

INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE DE UM SISTEMA AUTOMÁTICO PARA INJEÇÃO DE FERTILIZANTES COM DISPOSITIVO VENTURI EM IRRIGAÇÃO LOCALIZADA

D. R. Soprani da Silveira Araújo, douglassoprani@ifes.edu.br¹

R. S. C. Fiorido, rodrigofiorido@gmail.com¹

K. Eler dos Santos, karolinyeler@gmail.com¹

L. Marquardt, lcsmarquardt@gmail.com¹

M.O. dos Santos, michel.santos@ifes.edu.br¹

N. H. B. Santana, nelson.santana@ifes.edu.br¹

Z. B. C. Antônio, antonio.zancanella@ifes.edu.br

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus São Mateus, BR 101, Km 58, São Mateus, ES, BR

Resumo: Tradicionalmente, há duas formas de se injetar os fertilizantes no sistema. O injetor Venturi é a solução que utiliza a própria energia hidráulica do sistema e a outra seria bombas injetoras. Porém, o pequeno limite operacional apresentado pelo injetor de fertilizantes do tipo Venturi cria uma grande dependência de parâmetros hidráulicos precisos para uma utilização eficaz em sistemas de fertirrigação. Este trabalho teve como objetivo construir uma bancada para ensaios e testes focados em sistemas de irrigação com injeção de fertilizantes através deste dispositivo e automatizar este processo, na configuração by-pass. Para tal, a bancada foi pensada como um sistema de controle em malha fechada e o processo de injeção de fertilizantes foi automatizado pela utilização de um microcontrolador em plataforma Arduino® ATmega2560 e a motorização de uma válvula gaveta. Para isso, esse sistema automático utiliza o controle PDI para o cálculo da intensidade da ação de controle que visa corrigir as variações na taxa de injeção ocorridas. Foram realizados seis testes para verificar o comportamento do sistema, sendo no primeiro o sistema operado sem a assistência do controle automático e nos demais, a intensidade da ação de controle calculada por uma equação com constantes ajustáveis. Os resultados obtidos com o sistema manual apontaram a necessidade de se automatizar a fertirrigação por Venturi. Ao final do primeiro teste, a taxa de injeção verificada foi de aproximadamente 30% do valor inicial. Já com a automatização, foi possível alcançar valores médios de taxa de injeção iguais ao valor desejado. Nestes últimos testes, o sistema apresentou variações na vazão de até 38%.

Palavras-chave: Fertirrigação, Venturi, Automatização, Instrumentação, Controle automático

1. INTRODUÇÃO

Em algumas regiões com índices pluviométricos irregulares, a utilização da técnica de irrigação pode tornar-se fundamental para o efetivo desenvolvimento agrícola, ao propiciar maior segurança aos produtores, no que diz respeito à disponibilidade hídrica para as plantas. Além disso, há a possibilidade de se intensificar a exploração e cultivo da área, seja pelo aumento da produtividade como nos números de ciclos de produção no tempo (Santos, 2012).

Acresce que a busca pela conservação dos recursos naturais na atividade agrícola induz ao uso de processos e técnicas de produção que sejam eficientes e possuam um maior controle sobre os resultados alcançados no campo, em vista ao que era tradicionalmente praticado. O avanço da tecnologia possibilitou minimizar parte dos problemas do campo, após o surgimento de sensores, computadores e satélites, e fez surgir um novo sistema de produção que, já algum tempo vem sendo utilizado por países de tecnologia avançada, chamado de *Precision Agriculture*, *Precision Farming* e no Brasil, Agricultura de Precisão (Di Raimo, 2011).

Os sistemas de irrigação localizada, de acordo com o que já era exposto por Bresler (1977), se manejados de maneira correta, são os mais indicados para a utilização da fertirrigação, podendo atingir altos níveis de eficiência. E conforme salienta Cadahia (2001), a fertirrigação é considerada como a técnica mais racional de aplicação de fertilizantes e atualmente um dos mais importantes fatores de produtividade no campo.

Li e Schimdt (1985) já expunham que dentre os principais métodos para aplicação de produtos químicos em um sistema de irrigação, destacam-se dois. Em um destes, utiliza-se energia hidráulica, proveniente do próprio sistema, e no outro uma fonte de energia externa ao sistema de irrigação. Estes métodos são utilizados em diferentes situações por

suas diferentes vantagens e desvantagens. O injetor Venturi é representado pelo primeiro método e as bombas centrífugas são o segundo.

No caso da utilização de um injetor de fertilizantes do tipo Venturi – que por ser um dispositivo de baixo custo, acaba sendo muito utilizado por pequenos produtores – para uma satisfatória utilização, este depende de condições de vazão e pressões bem definidas. Devido ao seu pequeno limite operacional, pequenas mudanças nas condições hidráulicas de projeto podem inviabilizar sua utilização além da dificuldade que o produtor pode encontrar em relação a quantificar os produtos químicos a serem injetados (Pinto, 2001).

Segundo Gulik *et al.* (2007), um injetor Venturi também pode ser bastante sensível à variação de temperatura nas soluções agroquímicas, haja visto que a viscosidade destas soluções pode variar consideravelmente com a variação de temperatura, modificando assim as condições hidráulicas do sistema.

Percebe-se que alguns aspectos relacionados ao processo de fertilização pela água de irrigação são influenciados diretamente pelo controle da taxa de injeção de fertilizantes, porém o injetor Venturi, por ser um dispositivo simples, não permite um preciso controle de seus parâmetros de operação. Sem este controle do funcionamento do sistema, as plantas podem estar recebendo nutrientes ou em excesso, ou em falta.

Este trabalho objetivou-se a promover a instrumentação e controle de um sistema automático para injeção de fertilizantes em irrigação localizada utilizando o injetor do tipo Venturi na configuração by-pass. O produto final deste trabalho foi a formulação de um sistema capaz de corrigir algumas perturbações hidráulicas de forma promover uma fertirrigação com uma taxa de injeção mais constante.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A metodologia do estudo consistiu em construir uma bancada de testes que pudesse simular as condições de operação do início da linha de um sistema de fertirrigação em microirrigação.



Figura 1. Bancada hidráulica construída para os experimentos.

Esta bancada foi modelada como um sistema dinâmico na configuração de malha fechada cuja entrada é um valor requerido de injeção de fertilizantes pelo Venturi (valor dado como uma constante). A saída é o valor instantâneo da vazão de entrada na sucção do injetor. Foram consideradas como perturbações ao sistema a variação do nível contido no reservatório de líquido fertilizante e as variações de pressão e vazão (turbulências) entregues pela moto-bomba.

O controle da vazão de líquido succionado pelo Venturi no by-pass ocorre com base no desvio de maior ou menor quantidade do fluxo de água da linha principal pelo fechamento ou abertura da válvula gaveta instalada no sistema. A válvula utilizada para tal função (atuador do sistema) possuía um funcionamento manual e precisou ser acoplada a um motor para que o acionamento automático ocorresse.

O funcionamento do sistema é controlado por um microcontrolador de plataforma Arduino®, onde foi implementado uma rotina de monitoramento das vazões da planta e acionamento do atuador para alterar o estado da saída. Para se configurar um sistema de malha fechada, a realimentação do controlador com o valor atual na saída da planta é conseguida pela leitura realizada por um medidor de vazão instalado na tubulação que liga o Venturi ao reservatório de fertilizantes.

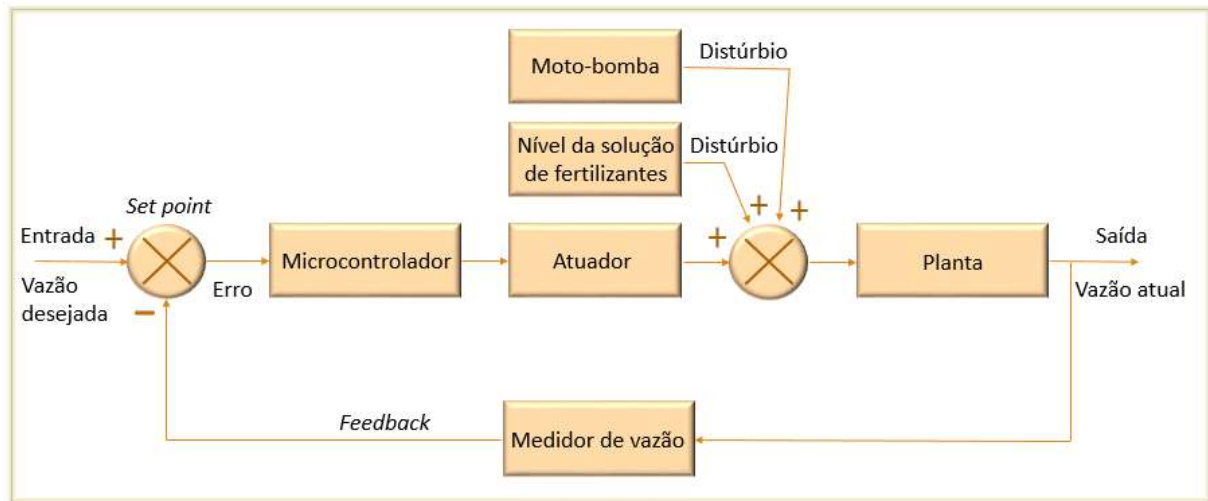


Figura 2. Modelo da bancada como um sistema dinâmico.

Foi construída uma bancada que contemplava os elementos inerentes a um sistema de fertirrigação e alguns elementos sensores para o monitoramento do comportamento da planta. A Tab. 1 lista os componentes utilizados na construção da bancada, bem como sua utilização no sistema.

Tabela 1. Resultado da medição dos pulsos dos sensores.

Elemento	Descrição	Função
Moto-bomba	Moto-bomba DANCOR® centrífuga de 1,5 cv de potência – série CAM W-16	Elevar a pressão da água no início da linha e permitir que o fluido escoe pelo sistema.
Injetor Venturi	Kit Injetor Venturi 1 ½” VIQUA®	Promover a sucção do líquido contido no reservatório de fertilizantes
Tubulação de PVC	Tubos de PVC de 2, 1 ½ e ¾ de polegada	Para linha principal tubos de 2”; Para o by-pass 1 ½” e para a sucção do Venturi ¾ “.
Válvula Gaveta (VG)	Válvula gaveta de 2”	Controlar a o fluxo de água que é mandado para o injetor.
Válvula globo (VG1)	Válvula globo de 2”	Simular a perda de carga que seria causada pelos elementos finais de um sistema de irrigação (gotejadores, mangueiras, filtros, tubos, conexões, etc.)
Válvula globo (VG2 e VG3)	Válvula globo de 1 ½”	Impedir ou permitir a passagem de água pelo Venturi.
Reservatório de água	Reservatório de 500 l de capacidade de armazenamento	Armazenar água que circula pelo sistema.
Reservatório de solução de fertilizantes	Reservatório com 55 l de capacidade de armazenamento	Armazenar a solução que será injetada no sistema
Manômetros (M1, M2 e M3)	Manômetros de 0 a 7 bar (M2 e M3) e de 0 a 40 m.c.a (M1)	Medir a pressão à montante e à jusante do Venturi e na saída da linha principal
Inversor de frequência	Inversor de frequência WEG® CFW08	Utilizado no acionamento da moto-bomba
Medidor de vazão (MV1)	Medidor de vazão tipo turbina SEA modelo YF-DN50 de 2”	Mensurar a vazão instantânea na linha principal
Medidor de vazão (MV2)	Medidor de vazão tipo turbina SEA modelo YF-DN40 de 1 ½ ”	Mensurar a vazão instantânea no by-pass
Medidor de vazão (MV3)	Medidor de vazão tipo turbina SEA modelo YF-S201 de 3/4”	Mensurar a vazão instantânea na linha de sucção do Venturi
Sensor de distância por ultrassom (SU)	Módulo sensor ultrassônico HC-SR04 para Arduino®	Utilizado para mensurar a altura do nível do reservatório de solução de fertilizantes
Central de comando	2 Arduino® Mega 2560	Realizar as leituras das vazões, altura do nível, calcular ação de controle e mostrar dados da planta.

Como a bancada não contempla os elementos finais de um sistema real de irrigação, como a tubulação que conduz a água até as plantas, juntas e conexões, gotejadores ou microaspersores, a perda de carga causada por estes foi quantificada pela restrição gerada ao fluxo pela válvula VG1. Desta forma, com o sistema em funcionamento, foi possível posicionar o eixo da válvula para que entregasse determinada perda de carga que fosse usual para um sistema de microirrigação.

A central de comando é composta por dois microcontroladores Arduino® Mega que são utilizados para coleta de dados dos sensores e tomada de decisão sobre a abertura e fechamento de VG conforme o funcionamento da planta. Para que este processo fosse possível, à válvula VG foi acoplado um motor de passo, responsável por movimentar o eixo da válvula.

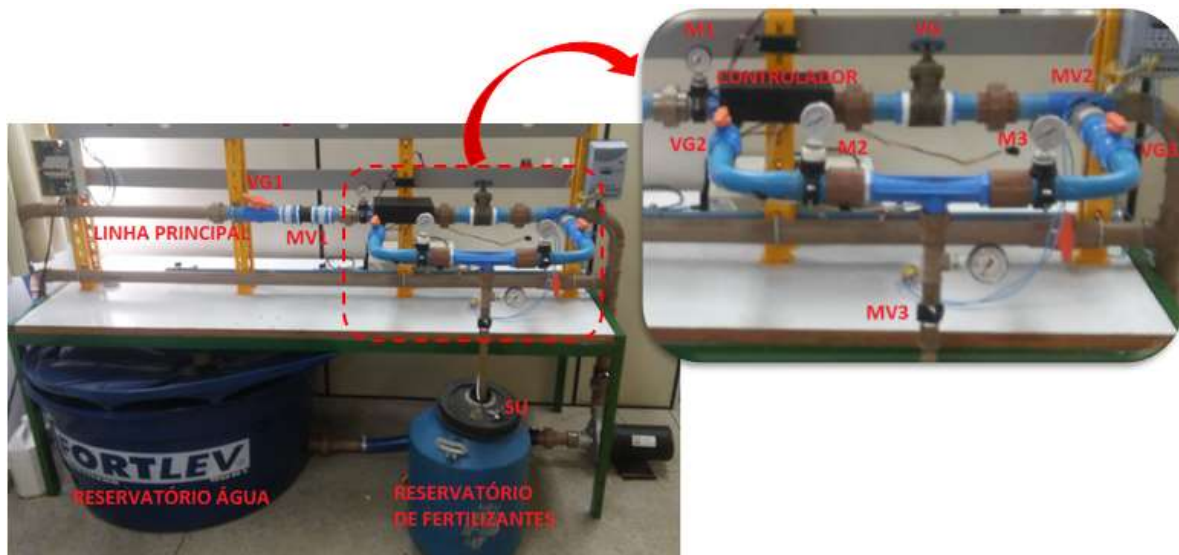


Figura 3. Sensores instalados na bancada hidráulica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados dos testes, 1 ao teste 4, mostrados na Fig. 4 refletem a influência do controlador adicionado ao sistema de controle. Percebe-se que em todos estes casos foi possível manter valores de sucção no Venturi mais próximos ao valor do set point, quando comparado ao sistema convencional. As variações máximas encontradas são da ordem de 30 a 40% tanto para mais quanto para menos no sistema automatizado e mais de 60% para o sistema convencional.

Conforme evidenciam Oliveira *et al.* (1996), há uma limitada margem de operação do dispositivo, uma vez que pequenas variações ou de vazão ou de pressão na rede de irrigação já são capazes de promover grandes variações na quantidade de solução injetada. Este fator toma devida relevância na aplicação do Venturi à sistemas de irrigação de precisão. Porém Santos (2012) expõe que para sistemas de irrigação localizada, a ocorrência de pequenas variações nas taxas de injeção é minimizada pelo fato do sistema ser fixo e ser utilizado com boa frequência.

Bracy, Parish e Rosendale (2003) concluíram em seus experimentos que as taxas de injeção de fertilizantes durante o período de irrigação possuem um efeito significativo na uniformidade da distribuição destes pela área irrigada. Com a resposta do sistema automático espera-se que durante a aplicação de fertilizantes haja uma maior garantia de distribuição uniforme por toda a lavoura de forma a evitar prejuízos no desenvolvimento das plantas.

Outro fator que deve ser discutido é que na construção da bancada, a conexão de entrada de água no Venturi localiza-se a uma distância muito próxima a uma curva (cerca de 4 a 5 vezes o diâmetro da tubulação) e neste caso os efeitos de turbulência no escoamento podem interferir na forma como o escoamento ocorre dentro do injetor. Mais uma vez, os possíveis efeitos decorrentes do pequeno limite operacional podem ser amplificados em decorrência deste fator. Além disso White (2011) comenta sobre a existência de oscilações de pressões em bombas que pode ainda mais um fator que influencia no “ruído” verificado na vazão de sucção.

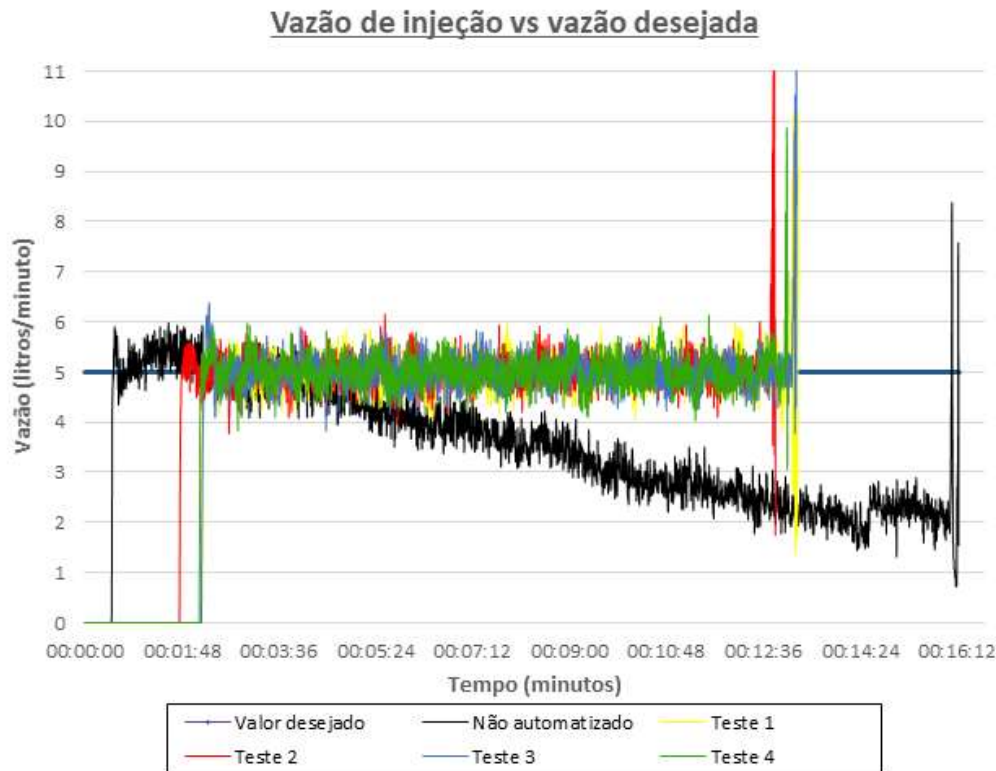


Figura 4. Comparativo da resposta dos testes de 1 a 4 e do sistema não automatizado com o valor desejado de vazão de injeção no Venturi.

4. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo construir uma bancada para ensaios e testes focados em sistemas de irrigação com injeção de fertilizantes através deste dispositivo e automatizar este processo, na configuração *by-pass*. Para tal, a bancada foi pensada como um sistema de controle em malha fechada e o processo de injeção de fertilizantes foi automatizado pela utilização de um microcontrolador em plataforma Arduino® ATmega2560 e a motorização de uma válvula gaveta. O resultado desta pesquisa demonstra a possibilidade de se trabalhar no controle de vazão de sucção do dispositivo Venturi através da regulagem da válvula instalada na linha principal de um *by-pass*. Foram levantados dados para uma situação hipotética de funcionamento da bancada, mas que refletem a forma como o sistema funciona. Percebeu-se que em todos os casos de testes foi possível manter valores de sucção no Venturi mais próximos ao valor do set point, quando comparado ao sistema convencional. As variações máximas encontradas são da ordem de 30 a 40% tanto para mais quanto para menos no sistema automatizado e mais de 60% para o sistema convencional.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus São Mateus.

6. REFERÊNCIAS

- Bresler, E., 1977, "Trickle-drip irrigation: Principles and applications to soil-water management", Advances in Agronomy, San Diego, Vol. 29, pp. 343-393.
- Cadahia, C. L., 2001, "Cálculo e preparo de soluções fertilizantes". In: Folegatti, M. V.; Casarini, E.; Blanco, F. F.; Brasil, R. C.; Souza, R. S. Fertirrigação: citruss, flores, hortaliças. v.2. ed. Gaíba: Agropecuária, pp.145-162.
- Di Raimo, C., 2011, "Desenvolvimento e análise de um protótipo automatizado para dosagem pontual de fertilizantes sólidos em taxas variáveis", 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia.
- Gulik, T. W., 2007, "Chemigation". In: Evans, Robert G. et al. Design and operation of farm irrigation systems. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural and Biological Engineers, pp. 725-753.
- Li, A., Schmidt, T.K., 1985, "Parallel staged jet pump for fertilizer injection". In: International Drip/Trickle Irrigation Congress, Fresno, California. Proceedings... Fresno: American Society of Agriculture Engineers, 1985. pp. 615-622.

- Oliveira, E.F. et al., 1996, "Análise hidráulica de hidrojetores". Scientia Agricola, Vol. 53, No. 2-3, Piracicaba.
- Pinto, J.M., 2001, "Fertirrigação em fruticultura irrigada". Irrigação e Tecnologia Moderna, Brasília, DF, Vol. 49, No. 1, pp. 14-23.
- Santos, L.C., 2012, "Avaliação técnica e econômica do uso de injetor tipo Venturi associado à bomba centrífuga versus bomba do tio pistão na quimigação via pivô central". Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu.
- Santos, L.C. et al., 2012, "Estudo comparativo da taxa de injeção em injetor do tipo Venturi com e sem válvula de retenção". Irriga, Vol. 1, No. 1, pp. 145.
- White, F.M., 2011, "Mecânica dos fluidos". 6. Ed. Porto Alegre: AMGH.

7. RESPONSABILIDADE AUTORAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

INSTRUMENTATION AND CONTROL OF AN AUTOMATIC SYSTEM FOR INJECTION OF FERTILIZERS WITH VENTURI DEVICE FOR MICROIRRIGATION

D. R. Soprani da Silveira Araújo, douglassoprani@ifes.edu.br¹
R. S. C. Fiorido, rodrigofiorido@gmail.com¹
K. Eler dos Santos, karolinyeler@gmail.com¹
L. Marquardt, lcsmarquardt@gmail.com¹
M.O. dos Santos, michel.santos@ifes.edu.br¹
N. H. B. Santana, nelson.santana@ifes.edu.br¹
Z. B. C. Antônio, antonio.zancanella@ifes.edu.br

¹ Federal Institute of Education, Science and Technology of Espírito Santo, Campus São Mateus, BR 101, Km 58, São Mateus, ES, BR. Departamento de Engenharia Mecânica

Abstract. Traditionally, there are two ways to inject the fertilizers in the system. The Venturi-principle injector is the solution that uses the system's own hydraulic power. This work aimed to build a laboratory bench for tests focused on irrigation systems with fertilizer injection through this device and automate this process in the by-pass configuration. For this purpose, the bench was modelled as a closed-loop control system and the fertilizer injection process was automated by the use of a microcontroller board based on the ATMEGA2560 and the motorization of a gate valve. The automatic system uses the PDI control to calculate the intensity of the control action that aims to correct the variations in the injection rate. Six tests were performed to verify the system behaviour, and in the first one, the system was operated without the assistance of automatic control and the others, the intensity of the control action was calculated using an equation with adjustable constants. The final product of this work was the proposal of a system capable of correcting some hydraulic disturbances in order to promote a fertirrigation with a more constant injection rate. The results obtained with the manual system indicated the need to automate the fertirrigation by Venturi. At the end of the first test, the injection rate was approximately 30% of the initial value. With the automation, it was possible to reach average values of injection rate equal to the desired value already. In these last tests, the system presented variations in the flow of up to 38%, although for a few instants.

Keywords: Fertigation, Venturi-principle injector, Automation, Instrumentation, Automatic control.