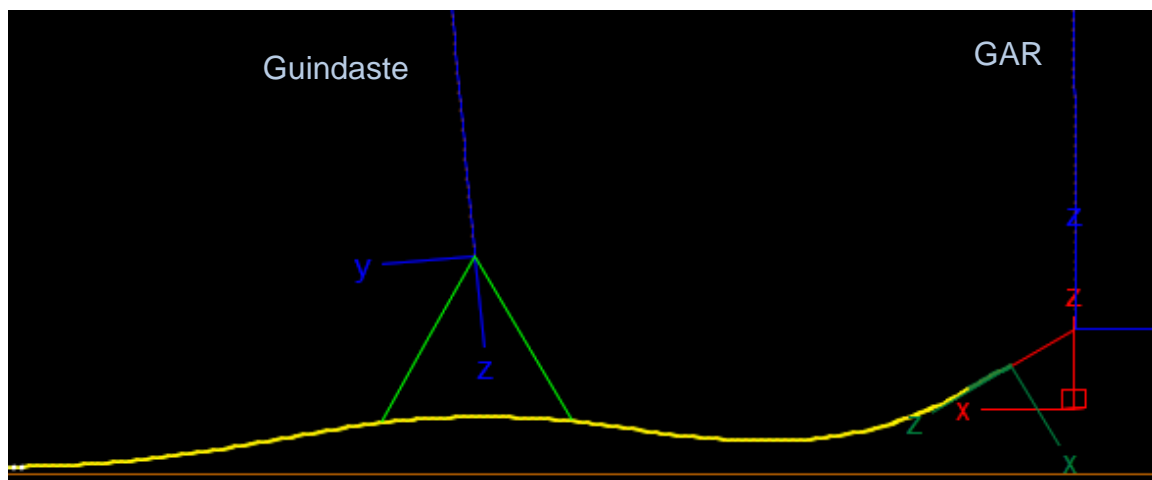
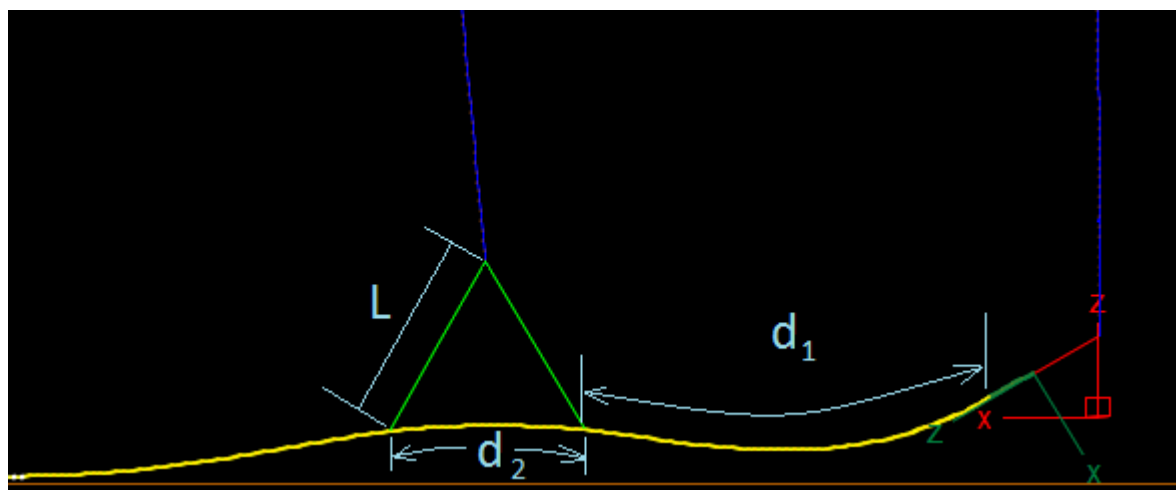


Figura 1 - Início da aproximação


**Figura 2 - Final da aproximação**

**Figura 3 - Cotas da configuração proposta**

## 6.2 CVD 2ª - Heave up

Este caso representa a situação de CVD de segunda extremidade em que o MCV está assentado no hub e a lingada da corcova da linha é suspensa pelo movimento vertical do PLSV devido ao efeito da onda. O movimento é determinado aplicando-se um deslocamento vertical na extremidade do cabo do guindaste da corcova a partir da configuração final do caso anterior.

A fim de que os resultados obtidos considerem a dinâmica do duto durante o deslocamento vertical do cabo do guindaste, deve ser feita uma análise transiente, aplicando um deslocamento vertical de 2,5m na extremidade do cabo do guindaste da corcova durante um tempo de 2,15s, que corresponde a  $\frac{1}{4}$  do período do movimento imposto ( $T=8,6s$ ). Na sequência, paga-se o cabo do guindaste até que este fique totalmente solecado.

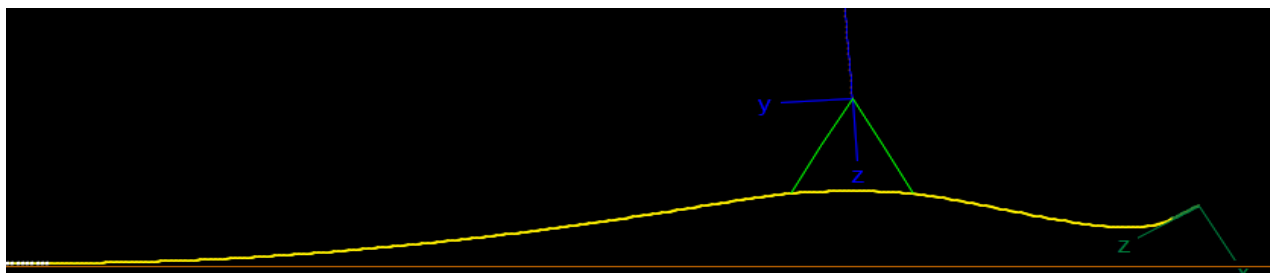


Figura 4 - Deslocamento vertical da corcova

## 7 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

Os raios de curvatura ao longo do duto obtidos nas etapas de Aproximação e Heave Up, descritas anteriormente, devem ser iguais ou maiores do que duas vezes o raio mínimo de instalação do duto ( $\text{raio} \geq 2 \cdot \text{MBR de instalação}$ ).

Para a análise com vértebra com ângulo de cobertura reduzido ( $< 72^\circ$ ), o momento máximo na vértebra deve ser igual ou menor do que o momento máximo admissível da vértebra.

A distância mínima da linha ao solo no trecho da configuração entre o MCV e a primeira lingada deve ser igual ou maior do que 0,50m, considerando a variação de  $\pm 0,52\text{m}$  da altura do flange ao solo. Ou seja, para a altura nominal do flange ao solo, a distância mínima da linha ao solo deve ser igual ou maior do que 1,02m. Caso não seja possível obter uma configuração que atenda a esta distância mínima, a necessidade de dragagem do solo deve ser avaliada antes da realização da CVD.

## 8 RESULTADOS

Os resultados das análises devem ser apresentados em um relatório que contenha:

a) **Premissas e dados utilizados**

Deve constar uma folha de dados com as propriedades do duto flexível e acessórios, conforme o Anexo 1, além das propriedades geométricas do MCV, conforme o Anexo 2.

b) **Casos de carregamento analisados**

c) **Configuração do duto**

Deve ser informada a configuração do duto para a altura nominal do flange ao solo, indicando as dimensões  $d_1$ ,  $d_2$  e  $L$ , conforme mostrado na Figura 3.

d) **Curvaturas do duto**

Devem ser informadas as maiores curvaturas encontradas em cada etapa da análise. A Tabela 2 mostra um exemplo de formatação dos resultados.

Caso de Análise			Curvatura (m <sup>-1</sup> )	Limite (m <sup>-1</sup> )
CVD 2ª	Aproximação	H +0.52		
		H -0.52		
	Heave Up	H +0.52		
		H -0.52		

**Tabela 2 – Exemplo de Tabela de Resultados**

e) **Dragagem**

Se aplicável, deve ser informada a necessidade de dragagem do solo próximo ao equipamento submarino, indicando a profundidade a ser dragada e a distância horizontal a partir da conexão do duto com o MCV.

## **9 ANEXOS**

**Anexo 1 - EXEMPLO DE FOLHA DE DADOS DO DUTO E ACESSÓRIOS**

**Anexo 2 - EXEMPLO DE FOLHA DE DADOS DE EQUIPAMENTOS SUBMARINOS**