

AUTOMAÇÃO DE ENSAIOS PARA DETERMINAÇÃO DO PERFIL DE DISTRIBUIÇÃO DE ASPERSORES ROTATIVOS

BÁRBARA TEREZA DE CARVALHO CAMARGO¹, HUGO DE CARVALHO RICARDO¹, PEDRO HENRIQUE DE OLIVEIRA ESTIMA¹, MARINALDO FERREIRA PINTO², CONAN AYADE SALVADOR²

Graduanda (o) em Engenharia Agrícola e Ambiental, Depto. de Engenharia, Instituto de Tecnologia, UFRRJ, Seropédica-RJ, Fone: (0XX21) 2682-1864. E-mail: ba.eng.agriamb@gmail.com

²Engo Agrícola, Professor Adjunto, Depto.de Engenharia, IT/UFRRJ, Seropédica-RJ.

Apresentado no
XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017
30 de julho a 03 de agosto de 2017 -Maceió - AL, Brasil

RESUMO:Em ensaios do perfil de distribuição de aspersores ocasionalmente ocorrem erros de leitura e anotação. A automação da aquisição das lâminas precipitadas pode eliminar erros, reduzir mão de obra e custos. O trabalho objetivou a construção de coletores de água com leitura automática e avaliá-los quanto à incerteza de medição para caracterização do perfil de distribuição de aspersores. Determinou-se o diâmetro de abertura e do tubo para o corpo do coletor, baseado na avaliação da incerteza de medição. As lâminas coletadas foram lidas automaticamente, utilizando transdutor de pressão acoplado a um circuito eletrônico que enviava os dados para microcomputador. O esvaziamento era efetuado automaticamente por sifão. De posse das curvas de calibração dos coletores, avaliou-se possíveis falhas de funcionamento realizando ensaios sob três intensidades de aplicação média proporcionada por aspersor setorial. Os diâmetros de abertura e corpo do coletor com menor incerteza foram os de 200 mm e 17 mm respectivamente, com incerteza de 2,89%. Observou-se que mesmo com a menor intensidade de aplicação os coletores tiveram um bom funcionamento, respondendo ao autoesvaziamento quando atingiam o volume máximo. O coletor desenvolvido apresentou incerteza de medição adequada e baixo custo. As leituras automáticas das lâminas precipitadas foram efetuadas com eficácia.

PALAVRAS-CHAVE: coletores, irrigação, incerteza de medição.

TEST AUTOMATION FOR DETERMINING THE SPRINKLERS DISTRIBUTION PROFILE

ABSTRACT: In sprinkler distribution profile tests errors of reading and annotation occasionally occur. Automating the acquisition of precipitous blades can eliminate errors, reduce labor and costs. The aim of this work was the construction of water collectors with automatic readers and the estimation of the uncertainty in the measurements, for the characterization of the sprinkler distribution profile. The passage and the pipe diameter, for the collector body, was determined based on the uncertainty of measurements. The collected depth were reading automatically, using pressure transducer coupled to an electronic circuit that send the data to microcomputer. The emptying was by siphon. The calibration curves of the collectors were evaluated for possible operational failures by performing tests under three medium application intensities provided by a sectoral sprinkler. The collector passage and body diameters with the lowest uncertainty were 200mm and 17mm respectively, with uncertainty of 2.89%. It was observed that even with the lowest application intensity, the collectors had a good working, responding to self-emptying when

they reached the maximum volume. The developed collector presented adequate measurement uncertainty and low cost. Automatic readings of the precipitated sheets were performed efficiently.

KEYWORDS: collectors, irrigation, uncertainty of measurement.

INTRODUÇÃO

Incerteza de medição diz respeito à dispersão dos valores medidos por um instrumento qualquer, que favorecem a redução da confiança quanto ao valor atribuído como real. Segundo a ISO GUM (2008), o valor atribuído a um mensurando (medição) nunca será igual ao valor verdadeiro, o qual é desconhecido. De acordo com o INMETRO (2007) a declaração dos resultados de uma medição só é completa quando contiver o valor atribuído ao mensurando, quanto à incerteza de medição associada a este valor. Como o conceito de incerteza de medição ainda é pouco difundido na área de Engenharia Agrícola, o desenvolvimento de estudos que analisemos processos de medição na caracterização de um produto torna-se relevante.

Alguns dos parâmetros compreendidos pela incerteza de medição podem ser estimados com base em uma distribuição estatística dos dados medidos, podendo ser caracterizado pelo desvio-padrão experimental. Outros parâmetros, que também podem ser caracterizados por desvios-padrão, são avaliados a partir da distribuição de probabilidade assumida.

Lima et al. (2003) afirmam que com o avanço tecnológico as tomadas de decisões em projetos de engenharia se tornam mais dependentes de informações de características sobre os produtos, sendo estas obtidas por meio de ensaios técnicos. Entretanto, no Brasil ainda existe carência de ensaios de equipamentos de irrigação, o que pode ser justificado pelo número reduzido de laboratórios especializados e corpo técnico qualificado para a execução dos mesmos (Lima, 2001). Salienta-se que a demanda por esses laboratórios tende a aumentar, devido ao crescimento da irrigação nos últimos anos e as exigências atuais do mercado.

Segundo a norma ABNT ISO 17025 (2005), a caracterização de produtos deve assegurar, dentre outros requisitos, uma incerteza de medição tolerável, e resultados confiáveis. Sendo assim, é necessário que o laboratório técnico desenvolva uma sistemática que permita o controle desses erros, por meio da validação dos dados, validação das planilhas de cálculo, comparações de resultados, entre outros. Atualmente a norma ISO 15886-3 (2012) passou a exigir que a incerteza de medição dos ensaios de aspersores seja no máximo de 3% e no mínimo 80% dos coletores no seu raio de alcance.

No tocante a redução da incerteza presente nos ensaios de caracterização de equipamentos, a automação dos sistemas de medição possibilita reduzir consideravelmente a incerteza acerca das medições, pois permite a aquisição de dados de maneira mais rápida o que admite um número de repetições muito maior comparado a medida manual, além de eliminar várias fontes de erro, como controle do tempo monitorado, leitura, anotação e transferência de dados para planilhas digitais.

Em ensaios de caracterização do perfil de distribuição de aspersores necessita-se medir o volume coletado em um número elevado de coletores, o que aumenta a demanda de mão de obra e, ocasionalmente, contribui para a ocorrência de erros oriundos do operador. Uma alternativa factível de eliminação do erro e ainda redução da mão de obra e dos custos do ensaio seria por meio da automação da aquisição, processamento e armazenamento das lâminas precipitadas em cada ensaio. Os perfis de distribuição de aspersores são usados em programas computacionais para simulação da uniformidade de aplicação de aspersores (Borges Júnior et al. 2008, Martins et al., 2012), sem considerar a altura de subida do aspersor. E, conforme Mendonza & Frizzone (2012), a uniformidade de aplicação de água é um dos indicadores do desempenho da irrigação mais importantes para avaliar a qualidade da irrigação.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi a construção de coletores de água com leitura automática e avaliação dos mesmos quanto à incerteza de medição para caracterização do perfil de distribuição de aspersores.

MATERIAL E MÉTODOS

Visando a confecção de coletores de leitura automática de lâminas precipitadas e avaliar incerteza de medição dos mesmos quanto ao perfil de distribuição de aspersores, o projeto se fundamentou em análises de incerteza avaliadas por métodos estatísticos e métodos matemáticos.

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Hidráulica e Irrigação com o apoio do Laboratório de Automação e Controle de Sistemas Agrícolas, ambos do Departamento de Engenharia do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), situada no município de Seropédica - RJ.

Para a confecção do coletor foram simuladas diferentes relações entre os diâmetro superior do recipiente de intercepção da água aplicada e de corpo do coletor, parte onde se armazena água durante o ensaio. O diâmetro do corpo do coletor, responsável pelo armazenamento de água interceptada durante o ensaio, foi pensado de maneira a formar uma altura de lamina d'água adequada a faixa de leitura recomendada para o transdutor de pressão utilizado. Para a parte superior do recipiente foi adaptado o uso de um funil que conferiu um diâmetro de abertura adequado quando analisado as relações entre abertura e corpo do coletor.

Verificou-se que o coletor no decorrer de um ensaio com duração de 1 hora teria seu volume limite extrapolado, em solução a isso se desenvolveu um sistema de autoesvaziamento por meio de sifão, o qual possuía a função de proceder o esvaziamento do volume coletado quando uma certa carga hidráulica era atingida. Os detalhes do coletor podem ser visualizados na Figura 1.

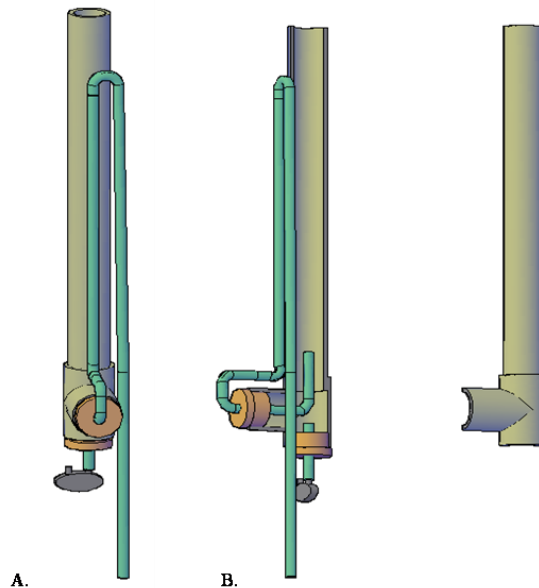


Figura 1. A: Coletor sem corte; B: Detalhe da mangueira de auto-esvaziamento no interior do coletor

A decisão quanto às medidas adotadas na construção do coletor foi baseada na incerteza do tipo B, a qual considera as relações matemáticas entre as variáveis que compõem a resposta final que se deseja medir (ISO GUM, 2008). No caso da intensidade de precipitação, as variáveis de interesse são a pressão medida nos coletores, a relação entre a área de coleta e a seção do tubo coletor, temperatura e tempo de ensaio, conforme está apresentado na Equação 1.

$$U_{Ip} = ((C_a \times U_a)^2 + (C_p \times U_p)^2 + (C_T \times U_T)^2 + (C_t \times U_t)^2)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

Em que:

U_a, U_p, U_T e U_t : Incerteza de medição a área do coletor, pressão, temperatura e tempo;

C_a, C_p, C_T e C_t : Coeficiente de sensibilidade relativo à área do coletor, pressão, temperatura e tempo, respectivamente.

As incertezas padrão consideradas para a equação foram de 0,01mm quanto ao diâmetro do corpo do coletor, 0,1mm quanto ao diâmetro de coleta do coletor, 1mm quanto a pressão, 1°C

quanto a temperatura e 0,1s quanto ao tempo. Os coeficientes de sensibilidade foram calculados a partir da derivada da função que correlaciona às variáveis.

Para a leitura automática das lâminas de água armazenadas nos coletores foi utilizado o transdutor de pressão de modelo MPX5010DP, cuja capacidade de medida de pressão é na faixa de 0 a 10 kPa, o que equivale a aproximadamente 1 metro de coluna de água. De acordo com o fabricante o sinal de saída para o sensor sem carga é de aproximadamente 200 mV e para a carga máxima o sinal é de 4700 mV. Desta maneira, a variação de tensão na saída do sensor é de 4500 mV. O sensor de pressão foi acoplado a um circuito eletrônico com um sistema de leitura de dados em bytes programado para enviar os dados ao microcomputador.

A curva de calibração do sensor foi obtida com a realização de aplicações e esvaziamento de cargas conhecidas, a fim de correlacionar as pressões em kPa com as leituras obtidas em bytes pelo conjunto sensor-circuito eletrônico. Para cada carga aplicada, obtiveram-se valores de pressão máximos, mínimos e médios. E a partir destes, foram calculados os erros padrão para cada carga em kPa, e os erros relativos.

Com a finalidade de simular as condições reais de ensaio para verificar o funcionamento do coletor, confeccionou-se cinco coletores de dimensões iguais que foram dispostos em linha, espaçados em 0,5m e com a distância entre o topo do coletor e o bocal do aspersor de 1m, de modo a atender aos critérios estabelecidos pela norma ABNT NBR 7749-2 (2000). (Figura 2).



Figura 2. Coletores posicionados nas condições de ensaio

Os ensaios foram realizados com aspersor setorial, sendo avaliadas três intensidades de aplicação média (0,96; 1,44 e 2,88 mm h⁻¹), e tiveram a duração de 1 h. As diferentes intensidades foram ajustadas regulando o ângulo de funcionamento do aspersor em 270, 180 e 90°.

Para avaliar a incerteza de medição do coletor automático construído, usou-se a incerteza do tipo A. Para tanto, realizaram-se ensaios para os seguintes volumes aplicados aos coletores: 0, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 cm³. Além da análise de incerteza, determinou-se a curva de calibração correlacionando bytes e volume para cada coletor confeccionado. A partir do volume calculado pela equação de calibração, foram calculados os desvios padrão e assim as incertezas correspondentes a volume de água.

A leitura dos sensores era efetuada por circuito eletrônico acoplado a um microcomputador que armazenava os dados e permitia o monitoramento em tempo real durante a realização do ensaio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 está apresentado o resultado das simulações da incerteza de medição dos coletores em função do diâmetro interno adotado para a construção do corpo do coletor, considerando o diâmetro superior do recipiente de intercepção da água de 200 mm. O diâmetro que proporcionou a menor incerteza foi o de 17 mm, cuja incerteza foi de 2,89%.

Tabela 1. Incerteza quanto às dimensões do corpo do coletor

Diâmetro (mm)	Intensidade de aplicação (mm h ⁻¹)			
	20	15	10	5
	Incerteza máxima (%)			
17,0	0,74	0,98	1,45	2,89
21,6	1,17	1,56	2,34	4,67
27,8	1,94	2,58	3,87	7,73
35,2	3,10	4,13	6,20	12,39
44,0	4.84	6.45	9.68	19.36

Na Figura 3 estão apresentados os resultados dos ensaios em que se objetivou verificar o funcionamento dos coletores em diferentes intensidades de aplicação.

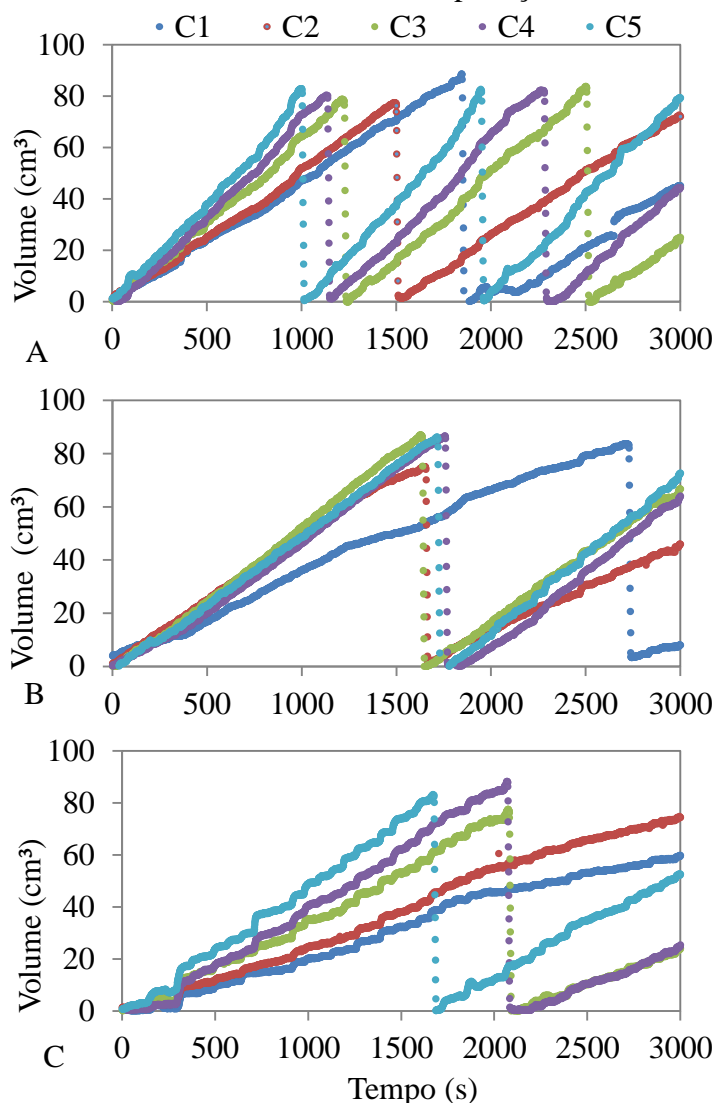


Figura 3. Funcionamento dos protótipo dos coletores automáticos; A: Intensidade média de 2,88 mm h⁻¹; B: Intensidade média de 1,44 mm h⁻¹; C: Intensidade média de 0,96mm h⁻¹;C1: Coletor 1; C2: Coletor 2; C3: Coletor 3; C4: Coletor 4; C5: Coletor 5

Ao se analisar os dados ilustrados nos gráficos da Figura 3, percebe-se que para a intensidade de aplicação média de 2,88 mm h⁻¹, ou seja, a maior intensidade de aplicação avaliada nesse trabalho, os coletores encheram e esvaziaram mais vezes em relação às outras intensidades, indicando que o sistema de autoesvaziamento funcionou como planejado na fase de projeto. Conforme a intensidade de aplicação diminuiu os coletores levaram mais tempo para encher e esvaziar, porém mesmo com a menor intensidade de aplicação os coletores tiveram um bom

funcionamento, respondendo ao autoesvaziamento quando atingiam o volume máximo permitido pelo sifão instalado nos protótipos. Durante os ensaios não foram observados problemas de vazamentos.

Os resultados da calibração dos coletores automáticos estão apresentados na Figura 4. A relação entre volume e bytes apresentou um comportamento linear, cujo coeficiente de determinação (R^2) foi bem próximo de 1 para todos os coletores, mostrando a qualidade da regressão.

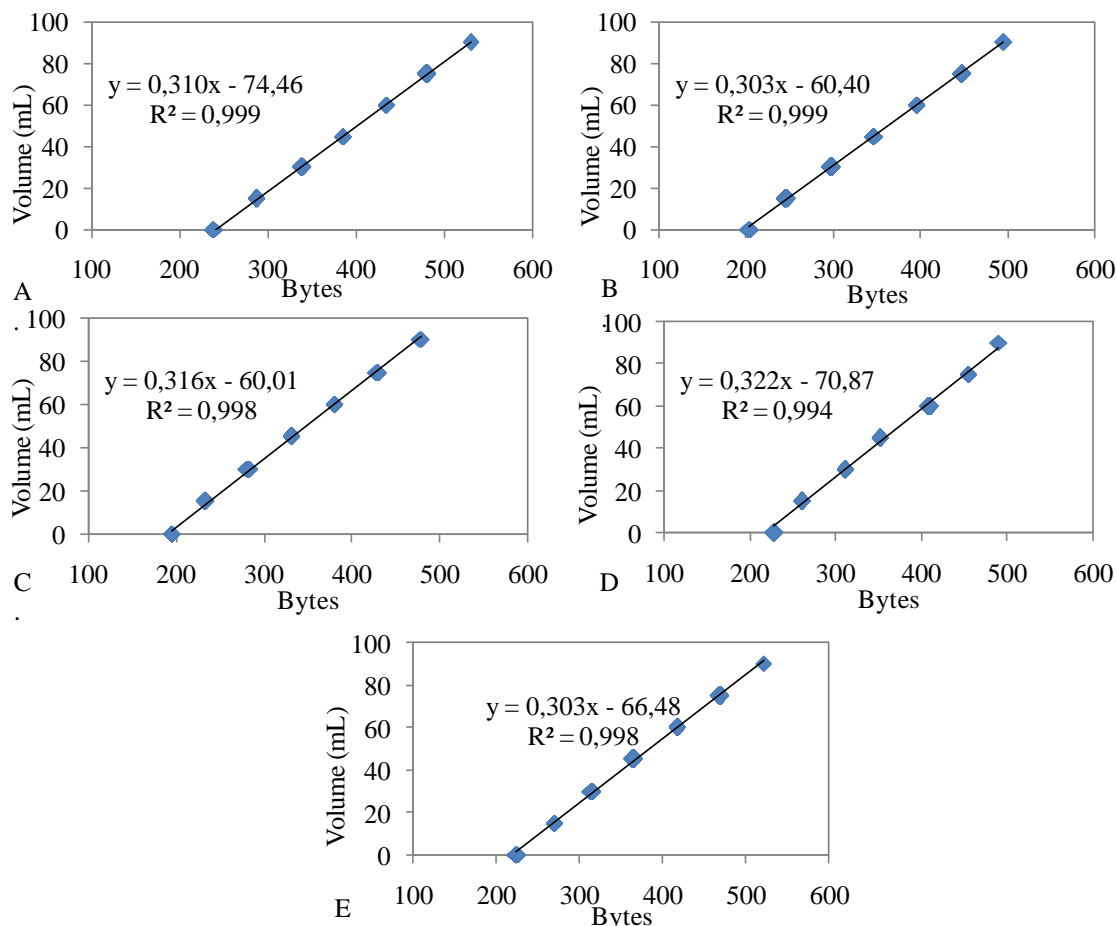


Figura4. Curva de calibração Bytes x Volume dos coletores; A: Coletor 1; B: Coletor 2; C: Coletor 3; D: Coletor 4; E: Coletor 5

Na avaliação de incerteza realizada para o coletor se obteve uma faixa de incerteza de 0,96 a 3,6%, para tempo de ensaio de 1 h. Dessa maneira como mais de 80% das incertezas está abaixo de 3%, atingiu-se o critério da ISO 15886-3 (2012).

Saretta (2016) desenvolveu um sistema automatizado para ensaios de aspersores o qual também usou o princípio de medição de nível. O coletor possuía abertura superior de 20 cm de diâmetro, tubo coletor de 20 cm de altura e diâmetro interno de 35,2 mm. Uma vez que o coletor não conta com sistema de autoesvaziamento, a máxima a intensidade de aplicação era $18,6 \text{ mm h}^{-1}$, o tempo de ensaio de 1 h. Avaliando a incerteza de medição do sistema automático desenvolvido pelo autor variou de 3 a 23%, para o tempo de ensaio de 1 h.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que o coletor desenvolvido para caracterização do perfil de distribuição de aspersores apresentou incerteza de medição adequada e baixo custo. Além disso, as leituras automáticas das lâminas precipitadas foram efetuadas com eficácia.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela concessão de bolsa de iniciação científica, e pela liberação da estrutura interna necessária a realização da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7749-2. Equipamentos de irrigação agrícola - Aspersores rotativos - Parte 2: Uniformidade de distribuição e métodos de ensaio. São Paulo, 2000. 06p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO/IEC 17025. Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaio e calibração. 2005.

BORGES JÚNIOR, J. C. F.; FERREIRA, P. A.; HEDDEN-DUNKHORST, B.; ANDRADE, C. L. T. Modelo computacional para suporte à decisão em áreas irrigadas: Parte I: Desenvolvimento e análise de sensibilidade. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, p.3-11, 2008.

INMETRO. NORMA no. NIT-DICLA-021. Expressão da incerteza de medição. 2007.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. ISO GUM 2008. Guia para a expressão de incerteza de medição. 2008. 141p.

ISSO 15886-3. Agricultural irrigation equipment – Sprinklers – Part 3: Characterization of distribution and test methods. Geneva, 2012. 18p.

LIMA, S.C.R.V. Avaliação hidráulica de válvulas reguladoras de pressão novas e com diferentes tempos de utilização. 2001. 83p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2001.

LIMA, S.C.R.V.; FRIZZONE, J.A.; COSTA, R.N.T.; SOUZA, F.; PEREIRA, A.S.; MACHADO, C.C.; VALNIR JÚNIOR, M. Curvas de desempenho de válvulas reguladoras de pressão novas e com diferentes tempos de utilização. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.2, p.201-209, 2003.

MENDOZA, C. J. C.; FRIZZONE, J. A. Economia de energia em irrigação por pivô central em função da melhoria na uniformidade da distribuição de água. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.6, n.3, p.184–197, 2012.

SARETTA, E. Análise de incerteza de um sistema automatizado para ensaios de aspersores de irrigação. 2016. 74p. Tese (Doutorado em Ciências) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2016.