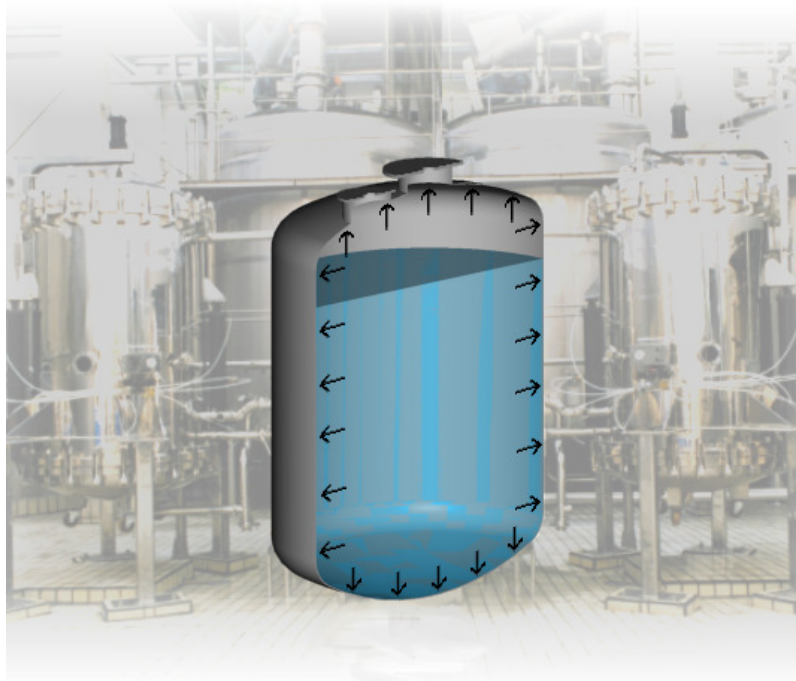


# PROJETOS DE VASOS DE PRESSÃO (TEORIA)

## CÓDIGO ASME SEÇÃO VIII – DIV. 1



## VOLUME I – Maio/2006

©Copyright - 2.006 - Cérebro.  
Reservados todos os direitos.

Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998.

As informações contidas neste serviço não podem ser reproduzidas, armazenadas ou transmitidas por quaisquer meios mecânicos ou eletrônicos, nem podem ser fotocopiadas ou gravadas sem prévia autorização por escrito.

Engº Edmilson Souza

# Projeto de Vasos de Pressão (Teoria)

## Índice

### Módulo 1 – Pressão Interna

Introdução .....	I-3
Normas ASME .....	I-7
Geometria dos Vasos de Pressão.....	I-10
Norma ASME Seção VIII, Divisão 1 – Escopos e Limites .....	I-12
Materiais .....	I-14
Cargas Consideradas na UG-22 .....	I-18
Pressão Hidrostática .....	I-18
Tensões de Membrana .....	I-19
Juntas e Tensões.....	I-21
Soldas	
Categorias da UW-3 .....	I-21
Inspeção Radiográfica – UW-11 .....	I-22
Eficiência de Solda – UW-12 .....	I-22
Elementos Cilíndricos Finos sob Pressão Interna	
Espessura Mínima para Juntas Longitudinais .....	I-24
Espessura Mínima para Juntas Circunferenciais.....	I-25
Pressão Máxima .....	I-25
Espessura Mínima para Juntas Longitudinais: Raio Externo.....	I-26
Espessura Mínima para Juntas Circunferenciais: Raio Externo .....	I-26
Pressão Máxima: Raio Externo .....	I-27
Elementos Cilíndricos Espessos sob Pressão Interna	
Espessura Mínima .....	I-27
Pressão Máxima .....	I-28
Exemplo de Dimensionamento de Cilindro .....	I-28
Exemplo de Dimensionamento de Cilindro Tubular .....	I-29
Elementos Esféricos Finos sob Pressão Interna	
Espessura Mínima e Pressão Máxima .....	I-29
Elementos Esféricos Finos sob Pressão Interna	
Espessura Mínima e Pressão Máxima: Raio Externo.....	I-30
Elementos Esféricos Espessos sob Pressão Interna	
Espessura Mínima e Pressão Máxima .....	I-30
Tampo Semi-elíptico sob Pressão Interna	
Espessura Mínima e Pressão Máxima .....	I-31
Espessura Mínima e Pressão Máxima: Diâmetro Externo.....	I-31
Correção da Tensão de acordo com 1-4 .....	I-32
Comparação da Espessura com o Costado Cilíndrico .....	I-32
Tampo Toro esférico sob Pressão Interna	
Espessura Mínima e Pressão Máxima .....	I-33
Espessura Mínima e Pressão Máxima: Diâmetro Externo.....	I-33
Correção da Tensão de acordo com 1-4 .....	I-34
Tampos de Pequena Espessura sob Pressão Interna	
Introdução.....	I-34
Limites .....	I-35

## Módulo 1 – Pressão Interna (continuação)

Verificação pelo Apêndice 1-4(f).....	I-35
Exemplo Prático.....	I-37
Tampos e Reduções Cônicas sob Pressão Interna – Limites.....	I-38
Tampos Cônicos sob Pressão Interna	
Espessura Mínima e Pressão Máxima .....	I-38
Verificação da Junção Cone-Cilindro – Apêndice 1-5.....	I-39
Verificação da Junção Cone-Cilindro – U-2(g) Bednar .....	I-45
Verificação da Junção Cone-Cilindro – Code Case 2150.....	I-50
Redução e Tampo Toricônico sob Pressão Interna	
Geometria do Tampo Toricônico .....	I-53
Espessura Mínima da Parte Cônica .....	I-53
Espessura Mínima da Parte Toroidal.....	I-54
Geometria da Redução Toricônica .....	I-54
Espessura da Região de Concordância Superior .....	I-55
Dimensionamento da Parte Reta dos Tampos.....	I-56
Teste Hidrostático .....	I-57
Teste Pneumático .....	I-58
Exemplo de Dimensionamento do Corpo de um Vaso.....	I-59
Bibliografia .....	I-59

## Módulo 2 – Pressão Externa..... II-1

Introdução .....	II-2
Elementos Cilíndricos sob Pressão Externa	
Definição do Comprimento L .....	II-3
Determinação do Fator A.....	II-4
Determinação do Fator B.....	II-5
Pressão Admissível para $D_o/t \geq 10$ .....	II-7
Pressão Admissível para $D_o/t < 10$ .....	II-7
Anéis de Reforço .....	II-7
Dimensionamento das Soldas dos Anéis de Reforço .....	II-13
Elementos Cilíndricos com $D_o/t > 1000$ .....	II-17
Exemplo de Dimensionamento .....	II-18
Elementos Esféricos sob Pressão Externa .....	II-18
Tampos Toro esféricos sob Pressão Externa .....	II-19
Tampos Semi-elípticos sob Pressão Externa.....	II-20
Tampos Cônicos e Toricônicos sob Pressão Externa	
Pressão Externa Admissível para $\alpha \leq 60^\circ$ .....	II-20
Pressão Externa Admissível para $\alpha > 60^\circ$ .....	II-24
Verificação da Junção Cone-Cilindro – Apêndice 1-8.....	II-25
Análise da Rigidez da Junção Cone-Cilindro – Apêndice 1-8.....	II-30
Comentários sobre o Apêndice 1-8 .....	II-38
Tampos Planos sob Pressão Interna	
Espessura Mínima para Tampos Circulares.....	II-39
Espessura Mínima para Tampos Não-Circulares .....	II-40
Fator de Acoplamento C.....	II-41
Pressão Máxima .....	II-45
Tampos Planos sob Pressão Externa.....	II-47
Soldas em Tampos Planos .....	II-48

## Módulo 2 – Pressão Externa (continuação)

Camisas	
Introdução.....	II-48
Tipos de Camisas .....	II-49
Verificação da Parede do Vaso .....	II-49
Dimensionamento da Parede da Camisa .....	II-50
Dimensionamento dos Fechamentos .....	II-51
Bocais que Atravessam as Camisas .....	II-56
Serpentina Meia-Cana	
Introdução.....	II-59
Pressão Máxima Admissível.....	II-59
Gráficos do Fator K.....	II-60
Espessura Mínima .....	II-61
Serpentinas Internas .....	II-62
Esforços Externos	
Introdução.....	II-63
Esforços por UG-22 .....	II-63
Forças Axiais .....	II-67
Momentos Fletores .....	II-68
Pressão Interna mais Esforços Externos.....	II-69
Bibliografia .....	II-71

## Módulo 3 – Aberturas, Bocais e Flanges..... III-1

Introdução .....	III-2
Finalidade das Aberturas .....	III-2
Aberturas para Inspeção.....	III-3
Formas das Aberturas.....	III-7
Tamanho das Aberturas.....	III-8
Espaçamento entre Aberturas.....	III-10
Análise do Reforço de Acordo com UG-37	
Introdução.....	III-11
Limites .....	III-15
Área Requerida para Pressão Interna .....	III-16
Área A1 .....	III-18
Área A2 sem Chapa de Reforço .....	III-19
Área A3.....	III-19
Áreas A41 e A43.....	III-20
Área A2 com Chapa de Reforço .....	III-20
Área A42.....	III-21
Área A5.....	III-21
Área Disponível .....	III-22
Área Requerida para Pressão Externa .....	III-22
Dimensão da Abertura de Acordo com UG-40.....	III-23
Detalhes de Solda de Acordo com UW-16.....	III-24
Caminhos Resistentes de Acordo com UG-41 .....	III-26
Espessura do Pescoço de Acordo com UG-45 .....	III-34
Exemplo de Verificação de um Bocal sob Pressão Interna.....	III-34
Exemplo de Seleção dos Elementos Resistentes .....	III-35

### Módulo 3 – Aberturas, Bocais e Flanges (continuação)

Grandes Aberturas	
Introdução.....	III-36
Apêndice 1-7.....	III-36
Análise pelo Apêndice 1-7(a) .....	III-37
Análise pelo Apêndice 1-7(b).....	III-39
Aberturas em Tampos Planos.....	III-47
Flanges	
Flanges Padronizadas - B16.5/47.....	III-49
Flanges Apêndice 2	
Escopo.....	III-52
Materiais .....	III-52
Dimensionamento .....	III-54
Tipos.....	III-54
Vedação.....	III-57
Dimensões do Pescoço .....	III-60
Forças Requeridas.....	III-61
Área Requerida dos Parafusos.....	III-62
Força Requerida nos Parafusos .....	III-63
Esforços Atuantes.....	III-64
Braços dos Momentos .....	III-64
Momentos.....	III-65
Tensões Atuantes.....	III-65
Rigidez do Flange.....	III-65
Espaçamento Máximo dos Parafusos.....	III-69
Exemplo Prático.....	III-71
Tampos Flangeados	
Introdução.....	III-72
Tampos Tipo (a) .....	III-73
Tampos Tipo (b) .....	III-73
Tampos Tipo (c).....	III-74
Tampos Tipo (d) .....	III-77
Bibliografia .....	III-79

### Módulo 4 – Sustentação..... IV-1

Introdução .....	IV-2
Vasos Horizontais – Selas	
Introdução.....	IV-2
Tensões Longitudinais.....	IV-5
Tensões de Cisalhamento .....	IV-7
Tensões Circunferenciais .....	IV-11
Considerações sobre o Projeto de Selas.....	IV-20
Dimensionamento Mecânico da Sela .....	IV-21
Esforços.....	IV-21
Placa Base.....	IV-23
Alma.....	IV-23
Enrijecedores.....	IV-24
Chumbadores .....	IV-28

## Módulo 4 – Sustentação (continuação)

Forças Devidas ao Vento – NBR – 6123	
Introdução.....	IV-33
Forças Estáticas .....	IV-34
Efeitos Dinâmicos .....	IV-37
Sustentação de Vasos Verticais	
Pernas	
Introdução.....	IV-43
Esforços Atuantes.....	IV-44
Dimensionamento do Perfil das Pernas.....	IV-47
Dimensionamento dos Chumbadores.....	IV-52
Dimensionamento do Cordão de Solda .....	IV-53
Dimensionamento da Sapata.....	IV-55
Tensões Localizadas .....	IV-58
Sapatas Laterais	
Introdução.....	IV-59
Cálculo da Carga na Sapata.....	IV-61
Cálculo da Pressão de Apoio.....	IV-61
Dimensionamento da Placa Base.....	IV-62
Dimensionamento da Chapa de Reforço .....	IV-63
Dimensionamento da Barra Superior.....	IV-63
Saías	
Introdução.....	IV-64
Espessuras .....	IV-65
Dimensionamento da Base.....	IV-67
Dimensionamento dos Chumbadores.....	IV-70
Bibliografia .....	IV-70

## Módulo 5 – Tópicos Complementares ..... V-1

MDMT	
Definição.....	V-2
Ductilidade .....	V-3
Teste de Charpy .....	V-5
Verificação por UG-20(f).....	V-5
Verificação por UCS-66(a).....	V-6
Verificação por UCS-66(b).....	V-6
MDMT por UCS-66(a).....	V-7
Espessura tg.....	V-7
Figura UCS-66 – Unidades Inglesas.....	V-10
Materiais da Curva A .....	V-11
Materiais da Curva B .....	V-11
Materiais da Curva C .....	V-12
Materiais da Curva D .....	V-13
Figura UCS-66 – Unidades SI .....	V-14

## Módulo 5 – Tópicos Complementares (continuação)

MDMT por UCS-66(b).....	V-15
Razão .....	V-15
Figura UCS-66.1 .....	V-18
Casos Particulares.....	V-21
Cálculo da Espessura Requerida .....	V-22
Projeto por UCS-68 .....	V-24
Exemplo de MDMT por UCS-66 .....	V-26
Exemplo de MDMT por UG-20(f) .....	V-27
Tratamento Térmico	
Definição.....	V-28
Requisitos para Tratamento Térmico.....	V-28
Espessura Nominal de Acordo com UW-40(f) .....	V-29
Tratamento Térmico em Forno Fechado .....	V-30
Tratamento Térmico Localizado .....	V-31
WRC-107	
Definição.....	V-32
Limites .....	V-33
Tensões.....	V-34
Procedimento.....	V-35
Curvas .....	V-40
Documentação do Projeto.....	V-41
Documentação de Execução .....	V-41
Documentação Arquivada.....	V-42
Responsabilidade do Usuário .....	V-43
Bibliografia .....	V-43