ISSN:2594-6153

# Estudo sobre transferência de oxigênio para água através de Venturi

Ronan Lima Sousa[1,2], Carlos José de Lima[1,2], João Inácio da Silva Filho[1]

[1]Universidade Santa Cecília (UNISANTA), Santos-SP, Brasil
[2]Universidade Anhembi Morumbi (UAM) - Faculdade de Engenharia -São José dos Campos-SP, Brasil

E-mail: ronalims@gmail.com

**Resumo:** A transferência de oxigênio para a água é muito utilizada em âmbito tanto domiciliar, industrial e até em termos de tratamento de esgoto. Basicamente é realizada através do borbulhamento do gás utilizando um componente poroso conectado a um duto rígido ou flexível em que o gás é transportado, tudo isso pertencendo a um sistema com diferentes Venturis. Outro método que pode ser utilizado ocorre através da atuação de um sistema hidrodinâmico gerado por bomba hidráulica o qual força o escoamento da água, conectado em série com esta bomba, há um elemento de três vias denominado injetor Venturi, o qual realiza a inserção do gás junto ao escoamento forçado da água em sua terceira via, essa cinética com a mistura destes dois fluidos apresenta boa capacidade de transferência do oxigênio para a água. O objetivo deste estudo é realizar uma comparação em termos de melhor maneira de executar a incorporação do oxigênio para a água considerando um valor fixo de temperatura ambiente local. Dois métodos de gaseificação foram realizados, um envolvendo o experimento utilizando o reator coluna de borbulhamento, e o outro foi caracterizado como um circuito hidráulico usando o elemento injetor Venturi conectado a bomba do tipo centrífuga. Das duas situações descritas anteriormente, verificou-se qual delas apresenta maior desempenho em termos de transferência do oxigênio para a água. Os resultados constatados indicaram que o método hidrodinâmico associado ao injetor Venturi é mais eficiente em termos de transferência do gás oxigênio para a água, comparado ao método tradicional reator coluna de borbulhamento, constatou-se uma diferença expressiva. Conclui-se que a ação dinâmica da água associada a atuação do injetor Venturi apresenta maior desempenho de oxigenação da água
**Palavras-chave:** Espalhamento de gases em líquidos; oxigênio; Venturi; bombeamento.

# Study on oxygen transfer to water using Venturi

**Abstract:** Oxygen transfer to water is widely used in domestic, industrial, and wastewater treatment settings; it is typically achieved by bubbling gas through a porous component connected to a rigid or flexible gas-conveying conduit, all within a system known as a bubble column reactor. Another method involves a hydrodynamic system driven by a hydraulic pump that forces water flow; connected in series with this pump is a three-way element known as a Venturi injector, which introduces gas into the forced water flow via its third port. The resulting fluid dynamics and mixing offer effective oxygen transfer to the water. This study aims to compare the best method for incorporating oxygen into water at a fixed ambient temperature. Two gasification methods were tested: one using a bubble column reactor and the other employing a hydraulic circuit with a Venturi injector connected to a centrifugal pump. The performance of each method regarding oxygen transfer to the water was evaluated. The results indicated that the hydrodynamic method using the Venturi injector is significantly more

efficient at transferring oxygen to the water than the traditional bubble column reactor method. It is concluded that the dynamic action of the water combined with the Venturi injector yields superior oxygenation performance.
**Keywords:** Gas dispersion in liquids; oxygen; Venturi; pumping.

## Introdução

A taxa de transferência de oxigênio é um parâmetro essencial dos modelos de qualidades da água, os quais são utilizados para prever a capacidade de autodepuração dos corpos d'água [2].

A transferência de oxigênio é controlada por uma complexa interação entre difusão molecular e fenômenos turbulentos junto à interface. Os efeitos destas interações podem ser reunidos em um único parâmetro: coeficiente volumétrico de transferência de massa de oxigênio (KLa), no qual KL é a velocidade de transferência massa de oxigênio na interface e a é a área específica da interface, a qual é calculada pela relação entre a área superficial de transferência e o volume do líquido [3].

O fluxo de massa através da interface é suposto proporcional ao déficit de oxigênio dissolvido com relação ao seu valor máximo Cs.

$$J = \left(\frac{1}{A}\right) * \frac{dm}{dt} = KL(Cs - C) \ , \qquad [1]$$

em que J é o fluxo de massa, A é área de interface ar-líquido, m é a massa de gás dissolvido, t é o tempo, $C_s$ é a concentração de saturação do gás, C é a concentração do gás dissolvido no volume líquido e $K_L$ é a velocidade de transferência de massa. Substituindo o termo dm/dt por d(VC)/dt, em que V é o volume do líquido no qual a massa do gás se dissolve, a equação (1) pode ser expressa da seguinte forma:

$$\frac{dc}{dt} = KL\frac{A}{V}(Cs - C) \ , \qquad [2]$$

em que dc/dt é a taxa de transferência de oxigênio, a razão entre a área interfacial de troca e o volume líquido onde a massa de oxigênio se dissolve, A/V, é conhecida como área específica interfacial.

## Objetivos

O objetivo deste trabalho é estudar e analisar o espalhamento de oxigênio no interior da água utilizando para isso três processos de injeção de oxigênio no meio aquoso. Para esta análise utilizamos os conceitos dimensionais de área das bolhas em relação a taxa de espalhamento do oxigênio no meio.

Outro conceito importante é o da normalização da área superficial da bolha em relação ao seu volume no sentido de entender a relação entre o aumento do raio da bolha relacionado com a área da superfície/volume. Isso nos levou a verificar que a relação área superficial/volume aumenta quando o raio da bolha diminui, propiciando um melhor espalhamento.

## Material e Métodos

Para o experimento foi instrumentalizado um sistema de bombeamento composto por bomba hidráulica, tubulações, garrafa de oxigênio com válvula reguladora, reservatórios de diferentes geometrias e 2 Ventures de diferentes construções.

O esquema hidráulico estudado está representado na figura 1, e apresenta os principais componentes do sistema.

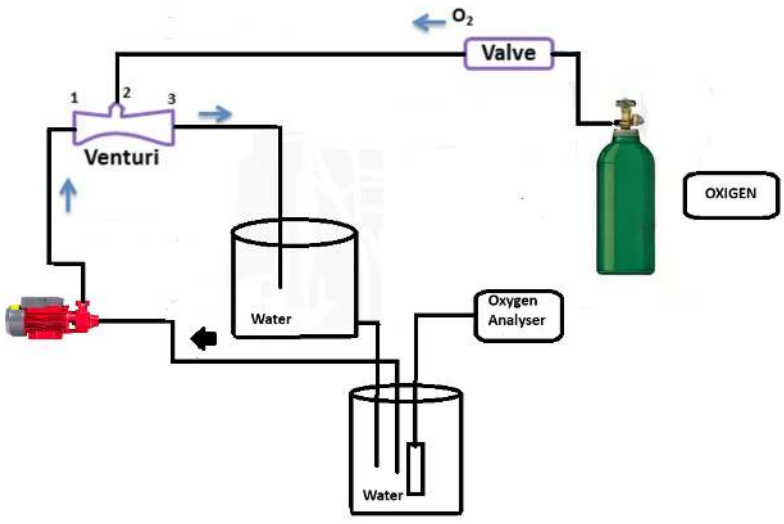


**Figura 1.** Esquema Hidráulico utilizado no ensaio com e sem difusor.

Foram ensaiados dois processos para a análise da transferência de massa de oxigênio para a água. No primeiro ensaio utilizamos um reservatório retangular de 100 litros de

capacidade e um Venturi de ¾ in de diâmetro, onde foi conectada uma tomada a tubulação de água gerada por uma bomba centrifuga modelo Bravo 3 cv.

Na terceira via foi conectada uma tomada de oxigênio proveniente de uma garrafa de volume 5 litros e equipada como válvula de controle de vazão e pressão. Na conexão da terceira via do Venturi, a tubulação de oxigênio foi conectada diretamente, permitindo a entrada livre do oxigênio para o interior do Venturi.

No segundo processo, utilizamos um segundo Venturi com válvula de retenção na terceira via.

No sistema hidráulico a água é Succionada pela bomba hidráulica através da tubulação de sucção e recalcada até o Venturi onde o fluxo de água encontra o de gás oxigênio em meio a um regime turbulento causado pela passagem no interior do Venturi.

**Resultados**

Os ensaios realizados apresentam a relação entre a oxigenação da água em relação ao tempo para diferentes vazões de oxigênio, sendo que para cada vazão foi ensaiada em diferentes Venturis e foram obtidos diferentes resultados.

Em relação ao desempenho dos Venturis os ensaios realizados apresentaram diferentes resultados sendo percebido uma diferença de eficiência em torno de, 15% a mais de concentração de oxigênio, sendo que em ambos os processos, Venturi 1 e Venturi2, a mistura de oxigênio na água ocorre em meio à turbulência no interior do Venturi.

**Discussão**

A passagem da água pressurizada pela bomba através do Venturi tem sua mudança de regime alterada, pois conforme (1), o equipamento Venturi produz um regime turbulento no líquido, quando este atravessa o seu interior.

No caso do Venturi com difusor, a transferência de massa é mais eficiente que no caso do Venturi sem difusor, sendo que o destaque, neste caso, é que o difusor é um dispositivo feito de aço sinterizado e que por esse motivo, o corpo da peça é constituído de micro passagens, por onde o ar deve passar. A passagem do ar por esses poros, juntamente com a energia cinética da água e do oxigênio, reflete numa transferência de massa mais eficiente.

## Conclusões

Através dos ensaios realizados no sistema hidráulico representado na figura 1, foi percebida uma diferença de rendimento entre os Venturis estudados. Essa diferença está diretamente relacionada ao perfil do fluido no interior dos Venturis, a temperatura e também a interface líquido e gás que está representada nas equações presentes na introdução do artigo. Na sequência deste estudo, serão desenvolvidas metodologias para melhor entender este fenômeno e comprovar a eficácia do melhoramento do processo.

## Referências

1. H. C. Carvalho, M. S. Melo1, C. J. Lima1, L. P. Alves, L. Silveira Jr., and R. A. Zângaro, Effectiveness of Ozone-Liquid Mass Transfer aiming Ozone Therapy,

2. Silva, Pedro de Souza Lopes, O efeito das substâncias húmicas na transferência de massa de oxigênio na interface ar-água – 2019.

3. Maycon C. O. Carvalho · Tatiana R. O. Heinzelmann, · Leandro L. Azevedo· Adriana B. Fernandes, Carlos J. de Lima, Development of an Endoscope Reprocessor Using Ozonated Water Jets

4. HEBRARD; ZENG; LOUBIERE, 2009; JIMENEZ et al., 2014

5. J. Stewart, Calculus: early transcendentals, 8th ed. Boston: Cengage Learning, 2016.

6. Deanna Denault ; Preeti Patel ; John V. Ashurst, Fisiologia, Cinética de Ordem Zero e Primeira Ordem.