

DIMENSIONAMENTO DE UMA TUBULAÇÃO DE VAPOR PARA UMA FÁBRICA DE RAÇÃO ANIMAL

André Cristiano Pederiva (FAHOR) ap000739@fahor.com.br

Rafael Mattioni (FAHOR) rm000740@fahor.com.br

Professor Dr. Ademar Michels (FAHOR) michelsademar@fahor.com.br

Resumo

Este estudo apresenta uma breve análise de uma tubulação de vapor assim como sua perda de carga e consequentemente do vapor necessário para a utilização em uma indústria de ração animal. Atualmente, a empresa conta com uma caldeira de capacidade de 10 kgf/cm², porém, as necessidades exigem apenas 6,5 kgf/cm². A tubulação existente para fazer o transporte deste vapor da caldeira até o local de sua utilização não foi dimensionado e apresenta uma considerável perda de carga. Este trabalho focou na análise da perda de carga atual bem como o redimensionamento da tubulação afim de reduzir a perda de pressão de vapor sendo que o correto dimensionamento proporciona uma economia de combustível e uma melhor eficiência do sistema. Chegando a conclusão de que um dimensionamento incorreto interfere diretamente na qualidade do vapor necessário para suprir as necessidades da indústria. Ainda assim, percebe-se que simples alterações na estrutura da tubulação podem resultar em menores perdas e consequentemente um melhor aproveitamento da caldeira e o vapor gerado.

Palavras-chave: Tubulação, Vapor, Dimensionamento, Perda de carga.

Resumen

Este estudio presenta un breve análisis de un tubo de vapor, así como su pérdida y, por consiguiente el vapor de agua para su uso en una industria de alimentos para mascotas. En la actualidad, la compañía tiene una capacidad de la caldera de 10 kgf / cm², sin embargo, necesita sólo requieren 6.5 kg / cm². El tubo existente para hacer el transporte de vapor de la caldera a la ubicación de su uso no ha sido tamaño y cuenta con una pérdida considerable. Este trabajo se ha centrado en el análisis de la pérdida de corriente de carga y el cambio de tamaño de la tubería con el fin de reducir la pérdida de presión de vapor y el dimensionamiento correcto proporciona una economía de combustible y la mejora de la eficiencia. Al llegar a la conclusión de que un dimensionamiento incorrecto afecta directamente a la calidad del vapor necesario para satisfacer las necesidades de la industria. Sin embargo, es evidente que los cambios simples en la estructura de la tubería puede resultar

en menores pérdidas y en consecuencia un mejor uso de la caldera y el vapor generado.

Palabras clave: Tubulção, El vapor, El tamaño, La caída de presión.

1. Introdução

Com a crescente necessidade de melhor aproveitamento da energia em processos industriais, visando uma redução dos custos envolvidos na produção e uma diminuição do impacto ambiental causados pela geração da energia utilizada, vários são os fatores que podem ser atacados para que este desejo seja alcançado.

Partindo desse pressuposto pode-se identificar uma oportunidade de melhoria em uma tubulação usada para transporte de vapor entre a caldeira e uma das plantas de uma indústria de ração animal.

Como a referida tubulação de transporte não foi dimensionada para a função que exerce, pode-se presumir que ocorrem grandes perdas de carga e de calor, durante o deslocamento do vapor da caldeira até a planta, que se encontra a uma distância considerável, assim consequentemente necessitando de uma maior quantidade de combustível consumida pela caldeira, para poder compensar as perdas que a tubulação ocasiona ao sistema.

O presente trabalho foca na análise e dimensionamento da tubulação responsável por transporte de vapor de uma caldeira até uma das plantas da indústria de rações que irá consumi-la nos processos produtivos.

Entende-se que o estudo e sua eventual aplicação poderão gerar ganhos em produtividade e qualidade do produto, na redução dos custos e emissões de poluentes gerados devido ao menor consumo de combustível pela caldeira.

2. Revisão da Literatura

2.1 Caldeiras

Como citam Leite e Militão (2008), as caldeiras ou geradores de vapor são equipamentos que transformam água em vapor. Através da queima de combustível, obtém-se a energia necessária para o fornecimento de calor sensível à água até alcançar a temperatura de ebulição, mais o calor latente para vaporizar a água e ainda o calor de superaquecimento para transformá-la em vapor superaquecido.

Telles (1996), explica que uma das características das caldeiras é o fato de não serem produzidas em linha de fabricação, pois, cada empresa tem a sua necessidade específica. Destaca-se então, o estudo sobre caldeiras, afinal o projeto deverá ser feito individualmente para cada vaso em particular.

2.1.1 Classificação de acordo com os gases

Para Pinheiro (2012) as caldeiras podem ser classificadas em de acordo com a posição dos gases e da água:

- Flamotubulares
- Aquatubulares

2.1.1.1 Flamotubulares

Também conhecidas como Pirotubulares, Fogotubulares ou, ainda, como Tubos de Fumaça, são aquelas nas quais os gases da combustão (fumos) atravessam a caldeira no interior de tubos que se encontram rodeados por água, cedendo calor à mesma. (MARTINELLI, 2003).

Para Bizzo (2003), as caldeiras flamotubulares representam a maioria das caldeiras, pois são utilizadas para pequenas capacidades de produção de vapor (da ordem de até 10 ton/h) e baixas pressões (até 10 bar), chegando algumas vezes a 15 ou 20 bar.

2.1.1.2 Aquatubulares

De acordo com Bizzo (2003), as caldeiras aquatubulares tem a produção de vapor dentro de tubos que interligam 2 ou mais reservatórios cilíndricos horizontais. Diferenciam-se das pirotubulares no fato da água circular no interior dos tubos. São utilizadas quando se necessita obter pressões e rendimentos elevados, pois os esforços desenvolvidos nos tubos pelas altas pressões são de tração ao invés de compressão, como ocorre nas pirotubulares. Como os tubos se localizam fora do corpo da caldeira obtêm-se superfícies de aquecimento praticamente ilimitadas.

2.2 Vapor

Conforme cita Sarco (2005), quando cedermos calor para a água, sua temperatura aumenta até atingir um determinado valor. A partir de certa temperatura, a água não tem mais como se manter em estado líquido. Esse valor corresponde ao ponto de ebulição, ou seja, qualquer aumento de calor fará com que parte desta água ferva, se transformando em vapor. De modo simples, pode-se dizer que vapor nada mais é que a união do elemento químico água com o elemento físico energia ou calor.

2.2.1 Utilização do vapor

O vapor é gerado a partir da água, fluído encontrado em abundância e com valor relativamente baixo em praticamente todo o planeta. Sua temperatura pode ser facilmente ajustada com precisão através de sua pressão. Além disso, pode ser transportado de maneira fácil através de tubulações, podendo percorrer grandes distâncias entre os pontos de geração e utilização. Pode transportar grandes quantidades de energia com pouca massa. (SARCO, 2005).

2.3 Tubulação

Tubo é um conduto fechado, oco, geralmente circular destinado ao transporte de fluidos. Por outro lado, tubulação é um conjunto de tubos, conexões, válvulas e acessórios formando uma linha para a condução de fluidos. (ZATTONI, 2008).

Tubos para condução

Preto ou galvanizado	Tubos para condução de fluidos não corrosivos (água, gás, vapor e ar comprimido).
Aço ligado	Tubos para condução de fluidos corrosivos.
Aço inox	Tubos para condução de fluidos corrosivos ou sanitários.

Eletrodutos

Tubos para proteção de fios e cabos elétricos.

Tubos industriais

Tubos de aço carbono para estruturas, andaimes, postes, cercas e escorras.

Tubos mecânicos

Tubos de seção circular, para aplicações industriais, tais como: fabricação de auto peças, equipamentos, móveis, etc., onde exatidão dimensional, qualidade de superfície e propriedades mecânicas são importantes. Tubos mecânicos de precisão, laminados ou trefilados para indústrias automobilísticas.

Tubos para troca térmica

Tubos para caldeiras, trocadores de calor e condensados, tubos de aço carbono com e sem requisitos especiais e tubos de aço carbono para alta performance.

Fonte: ZATTINI, 2008. Página 30.

2.3.1 Dimensionamento da tubulação

Conforme Daumichen (1975), a tubulação para transporte de vapor deve ser dimensionada com um diâmetro que esteja de acordo com certa vazão. Caso seja dimensionada com um diâmetro muito pequeno, isto fará com que a velocidade aumente e a velocidade excessiva ocasionará um maior desgaste. Por outro lado, caso seja dimensionada com um diâmetro muito além do necessário, terá um aumento no custo inicial da instalação, embora este fato não prejudique o funcionamento da tubulação. Existem 2 métodos básicos para dimensionamento de tubulações: Velocidade ou perda de carga. O dimensionamento pela velocidade não considera o comprimento, deste modo a perda de carga total será muito grande. Quanto mais longa a tubulação, menor será a pressão disponível no ponto de consumo.

Makarenko (1975) afirma que um sistema de distribuição de vapor saturado, sempre terá condensação, decorrente das perdas por radiação. Porém, este condensado deve ser retirado da tubulação mesmo em pequenas quantidades. Um método simples utilizado para retirar este condensado, consiste em inclinar a tubulação de vapor no sentido de fluxo em pelo menos 0,5%. Ao fazer esta inclinação no sentido do fluxo, tanto condensado quanto vapor estarão andando no mesmo sentido, facilitando a remoção do condensado e evitando que a qualidade do vapor seja prejudicada.

De acordo com Sebastião (1997) em todas as tubulações para vapor a total drenagem do condensado formado é de suma importância. A instalação dos tubos com um pequeno ângulo de caiimento na direção do fluxo,

principalmente em linhas de vapor saturado, onde é maior a formação de condensado, tem como objetivo eliminar todo o condensado da tubulação.

Pagy (1975) afirma que as tubulações sendo instaladas a frio, irão evidentemente expandir-se assim que aquecidas. Em instalações curtas e cheias de curvas, as próprias curvas na tubulação já permitirão essa expansão. Já em instalações com maior diâmetro, mais extensas e com menos curvas, deve-se aplicar algum meio para absorver a expansão.

2.3.2 Isolamento térmico da tubulação

Para Zattoni (2008) o isolamento térmico tem por principal finalidade a conservação da energia em tubulações que operam em baixa ou alta temperatura. Além disso, o isolamento térmico também tem por finalidade a proteção pessoal e a prevenção de superfícies sujeitas à condensação ou o congelamento do vapor d'água do ar uma vez que mantém a temperatura dentro da tubulação e evita que seja dissipado para a parte externa.

Quanto ao isolamento térmico, Pagy (1975) explica que todas as superfícies que possam perder calor devem ser isoladas. Este processo evita uma queima desnecessária de combustível além de que a falta de isolamento térmico ou isolamento deficiente irá ocasionar uma vasta perda de calor. Deste modo, as paredes internas serão recobertas por uma grande película de condensado que certamente prejudicará a qualidade do vapor.

3. Métodos e Técnicas

O presente trabalho pode ser caracterizado como descritivo, quando procura descrever sistematicamente uma área de interesse ou fenômeno, de acordo com Lakatos e Marconi (2001). E também conforme Gil (1999), pode ser definido como exploratório, por procurar em sua fase inicial entender um fenômeno, para depois poder explicar suas causas e consequências.

O trabalho ainda apresenta características qualitativas que conforme Mattar (1999), identifica a presença ou ausência de algo, sem a preocupação de medir o grau em que algo está presente.

No desenvolvimento do processo de pesquisa, a técnica utilizada foi a de estudo de caso, que de acordo com Gil (1999), expõem como objetivo a análise profunda e exaustiva de uma, ou poucas questões, visando permitir o seu conhecimento amplo e detalhado.

As informações e dados necessários para a análise da tubulação foram obtidos através de inspeções e medições no sistema de distribuição de vapor atual, bem como através dos manuais da caldeira e de uma análise quantitativa da necessidade de vapor dos processos produtivos da indústria. Visando o dimensionamento da tubulação, buscou-se um embasamento teórico com qualidade e de referências comprovadas em livros, artigos, apostilas e sites especializados da internet.

4. Resultados e Discussões

Para a análise das perdas que ocorrem na tubulação estudada, primeiramente foram recolhidos alguns dados primários para o cálculo da perda de carga que está ocorrendo no momento, e também simularmos futuras perdas de carga que irão ocorrer quando a caldeira operar com maiores pressões. A caldeira utilizada pela empresa tem uma capacidade de trabalho máximo de 10 kgf/cm² porém, atualmente, a mesma trabalha com uma pressão de 6,5 kgf/cm². De acordo com o manual da caldeira, com essa pressão, a vazão de vapor superaquecido a 170°C é de 2992 kg/h ou 0,831 kg/s. A tubulação foi dividida em 2 seções, para efeito de cálculos, pois cada seção tem um diâmetro diferente. Na primeira seção temos um tubo de 8" (0,2027 m) e um comprimento de 27,3 m. Na segunda seção temos um tubo de 3.1/2" (0,09586 m) e um comprimento de 164,3 m).

O primeiro passo então foi calcular a velocidade do fluido na primeira seção da tubulação. Para isso utilizamos a fórmula da vazão:

$$Q = p \cdot A \cdot v$$

$$0,831 \text{ kg/s} = (0,4902 \text{ kg/m}^3) \cdot \{[\pi \cdot (0,2027)^2]/2\} \cdot v$$

$$v = 52,5 \text{ m/s}$$

Onde: Q= Vazão em kg/s (Manual da caldeira)

p= Densidade em kg/m³ (Tabelado)

A= Área em m

v= Velocidade em m/s

A velocidade recomendada para vapor superaquecido de 150 a 200°C é de 35 a 50 m/s de acordo com Sarco (2005). Percebe-se porém, que mesmo com a utilização da caldeira com 65% da sua capacidade, já temos uma velocidade acima da recomendada para esta seção.

O cálculo da perda de carga foi realizado na sequência:

$$\begin{aligned} Re &= (v \cdot D) / \nu \\ Re &= (52,5 \text{ m/s} \cdot 0,2027 \text{ m}) / 31,1 \times 10^{-6} \\ Re &= 3,4 \times 10^5 \end{aligned}$$

Onde: Re= Reynolds

v= Velocidade

D= Diâmetro

V= Viscosidade (Tabelado)

$$\epsilon/D = 0,045 \text{ mm} / 202,7 \text{ mm} = 0,0002 \text{ (Rugosidade)}$$

Interpolando os valores de rugosidade(ϵ) e Reynolds no gráfico, temos o fator $f=0,0165$. Para a perda de carga na primeira seção na tubulação reta temos:

$$P_{c1} = f \cdot (L/D) \cdot [(p \cdot v^2)/2]$$

$$P_{c1} = 0,0165(27,3m/0,2027m) \cdot \{[0,4902kg/m^3 \cdot (52,5m/s)^2]/2\}$$

$$P_{c1} = 1501Pa$$

Onde: L= Comprimento da seção reta da tubulação

Perda de carga na primeira seção nas curvas:

$$P_{cs1} = K \cdot [(p \cdot v^2)/2] \cdot n$$

$$P_{cs1} = 0,9 \cdot \{[0,4902kg/m^3 \cdot (52,5m/s)^2]/2\} \cdot 4$$

$$P_{cs1} = 2404,3Pa$$

Onde: K= fator de perda de carga singular ($90^\circ = 0,9$; $45^\circ = 0,4$).

n= Número de singularidades.

Perda de carga total na primeira seção:

$$P_{ct1} = P_{c1} + P_{cs1}$$

$$P_{ct1} = 1501Pa + 2404,3Pa$$

$$P_{ct1} = 3905,3Pa$$

Para os cálculos de perda de carga na 2 seção da tubulação, se fez necessário o cálculo da nova velocidade pois o diâmetro da tubulação é reduzido para 95,86mm ou 0,09586m.

$$Q = p \cdot A \cdot v$$

$$0,831kg/s = 0,4902 kg/m^3 \cdot \{\pi \cdot (0,09586)^2\}/2 \cdot v$$

$$v = 234,9 m/s$$

$$Re = (v \cdot D)/\nu$$

$$Re = (52,5 m/s \cdot 0,09586m)/31,1 \times 10^{-6}$$

$$Re = 7,2 \times 10^5$$

$$\epsilon/D = 0,045mm/95,86mm = 0,00047 \text{ (Rugosidade)}$$

Interpolando os valores de rugosidade e Reynolds no gráfico, temos o fator $f=0,017$. O comprimento da segunda seção é de 164,3m

$$P_{c2} = f \cdot (L/D) \cdot [(p \cdot v^2)/2]$$

$$P_{c2} = 0,017 (164,3/0,09586) \cdot \{[0,4902kg/m^3 \cdot (234,9m/s)^2]/2\}$$

$$P_{c2} = 394,056Pa$$

Perda de carga na segunda seção nas curvas de 90° :

$$P_{cs2}(90^\circ) = K \cdot [(p \cdot v^2)/2] \cdot n$$

$$P_{cs2}(90^\circ) = 0,9 \cdot \{[0,4902kg/m^3 \cdot (234,9m/s)^2]/2\} \cdot 9$$

$$P_{cs2}(90^\circ) = 109.545 \text{ Pa}$$

Perda de carga na segunda seção nas curvas de 45°:

$$P_{cs2}(45^\circ) = K \cdot [(p \cdot v^2)/2] \cdot n$$

$$P_{cs2}(45^\circ) = 0,4 \cdot \{[0,4902 \text{ kg/m}^3 \cdot (234,9/\text{s})^2]/2\} \cdot 2$$

$$P_{cs2}(45^\circ) = 10.819 \text{ Pa}$$

$$P_{cst2} = P_{cs2}(90^\circ) + P_{cs2}(45^\circ)$$

$$P_{cst2} = 109.545 \text{ Pa} + 10.819 \text{ Pa}$$

$$P_{cst2} = 120.364 \text{ Pa}$$

Perda de carga total da segunda seção:

$$P_{ct2} = P_{c2} + P_{cst2}$$

$$P_{ct2} = 394.056 \text{ Pa} + 120.364$$

$$P_{ct2} = 484.420 \text{ Pa}$$

Perda de carga total na tubulação inteira:

$$P_{ct} = P_{ct1} + P_{ct2}$$

$$P_{ct} = 3905,3 \text{ Pa} + 484.420 \text{ Pa}$$

$$P_{ct} = 488.325,3 \text{ Pa}$$

$$P_{ct} = 5,01 \text{ kgf/cm}^2$$

Podemos observar uma enorme perda de carga, uma vez que a pressão de saída é de 6,5 kgf/cm² e a perda de carga, nestas condições de trabalho são de 5,01 kgf/cm².

Ficou evidente que a perda de carga maior foi justamente na segunda seção da tubulação onde encontramos uma redução no diâmetro e consequentemente um aumento considerável na velocidade. Afim de reduzir a perda de carga, o diâmetro tem de permitir o escoamento do fluído a uma velocidade entre 35 e 50 m/s. Como a capacidade máxima da caldeira é de 10kgf/cm² e, num futuro próximo, essa capacidade possa passar a ser utilizada, tomamos como base para os cálculos a pressão de 10kgf/cm², assim como a velocidade de 50m/s afim de dimensionar a tubulação que proporcione uma menor perda de carga. Operando a 10 kgf/cm², o manual da caldeira afirma uma vazão de 4428 kg/h ou 1,23 kg/s.

$$Q = p \cdot A \cdot v$$

$$1,23 \text{ kg/s} = 0,4902 \text{ kg/m}^3 \cdot [(\pi \cdot D^2)/2] \cdot 50$$

$$D = 0,253 \text{ m}$$

O tubo comercial mais próximo deste diâmetro tem 0,263m de diâmetro interno, sendo este um tubo com um diâmetro comercial de 10", portanto:

$$1,23 \text{ kg/s} = (0,4902 \text{ kg/m}^3) \cdot [(\pi \cdot (0,263)^2)/2] \cdot v$$

$$v = 46,2 \text{ m/s}$$

Percebe-se já no início que, com a tubulação de 0,263m de diâmetro, a velocidade já diminui e fica dentro da recomendada.

$$\begin{aligned} Re &= (v \cdot D) / \nu \\ Re &= (46,2 \text{ m/s} \cdot 0,263\text{m}) / 31,1 \times 10^{-6} \\ Re &= 3,9 \times 10^5 \end{aligned}$$

$$\epsilon/D = 0,045\text{mm}/263\text{mm} = 0,00017$$

$$f = 0,015$$

Como agora não existe mais diferença de diâmetro na tubulação, o cálculo da perda de carga é feito em apenas 2 etapas. Primeiramente a perda de carga na parte reta e outra na parte das curvas (singularidades).

$$\begin{aligned} P_c &= f \cdot (L/D) \cdot [(p \cdot v^2)/2] \\ P_c &= 0,015(191,6\text{m}/0,263\text{m}) \cdot \{[0,4902\text{kg/m}^3 \cdot (46,2\text{m/s})^2]/2\} \\ P_c &= 5716,85\text{Pa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{cs}(90^\circ) &= K \cdot [(p \cdot v^2)/2] \cdot n \\ P_{cs}(90^\circ) &= 0,9 \cdot \{[0,4902\text{kg/m}^3 \cdot (46,2\text{m/s})^2]/2\} \cdot 13 \\ P_{cs}(90^\circ) &= 6.120,9\text{Pa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{cs}(45^\circ) &= K \cdot [(p \cdot v^2)/2] \cdot n \\ P_{cs}(45^\circ) &= 0,4 \cdot \{[0,4902\text{kg/m}^3 \cdot (46,2\text{m/s})^2]/2\} \cdot 2 \\ P_{cs}(45^\circ) &= 418,5\text{Pa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{cst} &= P_{cs}(90^\circ) + P_{cs}(45^\circ) \\ P_{cst} &= 6539,4\text{Pa} \end{aligned}$$

Perda de carga total na tubulação inteira:

$$\begin{aligned} P_{ct} &= P_c + P_{cst} \\ P_{ct} &= 5716,85\text{Pa} + 6539,4\text{Pa} \\ P_{ct} &= \underline{\underline{12256,25\text{Pa} = 0,125\text{kgf/cm}^2}} \end{aligned}$$

5. Conclusões

Após uma coleta e análise criteriosa dos dados junto a caldeira e a sua tubulação, conclui-se que a mesma apresenta uma grande perda de carga e variação da temperatura do vapor ao longo de sua tubulação. O dimensionamento incorreto acarretará em um maior custo para a empresa pois se tem uma maior quantidade de combustível e água utilizados para compensar as perdas ocorridas ao longo da tubulação. O diâmetro tem

influência direta na velocidade e consequentemente na perda de carga do sistema, por este motivo, é de suma importância que seja dimensionada de forma correta, afim de ter uma eficiência elevada e menor custo de operação da caldeira. A velocidade excessiva do vapor dentro dos tubos pode causar corrosão na tubulação assim como ruídos, o que não deve ocorrer em tubulações projetadas para transportar vapor nessas condições de pressão e temperatura. Com o dimensinamento da tubulação o que não foi realizado na empresa, podemos chegar a uma perda de carga de apenas 0,125 Kgf/cm² operando a uma pressão 10 Kgf/cm², contra 5,01 Kgf/cm² de perdas que estão ocorrendo com a pressão de 6,5 Kgf/cm².

6. Referências

- BIZZO, Waldir A. **Geração, Distribuição e Utilização de Vapor.** UNICAMP, 2003.
- DAUMICHEN, Ricardo V. H. **Curso sobre distribuição de vapor.** Instituto Brasileiro de Petróleo, 1975.
- FERREIRA, Paulo M. M. et. al. **Coletânea de Manuais Técnicos de Bombeiros : Emergências em Vasos Pressurizados.** 2006.
- GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de pesquisa social.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica.** São Paulo: Atlas, 2001.
- LEITE, Nilson Riberio; MILITÃO, Renato de Abreu. **Tipos e Aplicações de Caldeiras.** PROMINP, 2008.
- MAKARENKO, Boris. **Curso sobre distribuição de vapor.** Instituto Brasileiro de Petróleo, 1975.
- MARTINELLI, Luiz Carlos Jr. **Geradores de Vapor.** Ijuí, 2003.
- MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing.** São Paulo: Atlas, 1999.
- PAGY, Antonio. **Curso sobre distribuição de vapor.** Instituto Brasileiro de Petróleo, 1975.
- PINHEIRO, Paulo Cesar C. **Caldeiras.** UFMG, 2012. Disponível em <<http://www.demec.ufmg.br/disciplinas/eng033b/Apresentacoes/7-Caldeira.pdf>>. Acesso em 02 de abril de 2013.
- SARCO, Spirax. **Curso de Projetos de Sistema de Vapor.** 2005
- SEBASTIÃO, Carlos Roberto. **Caldeiraria – Tubulação Industrial.** Programa de Certificação de Pessoal de Caldeira. SENAI, 1997.
- TELLES, Pedro C. Silva. **Vasos de Pressão.** LTC Editora, 1996.
- ZATTONI, Célio Carlos. **Materiais para tubulação.** FATEC-SP, 2008.