

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE UM EQUIPAMENTO DE IRRIGAÇÃO II - AUTOPROPELIDO CHUVISCO¹

José Geraldo Ferreira da Silva²
José Roberto Brito Pereira³

1. INTRODUÇÃO

A Região Norte do Estado do Espírito Santo, onde a maioria das áreas cultivadas é irrigada, é considerada, hoje, como um pólo agrícola do Estado.

O crescimento desordenado das áreas irrigadas nesta região tem levado ao insucesso de muitas lavouras, seja por fatores não controláveis, seja por total desconhecimento dos técnicos da área acerca do desempenho dos sistemas de irrigação como um todo. É comum encontrar equipamentos parados por falta de água e até mesmo com falhas graves de dimensionamento e seleção de bombas.

Inicialmente, o autopropelido predominava sobre o pivô central. Hoje ocorre o oposto, isto é, existe uma preferência maior pelo segundo, em função dos vários insucessos, das baixas produtividades obtidas quando se usava o autopropelido para irrigar os campos.

O manejo da irrigação nesta região é difícil por causa dos solos de características arenosas com baixa capacidade de armazenamento, da alta demanda evapotranspirométrica e da ocorrência de ventos com velocidades elevadas em certas épocas do ano, afetando o desempenho dos equipamentos de irrigação.

¹ Aceito para publicação em 23.09.1994.

² EMCAPA, Cx. Postal 391. 29010-901 Vitória, ES.

³ Departamento de Engenharia Agrícola, UFV. 36571-000 Viçosa, MG.

O objetivo de qualquer sistema de irrigação é a minimização das perdas ocasionais de água, mediante planejamento e controle adequado da irrigação.

Para planejar um sistema de irrigação por aspersão é necessário, dentre outras informações, o conhecimento da distribuição e da quantidade de água aplicada, bem como da intensidade e da eficiência de aplicação.

BERNARDO (2), CHRISTIANSEN (4) e DAKER (5) são unânimes em afirmar que o uso da irrigação por aspersão, para suprir as deficiências hídricas em determinadas épocas do ano, conduz a bons resultados no que se refere ao aumento da produtividade das culturas, porém está estritamente correlacionado com a uniformidade de distribuição da água.

Segundo WITHERS e VIPOND (9), o vento modifica a forma de distribuição de água do aspersor, transformando-a em elíptica. Seu efeito pode ser atenuado pela redução do espaçamento entre os aspersores no sentido perpendicular à direção dos ventos. Porém, isto só é aplicável quando a direção do vento for constante.

O desempenho de um sistema de irrigação pode ser analisado, segundo HART *et alii* (6), pela eficiência de armazenamento de água, de percolação e pela uniformidade de distribuição de água.

SCARDUA e LEME (7), avaliando a uniformidade de distribuição de água em um conjunto autopropelido, determinaram o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e as intensidades mínima e média de aplicação de água e concluíram que ventos com velocidade superior a 3,0 m/s e com direção próxima à do deslocamento do equipamento prejudicaram sensivelmente a uniformidade de aplicação de água e a lâmina aplicada, não sendo recomendado, portanto, o seu uso em áreas com ventos com estas características.

SHULL e DYLLA (8) testaram vários espaçamentos entre carregadores para um sistema autopropelido, com aspersor canhão operando em condições variadas de ventos. Concluíram que os menores espaçamentos entre carregadores fornecem distribuição de água aceitável na maior parte do tempo, porém não são operacionalmente eficientes, em função do trabalho adicional envolvido na mudança do equipamento de faixa e da aplicação de altas lâminas médias. Os espaçamentos maiores, que seriam aceitáveis operacionalmente, fornecem boa distribuição em apenas uma parte do tempo em áreas de ventos fortes. Segundo os autores, quando se usou espaçamento adequado e a velocidade do vento não excedeu 2,0 m/s, o sistema testado forneceu uniformidade de distribuição

satisfatória.

A uniformidade de distribuição de água na irrigação por aspersão tem sido objeto de muitos estudos. CHRISTIANSEN (4) 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.

CHARMELO *et alii* (3), estudando a influência 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 aumentou o espaçamento entre carregadores, mantendo-se o ângulo setorial em 360° , a uniformidade de distribuição diminuiu; quando se manteve o ângulo setorial entre 350 e 345° , a uniformidade de distribuição aumentou com o espaçamento; e quanto maior foi a velocidade do vento, menor foi o CUC e o CUD.

Objetivou-se, neste trabalho, estudar a performance de um conjunto de irrigação, tipo autopropelido, em condições de operação variadas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido na Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (EMCAPA), Estação Experimental de Linhares, município de Linhares(ES).

O solo do campo experimental é um Aluvial Eutrófico, de textura argilosa, e a água foi aduzida a partir do rio Doce, por meio de uma motobomba.

As características básicas do autopropelido e da motobomba utilizadas no teste são listadas a seguir:

Proprietário do Autopropelido: EMCAPA

Marca: ASBRASIL

Modelo: CHUVISCO

Propulsão: turbina

Marca do aspersor: ASBRASIL

Modelo do aspersor: MEC 21

Diâmetro da adutora: 133 mm

Conjunto motobomba:

Bomba

Marca: WORTHINGTON

Modelo: 3 DBE 103

Rotor: 9,90"

Diâmetro da sucção: 133 mm

Rotação: 3.560 rpm

Motor

Marca: WEG

Modelo: 250 S/MO 586

Potência: 100cv

Tensão: 220/380v

Rotação: 3.560 rpm

Os dados de precipitação foram obtidos por meio de coletores dispostos em linhas, perpendiculares ao deslocamento do equipamento, no espaçamento de um metro entre si e de três metros entre coletores. Estes coletores foram construídos em PVC, com 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, colocados fora da área a ser irrigada assim que se iniciou a queda de água nos coletores. Logo após ter parado de cair água nestes, mediu-se o volume remanescente, obtendo-se, por diferença, a evaporação. Mediu-se, também, o tempo de precipitação sobre os coletores.

Os testes foram realizados com três regulagens de velocidade, dois bocais e duas pressões, procurando-se cobrir a faixa de condições de operação do equipamento utilizada por seu proprietário. Para regular as velocidades foram utilizadas as engrenagens de 15, 17 e 19 dentes; os bocais foram de 30 e 32 mm, e as pressões de 5,5 e 6,5 kgf/cm². Mediu-se a velocidade de deslocamento do equipamento no início, meio e final do carreador, determinando-se o tempo gasto para que fosse percorrida uma distância de 10 m.

A pressão de serviço foi medida por meio de um manômetro com graduação de 0,2 kgf/cm², instalado no tubo de elevação do aspersor, conforme normas da ABNT (1), e seu controle foi efetuado por meio de uma válvula de gaveta instalada na tubulação de recalque, no início da mangueira de adução.

A uniformidade de distribuição de água foi determinada pelo Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), utilizando os espaçamentos de 48, 60 e 72 m.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1 podem-se observar os dados de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) para as diferentes condições de operação do equipamento. De modo geral, verifica-se que os coeficientes tiveram tendência a decrescer com o aumento do espaçamento entre os carregadores, quando se usou o bocal de 30 mm. Com o bocal de 32 mm, esta tendência não foi observada, sendo, em alguns casos, os maiores coeficientes obtidos para os maiores espaçamentos. Porém, com a engrenagem de 15 dentes, não se verificou uma tendência lógica para esses dados.

Verifica-se, também, que, quando a velocidade do vento foi superior a 2,5 m/s, o CUC foi inferior a 80% para o espaçamento de 72 m, inviabilizando o uso do equipamento neste espaçamento, com o bocal de 30 mm. Já com velocidade do vento superior a 3,5 m/s, tornou-se inviável a sua utilização também no espaçamento de 60 m. Para o bocal de 32 m, quando a velocidade média do vento variou entre 1,3 e 2,2 m/s, não se obtiveram variações relevantes na uniformidade de distribuição, já que, nesta condição de operação, o equipamento apresentou distribuição de água satisfatória para todos os espaçamentos testados.

O aumento do diâmetro do bocal ou da pressão de serviço causou um ligeiro aumento da velocidade de deslocamento do equipamento. Isso ocorreu em função de aumento na vazão da turbina propulsora, em consequência do aumento da vazão do equipamento.

Ainda nesse Quadro, observa-se que não houve tendência lógica de variação da velocidade ao longo do carregador, isto é, ela aumentou do início para o final, decresceu no mesmo sentido, ou foi maior no meio do carregador. Uma explicação para essa variação pode ser a qualidade dos carregadores. Eles apresentaram muitas irregularidades, como por exemplo 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, que foi muito influenciado pelo vento.

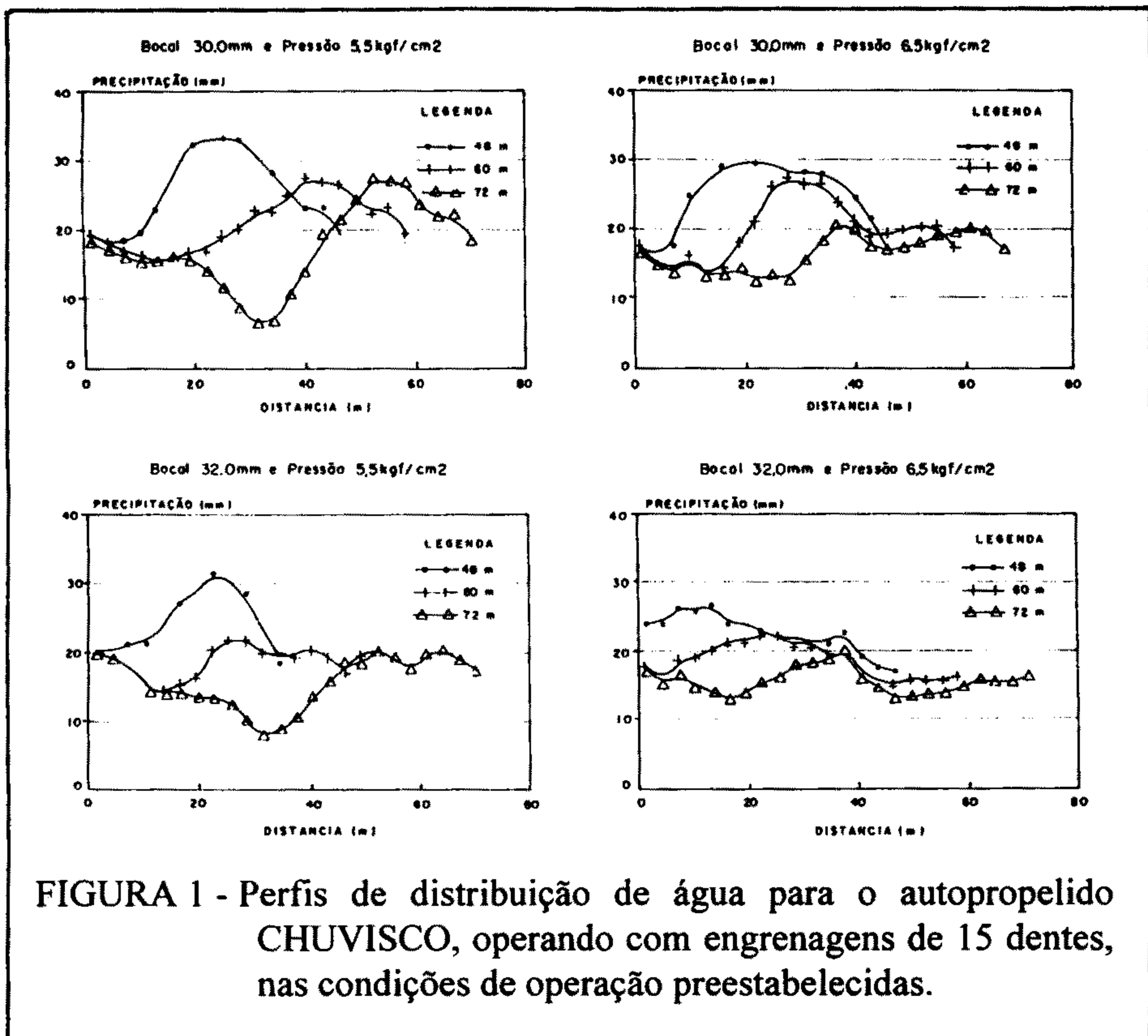
Para as condições testadas, de modo geral, quando o espaçamento entre os carregadores foi reduzido, houve tendência de concentrar a lâmina de água no centro do carregador e, para espaçamentos

QUADRO 1 - Dados de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e velocidade de deslocamento no início, meio e fim do carreador, e velocidade média, em m/h, para cada condição de operação de autopropelido, utilizando bocais de 30 mm e 32 mm de diâmetro nominal

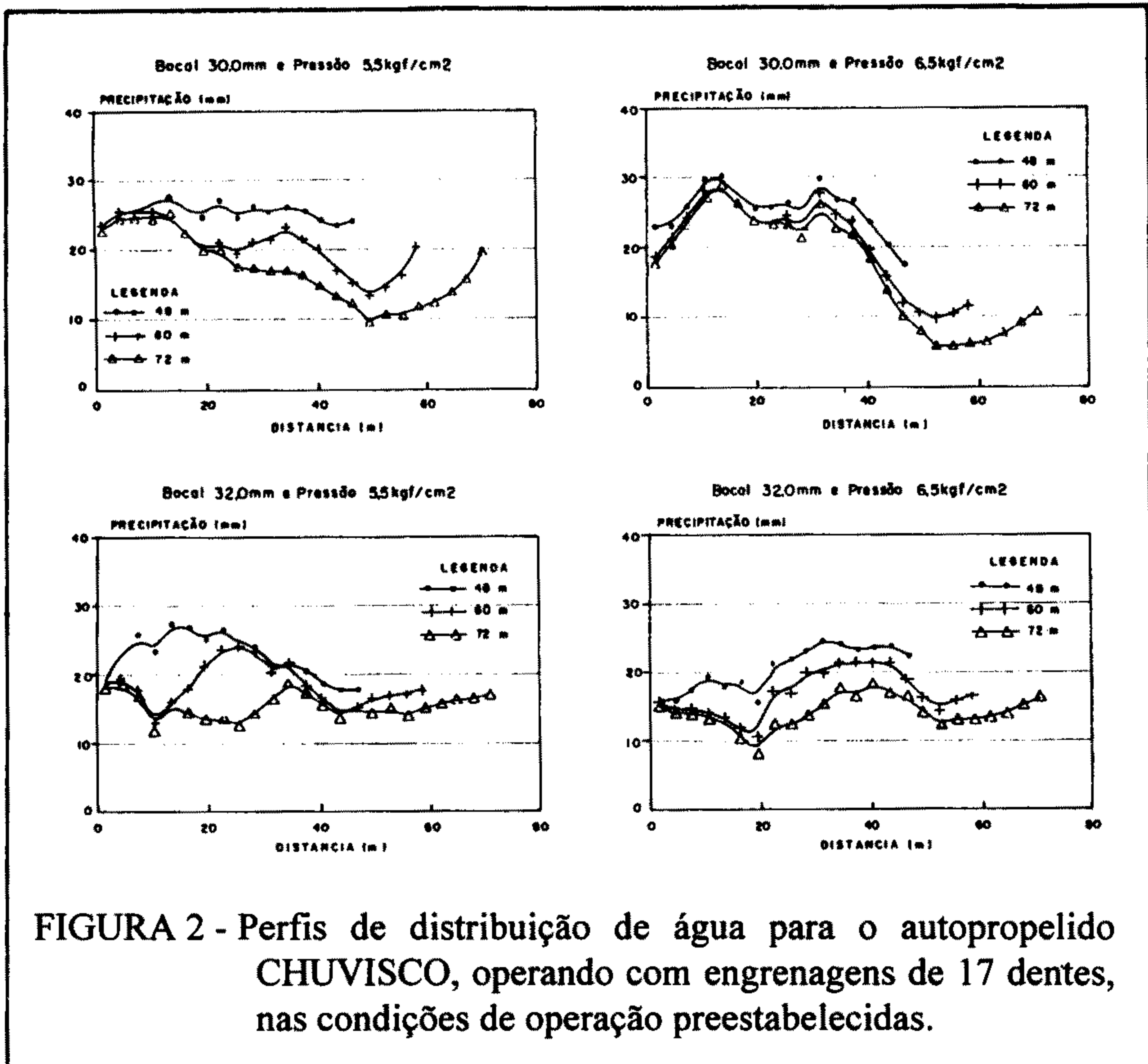
Engragem (dentes)	Pressão de serviço kgf/cm ²	Espaçamento entre carrea- dores (m)	CUC %	Velocidade média do vento (m/s)		Velocidade de deslocamento (m/h)												
				30	32	início	meio	fim	média									
15	5,5	48	80,0	83,7	2,7	2,1	30	32	30	32	30	32	30	32	30	32	30	32
		60	83,6	90,5	2,7	2,1	36,6	40,3	41,8	47,7	40,3	48,8	48,8	39,6	48,3			
		72	72,0	78,7	1,4	1,3	42,9	48,4	48,0	58,9	52,0	53,7	53,7	47,6	53,7			
	6,5	48	83,2	90,1	1,4	1,3	42,9	48,4	48,0	58,9	52,0	53,7	53,7	47,6	53,7			
		60	82,3	87,8	2,5	1,5	42,7	50,8	57,7	59,1	56,4	60,1	60,1	52,3	56,9			
		72	86,3	90,5	2,5	1,5	42,7	50,8	57,7	59,1	56,4	60,1	60,1	52,3	56,9			
17	5,5	48	96,1	87,5	5,1	1,7	54,8	55,4	52,6	63,2	53,8	67,2	67,2	53,7	61,9			
		60	86,2	86,4	5,1	1,7	54,8	55,4	52,6	63,2	53,8	67,2	67,2	53,7	61,9			
		72	76,3	90,0	3,5	2,2	48,9	56,7	56,3	62,9	55,9	60,4	60,4	53,7	60,0			
	6,5	48	90,0	91,8	3,5	2,2	48,9	56,7	56,3	62,9	55,9	60,4	60,4	53,7	60,0			
		60	78,9	85,1	3,1	2,0	52,5	60,9	58,9	65,6	58,2	76,4	76,4	56,5	67,6			
		72	67,2	86,5	3,1	2,0	52,5	60,9	58,9	65,6	58,2	76,4	76,4	56,5	67,6			
19	6,5	48	90,0	78,3	3,1	2,0	52,5	60,9	58,9	65,6	58,2	76,4	76,4	56,5	67,6			
		60	80,8	83,2	3,1	2,0	52,5	60,9	58,9	65,6	58,2	76,4	76,4	56,5	67,6			
		72	71,0	85,2	3,1	2,0	52,5	60,9	58,9	65,6	58,2	76,4	76,4	56,5	67,6			

maiores, tendência de reduzir a quantidade de água aplicada neste local. Isso foi observado com maior nitidez quando o equipamento estava operando com pressão de $5,5 \text{ kgf/cm}^2$ (Figura 1).

O coeficiente de uniformidade mede, de maneira geral, a forma como está distribuída a água no campo. Logo, quando se tem um alto valor de coeficiente de uniformidade, espera-se uma boa distribuição de água no solo. Porém, neste experimento, quando se analisaram as precipitações geradas pela superposição dos dados coletados no campo (Figuras 1, 2 e 3), notou-se que, mesmo para aquelas condições de operação nas quais os coeficientes foram superiores a 80%, para o CUC e a diferença entre o maior e o menor valor de precipitação ainda foi muito grande. Isso demonstra que nem sempre esses coeficientes explicam, sozinhos, a uniformidade de distribuição de água.



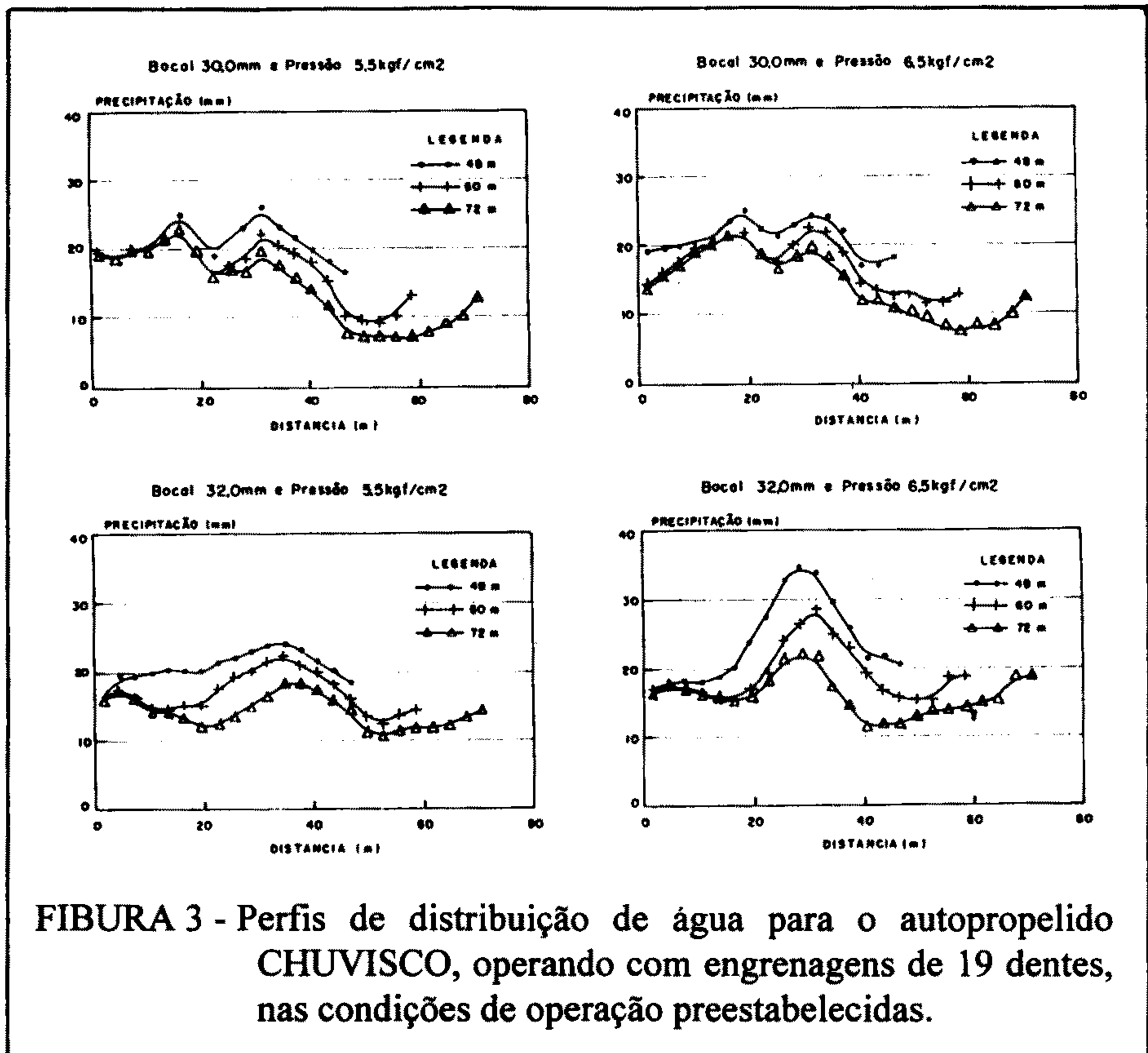
No Quadro 2 são apresentados os dados de tempo de molhamento, lâmina bruta e intensidade de aplicação de água, obtidos pela simulação dos espaçamentos, com os dados de precipitação coletados para as condições de operação estudadas.



Considerando um mesmo espaçamento, praticamente não houve variação na lâmina média de água aplicada, em função da variação na pressão do equipamento. O aumento na vazão do aspersor por causa do aumento de pressão foi compensado com o ganho na velocidade de deslocamento. Outro fator importante a considerar é a constante mudança da direção dos ventos que causaram a formação de perfis de distribuição diferentes em cada situação, além dos arrastes diferenciados da água pelo vento. Em alguns casos, a lâmina foi até inferior à aplicada com bocal menor, mantendo-se constantes a pressão e a engrenagem. Isso também aconteceu quando se fixou o bocal e se aumentou a pressão.

Analisando as Figuras 1, 2 e 3, verifica-se que os perfis obtidos para o equipamento operando com engrenagem de 15 dentes (Figura 1) apresentaram-se menos dispersos para o espaçamento de 60 m entre os carregadores, porém o espaçamento intermediário entre 60 e 72 m deverá trazer respostas ainda melhores.

Em todas as figuras, pode-se observar que os perfis para o bocal de 32 mm apresentaram-se relativamente mais homogêneos em relação



FIBURA 3 - Perfis de distribuição de água para o autopropelido CHUVISCO, operando com engrenagens de 19 dentes, nas condições de operação preestabelecidas.

aos obtidos para o bocal de 30 mm. Deve-se utilizar, portanto, o bocal de 32 mm neste equipamento para as pressões de 5,5 e 6,5 kgf/cm².

4. RESUMO E CONCLUSÕES

O presente trabalho foi conduzido na Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária (EMCAPA), Estação Experimental de Linhares, no município de Linhares, Estado do Espírito Santo.

Foi avaliado, em condições de campo, um equipamento tipo autopropelido de fabricação ASBRASIL, modelo CHUVISCO, determinando-se a lâmina média aplicada, o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e a velocidade de deslocamento para as pressões de 5,5 e 6,5 kgf/cm², bocais de 30 e 32 mm e engrenagens de 15, 17 e 19 dentes, com o objetivo de obter a melhor condição de operação em condições de campo.

Os coletores confeccionados de PVC foram dispostos perpendicularmente ao deslocamento do equipamento, no centro da área,

QUADRO 2 - Tempo de molhamento (TM), em minutos, lâmina bruta (LB), em mm, e intensidade de precipitação (IP), em mm/h, em função do espaçamento, para o autopropeido, usando-se bocais de 30 e 32 mm

Engrenagem (dentes)	Pressão de serviço (kgf/cm ²)	Espaçamento entre carrea- dores (m)	Bocal de 30 mm			Bocal de 32 mm		
			TM	LB	IP	TM	LB	IP
15	5,5	48	117	25,5	13,1	108	23,2	12,9
		60	117	20,8	10,7	108	18,7	10,4
		72	117	17,3	8,9	108	15,5	8,6
17	6,5	48	120	24,5	12,2	110	22,4	12,2
		60	120	19,8	9,9	110	18,4	10,0
		72	120	16,5	8,3	110	15,3	8,3
19	5,5	48	108	25,3	14,1	138	22,6	9,8
		60	108	20,6	11,4	138	18,4	8,0
		72	108	17,1	9,5	138	15,3	6,7
17	6,5	48	79	25,5	19,4	101	20,4	8,9
		60	79	20,6	15,6	101	16,7	7,3
		72	79	17,1	13,1	101	13,9	6,0
19	5,5	48	84	20,9	14,9	87	20,8	14,3
		60	84	16,9	12,1	87	16,9	11,6
		72	84	14,1	10,1	87	14,1	9,7
19	6,5	48	78	21,1	16,2	96	23,7	17,0
		60	78	17,0	13,1	96	19,1	13,6
		72	78	14,2	10,9	96	15,9	11,4

de maneira a formar três linhas espaçadas de um metro entre si.

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

- a direção e a velocidade do vento interferiram no perfil de distribuição de água do aspersor;

- no espaçamento de 72 mm o perfil de distribuição de água mostrou-se mais sensível às variações da velocidade e da direção do vento;

- nas condições testadas, o maior espaçamento que apresentou uniformidade de distribuição de água dentro dos limites aceitáveis foi o de 60 m, quando considerados os dois bocais;

- variando a pressão de serviço e, ou, o diâmetro do bocal, para mesma engrenagem, a velocidade média de deslocamento aumentou com o aumento de pressão de serviço e, ou, bocal;

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

- para o espaçamento de 60 m entre os carregadores, este equipamento pode aplicar uma lâmina que varia entre 14,1 e 25,5 mm para o bocal de 30 mm e entre 13,1 e 24,6 mm para o bocal de 32 mm nas condições testadas; e

- para o referido espaçamento, o bocal de 32 mm apresentou os melhores resultados de uniformidade de distribuição de água.

5. ABSTRACT

(IRRIGATION EQUIPMENT PERFORMANCE EVALUATION: II SELF-PROPELLED SYSTEM "CHUVISCO")

An Asbrasil self-propelled equipment, "Chuvisco" model, was evaluated at field conditions with the objective to obtain its best operating conditions.

The average water depths applied were determined as well as the Christiansen Uniformity Coeficiente (CUC) and the dislocation velocity, at pressures of 5.5 to 6.5 kgf/cm², nozzle diameter of 30 mm/32 mm and 15, 17 and 19 tooth gears. It was verified that the most uniform water application was obtained when the carriers were 60 m apart. In such conditions, the average water depth rose from 14.1 mm to 25.5 mm.

6. LITERATURA CITADA

1. ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Sistema de*

- irrigação convencional; caracterização do desempenho - método de ensaio*. Primeiro projeto de normas. Rio de Janeiro. Novembro de 1983. 13 p. (Folha provisória).
2. BERNARDO, S. *Manual de irrigação*. 5 ed. Viçosa, MG, UFV, 1989. 596p.
 3. 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 carreadores 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.
 4. CHRISTIANSEN, E. J. *Irrigation by sprinklige*. Berkeley, University of California, 1942. 142p. (Bulletin, 670).
 5. DAKER, A. *A água na agricultura: irrigação e drenagem*. 6 ed. Rio de Janeiro, RJ, Freitas Bastos, 1984. 543p.
 6. HART, W. E.; PERT, G. & SKOGERBOE, G. V. Irrigation performance: an evaluation, *Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE*, 105 (IR 3): 275-288. 1979.
 7. SCARDUA, R. & LEME, E. J. de A. Determinação da uniformidade e eficiência da irrigação por aspersão com equipamento autopropelido em projetos de irrigação em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS DO BRASIL, I, Maceió, AL, 1979. *Anais*, Maceió, AL, 1979. p.286-290.
 8. SHULL, H. & DYLLA, A. S. Traveling application uniformity in high winds *Trans. of the ASAF*, 22 (3): 537-539, 1979.
 9. WITHERS, B. & VIPOND, S. 1978. *Irrigação: projeto e prática*. São paulo, SP, E. P. U., 1978. 348p.