

**Circular Técnica**

Número 20

ISSN 0100-6169

fevereiro, 1989

# Caracterização hidráulica e avaliação do sistema de irrigação por aspersão

 **EMBRAPA - CPATSA**

APOIO:



Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco

**CODEVASF**

CIRCULAR TÉCNICA  
Nº 20

ISSN 0100-6169  
fevereiro, 1989

**CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA  
E AVALIAÇÃO DO SISTEMA  
DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO**



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA  
Vinculada ao Ministério da Agricultura  
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico  
Semi-Árido-CPATSA  
Petrolina, PE

© EMBRAPA - 1989  
EMBRAPA-CPATSA

Exemplares deste documento podem ser solicitados ao:  
Centro de Pesquisa Agropecuária  
do Trópico Semi-Árido - CPATSA  
BR 428, Km 152, Caixa Postal 23  
Telefone: (081) 961-4411, Telex: 810016  
56300 Petrolina, PE

Tiragem: 2.000 exemplares

Comitê de Publicações:

Terezinha Padilha Charles (Presidente)  
Aderaldo de Souza Silva  
Clementino Marcos Batista de Faria  
Clóvis Guimarães Filho  
Eduardo Assis Menezes  
Marcos Antônio Drumond  
Paulo César Fernandes Lima  
Francisco Lopes Filho  
Luiza Teixeira de Lima Brito  
Severino Gonzaga de Albuquerque

---

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina, PE.

Caracterização hidráulica e avaliação do sistema de irrigação por aspersão. Petrolina, PE, 1988.

78p. il. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 20).

1. Irrigação - Aspersão - Brasil - Pernambuco Petrolina 2. Projeto Senador Nilo Coleho-Irrigação-Aspersão 3. Aspensor - Hidráulica I. título II. Série. CDD - 631.7

## SUMÁRIO

### AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO DO PERÍMETRO IRRIGADO SENADOR NILO COELHO

José Monteiro Soares

José Maria Pinto

Arnóbio Anselmo de Magalhães

RESUMO	5
ABSTRACT	6
INTRODUÇÃO	6
MATERIAL E MÉTODOS	8
RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
CONCLUSÕES	29
RECOMENDAÇÕES	30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	30

### CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DE ASPERORES

José Maria Pinto

José Monteiro Soares

RESUMO	33
ABSTRACT	34
INTRODUÇÃO	34
MATERIAL E MÉTODOS	36
RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
CONCLUSÕES	77
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77

## EVALUATION OF THE SPRINKLER IRRIGATION AT SENADOR NILO COELHO IRRIGATION PROJECT

**ABSTRACT** - This study on water management was carried out at Senador Nilo Coelho Irrigation Perimeter, located at Petrolina, Pernambuco State, Brazil. The study was carried out at seven different irrigation farms, selected among settlers and small entrepreneurs according to water pressure availability. The following observations were recorded: uniformity of distribution, coefficient of uniformity and irrigation efficiency. The evaluation of the sprinkler uniformity involved the drawing of isoiets. It was also recorded the rotation of the sprinkler and wind speed and direction. It was found that the irrigation efficiency in the settler farms was 54,27% with a working pressure ranging from 1,80 to 4,0atm, whereas in the small entrepreneur farms it was 50,76% with an average pressure of 2,08atm.

**Index terms:** irrigation, sprinkler, irrigation efficiency, coefficient of uniformity, evaluation. Irrigation Project.

### INTRODUÇÃO

A irrigação é basicamente uma operação agrícola e tem por finalidade suprir necessidade de água da planta. Para o agricultor, é um componente de sucesso do cultivo, da mesma forma que a aplicação de fertilizantes, o controle das ervas daninhas ou pragas, os tratos culturais e a drenagem. Para um bom desenvolvimento vegetal, é indispensável a presença de quantidade suficiente de água no solo. Os experimentos têm demonstrado o aumento marcante da produção agrícola graças, simplesmente, à irrigação de solos com deficiência de água (Daker 1970).

A aplicação de água no solo, com a finalidade de fornecer às espécies vegetais a umidade ideal ao seu desenvolvimento, pode ser feita através de diversos métodos de irrigação. A irrigação por aspersão é das mais difundidas nos últimos tempos. Concorrem para isso a elevação da uniformidade de aplicação de água, a boa eficiência do sistema, a facilidade para eliminar os perigos de erosão, a possibilidade de seu emprego nas mais diversas topografias e tipos de solos (Gomide 1978).

A uniformidade de distribuição da água no sistema de irrigação por aspersão, é um importante parâmetro a ser determinado para se obter melhor eficiência. Há diversas expressões numéricas que servem para determinar a uniformidade de distribuição da água pelos aspersores (Branscheid & Hart 1968; Pair et al. 1975). Tais expressões permitem uma análise dos modelos de distribuição de água originadas pelos aspersores e, também verificar os espaçamentos entre os aspersores e uma série de outros fatores que influem na uniformidade de aplicação, podendo provocar uma redução na eficiência do sistema.

Segundo Fry & Gray (1969), a uniformidade obtida depende do tipo de modelo de distribuição produzido e do espaçamento dos aspersores, sendo influenciada por fatores como: velocidade de rotação do aspersor; pressão de serviço; altura do tubo de elevação e diâmetro do bocal. Acrescenta Lopez (1975), que o fenômeno climático de consideração mais importante na aspersão é o vento, devendo-se ter por um lado, uma idéia aproximada de sua velocidade, que desempenha um papel significativo na eficiência de aplicação e, por outro lado, sua direção, que deve ser levada em conta nas disposições das tubulações. Esclarece ainda, que as altas temperaturas e a baixa umidade relativa do ar podem

diminuir a eficiência do sistema, devido ao aumento das perdas por evaporação.

A determinação do coeficiente de uniformidade é o processo estatístico mais comum para avaliação do sistema por aspersão, sendo que por convenção 80% é o valor mínimo aceitável para um bom desempenho normal do aspersor (Merriam et al. 1973).

Este trabalho teve por objetivo a avaliação do sistema de irrigação por aspersão, no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, Núcleo 2, unidade de bombeamento EB-20/2, através de testes de campo.

#### MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, Núcleo 2 Estação de Bombeamento EB-20/2, Petrolina-PE.

A avaliação do manejo de água ao nível de parcela compreendeu a realização de testes de campo, em sete lotes escolhidos em função da disponibilidade de pressão nos seus respectivos hidrantes. Estes lotes situaram-se ao longo da tubulação adutora, de modo a obter-se lotes com pressões máxima, média e mínima.

Os testes foram realizados entre dois aspersores consecutivos, (Aspersores DANTAS modelo MD20A bocais 3.1mm x 2.5mm e 5,6mm x 2.5mm) situados a 1/3 do início da tubulação lateral, quando esta encontrava-se instalada na metade da tubulação secundária, conforme metodologia recomendada por Merriam (1968).

Para a avaliação do manejo de água e do sistema de irrigação foram determinados os seguintes parâmetros: coeficiente de uniformidade de Christiansen, uniformidade de

distribuição; eficiência de irrigação; pressão de serviço; intensidade de aplicação e rotação do aspersor.

A determinação dos parâmetros anteriormente mencionados obedece aos seguintes procedimentos:

- para coleta da precipitação do aspersor, utilizou-se recipientes plásticos com um litro de capacidade, dispostos verticalmente sobre o solo, numa malha quadrada com três metros de lado (Fig. 1). As medições foram feitas em provetas com graduação de 5 em 5 ml;
- determinou-se a vazão do aspersor pelo processo direto, utilizando-se recipiente de volume conhecido e cronômetro. Estas medições foram feitas no início, metade e final do teste, cuja duração foi de duas horas;
- a pressão de serviço foi determinada pela média das pressões tomadas no início, metade e no final do teste, usando-se um manômetro de Bourdon acoplado a um tubo Pitot;
- determinou-se também a rotação dos aspersores ao longo da tubulação lateral;
- observou-se também a velocidade do vento através de anemômetro totalizador, assim como a sua direção;
- determinou-se ainda, a lâmina de água evaporada durante cada teste.

Para avaliação do desempenho do sistema de irrigação bem como do manejo de água, foram utilizadas as seguintes fórmulas:

- Uniformidade de distribuição.

$$UD = \frac{L_{\min}}{L} \times 100$$

onde:

UD = Uniformidade de distribuição (%);

L min = Média dos menores valores obtidos em 25% do número de recipientes (mm);

L = Média dos valores coletados em todos os recipientes (mm).

- Coeficiente de uniformidade de Christiansen.

$$CU = \left(1 - \frac{\sum d}{nL}\right) \times 100$$

onde:

CU = Coeficiente de uniformidade (%)

$\sum d$  = Somatório dos desvios da taxa média coletada (mm)

n = Número de coletores.

- Eficiência de irrigação

$$E_i = \frac{L_{\min}}{L_a} \times 100$$

onde:

E<sub>i</sub> = Eficiência de irrigação

L<sub>a</sub> = Lâmina média aplicada (mm)

$$L_a = \frac{1000 \times Q \times T}{E_1 \times E_2}$$

onde:

Q = Vazão dos aspersores (m<sup>3</sup>/h)

E<sub>1</sub> = Espaçamento entre aspersores (m)

E<sub>2</sub> = Espaçamento entre laterais (m)

T = Tempo de irrigação (horas)

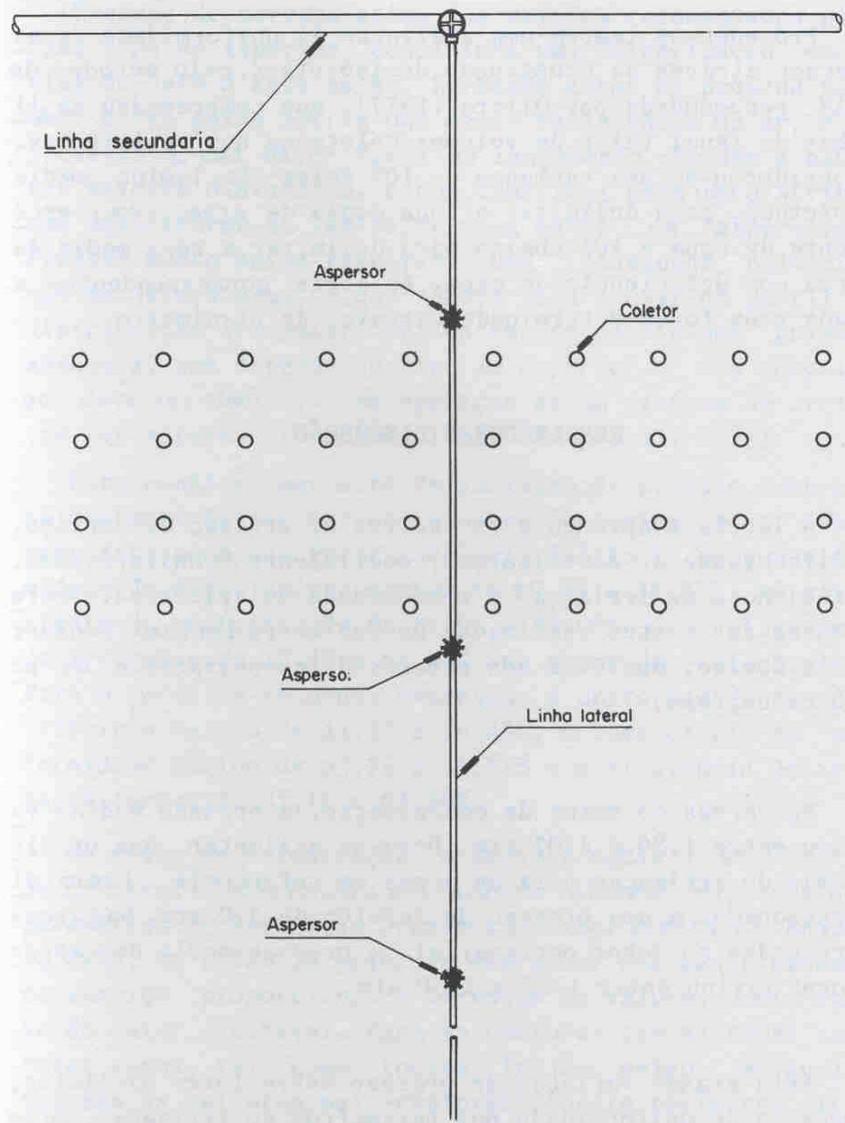


FIG. 1. Distribuição dos recipientes em relação aos aspersores e a linha lateral para testes de distribuição de água.

Procedeu-se também uma avaliação da uniformidade do aspersor através da construção de isoietas, pelo método de DAM, recomendado por Olitta (1977), que compreendeu as linhas de igual valor de volumes coletados nos recipientes. Considerou-se uma variação de 10% acima da lâmina média coletada, para delimitar a zona média da área com excedente de água e 10% abaixo para delimitar a zona média da área com deficiência de água. As áreas correspondentes a cada zona foram determinadas através de planímetro.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores de pressão de serviço, uniformidade de distribuição, coeficiente de uniformidade, eficiência de irrigação e intensidade de aplicação, referentes aos testes realizados no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, Núcleo 2 nos setores de colonização e de pequena empresa.

Nas áreas do setor de colonização, a pressão média variou entre 1.80 e 4.07 atm. Deve-se salientar, que os sistemas de irrigação para as áreas em referência, foram dimensionados a uma pressão de serviço de 3.0 atm. Nas áreas irrigadas no setor empresarial, a pressão média dos aspersores variou entre 1.87 a 2.30 atm.

Esta grande variação de pressão entre lotes distintos, provoca desuniformidade nos parâmetros de irrigação, ou seja, pressões muito superiores ou muito inferiores às pressões necessárias na estação de bombeamento, concorrem para a obtenção das condições supracitadas.

Pressão de serviço acima dos valores recomendados para cada tipo de aspersor, condiciona uma pulverização excessiva do jato d'água no ar, formando gotas de pequeno tamanho. Estas gotas sofrem uma menor resistência do ar, e associadas a uma maior força de lançamento, tendem a alcançar maiores distâncias, o que contribui para uma distribuição desuniforme da lâmina de água entre os aspersores. Pressão muito baixa resultará numa inadequada pulverização do jato d'água, o que também pode causar um perfil de distribuição irregular. Evidentemente existe uma pressão adequada, que depende do tipo de aspersor e dos bocais, que deve ser obedecida na operação de um sistema de irrigação por aspersão (Bernardo 1982; Pair et al. 1975).

Esta condição marcante de variação de pressão compromete bastante os parâmetros técnicos de irrigação por aspersão. Isto pode ser verificado pela Tabela 1, onde a uniformidade de distribuição variou de 69,73 a 74,23%, o coeficiente de uniformidade de 81,95 a 86,08% e a eficiência de irrigação de 43,48 a 64,27%, no setor de colonização. Para o setor de pequenas empresas, a uniformidade de distribuição variou de 44,52 a 76,45%, o coeficiente de uniformidade variou de 63,75 a 81,81% e a eficiência de irrigação variou de 37,12 a 64,40%.

No setor de colonização, a pressão média de serviço foi de 2,81 atm, condicionou a obtenção de valores relativos aos parâmetros de irrigação próximos do valor aceitável. Enquanto isto, no setor de pequenas empresas, uma menor pressão de serviço proporcionou a obtenção de valores bem abaixo do valor aceitável. Para as culturas com sistemas radicular rasos, tais como: tomate, feijão, melão, melancia, que são as culturas mais exploradas neste perímetro irrigado, é recomendável que o valor da uniformidade de distribuição seja superior a 80% e que o coeficiente de uniformidade seja superior a 88% (Merriam et al. 1973).

TABELA 1. Pressão de serviço, uniformidade de distribuição (UD), coeficiente de uniformidade (CU), eficiência de irrigação (Ei) e intensidade de aplicação (Ia) referentes aos testes realizados no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, com aspersor DANTAS modelo MD-20A, com bocais de 3,1mm x 2,5mm e 5,6mm x 2,5mm.

Identificação do leite	Espaçamento entre aspersores (m)	Pressão de Serviço (atm)	UD (%)	CU (%)	Ei (%)	Ia (mm/h)	Q (m <sup>3</sup> /h)
553*	12 x 12	1,80	73,87	86,08	61,24	6,67	0,96
554*	12 x 12	2,87	68,83	81,95	64,27	7,50	1,08
555*	12 x 12	3,20	70,86	82,56	55,33	7,78	1,12
597*	12 x 12	2,10	74,23	83,76	47,04	7,43	1,07
617*	12 x 12	4,07	69,73	82,56	43,48	8,82	1,27
Média	12 x 12	2,81	71,50	83,38	54,27	-	-
603*	12 x 18	3,20	76,40	81,81	64,40	10,42	2,25
605*	12 x 18	1,87	44,52	63,75	37,12	9,63	2,08
Média	12 x 18	2,08	60,46	72,78	50,76	-	-
603**	12 x 12	2,30	75,44	79,93	62,83	15,63	2,08
605**	12 x 12	1,87	77,18	83,31	66,18	14,31	2,06
Média	12 x 12	2,08	76,31	82,62	54,51	-	-

\* Bocais 3,1mm x 2,5mm, setor de colonização.

\*\* Bocais 5,6mm x 2,5mm, setor empresarial.

Portanto, verifica-se que o manejo de água nos setores de colonização e de pequenas empresas necessitam ser melhorados, visando a elevação do nível de produtividade das culturas com sistemas radicular raso. Como no setor de pequenas empresas os valores dos parâmetros de irrigação encontravam-se em nível crítico, recomendou-se a mudança do espaçamento entre aspersores de 12m x 18m para 12m x 12m. Esta alteração proporcionou incrementos na uniformidade de distribuição, no coeficiente de uniformidade e na eficiência de irrigação (Tabela 1). Além disso, há necessidade também da regularização da pressão para um valor aceitável (3,0 atm).

Os valores obtidos referentes à eficiência de irrigação (54,27%) no setor de colonização e (50,76%) no setor de pequenas empresas (Tabela 1) apresentam-se muito baixos. O método de irrigação por aspersão foi selecionado para o perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, por ser um método mais eficiente do que o método de irrigação por sulco. Porém, os resultados obtidos mostram que na prática, não há diferença entre os métodos de irrigação supracitados, quanto ao manejo de água.

Como os solos deste perímetro, de um modo geral são rasos, o excesso de água perdido por percolação, poderá trazer problemas sérios de drenagem, nas áreas mais baixas.

A tabela 2 apresenta os valores médios das zonas seca, média e com excedente de água, referentes aos testes realizados no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho.

Pode-se verificar pela Tabela 2, que a soma dos valores das zonas seca e excedente, representam 56,68% e 71,17% da área molhada pelo aspersor nos lotes de colonização e de pequenas empresas, respectivamente. A variação marcante da pressão de serviço destaca-se como um dos fatores responsáveis pela obtenção destes resultados.

TABELA 2. Valores de Zona Seca (ZS), Zona Média (ZM) e Zona Excedente (ZE), referentes a testes realizados no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho.

Identificação dos lotes (Nº)	Espaçamento entre aspersores (m x m)	Distribuição de Água dos Aspersores		
		ZS (%)	ZM (%)	ZE (%)
553*	12 x 12	24,31	50,69	25,00
554*	12 x 12	25,90	33,54	40,56
555*	12 x 12	30,21	39,86	29,93
597*	12 x 12	32,92	41,32	25,76
617*	12 x 12	24,51	51,18	24,31
Média	12 x 12	27,57	43,32	29,11
603**	12 x 18	41,48	34,12	24,40
605**	12 x 18	44,95	23,94	31,11
Média	12 x 18	43,41	29,03	27,76
603**	12 x 12	27,12	47,29	25,59
605**	12 x 12	43,61	33,47	22,92
Média	12 x 12	35,36	40,38	24,26

\* Lote de colonos

\*\* Pequena empresa

Tanto a deficiência como o excesso de água, podem concorrer para a redução da produtividade das culturas. Na primeira condição, devido à deficiência de água e na segunda, decorrente da lixiviação de nutrientes e ocorrência de doenças. Portanto, a mudança de espaçamento entre aspersores no setor de pequenas empresas, de 12m x 18m para 12m x 12m, condiciona uma redução de 71,87 para 59,62% na soma das zonas com excedente e deficiência de água (Tabela 2). Além disso, há necessidade da regularização da pressão de serviço, pois uma pressão de 1,08 atm é um valor relativamente baixo para o tipo de aspersor considerado.

As figuras 2 a 10 mostram a distribuição das zonas seca, média e com excedente de água para testes realizados no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, Núcleo 2.

A distribuição das zonas seca, média e com excedente de água variou de lote para lote, dependendo da pressão de serviço e da direção do vento em relação à linha lateral (Figuras 2 a 10). Nas figuras 4 e 5 (setor de colonização), a distribuição de água precipitada pelo aspersor, apresentou-se em forma de faixas contínuas. No setor de pequenas empresas, este problema acentuou-se ainda mais em decorrência do uso do espaçamento retangular (12m x 18m). Isto se deve ao uso de aspersores com bocais de maior diâmetro (5,6mm x 2,5mm), à baixa pressão de serviço reinante e à direção do vento em relação à linha lateral. Pode-se verificar pelas figuras 7 e 8, que as zonas secas localizavam-se na parte central entre duas posições consecutivas das linhas laterais. Portanto, isto reforça a mudança de espaçamento entre aspersores de 12m x 18m para 12m x 12m. Apesar disto, verifica-se pela Figura 10 que além da mudança de espaçamento entre aspersores, há necessidade da regularização da pressão de serviço (pressão da estação de bombeamento).

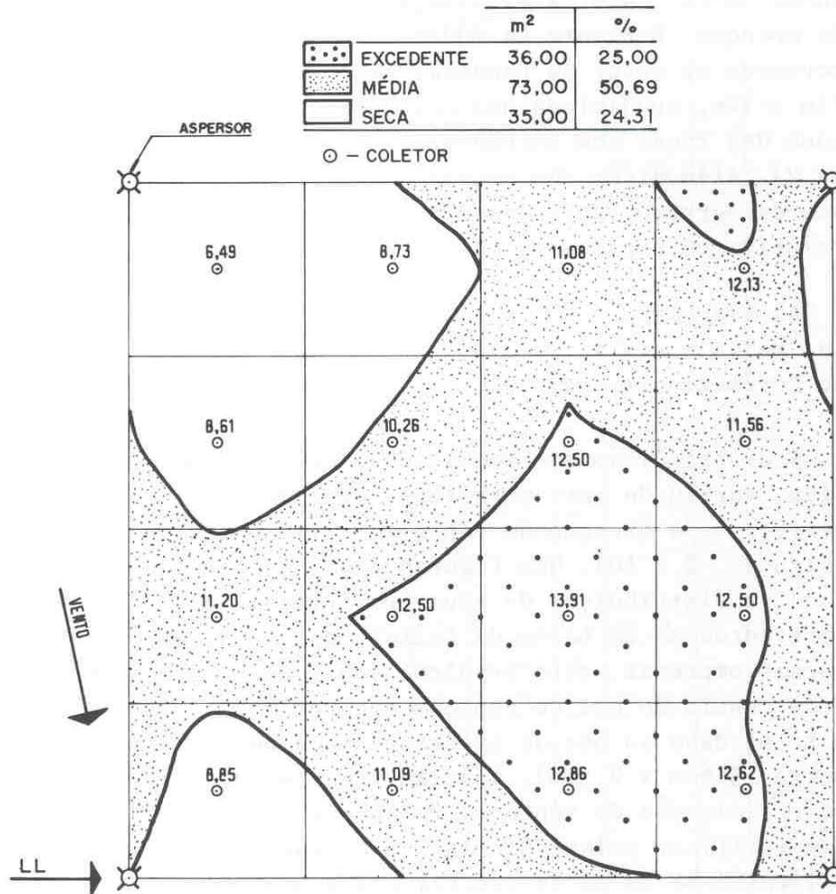


FIG. 2. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água em aspersores DANTAS modelo MD-20A com bocais de 3,1 mm x 2,5 mm, lote nº 553 do Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho.

UD = 73,87% , Cu = 86,08%, Ei = 61,24%

\* Esp. 12 m x 12 m

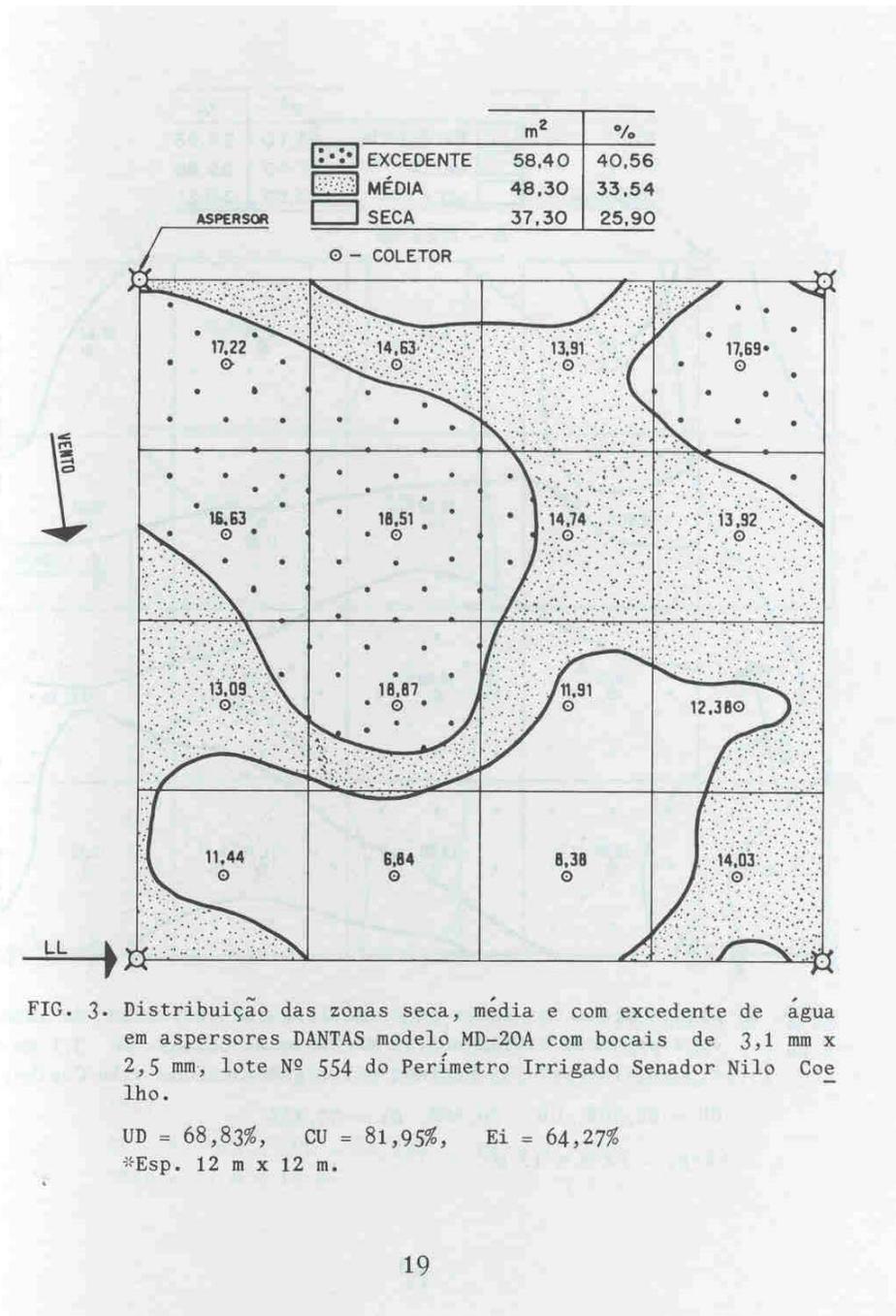


FIG. 3. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água em aspersores DANTAS modelo MD-20A com bocais de 3,1 mm x 2,5 mm, lote Nº 554 do Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho.

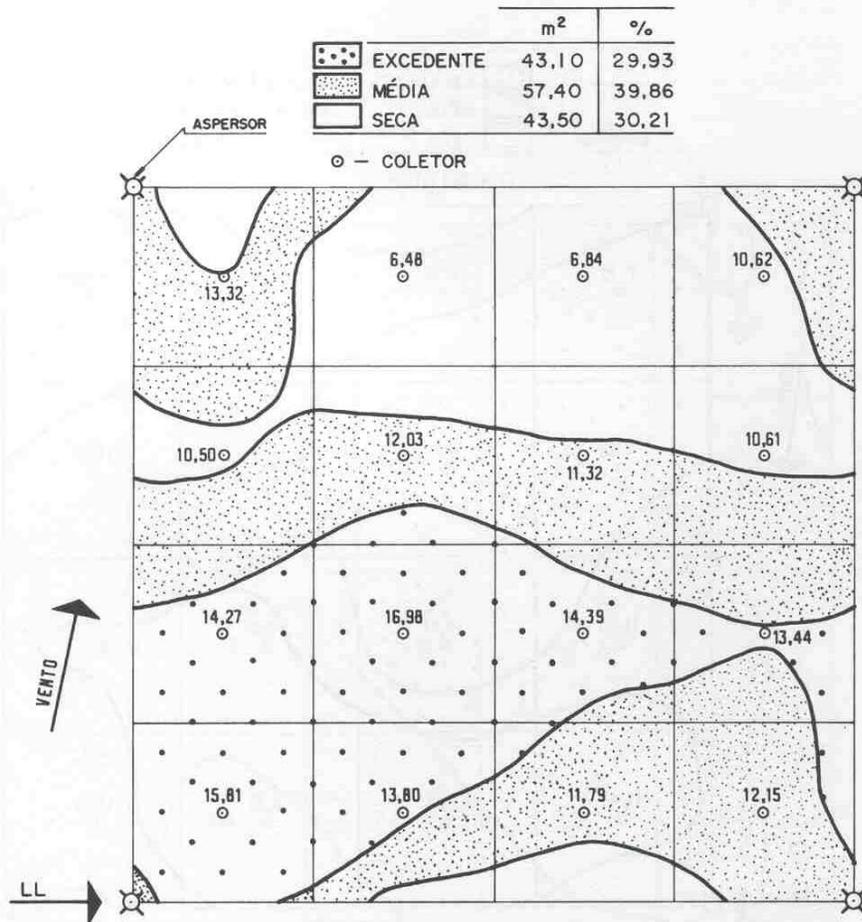


FIG. 4. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água em aspersores DANTAS modelo MD-20A com bocais de 3,1 mm x 2,5 mm, lote nº 555 Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho.

CU = 82,56%, UD = 70,86%, Ei = 55,33%

\* Esp. = 12 m x 12 m

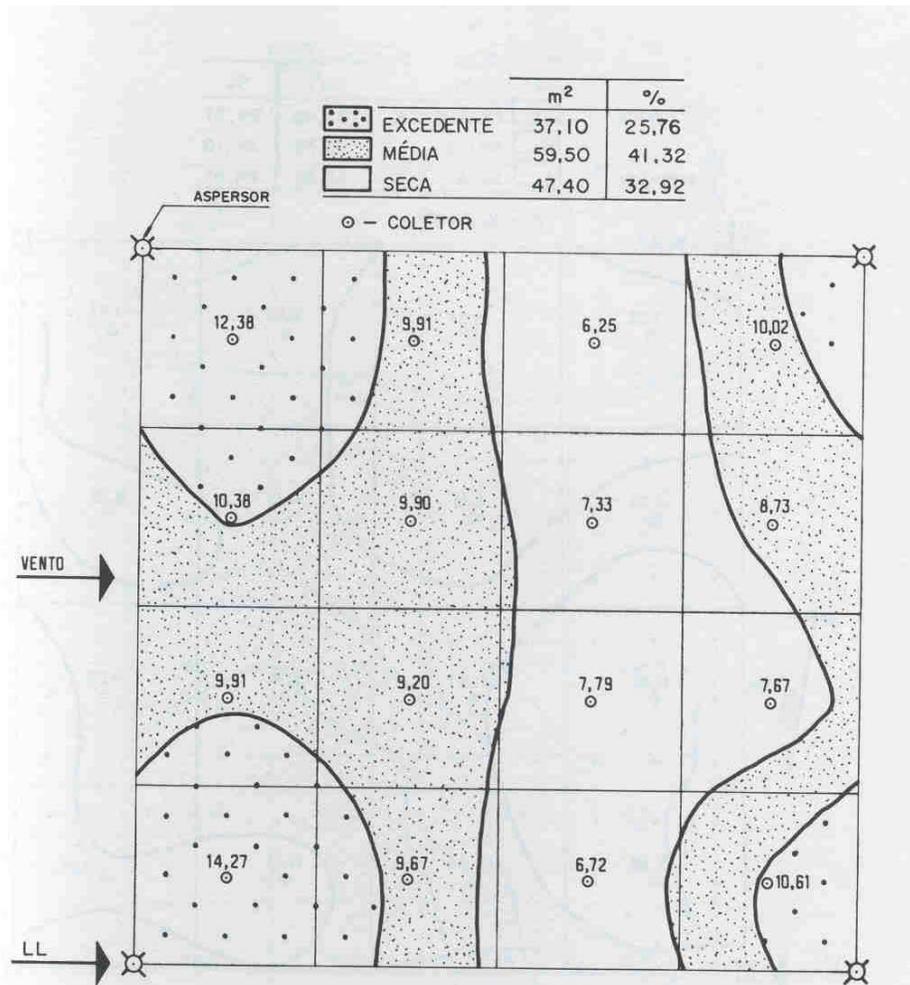


FIG. 5. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água em aspersores DANTAS modelo MD-20A com bocais de 3,1 mm x 2,5 mm, lote Nº 597 do Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho.

CU = 83,76%, UD = 74,23%, Ei = 47,04%

\*Esp = 12 m x 12 m.

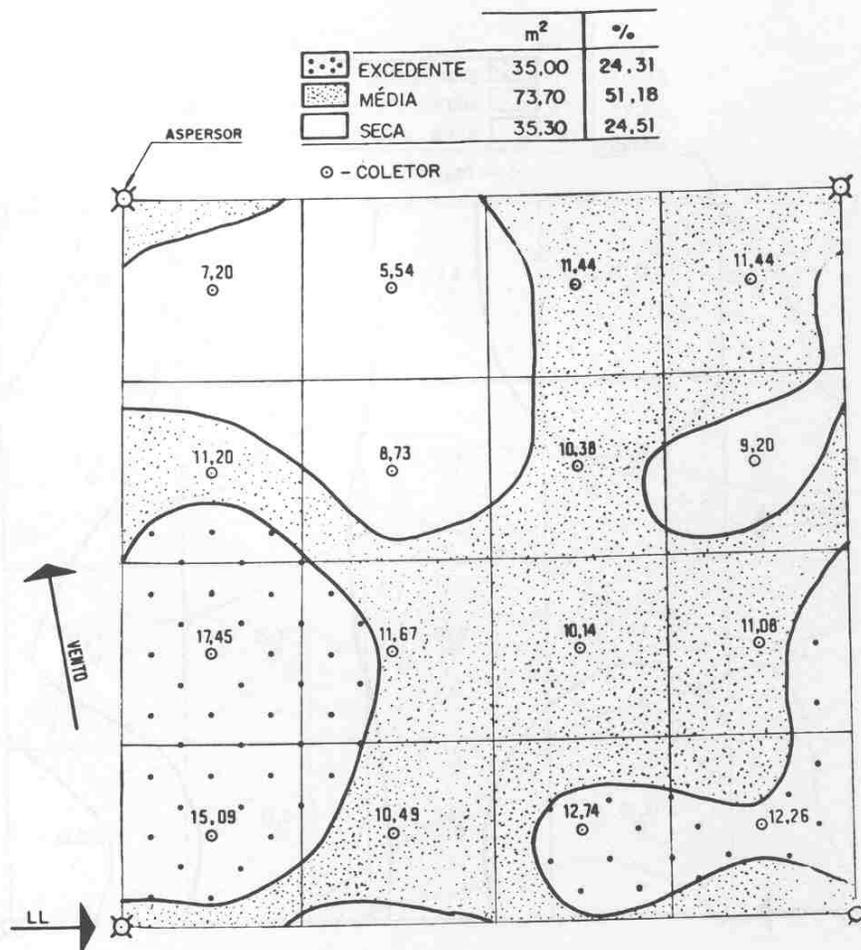


FIG. 6. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água em aspersores DANTAS modelo MD-20A com bocais de 3,1 mm x 2,5 mm, lote nº 617 do Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho.

CU = 82,56%, UD = 69,73%, Ei = 43,48%  
 \*Esp = 12 m x 12 m.

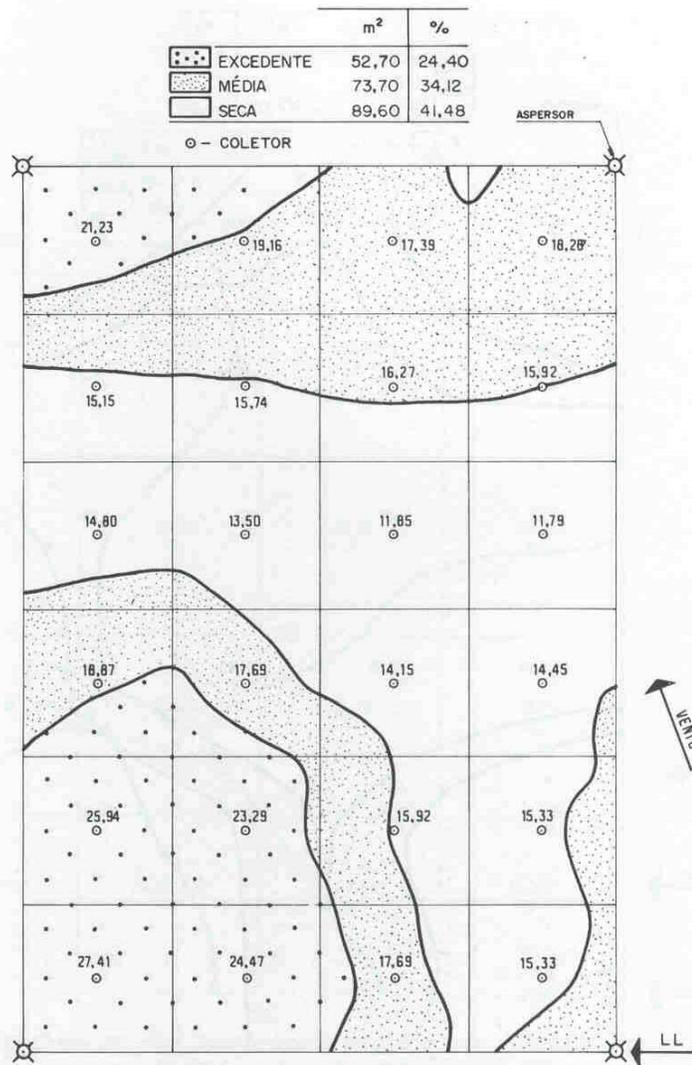


FIG. 7. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água em aspersores DANTAS modelo MD-20A com bocais de 5,6mm x 2,5mm, lote nº 603 do Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho. Cu = 86,81%, UD = 76,40%, Ei = 64,40%  
 \*Esp. = 12m x 18m.

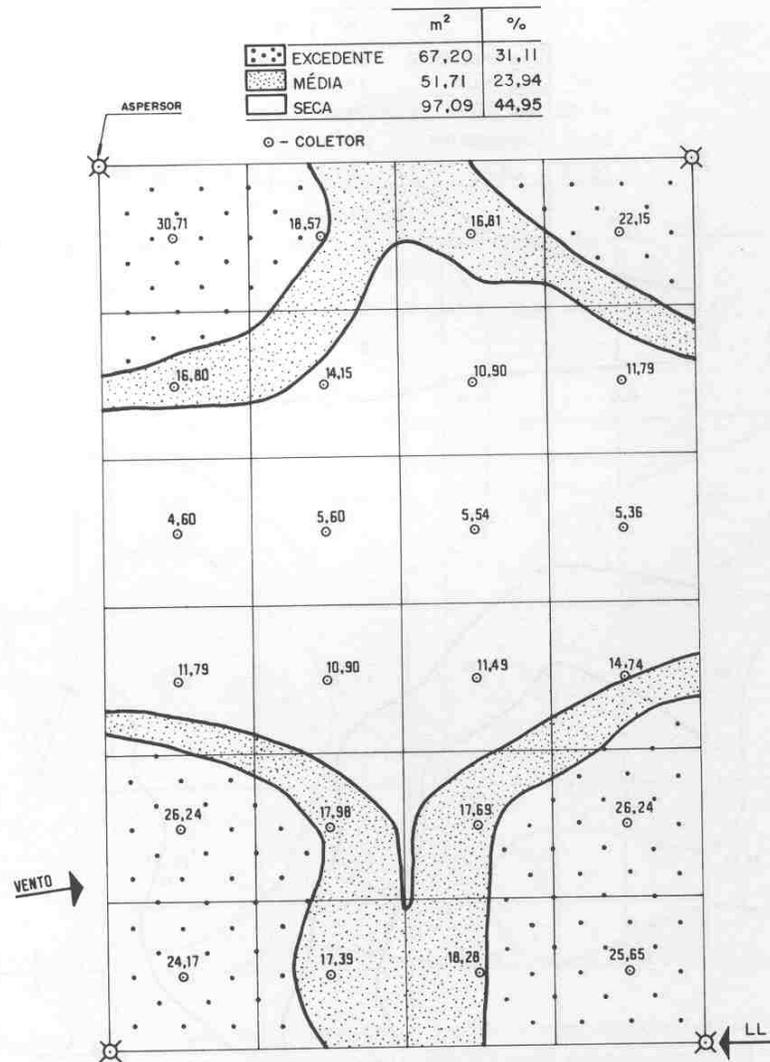


FIG. 8. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água em aspersores DANTAS modelo MD-20A com bocais de 5,6mm x 2,5mm, lote nº 605 do Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho.  
 Cu = 63,75%, UD = 44,52%, Ei = 37,12%  
 \*Esp. = 12m x 18m.

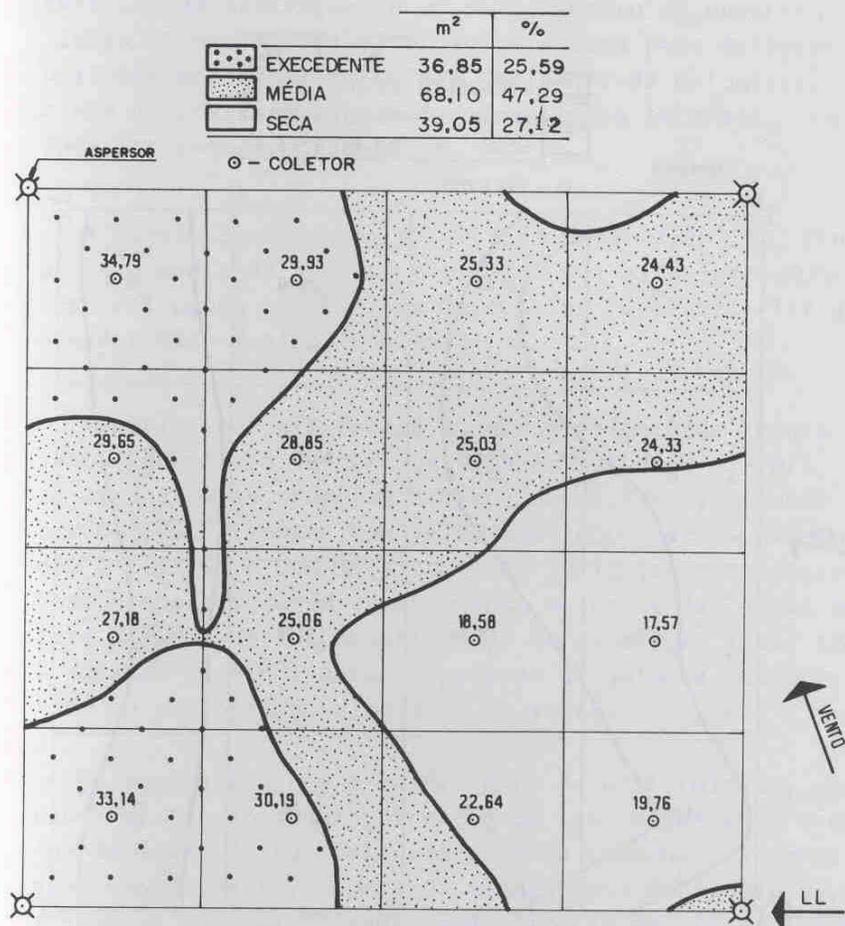


FIG. 9. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água em aspersores DANTAS modelo MD 20A com bocais de 5,6 mm x 2,5 mm, lote nº 603 do Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho.

CU = 79,93%, UD = 75,44%, Ei = 62,83%

\* Esp = 12m x 12m

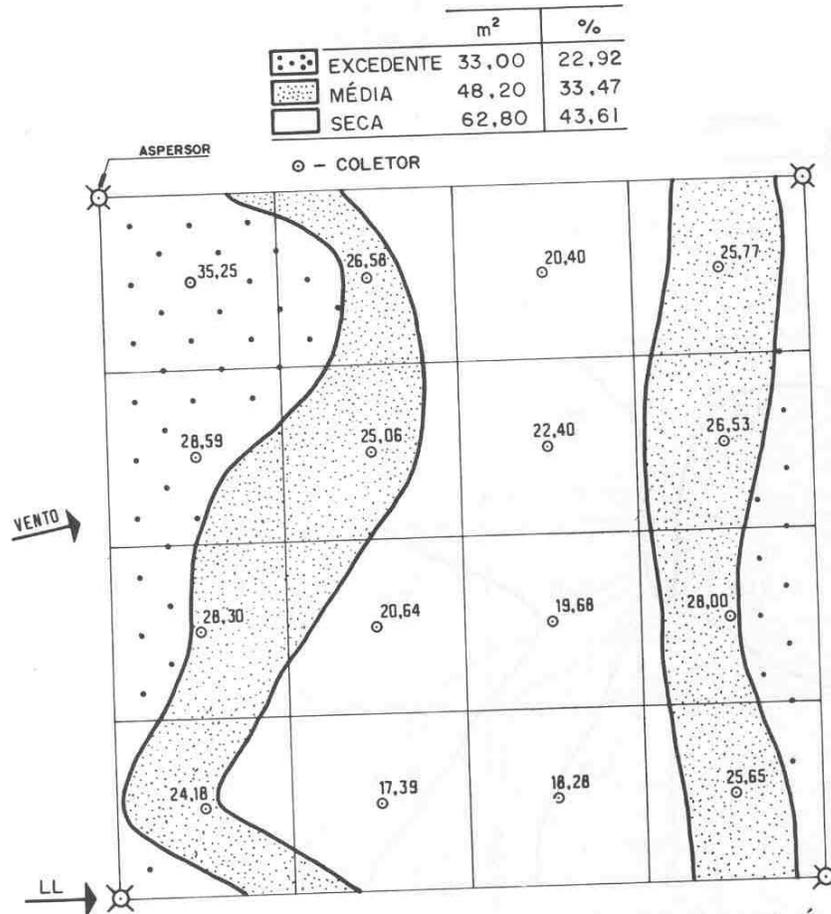


FIG. 10. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água em aspersores DANTAS modelo MD 20A com bocais de 5,6 mm x 2,5 mm, lote nº 605 do Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho.

CU = 83,31%, UD = 77,18%, Ei = 66,18%

\* Esp. = 12 m x 12 m

Esta mudança de espaçamento implica em custo adicional de investimento e de manejo, devido à aquisição de válvulas de derivação, e um maior número de mudanças das linhas laterais. Uma alternativa válida para melhorar a uniformidade de distribuição, no setor de colonização, é o uso de posições alternadas das linhas laterais, entre duas irrigações consuntivas.

A Tabela 3 mostra os valores de velocidade do vento, pressão média de serviço e rotação dos aspersores para testes realizados ao nível de parcela no Perímetro Irrigado Senador Nilo Coelho, Núcleo 2.

Verifica-se pela Tabela 3, que a velocidade média do vento durante os testes oscilou em torno de 3,27m/s, mas em alguns casos, superou a marca dos 4,33m/s. Segundo Bernardo (1982), ventos com velocidade superior a 4,0m/s tendem a limitar o uso do sistema de irrigação por aspersão. Isto proporcionou um arrastamento marcante das gotas para fora da área de responsabilidade do aspersor. Isto tende a agravar-se ainda mais no período de julho a outubro, devido ao aumento da velocidade do vento.

Os ventos alteram o coeficiente de uniformidade, provocando distorção da distribuição da água pelos aspersores, que dependem da sua velocidade e do tamanho das gotas de água. Normalmente, ocorre um alongamento do modelo de distribuição da água no sentido da direção do vento. Mas o efeito do vento pode ser consideravelmente diminuído através da redução de espaçamento entre aspersores tanto ao longo das linhas laterais como entre elas (Gomide 1978). Porém, esta prática não é recomendável para o setor de colonização, uma vez que o espaçamento entre aspersores já encontra-se no seu limite mínimo.

TABELA 3. Valores de velocidade do vento, pressão média de serviço e rotação dos aspersores, ao nível de parcela do Perímetro Irrigado Senador Nilo Coe Iho, Núcleo 2.

Identificação dos lotes	Velocidade do vento (m/s)	Pressão de Serviço (atm)	Rotação dos aspersores (rpm)
553*	1,03	1,80	0,97
554*	4,33	2,87	1,40
555*	3,41	3,20	1,18
597*	3,42	2,10	0,92
617*	3,16	4,07	1,97
603**	3,15	2,30	3,00
605**	4,41	1,87	5,00
Média	3,27	2,60	-

\* Bocais 3.1mm x 2.5mm.

\*\* Bocais 5.6mm x 2.5mm.

Além da necessidade de regularização da pressão da Estação Bombeamento EB-20/2 e do uso de posições alternadas das linhas laterais, seria ideal implantar barreiras vivas (Barreiras com fruticultura), dentro da área irrigada, visando a redução da velocidade do vento.

Verifica-se também, pela Tabela 3, que a rotação dos aspersores variou de 0,92 a 5,00rpm. No setor de colonização essa rotação variou de 0,92 a 1,97rpm que está na faixa proposta por Bernardo (1982). Entretanto no setor empresarial, a rotação dos aspersores variou de 3,00 a 5,00rpm, estando além do limite proposto por Bernardo (1982) e Pair (1969). Contudo, Raposo (1980) recomenda a menor velocidade possível, uma vez que altas velocidades de rotação dos aspersores concorrem para redução da área coberta pelos mesmos o que aumenta o desgaste dos componentes do aspersor. Além disso, quando rotacionados rapidamente, exigem menores espaçamentos para assegurar boa uniformidade de distribuição (Chu & Allred 1968).

#### CONCLUSÕES

- Constatou-se no setor de colonização, que a pressão média de serviço variou entre 1,80 e 4,07atm, enquanto no setor de pequena empresa esta variação foi de 1,87 a 2,30atm.
- Nas áreas do setor de colonização foram obtidos os seguintes resultados: UD = 71,50%; CU = 83,38%; Ei = 57,8% e ZM = 43,32% para uma pressão média de 2,81 atm.
- Nas áreas do setor de pequenas empresas foram obtidos os seguintes resultados UD = 60,46%, CU = 59,76 e ZM = 29,03%.
- A velocidade média do vento oscilou em torno de 3,27m/s. Mas em alguns casos, superou a marca dos 4,33m/s.

- . A rotação dos aspersores variou de 0,92 a 5,00rpm, tendo-se encontrado as maiores rotações no setor empresarial.

#### RECOMENDAÇÕES

- . Solucionar os problemas referentes à regularização da pressão de serviço da unidade de bombeamento nº EB - 20/2, Núcleo 2.

No setor de colonização recomenda-se a instalação de barreiras vivas, utilizando fruticultura ou espécies florestais; bem como o uso de posições alternadas das linhas laterais entre duas irrigações consecutivas.

No setor de pequenas empresas recomenda-se a mudança do espaçamento de 12m x 18m para 12m x 12m; assim como a implantação de barreiras vivas.

Ajustar o calendário de irrigação desta Estação de Bombeamento em função dos resultados obtidos.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARDO, S. Manual de irrigação. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1982. 463p.

BRANSCHIED, V.O. & HART, W.E. Predicting field distributions of sprinkler systems. *Trans. ASAE*, 11(6):801-3.8. 1968.

CHU, S.T. & ALLRED, E.R. On analytic approach to determine irrigation sprinkler spacing. *Trans. ASAE*, 11(4):540-5. 1968.

- DAKER, A. A água na agricultura: irrigação e drenagem. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1970. 453p.
- FRY, A.W. & GRAY, A.S.; Sprinkler irrigation handbook. 8.ed. Glendorra, Rainm Bird Sprinkler MFG Corporation, 1969. 36p.
- GOMIDE, R.L. Determinação e análise da uniformidade de distribuição da água no sistema de irrigação por aspersão. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1978. 87p. Tese Mestrado.
- LOPEZ, J.E. Riego por aspersión. Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA/IICA, 1975. 33p.
- MERRIAM, J.L. Irrigation system evaluation and improvement. San Luiz Obispo, California, Blake Printery, 1968.
- MERRIAM, J.L.; KELLIER, J. & ALFARO, J. Irrigation system e evaluation and improvement. Logan, Utah State University, 1973.
- OLITTA, A.F.L. Os métodos de irrigação. São Paulo. Nobel, 1977. 261p.
- PAIR, C.H. Water distribution under sprinkler irrigation. Trans. ASAE, 11(5):648-51, 1969.
- PAIR, C.H.; REID, C. & FROST, K.R. Sprinkler irrigation. 4. ed. Maryland, Sprinkler Irrigation Association, 1975. 615p.
- RAPOSO, J.R. A rega por aspersão. Lisboa, Livraria Clássica, 1980. 339p. il.

## CARACTERIZAÇÃO HIDRÁULICA DE ASPERSORES

José Maria Pinto<sup>1</sup>  
José Monteiro Soares<sup>2</sup>

RESUMO - Este trabalho correspondeu a avaliação do aspersor DANTAS modelo MD-20A com bocais, 3,1mm x 2,5mm e 5,6mm x 2,5mm, com as pressões de 2, 3, 4 e 5atm, conduzido no Campo Experimental de Bebedouro, Petrolina-PE. Foi determinada a uniformidade de distribuição; o coeficiente de uniformidade de Christiansen e a eficiência de irrigação. A avaliação da uniformidade do aspersor envolveu também a construção de isoietas. Determinou-se a rotação do aspersor, a velocidade e a direção do vento predominante. Constatou-se que o aspersor modelo MD-20A com bocais 3,1mm x 2,5mm deve ser manejado satisfatoriamente com pressão de 3atm no espaçamento de 12m x 12m. Enquanto para o mesmo modelo de aspersor, com bocais de 5,6mm x 2,5mm recomenda-se um espaçamento de 12m x 18m com pressão de serviço de 5atm. A rotação mínima (3rpm) obtida com esse modelo de aspersores, com bocais de 5,6mm x 2,5mm apresentou-se acima do valor recomendado (2rpm).

Termos para indexação: irrigação, aspersores, hidráulica, característica hidráulica, uniformidade de distribuição, coeficiente de uniformidade, eficiência de irrigação, espaçamento de aspersores.

<sup>1</sup> Eng. Agrícola, M.Sc., Irrigação e Drenagem, EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, Petrolina, PE.

<sup>2</sup> Eng. Agr., M.Sc., Irrigação e Drenagem, EMBRAPA-CPATSA.

## HYDRAULIC CHARACTERIZATION OF THE SPRINKLERS

**ABSTRACT** - This work was carried out being the technical evaluation of the sprinkler "DANTAS" type model MD-20A with outlet of 3.1mm x 2.5mm and 5.6mm x 2.5mm, with pressures of 2, 3, 4 and 5atm. This stage was conducted at Bebedouro Experimental Station, at Petrolina, PE. The following observations were recorded: uniformity of distribution, coefficient of uniformity and irrigation efficiency. The evaluation of the sprinkler uniformity involved the drawing of isoetas. It was also recorded the rotation of the sprinkler and wind speed and direction. It was found that the sprinkler model MD-20A with outlet of 3.1mm x 2.5mm can be managed satisfactorily with pressure of 3atm and spacing of 12.00m x 12.00m. For the outlet of 5.6mm x 2.5mm it is recommended a spacing of 12.00m x 18.00m with a working pressure of 5atm. The minimum rotation (3rpm) in the sprinkler, with outlet of 5.6mm x 2.5mm, presented above of the recommended value (2rpm).

**Index terms:** irrigation, sprinkler, hydraulic, hydraulic characterization, uniformity of distribution, coefficient of uniformity, irrigation efficiency, sprinkler spacing.

### INTRODUÇÃO

A aplicação de água no solo, com a finalidade de fornecer às espécies vegetais a umidade ao seu desenvolvimento pode ser feita através de diversos métodos de irrigação. A irrigação por aspersão é das mais difundidas nos últimos tempos. Concorrem para isso a elevada uniformidade de aplicação de água, a boa eficiência do sistema, a facilidade para eliminar os perigos de erosão, e a possibilidade de seu emprego nas mais diversas topografias e tipos de solos (Gomide 1978).

A uniformidade de distribuição da água no sistema de irrigação por aspersão é um importante parâmetro a ser determinado para se obter melhor eficiência de aplicação. A uniformidade obtida depende do tipo de modelo de distribuição produzido e do espaçamento dos aspersores, sendo influenciado por fatores como velocidade de rotação do aspersor (Chu & Allred 1968). Acrescenta Lopez (1975) que o fenômeno climático de consideração mais importante na aspersão é o vento, devendo-se ter, por um lado, uma idéia aproximada de sua velocidade, que desempenha um papel significativo na eficiência de aplicação e, por outro sua direção, que deve ser levada em conta nas disposições das tubulações. Esclarece ainda que as altas temperaturas e a baixa umidade relativa do ar diminuem a eficiência do sistema aumentando as perdas por evaporação.

Estudos detalhados envolvendo tais fatores devem ser realizados de modo que o sistema possa ter um bom desempenho. Assim, para um mesmo modelo de aspersor seria obtido um valor diferente de uniformidade para cada espaçamento e, desde que este possa ser igual ou diferente nas duas direções, ou seja, entre linhas laterais e entre aspersores ao longo da mesma linha lateral. São requeridos muitos cálculos para analisar completamente um modelo de distribuição do aspersor e determinar que espaçamento e pressão de serviço resultarão em uma distribuição mais uniforme, a qual influirá na eficiência, bem como na produção da cultura que está sendo explorada (Bernardo 1982).

Os aspersores representam a parte mais importante do sistema de irrigação por aspersão, pois derivam a água da tubulação para o exterior, lançando-a no ar, onde se pulveriza e cai na superfície do solo em forma de gotas. O padrão de distribuição da água em relação ao aspersor é função de uma série de fatores, tais como: bocal do aspersor;

pressão de serviço; altura do aspersor; parâmetros estes que associados com o espaçamento entre aspersores, direção e velocidade do vento definem o padrão e o coeficiente de distribuição de água no sistema de irrigação por aspersão.

Diante disso, realizaram-se testes visando a avaliação das características hidráulicas dos aspersores modelo MD-20A com bocais de 3,1mm x 2,5mm e 5,6mm x 2,5mm produzidos pela DANTAS-Indústria e Comércio S.A.

### MATERIAL E MÉTODOS

Os trabalhos de campo do presente estudo foram conduzidos em uma área plana, localizada no Campo Experimental de Bebedouro, pertencente à EMBRAPA-CPATSA, Petrolina, PE.

Os testes foram realizados com um aspersor da marca DANTAS, modelo MD-20A, diâmetro de bocais 3,1mm x 2,5mm (para pressões de serviços de 2, 3 e 4 atm) e 5,6mm x 2,5mm (para pressões de serviços de 2, 3, 4 e 5 atm), com três repetições.

O aspersor foi instalado utilizando-se engate rápido com válvula automática tipo Erva, em tubos de elevação de uma polegada de diâmetro e 1,20m de altura.

Para controle de pressão durante a realização dos testes usou-se um manômetro Bourdon, graduado em  $\text{kg/cm}^2$ .

Mediu-se a pressão no bocal ejetor do aspersor com o manômetro acoplado a um tubo de Pitot. Ajustou-se a pressão desejada através de registro de gaveta, instalado próximo da motobomba.

O método utilizado para determinação de uniformidade de distribuição de água, citado por Branscheid & Hart (1968),

Christiansen (1942) e Davis (1966), foi aquele que emprega o modelo de distribuição de água de um único aspersor operando isoladamente. Este modelo forneceu uma série de informações sobre a distribuição da água nas diversas condições em que o aspersor foi operado e principalmente sobre alguns dos fatores que afetam a uniformidade de aplicação tais como: o efeito do vento; espaçamento dos aspersores e pressão de serviço. O método consistiu em coletar a água aspergida em recipientes plásticos de um litro de capacidade, dispostos sobre o solo em forma de malha quadrada de 3m de lado (Fig. 1).

Mediu-se a velocidade do vento usando-se um anemômetro totalizador instalado próximo à área do teste a uma altura de 1,20m em relação à superfície do terreno.

Determinou-se ainda, para cada teste, a rotação e a vazão do aspersor. A vazão foi determinada através de recipientes de volume conhecido e cronômetro. Na medição das vazões foram conectados aos bocais do aspersor pedaços de mangueira, que desviaram os jatos da água de cada bocal para o interior do balde.

Os parâmetros utilizados para avaliação do desempenho do aspersor foram:

Uniformidade de distribuição:

$$UD = \frac{x \text{ min.}}{\bar{x}} \times 100$$

Em que:

UD = uniformidade de distribuição (%)

x min. = média dos menores valores obtidos em 25% do número de recipientes (mm)

$\bar{x}$  = média dos valores obtidos (mm)

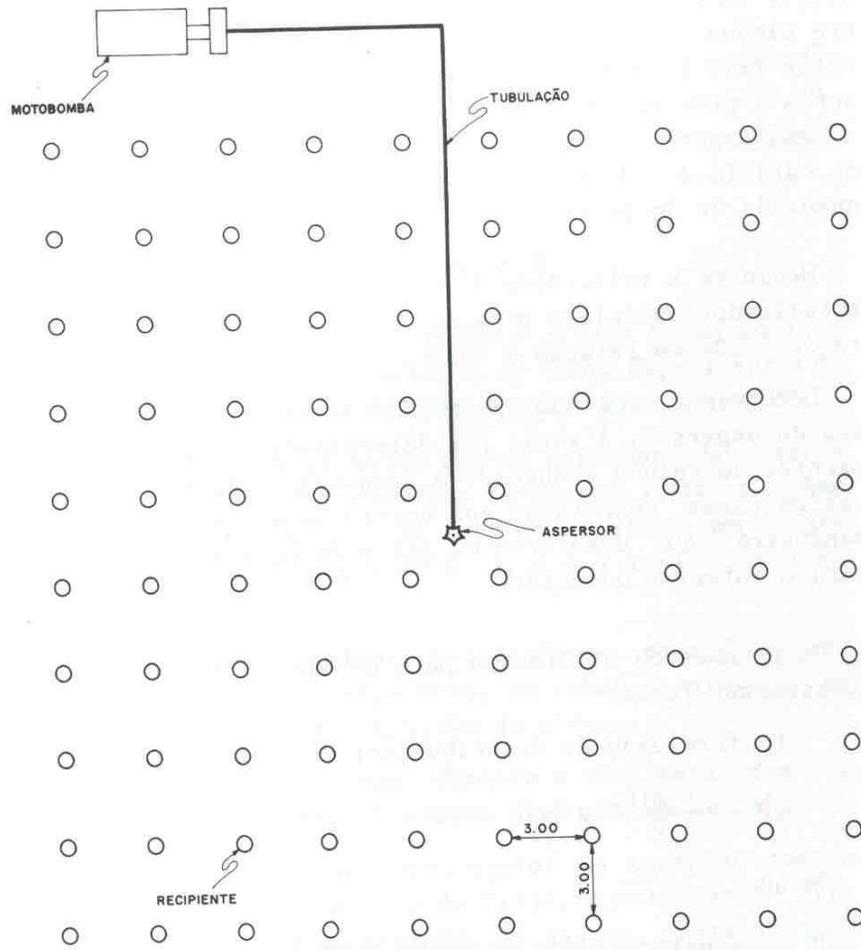


FIG. 1. Distribuição dos recipientes em relação ao aspersor na área onde foram realizados os testes de distribuição de água.

Coeficiente de uniformidade de Christiansen:

$$CU = 100 \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{x_i - \bar{x}}{\bar{x}} \right|}{n} \right)$$

Em que:

CU = coeficiente de uniformidade de Christiansen (%)

$x_i$  = precipitação observada em cada coletor (mm)

$\bar{x}$  = média dos valores coletados (mm)

n = número de coletores

Eficiência de irrigação:

$$E_i = \frac{x_{\min.}}{x_{\text{apl.}}} \times 100$$

Em que:

$E_i$  = eficiência de irrigação (%)

$x_{\min.}$  = média dos menores valores obtidos em 25% dos valores coletados (mm)

$x_{\text{apl.}}$  = lâmina média aplicada (mm)

$$x_{\text{apl.}} = \frac{1000 \times Q_{\text{asp}} \times T_i}{E_1 \times E_2}$$

Em que:

$Q_{\text{asp}}$  = vazão do aspersor ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

$T_i$  = tempo de irrigação (h)

$E_1$  = espaçamentos aspersores (m)

$E_2$  = espaçamentos entre laterais (m)

Procedeu-se também uma avaliação da uniformidade de distribuição pelo aspersor através da construção de isoietas, método de Dam citado por Olitta (1977). Para isto considerou-se uma variação de 10% acima da taxa média coletada

para delimitar a zona média da zona excedente e 10% abaixo da taxa média coletada para delimitar a zona média da zona deficiente.

As áreas delimitadas em cada zona foram medidas com um planímetro e os valores foram transformados em porcentagem, para uma melhor avaliação da distribuição da água pelos aspersores.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se pela Tabela 1 que a uniformidade de distribuição, o coeficiente de uniformidade e a eficiência de irrigação aumentaram quando a pressão de serviço aumentou de 2 para 4 atm, para o espaçamento de 6m x 12m. Todavia, todos os coeficientes de uniformidade estão acima do mínimo recomendado (80%). Entretanto quando analisa-se a eficiência de irrigação, verifica-se que está abaixo do mínimo recomendado (70%), quando a pressão de serviço é de 2 atm.

Verifica-se também pela Tabela 1, para o espaçamento 12m x 12m, que o coeficiente de uniformidade ficou acima do mínimo recomendado (80%) para as pressões de serviços de 2, 3 e 4 atm. Porém a eficiência de irrigação ficou abaixo do mínimo recomendado para as pressões de serviço de 2 e 4 atm. Para uma mesma pressão de serviço, os parâmetros estudados diminuíram com o aumento do espaçamento. Convém salientar, no entanto, que nem sempre o melhor espaçamento é o mais econômico.

Observa-se pela Tabela 2, que o valor da zona seca diminuiu de 32,91% para zero, quando a pressão de serviço passou de dois, para três atm e manteve-se em zero para a pressão de 4 atm, para o espaçamento 6m x 12m. O valor da zona seca diminuiu quando a pressão de serviço passou de 2 para 3 atm e aumentou quando a pressão passou de 3 para 4 atm, para o espaçamento de 12m x 12m.

TABELA 1. Valores de uniformidade de distribuição-UD (%), coeficiente de uniformidade-CU (%) e eficiência de irrigação-Ei (%) em função do espaçamento entre aspersores referentes a testes realizados com um único aspersor modelo MD-20A bocal 3.1mm x 2.5mm.

Parâmetros	Pressão de Serviço (atm)	Espaçamento (m x m)	
		6 x 12	12 x 12
UD	2	84,74	78,02
CU		86,52	84,08
Ei		64,27	59,09
UD	3	93,32	89,99
CU		94,23	92,30
Ei		72,66	70,60
UD	4	94,08	86,27
CU		94,99	91,35
Ei		73,66	67,71

Observou-se ainda que os valores das zonas secas tenderam a aumentar quando o espaçamento entre os aspersores aumentou para uma mesma pressão de serviço.

Analisando-se os valores referentes às zonas excedentes, obteve-se uma redução de 26,67% para zero e de 26,18% para 9,93% correspondentes aos espaçamentos de 6m x 12m e 12m x 12m respectivamente, quando a pressão aumenta de 2 para 4atm.

TABELA 2. Valores de zona seca-ZS (%), zona média-Zm (%) e zona excedente-ZE (%) em função da pressão de serviço e do espaçamento entre aspersores para testes realizados com um único aspersor, modelo MD-20A bocal 3,1mm x 2,5mm.

Parâmetros	Pressão de Serviço (atm)	Espaçamento (m x m)	
		6 x 12	12 x 12
ZS	2	32.91	28.47
ZM		40.42	45.35
ZE		26.67	26.18
ZS	3	0	2,30
ZM		95.97	84.51
ZE		4.03	13.19
ZS	4	0	14.93
ZM		100.00	75.14
ZE		0	9.93

As Figuras 2 e 7 mostram a distribuição das zonas seca, média e excedente em função de pressão de serviço e do espaçamento entre aspersores, com bocais de 3,1mm x 2,5mm.

Constatou-se, para o espaçamento de 6m x 12m, que as zonas de distribuição de água (zona seca, média e excedente) formaram faixas contínuas e paralelas às linhas laterais, sendo que a faixa seca apresenta-se centralizada entre as faixas médias (Fig. 2). Para as pressões de serviço de 3 e 4atm houve ausência de zona seca (Figs. 3 e 4).

Todavia, para o espaçamento de 12m x 12m e pressão de serviço de 2 e 4atm a presença da zona seca foi localizada na parte central da área irrigada (Figs. 5 e 7). Para pressão de serviço de 3atm houve predominância da zona média (Fig. 6).

A avaliação de um sistema de irrigação por aspersão nem sempre deve ser feita com base exclusiva nos parâmetros de uniformidade de distribuição, coeficiente de uniformidade e eficiência de irrigação, devendo-se também levar em consideração, as zonas de distribuição de água pelo aspersor.

Verifica-se pela Tabela 3 que a rotação do aspersor oscilou em torno de 1,45rpm, atendendo a faixa proposta por Bernardo (1982) e Pair et al. (1975). Contudo, Raposo (1980) recomenda a menor velocidade possível, uma vez que altas rotações dos aspersores concorrem para redução da área coberta pelos mesmos, aumentando o desgaste dos aspersores, nos pontos de apoio e nos eixos. Além disso, quando rotacionados rapidamente, exigem menores espaçamentos para assegurar boa uniformidade de distribuição (Chu & Allred 1968).

Verifica-se pela Tabela 4, que os valores encontrados são em média 10% inferiores aos valores fornecidos pelos fabricantes. Isto pode ser explicado possivelmente, pelas condições de ambientes controlados em que foram realizados os testes pelo fabricante.

Pode-se constatar pela Tabela 5 que a uniformidade de distribuição, o coeficiente de uniformidade e a eficiência de irrigação aumentaram com o aumento da pressão de serviço para aspersores com bocais de 5,6mm x 2,5mm mantendo-se constante o espaçamento entre aspersores. Porém, o coeficiente de uniformidade não atingiu o valor mínimo exigido de 80% para a pressão de serviço de 2 atm. O mesmo comportamento ocorreu para as pressões de serviço de 3 e 4 atm para o espaçamento de 18m x 18m. A eficiência de irrigação, em nenhum caso, atingiu o mínimo exigido (70%).

	m <sup>2</sup>	%
EXCEDENTE	19,20	26,67
MÉDIA	29,10	40,42
SECA	23,70	32,91

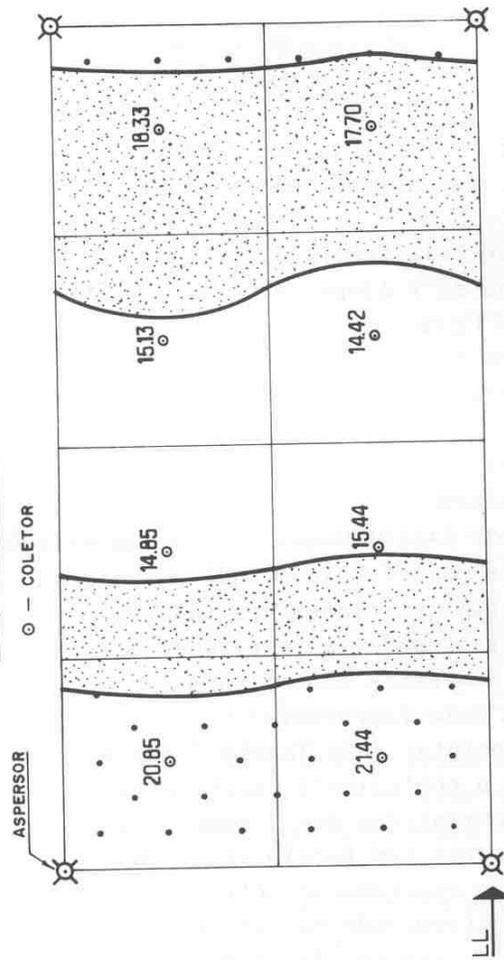


FIG. 2. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água em aspersores modelo MD-20A com bocais de 3,1mm x 2,5mm, no espaçamento de 6m x 12m e sob pressão de serviço de 2 atm.

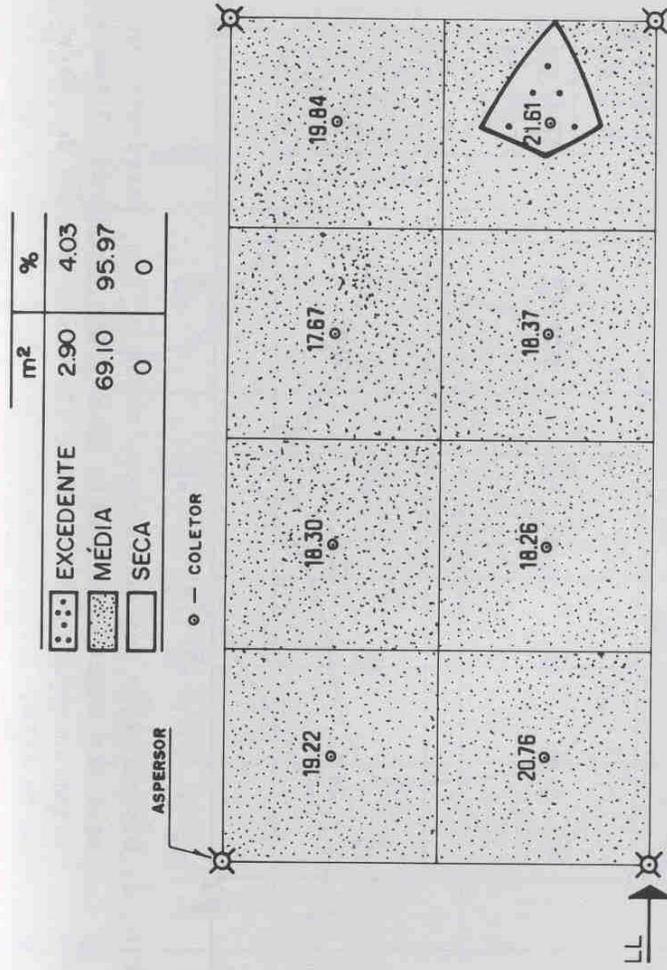


FIG. 3. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água em aspersores modelo MD-20A com bocais de 3,1mm x 2,5mm e sob pressão de serviço de 3atm, para espaçamento de 6m x 12m.

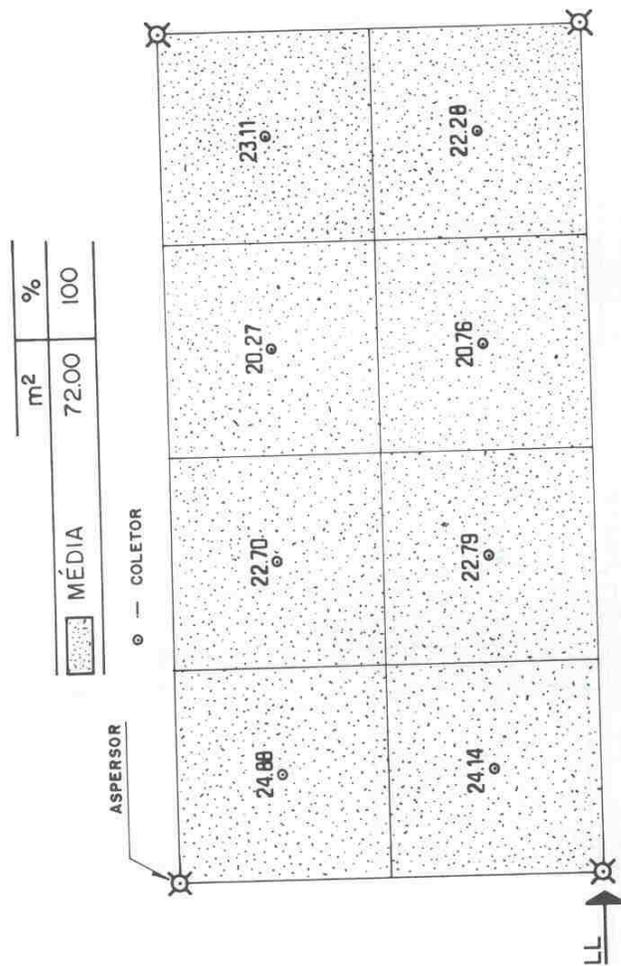


FIG. 4. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água com aspersores modelo MD-20A com bocais de 3,1mm x 2,5mm no espaçamento de 6m x 12m e sob pressão de serviço de 4atm.



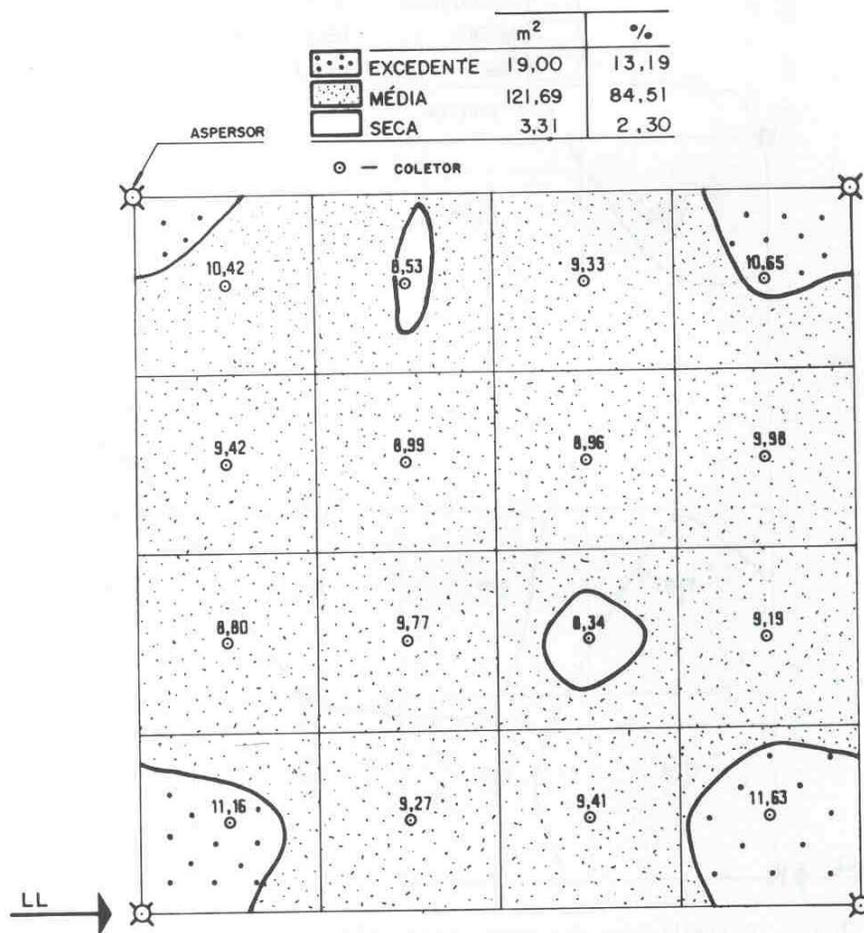


FIG. 6. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água em aspersores modelo MD 20A com bocais de 3,1 mm x 2,5 mm no espaçamento de 12 m x 12 m e sob pressão de serviço de 3 atm.

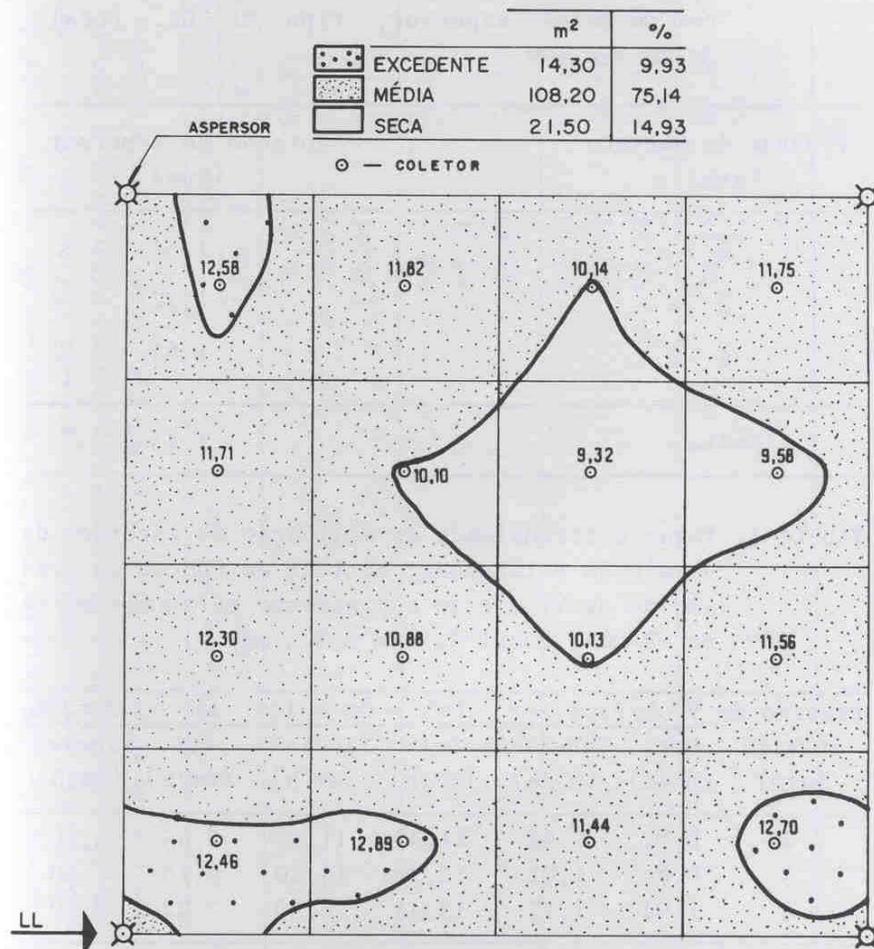


FIG. 7. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água com aspersores modelo MD 20A com bocais de 3,1 mm x 2,5 mm no espaçamento de 12 m x 12 m e sob pressão de serviço de 4 atm.

TABELA 3. Valores da rotação do aspersor (rpm) em função da pressão de serviço para testes realizados com um único aspersor, tipo MD-20A. bocal. 3.1mm x 2.5mm.

Pressão de Serviço (atm)	Rotação do Aspersor (rpm)
2	1,34
3	1,37
4	1,63
Média	1,45

TABELA 4. Vazão e intensidade de aplicação do aspersor de terminada e tabelada, obtidas em função da pressão de serviço e do espaçamento para aspersor tipo MD-20A, bocal 3.1 mm x 2.5 mm.

Pressão de serviço (atm)	V* do Aspersor		Ia* - 6m x 12m		Ia* - 12m x 12m	
	Det. (m <sup>3</sup> /h)	Tabela** (m <sup>3</sup> /h)	Det. (mm/h)	Tabela** (mm/h)	Det. (mm/h)	Tabela** (mm/h)
2	0,82	0,83	11,39	11,50	5,65	5,80
3	0,89	1,02	12,36	14,20	6,18	7,10
4	1,04	1,17	13,44	16,30	7,22	8,10

\*V = Vazão

\*Ia = intensidade de aplicação

\*\*Valores fornecidos pelo fabricante.

TABELA 5. Valores de uniformidade de distribuição-UD (%), coeficiente de uniformidade-CU (%) e eficiência de irrigação-Ei (%) em função da pressão de serviço e do espaçamento entre aspersores referentes a testes realizados com um único aspersor, tipo MD-20A, bocais 5.6mm x 2.5mm.

Parâmetros	Pressão de Serviço (atm)	Espaçamento (m x m)		
		12 x 12	12 x 18	18 x 18
UD	2	71,57	69,13	-
CU		76,09	78,60	-
Ei		36,61	34,80	-
UD	3	79,97	78,98	53,92
CU		85,11	84,88	73,69
Ei		53,98	54,47	37,18
UD	4	82,18	82,16	64,31
CU		87,32	86,89	79,47
Ei		60,34	61,56	48,20
UD	5	92,18	82,45	78,55
CU		94,61	88,30	87,26
Ei		66,74	59,38	56,62

Observa-se pela Tabela 6, que os valores de zona seca diminuíram de 40,10% para 3,26%; de 41,21% para 25,49%; e de 33,58% para 25,28% quando a pressão aumentou de 2 para 5atm, correspondente aos espaçamentos de 12m x 12m; 12m x 18m e 18m x 18m, respectivamente.

Observa-se ainda que os valores destas zonas secas tendem a aumentar quando o espaçamento entre aspersores aumenta para uma mesma pressão de serviço.

Analisando os valores referentes às zonas excedentes observa-se uma redução de 29,60% para 0,21%, de 31,06% para 22,23% e de 45,20% para 22,90%, correspondentes aos espaçamentos de 12m x 12m, 12m x 18m e 18m x 18m, respectivamente, quando a pressão aumentou de 2 para 5atm.

Pode-se constatar ainda pela Tabela 6, que os valores da zona média aumentaram de 30,30% para 96,53%; de 21,30% para 51,82% para os espaçamentos de 12m x 12m e de 18m x 18m, respectivamente, quando a pressão cresceu de 2 para 5atm. Para o espaçamento de 12m x 18m, o maior valor (52,28%) foi obtido para a pressão de 5atm.

As pressões de serviço e espaçamentos entre aspersores devem ser aqueles que apresentem uma zona média maior ou igual a 50% e que a zona excedente seja maior ou igual a zona seca, ou seja, na pressão de 4atm, o espaçamento seria 12m x 12m e para 5atm, os espaçamentos seriam 12m x 12m; 12m x 18m e 18m x 18m.

As Figuras 8 a 18 mostram a distribuição das zonas seca, média e excedente em função da pressão de serviço e do espaçamento para aspersores com bocais de 5,6mm x 2,5mm.

Analisando-se a distribuição das zonas seca, média e excedente para o espaçamento de 12m x 12m em função da pressão de serviço, pode-se constatar para pressões de 2 e 3atm (Figs. 8 e 9) que as zonas secas localizam-se nas proximidades da linha lateral, enquanto as zonas excedentes

aparecem na parte central entre duas linhas laterais consecutivas. O aumento da pressão de serviço de 4 para 5 atm (Figs. 10 e 11) proporcionou o aumento da zona com lâmina média. O acréscimo da pressão de serviço condiciona uma maior pulverização do jato d'água no ar, assim, as gotas de menor tamanho que sofrem uma menor resistência do ar, associadas a uma maior força de lançamento, tendem a alcançar maiores distâncias, o que contribuiu para uma melhor uniformização da lâmina de água entre os aspersores. Evidentemente existe uma pressão adequada que depende do tipo de aspersor e dos bocais. Para valores além da pressão ideal a água emitida adquire alta velocidade, encontra resistência do ar e cai em forma de finíssima chuva, mais próxima do aspersor (Bernardo 1982; Pair et al. 1975).

Para o espaçamento quadrangular de 18m x 18m (Figs. 16 a 18), constatou-se uma inversão entre a zona com excedente e a zona seca, ou seja, as zonas com excedentes passaram a localizar-se próximas aos aspersores, enquanto as zonas secas passaram para a parte central. Porém, o aumento de pressão condicionou o incremento da zona média.

No espaçamento retangular de 12m x 18m (Figs. 12 a 15), verificou-se que as zonas excedentes também situam-se próximas aos aspersores (linha lateral), enquanto as zonas secas ocupam toda a parte central entre duas linhas laterais, formando uma faixa contínua nítida. Apesar do coeficiente de uniformidade de distribuição ter apresentado valores superiores a 80% (Tabela 5), 12m x 18m não é um espaçamento recomendado para o dimensionamento de sistemas de irrigação, quando a direção predominante dos ventos apresenta-se paralela à linha lateral, devido à formação de áreas secas entre as linhas laterais, mesmo sob pressão de 4 ou 5 atm.

TABELA 6. Valores de zona seca-ZS (%), zona média-ZM (%) e zona excedente-ZE (%) em função da pressão de serviço e do espaçamento entre aspersores para testes realizados com único aspersor, tipo MB-20A, bocal 5,6mm x 2.5mm.

Parâmetros	Pressão de Serviço (atm)	Espaçamento (m x m)		
		12 x 12	12 x 18	12 x 18
ZS	2	40,10	41,21	-
ZM		30,30	27,73	-
ZE		29,60	31,06	-
ZS	3	30,00	32,20	33,50
ZM		42,10	38,30	21,30
ZE		27,90	29,50	45,20
ZS	4	30,75	41,99	29,00
ZM		48,95	28,06	32,60
ZE		20,30	29,95	38,40
ZS	5	3,26	25,49	22,90
ZM		96,53	52,28	51,82
ZE		0,21	22,23	25,28

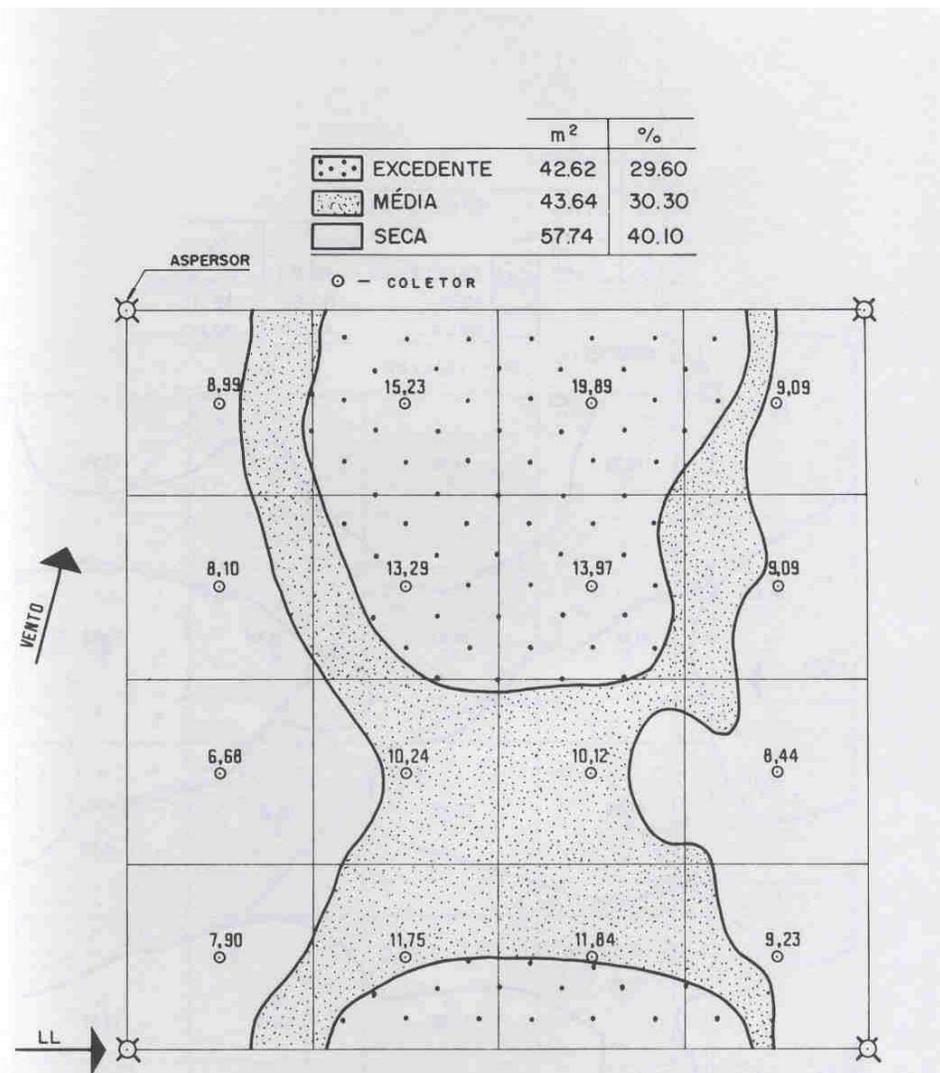


FIG. 8. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água com aspersores modelo MD-20A com bocais de 5,6mm x 2,5mm no espaçamento de 12m x 12m e sob pressão de serviço de 2atm.

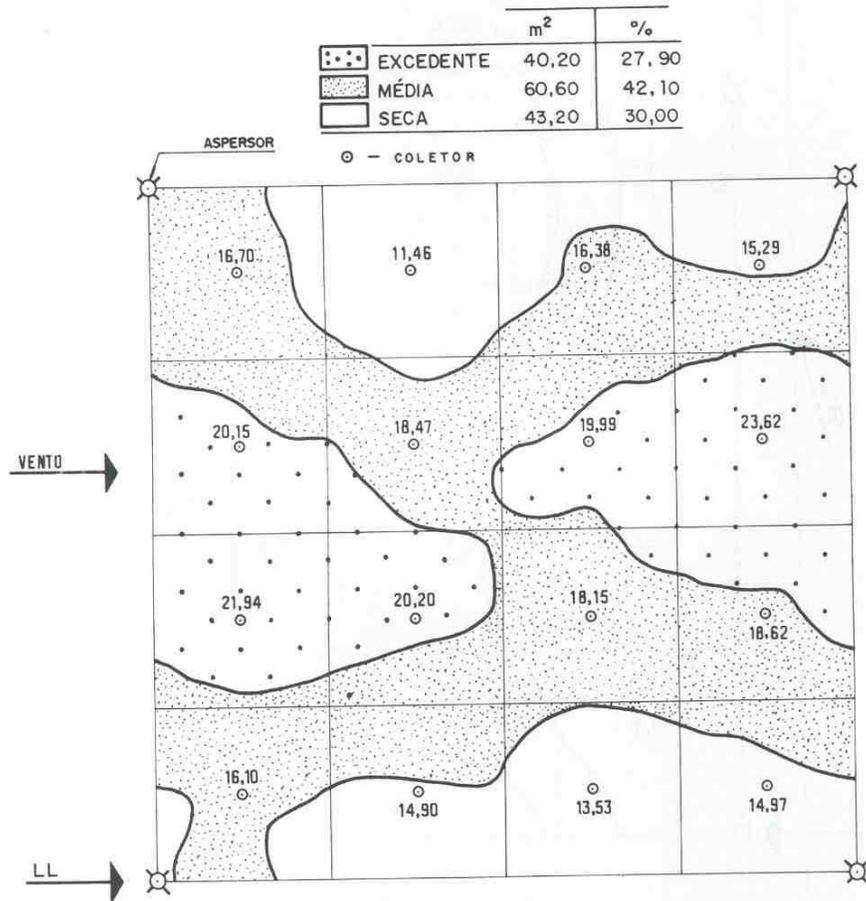


FIG. 9. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água em aspersores modelo MD 20A com bocais de 5,6 mm x 2,5 mm no espaçamento de 12 m x 12 m e sob pressão de serviço de 3 atm.

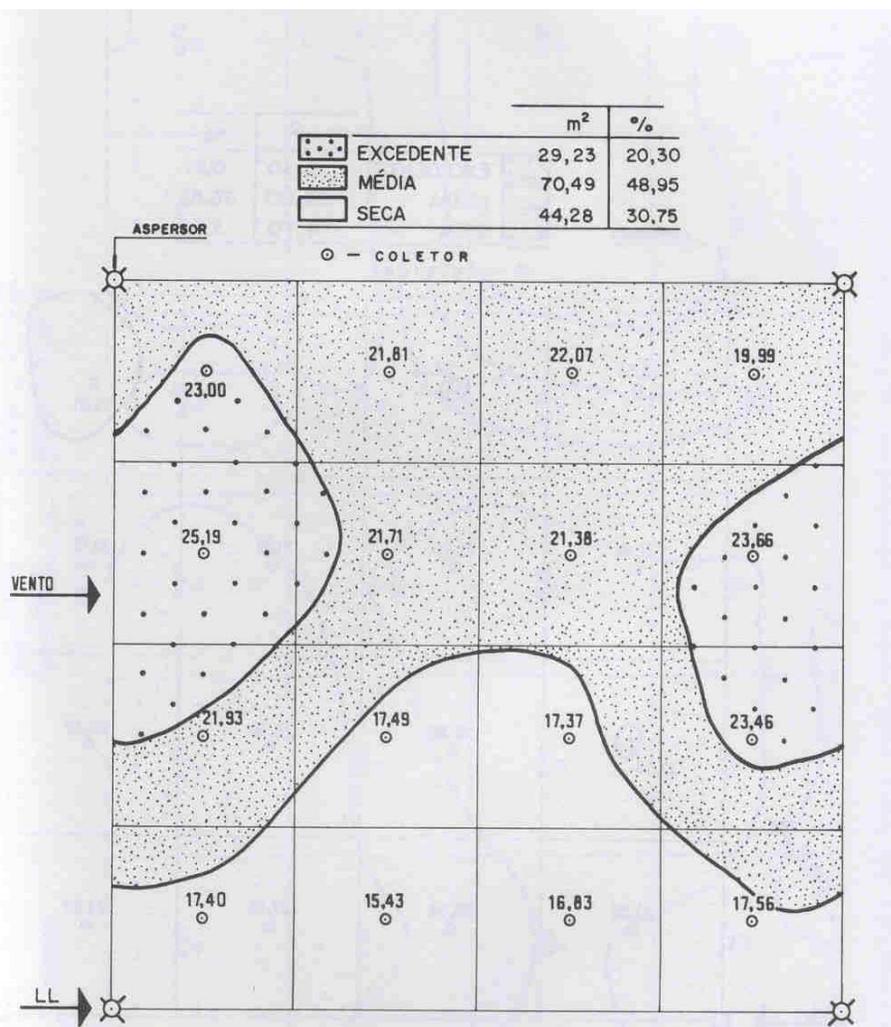


FIG. 10. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água em aspersores modelo MD-20A com bocais de 5,6 mm x 2,5 mm no espaçamento de 12 m x 12 m e sob pressão de serviço de 4 atm.

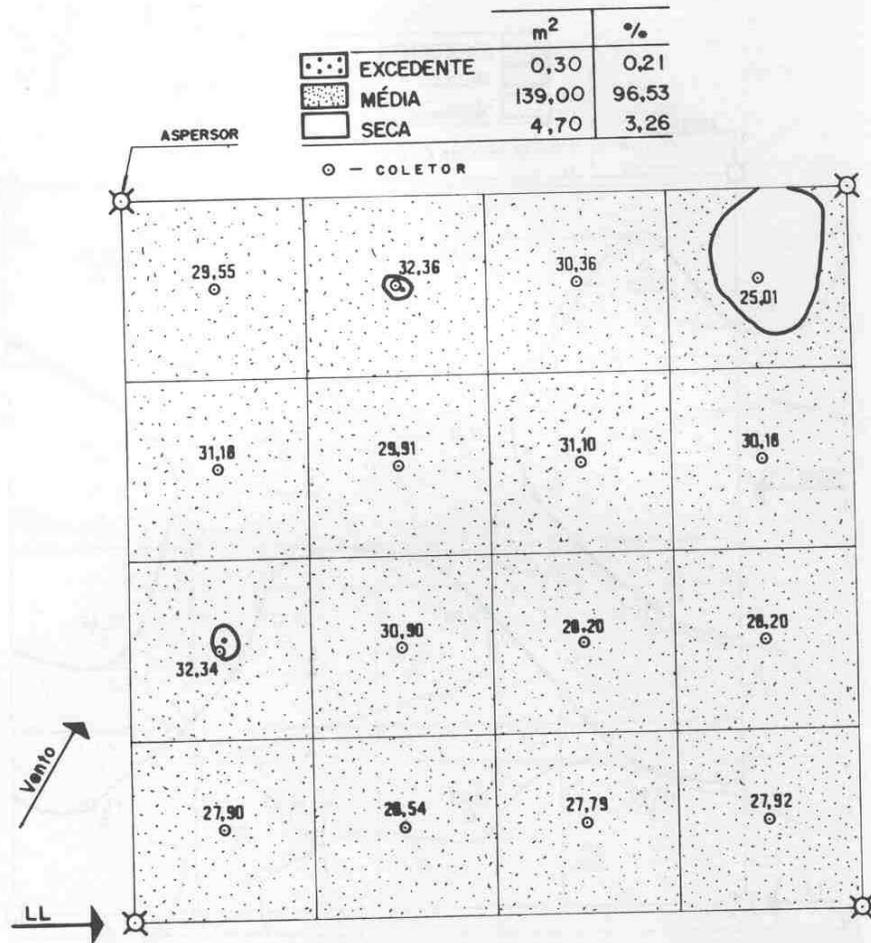


FIG. 11. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água com aspersores modelo MD 20A com bocais de 5,6 mm x 2,5 mm no espaçamento de 12m x 12 m e sob pressão de serviço de 5 atm.

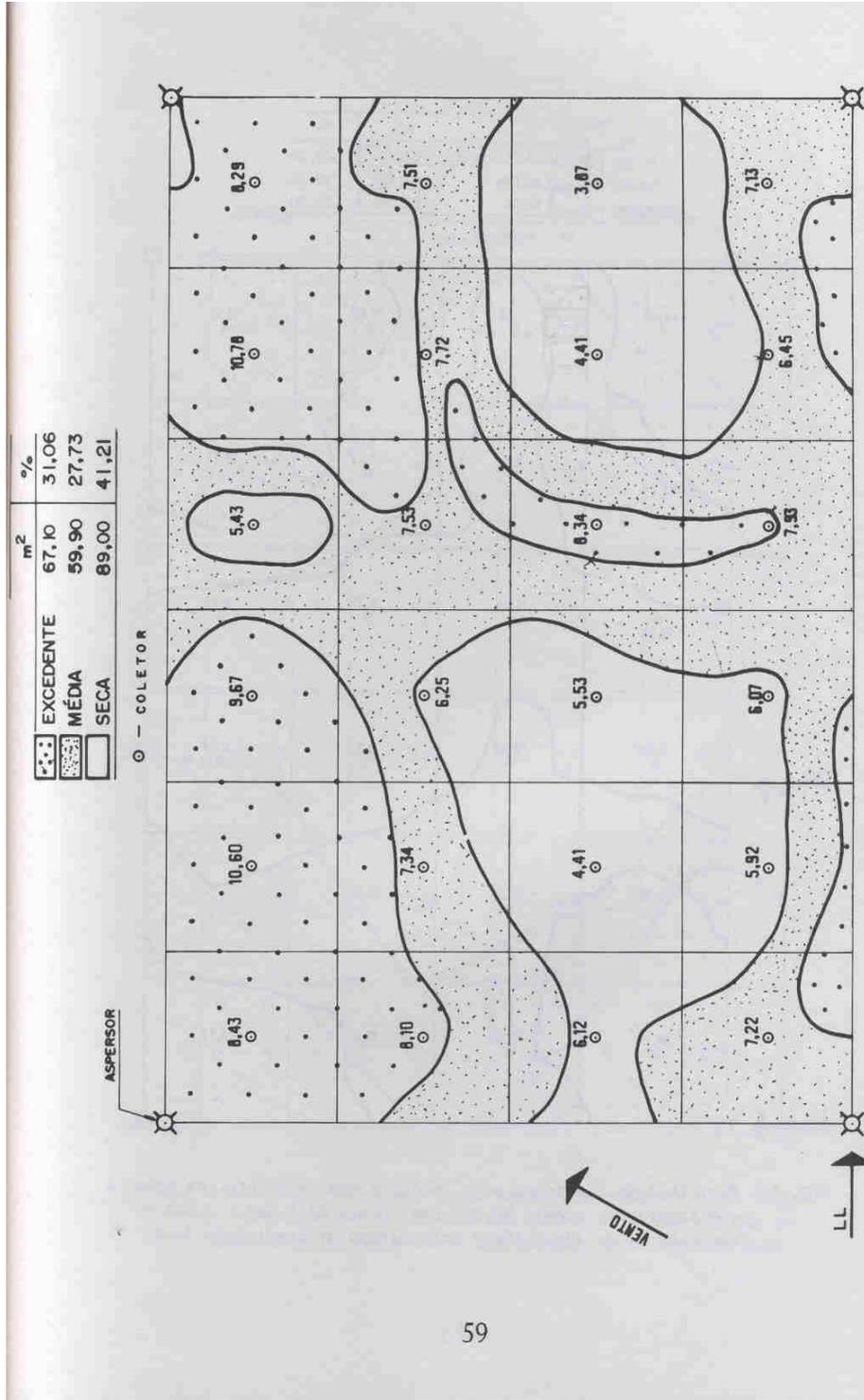


FIG. 12. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água com aspersores modelo MD-20A com bocais de 5,6 mm x 2,5 mm no espaçamento de 12 m x 18 m e sob pressão de serviço de 2 atm.

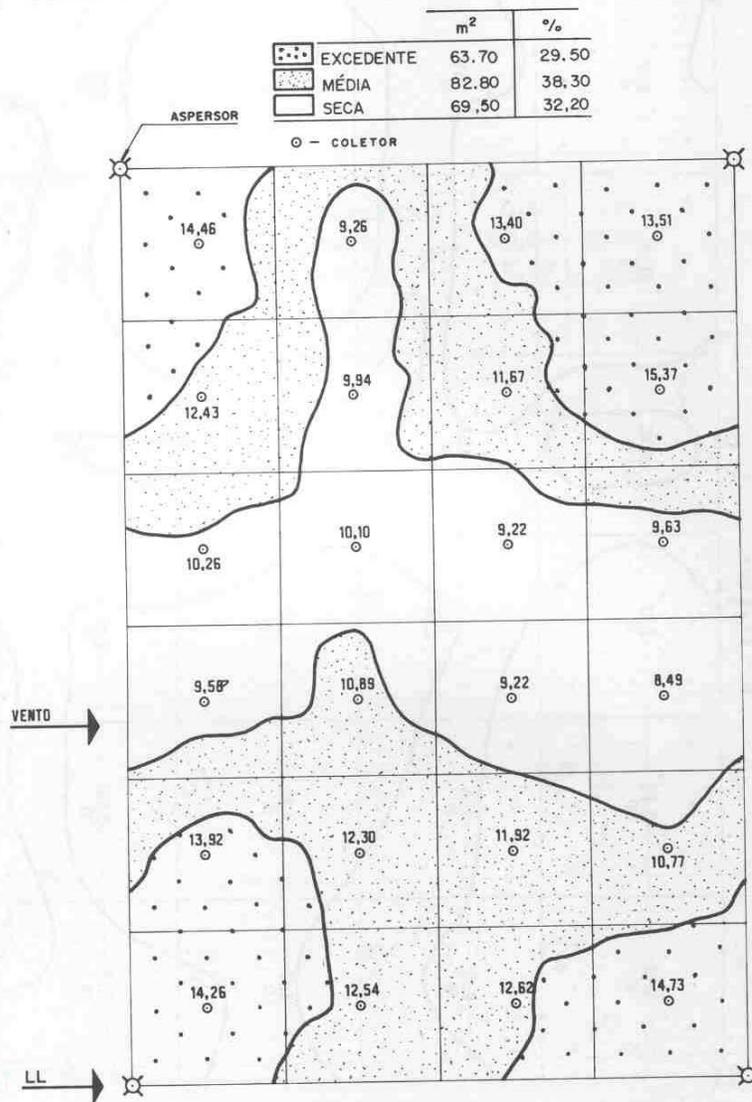


FIG. 13. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água com aspersores modelo MD-20A com bocais de 5,6mm x 2,5mm no espaçamento de 12m x 18m e sob pressão de serviço de 3atm.

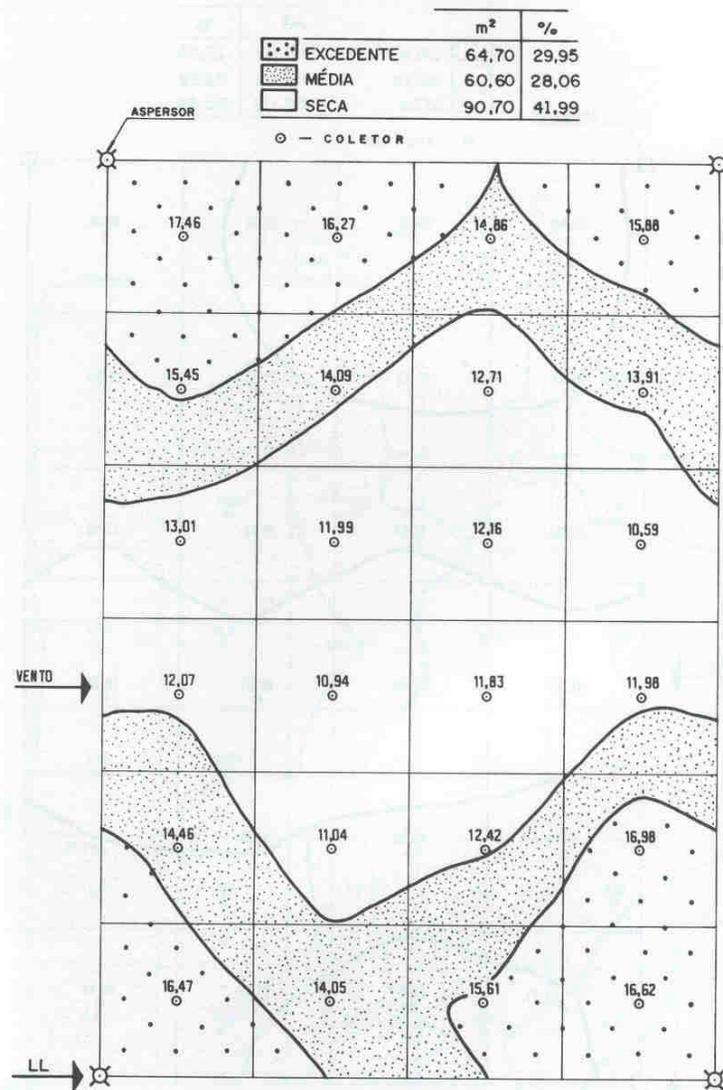


FIG. 14. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água em aspersores modelo MD-20A com bocais de 5,6mm x 2,5mm no espaçamento de 12m x 18m e sob pressão de serviço de 4atm.

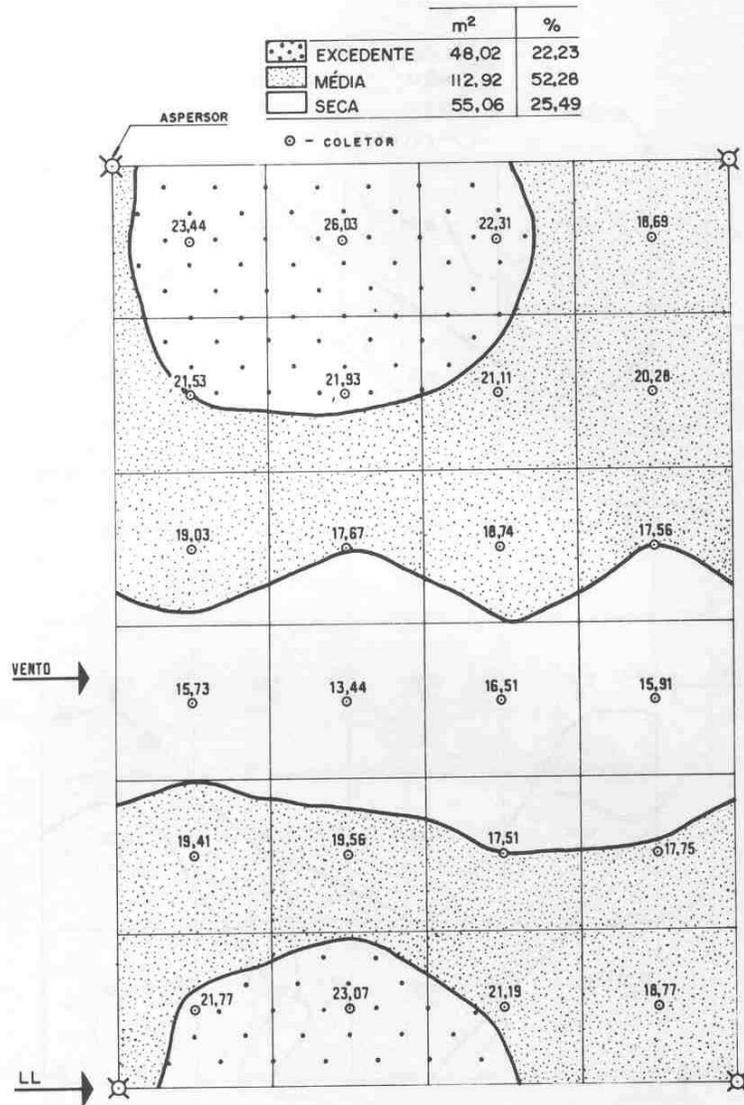


FIG. 15. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água com aspersores modelo MD-20A com bocais de 5,6mm x 2,5mm no espaçamento de 12m x 18m e sob pressão de serviço de 5atm.

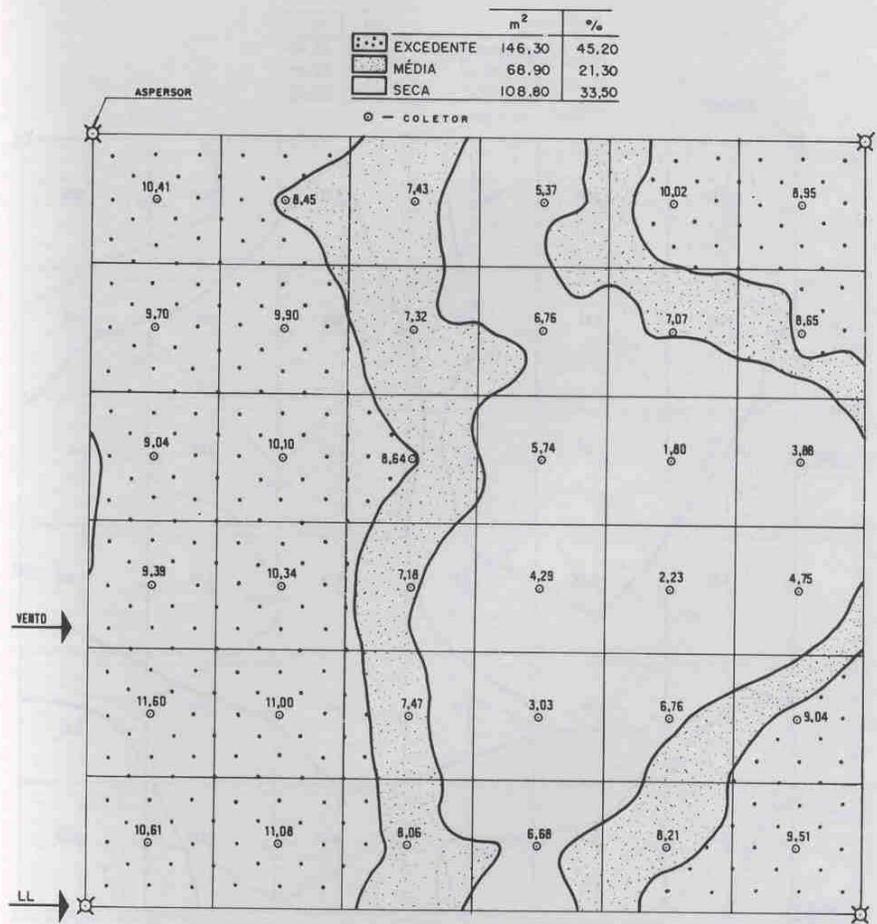


FIG. 16. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água em aspersores modelo MD-20A, com bocais de 5,6mm x 2,5mm no espaçamento de 18m x 18m e sob pressão de serviço de 3atm.

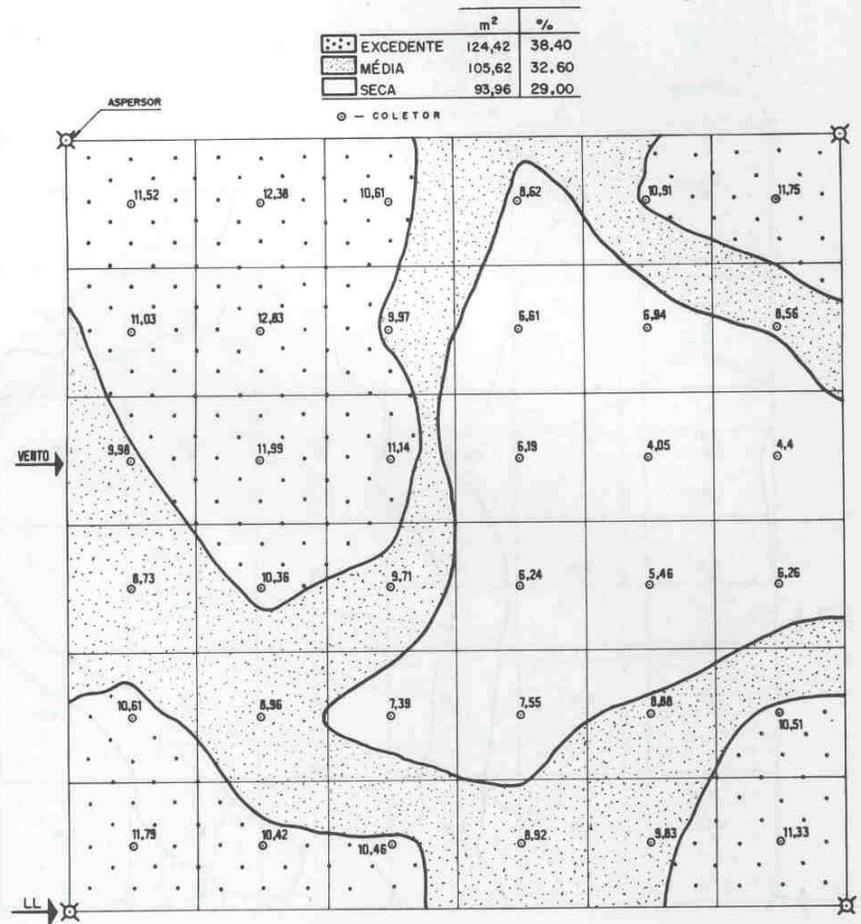


FIG. 17. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água em aspersores modelo MD-20A, com bocais de 5,6 mm x 2,5 mm no espaçamento de 18 m x 18 m e sob pressão de serviço de 4 atm.

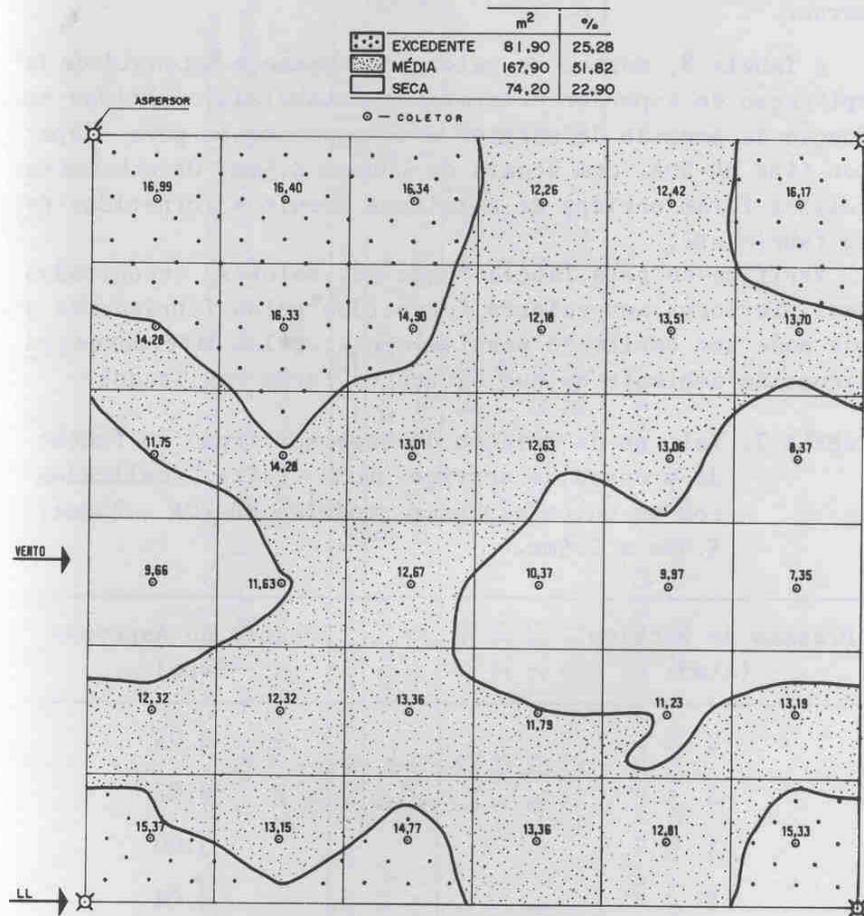


FIG. 18. Distribuição das zonas seca, média e com excedente de água com aspersores modelo MD-20A com bocais de 5,6mm x 2,5mm no espaçamento de 18m x 18m e sob pressão de serviço de 5atm.

Constata-se pela Tabela 7 que a rotação do aspersor oscilou em torno de 3rpm. Quando a pressão da mola era reduzida, visando a obtenção de uma rotação menor, o aspersor deixava de girar. O atrito entre o aspersor e a mesa de apoio é maior que a força causada pelo impacto do jato d'água com o martelo, o que condiciona a paralisação do aspersor.

A Tabela 8, mostra os valores de vazão e intensidade de aplicação do aspersor determinada e tabelada, obtidas em função da pressão de serviço e do espaçamento para aspersor tipo MD-20A, com bocais de 5,6mm x 2,5mm. Os valores tabelados foram obtidos de catálogos técnicos fornecidos pelo fabricante.

Verifica-se pela Tabela 8 que os valores encontrados são inferiores aos valores fornecidos pelos fabricantes o que pode ser explicado possivelmente, pelas diferentes condições de ambiente em que os testes foram realizados.

TABELA 7. Valores da rotação do aspersor (rpm) em função da pressão de serviço para testes realizados com um único aspersor modelo MD-20A bocal, 5.6mm x 2.5mm.

Pressão de Serviço (atm)	Rotação do Aspersor (rpm)
2	3,05
3	3,07
4	3,06
5	3,04
Média	3,06

TABELA 8. Vazão e intensidade de aplicação do aspersor determinada e tabelada, obtidas em função da pressão de serviço e do espaçamento para aspersor tipo MD-20A, bocal 5.6mm x 2.5mm.

Pressão de serviço (atm.)	Vazão do aspersor		Ia* - 12 x 12m		Ia* - 12 x 18m		Ia* - 18 x 18m	
	Det. (m <sup>3</sup> /h)	Tabela** (m <sup>3</sup> /h)	Det. (mm/h)	Tabela** (mm/h)	Det. (mm/h)	Tabela** (mm/h)	Det. (mm/h)	Tabela** (mm/h)
2	1,53	1,89	10,63	13,0	7,09	8,7	-	-
3	1,93	2,30	13,40	15,9	8,94	10,6	5,06	7,1
4	2,00	2,63	13,88	18,1	9,25	12,1	6,17	8,2
5	2,93	2,93	20,33	20,2	13,55	13,5	9,01	9,1

\*Ia= intensidade de aplicação do aspersor

\*\*Valores fornecidos pelo fabricante.

A Figura 19 a 25 mostram os perfis do aspersor DANTAS modelo MD-20A com bocais 3,1mm x 2,5mm e 5,6mm x 2,5mm. Observa-se pelas Figuras 19 a 21 para o aspersor com bocais de 3,1mm x 2,5mm que o raio de alcance oscilou em torno de 10,5m para as pressões de 2 a 3atm. Quando a pressão passou para 4atm o raio de alcance aumentou para 13,5m. Enquanto para o aspersor com bocais de 5,6mm x 2,5mm, verificou-se um aumento do raio de alcance dos aspersores para um aumento da pressão de 2 para 5atm (Figuras 22 a 25).

O perfil de um aspersor traduz como se distribui a precipitação circular teórica pelo aspersor e é talvez o fator mais importante na caracterização do regime de funcionamento (Pair et al. 1975). Dentre os tipos de perfis propostos por Christiansen (1942), os perfis encontrados assemelham-se melhor ao perfil triangular.

O conhecimento do perfil que caracteriza o regime de funcionamento dos aspersores a utilizar numa instalação, correspondente aos valores do diâmetro de bocais e pressão de serviço, permite resolver da melhor maneira a disposição dos aspersores no campo, a qual pode ser quadrado ou retangular, bem como das sobreposições mais convenientes, de modo a obter uma adequada uniformidade de distribuição da água (Pair et al. 1975, Raposo 1980).

Verifica-se pela Tabela 9 uma grande variação na velocidade do vento de um teste para outro. Observou-se durante a realização dos testes, um arrastamento das gotas muito pequenas, a distâncias consideráveis do aspersor, graças à força do vento, que lança uma pequena quantidade de água fora da área do teste, não coletada pelos recipientes.

O vento altera o coeficiente de uniformidade provocando a distorção da distribuição da água pelos aspersores, que depende da velocidade do vento e do tamanho das gotas de água.

Ocorre um alongamento do modelo de distribuição da água no sentido da ação do vento e uma diminuição no sentido oposto. O efeito dos ventos pode ser consideravelmente diminuído através da redução do espaçamento dos aspersores, tanto ao longo das linhas laterais como entre elas (Gomide 1978), através da implantação de barreiras vivas dentro da área irrigada ou pelo uso de posições alternadas de linhas laterais.

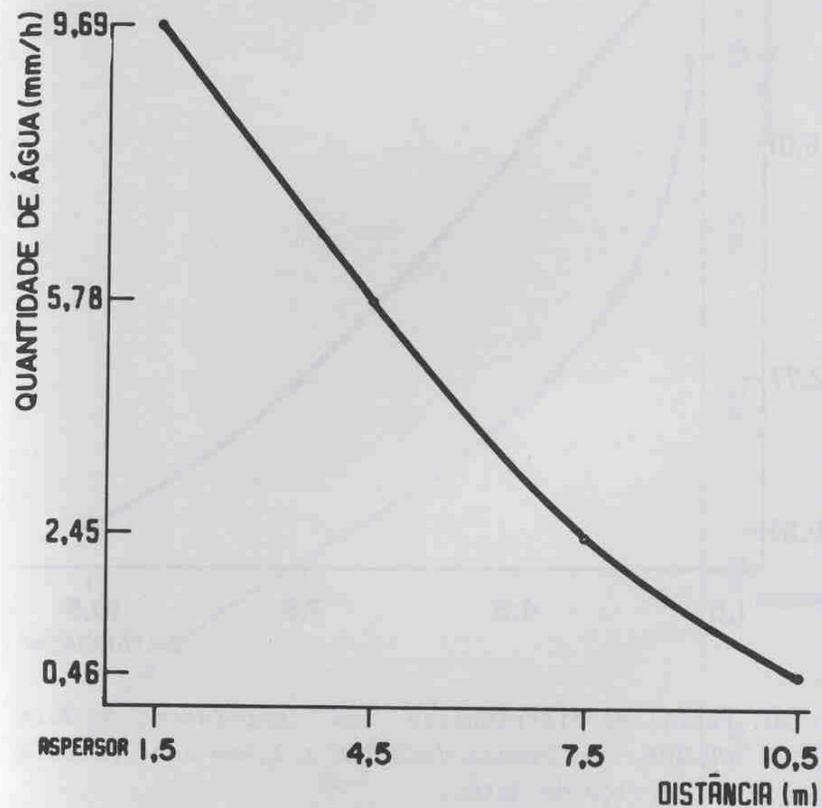


FIG. 19. Perfil de distribuição em aspersores modelo MD-20A, com bocais de 3,1 mm x 2,5 mm sob pressão de serviço de 2 atm.

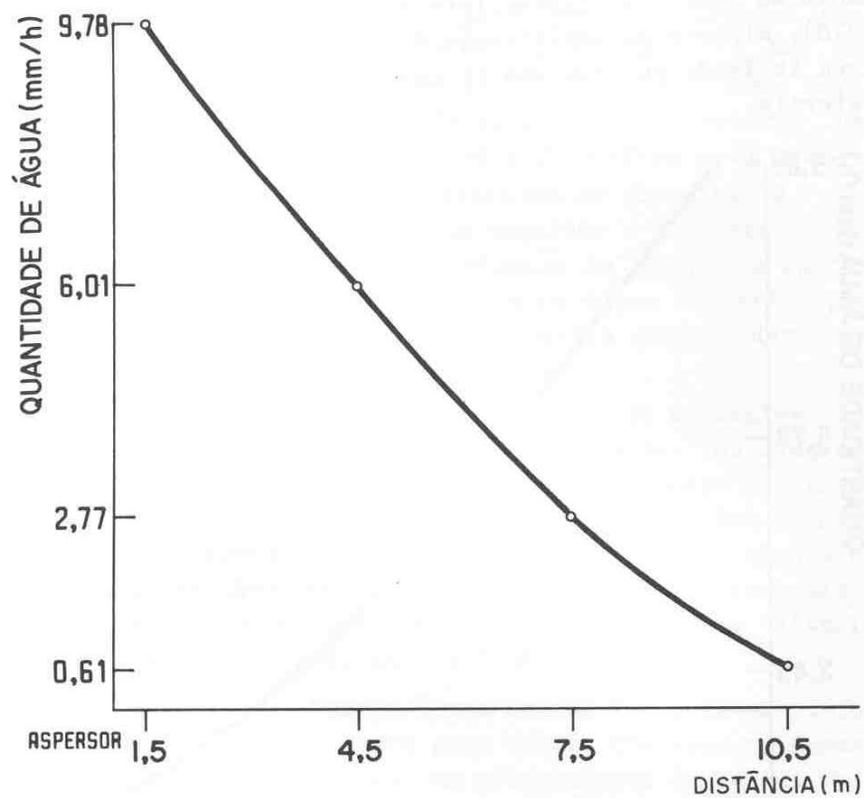


FIG. 20. Perfil de distribuição em aspersores modelo MD-20A, com bocais de 3,1mm x 2,5mm sob pressão de serviço de 3atm.

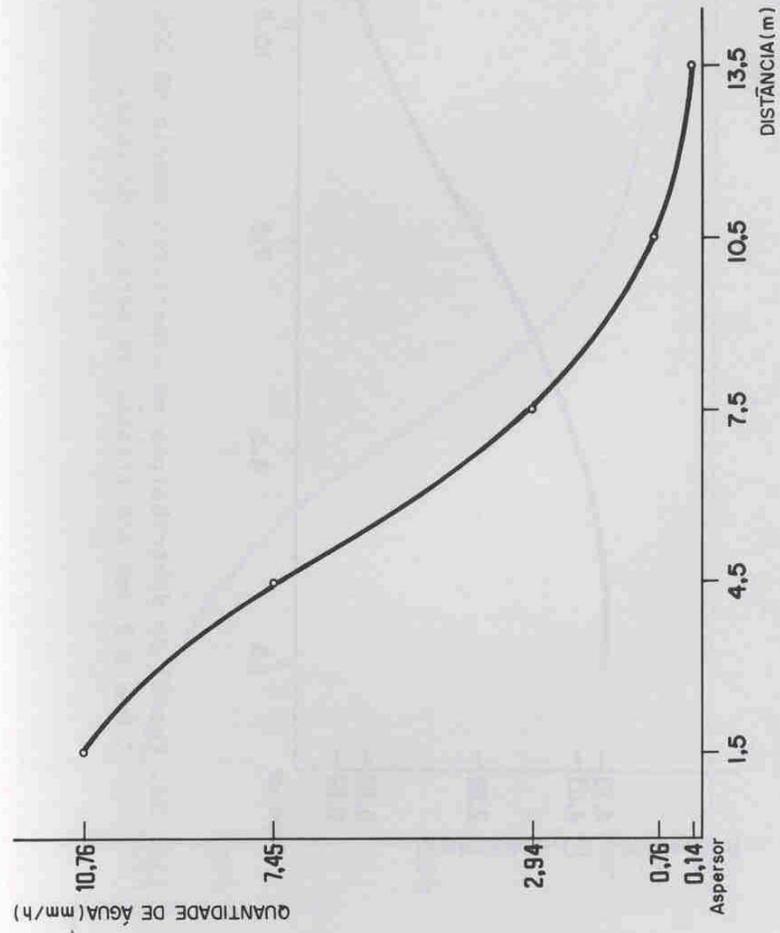


FIG. 21. Perfil de distribuição em aspersores modelo MD-20A, com bocais de 3,1mm x 2,5mm sob pressão de serviço de 4atm.

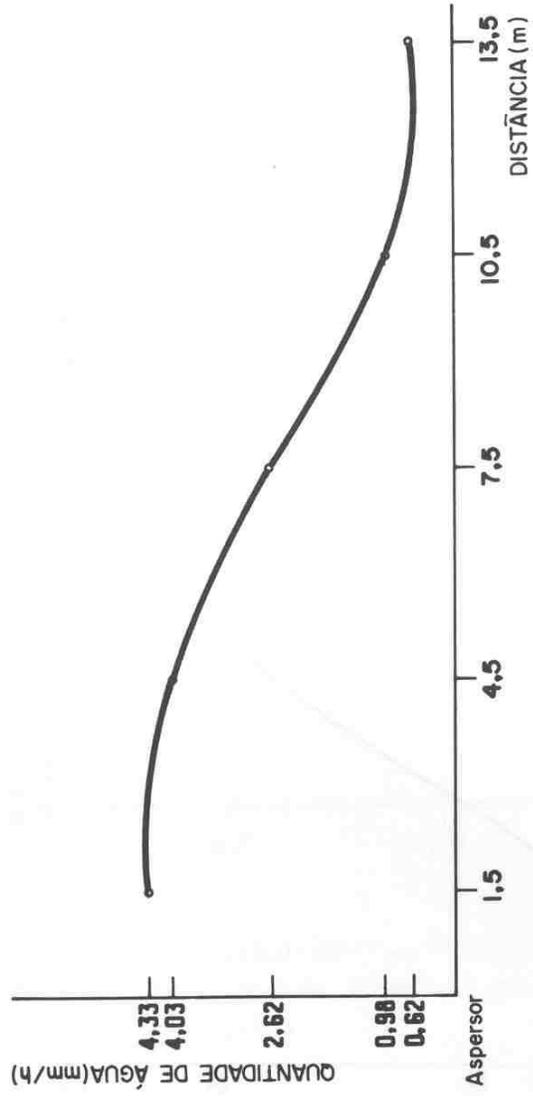


FIG. 22. Perfil de distribuição em aspersores modelo MD 20A, com bocais de 5,6mm x 2,5mm sob pressão de serviço de 2atm.

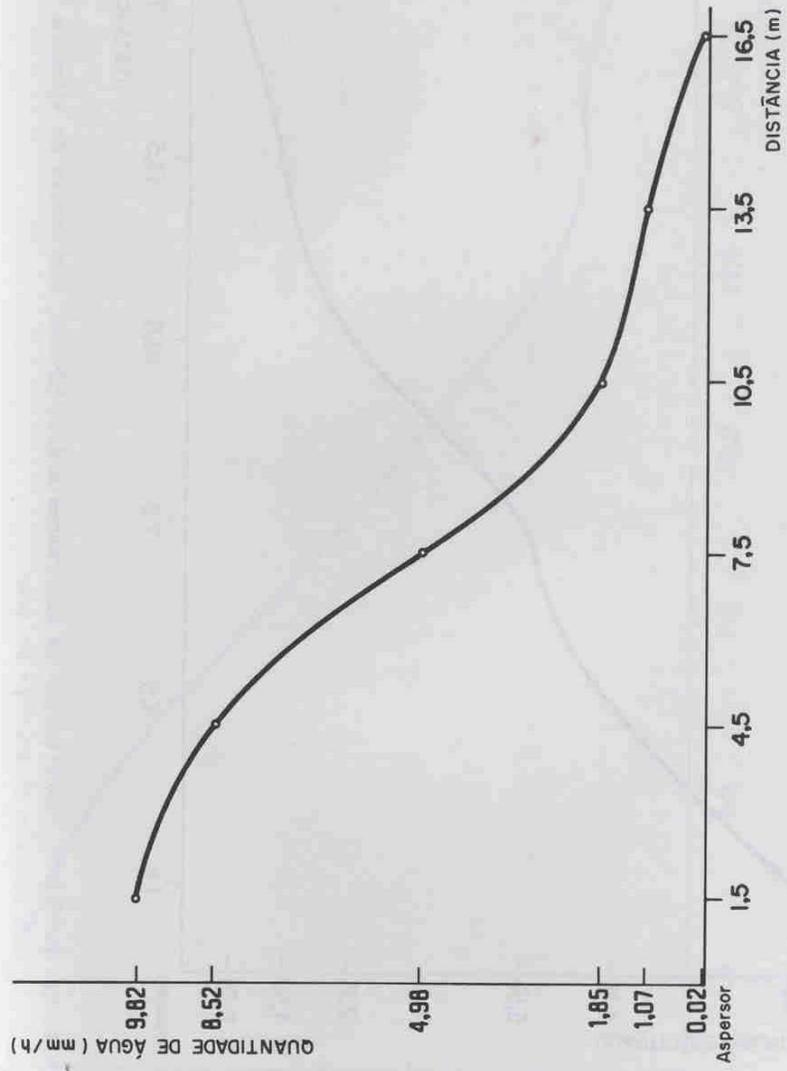


FIG. 23. Perfil de distribuição em aspersores modelo MD-20A, com bocais de 5,6mm x 2,5mm sob pressão de serviço de 3atm.

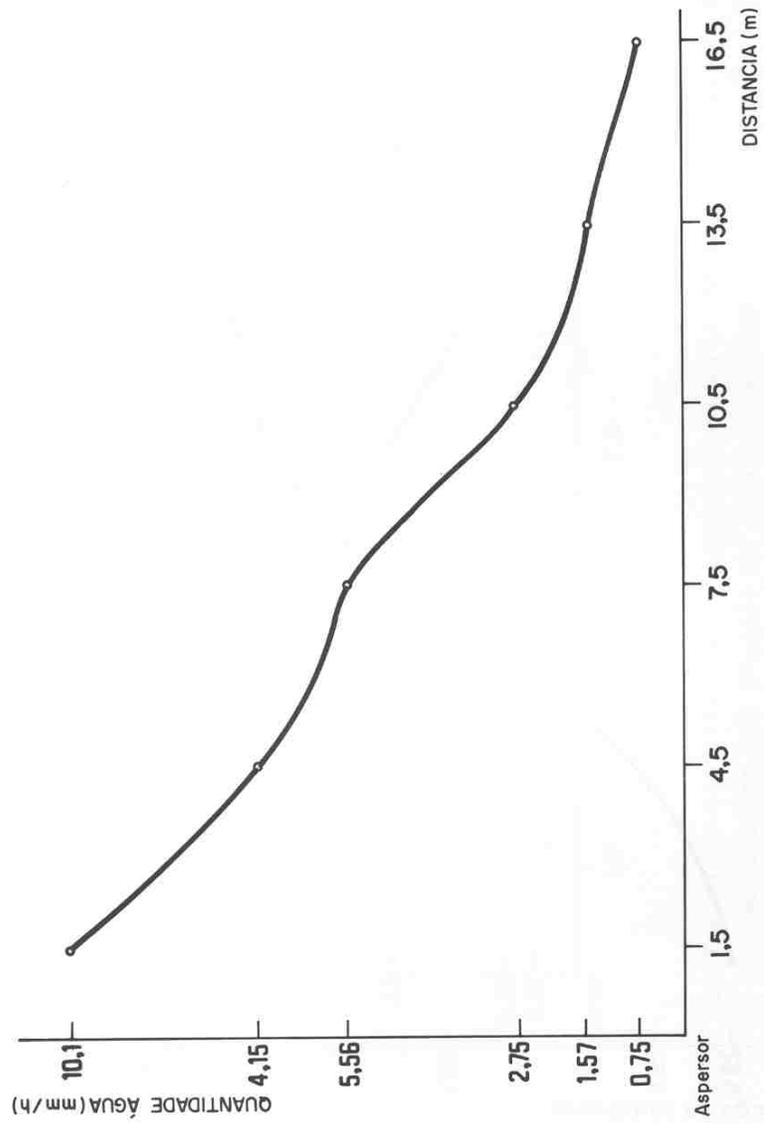


FIG. 24. Perfil de distribuição em aspersores modelo MD-20A, com bocais de 5,6mm x 2,5mm sob pressão de serviço de 4atm.

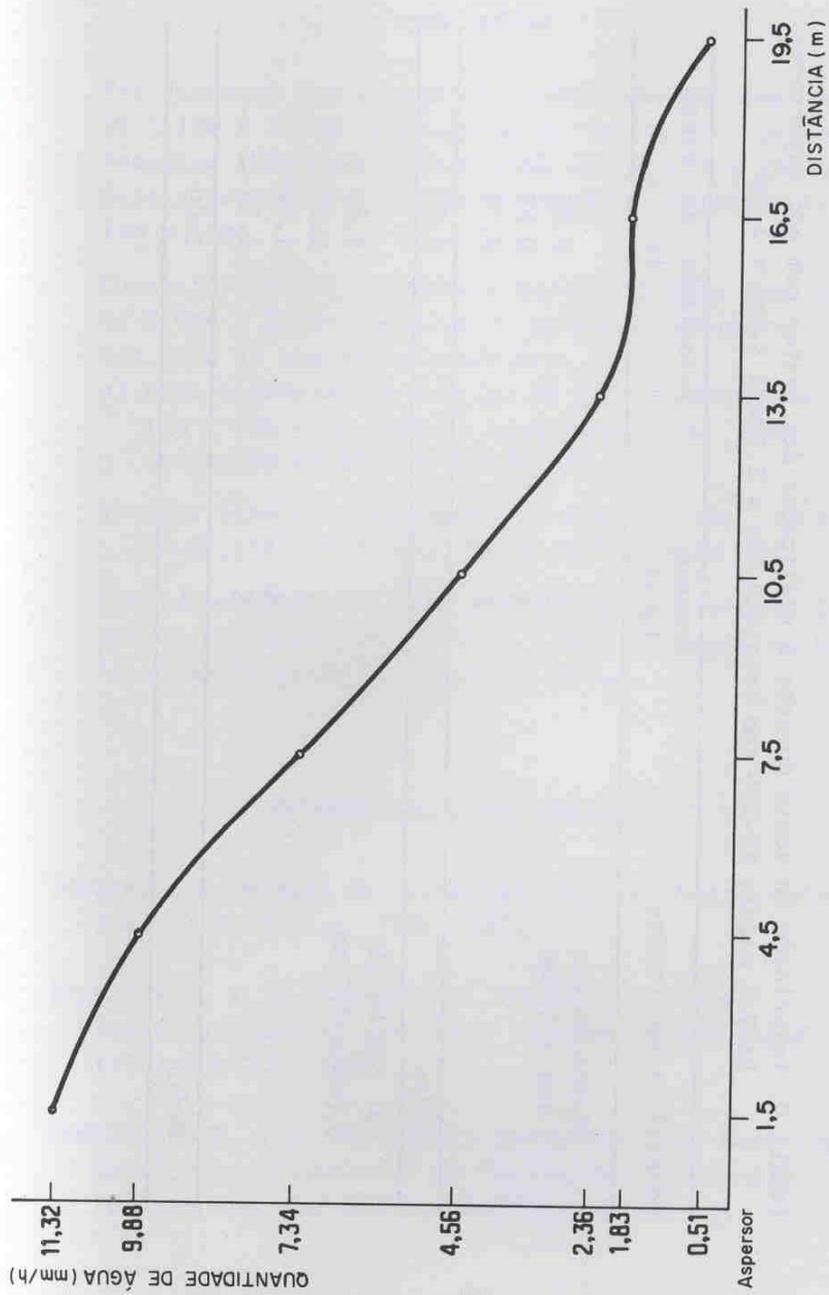


FIG. 25. Perfil de distribuição em aspersores modelo MD-20A, com bocais de 5,6mm x 2,5mm sob pressão de serviço de 5atm.

TABELA 9. Velocidade do vento durante a realização dos testes com os aspersores DANTAS modelo MD-20A com bocais 3.1mm x 2.5mm e 5.6mm x 2.5mm.

Identificação do teste	Pressão (atm)	Velocidade do vento (m /s)
MD-20A bocais 3.1mm x 2.5mm	2	0.85
	3	0.15
	4	0.75
	-	0,58
Média		
MD- 20A bocais 5.6mm x 2.5 mm	2	2.80
	3	2.06
	4	1.92
	5	1.59
	-	2.09
Média		

## CONCLUSÕES

Verificou-se que o aspersor modelo MD-20A com bocais de 3.1mm x 2.5mm apresentou os melhores parâmetros técnicos (UD=89,99%; CU=92,30%; Ei=70,06% e ZM=84,51%) para a pressão de serviço de 3atm no espaçamento de 12m x 12m;

Constatou-se que o aspersor modelo MD-20A, com bocais de 5.6mm x 2.5mm mostrou os melhores parâmetros técnicos para as seguintes condições:

- a) para a pressão de serviço de 4atm no espaçamento de 12m x 12m e de 5atm no espaçamento de 12m x 18m, obteve-se UD=82,46%, CU=87,30%;
- b) para 5atm no espaçamento de 12m x 12m, obteve-se UD=92,18%, CU=94,61%, Ei=66,74% e ZM=96,53%;

A rotação mínima (3 rpm) obtida com esse modelo de aspersor com bocais de 5.6mm x 2.5mm apresenta-se bastante acima do valor recomendado (2rpm).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERNARDO, S. Manual de irrigação. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1982. 463p.
- BRANSCHIED, V. O. & HART W.E. Predicting field distributions of sprinkler systems. Trans. ASAE, 11(6):801-3,8. 1968.
- CHRISTIANSEN, J.E. Irrigation by sprinkling. Berkeley, California, University of California, 1942. 12p. il. (California. University. Bulletin 670).

- CHU, S.T. & ALLRED, E.R. An analytic approach to determine irrigation sprinkler spacing. *Trans. ASAE*, 11(4):540-45, 1968.
- DAVIS, J.R. Measuring water distribution from sprinklers. *Trans. ASAE*, 9(1):94-7, 1966.
- GOMIDE, R.L. Determinação e análise da uniformidade de distribuição da água do sistema de irrigação por aspersão. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1978. 87p. Tese Mestrado.
- LOPES, J.E. Riego por aspersion. Petrolina, EMBRAPA-CPATSA/IICA, 1975. 33p.
- OLITTA, A.F.L. Os métodos de irrigação. São Paulo, Nobel, 1977. 261p.
- PAIR, C.H.; REID, C. & FROST, K.R. *Sprinkler irrigation*. 4.ed. Maryland, Sprinkler Irrigation Association, 1975. 615p.
- RAPOSO, J.R. A rega por aspersão. Lisboa, Livraria Clássica, 1980. 339. il.

Revisão Editorial: Maria do Socorro Amorim Gomes  
Composição: Ana Maria Vasconcelos Mendes  
Arte-final: José Clétis Bezerra  
Normatização bibliográfica: SID/CPATSA.