

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Desenvolvimento e avaliação de um sistema de irrigação com ultra
baixa vazão utilizando microtubos ramificados**

Dinara Grasiela Alves

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Irrigação e
Drenagem

**Piracicaba
2010**

Dinara Grasiela Alves
Engenheiro Agrônomo

**Desenvolvimento e avaliação de um sistema de irrigação com ultra baixa vazão
utilizando microtubos ramificados**

Orientador:
Prof. Dr. **TARLEI ARRIEL BOTREL**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Irrigação e
Drenagem

**Piracicaba
2010**

RESUMO

Desenvolvimento e avaliação de um sistema de irrigação com ultra baixa vazão utilizando microtubos ramificados

Para o desenvolvimento de uma agricultura sustentável no Brasil é imprescindível realizar investimentos nos setores que desenvolvem tecnologias inovadoras de baixo custo e adaptadas às condições peculiares do país, em substituição a dependência por produtos importados de alto custo e inacessíveis a maioria dos pequenos produtores. Nesse sentido, os emissores do tipo microtubo utilizados em sistemas de microirrigação se apresentam como uma alternativa tecnológica atrativa a essa parcela de produtores, devido o baixo custo de confecção e instalação. Porém, para que sejam atingidas boas uniformidades de aplicação de água é imprescindível que o sistema seja bem dimensionado. Com o objetivo de desenvolver um sistema de irrigação com ultra baixa vazão (UBV) de $0,2 \text{ L h}^{-1}$, utilizando microtubos com derivação e operando em regime laminar, iniciou-se este trabalho buscando irrigação eficiente e de baixo custo em hortas agrícolas. O experimento foi composto de duas etapas. A primeira parte experimental foi conduzida no Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia de Biossistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) em Piracicaba – SP, sendo realizada a determinação do diâmetro real dos microtubos, obtenção de modelos matemáticos para dimensionamento do sistema de irrigação e avaliação da vazão observada. A segunda etapa do experimento foi realizada em uma horta localizada na área experimental da ESALQ/USP, onde foram realizados a montagem e instalação do sistema de irrigação, os ensaios para obtenção da uniformidade de aplicação de água e a implantação da cultura da alface em quatro canteiros de $15 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}$, onde a água foi fornecida por uma caixa d’água elevada a uma altura de $1,5 \text{ m}$. A uniformidade de aplicação da água foi avaliada por meio do coeficiente de uniformidade estatística e uniformidade de distribuição os quais apresentaram valores iniciais superiores a 90%, sendo considerados excelentes. O sistema de irrigação com ultra baixa vazão proposto apresentou vantagens econômicas para pequenos produtores, devido ao baixo custo de investimento e facilidade de operação do sistema. Entretanto, o sistema apresentou problemas de acúmulos de ar e obstrução de emissores durante o período avaliado, ocasionando a redução da uniformidade de distribuição e da uniformidade estatística sendo, portanto, necessária a realização de mais estudos para obtenção de resultados mais conclusivos.

Palavras-chave: Microirrigação; Uniformidade de distribuição; Baixo custo

1 INTRODUÇÃO

A importância da irrigação em sistemas agrícolas é claramente perceptível por profissionais ligados a área agrária, principalmente possibilitar um aumento na produtividade agrícola no sentido de atender a necessidade crescente de alimentos em função do crescimento demográfico mundial. Desta forma, é de se esperar um aumento de implantação e aperfeiçoamento dos sistemas de irrigação em todo o mundo.

A utilização da irrigação em culturas olerícolas é uma necessidade, mesmo na estação chuvosa, devido à má distribuição das chuvas, haja vista que tais culturas são bastante susceptíveis às deficiências hídricas (TEODORO et al., 1993). As hortaliças compõem um grupo de culturas muito exigentes em água, em que esta constitui mais de 80% do peso das plantas, na maioria das espécies (FILGUEIRA, 2003). Portanto, a irrigação é importante para o aumento da produtividade, além de proporcionar melhoria da qualidade das hortaliças.

O método de irrigação por gotejamento se adapta bem a estas culturas, uma vez que promove grande economia de água e energia (pois a água é aplicada de forma mais localizada e sob baixas pressões), além de melhorar a eficiência nos tratamentos culturais e necessitar de pouca mão-de-obra. No entanto, para que esse método funcione eficientemente, é imperativo que os sistemas apresentem alta uniformidade de aplicação da água, desse modo, uma vez instalado um projeto de irrigação, é necessário verificar se as condições previstas inicialmente se confirmam em campo (SILVA E SILVA, 2005).

No Brasil há uma deficiência de inovações tecnológicas na microirrigação que proporcione a auto-suficiência de tecnologias com baixo custo adaptadas principalmente ao pequeno produtor. Todavia, a utilização do microtubo é uma alternativa bastante plausível por apresentar baixo custo inicial e operacional, podendo ser utilizado por pequenos produtores. Isso é ainda mais relevante nos países em desenvolvimento, onde a relação custo/benefício na implantação de sistemas de irrigação é elevada em função da importação de tecnologias. Entretanto, devido à falta de informação e aprimoramento técnico, seu emprego foi abandonado por muito tempo.

Apesar do microtubo ter sido precursor na irrigação como gotejador de longo percurso, ainda carece de mais estudos a seu respeito com o objetivo de torná-lo uma tecnologia mais viável tecnicamente e economicamente. Nesse sentido, recentemente, o grupo de pesquisa em hidráulica da ESALQ/USP vem estudando de forma mais sistemática o uso dessa tecnologia. Inicialmente Souza e Botrel (2004) desenvolveram softwares de dimensionamento hidráulico e avaliaram o desempenho da tecnologia na irrigação por gotejamento de hortaliças e fruticultura em condições de regime laminar. Em seguida, Souza (2008) avaliou seu uso em condições de regime turbulento. E com caráter mais inovador Almeida, C., Botrel e Smith (2008); Almeida, A. (2008), utilizaram o microtubo como mecanismo de regulação de pressão em sistemas de microaspersão.

Com a crescente disputa de água e energia elétrica pelos diversos setores produtivos há a necessidade de desenvolvimento de sistemas de irrigação que apliquem água a pequenas vazões, com alta uniformidade e baixo requerimento energético, ou seja, funcione a baixas pressões. Diante do exposto, pretende-se com esta pesquisa, desenvolver e avaliar um sistema de irrigação por gotejamento com ultra baixa vazão (UBV) utilizando microtubos, focando nos seguintes objetivos:

- Desenvolver um sistema de UBV com microtubos de baixo custo e boa eficiência para irrigação;
- Definir as características hidráulicas dos microtubos e desenvolver um modelo matemático para dimensionamento do sistema proposto, com base na relação entre vazão e comprimento dos microtubos para uma dada pressão de entrada;
- Avaliar a uniformidade de aplicação de água pelo sistema proposto a fim de apresentar resultados que motivem os agricultores a adotarem o sistema de irrigação;
- Verificar a viabilidade técnica da utilização de microtubos com derivação em hortas agrícolas.

2 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, para as condições em que o presente estudo foi realizado, pode-se concluir que:

- A proposta de utilização do sistema de irrigação com ultra baixa vazão (UBV) utilizando microtubos pode ser uma alternativa economicamente viável devido ao baixo custo de investimento e operação do sistema.

- O modelo matemático proposto estimou a vazão dos emissores em função do comprimento do microtubo com bastante precisão e comprovou que é necessário considerar a perda de carga localizada no dimensionamento de microtubos com ramificação.

- O sistema de irrigação com UBV apresentou boa uniformidade de distribuição.

- Para que este sistema seja viável tecnicamente, deve-se realizar maiores estudos visando reduzir os problemas de acúmulos de ar e obstrução dos emissores, verificados durante o experimento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A.C.S. **Desenvolvimento de um sistema de irrigação por microaspersão com microtubos para hortas agrícolas**. 2008. 88p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

ALMEIDA, C.D.G.C. **Microaspersor com microtubos: um novo conceito hidráulico na irrigação localizada**. 2008. 104p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

ALMEIDA, C.D.G.C.; BOTREL, T.A.; SMITH, R.J. Characterization of the microtube emitter used in a novel micro-sprinkler. **Irrigation Science**, Berlin, DOI 10.1007/soo271-008-0135-y, 2008.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERING. ASAE EP405.1: **design and installation of microirrigation systems**. St. Joseph, 1999. 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Requisitos mínimos para elaboração de projetos de sistema de irrigação localizada**; PNBR 12:-02-08-022. São Paulo, 1986.

AYERS, R.S., WESTCOT, D.W. **Water quality for agriculture** (Revised). Rome. FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1985. 174 p. (Irrigation and Drainage Paper, 29).

AZEVEDO NETTO, J.M.; FERNANDEZ, M.F.; ARAÚJO, R.; ITO, A.E. **Manual de hidráulica**. 8.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 669 p.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8.ed. Viçosa: ed. UFV, 2006. 625 p.

BIEMBENGUT, M.S. **Modelagem matemática e implicações no ensino-aprendizagem de matemática**. Blumenau: Ed da FURB, 1999.134p.

BONOMO, R. **Análise da irrigação na cafeicultura em áreas de cerrado de Minas Gerais**. 1999. 224p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

BOTREL, T.A. **Hidráulica de microaspersores e linha laterais para irrigação localizada**. 1984.78p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1984.

BRALTS, V.F. Field performance and evaluation. In: NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. (Ed.). **Trickle of irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1986. chap. 3, p. 216-240.

DAKER, A. **Hidráulica aplicada à agricultura: A água na agricultura**. 6.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1983. 316p.

DANTAS NETO, J.; MEDEIROS, M.G.A.; AZEVEDO, C.A.V.; AZEVEDO, H.M. Performance hidráulica e perfil de distribuição de água do microaspersor Naan 7110, sob diferentes condições de vento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 1, p. 57-61, 1997.

DETOMINI, E.R. **Modelagem da produtividade potencial de Brachiara brizantha (variedades cultivadas Marandu e Xaraês)**. 2004. 112p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

FAVETTA, G.M.; BOTREL, T.A. Uniformidade de sistemas de irrigação localizada: validação das equações. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 427-430, abr./jun. 2001.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura : agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2.ed. Viçosa, 2003. 412p.

FRAUSTO, K. **Developing irrigation options for small farmers**. Institute Development Enterprises, 2000. 42p. <http://www.dams.org.br/docs/kbase/contrib/opt153.pdf> (10 Set. 2010).

FRIZZONE, J.A.; VIEIRA, A.T.; PAZ, V.P.S.; BOTREL, T.A. Caracterização hidráulica de um tubo gotejador. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 3, p. 278-283, set./dez. 1998.

GOMES, T.M. **Efeito do CO₂ na água de irrigação e no ambiente sobre a cultura da alface (Lactuca sativa L.)**. 2001. 83p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

GUIMARÃES, J.C. **Modelo matemático para dimensionamento e análise de redes hidráulicas em irrigação por aspersão convencional**. Lavras. 1995. 102p. Dissertação (M.S.) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 1995.

ISHAQ, A.M; IBRAHIM, M.A. The design of trickle irrigation systems with microtubes as emitters. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MICROIRRIGATION, 5., 1995, Orlando. **Proceedings...** Orlando: ASAE, 1995. p. 708-716.

KARMELI, D. Classification and flow regime analysis of drippers. **Journal of Agricultural Engineering Research**, New York, v. 22, n. 2, p. 165-173, June 1977.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transaction of the ASAE**. St. Joseph, v.17, n.4, p.678-684, July/Aug., 1974.

KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 625p.

NUNES, V.S. **Agricultura irrigada x saúde ambiental: existe um conflito**. EMBRAPA: Coletânea, Rumos e Debates, 2001. Disponível em: <www.embrapa.br>. Acesso em: 10 ago. 2010.

OLIVEIRA, A.M.S.; PORTO FILHO, F. de Q; MEDEIROS, J.F. de; COSTA, M. DA C. Caracterização hidráulica do tubo gotejador hidrorip II. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.483-486, 2000.

OLIVEIRA, C.A. da S. **Hidráulica de gotejadores e de linhas laterais para Irrigação por gotejamento**. 1978.72p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa , 1978.

PIZARRO CABELLO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF): goteo, microaspersión, exudación**. 3.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 513p.

PORTO, R.M. **Hidráulica básica**. 4.ed. São Carlos: EESC/USP, 2006. 540 p.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: IAC, 1996. 85p. (Boletim Técnico, 100).

RETTORE NETO, O.; FRIZZONE, J.A.; MIRANDA, J.H.; BOTREL, T.A. Perda de carga localizada em emissores não coaxiais integrados a Tubos de polietileno. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.29, n.1, p. 28-39, jan./mar. 2009

RODRIGUES, L.N. **Modelo para dimensionamento e para simulação do desempenho de pivô central**. 1999. 145p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.

SILVA, C.A.; SILVA, C.J. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça, v. 4, n. 8, 2005. Disponível em: <<http://www.revista.inf.br/agro/artigos/artigo08.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2010.

SOARES, A.A.; BERNARDO, S.; LOUREIRO, B.T.; CONDÉ, A.R. Características hidráulicas de microtubos “ciplá” e de linhas laterais para irrigação por gotejamento. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, v. 10, n. 1, p. 5-9, set. 1982.

SOLOMON, K. Manufacturing variation of trickle emitters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.22, n.5, p.1034-1038, Sept/Oct. 1979.

SOUZA, R.O.R.M. **Modelagem, desenvolvimento de software para dimensionamento, e avaliação de sistema de irrigação por gotejamento com microtubos**. 2005. 112p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SOUZA, R.O.R.M.; BOTREL, T.A. Modelagem para o dimensionamento de microtubos em irrigação localizada. **Agriambi**, Campina Grande, v. 8, n.1, p. 16-22, 2004.

SOUZA, R.O.R.M.; PÉREZ, G.F.E.; BOTREL, T.A. Irrigação localizada por gravidade com microtubos. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 266-279, abr./jun. 2006.

SOUZA, R.O.R.M.; MIRANDA, E.P.; NASCIMENTO NETO, J.R.; FERREIRA, T.T.S.; MESQUITA, F.P. Irrigação localizada por gravidade em comunidades agrícolas do Ceará. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 40, n. 1, p. 34-40, jan-mar. 2009.

SOUZA, W.J. **Escoamento em regime turbulento aplicado à Irrigação localizada com microtubos**. 2008. 117p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

TEODORO, R.E.F.; OLIVEIRA, A.S.; MINAMI, K. Efeitos da irrigação por gotejamento na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.) em casa-de-vegetação. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 50, n.2, p. 237-243, jun. 1993.

USDA - SOIL CONSERVATION SERVICE. **Trickle Irrigation**, Washington D.C.1979.cap 7, p. 29-38.

VERMEIREN,L.;JOBLING, G.A. **Irrigação localizada**. Trad. de H.R. Gheyi, F.A.V.Damasceno, L.G.A. Silva Jr. e J.F. de Medeiros. Campina Grande: UFPB, 1997. 184p.

VERMEIREN,L.;JOBLING, G.A. Localized Irrigation. Design, Installation, Operation, Evaluation. **Irrigation and Drainage**, Roma, n.36, p. 203, 1980.

WILLMOTT, C.J.;CKLESON,S.G.;DAVIS,R.E.Estatistics for Evaluation and comparison of models. **Jounal of Geophysical Research**, Ottawa, v.90, n.C5, p.8995-9005,1981.