

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UM EQUIPAMENTO DE IRRIGAÇÃO I – AUTOPROPELIDO PERROMATIC¹

José Geraldo Ferreira da Silva²
José Roberto Brito Pereira³

1. INTRODUÇÃO

A irrigação é uma tecnologia que visa garantir a produção agrícola dos campos onde a chuva ocorre em distribuição ou quantidade insuficiente para manutenção de água nas lavouras.

No Estado do Espírito Santo, esta técnica passou a ser empregada em grande escala a partir dos anos 80, em virtude dos subsídios governamentais para a agricultura irrigada.

O rápido crescimento da demanda por equipamento de irrigação, principalmente no Estado, levou à implantação de projetos sem um mínimo de critério técnico, incorrendo em problemas que vão desde a seleção de equipamentos inadequados para o tipo de solo até a existência de equipamentos parados por falta de água.

Um dos maiores problemas enfrentados nessas áreas irrigadas é a baixa produtividade obtida, inviabilizando a capacidade de pagamento do investimento efetuado.

Acredita-se que essa baixa produtividade seja consequência de mau manejo do sistema irrigado, aliado à baixa uniformidade de aplicação de água do equipamento.

¹ Aceito para publicação em 23-09-1994.

² EMCAPA, Cx. Postal 62. 29900-970 Linhares, ES.

³ Centro Agropecuário da UFES (CAUFES), Alto Universitário. 29500-000 Alegre, ES.

A uniformidade de aplicação de água depende do perfil de distribuição produzido pelo aspersor, que é influenciado pelo vento, pela pressão de serviço, altura de elevação e uniformidade de rotação, com diâmetro e tipo de bocal dos aspersores, além do espaçamento entre carregadores e velocidade de deslocamento do autopropelido.

Segundo OLITTA (6), a combinação ideal entre a pressão de serviço e o diâmetro de bocal resultará na distribuição correta de água, com tamanho de gotas adequado ao tipo de solo, planta e ao alcance do jato. Quando o diâmetro das gotas é maior que 4 mm, elas tendem a prejudicar as folhas e a formar crostas na superfície do solo; quando elas apresentam menos de 1 mm de diâmetro, são facilmente arrastadas pelo vento. De acordo com esse autor, os aspersores de tamanho médio, quando trabalhando com pressão correta, devem produzir gotas com diâmetro variando entre 1 e 4 mm.

A uniformidade de distribuição de água na irrigação por aspersão tem sido objeto de muitos estudos. CHRISTIANSEN (3) foi o primeiro pesquisador a estudar este parâmetro, empregando uma equação conhecida como Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), ou seja:

$$CUC = 100 \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - x_m|}{nX_m} \right) \quad \text{eq. 1}$$

em que

X_m = precipitação média geral (mm);

X_i = precipitação obtida no coletor de ordem i (mm);

$X_i - X_m$ = valor absoluto dos desvios (mm); e

n = número de observações.

Segundo MERRIAM *et alii* (5), para culturas de alto rendimento econômico e com sistema radicular raso, o sistema de aspersão deve apresentar alta eficiência, geralmente Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) acima de 80% ou Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) acima de 88%, e, para cultivos de sistema radicular médio, o CUD pode variar entre 70 e 80% (ou 82 e 88% para o CUC). No caso de árvores frutíferas e culturas com sistema radicular profundo, geralmente suplementado pela precipitação, por razões econômicas, pode-se variar o CUD de 50 a 70% ou de 70 a 82% para o CUC.

Lopes, citado por GOMIDE (4), afirma que o elemento climático de maior importância na irrigação por aspersão é o vento. Por um lado, deve-

se ter conhecimento de sua velocidade, que desempenha papel significativo na eficiência de aplicação e, por outro, de sua direção, que deve ser levada em conta na disposição dos aspersores. Além disso, as altas temperaturas e a baixa umidade relativa diminuem a eficiência do sistema, aumentando as perdas por evaporação.

SCARDUA e LEME (7), em ensaios de uniformidade de distribuição de água, utilizando um autopropelido, com a finalidade de avaliar a uniformidade de irrigação, calcularam parâmetros como Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e intensidade mínima e média de aplicação, concluíram que ventos com velocidades superiores a 3 m/s e com direção próxima ao deslocamento do conjunto autopropelido prejudicaram sensivelmente a uniformidade de distribuição e a lâmina aplicada. Não se recomenda, portanto, esse equipamento para áreas com predominância de ventos dessa ordem.

SHULL e DYLLA (8) testaram vários espaçamentos entre carregadores que produziam boa uniformidade de distribuição de água, por meio de um conjunto autopropelido com aspersor-canhão operando sob condições variáveis de vento. Concluíram que os menores espaçamentos entre carregadores fornecem distribuição aceitável na maior parte do tempo, mas não são operacionalmente eficientes, e os maiores espaçamentos, que seriam mais eficientes em termos operacionais, fornecem distribuição aceitável em apenas pequena parte do tempo, em áreas de ventos fortes. Quando usaram espaçamento adequado, e a velocidade do vento não excedeu a 2 m/s, o sistema testado forneceu uniformidade de aplicação satisfatória.

CHARMELO *et alii* (2), estudando o efeito do ângulo setorial do aspersor, da velocidade de deslocamento da carreta, da velocidade do vento e do espaçamento entre carregadores na uniformidade de distribuição de água, em um conjunto autopropelido, concluíram que, à medida que se aumenta o espaçamento entre carregadores, mantendo-se o ângulo setorial em 360°, a uniformidade de distribuição diminui e, quando se mantém o ângulo setorial entre 330 e 345°, a uniformidade de distribuição aumenta com o espaçamento.

O objetivo deste trabalho é avaliar a uniformidade de distribuição de água de um equipamento de irrigação do tipo autopropelido, para três velocidades de deslocamento, combinando as pressões de serviços de 4,5 e 5 kgf/cm² com os diâmetros de bocais de 42,1 e 44,2 mm, para os espaçamentos entre carregadores de 68, 80 e 92 m.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido na Estação Experimental de Linhares, da Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (EMCAPA), município de Linhares (ES), situado geograficamente a uma latitude de 19°24'S e longitude de 40°04'W, a uma altitude média de 28 m. O clima da região, segundo Köppen, é classificado como AW-úmido de savanas, com período seco no inverno. A temperatura média anual é de 23,4°C e a precipitação média é de 1,228 mm anual.

O solo do campo experimental é um aluvial eutrófico de textura argilosa. A água foi aduzida a partir do Rio Doce, por meio de uma motobomba.

As características básicas do autopropelido e da motobomba utilizados para os testes encontram-se listadas a seguir:

Proprietário: EMCAPA

Marca: ASBRASIL

Modelo: PERROMATIC

Propulsão: turbina

Marca do aspersor: ASBRASIL

Modelo do aspersor: SC 77

Diâmetro da adutora: 159 mm

Conjunto motobomba:

Bomba

Marca: KSB

Modelo: WKL 100/5

N° de série: 448615

Diâmetro da sucção: 2x159 mm

Rotação: 1.750 rpm

Motor

Marca: WEG

Modelo: 280 S/MO 280

Potência: 125cv

Tensão: 220/380v

Rotação: 1.750 rpm

Os dados de precipitação foram obtidos por meio de coletores dispostos em linhas, com um metro de espaço entre si, perpendiculares ao deslocamento do equipamento e com espaçamento de quatro metros entre os coletores.

Estes coletores foram construídos com PVC, tendo superfície de coleta de 75,43 cm², bordas biseladas e capacidade aproximada de um litro cada.

Para determinar as perdas por evaporação, foram utilizados três recipientes com volume conhecido de água, os quais foram colocados fora da área a ser irrigada, assim que começou a cair água nos coletores, e, logo após parar de cair água nestes, mediu-se o volume remanescente, obtendo-se, por diferença, a evaporação. Mediu-se, também, o tempo de

duração da precipitação sobre os coletores.

Os testes foram realizados com três regulagens de velocidade, dois bocais e duas pressões, procurando cobrir a faixa de condições de operação utilizada pelo proprietário.

Para regular as velocidades foram utilizadas as engrenagens de 16, 24 e 39 dentes, os bocais foram de 42,1 e 44,2 mm e as pressões, de 4,5 e 5 kgf/cm².

Mediu-se a velocidade de deslocamento do equipamento no início, meio e final do carregador, determinando-se o tempo gasto para que fosse percorrida uma distância de 20 m.

A pressão de serviço foi medida, utilizando-se um manômetro, com graduação de 0,2 kgf/cm², instalado a 2/3 da altura do tubo de elevação do aspersor, seguindo normas da ABNT (1), e seu controle foi efetuado por meio de uma válvula controladora de pressão instalada na tubulação de recalque.

A uniformidade de distribuição de água foi determinada pelo Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), para os espaçamentos de 68, 80 e 92 m, sendo o intermediário utilizado no campo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pelo Quadro 1 observa-se os dados de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) para as diferentes condições de operação do equipamento.

Verifica-se que os coeficientes, de modo geral, apresentaram tendência a decrescer com o aumento do espaçamento entre carregadores.

Independentemente das condições de operação, o espaçamento de 92 m apresentou o menor valor de coeficiente de uniformidade, exceto nos casos em que houve incidência de ventos paralelos aos carregadores, apresentando, neste caso, maior valor de coeficiente.

O aumento da pressão de serviço do aspersor contribuiu, de maneira geral, para aumentar a uniformidade de distribuição de água, no maior espaçamento, para o bocal de 42,1 mm. Para o bocal de 44,2 mm, verificou-se que, com exceção da engrenagem de 16 dentes, o aumento da pressão melhorou a uniformidade de distribuição de água em todos os espaçamentos. Como pode ser observado, a velocidade do vento foi menor em todos os testes com maior pressão para o bocal de 44,2 mm, exceto com a engrenagem de 16 dentes.

Quando o vento sopra perpendicularmente aos carregadores, nos maiores espaçamentos, os coeficientes de uniformidade apresentam-se inferiores aos limites mínimos aceitáveis.

QUADRO 1 - Dados de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), velocidade média do vento, em m/s, velocidade de deslocamento no início, meio e final do carreador e velocidade média, em m/h, para cada condição de operação do autopropelido, utilizando bocais de 42,1 e 44,2 mm de diâmetro nominal

Engrenagem (dentes)	Pressão de serviço kgf/cm ²	Espaçamento entre carreadores (m)	CUC %	Velocidade média do vento (m/s)		Velocidade de Deslocamento (m/h)							
				Início	Fim	Início	Meio	Fim	Média				
16	4,5	68	42,1	44,2	42,1	44,2	42,1	44,2	42,1	44,2	42,1	44,2	
		80	88,7	88,3	1,3	0,8	30,3	36,3	33,5	39,9	31,3	42,5	39,6
		92	87,6	86,0	3,9	1,3	33,0	40,0	36,2	41,7	36,8	48,6	43,4
	5,0	68	95,2	80,5	2,1	4,1	42,3	55,1	42,6	60,9	9,1	66,5	60,8
		80	85,7	83,9	2,0	1,9	47,2	59,6	51,4	59,1	49,3	61,9	49,3
		92	74,4	88,6	2,8	2,4	75,4	87,8	90,5	94,5	72,9	95,5	76,2
24	4,5	68	42,1	44,2	42,1	44,2	42,1	44,2	42,1	44,2	42,1	44,2	
		80	88,7	88,3	1,3	0,8	30,3	36,3	33,5	39,9	31,3	42,5	39,6
		92	87,6	86,0	3,9	1,3	33,0	40,0	36,2	41,7	36,8	48,6	43,4
	5,0	68	95,2	80,5	2,1	4,1	42,3	55,1	42,6	60,9	9,1	66,5	60,8
		80	85,7	83,9	2,0	1,9	47,2	59,6	51,4	59,1	49,3	61,9	49,3
		92	74,4	88,6	2,8	2,4	75,4	87,8	90,5	94,5	72,9	95,5	76,2
39	4,5	68	42,1	44,2	42,1	44,2	42,1	44,2	42,1	44,2	42,1	44,2	
		80	88,7	88,3	1,3	0,8	30,3	36,3	33,5	39,9	31,3	42,5	39,6
		92	87,6	86,0	3,9	1,3	33,0	40,0	36,2	41,7	36,8	48,6	43,4
	5,0	68	95,2	80,5	2,1	4,1	42,3	55,1	42,6	60,9	9,1	66,5	60,8
		80	85,7	83,9	2,0	1,9	47,2	59,6	51,4	59,1	49,3	61,9	49,3
		92	74,4	88,6	2,8	2,4	75,4	87,8	90,5	94,5	72,9	95,5	76,2

Os melhores resultados podem ser observados para o espaçamento de 80 m entre carregadores, considerando-se os valores-limite de coeficiente e a operacionalidade do equipamento.

Observa-se que a mudança do diâmetro de bocal causou considerável aumento na velocidade de deslocamento do autopropelido. O mesmo aconteceu quando se aumentou a pressão de serviço e manteve-se constante o bocal. Isto ocorreu, possivelmente, pelo fato de a velocidade da turbina ser proporcional a sua vazão, obtendo-se, em ambos os casos, aumento da vazão do equipamento.

Verifica-se, ainda, nesse quadro, que não se obteve tendência lógica de variação de velocidade ao longo do carregador. Ora ela aumenta do início para o final, ora decresce no mesmo sentido. Uma explicação para isso pode ser o estado de conservação dos carregadores. Eles apresentaram muitas irregularidades, com depressões e buracos ao longo das estradas, não dando, assim, condição homogênea de deslocamento.

A diferença entre os valores de coeficientes obtidos em função do espaçamento deveu-se, sobretudo, ao perfil de precipitação obtido no campo, o qual foi muito influenciado pelo vento.

Verifica-se, de modo geral (Figuras 1, 2 e 3), que para espaçamento reduzido entre os carregadores há uma tendência a concentrar a lâmina de água no centro do carregador e para espaçamentos maiores há uma tendência a reduzir a quantidade de água aplicada neste local.

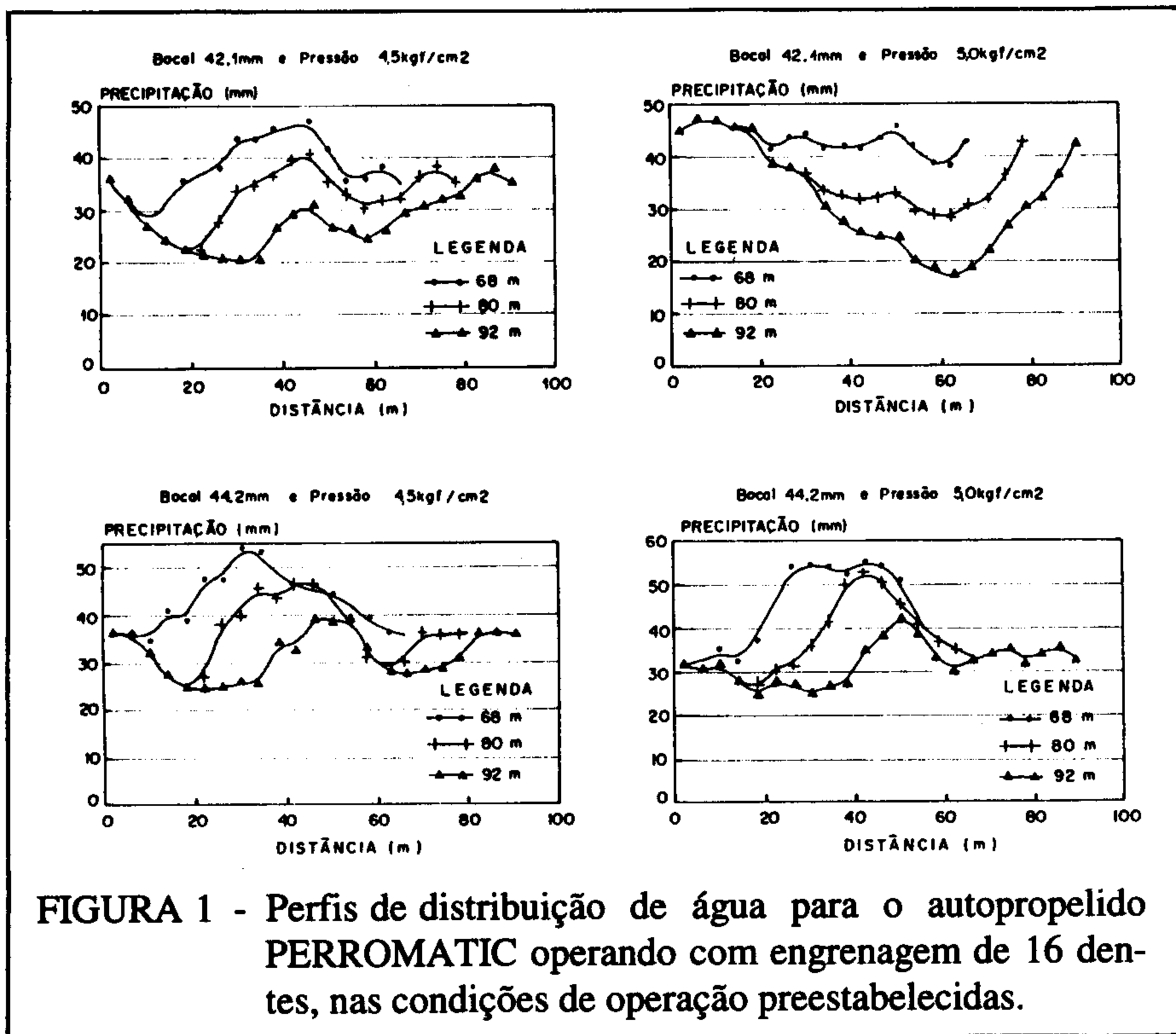
O coeficiente de uniformidade mede a forma como está distribuída a água no campo. Logo, quando se tem um alto valor de coeficiente de uniformidade, espera-se que se tenha uma boa distribuição de água no solo. Porém, observando as precipitações geradas pela superposição dos dados coletados no campo (Figuras 1, 2 e 3), verifica-se que, mesmo para as condições de operação onde os coeficientes foram superiores a 80% para o CUC, a diferença entre o maior e o menor valor de precipitação ainda é bastante elevado. Isso vem mostrar que nem sempre esses coeficientes explicam por si a uniformidade de distribuição de água.

No Quadro 2 podem ser observados os dados de tempo de molhamento, lâmina bruta e intensidade de aplicação de água obtidos por meio de simulação dos espaçamentos com os dados de precipitação coletados para as condições de operação estudadas.

Verifica-se que, considerando o mesmo espaçamento, praticamente não ocorreu variação na lâmina de água aplicada quando houve variação na pressão do equipamento. O aumento na vazão do aspersor, em função do aumento de pressão, foi compensado com o ganho na velocidade de deslocamento. Em alguns casos, houve ligeiro aumento e, em outros, ligeiro decréscimo no valor dessa lâmina, como se observa, também, nas

QUADRO 2 - Tempo de molhamento (TM), em min, lâmina bruta (LB), em mm, e intensidade de precipitação (IP), em mm/h, em função do espaçamento, para o autopropelido, usando os bocais de 42,1 e 44,2 mm

Engrenagem (dentes)	Pressão de Serviço (kgf/cm ²)	Espaçamento entre Carrea- dores (m)	Bocal 42,1 mm			Bocal 44,2 mm		
			TM	LB	IP	TM	LB	IP
16	4,5	68	198	39,6	12,0	173	44,1	15,3
		80	198	33,9	10,3	173	37,6	13,1
		92	198	29,5	8,9	173	32,7	11,3
24	5,0	68	166	45,4	16,5	184	44,7	14,5
		80	166	38,9	14,1	184	38,9	12,5
		92	166	33,8	12,3	184	33,4	10,8
39	4,5	68	124	36,2	17,5	90	32,1	21,3
		80	124	30,9	14,9	90	27,5	18,3
		92	124	26,8	11,7	90	23,9	15,9
39	5,0	68	142	31,9	13,5	122	33,0	16,2
		80	142	27,2	11,5	122	28,3	13,9
		92	142	23,7	10,0	122	24,4	12,0
39	4,5	68	92	23,1	15,1	72	20,8	17,3
		80	92	20,1	13,0	72	17,8	14,8
		92	92	17,4	11,0	72	15,4	12,1
39	4,5	68	101	24,5	14,6	69	17,8	15,4
		80	101	21,0	12,5	69	15,3	13,3
		92	101	18,2	10,8	69	13,3	11,5



Figuras 1, 2 e 3, o que pode ser explicado pelo fato de se terem variações da direção e velocidade do vento proporcionando arrastes diferenciados de água, além da variação da velocidade de deslocamento em função da má conservação dos carreadores.

Em alguns casos, a lâmina foi até inferior àquela aplicada com bocal menor, mantendo-se constantes a pressão e a engrenagem. Isto também aconteceu quando se fixou o bocal e aumentou-se a pressão.

Analisando os perfis de distribuição de água apresentados nas Figuras 1, 2 e 3, verifica-se que aqueles obtidos com o equipamento operando com engrenagem de 39 dentes (Figura 3) apresentaram menores variações nas lâminas aplicadas.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Este trabalho foi conduzido na Estação Experimental de Linhares (ES), da Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (EMCAPA), objetivando avaliar o desempenho de um equipamento de irrigação autopropelido, sob diferentes condições de operação.

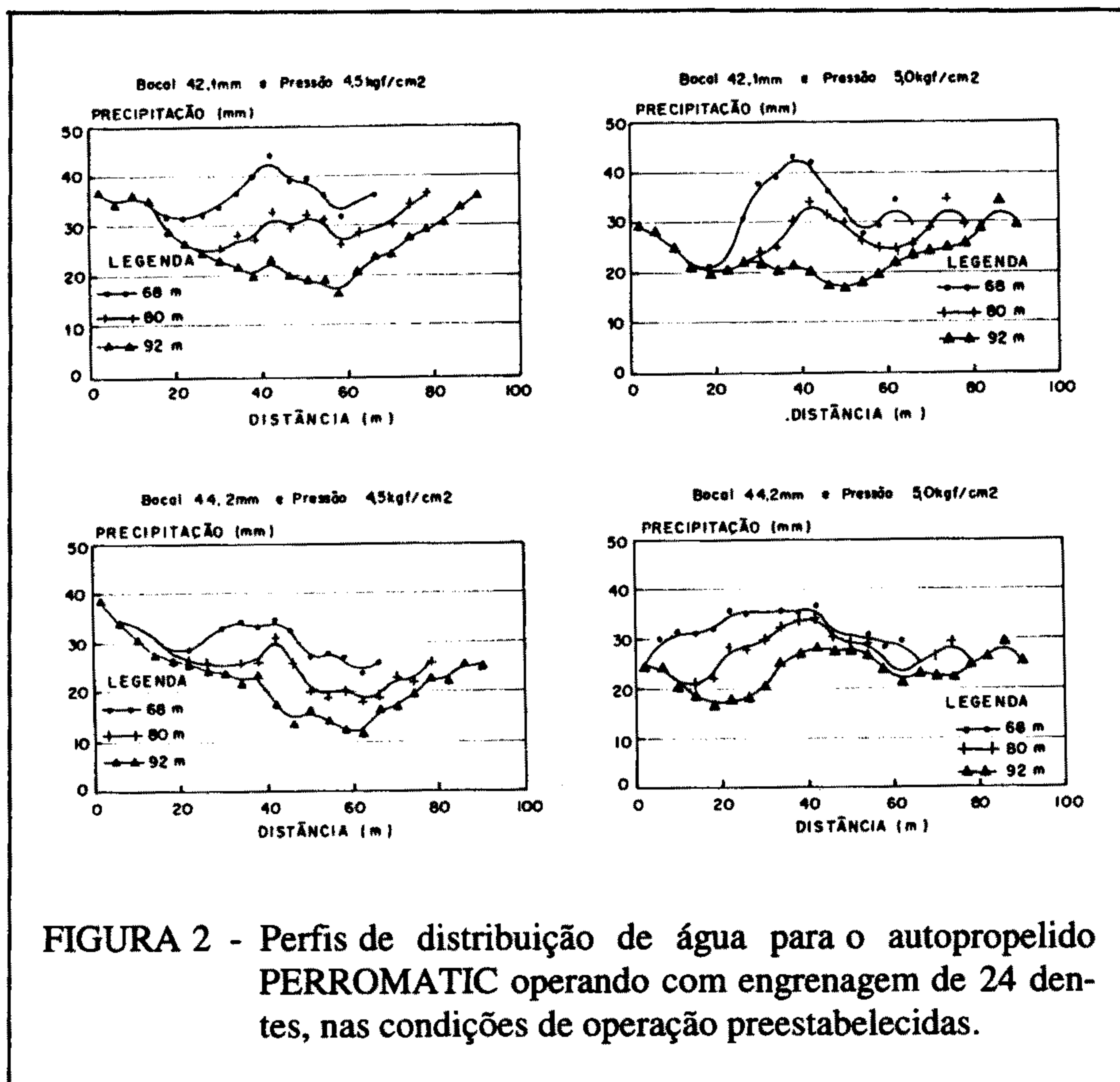


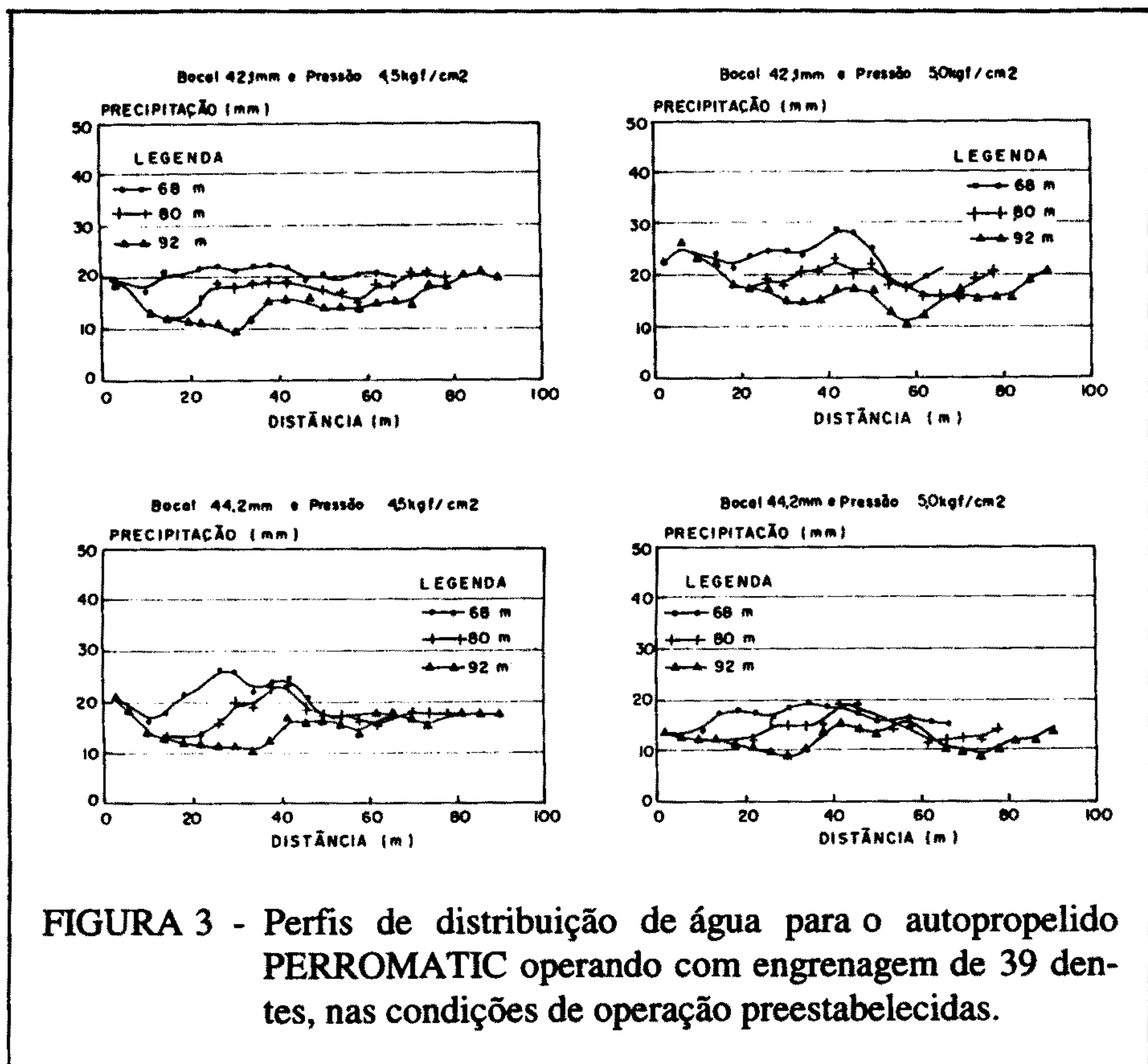
FIGURA 2 - Perfis de distribuição de água para o autopropelido PERROMATIC operando com engrenagem de 24 dentes, nas condições de operação preestabelecidas.

Determinaram-se o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), a lâmina média aplicada e a velocidade de deslocamento do equipamento, quando operando com os bocais de 42,1 e 44,2 mm, pressões de serviço de 4,5 e 5 kgf/cm² e engrenagens de 16, 24 e 39 dentes.

Os coletores, construídos com PVC, foram dispostos perpendicularmente ao deslocamento do equipamento, no centro da área, de maneira a formar três linhas espaçadas de um metro entre si.

Nas condições em que foram conduzidos os testes, pode-se concluir que:

- a direção e a velocidade do vento interferiram significativamente no perfil de distribuição de água do aspersor;
- o espaçamento de 92 m mostrou-se mais sensível às variações de velocidade e direção do vento;
- o espaçamento que apresentou melhor uniformidade de distribuição de água foi o de 68 m, nas condições testadas;
- a velocidade média de deslocamento aumentou, mantendo-se



constante a engrenagem, e aumentando-se a pressão de serviço e, ou, diâmetro do bocal;

- a qualidade e a conservação dos carreadores interferiram na velocidade de deslocamento do equipamento;

- os melhores perfis foram obtidos com a engrenagem de 39 dentes, nas condições em que foram realizados os testes;

- considerando que o espaçamento de 68 m é inviável operacionalmente, deve-se utilizar o espaçamento de 80 m entre carreadores; e

- o aumento da pressão de serviço, de forma geral, contribuiu para aumentar a uniformidade de distribuição de água.

5. SUMMARY

(IRRIGATION EQUIPMENT PERFORMANCE EVALUATION: I - TRAVELING SPRINKLER SYSTEM "PERROMATIC")

Studies were conducted at the Estação Experimental de Linhares-ES

to evaluate the performance of a model FERROMATIC, propelled irrigation equipment, under different operating conditions. The Christiansen uniformity Coefficient (CUC), the average applied water depth and the equipment's moving velocity with 42.1 and 44.2 mm nozzles were determined. Working pressures of 4.5 and 5.0 kgf/cm² and 16.24 and 39 gear teeth were also calculated. The wind velocity influenced water distribution significantly and the moving velocity was greatly affected by the condition of the trails. When the gear was kept constant, the moving velocity changed according to the variation of the working pressure and/or the nozzle utilized.

6. LITERATURA CITADA

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *Sistema de irrigação convencional; caracterização do desempenho - método de ensaio*. Primeiro projeto de normas. Rio de Janeiro, 1983. 13 p. (Folha provisória).
2. CHARMELO, L. C. L.; LOUREIRO, B. T. & SILVA, J. G. F. da. Efeitos de ângulo setorial de aspersor, velocidade de deslocamento de carreta, velocidade de vento e espaçamento entre carregadores sobre a uniformidade de distribuição de água de conjunto de irrigação autopropelido. In: *REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PARA O PROGRESSO DA CIÊNCIA*, 44, São Paulo, 1992. *Anais...* São Paulo, SBPC, 1992. p. 42.
3. CHRISTIANSEN, E. J. *Irrigation by sprinkling*. Berkeley, University of California, 1942, 142p. (Bulletin, 670).
4. GOMIDE, R. L. *Determinação e análise de uniformidade de distribuição da água no sistema de irrigação por aspersão*. Viçosa, MG, Imprensa Universitária, 1978. 87p. (Tese M. S.).
5. MERRIAN, J. L.; KELLER, J. & ALFARO, J. *Irrigation system evaluation and improvement*. Logan, Utah State University, 1973. 164p.
6. OLITTA, A. F. L. *Os métodos de irrigação*. São Paulo, SP, Nobel, 1977. 267p.
7. SCARDUA, R. & LEME, E. J. de A. Determinação da uniformidade e eficiência da irrigação por aspersão com equipamento autopropelido em projeto de irrigação em cana-de-açúcar, In: *CONGRESSO NACIONAL DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL*, 1, Maceió, 1979. *Anais...* Maceió, 1979. p.286-290.
8. SHULL, H.; DYLLA, A. S. Traveling boom sprinkler operation in wind. *Trans. of the ASAE*, 22(3):537-539. 1979.