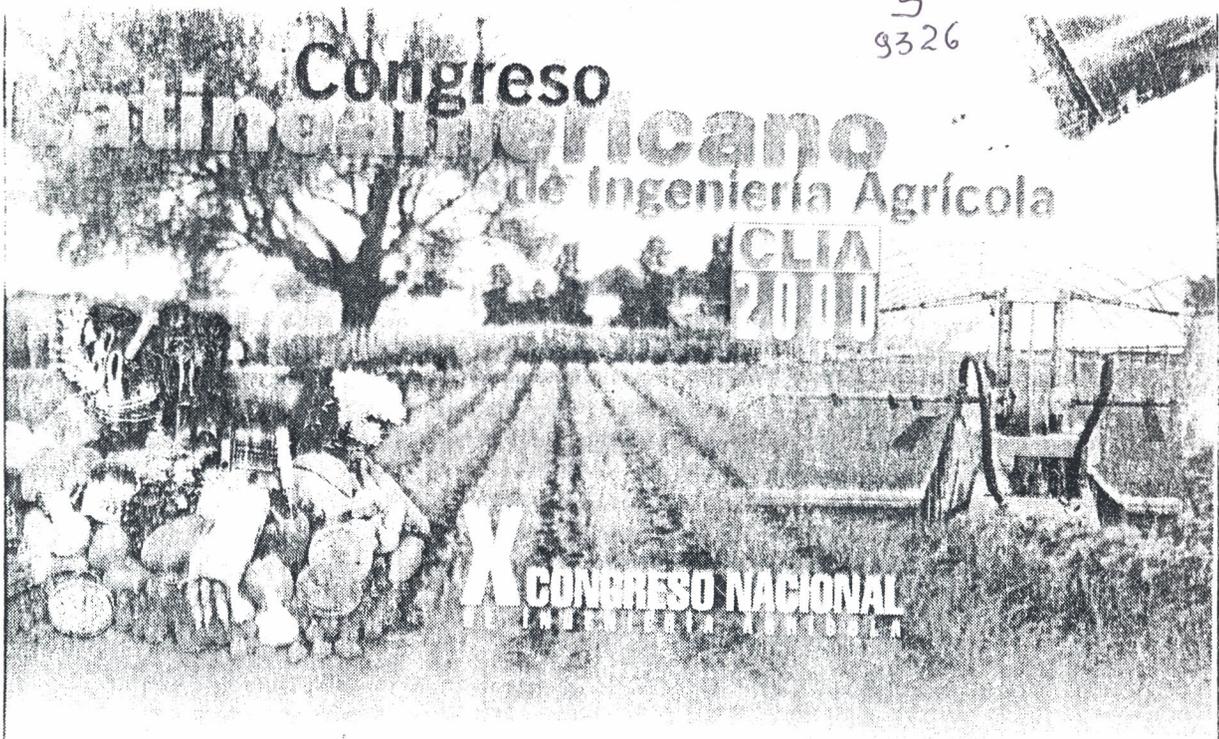


5  
9326



**Congreso Latinoamericano de Ingeniería Agrícola**

**ALIA 2000**

**X CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA**

**ALIA dos frente al nuevo milenio**

# Memorias



Asociación Latinoamericana y del Caribe de Ingeniería Agrícola



Asociación Mexicana de Ingeniería Agrícola



del 6 al 8 de noviembre de 2000  
Centro de Convenciones  
Guanajuato, Gto.  
México



## DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE AERAÇÃO DE RESERVATÓRIO DE ÁGUA CONSTITUÍDO POR TUBOS VERTICAIS RANHURADOS COM DESCARGA SUBMERSA

J.C.Feitosa Filho<sup>1</sup>, T. A. Botrel<sup>2</sup>, J.M.Pinto<sup>3</sup>, L.F.Cavalcante<sup>4</sup>

1.Prof. Doutor, DSER/CCA/UFPB. Areia-PB; (083) 362.2300, Ramal 30. Fax: (083) 362-2259.

e-mail:jfeitosa@cca.ufpb.br. 2.Prof. Doutor, DER/ESALQ/USP. Piracicaba-SP.

3.Pesquisador Doutor, CPATSA/EMBRAPA-Petrolina-PE. 4.Prof. Doutor, DSER/CCA/UFPB. Areia-PB, (083) 362.2300.

### ABSTRACT

An experiment was carried out at "Luiz de Queiroz" College of Agriculture of the University of São Paulo-USP in Piracicaba, São Paulo State, Brasil, to develop and test a system of aeration of water reservoir of low cost. The proposed system is constituted of tubes of rigid PVC with 20 and 25 mm of diameters found easily at house that market hydraulic materials. It was made her in the tubes of discharge grooves for entrance of the air in the water that goes by them and they are distributed in the reservoir. An unit was evaluated constituted by five lines of 25 diameter mm being in them, inserted 25 tubes of 20 mm with extremities submerged to the depth of 0.30 m. It was verified that: a) the flow of air incorporate in the water for the system increased directly with the increase of the motive flow to a maximum point. There was starting from there, reduction gradativa of the first, until the system not to work; b) the medium values of the percentage of air incorporated in the water and efficiency in function of the motive flow in the tests with a tube were respectively of 5.14% and 5.49%, while in the system, these values were of 4.58% and 4.95%; c) the flows of incorporate air in the water in function of the motive flow in both tests presented better fittings to quadratic functions; d) the coefficient of uniformity of distribution of the air in the water was of 65.36% and e) the system assisted to the proposed objectives and it can be recommended for some works of aeration of reservoirs of water.

### RESUMO

Um experimento foi instalado no Laboratório de Hidráulica da ESALQ-USP em Piracicaba, São Paulo, Brasil, como objetivo de desenvolver e testar um sistema de aeração de água de baixo custo. O sistema proposto foi constituído de tubos de PVC rígido de 20 e 25 mm de diâmetros encontrados facilmente em casa que comercializam materiais hidráulico. Avaliou-se uma unidade constituída por cinco linhas de 25 mm de diâmetro sendo nelas, inseridos 25 tubos de 20 mm com extremidades submersas à profundidade de 0,30 m. Verificou-se que: a) a vazão de ar incorporado na água pelo sistema aumentou diretamente com o aumento da vazão motriz até um ponto máximo. Houve a partir daí, redução gradativa da primeira, até o sistema não mais funcionar; b) os valores médios da porcentagem de ar incorporado na água e rendimento em função da vazão motriz nos testes com um tubo foram de 5,14% e 5,49% respectivamente, enquanto que no sistema, estes valores foram de 4,58% e 4,95%; c) as vazões de ar incorporado na água em função das vazões motrizes em ambos testes apresentaram melhor ajustes à funções quadráticas; d) o sistema atendeu aos objetivos propostos e pode ser recomendado para aeração de reservatórios de água nas condições analisadas.

**Key- words:** aeration, pollution, aerador.

**Palavras-chave:** Poluição, aeração, aerador.

Congreso Latinoamericano de Ingeniería Agrícola. CLIA 2000  
X Congreso Nacional de Ingeniería Agrícola. AMIA 2000

CD-ROM

In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE INGENIERIA ; CONGRESO NACIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA, 10., 2000, Guanajuato. Memorias...  
Guanajuato: ALIA/AMIA/ICA, 2000. CD-ROM

## INTRODUÇÃO

Os meios de comunicação trazem notícias quase que diariamente de mortandade de peixes e de animais aquáticos devida à deficiência da oxigenação nas águas dos rios, parques aquáticos e outros mananciais devido principalmente à poluição nessas fontes de água.

A transferência do oxigênio do ar para a água dá-se em função do desequilíbrio quantitativo desse elemento em um dos meios. Estando o nível de oxigênio na água do reservatório abaixo do seu nível de saturação normal, o oxigênio do ar é transferido automaticamente para a água ou vice-versa. A incorporação natural do oxigênio na água dá-se devido aos processos mecânicos condicionado pelo vento, mudanças de temperatura da água e movimentação natural da água. Cada um desses agentes contribui para o aumento da área de contato do ar com a água permitindo que o oxigênio seja nela incorporado. Os métodos naturais de aeração nem sempre são suficientes para manter níveis adequados de oxigenação nos reservatórios. Nesse caso, há necessidade de estruturas e/ou equipamentos artificiais para facilitar esse contato (WINKLER, 1981).

A aeração constitui um processo mecânico por meio do qual se aumenta o nível de oxigênio dissolvido em determinado volume de água. Ela pode ser utilizada com diferentes fins dentre como: eliminar dióxido de carbono na água e amônia não ionizada (BOYD, 1990) e remover íons de  $Fe^{+2}$  e  $Mn^{+2}$  da água de alguns mananciais (FORD & TUCKER, 1975).

Quando a aeração artificial torna-se necessária, existem diversas formas de fazê-la sendo umas mais simples outras mais complexas, às vezes inviabilizando sua aplicação em projetos de pequeno porte.

Segundo ARANA (1977) os aeradores são classificados em quatro grupos: aeradores de gravidade, de superfície, turbinados e difusores. Neste último caso, o ar atmosférico ou de outra fonte é introduzido na água por equipamentos especiais denominados

difusores e a eficiência do sistema está em função da quantidade e do tamanho das borbulhas colocadas na água no tempo de operação.

ZARUETA et al. (1995) testaram um sistema formado por tubos utilizados na irrigação localizada acoplados a um compressor para introduzir o oxigênio na água. Avaliaram as perdas de carga e definiram equações para definir este parâmetro.

FEITOSA FILHO et al. (1997) e FEITOSA FILHO et al. (1998) avaliaram um sistema de aeração constituído por um injetor tipo Venturi acoplado a linhas de distribuição em PVC rígido perfurados. O ar captado da atmosfera pelo injetor era incorporado diretamente na água passando na linha principal do sistema. A água juntamente com o ar são distribuídos no reservatório por tubulações submersas "tipo irrigação por gotejamento". Constataram boa eficiência na quantidade de ar incorporado na água pelo sistema embora sua distribuição dentro do reservatório tenha sido irregular ao longo das tubulações. Concluíram necessidade de aprimoramento do sistema de modo a apresentar melhor uniformidade de distribuição do ar no reservatório de água. Diante dos aspectos relatados este trabalho teve como objetivos:

- desenvolver e testar um sistema de aeração de reservatórios de água constituído de tubos de PVC ranhurados para uso em diferentes fins, de baixo custo e podendo ser confeccionado pelo próprio agricultor;
- definir os parâmetros hidráulicos e equações que expressem o funcionamento do sistema de aeração proposto.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Hidráulica da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-USP, Piracicaba-SP, utilizando uma unidade composta por cinco tubulações em PVC

normalmente empregadas nas conexões hidráulicas residenciais de 25 mm de 6,0 m de comprimento espaçadas de 0,20 m contendo cada linha lateral cinco tubos verticais de 20 mm de diâmetro nominal e de 40 cm de comprimento. Em cada um desses tubos foram feitos cinco ranhuras com uma serra 1,2 mm de espessura no sentido inclinado com ângulo de aproximadamente 45°, espaçadas de 5 cm uma da outra.

O sistema de aeração proposto trabalha com baixa pressão de serviço haja vista, que uma das extremidades de cada tubo fica aberta e inserida na água a ser aerada no reservatório. O funcionamento do sistema proposto aproveita a própria velocidade de decida da água nos tubos verticais criando um vácuo no interior do tubo, na parte que contém as ranhuras, o que faz com que o ar atmosférico seja arrastado por esse vácuo e incorporado na água que funciona como fluido motriz que passa pelos tubos e sendo a partir daí aerada e misturada em circuito fechado com a água do reservatório com forme esquema ilustrativo apresentado na Figura 1. Os tubos trabalharam com extremidades submersas à profundidade constante de 30 cm.

Definiu-se realizar o primeiro teste trabalhando com um só tubo ranhurado individualmente com objetivo de estudar o princípio de funcionamento do sistema proposto e definir uma equação de regressão que definisse a quantidade de ar incorporado na água em função da vazão motriz.

Avaliou-se em seguida, a quantidade de ar incorporado na água por todos os tubos de uma lateral (central) finalmente, do sistema. Para determinar a quantidade de ar incorporado na água por cada tubo utilizou-se uma proveta de vidro de 1000 ml graduada, colocada na posição invertida sobre a extremidade do tubo submerso a fim de captar para seu interior, cada volume de ar que era distribuído pela extremidade do tubo do sistema.

Para fazer a medição do ar distribuído no reservatório, inicialmente a proveta era preenchida totalmente com água e conduzida

invertida e submersa até que ficasse posicionada sobre uma saída formando um "U" feito com duas curvas de PVC de 90° de mesmo diâmetro do tubo ranhurado permitindo que todo ar saindo junto com a água pela extremidade do tubo fosse introduzido no interior da proveta que automaticamente, expulsava do seu interior, um volume de água equivalente ao volume de ar captado naquele momento. Com o cronômetro, marcava-se o tempo gasto na redução do volume de água que declinava passando por duas marcas referenciais feitas na parte externa da proveta que delimitavam a um volume pré-determinado. De posse dos tempos, determinava-se as vazões de cada teste. Para avaliar o rendimento do sistema utilizou-se a fórmula deduzida por Feitosa Filho Et Al. (1997).

## RESULTADOS

Os dados apresentados na (Tabela 1) correspondem aos valores referentes a vazão motriz (água), vazão de ar incorporado na água, porcentagem de ar incorporado em relação a vazão motriz e rendimento dos testes feitos com um dos tubos ranhurados que compôs o sistema de aeração. Os dados da (Tabela 2) são dos mesmos parâmetros juntamente com o valor do coeficiente de uniformidade de distribuição do ar na água (CUC) dos testes feito com o sistema operando com todos os tubos simultaneamente em seis diferentes vazões motrizes.

Analisando-se os dados da (Tabela 1), referentes ao funcionamento com um só tubo que compôs o sistema constata-se que a vazão de ar incorporado na água aumentou com o aumento da vazão motriz que passou pelo tubo. Isso porém, só aconteceu até determinado limite pois, a partir daí mesmo aumentando-se a vazão motriz não houve aumento da quantidade de ar sendo incorporado na água, pelo contrário, houve uma redução até o sistema não mais funcionar, conforme pode ser constatado observando os dados referentes a esse parâmetro juntamente com a última vazão motriz. Isso provavelmente, se deve em razão

do aumento da vazão motriz passando pelo tubo com aquele diâmetro cria uma sobre pressão no seu interior fazendo com que a água reverta o processo de captar o ar atmosférico em função da velocidade e passe a ser jorrada através das ranhuras para fora do tubo, limitando a partir desse ponto, o funcionamento do sistema. Essa constatação embora limite o funcionamento do sistema para pressões de serviço baixas, por outro lado, requer bombas de recalque de pequeno porte e com menor consumo de energia o que reduz o custo operacional da prática da aeração (BOYD 1990).

Observa-se que a porcentagem média de ar incorporado na água e o rendimento com valores de 5,14% e 5,49%, respectivamente e com o sistema funcionando com todos os tubos (Tabela 2) de 4,58% e 4,95% que eles foram aproximadamente semelhantes. Isso assegura, que para avaliação prática do funcionamento do sistema, basta obter os dados dos parâmetros de apenas um dos tubos da unidade de aeração para se ter um conhecimento aproximado do sistema em determina condição de funcionamento, o que reduz tempo e custo na avaliação.

Avaliando-se o valor médio da uniformidade de distribuição do ar na água com valor para o sistema de 65,36% pode-se considerá-lo razoável pois superou o valor obtido no sistema inicial desenvolvido por FEITOSA FILHO et al. (1997) que foi inferior aos 20%. Em termos práticos e de acordo com as informações de BOYD (1990) de que a solubilidade do oxigênio na água variando de 14,60 a 8,24 mg/l é muito baixa para as temperaturas de 0°C e de 25°C, certamente é melhor ter um sistema de aeração incorporando volume menor de ar na água em tempos mais espaçados do que o contrário. Um sistema capacitado a incorporar grande quantidade de ar em tempo reduzido trás como desvantagem de normalmente consumir mais energia sem resultado prático. Parte do oxigênio introduzido na água em tempo reduzido devido sua baixa solubilidade na água, retornaria por borbulhamento à atmosfera sem que fosse realmente

incorporado na água do reservatório ou manancial.

As Figuras 2(a) e 2(b) representam graficamente os valores da vazão de ar incorporado na água e do rendimento em função da vazão motriz do primeiro testes e as Figuras 2(C) e 2(d) representam as mesma variáveis no segundo teste. Observa-se pelas curvas apresentadas que elas expressam o funcionamento do sistema realmente e já discutido anteriormente. Vê-se pelas curvas o aumento gradativo da vazão de incorporado na água com o aumento da vazão motriz até um ponto máximo. A partir daí, houve declínio gradativo daquela, cujo comportamento parabólico, representa realmente uma função quadrática. Isso pode ser comprovado posteriormente quando foi feito a análise de regressão dos dados das vazões de ar incorporado na água em função das vazões motrizes de ambos os testes. Os resultados ajustaram-se melhor a um modelo de função quadrática, com valores do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) de 0,923 e 0,953 respectivamente, inclusos nas figuras.

## CONCLUSÕES

A partir do resultados pôde-se concluir o seguinte: a) a vazão de ar incorporado na água pelo sistema aumentou diretamente com o aumento da vazão motriz até um ponto máximo. Houve a partir daí, redução gradativa desse parâmetro até o sistema não mais funcionar; b) os valores médios da porcentagem de ar incorporado na água e o rendimento em função da vazão motriz nos testes realizados com um só tubo foram de 5,14% e 5,49% respectivamente. Para sistema de aeração com todos os tubos ranhurados os valores foram de 4,58% e 4,95%; c) as vazões de ar incorporado na água em função das vazões motrizes em ambos os testes apresentaram melhor ajustes à funções quadráticas; d) o coeficiente de uniformidade de distribuição do ar incorporado na água pelo sistema foi de 65,36%; e e) o sistema avaliado atendeu aos objetivos propostos e pode ser recomendado nas condições analisadas, para aeração de reservatórios de água.

#### LITERATURA CITADA

- ARANA, L.V. Princípios químicos da qualidade da água em aquíicultura. Florianópolis: UFSC. 1977. 166p.
- BOYD, C. E. Water quality in ponds for aquaculture. Auburn University, Alabama. 1990. 482p.
- CHRISTIANSEN, E.J. Irrigation by sprinkling. University of California, Berkeley. 1942. 142p. (Bulletin, 670).
- FEITOSA FILHO, J. C., MEDEIROS, J.F.; BOTREL, T. A., PINTO, J. M. Avaliação de Venturi funcionando com água como fluido motriz e o ar como fluido succionado com descarga submersa. *Revista Irriga*. v. 2, n.2. 1997. P.68-75.
- FEITOSA FILHO, J. C., BOTREL, T. A., PINTO, J. M. Variabilidade na distribuição de ar na água utilizando um sistema com tubulações e emissores submersos e um injetor tipo Venturi. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27, Poços de Caldas, 1998. *Anais...* Poços de Caldas, MG:SBEA, 1998. v.1. p.76-78.
- FORD, H.W., TUCKER, D.P.H. Blockage of drip irrigation filters and emitters by iron-sulfur-bacterial products. *HortScience*, v.10, n.1, p. 62-64, 1975.
- ZARUETA, F. S., BUCKLIN, R.A., TURNER, M.; CHAPMAN, F. A., LAZUR, A. M. Aquaculture aeration using irrigation porous pipe. In: INTERNATIONAL MICROIRRIGATION CONGRESS, 5. Orlando, Florida. USA, 1995. *Proceedings...* Orlando, Florida. USA: ASAE, 1995. p.37-42.
- WINKLER, M. Biological treatment of wastewater. New York: Ellis Horwood. 301 p. 1981.

Tabela 1. Vazão motriz de água no tubo, vazão de ar incorporado na água pelo tubo; porcentagem de ar incorporado na água em relação à vazão motriz e rendimento do teste feito com um só tubo que compôs o sistema de aeração

Vazão motriz (l.h <sup>-1</sup> )	Vazão de ar incorporado (l.h <sup>-1</sup> )	Porcentagem de ar incorporado (%)	Rendimento (%)
183,42	5,99	3,27	3,53
212,31	8,95	4,21	4,56
239,17	13,15	5,10	5,11
284,42	15,30	5,38	5,51
332,90	18,01	5,41	5,84
368,45	20,38	5,53	5,98
414,50	23,74	5,73	6,19
442,78	25,72	5,81	6,28
545,40	36,00	6,60	7,14
655,02	36,00	5,50	5,94
732,05	35,41	4,84	5,23
770,02	32,73	4,25	4,59
Média: 431,70	22,62	5,14	5,49
Desv. Pad: 202,30	10,74	0,88	0,96
CV (%): 46,86	47,47	17,20	17,47

Tabela 2. Vazão motriz total do sistema, vazão de ar incorporado na água; porcentagem de ar incorporado na água em relação à vazão motriz; rendimento e o coeficiente de uniformidade de distribuição do ar incorporado na água (CUC) com o sistema funcionando com seis vazões motrizes distintas

Vazão motriz total (l.h <sup>-1</sup> )	Vazão de ar incorporado na água (l.h <sup>-1</sup> )	Porcentagem de ar incorporado (%)	Rendimento (%)	CUC (%)
10.075,76	410,00	4,07	4,40	64,70
11.312,00	530,06	4,69	5,07	65,90
11.635,20	576,95	4,96	5,36	69,54
12.340,58	580,00	4,70	5,08	65,70
13.574,40	690,42	5,09	5,50	66,81
15.836,80	630,25	3,98	4,30	59,53
Média: 12.462,46	569,61	4,58	4,95	65,36
Desv. pad: 2017,01	95,37	0,46	0,50	3,30
CV (%): 16,18	16,74	10,01	10,00	5,05

LEGENDA

1. Eletrobomba
2. Registro de fechamento lento
3. Medidor de pressão
4. Medidor de vazão de água
5. Tubulação principal
6. Tubulação lateral
7. Linhas de distribuição de água e ar
8. Tomada de água aerada.

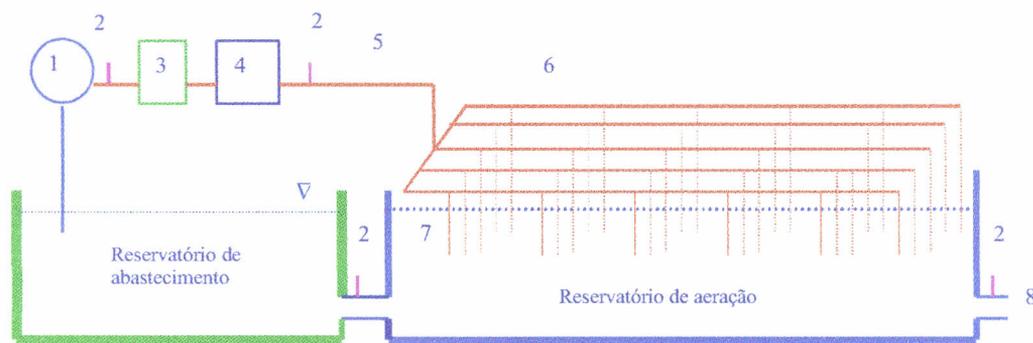


Figura 1. Esquema do sistema de aerção.

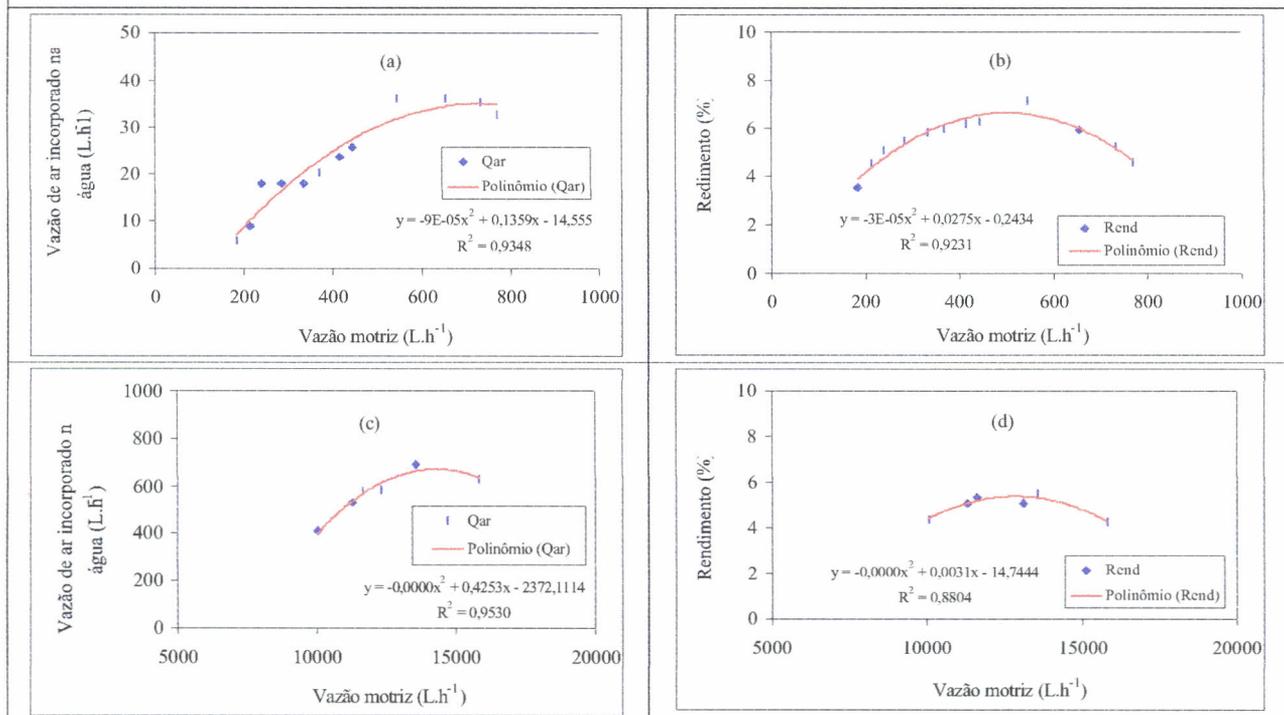


Figura 2. Vazões de ar incorporado na água em função das vazões motrizes com um só tubo ranhurado 2 (a), rendimentos em função das vazões motrizes com um só tubo ranhurado 2(b); vazões de ar incorporado na água em função das vazões motrizes no sistema com todos os tubos ranhurados 2(c) e rendimentos em função das vazões motrizes no sistema completo 2(d).

## DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE AERAÇÃO DE RESERVATÓRIO DE ÁGUA CONSTITUÍDO POR TUBOS VERTICAIS RANHURADOS COM DESCARGA SUBMERSA

J.C.Feitosa Filho<sup>1</sup>, T. A. Botrel<sup>1</sup>, J.M.Pinto<sup>2</sup>, L.F.Cavalcante<sup>1</sup>

1. DSER/CCA/UFPB. Areia-PB; (083) 362.2300, Ramal 30. Fax: (083) 362-2259.  
e-mail:jfeitosa@cca.ufpb.br. 2 - CPATSA/EMBRAPA-Petrolina-PE.

### RESUMO

O trabalho teve como objetivo desenvolver e avaliar um sistema de aeração de reservatório de água constituído por tubos de PVC rígido, com potencialidade de uso na remoção de íons de  $Fe^{+2}$  que causam obstrução nas tubulações e emissores dos sistemas de irrigação localizada ou para uso na aquicultura. O sistema foi constituído de uma linha lateral de 32 mm e de cinco linhas de distribuição de 25 mm. Em cada uma dessas linhas foram inseridos 5 tubos de 20 mm de diâmetro, comprimento de 0,40 m, espaçados de 0,30 m. As extremidades desses tubos ficaram submersas na água do reservatório a uma profundidade de 0,10 m. Determinou-se uma equação para definir o funcionamento do sistema e avaliou-se a quantidade de ar incorporado na água por um dos tubos e por todos da unidade de aeração. Avaliou-se o sistema nas vazões motrizes de 10.076 L/h, 11.635 L/h, 12.341 L/h, 13.574 L/h e 15.837 L/h. As vazões médias de ar incorporado na água foram de 410 L/h, 530 L/h, 577 L/h, 580 L/h, 690 L/h e 630 L/h. Os valores de CUC obtidos foram de 64,7%, 65,9%, 69,5%, 65,7%, 66,8% e 59,5% respectivamente. Pelos resultados, o sistema pode ser considerado eficiente segundo o objetivo proposto.

*Este resumo é dos anais  
em papel.*