

DIMENSIONAMENTO DE PLACA DE ORIFÍCIO PARA DESAERADOR HORIZONTAL

Alencar Marcial Mendes do Nascimento¹

Anderson Inácio Junqueira Júnior²

RESUMO

O presente trabalho apresenta o projeto e o dimensionamento de uma placa de orifício, aplicada em uma tubulação de realimentação de água de um desaerador, para substituição da instalação de uma válvula de controle que é um equipamento mais sofisticado e que representa um custo maior de aquisição além da verificação de disponibilidade de mercado. Devido à necessidade de redução de custos na indústria atual, o controle de fluxo por meios de válvulas de controle representa custos consideráveis e bastante significativos. A aplicação de placas de orifício é um dos meios mais viáveis de obter-se uma solução simples, eficiente e principalmente rentável. O procedimento consiste na introdução de uma placa com um furo, cujo diâmetro é determinado de acordo com a necessidade da tubulação para que se tenha a vazão e/ou pressão desejada. Através da aplicação da placa foi possível obter dados para comparação dos custos e como o dispositivo se comportou após a aplicação atendendo à vazão exigida do equipamento.

Palavras-chave: Vazão. Pressão. Redução de custos. Velocidade do fluido.

¹Aluno de Graduação, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade de Rio Verde, 2016. E-mail: alencar.marcial@hotmail.com

²Orientador, Professor Mestre da Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade de Rio Verde, 2016. E-mail: anderson.inacio@unirv.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A vazão está entre as grandezas mais medidas nos processos industriais. Ela faz parte de múltiplas aplicações desde as mais simples como medição de vazão de água em nossas residências, até as mais complexas como medição de combustíveis, gases industriais e produtos químicos. Para a escolha do instrumento de medição sempre há de se verificar alguns fatores para escolha como: espaço disponível para instalação, tipo de fluido que será medido, exatidão desejada para a medição, custos e etc.

O presente trabalho se refere a uma placa projetada para controle de vazão na tubulação de entrada de água de um desaerador horizontal. O conteúdo é essencial quanto a necessidade de redução de custos da indústria atual e para a Engenharia Mecânica abordando o estudo de tubulações e comportamento dos fluidos nas mesmas. A placa está diretamente relacionada ao conceito do teorema de Bernoulli observando como a pressão e o fluido se comportam ao transpassar pela placa na tubulação.

O objetivo visa à redução de custos para a empresa, aplicando alternativas mais baratas, que tenham a mesma função e garantam ter uma eficiência equivalente a equipamentos sofisticados e caros que exigem demanda de entrega. Uma placa de orifício concêntrica pode substituir uma válvula automática tipo borboleta, embasado nisso foi projetada e confeccionada uma placa de orifício para ser instalada na tubulação do desaerador da caldeira da Usina Rio Verde LTDA, localizada em Rio Verde – GO, buscando a referida com manutenção e instalação do novo dispositivo. A proposta é utilizar esta placa para que ela delimite a vazão de água a 90 °C fornecida por uma bomba ao desaerador de 60 m³/h diminuindo-a para 20 m³/h atendendo à necessidade do equipamento utilizando principalmente a metodologia aplicada por Delmeé (2003), onde ele propõe equações seguindo o conceito de Bernoulli e as aplica ao sistema para medição de vazão de fluidos sejam eles líquidos ou gasosos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

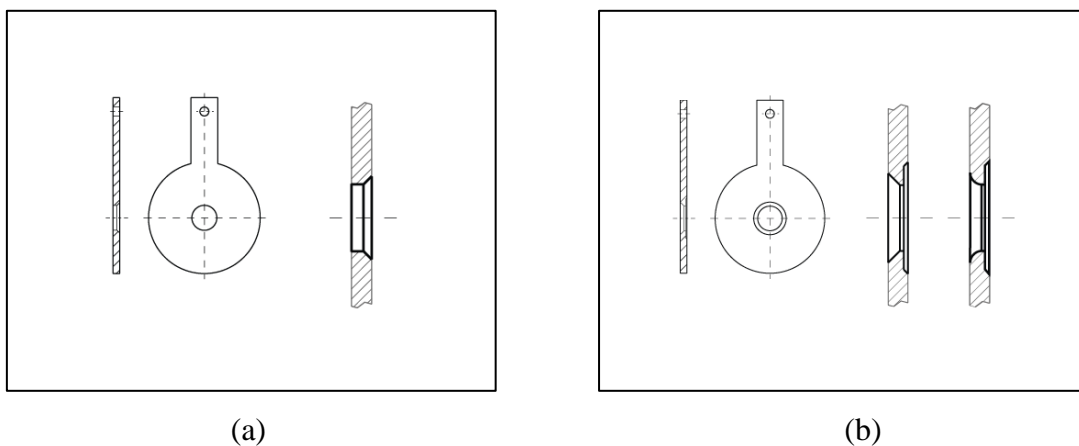
A literatura utilizada nos oferece uma fundamentação no que se diz a respeito à placa de orifício, bem como tipos e cálculos necessários, ao qual o objeto de estudo pertence.

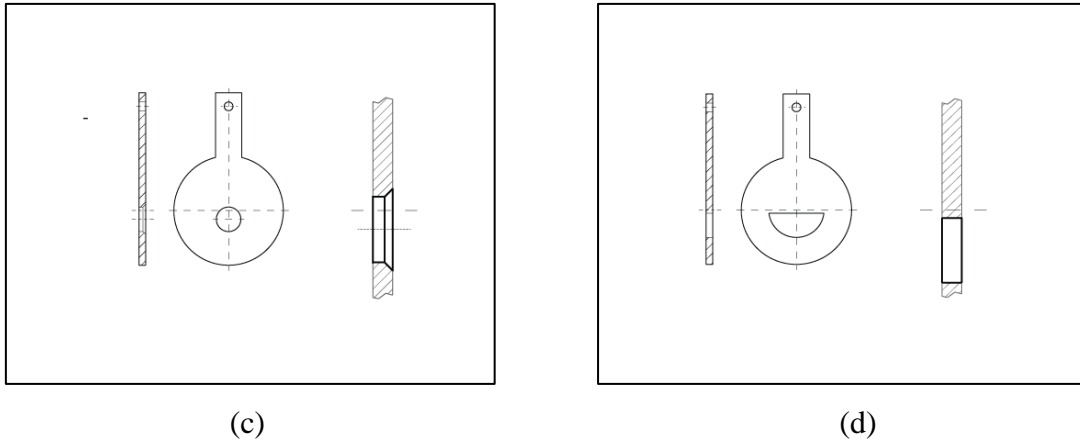
2.1 PLACA DE ORIFÍCIO

De acordo com Delmée (2003), as placas de orifício são dispositivos simples, práticos e com seu custo de produção baixo em comparação a outros instrumentos. Estimativas indicam que atualmente elas são a principal maneira de medição de vazão na indústria chegando a quase 80% de aplicação como medidores de pressão e velocidade de fluido.

Quanto a sua construção as placas podem variar de acordo com o formato do orifício e disposição. Os formatos mais comuns são concêntricos de bordo reto conforme a Figura 1 (a), concêntrico com bordo quarto de círculo ou entrada cônica, conforme a Figura 1 (b), placa de orifício excêntrica, conforme a Figura 1 (c) ou placa de orifício segmental, conforme a Figura 1 (d). A placa concêntrica tem seu orifício originado a partir do centro da placa e são indicadas para fluidos limpos e preferencialmente aplicação em linhas horizontais. A excêntrica não se origina em relação ao centro da placa, ou seja, dependendo da sua aplicação há um leve desvio, geralmente para baixo, devido à indicação para fluidos com sólidos em suspensão tanto para linhas verticais ou horizontais. Já a segmental tem seu formato como um segmento de círculo e também seguem as mesmas indicações da placa excêntrica.

FIGURA 1 – Modelos de placas de orifício



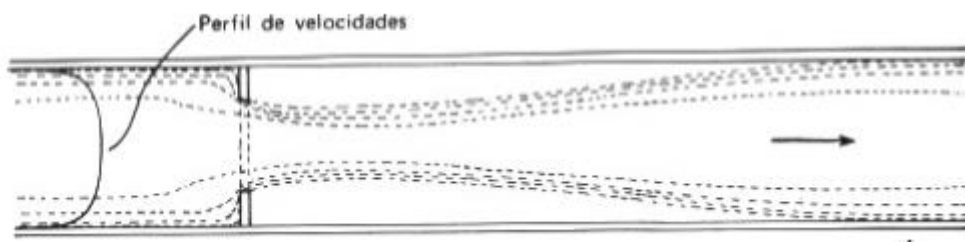


Fonte: Wiegand (2013).

O princípio do funcionamento da placa de orifício é constituído na introdução de um obstáculo na tubulação onde a vazão deve ser alterada. Este obstáculo é incitado por uma placa de espessura fina provida de um orifício devidamente instalada no tubo onde ela obriga o fluido a alterar sua velocidade, conseqüentemente mudando seu fluxo e pressão representada posteriormente em sua vazão. (DELMÉE, 2003).

O escoamento por essa placa de orifício é embasado na equação de Bernoulli, por ter uma variação brusca na seção onde o fluido transita, assim generalizando que o fluxo da corrente pode demonstrar que a variação da pressão corresponde também à variação de velocidade no mesmo sistema (FOX, PRITCHARD, & MCDONALD, 2011). A Figura 5 demonstra o comportamento do fluido ao passar pela placa de orifício.

FIGURA 2 – Perfil de escoamento ao passar por uma placa de orifício



Fonte: Delmée (2003).

De acordo com os estudos realizados por Gérard (DELMÉE, 2003) a equação para determinar a vazão através do orifício é:

$$Q_p = CE\beta^2 \cdot S_1 \cdot F_a \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{\Delta P}{\rho}} \quad (1)$$

Na qual:

Q_p – Vazão de projeto (m³/h);

C – Coeficiente de descarga (adimensional)

E – Fator de velocidade de aproximação (adimensional)

β – Razão entre o diâmetro do orifício com o diâmetro do tubo (adimensional)

S_1 – Área correspondente ao diâmetro D (diâmetro do tubo) (m²)

F_a – Fator de dilatação térmica, de acordo com Delmée é igual a 1,001 (adimensional)

ΔP – Pressão diferencial = $P_1 - P_2$ (Pa)

ρ - Massa específica (kg/m³).

As vantagens da aplicação de placas de orifício são visíveis quanto a facilidade de instalação e manutenção, boa confiabilidade e tem seu custo relativamente baixo. Suas desvantagens estão entre rangeabilidade (do inglês *rangeability*) baixa, alta perda de carga no sistema e existência de equipamentos mais modernos para medição (DELMÉE, 2003).

2.2 DESAERADOR

O desaerador é um equipamento essencial para geração de vapor através de caldeiras. Seu intuito é retirar os gases, oxigênio e dióxido de carbono, por exemplo, a partir de sua alimentação de água à caldeira. Esse procedimento é realizado visando evitar avarias causadas pela corrosão na caldeira, e, conseqüentemente ele auxilia na redução de custos quanto à manutenção industrial (BRANCO, 2012).

De acordo com (ALMEIDA, 2014) os dois tipos mais comuns de desaerador são os de bandeja e o desaerador pulverizador, sendo:

- Desaerador tipo bandeja: a alimentação de água é feita pela parte superior do desaerador e suas bandejas internas fazem com que a água caia em efeito cascata até chegar à parte inferior, onde é gerado um vapor de baixa pressão que tende a ascender

através dos furos existentes nas bandejas. A troca térmica entre este vapor e a água ajuda a atingir a temperatura de saturação e assim torna possível a separação dos gases corrosivos. Os gases separados são exaustados pela parte superior do desaerador e a água é transferida para um recipiente de armazenamento;

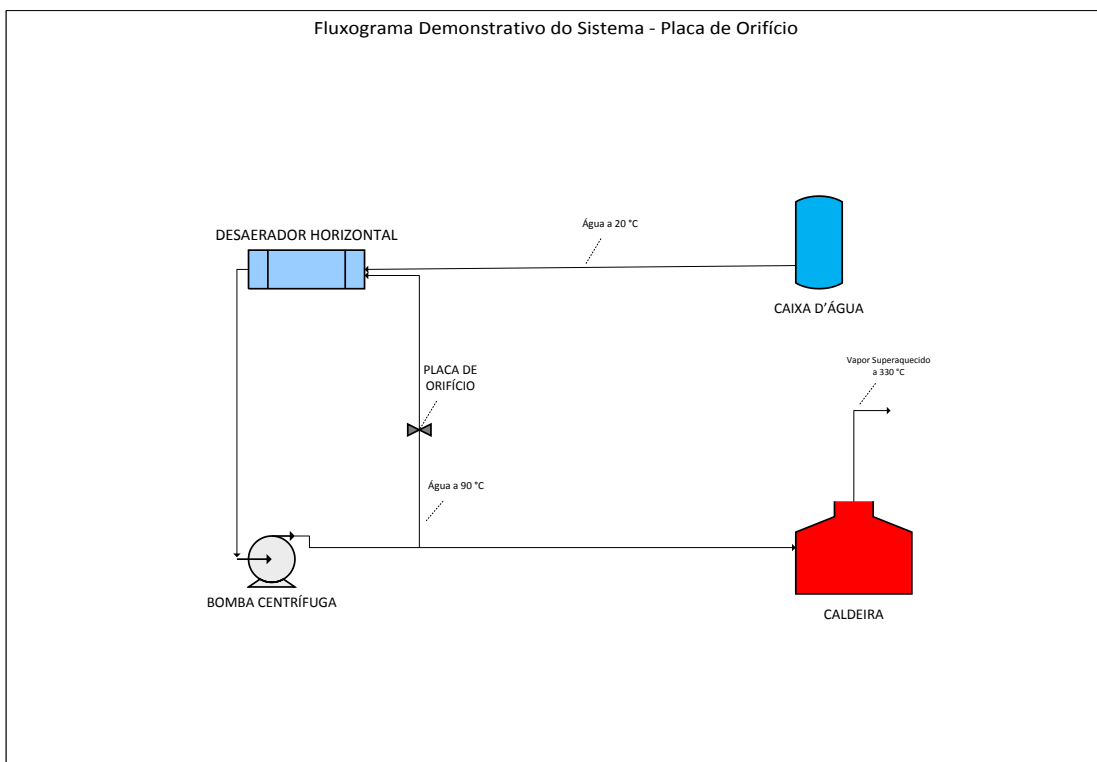
- Desaerador tipo pulverizador: para esse desaerador, as bandejas existentes no outro tipo são substituídas por sprays, os quais introduzem a água no sistema por meio de uma névoa fina. Comumente é utilizado um pré-aquecimento da água para este tipo de desaerador para que a separação dos gases seja mais efetiva. A alimentação e exaustão dos gases também são realizadas pela parte superior e na parte inferior também há a retirada da água para um recipiente de armazenamento.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste item será apresentado os materiais e métodos que serão utilizados para a construção do dispositivo.

A Figura 4 demonstra a esquematização do sistema para visualização de onde a placa será aplicada.

FIGURA 4 – Fluxograma do Sistema – Placa de Orifício



Fonte: Próprio Autor.

3.1 CÁLCULO DO DIMENSIONAMENTO

Desenvolvendo a Equação 1 para líquidos, temos:

$$Q_p = CE\beta^2 \cdot S_1 \cdot F_a \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{\Delta P}{\rho}} \quad (1)$$

Analisando que o produto de $Q_p \cdot \rho_p$ é igual ao produto de $Q_L \cdot \rho_L$, observa-se a Equação 2:

$$Q_p = \frac{Q_L \cdot \rho_L}{\rho_p} \quad (2)$$

Substituindo Q_p na Equação 1, obtemos a Equação 3:

$$Q_L = CE\beta^2 \cdot S_1 \cdot F_a \cdot \frac{1}{\rho_L} \cdot \sqrt{2\Delta P \cdot \rho_p} \quad (3)$$

Substituindo S_1 por $\pi D^2/4$ e agrupando os termos constantes em um termo combinado $\frac{\pi}{4} \cdot \sqrt{2} = 1,1107$, temos a Equação 4:

$$Q_L = 1,1107 \cdot CE\beta^2 \cdot D^2 \cdot F_a \cdot \frac{1}{\rho_L} \sqrt{\Delta P \cdot \rho_p} \quad (4)$$

Para aplicação em trabalho da evidencia-se o $CE\beta^2$ para que posteriormente se utilize a Tabela de coeficientes de vazão ($CE\beta^2$) em 6" para tomadas em 2.1/2D e 8D (pipes taps) que é o tipo de tomada de pressão aproximada ao que o sistema representa, proposta por Delmée (2003) na pag. 185, tendo assim a Equação 5:

$$CE\beta^2 = \frac{Q_L \cdot \rho_L}{1,1107 \cdot D^2 \cdot F_a \sqrt{\Delta P \cdot \rho_p}} \quad (5)$$

Onde os novos termos são:

Q_L – Vazão máxima (m³/s);

ρ_L – Massa específica da água a temperatura de leitura, geralmente 15 °C = 999,1 (kg/m³);

ρ_p – Massa específica da água a temperatura de projeto, para este caso a 90 °C = 965,1 (kg/m³).

Para início é preciso determinar o diferencial de pressão $P_1 - P_2$ (ΔP) que é o conceito básico da medição de vazão através da placa. A partir da equação de Bernoulli é possível determinar a Equação 6 para aplicação em fluidos dispostos em linhas horizontais (BRUNETTI, 2008):

$$\Delta P = \frac{1}{2} \rho \cdot (v_2^2 - v_1^2) \quad (6)$$

Considerando o ρ da água a 90° de 965,1 kg/m³ e vazão antecedente a placa de 60 m³/h e posterior de 20 m³/h, temos a Equação 7:

$$\Delta P = \frac{1}{2} \cdot 965,1 \cdot (0,3077^2 \cdot 0,9176^2) = -360,5773 \text{ Pa} \quad (7)$$

Obs.: considera o módulo do resultado para dar prosseguimento aos cálculos.

Por fim determina-se o coeficiente $CE\beta^2$ de acordo com a Equação (8):

$$CE\beta^2 = \frac{0,0056 \times 999,1}{1,1107 \times 0,0232 \times 1,001 \times \sqrt{360,5773 \times 965,1}} = 0,367699299 \quad (8)$$

Na Tabela de coeficientes de vazão ($CE\beta^2$) em 6" para tomadas em 2.1/2D e 8D (pipes taps) encontram-se os dados e assim observa-se:

TABELA 1 – Tabela de coeficientes de vazão ($CE\beta^2$) em 6" para tomadas em 2.1/2D e 8D (pipes taps)

β	$CE\beta^2$
0,64	0,357569
0,65	0,374880

Fonte: Delmée, 2003, p85.

Interpolando o valor de β para o coeficiente encontrado, temos que $\beta = 0,6458$.

Como $\beta = \frac{d}{D}$ pode-se determinar o diâmetro do furo pela Equação 9, portanto:

$$d = \beta \cdot D = 0,6458 \times 152,4 = 98,42 \text{ mm} \quad (9)$$

3.2 LISTA DE MATERIAIS

A Tabela 2, demonstra os materiais utilizados para a construção da placa de orifício.

TABELA 2 – Materiais utilizados para a construção da placa

Material	Und.	Qntd.
Chapa Inox 5/16" x 1500 mm x 3000 mm AISI-304	PC	1
Disco de corte 7" para inox	PC	3
Disco FLAP 4.1/2" granulometria 80	PC	1
Flange 6" soldável AISI B16.5 para 600 libras	PC	2
Junta de papelão grafitado 1/16"	PC	2

Fonte: Próprio Autor.

3.3 FABRICAÇÃO DA PLACA

Para a realização deste trabalho utilizou-se uma chapa em aço inoxidável AISI-304 com as seguintes dimensões: um metro e meio de largura por três metros de comprimento e cinco dezesseis avos de polegada de espessura (aproximadamente oito milímetros), onde foi traçado o dimensional da peça, sendo a medida de diâmetro externo de seis polegadas referente à tubulação. O corte é executado com a esmerilhadora angular com disco de corte de sete polegadas específico para aço inoxidável respeitando rigorosamente o traçado da peça.

Para a perfuração a placa foi usinada em um torno mecânico determinando assim o diâmetro do orifício conforme calculado previamente, 98,42 *mm*. Após corte e a furação, é realizado um acabamento na placa com esmerilhadora angular com disco tipo FLAP de quatro polegadas e meia granulometria 80.

Para a instalação do dispositivo, o equipamento é parado assim possibilitando o corte na tubulação onde serão instalados primeiro os dois flanges de seis polegadas que servem como o ponto de fixação da placa; eles são soldados na linha e logo são instaladas as juntas de papelão grafitado um dezesseis avos de polegada para vedação do dispositivo. Finaliza-se colocando a placa confeccionada entre os flanges, e, por fim todos os parafusos são apertados e conferidos para liberação da utilização da tubulação, já com a placa instalada.

Obs.: Deixa-se uma aba na extremidade da placa para que se tenha um melhor manuseio da mesma.

A seguir encontram-se a válvula automática que seria instalada, conforme a Figura 3 (a), e a placa fabricada pela equipe de manutenção como pode ser observado na Figura 3 (b).

FIGURA 3 – Exemplo de válvula de controle automática e placa de orifício fabricada



Fonte: TLV – Válvulas de Controle Pneumáticas (2015) Fonte: Próprio autor.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este tópico apresenta os resultados e discussões a cerca do objeto confeccionado. Após a instalação concluída, obtiveram-se as seguintes medições no painel do desaerador através de um sensor acoplado ao CD600 do equipamento:

TABELA 3 – Medições da vazão no desaerador

Medição	Vazão (m ³)
Primeira	19,8
Segunda	20,2
Terceira	19,7

Fonte: Próprio Autor.

Cada medição foi realizada com um intervalo de trinta minutos, sendo assim possível observar que existe uma oscilação na vazão devido à perda de carga na tubulação ou até mesmo pelo fornecimento de fluido pela bomba.

Fazendo o levantamento de custos do material que foi necessário para a construção da placa, no software da própria empresa, obteve-se:

TABELA 4 – Custos da construção da placa

Material	Unid.	Quant.	Valor Total
Chapa Inox 5/16"	KG	7,59	144,21
Disco de corte 7" para inox	PC	3	25,02
Disco FLAP 4.1/2"	PC	1	13,04
Flange 6" 600 LBS	PC	2	1.650,00
Junta de papelão grafitado 1/16"	PC	2	100,00
Mão de obra (caldeireiro e montagem)	HR	3	96,00
TOTAL			2.028,27

Fonte: Próprio Autor.

Para a instalação da válvula seriam gastos no total de R\$ 5.316,00 inclusive custos de mão de obra, flanges e juntas que são aplicadas em ambas as alternativas, sendo que a válvula seria a parte mais cara com um custo de adesão de uma peça de R\$ 3.470,00. Já para a instalação da placa com todos os adjacentes citados o custo total seria de R\$ 2.028,00 sendo assim perceptível a economia com a instalação de um dispositivo mais simples e com eficiência capaz de atender as exigências do aparelho conforme observado na Tabela 3.

5 CONCLUSÃO

A realização deste projeto teve como objetivo a implantação de uma placa de orifício substituindo a aplicação de uma válvula de controle na tubulação, observando como a mesma iria fornecer a vazão posterior a sua instalação. Analisando o equipamento e as medições realizadas, foi constatado que a mesma atenderia a exigência proposta mesmo não tendo uma variabilidade maior em sua aplicação. Contudo a escolha pelo projeto da placa e instalação reduziu consideravelmente os custos com instalação, menos da metade (cerca de 38%) do que seria gasto com a compra e instalação da válvula, e futuramente também reduzindo manutenções e gastos com a mesma considerando que mesmo se tratando de um dispositivo simples o mesmo traz boa confiabilidade ao sistema.

Sugestão para trabalhos futuros: executar uma comparação entre a eficiência da placa em trabalho confrontada com a de uma válvula de controle automática como citado.

*THE DIMENSIONING OF AN ORIFICE PLATE TO HORIZONTAL AERATOR***ABSTRACT**

This study introduces the project and the dimensioning of an orifice plate, applied in a water resupply piper aerator, to the replacement of the installation of a control valve that is an equipment more sophistic and that represent a higher acquisition cost, beyond the market availability check. Due the necessity of costs saving in the current industry, the flow management by using control valves represents significant. The implementation of orifice plate is one of the most feasible ways to obtain a simple, efficient e most economical solution. The procedure consists in the induction of plate with a hole, whose diameter is determined according to the need of the pipe in order to have the flow rate and/ or pressure desired. Through the plate application as possible to obtain data to do a comparison between the costs, and to check how the device behaved after the application, given the flow of required equipment.

Keywords: Flow rate. Pressure. Cost-cutting. Fluid velocity.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. V. (14 de Julho de 2014). Remoção de oxigênio dissolvido da água de alimentação de uma caldeira de alta pressão em uma indústria de celulose. p. 28.

BRANCO, R. (Ed.). (28 de Fevereiro de 2012). *Como funciona um desaerador*. Acesso em 1 de Abril de 2016, disponível em Manutenção & Suprimentos:
<http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/6023-como-funciona-um-desaerador/>

BRUNETTI, F. (2008). *Mecânica dos Fluidos* (2ª ed. rev. ed.). São Paulo: Pearson Prentice Hall.

DELMÉE, G. J. (2003). *Manual de Medição de Vazão* (3ª ed.). São Paulo: Edgard Blucher.

FOX, R. W., PRITCHARD, P. J., & MCDONALD, A. T. (2011). *Introdução à Mecânica dos Fluidos*. Rio de Janeiro: LTC.

WIEGAND, A. (Junho de 2013). *Folha de dados FL 10.01*. Acesso em 01 de Abril de 2016, disponível em Site da Wika do Brasil:
http://www.wika.com/upload/DS_FL1001_pt_br_55871.pdf