

AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE AERAÇÃO DE FONTES OU DE RESERVATÓRIOS DE ÁGUA CONSTITUÍDO POR UM INJETOR TIPO VENTURI E TUBULAÇÕES SUBMERSAS

José Crispiniano Feitosa Filho¹, Tarlei Arriel Botrel², Marcos Vinicius Folegatti² e José Antonio Frizzone²

Resumo - Instalou-se um experimento no Laboratório de Hidráulica da ESALQ-USP visando avaliar a eficiência e a distribuição de ar na água num sistema constituído por uma unidade tipo “*irrigação por gotejamento*” com linhas laterais e emissores submersos. Utilizou-se um injetor tipo Venturi como instrumento captador do ar atmosférico e incorporador na água. Avaliou-se duas formas de instalação de entrada de água e ar nas laterais do sistema, trabalhando com pressões de serviço variando de 49,03 kPa até 181,41 kPa. Analisou-se os volumes e as porcentagens de ar incorporadas na água e sua distribuição ao longo das linhas laterais. Observou-se em ambas instalação, alta variabilidade nas quantidades de ar distribuídas nos primeiros emissores em relação àqueles posicionados mais afastados. Houve porém, melhoria na distribuição na segunda forma de instalação quando as pressões de serviço do sistema foram aumentadas. Dado ao baixo custo de aquisição, custo operacional e eficiência na aeração do sistema avaliado, ele pode ser recomendado por atender aos objetivos propostos.

Palavras-chave - Aeração; injetor tipo Venturi; aquicultura.

¹ Prof. do DSER/CCA/UFPB. (083) 362.2300, R. 30. Areia-PB. CEP: 58.397-000.
e-mail: jcfeitos@carpa.ciagri.usp.br

² Prof. do DER/ESALQ/USP. (019) 429.4217. Piracicaba-SP. CEP: 13.418-900.

INTRODUÇÃO

Atualmente, quando a poluição ambiental, a escassez de alimentos e o desemprego tornaram-se preocupações em todas as regiões do país, a prática da irrigação localizada, bem como o cultivo de peixes em ambiente protegido (aquicultura), tornaram-se duas atividades agrícolas que vêm contribuindo para resolver parte desses problemas. Na região Nordeste do Brasil, essas duas atividades tiveram uso ampliado nos últimos anos justamente por permitirem um aumento na produção de alimentos, no emprego de mão de obra e retorno econômico assegurado. Embora sejam duas atividades aparentemente distintas, apresentam ponto comum: ambas dependem de água de boa qualidade para funcionarem adequadamente.

Na região nordestina, onde há pouca disponibilidade de rios perenes e de regularidade pluviométrica, a irrigação localizada vem sendo muito utilizada justamente em razão de permitir economia de água.

Grande parte da água utilizada nos sistemas de irrigação, provém de poços artesianos e de poços tubulares perfurados próximos das margens desses rios temporários ou nos locais de baixada. A água proveniente dessas fontes, normalmente, possuem elevados teores de cálcio, magnésio, enxofre e ferro; elementos que em contato com o oxigênio atmosférico, se precipitam facilmente. O uso de água desse tipo, leva a um dos principais problemas nos sistemas de irrigação localizada, que consiste nas freqüentes obstruções das tubulações e dos emissores devida a presença desse material solidificado na água de irrigação.

NAKAYAMA & BUCKS (1986), referindo-se à natureza dos materiais que causaram obstruções num sistema por gotejamento, citam que o uso de água com elevados teores de íons de Fe^{2+} , que nesse estado é um produto solúvel em água, porém, quando oxidado para a forma de Fe^{3+} , sofre precipitação formando aglomerados consistentes.

Segundo RUMP & KRIST (1992), na superfície da água em condições normais, os íons de Fe^{2+} em contato com o oxigênio atmosférico podem ser facilmente oxidado, seguindo o processo:



PIZARRO (1987) afirma que não só o Fe^{3+} como também o Mn e o S, são íons que no estado reduzido são solúveis em água, porém, ao se oxidarem se precipitam e causam as obstruções das tubulações e dos emissores seguindo o mesmo o processo descrito para o Fe^{3+} .

FORD & TUCKER (1975) avaliaram os principais agentes causadores das obstruções num sistema de irrigação por gotejamento. Constataram que o depósito de ferro foi o principal responsável pelas obstruções. Citam no trabalho, que nenhum filtro utilizado, foi capaz de reter o ferro na forma solúvel. Somente após sua oxidação para a forma Fe^{3+} , isso foi possível. Acrescentam que as obstruções dos emissores já ocorreram quando a concentração dos íons de Fe^{2+} na água foram superiores a 0,4 ppm e muito severa, quando superiores a 0,8 ppm.

PIZARRO (1987) sugere como alternativa para resolver esse problema, provocar propositadamente a oxidação desses elementos num reservatório antes da entrada da água nas tubulações e nos emissores. Isso feito, após a precipitação e a sedimentação, o material sólido é retido e retirado do fundo do reservatório. A água passando por esse processo atravessa filtros especiais instalados a jusante no cabeçal de controle. Dessa forma, sem impureza desses materiais, ela fica com menos riscos de uso.

Para fazer a aeração da fonte de água ou do reservatório, deve-se utilizar métodos artificial de aeração que sejam eficientes a fim de permitir em tempo reduzido, o maior volume de material precipitado e também economicamente viável ao sistema, (FORD & TUCKER 1975). Embora esse processo seja tecnicamente justificado, as literaturas que referem-se a ele, não informam os procedimentos com detalhes técnicos de como se faz esse trabalho. A carência dessas informações, leva técnicos e produtores interessados nesse assunto, às dificuldades de poder executá-lo na prática.

Em relação a aqüicultura, quase que diariamente, os meios de comunicação trazem notícias de mortandade de peixes e de outros animais aquáticos devido à falta ou a deficiência da oxigenação das águas dos rios, dos parques aquáticos urbanos, em decorrência da poluição.

BOYD (1982) e LAWSON (1995) citam como princípio de transferência do oxigênio do ar para a água, a presença de um desequilíbrio desse elemento em um desses meios. Segundo eles, estando o nível de oxigênio na água do reservatório abaixo do seu nível

normal de saturação, o oxigênio do ar, automaticamente é transferido para a água ou vice-versa.

NOMURA (1983) cita que a incorporação natural do oxigênio na água dá-se devido aos processos mecânicos condicionado pelo vento, pela mudança de temperatura da água fatores que contribuem para a movimentação natural da água. Com o movimento da água há a possibilidade do aumento da área de contato da água com o ar. Isso acontecendo, permite que o oxigênio seja nela incorporado com maior facilidade. Cita porém, que muitas vezes, os métodos naturais de aeração não são suficientes para manter níveis adequados de oxigenação nos reservatórios. Há portanto, necessidade do uso de estruturas e de equipamentos artificiais para facilitar esse trabalho.

ZARUETA et al. (1995) avaliaram um sistema de aeração constituído por um compressor acoplado a unidade tipo irrigação por gotejamento com linhas laterais submersas. Essas tubulações serviram para conduzir a água e introduzir o oxigênio no reservatório. Definiram também, uma equação para avaliar as perdas de carga no sistema.

FEITOSA FILHO et al. (1997) testaram o uso de um injetor tipo Venturi servindo como captador do ar atmosférico e incorporador na água através de tubos perfurados e submersos. Obtiveram boa eficiência desse instrumento nessa operação, porém, observaram a necessidade de estudos complementares desse trabalho.

Diante do exposto, esse trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade de oxigenação de um injetor tipo Venturi acoplado a tubulações e emissores submersos e a distribuição do ar na água cujos resultados servirão de base teórica para futuros trabalhos de pesquisas práticas com esse sistema de aeração nessas duas atividades.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Hidráulica da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”- USP/SP. Utilizou-se uma unidade composta por quatro linhas laterais em PVC com diâmetro de 20 mm e 11,5 m de comprimento. O experimento foi dividido em dois testes: no primeiro, considerou-se a entrada de água juntamente com o ar, em apenas um lado das laterais na unidade de distribuição, conforme esquema ilustrativo da Figura 1. Perfurou-se em cada uma dessas linhas, vinte e dois orifícios com uma broca de 1,55 mm espaçados de 0,50 m. Essas linhas ficaram espaçadas de 0,20 m e posicionadas

horizontalmente submersas à profundidade de 0,12 m. O nível da água no reservatório foi mantido constante.

No segundo teste, avaliou-se o sistema de aeração considerando entrada dupla nas linhas de distribuição de água e de ar, em posições opostas em relação ao reservatório, conforme esquema ilustrativo da Figura 2. Nessa forma de instalação, foram reduzidos para apenas onze emissores por linha, porém, o mesmo espaçamento de 0,50 m foi considerado.

Trabalhou-se em ambas formas de instalação, com sete pressões de serviço variando de 49,03 kPa até 181,41 kPa (5,0; 7,5; 10,0; 12,5; 15,0 17,5 e 18,5 mca); diferentes vazões motrizes e diferenciais de pressão. As pressões de serviço e os diferenciais de pressão, foram determinados com medidores magnéticos instalados na tubulação de abastecimento.

As vazões motrizes foram determinadas com um transdutor magnético indutivo, instalado numa tubulação em ferro de 24,5 mm. A leitura dos dados nesse instrumento era feita diretamente. Já as vazões e/ou volumes de ar succionados pelo injetor foram determinados com um medidor de gás instalado na tubulação de sucção do injetor. Esse medidor permitia vazão mínima de $0,0056 \text{ l s}^{-1}$ e máxima, de $1,94 \text{ l s}^{-1}$

Os tempos de injeção dos volumes de ar na água foram determinados com um cronômetro digital. O volume de ar incorporado na água foi determinado no seis primeiros emissores de uma das linhas laterais que ficava no centro da unidade. Escolheram-se os mesmos emissores que visualmente se constatava o borbulhamento do ar na água. As demais laterais da unidade, permaneceram com o restante dos orifícios abertos para permitir a vazão motriz requerida para o funcionamento normal do injetor.

Utilizou-se uma moto bomba com motor de 1cv, que serviu como instrumento de recalque da água. Na tubulação de descarga dessa bomba, acoplou-se um injetor tipo Venturi com dimensões nominais da tubulação de entrada e de saída ao injetor de 20,0 mm e de 6,03 mm para o diâmetro do bocal convergente. O diâmetro do bocal divergente foi de 7,1 mm, sendo esse injetor confeccionado em peças e tarugo de PVC, seguindo modelo desenvolvido na ESALQ.

Os volumes de ar distribuídos na água pelos emissores foram medidos com uma proveta de vidro graduada e um cronômetro.

Para o início dessa medição, uma proveta de 1000 ml em vidro, era preenchida totalmente com água e em seguida, conduzida invertida e submersa até que ficasse

posicionada sobre o emissor definido para obter os volumes de ar distribuídos naquele momento. Dessa forma, todo o volume de ar distribuído pelo emissor, ficava retido no interior da proveta. Esse volume de ar captado no interior da proveta, por sua vez, expulsava do interior dela, um correspondente volume de água. Com o cronômetro, determinava-se o tempo gasto para a substituição de um volume de água por ar. Os testes e foram repetidos cinco vezes para cada emissor e também para as diferentes condições de pressão de serviço e de vazões motrizes.

A uniformidade de distribuição do ar na água, foi avaliada comparando-se as porcentagens de ar distribuídas por cada emissor em relação à vazão total de ar succionada pelo injetor. Para avaliar o rendimento do injetor utilizou-se a fórmula deduzida por FEITOSA FILHO et al. (1996).

RESULTADOS

A Tabela 1 e Figura 2 apresentam os dados das vazões de ar incorporadas na água pelos emissores em cada posição da lateral, as respectivas porcentagens em relação à vazão total de ar succionada pelo injetor nas diferentes pressões de serviço e vazões motrizes. Os dados da primeira tabela, referem-se aos aqueles considerando o primeiro teste. Já os da segunda, correspondem aqueles obtidos com o sistema de distribuição que considerou-se entrada dupla na unidade.

Analisando os valores quantitativos das vazões de ar incorporada na água pelos primeiros e segundos emissores, (primeira e segunda linha da Tabela 1), observa-se que nessas posições, a maior parte do volume de ar que entrou na tubulação, passou a ser distribuído na água, logo que encontrou os primeiros dois orifícios. Os valores médios desses dados foram de 30,03% e 7,47% do total succionado, respectivamente. Analisado esses dois valores ao longo da lateral, constata-se uma alta desuniformidade desse parâmetro, conforme pode ser observado também na representação gráfica desses dados ilustrados nas Figura 3(a) e 3(b).

Constata-se nessas Figuras, que as quantidades de ar incorporadas na água após o terceiro emissor, foram insignificantes em relação aquelas distribuídas pelos emissores posicionados mais no início das laterais.

Analisando-se os dados da Tabela 2 e das Figuras 3(c) e 3(d), observa-se que embora a quantidade de ar distribuída na água por cada emissor, tenha sido mais reduzida

em relação aos dados da primeira forma de instalação, houve nessa, melhor distribuição quando se considera o espaço delimitado pelo reservatório como referencial.

Analisando-se os dados das porcentagens de ar incorporada na água em relação ao volume total succionado pelo injetor, apresentados nas Tabela 1 e Tabela 2 e também graficamente nas Figuras 3(b) e 3(c), constata-se boa eficiência do sistema no processo de aeração. Isso, com relação ao volume de ar captado na atmosfera e incorporado na água.

Há evidências de que a segunda forma de instalação apresentou resultados mais favoráveis na distribuição do ar na água que aqueles obtidos com entrada das laterais por só um lado da unidade. Provavelmente, em se utilizando linhas laterais mais reduzidas, emissores posicionados mais espaçados ou tubulação de abastecimento de todas as laterais partindo de um ponto comum a jusante do injetor, a distribuição do ar no reservatório poderá ser melhorada, se for o caso.

Como o índice de saturação do ar na água é relativamente baixo, possivelmente nesse tipo de aeração, a desuniformidade do ar na água não seja o fator mais limitante. Considerando o sistema testado por ser de baixo custo de aquisição e de fácil operação, sua eficiência foi justificada e pode ser perfeitamente recomendado para uso nesse tipo de trabalho.

CONCLUSÕES

A partir do resultados, pode-se concluir que: • houve alta desuniformidade de distribuição do ar ao longo das linhas laterais, sendo que 30,03% da vazão total de ar succionada pelo injetor, foi distribuído logo no primeiro emissor. Nos segundos e terceiros, esse porcentual foi de apenas 7,47% e 2,59%, respectivamente; • as vazões succionadas do ar atmosférico pelo injetor e sua incorporação na água, dependeram diretamente das pressões de serviço; das vazões motrizes e da forma de instalação da entrada de água e de ar na unidade; • o fácil manuseio do sistema, o baixo custo e a eficiência na aeração, permitiram concluir que o sistema ora avaliado pode ser recomendado para esse trabalho, por ter atendido aos objetivos propostos.

Tabela 1. Vazões de ar incorporadas na água pelos emissores em cada posição da lateral e suas respectivas porcentagens em relação à vazão total de ar succionada pelo injetor no primeiro teste nas diferentes pressões de serviço e de vazões motrizes.

Posição do Emissor	P. Serv. 49,0 kPa	% de Ar	P. Serv. 73,5 kPa	% de Ar	P. Serv. 98,1 kPa	% de Ar	P. Serv. 122,6 kPa	% de Ar	P. Serv. 147,1 kPa	% de Ar	Média da % de Ar
1	3,52 *	21,18	5,88	33,66	6,83	32,19	8,45	32,54	8,90	30,58	30,03
2	0,50	3,01	1,13	6,47	1,55	7,30	2,47	9,51	3,22	11,07	7,47
3	0,25	1,50	0,50	2,86	0,56	2,64	0,76	2,93	0,88	3,02	2,59
4	0,12	0,72	0,25	1,43	0,50	2,36	0,50	1,93	0,50	1,72	1,63
5	0,04	0,24	0,05	0,29	0,10	0,47	0,12	0,46	0,17	0,57	0,41
6	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01

*Vazões de ar incorporada na água, $10^{-5} \text{m}^3 \text{s}^{-1}$.

Tabela 2. Vazões de ar incorporadas na água pelos emissores em cada posição da lateral e suas respectivas porcentagens em relação à vazão total de ar succionada pelo injetor no segundo teste nas diferentes pressões de serviço e de vazões motrizes.

Posição do Emissor	P. Serv. 73,5 kPa	% de Ar	P. Serv. 98,1 kPa	% de Ar	P. Serv. 122,6 kPa	% de ar	P. Serv. 147,1 kPa	% de Ar	P. Serv. 171,60 kPa	% de Ar	Média da % de Ar
1	1,78	6,69	2,39	7,48	9,23	22,41	13,27	26,77	14,22	24,62	17,60
2	0,10	0,38	0,17	0,52	1,83	4,45	4,21	8,49	5,56	9,62	4,69
3	0,01	0,03	0,01	0,04	0,04	0,09	0,87	1,76	1,29	2,23	0,83
4	0,00	0,00	0,01	0,02	0,10	0,24	0,25	0,50	0,50	0,86	0,33
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,05	0,09	0,03
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	4,80	18,04	8,80	27,55	1,55	3,76	1,28	2,57	1,20	2,08	10,80
11	9,46	35,57	13,10	41,03	9,32	22,62	6,71	13,53	6,90	11,95	24,94

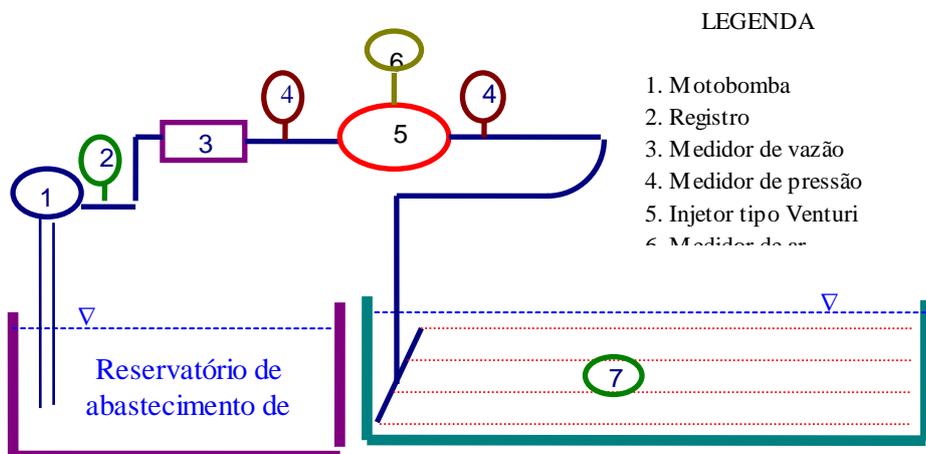


Figura 1. Esquema ilustrativo do primeiro teste experimental.

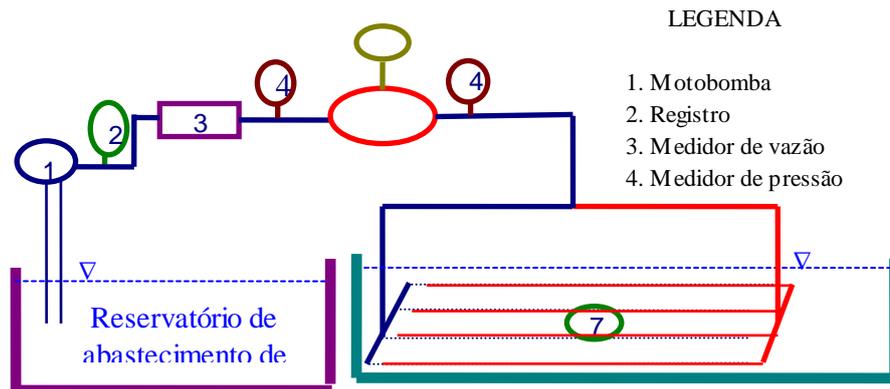


Figura 2. Esquema ilustrativo do segundo teste experimental.

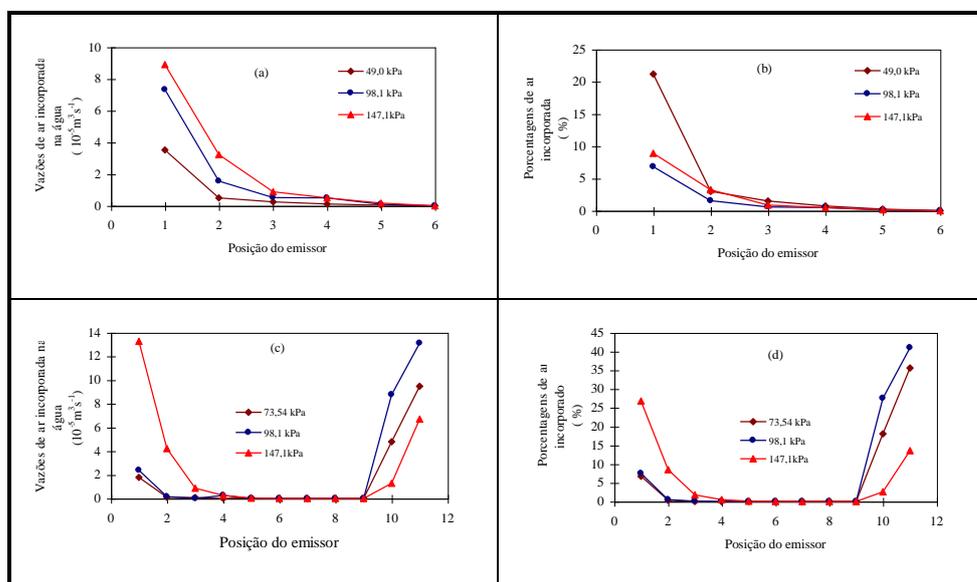


Figura 3. Volumes de ar incorporada na água pelo sistema no primeiro teste (a); porcentagens de ar incorporada na água em relação a vazão total de ar succionada pelo injetor no primeiro teste (b) volumes de ar incorporada na água pelo sistema no segundo teste (c) e porcentagens de ar incorporada na água em relação a vazão total de ar succionada pelo injetor no segundo teste (d) em três pressões de serviço.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOYD, C.E. **Water quality management for pond fish culture**. Amsterdam: Elsevier, 1982. 318p.

FEITOSA FILHO, J.C. BOTREL, T. A.; PINTO, J.M. Desempenho de injetores tipo Venturi acoplado a tubulação sob condições de descarga livre e pressurizada a jusante. In:

- CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11. Campinas, 1996. **Anais...** Campinas, SP: ABID, 1996. p.288-300.
- FEITOSA FILHO, J.C.; MEDEIROS, J.F.; BOTREL, T.A.; PINTO, J.M. Avaliação de um injetor Venturi funcionando com a água como fluido motriz e o ar como fluido succionado com descarga submersa. **Revista Irriga**, v.2, n.1, p.68-75, 1997.
- FORD, H.W.; TUCKER, D.P.H. Blockage of drip irrigation filters and emitters by iron-sulfer-bacterial products. **HortScience**, v.10, n.1, p. 62-64, 1975.
- LAWSON, T.B. **Fundamentals of aquacultural engineering**. New York: Chapman & Hall. 1995. 355 p.
- NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. **Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier. 1986. 383. p.
- NOMURA, H. **Curso de atualização em piscicultura**. ESALQ-USP, 1983. 118p.
- PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia**. Madrid: Mundi-Prensa, 1987. 461p.
- RUMP, H. H.; KRIST, H. **Laboratory manual for the examination of water, waste water, and soil**. New York:VCH. 1992. 190 p.
- 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. Orlando: ASAE, p.37-42, 1995.