

# **REQUISITOS PARA FABRICAÇÃO E INSPEÇÃO DE CONEXÕES**

## **PARTE 1 DE 3**

### **Apresentação**

Este trabalho tem por finalidade explorar requisitos normativos exigidos pela indústria petroquímica para fabricação de conexões de aço carbono, aço liga e aço inoxidável; Abrangendo materiais tais como: Curvas, Flanges, T's, Reduções, Nipples, Tampos, Figuras e etc.

O enfoque principal é analisar o processo de fabricação e sua inspeção, desde o seu início, partindo da seleção da matéria prima, processo de fabricação, tratamento térmico, ensaios destrutivos e não destrutivos, rastreabilidade e certificação.

Carlos Henrique Mendes  
Jotã Limeira Silva  
Leandro Vaz de Lima  
Silvio Leonardo R. Silvestre

[caheme\\_8@hotmail.com](mailto:caheme_8@hotmail.com)  
[Jota\\_trumpet@yahoo.com.br](mailto:Jota_trumpet@yahoo.com.br)  
[lvl7do7@hotmail.com](mailto:lvl7do7@hotmail.com)  
[silvio-leonardo@hotmail.com](mailto:silvio-leonardo@hotmail.com)

## ÍNDICE

### PARTE 1

|                                         |       |
|-----------------------------------------|-------|
| INTRODUÇÃO.....                         | pg. 3 |
| Capítulo 1 - APLICAÇÃO DAS NORMAS. .... | pg. 4 |
| Capítulo 2 - MATÉRIA PRIMA. ....        | pg. 7 |

### PARTE 2

|                                            |        |
|--------------------------------------------|--------|
| Capítulo 3 - PROCESSOS DE FABRICAÇÃO. .... | pg. 22 |
| Capítulo 4 - TRATAMENTO TÉRMICO. ....      | pg. 27 |
| Capítulo 5 - PROPRIEDADES MECÂNICAS.....   | pg. 33 |

### PARTE 3

|                                      |        |
|--------------------------------------|--------|
| Capítulo 6 - REPAROS POR SOLDA. .... | pg. 52 |
| Capítulo 7 - MARCAÇÃO.....           | pg. 58 |
| Capítulo 8 - CERTIFICAÇÃO.....       | pg. 61 |
| BIBLIOGRAFIA.....                    | pg. 64 |

## INTRODUÇÃO

Com a expansão da indústria petroquímica brasileira e conseqüente aumento da demanda, houve a necessidade de desenvolver novos fornecedores.

Notou-se então que alguns dos fornecedores tinham dificuldades de atender plenamente os requisitos normativos exigidos pelo mercado.

O objetivo deste trabalho é detalhar de forma simplificada os principais requisitos aplicáveis para a fabricação de Curvas, Flanges, T's, Reduções e etc.

O trabalho está dividido em seis capítulos e contempla, entre outros pontos a seguinte cronologia:

**Capítulo 1 - Aplicação das normas abordadas:** Visa informar o campo de aplicação específico de cada norma, bem como os processos de fabricação da mesma, as principais são: ASTM A105, A234, A182, A350, A403, A420, A960 e A961.

**Capítulo 2 - Matéria Prima:** Contem informações do material utilizado na fabricação das conexões, destacando a composição química, com cada elemento em percentual por peso, e como a mesma deve ser realizada.

Os materiais abordados são: Aço carbono, Aço inoxidável e Aço baixa liga.

**Capítulo 3 - Fabricação:** Cita o processo utilizado para a fabricação das conexões tais como: Soldagem, laminação, forjamento, usinagem, temperaturas de conformação, eventuais ensaios não destrutivos e outros.

Importante ressaltar que este tópico não detalha o processo.

**Capítulo 4 - Tratamento Térmico:** Conforme a norma utilizada e a conexão a ser fabricada, o processo produtivo exige ou não tratamento térmico.

Neste tópico será detalhado o tipo e os parâmetros Utilizados.

**Capítulo 5 - Ensaios Mecânicos:** Na sua maioria, as normas ASTM determinam as propriedades mecânicas para cada material. Neste ponto será explorado os requisitos tais como: Ensaio de tração, dureza, impacto, entre outros.

**Capítulo 6 - Reparo por Solda:** As normas permitem em caso de defeitos, reparos por soldagem. Neste tópico, será definido, onde como e quando este reparo é ou não permitido, bem como o critério de aceitação.

**Capítulo 7 - Marcação e Identificação:** Este item objetiva descrever como deve ser identificado e rastreado o material produzido, informando onde se faz necessário gravar a corrida de matéria prima, classe de pressão, bitola, schedule e etc.

**Capítulo 8 - Certificação:** Por fim, chega-se ao ponto onde será definida as informações necessárias que devem constar nos certificados de conformidade de produto, tais como: Origem, rastreabilidade, histórico de fabricação, características mecânicas e químicas e etc.

## **1 - APLICAÇÃO DAS NORMAS.**

### **1.1 - ASTM A105/A 105/M – 05**

Especificação Padrão para Forjados de Aço Carbono, para Aplicação em Tubulações.

Essa norma abrange flanges, conexões, válvulas, e peças similares utilizadas em tubulação que são fabricados de aço carbono forjado para trabalhos à temperatura ambiente e alta temperatura em sistemas pressurizados.

Forjados com peso acima de 4540 kg, espelhos tubulares e forjados cilíndricos ocos para cascos de vasos de pressão não estão cobertos por esta norma.

Essa norma utiliza como matéria prima barra laminada, produtos tubulares sem costura, porém não pode ser utilizada para controle da mesma.

### **1.2 - ASTM A182/A 182/M – 05a**

Especificação Padrão para Flanges Forjados ou laminados de Aço Liga e Aço Inoxidável, Conexões Forjadas, Válvulas e componentes para Serviço a Alta Temperatura.

Forjados com peso acima de 4540 kg não estão cobertos por esta norma.

Essa norma abrange flanges, conexões, válvulas, e peças similares utilizadas em tubulação de aço forjado de diversos graus, de baixa liga e inoxidáveis (ferríticos, martensíticos, austeníticos e duplex) para trabalhos à temperatura ambiente e alta temperatura em sistemas pressurizados. A seleção dos graus a serem utilizados, é feita de acordo com requisitos de projeto e operacionais.

### **1.3 - ASTM A234/A 234/M – 05a**

Especificação Padrão para Conexões de Tubulação, de Aço carbono e Aço-Liga Trabalhados, para Serviço em temperaturas Moderadas e Altas.

Esta especificação abrange conexões trabalhadas de aço carbono e aço-liga, de construção sem ou com costura, compreendidas na última revisão das normas ASME B16.9, B16.11, MSS SP-79, e MSS SP-95.

Estas conexões são para uso em tubulações de pressão e na fabricação de vasos de pressão para serviços a temperaturas moderadas e altas.

### **1.4 - ASTM A350/A 350/M – 04a**

Especificação Padrão para Forjados de Aço Carbono e Baixa Liga, Requerendo Ensaio de Resistência ao Impacto, para Componentes de Tubulação.

Esta especificação abrange flanges forjados ou laminados de anel, e conexões e válvulas forjadas, fabricados em aço carbono e aço de baixa liga de diversos graus, destinados primariamente a serviço a baixa temperatura e exigindo ensaios de resistência ao impacto .

Eles são produzidos conforme dimensões especificadas, ou sob normas dimensionais, tais como as Especificações ASME e API indicadas na Seção 2. Embora esta especificação compreenda alguns componentes de tubulação usinados de barras laminadas e materiais tubulares sem costura, ela não trata da matéria prima fabricada nestas formas de produto.

Nenhuma limitação dimensional é pretendida além da capacidade do fabricante de obter os requisitos especificados, porém, a Classe 3 do Grau LF787 é disponível somente na condição de tratamento térmico de têmpera e precipitação.

Requisitos complementares, quando forem desejados ensaios ou inspeções adicionais aplicam-se somente quando especificados na ordem de compra.

## 1.5 - ASTM A403/A 403M – 04

Especificação Padrão para Conexões Trabalhadas de Aço Inoxidável Austenítico, para Tubulação.

Esta especificação abrange conexões de aço inoxidável trabalhado para aplicações em tubulação sob pressão. Diversos graus de ligas de aço inoxidável austenítico estão incluídos nesta norma. Os graus são designados por um prefixo, WP ou CR, baseado nos padrões dimensionais e de classificação aplicáveis estabelecidos por ASME ou MSS, respectivamente.

Para cada um dos graus inoxidáveis WP, várias classes de conexões são abrangidas, para indicar se foi utilizada construção com ou sem costura. As designações de Classe são também utilizadas para indicar o método de teste não-destrutivo e alcance do exame não-destrutivo (END). A Tabela 1 é um resumo geral das classes de conexões aplicáveis a todos os graus WP de aço inoxidável cobertos por esta especificação. Não existem classes para os graus CR. Os requisitos específicos são tratados em outra norma.

Esta especificação não se aplica a conexões de aço fundidas. Os fundidos de aço inoxidável austenítico são tratados nas normas A 351/A 351M, A 743/A 743M, e A 744/A 744M.

**TABELA 1 – Classes de Conexões para Graus WP**

| Classe | Construção  | Exame Não-Destrutivo         |
|--------|-------------|------------------------------|
| S      | Sem costura | Nenhum                       |
| W      | Soldada     | Radiográfico ou Ultra-sônico |
| WX     | Soldada     | Radiográfico                 |
| WU     | Soldada     | Ultra-sônico                 |

## 1.6 - ASTM A420/A 420M – 05

Especificação Padrão para Conexões de Tubulação, em Aço Carbono e Aços-liga trabalhados, para Serviços a Baixa Temperatura.

Esta especificação abrange conexões de aço carbono e aço liga trabalhados, com ou sem costura, cobertas pela última revisão de ASME B 16.9, ASME B 16.11, MSS-SP-79, e MSS SP-95.

Conexões divergindo destas normas ASME e MSSVF serão fornecidas em conformidade com o requisito Complementar S58 da Especificação A 960/ A 960M, onde constam especificações individuais para o produto. Estas conexões são para uso em serviço a baixas temperaturas em tubulações sob pressão e vasos de pressão.

Requisitos complementares opcionais são fornecidos para conexões onde um grau maior de exames é desejado. Nestes casos, um ou mais destes requisitos complementares deverão ser especificados na ordem de compra.

## 1.7 - ASTM A960/A 960M – 04a

Especificação Padrão dos Requisitos Comuns para Conexões de Tubulação Trabalhadas, de Aço.

Esta especificação abrange um grupo de requisitos comuns que se aplicam as conexões de tubulação trabalhadas de aço, cobertas em qualquer das seguintes especificações individuais de produto ou qualquer outra norma ASTM que mencione esta especificação ou partes dela:

- ASTM A 234/A 234M - Especificação Padrão para Conexões de Tubulação, de Aço carbono e Aço-Liga Trabalhados, para Serviço em temperaturas Moderadas e Altas.

- ASTM A 403/A 403M - Especificação Padrão para Conexões Trabalhadas de Aço Inoxidável Austenítico, para Tubulação.
- A 420/A 420M - Especificação Padrão para Conexões de Tubulação, em Aço Carbono e Aços-liga trabalhados, para Serviços a Baixa Temperatura.
- A 758/A 758M - Especificação Padrão para Conexões de Tubulação em Aço Carbono para Soldas de Topo, com baixa temperatura.
- A 774/A 774M - Especificação Padrão para Conexões de Aço Inoxidável Austenítico Soldado Não Tratado Termicamente, para Serviços Gerais com Corrosão em Temperaturas baixas e moderadas.
- A 815/A 815M - Especificação para Tubos e Conexões Trabalhadas de Aço Inoxidável Ferrítico, Ferríticos/Austeníticos e Martensíticos.
- A 858/ A 858M – Especificação para Conexões de Aço Carbono Tratadas termicamente para Baixa-Temperatura e Serviços Corrosivos.
- A 858/ A 858M – Especificação para Conexões Trabalhadas de Aços de Alta Resistência e Baixa Liga para Soldagem de Topo.

Em caso de conflito entre um requisito da especificação individual de produto e uma exigência desta especificação de requisitos gerais, os requisitos da especificação individual de produto prevalecerão sobre aqueles desta especificação.

Mediante acordo entre o comprador e o fornecedor, poderão ser especificados requisitos adicionais.

## **1.8 - ASTM A961 – 02**

Especificação dos Requisitos Comuns para Flanges, Conexões Forjadas, Válvulas e Componentes, de Aço, para Aplicação em Tubulações.

Esta especificação compreende um grupo de requisitos comuns que se aplicam a flanges, conexões forjadas, válvulas e componentes, de aço, para aplicações em tubulação sob quaisquer das seguintes especificações individuais de produto:

- A105 / A105M - Forjados, Aço Carbono, para Componentes de Tubulação.
- A 181 / A 181M - Forjados, Aço Carbono, para Tubulação de Uso Geral.
- A182 / A182M - Flanges de Aço-Liga Forjado ou Laminado, Conexões Forjadas, Válvulas e Componentes p/Serviço a Alta Temperatura.
- A 350 / A350M - Forjados, Aço Carbono e Baixa Liga, com Requisitos de Teste de Resistência ao Efeito Entalhe.
- A 522 / A 522M - Flanges, Conexões, Válvulas e Componentes, Forjados ou Laminados, de Aço Liga c/ 8 e 9% Níquel, para Serviço a Baixa Temperatura.
- A 694 / A 694M - Forjados, Aço Carbono e Aço Liga, para Flanges, Conexões, Válvulas e Componentes, para Serviço de Transmissão a Alta Pressão.
- A 707 / A 707M - Flanges Forjados de Aço Carbono e Aço Liga, para Serviço a Baixa Temperatura.
- A 727 / A 727M - Forjados, Aço Carbono, p/Componentes de Tubulação c/ Resistência de Entalhe Inerente.
- A 836 / A 836M - Forjados, Aço Carbono Estabilizado c/Titânio, p/ Tubulação Revestida de Vidro a Serviço de Vasos de Pressão.

Em caso de conflito entre um requisito da especificação individual do produto e uma exigência desta norma genérica, os requisitos daquele primeiro prevalecerão sobre os desta especificação.

## 2 - MATÉRIA PRIMA.

### 2.1 - ASTM A105/A 105/M - 05

Os materiais deverão atender aos requisitos químicos especificados na Tabela 2.1, não podendo ser utilizado aços aos quais tenha sido adicionado chumbo.

**TABELA 2.1**

| <b>Elemento</b> | <b>Composição, %</b>      |
|-----------------|---------------------------|
| Carbono         | 0.35 máx.                 |
| Manganês        | 0.60 – 1.05               |
| Fósforo         | 0.035 máx.                |
| Enxofre         | 0.040 máx.                |
| Silício         | 0.10 – 0.35               |
| Cobre           | 0.40 máx. <sup>A</sup>    |
| Níquel          | 0.40 máx. <sup>A</sup>    |
| Cromo           | 0.30 máx. <sup>A, B</sup> |
| Molibdênio      | 0.12 máx. <sup>A, B</sup> |
| Vanádio         | 0.08 máx.                 |

Nota: Para cada redução de 0.01% abaixo do máximo de carbono especificado (0.35%), será permitido um aumento de 0.06% de manganês acima do máximo especificado (1.05%), até a um máximo de 1.35%.

<sup>A</sup> A soma de cobre, níquel, cromo, molibdênio e vanádio não poderá exceder a 1.00%.

<sup>B</sup> A soma de cromo e molibdênio não poderá exceder a 0.32%.

### 2.2 - ASTM A182/A 182/M – 05a

Deverá ser realizada uma análise química de cada corrida, estando em conformidade com a norma A 961/A 961M, e atendendo à composição química prescrita na Tabela 2.

Não é permitida a utilização de matérias os quais foram adicionados chumbo, selênio ou outros elementos que tenham a finalidade de tornar o material de fácil usinagem ou a utilização de materiais de base que contenham elemento não especificados no respectivo grau na tabela 2.2.

A análise química deverá ser verificada quanto ao percentual de cada elemento para que seja enquadrado no grau correto conforme tabela 2.2.

TABELA 2.2

| Símbolo de Identificação | Designação UNS | Grau                                                                                               | Composição, % |           |         |         |           |           |             |            |             |             |                                                                                    |
|--------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-------------|------------|-------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|                          |                |                                                                                                    | Carbono       | Manganês  | Fósforo | Enxofre | Silício   | Níquel    | Cromo       | Molibdênio | Colúmbio    | Titânio     | Outros Elementos                                                                   |
| Aços de Baixa Liga       |                |                                                                                                    |               |           |         |         |           |           |             |            |             |             |                                                                                    |
| F 1                      | K12822         | carbono-molibdênio                                                                                 | 0.28          | 0.60-0.90 | 0.045   | 0.045   | 0.15-0.35 |           |             | 0.44-0.65  |             |             |                                                                                    |
| F 2 <sup>B</sup>         | K12122         | 0.5% cromo, 0.5% molibidênio                                                                       | 0.05-0.21     | 0.30-0.80 | 0.040   | 0.040   | 0.10-0.60 |           | 0.50-0.81   | 0.44-0.65  |             |             |                                                                                    |
| F 5 <sup>C</sup>         | K41545         | 4 a 6% cromo                                                                                       | 0.15          | 0.30-0.60 | 0.030   | 0.030   | 0.50      | 0.50      | 4.0-6.0     | 0.44-0.65  |             |             |                                                                                    |
| F 5a <sup>C</sup>        | K42544         | 4 a 6% cromo                                                                                       | 0.25          | 0.60      | 0.040   | 0.030   | 0.50      | 0.50      | 4.0-6.0     | 0.44-0.65  |             |             |                                                                                    |
| F 9                      | K90941         | 9% cromo                                                                                           | 0.15          | 0.30-0.60 | 0.030   | 0.030   | 0.50-1.00 |           | 8.0-10.0    | 0.90-1.10  |             |             |                                                                                    |
| F 10                     | S33100         | 20 níquel, 8 cromo                                                                                 | 0.10-0.20     | 0.50-0.80 | 0.040   | 0.030   | 1.00-1.40 | 19.0-22.0 | 7.0-9.0     |            |             |             |                                                                                    |
| F 91                     | K90901         | 9% cromo, 1% molibidênio, 0.2% vanádio + colúmbio e nitrogênio                                     | 0.08-0.12     | 0.30-0.60 | 0.020   | 0.010   | 0.20-0.50 | 0.40      | 8.0-9.5     | 0.85-1.05  | 0.06-0.10   |             | N 0.03-0.07<br>Al 0.04<br>V 0.18-0.25                                              |
| F 92                     | K92460         | 9% cromo, 1.8% tungstênio, 0.2% vanádio + colúmbio                                                 | 0.07-0.13     | 0.30-0.60 | 0.020   | 0.010   | 0.50      | 0.40      | 8.50-9.50   | 0.30-0.60  | 0.04-0.09   |             | V 0.15-0.25<br>N 0.030-0.070<br>Al 0.04<br>W1.50-2.00<br>B 0.001-0.006             |
| F 122                    | K91271         | 11% cromo, 2% tungstênio, 0.2% vanádio, + molibidênio, colúmbio, cobre, níquel, nitrogênio, e boro | 0.07-0.14     | 0.70      | 0.020   | 0.010   | 0.50      | 0.50      | 10.00-12.50 | 0.25-0.60  | 0.04-0.10   |             | V 0.15-0.30<br>B 0.005<br>N 0.040-0.100<br>Al 0.040<br>Cu 0.30-1.70<br>W 1.50-2.50 |
| F 911                    | K91061         | 9% cromo, 1% molibidênio, 0.2% vanádio + colúmbio e nitrogênio                                     | 0.09-0.13     | 0.30-0.60 | 0.020   | 0.010   | 0.10-0.50 | 0.40      | 8.5-9.5     | 0.90-1.10  | 0.060-0.10  |             | W 0.90-1.10<br>Al 0.04<br>N 0.04-0.09<br>V 0.18-0.25<br>B 0.0003-0.006             |
| F 11<br>Classe 1         | K11597         | 1.25% cromo, 0.5% molibidênio                                                                      | 0.05-0.15     | 0.30-0.60 | 0.030   | 0.030   | 0.50-1.00 |           | 1.00-1.50   | 0.44-0.65  |             |             |                                                                                    |
| F 11<br>Classe 2         | K11572         | 1.25% cromo, 0.5% molibidênio                                                                      | 0.10-0.20     | 0.30-0.80 | 0.040   | 0.040   | 0.50-1.00 |           | 1.00-1.50   | 0.44-0.65  |             |             |                                                                                    |
| F 11<br>Classe 3         | K11572         | 1.25% cromo, 0.5% molibidênio                                                                      | 0.10-0.20     | 0.30-0.80 | 0.040   | 0.040   | 0.50-1.00 |           | 1.00-1.50   | 0.44-0.65  |             |             |                                                                                    |
| F12<br>Classe 1          | K11562         | 1% cromo, 0.5% molibidênio                                                                         | 0.05-0.15     | 0.30-0.60 | 0.045   | 0.045   | 0.50 max. |           | 0.80-1.25   | 0.44-0.65  |             |             |                                                                                    |
| F12<br>Classe 2          | K11564         | 1% cromo, 0.5% molibidênio                                                                         | 0.10-0.20     | 0.30-0.80 | 0.040   | 0.040   | 0.10-0.60 |           | 0.80-1.25   | 0.44-0.65  |             |             |                                                                                    |
| F 21                     | K31545         | cromo-molibdênio                                                                                   | 0.05-0.15     | 0.30-0.60 | 0.040   | 0.040   | 0.50 máx. |           | 2.7-3.3     | 0.80-1.06  |             |             |                                                                                    |
| F 3V                     | K31830         | 3% cromo, 1% molibidênio, 0.25% vanádio + boro e titânio                                           | 0.05-0.18     | 0.30-0.60 | 0.020   | 0.020   | 0.10      |           | 2.8-3.2     | 0.90-1.10  |             | 0.015-0.035 | V 0.20-0.30<br>B 0.001-0.003                                                       |
| F 3VCb                   | K31390         | 3% cromo, 1% molibidênio, 0.25% vanádio + boro, colúmbio, e titânio                                | 0.10-0.15     | 0.30-0.60 | 0.020   | 0.010   | 0.10      | 0.25      | 2.7-3.3     | 0.90-1.10  | 0.015-0.070 | 0.015       | V 0.20-0.30<br>Cu 0.25<br>Ca 0.0005-0.0150                                         |
| F 22<br>Classe 1         | K 21590        | cromo-molibdênio                                                                                   | 0.05-0.15     | 0.30-0.60 | 0.040   | 0.040   | 0.50      |           | 2.00-2.50   | 0.87-1.13  |             |             |                                                                                    |

TABELA 2.2 (continuação)

| Símbolo de Identificação              | Designação UNS | Grau                                                                                   | Composição, % |           |         |         |           |           |           |            |             |           |                                                                     |
|---------------------------------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|-----------|---------------------------------------------------------------------|
|                                       |                |                                                                                        | Carbono       | Manganês  | Fósforo | Enxofre | Silício   | Níquel    | Cromo     | Molibdênio | Colúmbio    | Titânio   | Outros Elementos                                                    |
| F 22<br>Classe 3                      | K 21590        | cromo-molibdênio                                                                       | 0.05-0.15     | 0.30-0.60 | 0.040   | 0.040   | 0.50      |           | 2.00-2.50 | 0.87-1.13  |             |           |                                                                     |
| F 22V                                 | K 31835        | 2.25 cromo,<br>1% molibdênio,<br>0.25% vanádio                                         | 0.11-0.15     | 0.30-0.60 | 0.015   | 0.010   | 0.10      | 0.25      | 2.00-2.50 | 0.90-1.10  | 0.07        | 0.030     | Cu 0.20<br>V 0.25-0.35<br>B 0.002<br>Ca 0.015 <sup>D</sup>          |
| F 23                                  | K41650         | 2.25% cromo,<br>1.6% tungstênio,<br>0.25% vanádio, + molib-<br>dênio, colúmbio, e boro | 0.04-0.10     | 0.10-0.60 | 0.030   | 0.010   | 0.50      |           | 1.90-2.60 | 0.05-0.30  | 0.02-0.08   |           | V 0.20-0.30<br>B 0.0005-0.006<br>N 0.030<br>Al 0.030<br>W 1.45-1.75 |
| F 24                                  | K30736         | 2.25% cromo,<br>1% molibdênio,<br>0.25% vanádio +<br>titânio e boro                    | 0.05-0.10     | 0.30-0.70 | 0.020   | 0.010   | 0.15-0.45 |           | 2.20-2.60 | 0.90-1.10  |             | 0.06-0.10 | V 0.20-0.30<br>N 0.12<br>Al 0.020<br>B 0.0015-0.0070                |
| FR                                    | K22035         | 2% Níquel, 1% cobre                                                                    | 0.20          | 0.40-1.06 | 0.045   | 0.050   |           | 1.60-2.24 |           |            |             |           | Cu 0.75-1.25                                                        |
| F 36                                  | K21001         | 1.15% níquel,<br>0.65% cobre,<br>molibdênio, e colúmbio                                | 0.10-0.17     | 0.80-1.20 | 0.030   | 0.025   | 0.25-0.50 | 1.00-1.30 | 0.30      | 0.25-0.50  | 0.015-0.045 |           | N 0.020<br>Al 0.050<br>Cu 0.50-0.80<br>V 0.02                       |
| <b>Aços Inoxidáveis Martensíticos</b> |                |                                                                                        |               |           |         |         |           |           |           |            |             |           |                                                                     |
| F 6a                                  | S41000         | 13% cromo<br>410 <sup>F</sup>                                                          | 0.15          | 1.00      | 0.040   | 0.030   | 1.00      | 0.50      | 11.5-13.5 |            |             |           |                                                                     |
| F 6b                                  | S41026         | 13% cromo,<br>0.5% molibdênio                                                          | 0.15          | 1.00      | 0.020   | 0.020   | 1.00      | 1.00-2.00 | 11.5-13.5 | 0.40-0.60  |             |           | Cu 0.50                                                             |
| F 6NM                                 | S41500         | 13% cromo, 4% níquel                                                                   | 0.05          | 0.50-1.00 | 0.030   | 0.030   | 0.60      | 3.5-5.5   | 11.5-14.0 | 0.50-1.00  |             |           |                                                                     |
| <b>Aços Inoxidáveis Ferríticos</b>    |                |                                                                                        |               |           |         |         |           |           |           |            |             |           |                                                                     |
| F XM-<br>27 Cb <sup>F</sup>           | S44627         | 27 cromo, 1 molibdênio<br>XM-27 <sup>F</sup>                                           | 0.010         | 0.40      | 0.020   | 0.020   | 0.40      | 0.50      | 25.0-27.5 | 0.75-1.50  | 0.05-0.20   |           | N 0.015<br>Cu 0.20                                                  |
| F 429                                 | S42900         | 15 cromo<br>429 <sup>F</sup>                                                           | 0.12          | 1.00      | 0.040   | 0.030   | 0.75      | 0.50      | 14.0-16.0 |            |             |           |                                                                     |
| F 430                                 | S43000         | 17 cromo<br>430 <sup>F</sup>                                                           | 0.12          | 1.00      | 0.040   | 0.030   | 0.75      | 0.50      | 16.0-18.0 |            |             |           |                                                                     |
| <b>Aços Inoxidáveis Austeníticos</b>  |                |                                                                                        |               |           |         |         |           |           |           |            |             |           |                                                                     |
| F 304 <sup>a</sup>                    | S30400         | 18 cromo, 8 níquel<br>304 <sup>F</sup>                                                 | 0.08          | 2.00      | 0.045   | 0.030   | 1.00      | 8.0-11.0  | 18.0-20.0 |            |             |           |                                                                     |
| F 304H                                | S30409         | 18 cromo, 8 níquel<br>304H <sup>F</sup>                                                | 0.04-0.10     | 2.00      | 0.045   | 0.030   | 1.00      | 8.0-11.0  | 18.0-20.0 |            |             |           |                                                                     |
| F 304L <sup>u</sup>                   | S30403         | 18 cromo, 8 níquel,<br>baixo carbono<br>304L <sup>F</sup>                              | 0.030         | 2.00      | 0.045   | 0.030   | 1.00      | 8.0-13.0  | 18.0-20.0 |            |             |           |                                                                     |
| F 304N <sup>H</sup>                   | S30451         | 18 cromo, 8 níquel,<br>modificado c/nitrogênio<br>304N <sup>F</sup>                    | 0.08          | 2.00      | 0.045   | 0.030   | 1.00      | 8.0-10.5  | 18.0-20.0 |            |             |           |                                                                     |
| F 304LN <sup>H</sup>                  | S30453         | 18 cromo, 8 níquel,<br>modificado c/nitrogênio<br>304LN <sup>F</sup>                   | 0.030         | 2.00      | 0.045   | 0.030   | 1.00      | 8.0-10.5  | 18.0-20.0 |            |             |           |                                                                     |

TABELA 2.2 (continuação)

| Símbolo de Identificação | Designação UNS | Grau                                                                                           | Composição, % |          |         |         |         |           |           |                |          |         |                  |
|--------------------------|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------|---------|---------|---------|-----------|-----------|----------------|----------|---------|------------------|
|                          |                |                                                                                                | Carbono       | Manganês | Fósforo | Enxofre | Silício | Níquel    | Cromo     | Molibdêni<br>o | Colúmbio | Titânio | Outros Elementos |
| F 309H                   | S30909         | 23 cromo, 13,5 níquel 309H <sup>E</sup>                                                        | 0.04-0.10     | 2.00     | 0.045   | 0.030   | 1.00    | 12.0-15.0 | 22.0-24.0 |                |          |         |                  |
| F 310                    | S31000         | 25 cromo, 20 níquel 310 <sup>E</sup>                                                           | 0.25          | 2.00     | 0.045   | 0.030   | 1.00    | 19.0-22.0 | 24.0-26.0 |                |          |         |                  |
| F 310H                   | S31009         | 25 cromo, 20 níquel 310H <sup>E</sup>                                                          | 0.04-0.10     | 2.00     | 0.045   | 0.030   | 1.00    | 19.0-22.0 | 24.0-26.0 |                |          |         |                  |
| F 310MoLN                | S31050         | 25 cromo, 22 níquel, modificado c/ molibdênio e nitrogênio, baixo carbono 310MoLN <sup>E</sup> | 0.030         | 2.00     | 0.030   | 0.015   | 0.40    | 21.0-23.0 | 24.0-26.0 | 2.00-3.00      |          |         | N 0.10-0.16      |
| F 316 <sup>H</sup>       | S31600         | 18 cromo, 8 níquel, modificado c/ molibdênio 316 <sup>E</sup>                                  | 0.08          | 2.00     | 0.045   | 0.030   | 1.00    | 10.0-14.0 | 16.0-18.0 | 2.00-3.00      |          |         |                  |
| F 316H                   | S31609         | 18 cromo, 8 níquel, modificado c/ molibdênio 316H <sup>E</sup>                                 | 0.04-0.10     | 2.00     | 0.045   | 0.030   | 1.00    | 10.0-14.0 | 16.0-18.0 | 2.00-3.00      |          |         |                  |
| F 316L <sup>G</sup>      | S31603         | 18 cromo, 8 níquel, modificado c/molibdênio, baixo carbono 316L <sup>E</sup>                   | 0.030         | 2.00     | 0.045   | 0.030   | 1.00    | 10.0-15.0 | 16.0-18.0 | 2.00-3.00      |          |         |                  |
| F 316N <sup>H</sup>      | S31651         | 18 cromo, 8 níquel, modificado c/ molibdênio e nitrogênio 316N <sup>F</sup>                    | 0.08          | 2.00     | 0.045   | 0.030   | 1.00    | 11.0-14.0 | 16.0-18.0 | 2.00-3.00      |          |         |                  |
| F 316LN <sup>H</sup>     | S31653         | 18 cromo, 8 níquel, modificado c/ molibdênio e nitrogênio 316LN <sup>E</sup>                   | 0.030         | 2.00     | 0.045   | 0.030   | 1.00    | 11.0-14.0 | 16.0-18.0 | 2.00-3.00      |          |         |                  |
| F 317                    | S31700         | 19 cromo, 13 níquel, 3,5 molibdênio 317 <sup>E</sup>                                           | 0.08          | 2.00     | 0.045   | 0.030   | 1.00    | 11.0-15.0 | 18.0-20.0 | 3.0-4.0        |          |         |                  |
| F 317L                   | S31703         | 19 cromo, 13 níquel, 3,5 molibdênio 317L <sup>E</sup>                                          | 0.030         | 2.00     | 0.045   | 0.030   | 1.00    | 11.0-15.0 | 18.0-20.0 | 3.0-4.0        |          |         |                  |
| F 321                    | S32100         | 18 cromo, 8 níquel, modificado c/ titânio 321 <sup>E</sup>                                     | 0.08          | 2.00     | 0.045   | 0.030   | 1.00    | 9.0-12.0  | 17.0-19.0 |                |          |         |                  |
| F 321H                   | S32109         | 18 cromo, 8 níquel, modificado c/ titânio 321H <sup>E</sup>                                    | 0.04-0.10     | 2.00     | 0.045   | 0.030   | 1.00    | 9.0-12.0  | 17.0-19.0 |                |          |         |                  |
| F 347                    | S34700         | 18 cromo, 8 níquel, modificado c/ colúmbio 347 <sup>E</sup>                                    | 0.08          | 2.00     | 0.045   | 0.030   | 1.00    | 9.0-13.0  | 17.0-20.0 |                |          |         |                  |
| F 347H                   | S34709         | 18 cromo, 8 níquel, modificado c/ colúmbio 347H <sup>E</sup>                                   | 0.04-0.10     | 2.00     | 0.045   | 0.030   | 1.00    | 9.0-13.0  | 17.0-20.0 |                |          |         |                  |

TABELA 2.2 (continuação)

| Símbolo de Identificação                | Designação<br>o<br>UNS | Grau                                                                | Composição, % |           |         |         |           |           |           |                |                         |         |                                            |
|-----------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|----------------|-------------------------|---------|--------------------------------------------|
|                                         |                        |                                                                     | Carbono       | Manganês  | Fósforo | Enxofre | Silício   | Níquel    | Cromo     | Molibdêni<br>o | Colúmbio                | Titânio | Outros<br>Elementos                        |
| F 348                                   | S34800                 | 18 cromo, 8 níquel<br>modificado c/ colúmbio<br>348 <sup>E</sup>    | 0.08          | 2.00      | 0.045   | 0.030   | 1.00      | 9.0-13.0  | 17.0-20.0 |                | <u>K</u>                |         | Co 0.20<br>Ta 0.10                         |
| F 348H                                  | S34809                 | 18 cromo, 8 níquel<br>modificado c/ colúmbio<br>348H <sup>E</sup>   | 0.04-0.10     | 2.00      | 0.045   | 0.030   | 1.00      | 9.0-13.0  | 17.0-20.0 |                | <u>L</u>                |         | Co 0.20<br>Ta 0.10                         |
| F XM-11                                 | S21904                 | 20 cromo, 6 níquel,<br>9 manganês<br>XM-11 <sup>E</sup>             | 0.040         | 8.0-10.0  | 0.060   | 0.030   | 1.00      | 5.5-7.5   | 19.0-21.5 |                |                         |         | N 0.15-0.40                                |
| F XM-19                                 | S20910                 | 22 cromo, 13 níquel,<br>5 manganês<br>XM-19 <sup>E</sup>            | 0.06          | 4.0-6.0   | 0.040   | 0.030   | 1.00      | 11.5-13.5 | 20.5-23.5 | 1.50-3.00      | <u>0.10-0.30</u>        |         | N 0.20-0.40<br>V 0.10-0.30                 |
| F 20                                    | N08020                 | 35 níquel, 20 cromo,<br>3.5 cobre, 2.5 molibdênio                   | 0.07          | 2.00      | 0.045   | 0.035   | 1.00      | 32.0-38.0 | 19.0-21.0 | 2.00-3.00      | <u>8xCmin-<br/>1.00</u> |         | Cu 3.0-4.0                                 |
| F 44                                    | S31254                 | 20 cromo, 18 níquel,<br>6 molibdênio,<br>baixo carbono              | 0.020         | 1.00      | 0.030   | 0.010   | 0.80      | 17.5-18.5 | 19.5-20.5 | 6.0-6.5        |                         |         | Cu 0.50-1.00<br>N 0.18-0.22                |
| F 45                                    | S30815                 | 21 cromo, 11 níquel<br>modificado c/ nitrogênio<br>e cério          | 0.05-0.10     | 0.80      | 0.040   | 0.030   | 1.40-2.00 | 10.0-12.0 | 20.0-22.0 |                |                         |         | N 0.14-0.20<br>Ce 0.03-0.08                |
| F 46                                    | S30600                 | 18 cromo, 15 níquel,<br>4 silício                                   | 0.018         | 2.00      | 0.020   | 0.020   | 3.7-4.3   | 14.0-15.5 | 17.0-18.5 | 0.20           |                         |         | Cu 0.50                                    |
| F 47                                    | S31725                 | 19 cromo, 15 níquel,<br>4 molibdênio<br>317LM <sup>E</sup>          | 0.030         | 2.00      | 0.045   | 0.030   | 0.75      | 13.0-17.5 | 18.0-20.0 | 4.0-5.0        |                         |         | N 0.10                                     |
| F 48                                    | S31726                 | 19 cromo, 15 níquel,<br>4 molibdênio<br>317LMN <sup>E</sup>         | 0.030         | 2.00      | 0.045   | 0.030   | 0.75      | 13.5-17.5 | 17.0-20.0 | 4.0-5.0        |                         |         | N 0.10-0.20                                |
| F 49                                    | S34565                 | 24 cromo, 17 níquel,<br>6 manganês,<br>5 molibdênio                 | 0.030         | 5.0-7.0   | 0.030   | 0.010   | 1.00      | 16.0-18.0 | 23.0-25.0 | 4.0-5.0        | <u>0.10</u>             |         | N 0.40-0.60                                |
| F 56                                    | S33228                 | 32 níquel, 27 cromo com<br>colúmbio                                 | 0.04-0.08     | 1.00      | 0.020   | 0.015   | 0.30      | 31.0-33.0 | 26.0-28.0 |                | <u>0.6-1.0</u>          |         | Ce 0.05-0.10<br>Al 0.025                   |
| F 58                                    | S31266                 | 24 cromo, 20 níquel,<br>6 molibdênio,<br>2 tungstênio c/ nitrogênio | 0.030         | 2.0-4.0   | 0.035   | 0.020   | 1.00      | 21.0-24.0 | 23.0-25.0 | 5.2-6.2        |                         |         | N 0.35-0.60<br>Cu 1.00-2.50<br>W 1.50-2.50 |
| F 62                                    | N08367                 | 21 cromo, 25 níquel,<br>6.5 molibdênio                              | 0.030         | 2.00      | 0.040   | 0.030   | 1.00      | 23.5-25.5 | 20.0-22.0 | 6.0-7.0        |                         |         | N 0.18-0.25<br>Cu 0.75                     |
| F 63                                    | S32615                 | 18 cromo, 20 níquel,<br>5.5 silício                                 | 0.07          | 2.00      | 0.045   | 0.030   | 4.8-6.0   | 19.0-22.0 | 16.5-19.5 | 0.30-1.50      |                         |         | Cu 1.50-2.50                               |
| F 64                                    | S30601                 | 17.5 cromo, 17.5 níquel,<br>5.3 silício                             | 0.015         | 0.50-0.80 | 0.030   | 0.013   | 5.0-5.6   | 17.0-18.0 | 17.0-18.0 | 0.20           |                         |         | Cu 0.35<br>N 0.05                          |
| F 904L                                  | N08904                 | 21 cromo, 26 níquel,<br>4.5 molibdênio<br>904L <sup>E</sup>         | 0.020         | 2.0       | 0.040   | 0.030   | 1.00      | 23.0-28.0 | 19.0-23.0 | 4.0-5.0        |                         |         | Cu 1.00-2.00<br>N 0.10                     |
| Aços Inoxidáveis Ferrítico-Austeníticos |                        |                                                                     |               |           |         |         |           |           |           |                |                         |         |                                            |
| F 50                                    | S31200                 | 25 cromo, 6 níquel,<br>modificado c/ nitrogênio                     | 0.030         | 2.00      | 0.045   | 0.030   | 1.00      | 5.5-6.5   | 24.0-26.0 | 1.20-2.00      |                         |         | N 0.14-0.20                                |
| F 51                                    | S31803                 | 22 cromo, 5.5 níquel,<br>modificado c/ nitrogênio                   | 0.030         | 2.00      | 0.030   | 0.020   | 1.00      | 4.5-6.5   | 21.0-23.0 | 2.5-3.5        |                         |         | N 0.08-0.20                                |

TABELA 2.2 (continuação)

| Símbolo de Identificação | Designação UNS | Grau                                                                           | Composição, % |          |         |         |         |         |           |            |          |         |                                                         |
|--------------------------|----------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------|---------|---------|---------|---------|-----------|------------|----------|---------|---------------------------------------------------------|
|                          |                |                                                                                | Carbono       | Manganês | Fósforo | Enxofre | Silício | Níquel  | Cromo     | Molibdênio | Colúmbio | Titânio | Outros Elementos                                        |
| F 52                     | S32950         | 26 cromo, 3,5 níquel, 1,0 molibdênio                                           | 0.030         | 2.00     | 0.035   | 0.010   | 0.60    | 3.5-5.2 | 26.0-29.0 | 1.00-2.50  |          |         | N 0.15-0.35                                             |
| F 53                     | S32750         | 25 cromo, 7 níquel, 4 molibdênio, modificado c/ nitrogênio 2507 <sup>F</sup>   | 0.030         | 1.20     | 0.035   | 0.020   | 0.80    | 6.0-8.0 | 24.0-26.0 | 3.0-5.0    |          |         | N 0.24-0.32<br>Cu 0.50                                  |
| F 54                     | S39274         | 25 cromo, 7 níquel, modificado c/ nitrogênio e tungstênio                      | 0.030         | 1.00     | 0.030   | 0.020   | 0.80    | 6.0-8.0 | 24.0-26.0 | 2.5-3.5    |          |         | N 0.24-0.32<br>Cu 0.20-0.80<br>W 1.50-2.50              |
| F 55                     | S32760         | 25 cromo, 7 níquel, 3,5 molibdênio, modificado c/ nitrogênio e tungstênio      | 0.030         | 1.00     | 0.030   | 0.010   | 1.00    | 6.0-8.0 | 24.0-26.0 | 3.0-4.0    |          |         | N 0.20-0.30<br>Cu 0.50-1.00<br>W 0.50-1.00 <sup>M</sup> |
| F 57                     | S39277         | 26 cromo, 7 níquel, 3,7 molibdênio                                             | 0.025         | 0.80     | 0.025   | 0.002   | 0.80    | 6.5-8.0 | 24.0-26.0 | 3.0-4.0    |          |         | Cu 1.20-2.00<br>W 0.80-1.20<br>N 0.23-0.33              |
| F 59                     | S32520         | 25 cromo, 6,5 níquel, 4 molibdênio com nitrogênio                              | 0.030         | 1.50     | 0.035   | 0.020   | 0.80    | 5.5-8.0 | 24.0-26.0 | 3.0-5.0    |          |         | N 0.20-0.35<br>Cu 0.50-3.00                             |
| F 60                     | S32205         | 22 cromo, 5,5 níquel, 3 molibdênio, modificado c/ nitrogênio 2205 <sup>F</sup> | 0.030         | 2.00     | 0.030   | 0.020   | 1.00    | 4.5-6.5 | 22.0-23.0 | 3.0-3.5    |          |         | N 0.14-0.20                                             |
| F 61                     | S32550         | 26 cromo, 6 níquel, 3,5 molibdênio com nitrogênio e cobre 255 <sup>F</sup>     | 0.040         | 1.50     | 0.040   | 0.030   | 1.00    | 4.5-6.5 | 24.0-27.0 | 2.9-3.9    |          |         | Cu 1.50-2.50<br>N 0.10-0.25                             |

<sup>A</sup> Todos os valores são máximos, salvo indicado em contrário.

<sup>B</sup> O grau F 2 foi anteriormente designado ao grau 1% cromo, 0.5 molibdênio, que agora é Grau F 12.

<sup>C</sup> O presente grau F 5a (0.25 de carbono máx.) anterior a 1955 recebeu o símbolo de identificação F 5. O símbolo de identificação F 5 em 1955 foi designado para o grau 0.15 de carbono máx., a fim de manter conformidade com as especificações ASTM para outros produtos tais como tubos, tubulação, parafusos, conexões para soldagem, etc.

<sup>D</sup> Para o Grau F22V, materiais ferrosos raros (REM) poderão ser adicionados em lugar do cálcio, sujeito a prévio acordo entre o produtor e o comprador. Nesse caso, o teor total de REM será determinado e relatado.

<sup>E</sup> Sistema de denominação desenvolvido e aplicado pela ASTM.

<sup>F</sup> O Grau F XM-27Cb deverá possuir um teor de níquel + cobre de 0.50 máx. %. A tolerância na análise do produto acima do limite máximo especificado para carbono e nitrogênio será de 0.002 %.

<sup>G</sup> Os Graus F 304, F 304L, F 316 e F 316L deverão possuir um teor máximo de nitrogênio de 0.10 %.

<sup>H</sup> Os Graus F 304N, F 316N, F 304LN e F 316LN deverão possuir um teor de nitrogênio de 0.10 a 0.16 %.

<sup>I</sup> O Grau F 321 deverá possuir um teor de titânio não inferior a cinco vezes o teor de carbono, e não superior a 0.70 %.

<sup>J</sup> O Grau F 321H deverá possuir um teor de titânio não inferior a quatro vezes o teor de carbono, e não superior a 0.70 %.

<sup>K</sup> Os Graus F 347 e F 348 deverão possuir um teor de colúmbio não inferior a dez vezes o teor de carbono, e não superior a 1.10 %.

<sup>L</sup> Os Graus F 347H e F 348H deverão possuir um teor de colúmbio não inferior a oito vezes o teor de carbono, e não superior a 1.10 %.

<sup>M</sup> % Cr + 3.3 X % Mo + 16 X % N = 40 min.

## 2.3 - ASTM A234/A 234/M – 05a

A matéria prima utilizada para fabricação de conexões conforme esta norma consiste em aço acalmado, forjados, barras, chapas, produtos tubulares com ou sem costura, não é permitida a utilização de materiais que contenham elemento não especificados no respectivo grau e devendo atender aos requisitos químicos da Tabela 2.3. O uso de desoxidantes ou o uso criterioso de elementos para controle de tamanho de grão é permitido.

A análise química de cada corrida deverá ser verificada quanto ao percentual de cada elemento para que seja enquadrado no grau correto conforme tabela 2.3.

**TABELA 2.3**

| Grau e Símbolo de Marcação <sup>A</sup> | Composição, % |           |               |               |           |           |            |           |           |                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------|-----------|------------|-----------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                         | Carbono       | Manganês  | Fósforo, máx. | Enxofre, máx. | Silício   | Cromo     | Molibdênio | Níquel    | Cobre     | Outros                                                                                                                             |
| WPB <sup>B,C,D,E,F</sup>                | 0.30 max      | 0.29–1.06 | 0.050         | 0.058         | 0.10 min  | 0.40 max  | 0.15 max   | 0.40 max  | 0.40 max  | Vanádio 0.08 max                                                                                                                   |
| WPC <sup>C,D,E,F</sup>                  | 0.35 max      | 0.29–1.06 | 0.050         | 0.058         | 0.10 min  | 0.40 max  | 0.15 max   | 0.40 max  | 0.40 max  | Vanádio 0.08 max                                                                                                                   |
| WP1                                     | 0.28 max      | 0.30–0.90 | 0.045         | 0.045         | 0.10–0.50 | ...       | 0.44–0.65  | ...       | ...       | ...                                                                                                                                |
| WP12 CL1 e CL2                          | 0.05–0.20     | 0.30–0.80 | 0.045         | 0.045         | 0.60 max  | 0.80–1.25 | 0.44–0.65  | ...       | ...       | ...                                                                                                                                |
| WP11 CL1                                | 0.05–0.15     | 0.30–0.60 | 0.030         | 0.030         | 0.50–1.00 | 1.00–1.50 | 0.44–0.65  | ...       | ...       | ...                                                                                                                                |
| WP11 CL2 e CL3                          | 0.05–0.20     | 0.30–0.80 | 0.040         | 0.040         | 0.50–1.00 | 1.00–1.50 | 0.44–0.65  | ...       | ...       | ...                                                                                                                                |
| WP22 CL1 e CL3                          | 0.05–0.15     | 0.30–0.60 | 0.040         | 0.040         | 0.50 max  | 1.90–2.60 | 0.87–1.13  | ...       | ...       | ...                                                                                                                                |
| WP5 CL1 e CL3                           | 0.15 max      | 0.30–0.60 | 0.040         | 0.030         | 0.50 max  | 4.0–6.0   | 0.44–0.65  | ...       | ...       | ...                                                                                                                                |
| WP9 CL1 e CL3                           | 0.15 max      | 0.30–0.60 | 0.030         | 0.030         | 1.00 max  | 8.0–10.0  | 0.90–1.10  | ...       | ...       | ...                                                                                                                                |
| WPR                                     | 0.20 max      | 0.40–1.06 | 0.045         | 0.050         | ...       | ...       | ...        | 1.60–2.24 | 0.75–1.25 | ...                                                                                                                                |
| WP91                                    | 0.08–0.12     | 0.30–0.60 | 0.020         | 0.010         | 0.20–0.50 | 8.0–9.5   | 0.85–1.05  | 0.40 max  | ...       | Vanádio 0.18–0.25<br>Colúmbio 0.06–0.10<br>Nitrogênio 0.03–0.07<br>Alumínio 0.04 max                                               |
| WP911                                   | 0.09–0.13     | 0.30–0.60 | 0.020         | 0.010         | 0.10–0.50 | 8.5–9.5   | 0.90–1.10  | 0.40 max  | ...       | Vanádio 0.18–0.25<br>Colúmbio 0.060–0.10<br>Nitrogênio 0.04–0.09<br>Alumínio 0.04 max<br>Boro 0.0003–0.006<br>Tungstênio 0.90–1.10 |

NOTA 1 - Todos os requisitos são máximos, salvo indicado em contrário.

NOTA 2 - Onde aparece uma elipse (...) nesta tabela, não existe requisito.

<sup>A</sup> Quando as conexões forem de construção soldada, o grau e símbolo de marcação indicados acima serão complementados pela letra "W".

<sup>B</sup> As conexões fabricadas de barra ou chapa poderão ter um máximo de 0.35 de carbono.

<sup>C</sup> As conexões fabricadas de forjados poderão ter um máximo de 0.35 de carbono e um máximo de 0.35 silício sem um mínimo.

<sup>D</sup> Para cada redução de 0.01 % abaixo do teor máximo de carbono especificado, será permitido um aumento de 0.06 % de manganês acima do máximo especificado, até um máximo de 1.35 %.

<sup>E</sup> A soma de Cobre, Níquel, Cromo e Molibdênio não deverá exceder a 1.00 %.

<sup>F</sup> A soma de Cromo e Molibdênio não deverá exceder a 0.32 %.

## 2.4 - ASTM A350/A 350/M – 04a

Deverá ser realizada uma análise química de cada corrida, estando em conformidade com a norma A 961/A 961M, e atendendo à composição química prescrita na Tabela 2.4. Não é permitida a utilização de matérias os quais foram adicionados chumbo.

**TABELA 2.4**

| Elemento             | Composição, peso %      |                         |                       |                       |                         |                       |            |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|------------|
|                      | Grau LF1                | Grau LF2                | Grau LF3              | Grau LF5              | Grau LF6                | Grau LF9              | Grau LF787 |
| Carbono, máx.        | 0.30                    | 0.30                    | 0.20                  | 0.30                  | 0.22                    | 0.20                  | 0.07       |
| Manganês             | 0.60–1.35               | 0.60–1.35               | 0.90 max              | 0.60–1.35             | 1.15–1.50               | 0.40–1.06             | 0.40–0.70  |
| Fósforo, máx.        | 0.035                   | 0.035                   | 0.035                 | 0.035                 | 0.025                   | 0.035                 | 0.025      |
| Enxofre, máx.        | 0.040                   | 0.040                   | 0.040                 | 0.040                 | 0.025                   | 0.040                 | 0.025      |
| Silício <sup>A</sup> | 0.15–0.30               | 0.15–0.30               | 0.20–0.35             | 0.20–0.35             | 0.15–0.30               | ...                   | 0.40 max   |
| Níquel               | 0.40 max <sup>B</sup>   | 0.40 max <sup>B</sup>   | 3.3–3.7               | 1.0–2.0               | 0.40 max <sup>B</sup>   | 1.60–2.24             | 0.70–1.00  |
| Cromo                | 0.30 max <sup>B,C</sup> | 0.30 max <sup>B,C</sup> | 0.30 max <sup>C</sup> | 0.30 max <sup>C</sup> | 0.30 max <sup>B,C</sup> | 0.30 max <sup>C</sup> | 0.60–0.90  |
| Molibdênio           | 0.12 max <sup>B,C</sup> | 0.12 max <sup>B,C</sup> | 0.12 max <sup>C</sup> | 0.12 max <sup>C</sup> | 0.12 max <sup>B,C</sup> | 0.12 max <sup>C</sup> | 0.15–0.25  |
| Cobre                | 0.40 max <sup>B</sup>   | 0.40 max <sup>B</sup>   | 0.40 max <sup>C</sup> | 0.40 max <sup>C</sup> | 0.40 max <sup>B</sup>   | 0.75–1.25             | 1.00–1.30  |
| Columbio             | 0.02 max <sup>D</sup>   | 0.02 max <sup>D</sup>   | 0.02 max              | 0.02 max              | 0.02 max                | 0.02 max              | 0.02 min   |
| Vanádio              | 0.08 max                | 0.08 max                | 0.03 max              | 0.03 max              | 0.04–0.11               | 0.03 max              | 0.03 max   |
| Nitrogênio           | ...                     | ...                     | ...                   | ...                   | 0.01–0.030              | ...                   | ...        |

<sup>A</sup> Quando for exigida desoxidação ao carbono a vácuo através do Requisito Complementar S4, o teor de silício será de 0.12% máximo.

<sup>B</sup> A soma de cobre, níquel, cromo, vanádio e molibdênio não deverá exceder a 1.00 % na análise de corrida.

<sup>C</sup> A soma de cromo e molibdênio não deverá exceder a 0.32 % na análise de corrida.

<sup>D</sup> Mediante acordo, o limite para columbio poderá ser aumentado até 0.05 % na análise de corrida, e 0.06 % na análise de produto.

## 2.5 - ASTM A403/A 403/M – 04

A matéria prima utilizada para fabricação de conexões conforme esta norma consiste em forjados, barras, chapas, produtos tubulares com ou sem costura atendendo a Tabela 2.5. Uma lista dos nomes comuns é apresentada na Tabela 2.6.

A análise química de cada corrida deverá ser verificada quanto ao percentual de cada elemento para que seja enquadrado no grau correto conforme tabela 2.6.

Conexões de construção soldada, o conteúdo da liga (carbono, cromo, níquel, molibdênio, colúmbio, e tântalo) do metal de solda depositado deverá estar conforme aquele requerido para o metal base ou metal de solda equivalente, conforme especificação para metal de adição AWS A 5.4 ou A 5.9

TABELA 2.5

| Grau <sup>A</sup> |          | Composição, %  |                    |                 |                |                |                 |                        |           |           |              |                               |                                                   |
|-------------------|----------|----------------|--------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|------------------------|-----------|-----------|--------------|-------------------------------|---------------------------------------------------|
| Grau WP           | Grau CR  | Designação UNS | C <sup>B</sup>     | Mn <sup>B</sup> | P <sup>B</sup> | S <sup>B</sup> | Si <sup>B</sup> | Ni                     | Cr        | Mo        | Ti           | N <sub>2</sub> C <sup>C</sup> | Outros                                            |
| WPXM-19           | CRXM-19  | S20910         | 0.06               | 4.0–6.0         | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 11.5–13.5              | 20.5–23.5 | 1.50–3.00 | ...          | 0.20–0.40                     | <sup>D</sup>                                      |
| WP304             | CR304    | S30400         | 0.08               | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 8.0–11.0               | 18.0–20.0 | ...       | ...          | ...                           | ...                                               |
| WP304L            | CR304L   | S30403         | 0.030 <sup>E</sup> | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 8.0–12.0               | 18.0–20.0 | ...       | ...          | ...                           | ...                                               |
| WP304H            | CR304H   | S30409         | 0.04–0.10          | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 8.0–11.0               | 18.0–20.0 | ...       | ...          | ...                           | ...                                               |
| WP304N            | CR304N   | S30451         | 0.08               | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 8.0–11.0               | 18.0–20.0 | ...       | ...          | 0.10–0.16                     | ...                                               |
| WP304LN           | CR304LN  | S30453         | 0.030              | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 8.0–11.0               | 18.0–20.0 | ...       | ...          | 0.10–0.16                     | ...                                               |
| WP309             | CR309    | S30900         | 0.20               | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 12.0–15.0              | 22.0–24.0 | ...       | ...          | ...                           | ...                                               |
| WP310S            | CR310S   | S31008         | 0.08               | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 19.0–22.0              | 24.0–26.0 | ...       | ...          | ...                           | ...                                               |
| WPS31254          | CRS31254 | S31254         | 0.020              | 1.00            | 0.030          | 0.010          | 0.80            | 17.5–18.5              | 19.5–20.5 | 6.0–6.5   | ...          | 0.18–0.22                     | Cu 0.50–1.00                                      |
| WP316             | CR316    | S31600         | 0.08               | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 10.0–14.0              | 16.0–18.0 | 2.00–3.00 | ...          | ...                           | ...                                               |
| WP316L            | CR316L   | S31603         | 0.030 <sup>E</sup> | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 10.0–14.0 <sup>F</sup> | 16.0–18.0 | 2.00–3.00 | ...          | ...                           | ...                                               |
| WP316H            | CR316H   | S31609         | 0.04–0.10          | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 10.0–14.0              | 16.0–18.0 | 2.00–3.00 | ...          | ...                           | ...                                               |
| WP316N            | CR316N   | S31651         | 0.08               | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 10.0–13.0              | 16.0–18.0 | 2.00–3.00 | ...          | 0.10–0.16                     | ...                                               |
| WP316LN           | CR316LN  | S31653         | 0.030              | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 10.0–13.0              | 16.0–18.0 | 2.00–3.00 | ...          | 0.10–0.16                     | ...                                               |
| WP317             | CR317    | S31700         | 0.08               | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 11.0–15.0              | 18.0–20.0 | 3.0–4.0   | ...          | ...                           | ...                                               |
| WP317L            | CR317L   | S31703         | 0.030              | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 11.0–15.0              | 18.0–20.0 | 3.0–4.0   | ...          | ...                           | ...                                               |
| WPS31725          | CRS31725 | S31725         | 0.030              | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 13.5–17.5              | 18.0–20.0 | 4.0–5.0   | ...          | 0.20                          | ...                                               |
| WPS31726          | CRS31726 | S31726         | 0.030              | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 13.5–17.5              | 17.0–20.0 | 4.0–5.0   | ...          | 0.10–0.20                     | ...                                               |
| WP321             | CR321    | S32100         | 0.08               | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 9.0–12.0               | 17.0–19.0 | ...       | <sup>G</sup> | ...                           | ...                                               |
| WP321H            | CR321H   | S32109         | 0.04–0.10          | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 9.0–12.0               | 17.0–19.0 | ...       | <sup>H</sup> | ...                           | ...                                               |
| WPS33228          | CRS33228 | S33228         | 0.04–0.08          | 1.00            | 0.020          | 0.015          | 0.30            | 31.0–33.0              | 26.0–28.0 | ...       | ...          | ...                           | Ce 0.05–0.10<br>Al 0.025<br>Cb 0.6–1.0<br>Cb 0.10 |
| WPS34565          | CRS34565 | S34565         | 0.030              | 5.0–7.0         | 0.030          | 0.010          | 1.00            | 16.0–18.0              | 23.0–25.0 | 4.0–5.0   | ...          | 0.40–0.60                     | ...                                               |
| WP347             | CR347    | S34700         | 0.08               | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 9.0–12.0               | 17.0–19.0 | ...       | ...          | ...                           | <sup>I</sup>                                      |
| WP347H            | CR347H   | S34709         | 0.04–0.10          | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 9.0–12.0               | 17.0–19.0 | ...       | ...          | ...                           | <sup>J</sup>                                      |
| WP348             | CR348    | S34800         | 0.08               | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 9.0–12.0               | 17.0–19.0 | ...       | ...          | ...                           | Cb+Ta=103(C)-1.10<br>Ta 0.10<br>Co 0.20           |
| WP348H            | CR348H   | S34809         | 0.04–0.10          | 2.00            | 0.045          | 0.030          | 1.00            | 9.0–12.0               | 17.0–19.0 | ...       | ...          | ...                           | Cb+Ta=83(C)-1.10<br>Ta 0.10<br>Co 0.20            |
| WPS38815          | CRS38815 | S38815         | 0.030              | 2.00            | 0.040          | 0.020          | 5.5–6.5         | 13.0–17.0              | 13.0–15.0 | 0.75–1.50 | ...          | ...                           | Cu 0.75–1.50<br>Al 0.30                           |

NOTA 1—Onde uma elipse (...) aparece nesta tabela, não existe requisito.

A Vide Seção 15 quanto a requisitos para marcação.

B Máximo, salvo indicado em contrário.

C O método de análise para nitrogênio será objeto de comum-acordo entre o fabricante e o comprador.

D Columbium 0.10–0.30 %; Vanádio 0.10–0.30 %.

E Para pequeno diâmetro ou paredes finas, ou ambos, onde muitos passes de estampagem são exigidos, é necessário um teor máximo de carbono de 0.040% nos

graus TP304L e TP316L. Os tubos de diâmetro externo reduzido são definidos como aqueles com menos de 0.500 pol. [12.7 mm] de diâmetro externo, e os tubos de

parede fina como aqueles com menos de 0.049 pol. [1.24 mm] de espessura de parede média.

F Em tubos mandrilados (pierced tubing), o teor de níquel poderá ser de 11.0–16.0%.

G 5X(C+N2)–0.70.

H 4X(C+N2)–0.70.

I O teor de columbio não deverá ser inferior a dez vezes o teor de carbono, e não mais do que 1.10 %.

J O teor de columbio não deverá ser inferior a oito vezes o teor de carbono, e não mais do que 1.10 %.

**TABELA 2.6**

| Grau WPA | Grau CRA | Designação UNS | Tipo <sup>B</sup>   |
|----------|----------|----------------|---------------------|
| WPXM-19  | CRXM-19  | S20910         | XM-19 <sup>C</sup>  |
| WP304    | CR304    | S30400         | 304                 |
| WP304L   | CR304L   | S30403         | 304L                |
| WP304H   | CR304H   | S30409         | 304H                |
| WP304N   | CR304N   | S30451         | 304N                |
| WP304LN  | CR304LN  | S30453         | 304LN               |
| WP309    | CR309    | S30900         | 309                 |
| WP310S   | CR310S   | S31008         | 310S                |
| WPS31254 | CRS31254 | S31254         | ...                 |
| WP316    | CR316    | S31600         | 316                 |
| WP316L   | CR316L   | S31603         | 316L                |
| WP316H   | CR316H   | S31609         | 316H                |
| WP316N   | CR316N   | S31651         | 316N                |
| WP316LN  | CR316LN  | S31653         | 316LN               |
| WP317    | CR317    | S31700         | 317                 |
| WP317L   | CR317L   | S31703         | 317L                |
| WPS31725 | CRS31725 | S31725         | 317LM <sup>C</sup>  |
| WPS31726 | CRS31726 | S31726         | 317LMN <sup>C</sup> |
| WP321    | CR321    | S32100         | 321                 |
| WP321H   | CR321H   | S32109         | 321H                |
| WPS33228 | CRS33228 | S33228         | ...                 |
| WPS34565 | CRS34565 | S34565         | ...                 |
| WP347    | CR347    | S34700         | 347                 |
| WP347H   | CR347H   | S34709         | 347H                |
| WP348    | CR348    | S34800         | 348                 |
| WP348H   | CR348H   | S34809         | 348H                |

<sup>A</sup> Sistema de denominação desenvolvido e aplicado por ASTM International.

<sup>B</sup> Salvo indicado em contrário, uma designação de grau originalmente atribuída pelo American Iron and Steel Institute (AISI).

<sup>C</sup> Denominação comum, não uma marca comercial amplamente usada, não associada com nenhum produtor.

## 2.6 - ASTM A420/A 420/M – 05

A matéria prima utilizada para fabricação de conexões conforme esta norma consiste em forjados, barras, chapas, produtos tubulares com ou sem costura, não é permitida a utilização de materiais que contenham elemento não especificados no respectivo grau e devendo atender aos requisitos químicos da Tabela 2.6.

Quando fabricada por soldagem, a composição química do metal de solda não precisa atender aos mesmos limites do material base, todavia a composição da junta soldada deverá ser tal que satisfaça aos requisitos mecânicos e de impacto mínimos desta norma. Em geral, o teor da liga será similar àquele do metal base, porém não deverá exceder a 6%, salvo no caso de conexões de aço-níquel a 9%. Uma análise de produto é opcional.

**TABELA 2.7**

| Grau <sup>A</sup> | Composição, % |           |       |       |           |           |      |      |           |                   |      |
|-------------------|---------------|-----------|-------|-------|-----------|-----------|------|------|-----------|-------------------|------|
|                   | C             | Mn        | P     | S     | Si        | Ni        | Cr   | Mo   | Cu        | Cb                | V    |
| WPL6              | 0.30          | 0.50–1.35 | 0.035 | 0.040 | 0.15–0.40 | 0.40      | 0.30 | 0.12 | 0.40      | 0.02 <sup>B</sup> | 0.08 |
| WPL9              | 0.20          | 0.40–1.06 | 0.030 | 0.030 | ...       | 1.60–2.24 |      |      | 0.75–1.25 |                   |      |
| WPL3 <sup>C</sup> | 0.20          | 0.31–0.64 | 0.05  | 0.05  | 0.13–0.37 | 3.2–3.8   |      |      | ...       |                   |      |
| WPL8 <sup>D</sup> | 0.13          | 0.90      | 0.030 | 0.030 | 0.13–0.37 | 8.4–9.6   |      |      | ...       |                   |      |

NOTA 1—Todos os teores são máximos, salvo especificado em contrário.

NOTA 2—Onde aparece uma elipse (...) nesta tabela, não há requisito.

<sup>A</sup> Quando as conexões forem de construção soldada, os símbolos acima serão acrescidos da letra "W".

<sup>B</sup> Mediante acordo, o limite para Colúmbio poderá ser aumentado até 0.05 % na análise de corrida, e até 0.06 % na análise de produto.

<sup>C</sup> As conexões feitas de chapa ou forjados poderão ter um teor máximo de manganês de 0.90 %.

<sup>D</sup> As conexões feitas de chapa poderão ter um teor máximo de manganês de 0.98%.

## 2.7 - ASTM A960/A 960/M – 04a

A matéria prima utilizada para fabricação de conexões conforme esta norma consiste em forjados, barras, chapas, produtos tubulares com ou sem costura

O aço deverá atender aos requisitos químicos da especificação individual do produto, e poderá ser fabricado por qualquer processo. Os aços ferríticos deverão ser totalmente acalmados. Se for empregada fusão secundária, a corrida será definida como uma corrida primária.

As amostras para análise química e os métodos de análise serão de acordo com os Métodos, Práticas e Terminologia de Testes A 751 para Análise Química de Produtos de Aço. Uma análise de cada corrida do aço será feita pelo fabricante para determinar as porcentagens daqueles elementos especificados na norma individual do produto. Se forem empregados processos de fusão secundários, a análise de corrida será obtida de um lingote refundido.

As tolerâncias na análise do produto (análise comprobatória) não deverão ser aplicadas aos requisitos de análise de corrida. A composição química deverá atender aos limites da especificação do produto, dentro das variações permissíveis das Tabelas 2.8 e 2.9 desta norma, conforme respectivo grau.

**TABELA 2.8 Tolerâncias na Análise de Produto para Aço de Baixa Liga e Aço Carbono.**

| Elemento            | Limite, ou Máximo da Faixa Especificada, %               | Variações Permissíveis                           |
|---------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                     |                                                          | Acima do Limite Máx. ou Abaixo do Limite Mín., % |
| Carbono             | 0.30 e abaixo                                            | 0.01                                             |
|                     | mais de 0.30 a 0.75, incl.                               | 0.02                                             |
|                     | mais de 0.75                                             | 0.03                                             |
| Manganês            | 0.90 e abaixo                                            | 0.03                                             |
|                     | mais de 0.90 a 2.10, incl.                               | 0.04                                             |
| Fósforo             | acima do máximo apenas                                   | 0.005                                            |
| Enxofre             | 0.060 e abaixo                                           | 0.005                                            |
| Silício             | 0.40 e abaixo                                            | 0.02                                             |
|                     | mais de 0.40 a 2.20, incl.                               | 0.05                                             |
| Níquel              | 1.00 e abaixo                                            | 0.03                                             |
|                     | mais de 1.00 a 2.00, incl.                               | 0.05                                             |
|                     | mais de 2.00 a 5.30, incl.                               | 0.07                                             |
|                     | mais de 5.30 a 10.00, incl.                              | 0.10                                             |
| Cromo               | 0.90 e abaixo                                            | 0.03                                             |
|                     | mais de 0.90 a 2.10, incl.                               | 0.05                                             |
|                     | mais de 2.10 a 3.99, incl.                               | 0.10                                             |
| Molibdênio          | 0.20 e abaixo                                            | 0.01                                             |
|                     | mais de 0.20 a 0.40, incl.                               | 0.02                                             |
|                     | mais de 0.40 a 1.15, incl.                               | 0.03                                             |
| Vanádio             | 0.10 e abaixo                                            | 0.01                                             |
|                     | mais de 0.10 a 0.25, incl.                               | 0.02                                             |
|                     | mais de 0.25 a 0.50, incl.                               | 0.03                                             |
|                     | valor mínimo especificado, abaixo do limite mín. somente | 0.01                                             |
| Colúmbio (Nióbio)   | Até e incl. 0.14                                         | 0.02                                             |
|                     | 0.15 a 0.50, incl.                                       | 0.06                                             |
| Titânio             | Até e incl. 0.85                                         | 0.05                                             |
| Alumínio            | 0.10 e abaixo                                            | 0.03                                             |
|                     | mais de 0.10 a 0.20, incl.                               | 0.04                                             |
|                     | mais de 0.20 a 0.30, incl.                               | 0.05                                             |
|                     | mais de 0.30 a 0.80, incl.                               | 0.07                                             |
|                     | mais de 0.80 a 1.80, incl.                               | 0.10                                             |
| Chumbo <sup>B</sup> | 0.15 a 0.35, incl.                                       | 0.03                                             |
| Cobre               | até 1.00 incl.                                           | 0.03                                             |
|                     | mais de 1.00 a 2.00, incl.                               | 0.05                                             |

A O teor de cromo é inferior a 4.00.

B A tolerância na análise de produto para chumbo se aplica tanto para cima como para baixo a uma faixa especificada de 0.15 a 0.35 %.

**TABELA 2.9 Tolerâncias na Análise de Produto para Aços de Alta Liga e Aços Inoxidáveis**

| Elemento   | Limite Superior do Máximo da Faixa Especificada, % | Tolerâncias Acima do Máximo (Limite Superior) ou Abaixo do Mínimo (Limite Inferior) |
|------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Carbono    | até 0.010, incl.                                   | 0.002                                                                               |
|            | mais de 0.010 a 0.030, incl.                       | 0.005                                                                               |
|            | mais de 0.030 a 0.20, incl.                        | 0.01                                                                                |
|            | mais de 0.20 a 0.80, incl.                         | 0.02                                                                                |
|            | mais de 0.80 a 1.20, incl.                         | 0.03                                                                                |
| Manganês   | até 1.00, incl.                                    | 0.03                                                                                |
|            | mais de 1.00 a 3.00, incl.                         | 0.04                                                                                |
|            | mais de 3.00 a 6.00, incl.                         | 0.05                                                                                |
|            | mais de 6.00 a 10.00, incl.                        | 0.06                                                                                |
|            | mais de 10.00 a 15.00, incl.                       | 0.10                                                                                |
| Fósforo    | mais de 15.00 a 20.00, incl.                       | 0.15                                                                                |
|            | até 0.040, incl.                                   | 0.005                                                                               |
| Enxofre    | mais de 0.040 a 0.20, incl.                        | 0.010                                                                               |
|            | mais de 0.20 a 0.50, incl.                         | 0.020                                                                               |
|            | até 1.00, incl.                                    | 0.05                                                                                |
| Silício    | mais de 1.00 a 3.00, incl.                         | 0.10                                                                                |
|            | mais de 3.00 a 6.00, incl.                         | 0.15                                                                                |
|            | mais de 6.00 a 10.00, incl.                        | 0.20                                                                                |
| Cromo      | mais de 10.00 a 15.00, incl.                       | 0.15                                                                                |
|            | mais de 15.00 a 20.00, incl.                       | 0.20                                                                                |
|            | mais de 20.00 a 30.00, incl.                       | 0.25                                                                                |
| Níquel     | até 1.00, incl.                                    | 0.03                                                                                |
|            | mais de 1.00 a 5.00, incl.                         | 0.07                                                                                |
|            | mais de 5.00 a 10.00, incl.                        | 0.10                                                                                |
|            | mais de 10.00 a 20.00, incl.                       | 0.15                                                                                |
|            | mais de 20.00 a 30.00, incl.                       | 0.20                                                                                |
| Molibdênio | mais de 30.00 a 40.00, incl.                       | 0.25                                                                                |
|            | mais de 40.00                                      | 0.30                                                                                |
|            | mais de 0.20 a 0.60, incl.                         | 0.03                                                                                |
|            | mais de 0.60 a 2.00, incl.                         | 0.05                                                                                |
|            | mais de 2.00 a 7.00, incl.                         | 0.10                                                                                |
| Titânio    | mais de 7.00 a 15.00, incl.                        | 0.15                                                                                |
|            | mais de 15.00 a 30.00, incl.                       | 0.20                                                                                |
|            | até 1.00, incl.                                    | 0.05                                                                                |
| Colúmbio   | mais de 1.00 a 3.00, incl.                         | 0.07                                                                                |
|            | mais de 3.00                                       | 0.10                                                                                |
| Tântalo    | até 1.50, incl.                                    | 0.05                                                                                |
| Cobre      | até 0.10, incl.                                    | 0.02                                                                                |
|            | até 0.50, incl.                                    | 0.03                                                                                |
| Alumínio   | mais de 0.50 a 1.00, incl.                         | 0.05                                                                                |
|            | mais de 1.00 a 3.00, incl.                         | 0.10                                                                                |
|            | mais de 3.00 a 5.00, incl.                         | 0.15                                                                                |
|            | mais de 5.00 a 10.00, incl.                        | 0.20                                                                                |
|            | até 0.15, incl.                                    | -0.005                                                                              |
| Nitrogênio |                                                    | +0.01                                                                               |
|            | mais de 0.15 a 0.50, incl.                         | 0.05                                                                                |
|            | mais de 0.50 a 2.00, incl.                         | 0.10                                                                                |
|            | mais de 2.00 a 5.00, incl.                         | 0.20                                                                                |
|            | mais de 5.00 a 10.00, incl.                        | 0.35                                                                                |
| Vanádio    | até 0.02, incl.                                    | 0.005                                                                               |
|            | mais de 0.02 a 0.19, incl.                         | 0.01                                                                                |
|            | mais de 0.19 a 0.25, incl.                         | 0.02                                                                                |
|            | mais de 0.25 a 0.35, incl.                         | 0.03                                                                                |
|            | mais de 0.35 a 0.45, incl.                         | 0.04                                                                                |
| Cério      | mais de 0.45                                       | 0.05                                                                                |
|            | até 0.50, incl.                                    | 0.03                                                                                |
| Tungstênio | mais de 0.50 a 1.50, incl.                         | 0.05                                                                                |
|            | até 0.20, incl.                                    | 0.01                                                                                |
|            | até 0.50, incl.                                    | 0.20                                                                                |
|            | mais de 0.50–1.00, incl.                           | 0.30                                                                                |
|            | mais de 1.00–2.00, incl.                           | 0.50                                                                                |
|            | mais de 2.00–4.00, incl.                           | 0.60                                                                                |

## 2.8 - ASTM A961 – 02

As amostras para análise química e métodos de análise deverão atender as especificações dos “Métodos, Práticas e Terminologia de Testes A 751”. Será realizada pela usina uma análise de cada corrida do aço. Devendo ser obtida a composição química após o ultimo processo de fusão no material em questão.

**Tabela 2.10 – Tolerâncias na Análise de Produto para Aços Alta Liga e Inoxidáveis**

| Elemento                    | Limite ou Máximo da Faixa Especificada, | Tolerância Acima do Limite Máximo ou Abaixo do Limite Mínimo |
|-----------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| % em Peso                   |                                         |                                                              |
| Carbono                     | 0.030 incl.                             | 0.005                                                        |
|                             | > 0.030 a 0.20 incl.                    | 0.01                                                         |
| Manganês                    | até 1.00 incl.                          | 0.03                                                         |
|                             | > 1.00 a 3.00 incl.                     | 0.04                                                         |
|                             | > 3.00 a 6.00                           | 0.05                                                         |
|                             | > 6.00 a 10.00                          | 0.06                                                         |
| Fósforo                     | até 0.040 incl.                         | 0.005                                                        |
|                             | > 0.040 a 0.20 incl.                    | 0.010                                                        |
| Enxofre                     | > 0.030 incl.                           | 0.005                                                        |
| Silício                     | até 1.00 incl.                          | 0.05                                                         |
|                             | > 1.00 a 5.00 incl.                     | 0.10                                                         |
| Cromo                       | > 4.00 a 10.00 incl.                    | 0.10                                                         |
|                             | > 10.00 a 15.00 incl.                   | 0.15                                                         |
|                             | > 15.00 a 20.00 incl.                   | 0.20                                                         |
|                             | > 20.00 a 27.50 incl.                   | 0.25                                                         |
| Níquel                      | até 1.00 incl.                          | 0.03                                                         |
|                             | > 1.00 a 5.00 incl.                     | 0.07                                                         |
|                             | > 5.00 a 10.00 incl.                    | 0.10                                                         |
|                             | > 10.00 a 20.00 incl.                   | 0.15                                                         |
|                             | > 20.00 a 22.00 incl.                   | 0.20                                                         |
| Molibdênio                  | até 0.20 incl.                          | 0.01                                                         |
|                             | > 0.20 a 0.60 incl.                     | 0.03                                                         |
|                             | > 0.60 a 2.00 incl.                     | 0.05                                                         |
|                             | > 2.00 a 7.00 incl.                     | 0.10                                                         |
| Titânio                     | todas as faixas                         | 0.05                                                         |
| Colúmbio (Nióbio) + Tântalo | todas as faixas                         | 0.05                                                         |
| Colúmbio (Nióbio)           | 0.05 a 0.20 incl.                       | 0.01                                                         |
| Tântalo                     | até 0.10 incl.                          | 0.02                                                         |
| Cobre                       | até 0.50 incl.                          | 0.03                                                         |
|                             | > 0.50 a 1.00 incl.                     | 0.05                                                         |
|                             | > 1.00 a 3.00 incl.                     | 0.10                                                         |
|                             | > 3.00 a 5.00 incl.                     | 0.15                                                         |
|                             | > 5.00 a 10.00 incl.                    | 0.20                                                         |
| Cobalto                     | 0.05 a 0.20 incl.                       | 0.01 <sup>B</sup>                                            |
| Nitrogênio                  | até 0.19 incl.                          | 0.01                                                         |
|                             | > 0.19 a 0.25                           | 0.02                                                         |
|                             | > 0.25 a 0.35                           | 0.03                                                         |
|                             | > 0.35 a 0.45                           | 0.04                                                         |
|                             | > 0.45 a 0.60                           | 0.05                                                         |
| Alumínio                    | até 0.05 incl.                          | 0.01                                                         |
| Vanádio                     | até 0.10 incl.                          | 0.01                                                         |
|                             | > 0.10 a 0.25 incl.                     | 0.02                                                         |
| Cério                       | 0.03 a 0.08                             | -0.05                                                        |
|                             |                                         | +0.01                                                        |

<sup>A</sup> Esta tabela não se aplica à análise de corrida.

<sup>B</sup> Os limites de análise de produto para cobalto abaixo de 0.05% não foram estabelecidos, e a usina deverá ser consultada para esses limites.

**Tabela 2.11 - Tolerâncias na Análise de Produto para Aços de Baixa Liga**

| Tolerância Acima do Limite Máximo ou Abaixo do Limite Mínimo para as Faixas de Tamanho Indicadas, % em Peso <sup>B</sup> |                                                   |                                                                         |                                                                                           |                                                                                           |                               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Elemento                                                                                                                 | Limite ou Máximo da Faixa Especificada, % em Peso | 100 pol <sup>2</sup> (6.45 x 10 <sup>4</sup> mm <sup>2</sup> ) ou menos | Acima de 100 até 200 pol <sup>2</sup> (1290 x 10 <sup>3</sup> mm <sup>2</sup> ) inclusive | Acima de 200 até 400 pol <sup>2</sup> (2581 x 10 <sup>3</sup> mm <sup>2</sup> ) inclusive | Acima de 400 pol <sup>2</sup> |
| Mn                                                                                                                       | até 0.90 inclusive                                | 0.03                                                                    | 0.04                                                                                      | 0.05                                                                                      | 0.06                          |
|                                                                                                                          | > 0.90 até 1.00 incl.                             | 0.04                                                                    | 0.05                                                                                      | 0.06                                                                                      | 0.07                          |
| P                                                                                                                        | até 0.045 inclusive                               | 0.005                                                                   | 0.010                                                                                     | 0.010                                                                                     | 0.010                         |
|                                                                                                                          | até 0.045 inclusive                               | 0.005                                                                   | 0.010                                                                                     | 0.010                                                                                     | 0.010                         |
| Si                                                                                                                       | até 0.40 inclusive                                | 0.02                                                                    | 0.02                                                                                      | 0.03                                                                                      | 0.04                          |
|                                                                                                                          | > 0.40 até 1.00 incl.                             | 0.05                                                                    | 0.06                                                                                      | 0.06                                                                                      | 0.07                          |
| Cr                                                                                                                       | até 0.90 inclusive                                | 0.03                                                                    | 0.04                                                                                      | 0.04                                                                                      | 0.05                          |
|                                                                                                                          | > 0.90 até 2.10 incl.                             | 0.05                                                                    | 0.06                                                                                      | 0.06                                                                                      | 0.07                          |
|                                                                                                                          | > 2.10 até 3.99 incl.                             | 0.10                                                                    | 0.10                                                                                      | 0.12                                                                                      | 0.14                          |
| Ni                                                                                                                       | até 0.50                                          | 0.03                                                                    | 0.03                                                                                      | 0.03                                                                                      | 0.03                          |
| Mo                                                                                                                       | até 0.20 inclusive                                | 0.01                                                                    | 0.01                                                                                      | 0.02                                                                                      | 0.03                          |
|                                                                                                                          | > 0.20 até 0.40 incl.                             | 0.02                                                                    | 0.03                                                                                      | 0.03                                                                                      | 0.04                          |
|                                                                                                                          | > 0.40 até 1.15                                   | 0.03                                                                    | 0.04                                                                                      | 0.05                                                                                      | 0.06                          |
| Cu                                                                                                                       | até 1.00 inclusive                                | 0.03                                                                    | 0.03                                                                                      | 0.03                                                                                      | 0.03                          |
|                                                                                                                          | > 1.00 até 2.00 incl.                             | 0.05                                                                    | 0.05                                                                                      | 0.05                                                                                      | 0.05                          |
| Ti                                                                                                                       | até 0.10                                          | 0.01                                                                    | 0.01                                                                                      | 0.01                                                                                      | 0.01                          |
| V                                                                                                                        | até 0.10 inclusive                                | 0.01                                                                    | 0.01                                                                                      | 0.01                                                                                      | 0.01                          |
|                                                                                                                          | > 0.10 até 0.25 incl.                             | 0.02                                                                    | 0.02                                                                                      | 0.02                                                                                      | 0.02                          |
|                                                                                                                          | > 0.25 até 0.50 incl.                             | 0.03                                                                    | 0.03                                                                                      | 0.03                                                                                      | 0.03                          |

<sup>A</sup> A Análise de Produto para C, B, Cb e Ca deverá estar em conformidade com a Especificação do Produto.

<sup>B</sup> Área transversal.