

# AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DE DESEMPENHO DE SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR PIVÔ CENTRAL VISANDO SUA OTIMIZAÇÃO OPERACIONAL

Ricardo Luis Schons <sup>1</sup>  
Osvaldo König <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Eng<sup>o</sup> Agrícola, Doutorando do Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola da UFSM, Santa Maria - RS, Fone: (0XX55) 9149.2979, ricardo\_schons@hotmail.com. <sup>2</sup> Eng<sup>o</sup> Agrônomo, Prof. Doutor, Centro de Ciências Rurais/UFSM, Santa Maria - RS.

Escrito para apresentação no  
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola  
31 de julho a 04 de agosto de 2006 - João Pessoa - PB

**RESUMO:** Os sistemas de irrigação são projetados para terem uma longa vida útil, assim sendo, não devem ser desconsiderados os custos operacionais com a energia e o desgaste dos itens que compõe os mesmos, que estão diretamente relacionados ao seu dimensionamento hidráulico, às demandas hídricas das culturas e ao seu manejo. Este trabalho avaliou alguns dos parâmetros que podem modificar o desempenho de sistemas de irrigação por pivô central. Por meio dessa avaliação procurou-se trazer ao usuário do equipamento de irrigação informações sobre as modificações no desempenho dos equipamentos, ao longo de sua vida útil, relacionadas aos três parâmetros estudados: a) tempo de funcionamento do equipamento, b) velocidade da água na tubulação aérea do equipamento e c) aplicação ou não de produtos químicos com a água de irrigação. Concluiu-se que: a) a avaliação do desempenho operacional de sistemas de irrigação tipo "pivô central" deve ser efetuada ao longo da vida útil dos equipamentos, visando orientar ajustes e correções periódicas nas condições operacionais que permitam otimizar a alocação da água e da energia. b) É recomendável analisar o desempenho dos equipamentos, adotando os três parâmetros empregados neste trabalho: o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e a Eficiência de Aplicação (EA).

**PALAVRAS-CHAVES:** Irrigação, Uniformidade, Eficiência.

## EVALUATION OF PARAMETERS OF PERFORMANCE OF SYSTEMS OF IRRIGATION FOR CENTER PIVOT AIMING AT ITS OPERATIONAL IMPROVEMENT

**ABSTRACT:** The irrigation systems are projected to have a long useful life, thus being, do not have to be disrespected the operational costs with the energy and the consuming of accessories that it composes the same ones, that directly they are related to its hydraulical sizing, the watershed of the cultures and to its water management. This work evaluated some of the parameters that can modify the performance of systems of irrigation for central pivot. For way of this evaluation it was looked to bring to the user of the equipment of irrigation information on the modifications in the performance of the equipment, throughout its useful life, related to the three studied parameters: a) the time of functioning of the equipment, b) speed of the water in the aerial tubing of equipment and c) application or not of chemical products with the irrigation water. One concluded that: a) the evaluation of the operational performance of irrigation systems type "center pivot" must be effected to the long one of the useful life of the equipment, aiming at to guide adjustments and periodic corrections in the operational conditions that allow to optimize the allocation of the water and the energy. b) Is recommendable to analyze the performance of the equipment, adopting the three parameters used in this work: the Christiansen Uniformity Coefficient (CUC), the Distribution Uniformity Coefficient (CUD) and the Efficiency of Application (EA).

**KEYWORDS:** Irrigation, Uniformity, Efficiency.

**INTRODUÇÃO:** Nos sistemas de irrigação o consumo de energia aumenta de acordo com o desgaste do equipamento, ou mesmo pode ser excessivo, devido a um errôneo dimensionamento inicial; é de fundamental importância que possamos ter meios de constatar estes acontecimentos em cada instalação de irrigação e a cada período de utilização do mesmo. Ao usuário do equipamento de irrigação, muitas vezes é difícil detectar o tempo certo de realizar a manutenção ou troca de algum componente do sistema. Segundo FRIZZONE & NETO (2003) há sistemas que, por terem sido mal projetados, apresentam baixa eficácia. Nesses casos e também naqueles sistemas cuja eficácia nunca foi avaliada, o ensaio constitui a via para o levantamento dos dados necessários à tomada de decisão sobre melhorias a introduzir para elevar a eficiência do sistema de irrigação. SILVA et al. (1997) afirmam que frequentemente é necessário avaliar o desempenho de um sistema de irrigação, a fim de determinar sua aplicabilidade em certas condições. Existem vários parâmetros para avaliação de pivôs centrais, e muitas vezes estes são tratados e analisados isoladamente, por este motivo a tomada de decisão é prejudicada. É de grande importância o conhecimento dos fatores que interferem nas características de eficiência dos equipamentos de irrigação ao longo do uso do equipamento. O produtor deve saber o quanto características de projeto, ou práticas de uso do equipamento de irrigação modificam a aplicação de água. O presente trabalho objetivou avaliar sistemas de irrigação por pivô central, através da obtenção de parâmetros para subsidiar a otimização operacional dos mesmos, com a avaliação de dois coeficientes de uniformidade e um de eficiência.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O presente trabalho foi realizado com sistemas de irrigação do tipo pivô central, em operação nos estados do Rio Grande do Sul e São Paulo, sendo destes 14 no primeiro estado e 19 no segundo. Os sistemas foram avaliados por suas características de dimensionamento e de instalação; através de dois índices de uniformidade de distribuição de água, um índice de eficiência e, também, pelo tempo e forma de uso. Este trabalho fundamentou-se em duas etapas: a) A avaliação de desempenho do equipamento com levantamento de campo das características e a realização do ensaio de aspersão. b) Os dados foram submetidos a um modelo de transformação, através dos coeficientes do modelo foram calculados os parâmetros para avaliação e em seguida analisados os fatores.

**Procedimento do levantamento de campo:** Nos 33 equipamentos foi utilizada a mesma metodologia, atendendo os requisitos descritos na norma ABNT NBR 14244, sobre a Determinação da Uniformidade de Distribuição de Água para Pivôs Centrais.

**Procedimento de análise dos dados:** Para cada pivô foi analisado seu nível de desempenho com dois índices de uniformidade e um de eficiência, e estes foram correlacionados com a quantidade de horas trabalhadas do equipamento, seu perfil de utilização e a velocidade da água encontrada na tubulação aérea, sendo que para cada item foram estipulados níveis onde cada equipamento foi enquadrado. Foi utilizada a metodologia de Modelagem da Distribuição da Água Aplicada desenvolvida por SILVA et al. (2002) a fim de transformar os dados, para se atingir uma análise mais robusta e completa dos dados coletados.

**Análise estatística aplicada aos índices:** Com o Coeficiente de Christiansen (CUC), o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e a Eficiência de Aplicação (EA) calculados para cada equipamento, e com os parâmetros estabelecidos: Quantidade de horas trabalhadas do equipamento, com os níveis: menos de 3500 horas e mais de 3500 horas. Perfil de utilização, com os níveis: utilização de químicos junto à água de irrigação e sem utilização de químicos junto à água de irrigação. Velocidade da água na tubulação aérea do pivô central, com os níveis: menor que  $3 \text{ m.s}^{-1}$  e maior que  $3 \text{ m.s}^{-1}$ .

Os dados foram submetidos a uma análise de variância, onde foram analisados os fatores principais e as correlações entre estes fatores e seus níveis, para cada conjunto de dados de coeficientes, CUC, CUD e EA. Foi utilizado como parâmetro para a análise de variância, o nível de significância de 5% para as comparações de médias pela Diferença Mínima Significativa (DMS) e para o teste de comparação de médias de Tukey.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO :** Com relação aos dados coletados nos 33 equipamentos avaliados e, posteriormente ajustados ao Modelo de Distribuição de Água Aplicada, segundo SILVA et al. (2002), segue o estudo dos fatores: a) quantidade de horas de funcionamento dos equipamentos; b) velocidade da água na tubulação aérea dos equipamentos e c) aplicação ou não de produto químico com a água de irrigação, usados para o auxílio da otimização operacional dos equipamentos. **Fatores isolados:** Com os dados em estudo, o fator quantidade de horas de funcionamento não interferiu no CUC, no CUD e na EA, ao nível de significância adotado de 5%. Entretanto, para os mesmos coeficientes de uniformidade e de eficiência, os outros dois fatores, influenciam ao mesmo nível de significância. A não significância do fator quantidade de horas trabalhadas, pode ser explicada pela influência das manutenções e ações realizadas por parte dos proprietários nos equipamentos durante seu período de utilização. **Fatores agrupados:** No estudo da interação dos três fatores agrupados, a quantidade de horas trabalhadas versus o uso de produtos químicos com a água de irrigação versus a velocidade da água na tubulação aérea do equipamento, houve interferência significativa no CUC, no CUD e na EA. Quando agrupados, os fatores exercem efeito conjunto nos coeficientes de uniformidade e na eficiência de aplicação do equipamento, demonstrando que há interferência já a partir do projeto dos equipamentos. **Níveis dos fatores:** Não foram encontradas diferenças significativas entre os dois níveis do fator número de horas de funcionamento dos equipamentos (Tabela I).

Tabela I – Valores médios do CUC, CUD e EA em função do fator horas de funcionamento do equipamento

Fator Horas	Repetições	Média CUC (%)	Média CUD (%)	Média EA (%)
< 3500	18	86,94 A	84,59 A	93,47 A
> 3500	15	86,54 A	83,03 A	93,27 A

(\*) Médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste de DMS a 5% de probabilidade

Em relação ao fator uso, equipamentos em que foram aplicados produtos químicos com a água de irrigação e aqueles que não utilizaram, demonstrados pelo CUC, CUD e EA (Tabela II), as melhores práticas são dos equipamentos que não utilizaram produtos químicos, sendo que para o CUC a diferença entre as médias foi de 7,12%, para o CUD foi de 7,17% e para a EA foi de 3,25%.

Tabela II - Tabela do teste t para as médias do CUC, CUD e EA em função do fator uso de produto químico junto a água de irrigação

Fator Uso	Repetições	Média CUC (%)	Média CUD (%)	Média EA (%)
Não	15	90,02 A	87,06 A	95,01 A
Aplica	18	84,03 B	81,23 B	92,02 B

(\*) Médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste de DMS a 5% de probabilidade

Em relação ao fator velocidade da água na tubulação aérea do equipamento, acima de 3 m.s<sup>-1</sup> ou abaixo, verificados pelo CUC, CUD e EA (Tabela III), as melhores práticas são dos equipamentos com velocidade acima de 3 m.s<sup>-1</sup>, sendo que para o CUC a diferença entre as médias foi de 7,17%, para o CUD foi de 8,02% e para a EA foi de 9,90%.

Tabela III - Valores médios do CUC, CUD e EA em função do fator velocidade da água na tubulação aérea do equipamento

Fator Velocidade	Repetições	Média CUC (%)	Média CUD (%)	Média EA (%)
> 3 m.s <sup>-1</sup>	14	90,23 A	87,63 A	95,12 A
< 3 m.s <sup>-1</sup>	19	84,19 B	81,12 B	92,09 B

(\*) Médias com mesma letra não diferem entre si pelo teste de DMS a 5% de probabilidade

Através do método de comparação de médias de Tukey, ao nível de significância de 5%, verificou-se que a única faixa de equipamentos em que os coeficientes CUC, CUD e EA diferem significativamente pela aplicação produtos químicos com a água de irrigação são com tempo de uso

abaixo de 3500 horas, e com velocidade da água dentro da tubulação aérea abaixo de  $3 \text{ m.s}^{-1}$ , sendo o percentual expresso na Tabela IV.

Tabela IV - Valores médios dos coeficientes dos equipamentos com tempo de uso abaixo de 3500 horas de uso e com velocidade dentro da tubulação aérea abaixo de  $3 \text{ m.s}^{-1}$

	Água com Produto Químico	Água sem Produto Químico	Diferença Percentual
CUC (%)	76,58	90,68	18,41
CUD (%)	74,81	87,83	17,40
EA (%)	88,29	95,34	7,98

Na interação tripla entre a quantidade de horas de uso dos equipamentos, o tipo de uso e a velocidade da água na tubulação aérea, os melhores índices foram observados, em relação ao CUC, ao CUD e à EA, com equipamentos acima de 3500 horas trabalhadas, que não usavam água para irrigação com produtos químicos e com a velocidade na tubulação aérea maior que  $3 \text{ m.s}^{-1}$ . Praticamente todos os equipamentos que não usavam produtos químicos com a água de irrigação permaneceram com os coeficientes de uniformidade e eficiência maiores que o dos equipamentos que usavam produtos químicos na água de irrigação.

**CONCLUSÕES:** Os resultados obtidos no presente trabalho, permitem as seguintes conclusões gerais:

- A avaliação do desempenho operacional de sistemas de irrigação tipo “pivô central” deve ser efetuada ao longo da vida útil dos equipamentos, visando orientar ajustes e correções periódicas nas condições operacionais que permitem otimizar a alocação da água e da energia.

- É recomendável analisar o desempenho de sistemas de irrigação tipo pivô central adotando os três parâmetros empregados neste trabalho, quais sejam: CUC, CUD e EA.

Em relação aos fatores operacionais analisados, conclui-se que:

- O número de horas de funcionamento do equipamento de irrigação por pivô central não influencia os coeficientes de uniformidade e eficiência de aplicação, quando analisado isoladamente.

- Equipamentos com velocidade da água na parte aérea do equipamento de irrigação por pivô central acima de  $3 \text{ m.s}^{-1}$ , forneceram os melhores índices para o CUC com uma melhora em 7,17%, para o CUD, com uma melhora em 8,02% e para a EA, com uma melhora de 3,29%.

- Os equipamentos de irrigação por pivô central que não utilizam produtos químicos com a água de irrigação fornecem os melhores índices do CUC, do CUD e da EA em relação aos equipamentos que utilizam produtos químicos junto à água de irrigação.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14244: Equipamentos de irrigação mecanizada – Pivô central e lateral móvel providos de emissores fixos ou rotativos – Determinação da uniformidade de distribuição de água. São Paulo, 1998. 11p.

FRIZZONE, J. A.; NETO, D. D.; Avaliação de sistemas de irrigação. In: Miranda, J. H.; Pires, R. C. M. (ed) Irrigação – Jaboticabal; FUNEP, 2003. 703 p. p. 573 – 651 (Série Engenharia Agrícola. Irrigação; 2)

SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A.; LIMA, J. E. F. W. Análise de desempenho da irrigação. Planaltina, 2002. 84p. Embrapa Cerrados.

SILVA, D. D.; RAMOS, M. M.; MARTINEZ, M. A.; DENÍCULI, W. Uniformidade de Distribuição de Água em Sistemas de Aspersão, com Utilização de Aspersor Fixo com Placa Defletora Auxiliar. ENGENHARIA AGRÍCOLA.,v.5, n.4, p.281-292, 1997.