

**ANÁLISE DO DESEMPENHO E DA UNIFORMIDADE DE
APLICAÇÃO DE ÁGUA DO ASPERSOR RAIN BIRD® LF1200™**

REINALDO FREITAS AQUINO

2006

REINALDO FREITAS AQUINO

**ANÁLISE DO DESEMPENHO E DA UNIFORMIDADE DE
APLICAÇÃO DE ÁGUA DO ASPERSOR RAIN BIRD® LF1200™**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Jacinto de Assunção Carvalho

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2006

Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA

Aquino, Reinaldo Freitas
Análise do desempenho e da uniformidade de aplicação de água do aspersor
Rain Bird® LF1200™ / Reinaldo Freitas Aquino. -- Lavras : UFLA, 2006.

103 p. : il.

Orientador: Jacinto de Assunção Carvalho.
Dissertação (Mestrado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Irrigação. 2. Aspersor. 3. Avaliação. 4. Uniformidade. 5. Perfil de
distribuição. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-631.587

REINALDO FREITAS AQUINO

**ANÁLISE DO DESEMPENHO E UNIFORMIDADE DE
APLICAÇÃO DE ÁGUA DO ASPERSOR RAIN BIRD® LF1200™**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 21 de fevereiro de 2006

Prof. Dr. Geraldo Magela Pereira

UFLA

Prof. Dr. Denis César Cararo

UFLA

Prof. Dr. Jacinto de Assunção Carvalho
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL

OFEREÇO E DEDICO

A Deus

Aos meus pais Reginaldo e Maria das Graças

Às minhas irmãs Regimeire e Carolina

À minha sobrinha e afilhada Maria Fernanda

A todos meus familiares e amigos

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Lavras (UFLA) e Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola por oferecer oportunidade de realização do curso;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, pela concessão de bolsa de estudo e pela oportunidade de aprimoramento;

Ao professor Dr. Jacinto de Assunção Carvalho, pelos anos de orientação, dedicação, ensinamentos e auxílio nos estudos e projetos de pesquisa;

Aos professores Dr. Geraldo Magela Pereira e Dr. Carlos Rogério de Mello, pela co-orientação no desenvolvimento do trabalho;

Ao professor PhD. Alberto Colombo e ao Mestre Giuliani do Prado, pelo auxílio e sugestões para o desenvolvimento deste;

À empresa Lavras Irrigação LTDA pelo apoio e fornecimento dos aspersores utilizados no experimento;

A toda a equipe que auxiliou na coleta de dados: Guilherme L. Mesquita (Bozo), Léo F. Ávila (Cabeça), Marcus V. G. e Silva (Big Lula's) e Thiago B. Campos (Ranouri);

Aos amigos de República: Adriano Azevedo (Jacaré), Evandro (Matosso), Bernardo P. Rodriguez (Véio), Marcelo R. Viola (Brad Pitt), Ricardo Braghiroli (Frango) e Rodrigo Pedrozo (Piu);

A todos os amigos conquistados durante os estudos e durante o desenvolvimento desta dissertação.

BIOGRAFIA

Reinaldo Freitas Aquino, filho de Reginaldo Pereira de Aquino e Maria das Graças Ferreira de Freitas, irmão de Regimeire e Carolina Freitas Aquino, nascido em 11 de março de 1981, em Ipatinga/MG, Brasil.

Realizou os estudos do 1º e 2º grau no Instituto Educacional Mayrink Vieira, em Ipatinga/MG, formando-se em outubro de 1998. Ingressou no Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Lavras em Setembro de 1999.

Durante a graduação, foi estagiário do setor de topografia e cartografia do Departamento de Engenharia, monitor da disciplina Desenho Técnico I, Integrante do Programa Especial de Treinamento (PET – Engenharia Agrícola) e bolsista do CNPq, como aluno de iniciação científica, com concentração na área de Irrigação e Drenagem, graduando-se Engenheiro Agrícola em julho de 2004.

Ingressou no curso de mestrado no Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras, em agosto de 2004, na área de concentração de Irrigação e Drenagem, concluindo-o em fevereiro de 2006.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Irrigação por aspersão	3
2.2 Ensaio com aspersores.....	3
2.3 Uniformidade de distribuição de água.....	5
2.4 Fatores que afetam a distribuição de água pelos aspersores	6
2.4.1 Pressão.....	6
2.4.2 Vento	8
2.4.3 Bocal.....	9
2.4.4 Sobreposição	10
2.4.5 Altura do tubo de elevação	11
2.5 Perfil de distribuição de água dos aspersores	11
2.6 Raio de alcance.....	14
2.7 Velocidade de rotação	14
2.8 Intensidade de aplicação de água	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Método de amostragem	21
3.2 Grau de pulverização.....	24
3.3 Velocidade de rotação	24
3.4 Curva Característica dos emissores	25
3.5 Uniformidade de aplicação de água	25
3.6 Intensidade de aplicação de água	27
3.7 Perfil de distribuição	27
3.7.1 Perfil de distribuição adimensional	27

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Grau de pulverização.....	31
4.2 Curva Característica dos emissores	32
4.3 Ensaio sem campânula.....	34
4.4 Raio de alcance.....	35
4.5 Velocidade de rotação	39
4.6 Perfis radiais de aplicação de água.....	41
4.6.1 Representação espacial dos perfis radiais	46
4.7 Uniformidade de aplicação de água	53
5 CONCLUSÕES	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS A	85
ANEXOS B	94

RESUMO

AQUINO, Reinaldo Freitas. **Análise do desempenho e da uniformidade de aplicação de água do aspersor Rain Bird® LF1200™**. LAVRAS: UFLA, 2006. 103 p. (Dissertação - Mestrado em Engenharia Agrícola/Irrigação e Drenagem) *.

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Hidráulica da Universidade Federal de Lavras, sendo realizada a caracterização do aspersor LF1200™ da Rain Bird®, com o objetivo de avaliar a influência do uso de diferentes ângulos de defletores, diâmetros de bocais e pressões de serviço, no desempenho do aspersor, em relação à uniformidade e a intensidade de aplicação de água, sobre o raio de alcance e a velocidade de rotação do aspersor. Foram realizados ensaios em ambiente fechado, utilizando-se o método de avaliação radial de coleta dos dados, seguindo-se a norma ABNT (1999). Foram utilizadas pressões de 170 a 410 kPa, três diâmetros de bocais (2,18; 2,39 e 2,59 mm) e quatro ângulos de defletores (6°, 10°, 12° e 16°). Utilizou-se o processo de adimensionalização sugerido por Solomon e Bezdek (1980) para ajustar os 52 perfis radiais obtidos e realizar o agrupamento destes através do algoritmo de agrupamento denominado “K-means”, obtendo-se 5 formatos geométricos distintos. A simulação da uniformidade de aplicação de água (CUC) apresentou melhores resultados para os menores intervalos de espaçamentos, defletores de maior alcance e maiores pressões de serviço. As equações potenciais geradas para caracterizar a relação vazão versus pressão apresentaram bom ajuste. A utilização de diferentes bocais não apresentou fonte de grande variação entre as variáveis analisadas, influenciando somente a intensidade de aplicação de água e a velocidade de rotação do aspersor. A utilização de diferentes defletores e pressões mostrou-se mais representativa, exercendo influência sobre o raio de alcance, perfil de distribuição, velocidade de rotação e uniformidade de distribuição de água. Porém, a relação entre combinações de bocais, defletores e pressões de serviços apresentou características singulares a cada conjunto, o que caracteriza a utilização do aspersor em diferentes condições operacionais.

*Comitê Orientador: Jacinto de Assunção Carvalho – DEG/UFLA (Orientador), Geraldo Magela Pereira – DEG/UFLA e Carlos Rogério de Mello – DEG/UFLA (Co-Orientadores)

ABSTRACT

AQUINO, Reinaldo Freitas. **Analysis of the performance and water uniformity application of Rain Bird® LF1200™ sprinkler.** LAVRAS: UFLA, 2006. 103 p. (Dissertation - Master of Science in Agricultural Engineering, Irrigation and Drainage).*

The present experiment was conducted at the Hydraulics Laboratory of the Federal University of Lavras, aiming the performance evaluation of the LF1200™ of Rain Bird® sprinkler. The influence of different combinations of Deflector trajectory outlets, nozzle size and operational pressure on Christiansen uniformity Coefficient (CUC), application intensity, reach radius and sprinkler rotation time sprinkler was determined. “*In Door*” tests were run, according to the radial method of data collection described by the ABNT (1999) standard, using different operation pressures (from 170 kPa up to 410 kPa), three nozzles diameters (2.18; 2.39 and 2.59 mm) and four deflector angles, (6°, 10°, 12° and 16°). The 52 water distribution curves were normalized and submitted to clustering analysis (K-Means algorithm), as suggested by Solomon and Bezdek (1980), that was able to identify the occurrence of normalized distribution curves with five different geometric shapes. Better simulated CUC values were achieved when using smaller spacings, larger jet deflection angles and higher operation pressures. Equations generated to characterize the flow-pressure relationship presented good correlation. Water application intensity and sprinkler rotation time were the only parameters affected by nozzle size. Radius of reach, water distribution curve shape, sprinkler rotation time, and water application uniformity were more affected by Deflector trajectory outlets and operational pressure. However, combinations among nozzles, jet inclination angle and operational pressure presented singular characteristics to each group, what characterizes the use of the sprinkler in different operational conditions.

*Guidance Committee: Jacinto de Assunção Carvalho – DEG/UFLA (Major Professor), Geraldo Magela Pereira – DEG/UFLA and Carlos Rogério de Mello – DEG/UFLA (Co-Major Professors).

1 INTRODUÇÃO

O processo de dimensionamento e operação de sistemas de irrigação requerem tomadas de decisões que dependem do conhecimento sobre as relações entre a uniformidade de distribuição da água e sua conseqüente eficiência de aplicação, além dos critérios operacionais adotados no manejo da irrigação.

A opção pela introdução da irrigação no processo de produção agrícola é tomada com base na probabilidade de ser atingido um certo nível de eficácia na aplicação desta técnica, alcançando-se uma relação custo - benefício cuja maximização depende dos fatores que vão desde as condições do mercado para os produtos agrícolas até as características de desempenho dos emissores (Pereira, 2003).

Por isso, durante a etapa de desenvolvimento do projeto de irrigação, é necessário um profundo conhecimento sobre as variáveis a serem dimensionadas, procurando aproximá-lo de condições ideais de implantação e manejo.

Dentre estas, uma das principais é a escolha dos emissores a serem utilizados. A segurança na escolha desta esta baseada na quantidade e qualidade de informações disponíveis, que caracterizam seu desempenho.

Normalmente, os dados fornecidos pelos fabricantes são restritos, tanto em valores quantitativos como qualitativos, sendo disponibilizado somente informações básicas e em valores pré-estabelecidos por estes. Informações importantes como perfil de distribuição e uniformidade com que a lâmina é distribuída ao longo de uma área ou espaçamento não são disponibilizados, geralmente por falta de estudos neste sentido.

Bilanski & Kidder (1958) destacam que os perfis de distribuição são necessários na pesquisa, no desenvolvimento de novos protótipos, no controle de

qualidade de fabricantes e na avaliação feita por organizações de usuários e projetistas, requerendo rotina de ensaios com um grande número de combinações aspersor-bocal-pressão.

Deste modo, o presente trabalho objetivou avaliar o desempenho técnico do aspersor de impacto LF1200™ da RAIN BIRD®, apresentando os efeitos proporcionados pelo uso de diferentes ângulos de defletores, diâmetros de bocais e pressões de serviço sobre a uniformidade, perfil de distribuição e intensidade de aplicação de água, bem como sobre o raio de alcance e a velocidade de rotação do aspersor, fornecendo dados complementares a aqueles fornecidos pelo fabricante e contribuindo para a sua melhor adequação às condições operacionais de campo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Irrigação por aspersão

A aplicação de água no solo, com fim de fornecer às espécies vegetais umidades ideais para seu desenvolvimento, podem ser feita por meio de diversos métodos de irrigação. Esta é uma forma de repor artificialmente água ao solo, proporcionando uma umidade ótima para o desenvolvimento das culturas (Pereira, 2000).

A escolha do método ideal se baseia em vários parâmetros como: cultura a ser irrigada, tipo e declividade do solo, tamanho da área, dentre outros. Um dos sistemas mais utilizados é o da aspersão, devido à adaptabilidade em diversas culturas, em diferentes tipos de solos e à qualquer topografia (Bernardo et al., 2005).

Neste sistema, a água é aspergida por meio de aspersores que lançam o líquido sobre pressão e grande velocidade para a atmosfera, chocando-se com o ar e pulverizando-se em gotas (Pereira, 2000), com o objetivo de distribuir água sobre a superfície do solo semelhante a uma chuva de baixa intensidade, de modo que essa possa ser absorvida pelo solo sem que ocorra escoamento superficial, proporcionando uma distribuição uniforme da lâmina aplicada (Christiansen, 1942).

2.2 Ensaio com aspersores

Normalmente, estudos de avaliação de equipamentos para irrigação visam avaliar o desempenho destes procurando a sua adequação a uma

determinada condição de utilização e a realização de estudos comparativos entre os dados fornecidos pelos fabricantes e os valores obtidos em campo, possibilitando uma melhor indicação de uso dos mesmos.

Estes ensaios também tendem a completar a surpreendente falta de informações técnicas sobre os diversos modelos de aspersores disponíveis no mercado, o que torna difícil uma correta seleção destes (Martín-Benito et al., 1992).

Bernardo et al. (2005) mencionam que os catálogos dos fabricantes, geralmente, trazem os dados de vazão, espaçamento, diâmetro dos bocais, pressão de operação e intensidade de aplicação, sendo ideal que nestes também constasse o coeficiente de uniformidade de distribuição de água do aspersor, para a faixa de operação recomendada por este.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (1999b) define a metodologia para ensaio de aspersores rotativos, destacando o método da malha e o método radial. O primeiro consiste em se espalhar coletores ao redor do aspersor, igualmente espaçados, formando uma malha. O segundo utiliza os coletores distribuídos ao longo de uma linha, radial ao aspersor.

Victoria (1992), menciona que o método radial reduz o tempo e o espaço necessário à sua realização. Por essa razão, verifica-se a tendência entre pesquisadores do uso destes ensaios em ambiente fechado para caracterização de equipamentos, na ausência de vento.

Vilas Boas (1994), estudando métodos de amostragem da distribuição espacial de água pelos aspersores, concluiu que o método de amostragem radial é equivalente ao método de amostragem tradicional, ou seja, o método de amostragem em malha. O autor sugere que, devido à facilidade e economia dos métodos radiais, estes devem ser aplicados, viabilizando assim a realização dos ensaios em ambientes fechados, na ausência de vento.

2.3 Uniformidade de distribuição de água

A eficiência de irrigação na aspersão engloba a desuniformidade com que a água é distribuída pelo sistema sobre a superfície do solo e das plantas, além das perdas de água por evaporação e por arrastamento pelo vento. A eficiência varia conforme o sistema de irrigação, o dimensionamento hidráulico, a manutenção do sistema e as condições climáticas (Marouelli et al., 2001).

Christiansen (1942), caracterizou pela primeira vez, a uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação, utilizando aspersores rotativos e determinando o efeito da pressão de serviço, da rotação, do espaçamento entre aspersores e da velocidade do vento. O autor estabeleceu, a partir deste estudo, o parâmetro conhecido como Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC). Ainda hoje, este é o índice mais utilizado para caracterizar a uniformidade de aplicação de água para a aspersão.

Frizzone (1992) cita que no sistema de irrigação por aspersão e para culturas de alto valor econômico, com sistema radicular raso, o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) deve-se apresentar acima de 88%; para culturas com sistema radicular médio, um CUC variando entre 80 e 88%, e para frutíferas ou culturas com sistema radicular profundo, um valor de CUC entre 70 e 80%.

Já Keller & Bliesner (1990) mencionam que, embora valores de CUC e UD sejam relativos, valores de CUC < 75% e UD < 60% são considerados baixos, usados para culturas de baixos valores econômicos. Para culturas de maior valor, recomenda-se CUC > 84% e UD > 75%.

Martín et al. (1992) afirmam que baixos valores de coeficiente de uniformidade freqüentemente indicam uma combinação incorreta entre pressão de operação, espaçamento dos aspersores, número e tamanho de bocais.

Frizzone & Dourado Neto (2003) ressaltam que um valor de CUC de 85% é o mínimo aceitável.

Um único valor de Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) pode representar duas ou mais distribuições espaciais diferentes de água, resultando em diferentes produtividades de uma mesma cultura. Observa-se uma maior amplitude de variação em culturas submetidas a valores de CUC inferiores a 80% (Coelho 1990).

2.4 Fatores que afetam a distribuição de água pelos aspersores

Muitos fatores afetam a uniformidade de distribuição de água pelos aspersores no campo e, conseqüentemente, a eficiência da irrigação. Dentre estes, destacam-se: a pressão de operação, espaçamento, velocidade de rotação e o tipo de bocal do aspersor, influência do vento e altura do tubo de elevação.

2.4.1 Pressão

A utilização mais comum na agricultura irrigada é de aspersores de média pressão, com um ou mais bocais, possibilitando uma precipitação adequada a quase todos os tipos de solo e cultura (Olitta, 1987).

Segundo Bernardo et al. (2005), a descarga do aspersor é função do diâmetro e da pressão no bocal. Os aspersores devem funcionar dentro dos limites de pressão especificados pelo fabricante, para obter um bom perfil de distribuição. Pressão muito alta causará uma excessiva pulverização do jato d'água, diminuindo seu raio de alcance e causando uma precipitação excessiva próxima ao aspersor. Pressão muito baixa resultará numa inadequada pulverização, ocasionando um perfil de distribuição muito irregular, conforme demonstrado na Figura 1.

2.4.2 Vento

O efeito da ação do vento sobre a distribuição de água dos aspersores constitui uma das mais importantes causas da baixa uniformidade de aplicação de água em condições de campo.

O vento atua distorcendo o perfil de distribuição de água dos aspersores e derivando água para fora da área de domínio destes. A grandeza desse efeito depende do tipo de aspersor, da pressão de operação (atuando sobre o tamanho das gotas), da velocidade e direção do vento, da altura do aspersor e da velocidade de rotação do aspersor. (Pereira, 2003).

Segundo o mesmo autor, o grau de pulverização (Gp) é um bom índice para caracterizar a susceptibilidade de um aspersor à influência do vento, pois representa a dimensão das gotas pulverizadas pelo jato. A classificação adotada para este índice, usualmente, é representada pelos limites apresentados na Tabela 2.

TABELA 2. Classificação dos aspersores quanto ao grau de pulverização (Gp).

Classificação	Limites
Grossa	< 3
Semi-grossa	3 – 4
Semi-fina	4 – 5
Fina	5 – 6
Finíssima	> 6

FONTE: Pereira, 2003.

Os efeitos do vento podem ser minimizados, adotando-se medidas como instalação das linhas laterais perpendiculares à direção predominante do vento, escolha de aspersores com menor intensidade de aplicação, que possibilita um maior tempo de funcionamento por posição, e através do decréscimo do espaçamento entre aspersores, tanto na linha de irrigação como entre linhas laterais (Bernardo et al., 2005).

Victoria (1992) destaca que ensaios de aspersores realizados em laboratório, em ambiente fechado, permitem melhor controle das variáveis de teste, tornando mais precisas às determinações e mais confiáveis as relações obtidas, inclusive por evitar a influência do vento. Desta forma, os resultados apresentarão maior universalidade e será possível melhor comparação entre os parâmetros de interesse para projetos.

2.4.3 Bocal

Os diferentes tipos de bocais também influenciam na distribuição d'água dos aspersores. Solomon & Bezdek (1980) afirmam que o padrão de distribuição pode ser controlado pela geometria dos bocais (tamanho, forma e ângulo), combinação de bocais e pressão de operação.

Barreto (1997), estudando a influência da forma do orifício do bocal de uma aspersor no Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, concluiu que bocais de diferentes formatos produzem valores distintos de uniformidade de aplicação, nas condições por ele ensaiadas. Para os bocais fornecidos pelo fabricante do aspersor, nas formas quadrangular, triangular e circular, observou-se maiores valores de CUC para este primeiro.

2.4.4 Sobreposição

Para obter boa uniformidade de aplicação d'água sobre a área irrigada, os aspersores devem ser espaçados de modo que se obtenha uma sobreposição entre os perfis de distribuição d'água dos aspersores, ao longo da linha lateral e entre linhas laterais ao longo da linha principal (Bernardo et al., 2005).

O raio de alcance dos aspersores é uma característica fundamental, pois parâmetros importantes para a irrigação, e a própria área molhada pela lateral de aspersão, podem ser determinados a partir dele. Do ponto de vista econômico, o raio de alcance é utilizado como determinante do máximo espaçamento entre aspersores, necessário para obtenção de uma boa uniformidade, indicando desta forma, o custo do equipamento e/ou necessidade de mão-de-obra (Kincaid, 1982).

A uniformidade de distribuição de água depende, principalmente, do modelo ou perfil de distribuição de água produzido pelo aspersor, assim como o espaçamento entre estes, conforme demonstra a Figura 2 (Pereira, 2003).

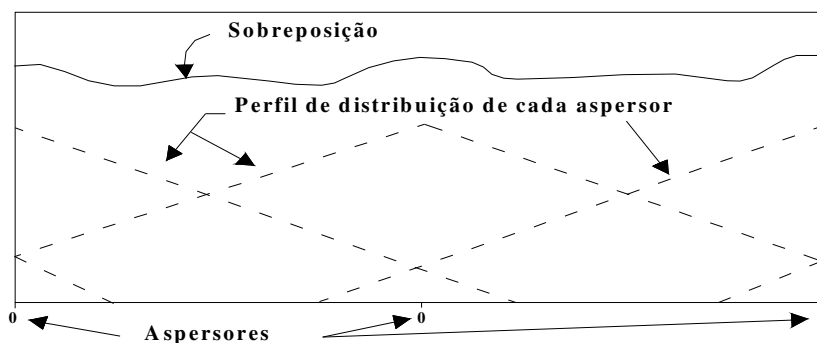


FIGURA 2: Perfil de distribuição resultante da sobreposição destes.
FONTE: Pereira (2003).

2.4.5 Altura do tubo de elevação

Os tubos de elevação prestam-se para manter o aspersor a uma altura adequada em relação à copa das plantas e para eliminar ou reduzir a turbulência da água, quando esta é derivada da linha lateral para o aspersor, assegurando uma irrigação mais uniforme e eficiente. O tubo de elevação deve estar perpendicular à superfície do solo e bem acoplado à linha lateral, para evitar instabilidade. Em geral são sustentados por tripé e a sua altura depende do porte da cultura.

Gomide (1978) estudou a influência da altura do tubo de elevação (entre 0,5m e 2,0m) na uniformidade de distribuição de água por um aspersor de média capacidade, no espaçamento de 18m x 18m, e verificou que o aumento na altura promoveu aumento linear no coeficiente de uniformidade, em média na razão de 2,2% para cada metro de altura, para velocidades de vento entre 0,0 e 2,0 m.s⁻¹.

2.5 Perfil de distribuição de água dos aspersores

O perfil de distribuição de água constitui uma característica do aspersor, definindo a forma como a água é distribuída espacialmente, sendo de interesse para se decidir a melhor disposição dos aspersores no terreno e seus espaçamentos, com vista a um adequado coeficiente de uniformidade.

É consenso que os perfis de aplicação de água são importantes para estudos de uniformidade em diversas condições operacionais (pressões, bocais, espaçamentos, entre outros). Esse perfil pode ser determinado através de ensaio com braço radial de coletores, em local fechado. Com o giro do perfil, é produzida a malha espacial, para ser sobreposta nos espaçamentos de interesse e usada no cálculo dos respectivos valores de CUC, utilizando-se de interpolação

linear para gerar os pontos da malha que não coincidirem com a distância ao longo do eixo radial (Chen & Wallender, 1984; e Seginer et al., 1992).

Estudando a uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação por aspersão em linha, Arruda (1981) analisou os perfis obtidos e concluiu que estes sofreram forte influência da combinação de diâmetros dos bocais propulsores e ejetor, alertando para a necessidade de estudos que determinem as melhores relações de diâmetros dos aspersores nacionais.

Pereira (2003) menciona que existem três formas típicas de perfil de distribuição: triangular, elíptico ou retangular e “Rosquilla” ou “*doughnut*” (Figura 3a, 3b e 3c, respectivamente).

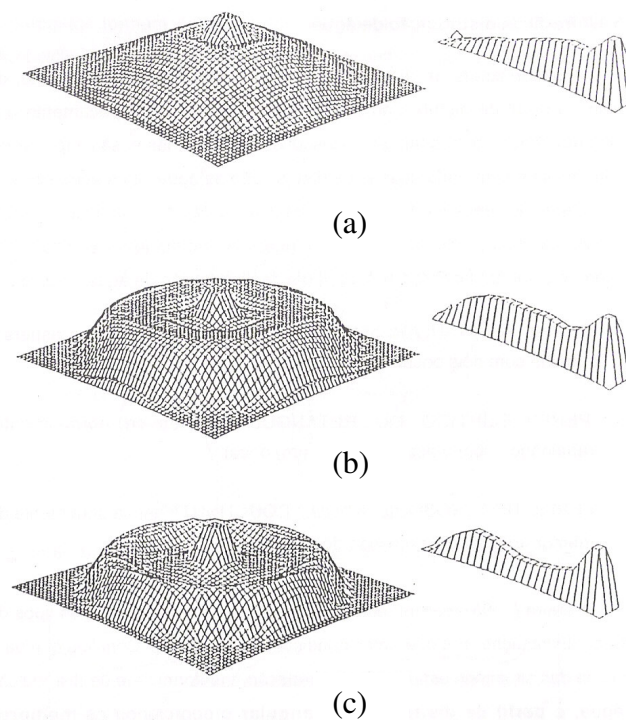


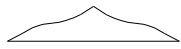
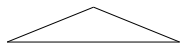
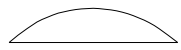
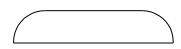

FIGURA 3: Distribuição espacial e perfil de distribuição de água triangular (a), elíptico (b) e do tipo “*doughnut*” (c).
FONTE: Pereira (2003).

Wilcox & Mcdougald, citados por Pino (1998), estudaram a influência de diferentes perfis, espaçamentos e pressão de operação do aspersor na uniformidade de distribuição de água. Os autores concluíram que, em geral, o melhor perfil de distribuição é o que apresenta decréscimo uniforme nas lâminas de água do aspersor para a periferia da área molhada. Contudo, estes ressaltam que também se deve simular espaçamentos entre aspersores, em função do perfil de distribuição e influência do vento.

A mesma opinião é compartilhada por Kincaid (1991), que relata que um padrão desejável do perfil deve ter taxas de aplicação decrescendo continuamente a partir do aspersor, podendo apresentar a forma triangular ou retangular.

Keller & Blienser (1990) recomendam a utilização de espaçamentos entre aspersores em função do perfil do aspersor e da porcentagem do diâmetro molhado (Tabela 3).

TABELA 3: Espaçamentos recomendados entre aspersores em função do perfil de distribuição e do diâmetro molhado.

PERFIL DO ASPERSOR		Recomendações do espaçamento em função da porcentagem do diâmetro molhado		
Tipo	Forma	Quadrado	Triângulo Equilátero	Retângulo Menor x Maior
A		50	50	40 x 60 a 65
B		55	66	40 x 60
C		60	65	40 x 60 a 65
D		40 70 (favorável)	70 a 75	40 x 70 a 75
E		40 80 (favorável)	80	40 x 80

FONTE: Keller & Blienser (1990)

Geralmente, o perfil de precipitação dos aspersores existentes não corresponde à forma triangular, considerada ideal, principalmente sob condições de vento (Finkel, 1982), como mencionam Martín-Benito et al. (1992), que obtiveram maiores valores de CUC para o perfil de formato triangular, enquanto que o formato do tipo “doughnut” apresentou os menores.

2.6 Raio de alcance

Juntamente com o perfil de distribuição de água, também se obteve o raio de alcance do aspersor. A norma adotada especifica que este corresponde à máxima distância medida referente ao coletor que recebeu, no mínimo, uma intensidade de 0,25mm/h.

2.7 Velocidade de rotação

O sistema de giro dos aspersores varia de acordo com o porte destes, podendo ser realizado pelo impacto de um braço oscilante com mola, por sistema de contra peso (balancim) ou por um sistema de engrenagens tipo turbina, aproveitando a energia da água que atravessa o aspersor, assim como o movimento de rotação provocado por uma esfera metálica, localizada no interior de aspersores de pequeno e médio porte, que utiliza a energia da água a ser aspergida (Pereira, 2003).

Ribeiro, citado por Victoria (1992), destaca que a velocidade de rotação é um importante fator a ser considerado na seleção do aspersor, principalmente com relação à textura e estrutura do solo. O mesmo destaca que o giro do aspersor deve ser uniforme durante os quatro quadrantes, proporcionando uma boa uniformidade de distribuição.

2.8 Intensidade de aplicação de água

Segundo Keller & Bliesner (1990), a Intensidade de aplicação prática mínima para se obter distribuição razoavelmente boa e alta eficiência sob condições climáticas favoráveis é de 3 mm/h. O critério básico recomendado para a escolha desta Intensidade de aplicação em um aspersor é que este se encontre em limites inferiores ou iguais ao da infiltração básica do solo, determinada pelo teste de infiltração. Esta característica visa impedir que ocorra escoamento superficial oriundo da lâmina aplicada e, também, danos à superfície do solo.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado no Laboratório de testes de Equipamentos para Irrigação, anexo ao Laboratório de Hidráulica, pertencente ao Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Minas Gerais. A metodologia utilizada foi aquela especificada pelos Projetos 04: 015.08-012 e 04:0 15.08-013 (parte 2), da ABNT (1999a e 1999b, respectivamente).

O emissor avaliado foi o aspersor RAIN BIRD[®], série LF1200[™] (RAIN BIRD, 2006), que possui como componentes defletores de ângulos de 6° (roxo), 10° (branco), 12° (azul) e 16° (vermelho), além dos bocais laranja, roxo e amarelo, de diâmetro nominal de 2,18mm (0,086”), 2,39mm (0,094”) e 2,59 mm (0,102”), respectivamente (Figura 4).

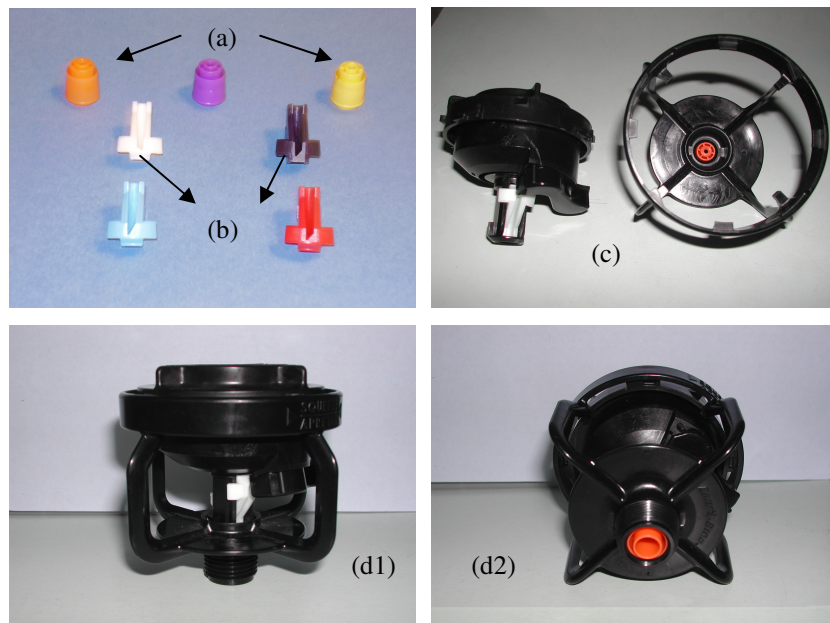


FIGURA 4. Detalhe dos bocais (a), defletores (b), do corpo do aspersor (c) e da acoplagem do defletor (d1) e do bocal (d2).

Estes aspersores possuem o bocal na parte inferior do corpo do aspersor, próximo ao acoplamento deste com o tubo de subida, sendo o jato direcionado através dos defletores situados sobre os bocais, obtendo-se um grande conjunto de combinações que credenciam o aspersor para diversas condições de operações.

Foram utilizados 4 defletores x 3 bocais x 2 aspersores. Os conjuntos bocais x defletores foram alternados no corpo dos aspersores para se obter duas repetições para cada nível de pressão estudado, totalizando 104 ensaios, conforme recomendações das normas adotadas. Os valores de pressão estudados foram retirados do catálogo do fabricante do aspersor e podem ser observados na Tabela 4 (RAIN BIRD, 2006).

TABELA 4: Relação Defletor x Bocal que serão utilizadas, juntamente com as pressões de serviço.

Defletor	Bocais	Pressão de Operação (kPa)				
6° Roxo	Laranja		210	280	340	410
	Roxo	170	210	280	340	410
	Amarelo	170	240	280	310	
10° Branco	Laranja		210	280	340	410
	Roxo	170	210	280	340	410
	Amarelo	170	240	280	310	
12° Azul	Laranja		210	280	340	410
	Roxo	170	210	280	340	410
	Amarelo	170	240	280	310	
16° Vermelho	Laranja		210	280	340	410
	Roxo	170	210	280	340	410
	Amarelo	170	240	280	310	

O aspersor foi instalado a 1,0 m de altura, sobre uma tubulação de PVC, encontrando-se o bocal de saída do aspersor a uma distância vertical de 0,90 m

dos coletores, conforme recomendações da norma adotada que especifica que a distância entre o bocal do aspersor e o bordo superior dos coletores mais próximos deste não deva ser inferior a 50 cm.

O aspersor foi colocado no centro de uma campânula de 1m de diâmetro, que restringia o jato de água somente sobre os coletores, dispostos sobre a superfície do solo (Figura 5).



FIGURA 5. Posição do aspersor e dos coletores.

Antes de cada ensaio, o braço oscilante do aspersor era travado e o jato d'água direcionado para dentro da campânula, impedindo seu giro e o lançamento de água sobre os coletores. Este procedimento foi adotado até que as leituras de pressão e vazão indicassem valores estáveis. Posteriormente, os registros destes dados eram efetuados a intervalos de 15 min, assim como da velocidade de rotação do aspersor. Neste mesmo intervalo, seguindo

recomendação da norma adotada, era efetuado um giro de 90° ao aspersor, quando este não se encontrava sobre a linha de coletores.

Um sistema motobomba foi utilizado para pressurizar a água de um reservatório de 500 litros, mantido a nível constante, através de uma tubulação de polietileno com diâmetro de 3/4 polegada, até o tubo de subida do aspersor (Figura 6).

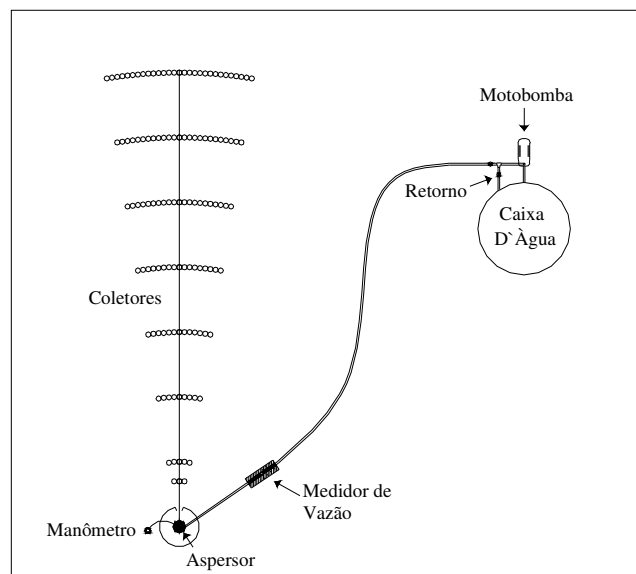


FIGURA 6. Croqui da área experimental.

Os ensaios tiveram a duração de 1 hora, sendo o controle do tempo do tempo realizado com cronômetro de precisão.

A pressão foi medida através de um manômetro digital, instalado na altura do bocal de saída do aspersor e acoplado ao tubo de subida, 50 cm abaixo deste. Foi adicionado um registro de esfera logo após a saída da motobomba para se controlar a pressão de cada ensaio e retornar o excedente do bombeamento ao reservatório.

A vazão foi registrada através de um medidor de vazão eletrônico do tipo pás rotativas, modelo Signet 5100, do fabricante George Fischer Inc. Este foi instalado na tubulação de polietileno, 1,0 m antes do tubo de subida.

Como a norma seguida não especifica ou recomenda a utilização de campânula para realização dos ensaios, após o término destes foram realizados novos testes, sem a presença da campânula, para determinar se esta exerceu influência sobre os resultados (Figura 7).



FIGURA 7. Ensaio sem campânula.

Foi adotada a mesma metodologia dos ensaios anteriores, ocorrendo modificação apenas no tempo de ensaio, que foi de 15min.

3.1 Método de amostragem

Foi utilizado o Método de Amostragem Radial. As quantidades de água dos coletores simulados, cujas posições ao longo do raio representavam suas localizações ou distâncias em relação ao aspersor (Figura 8), foram calculadas através de interpolação linear, realizada com o auxílio do software computacional CATCH-3D (CATCH-3D, 2004).

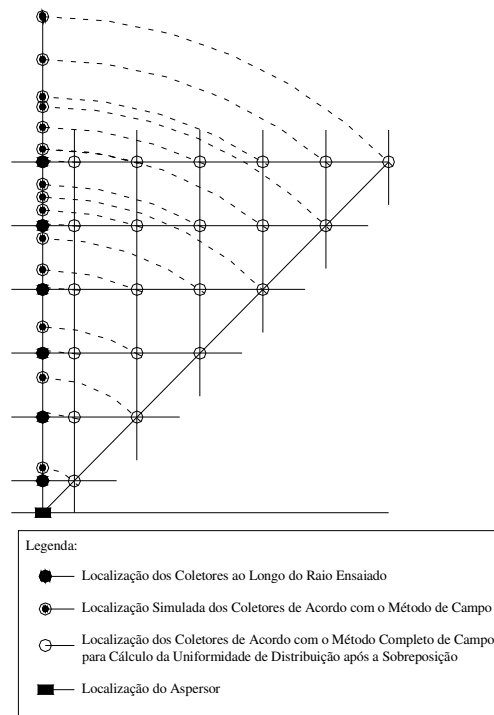


FIGURA 8. Padrão de colocação do coletor para determinar o diâmetro de cobertura do aspersor, e para calcular a uniformidade de distribuição como resultado da sobreposição.

Os coletores foram instalados ao longo de uma linha reta, definida a partir do centro do aspersor a ser ensaiado. O espaçamento utilizado entre coletores foi de 1 m, sendo que o primeiro coletor situava a 0,70m do aspersor e o segundo a 0,30m deste.

Os aspersores ensaiados foram submetidos a testes preliminares onde se determinou a melhor e mais eficiente configuração física de disposição dos coletores para uso nesses aspersores, objetivando coletar um volume de água precipitado representativo. Observou-se que a adoção de uma única linha de coletores poderia não ser suficiente para os objetivos do ensaio, pois o jato precipitado apresentava freqüente variação de espalhamento ao ser aspergido

para fora da campânula, ocasionados pelas características operacionais do aspersor.

Por isso, foi utilizado um número de coletores suficiente para captar toda a água lançada para fora da campânula. Foram espalhados coletores ao longo das laterais dos coletores representativos da linha radial, formando arcos equidistantes do aspersor, conforme demonstrado na Figura 9. Os coletores utilizados possuem 0,08m de diâmetro no bordo superior e 0,1m de altura.

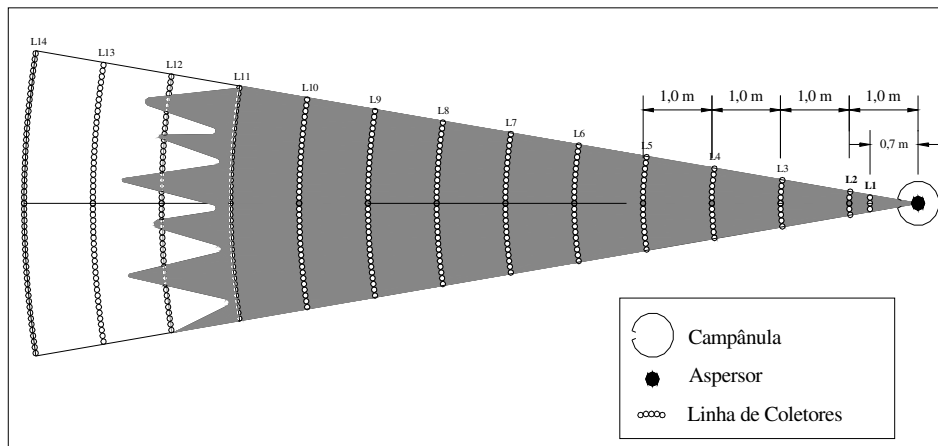


FIGURA 9. Posição dos coletores em relação ao aspersor.

O volume de cada coletor foi registrado individualmente, coletado em uma proveta de 25mL, graduada de 2 em 2mL. A Intensidade de aplicação de água, em milímetros por hora, foi obtida através da equação 1:

$$H = \frac{V * 10}{A} \times \frac{1}{t} \quad (1)$$

Em que: H = Intensidade de aplicação de água (mm/h);
V = volume coletado em cada coletor (cm³);
A = área da boca (borda superior) do coletor (cm²);
t = duração do ensaio (horas).

O volume representativo à posição de cada coletor na linha foi obtido através da média do volume dos coletores.

3.2 Grau de pulverização

O grau de pulverização do jato aplicado pelo aspersor LF1200TM foi determinado por meio da equação abaixo, citada por Pereira (2003):

$$Gp = \frac{Ps}{D} \quad (2)$$

Em que: Gp = Grau de pulverização (adimensional);
Ps = Pressão de serviço (m.c.a.);
D = Diâmetro do bocal (m).

As classificações dos valores referentes ao Gp são realizadas com base nos índices apresentados na Tabela 2.

3.3 Velocidade de rotação

A velocidade de rotação foi determinada com relação a um ciclo completo do aspersor. Esta foi obtida entre intervalos em que o aspersor lançava o jato para fora da campânula.

Foram realizadas três medições em cada ensaio e em cada repetição, perfazendo um total de 6 repetições. Utilizou-se a média destas para o cálculo da rotação, utilizando-se a equação:

$$R = \frac{60}{T} \quad (3)$$

Em que: R = Rotação do aspersor (rpm);
T = Tempo médio equivalente a uma rotação (seg).

3.4 Curva Característica dos emissores

A vazão do emissor foi relacionada diretamente com a carga hidráulica atuante na sua entrada e foi representada, pela seguinte equação potencial, de acordo com Keller & Karmeli (1975):

$$q = K \cdot P^x \quad (4)$$

Em que: q = vazão do emissor (l/h);
K = constante de proporcionalidade que caracteriza cada emissor;
P = pressão de serviço do emissor (kPa);
x = expoente de descarga do emissor que caracteriza o regime de fluxo.

Foram geradas três equações, uma para cada bocal ensaiado, que proporcionam diferentes valores de vazão em função da vazão.

3.5 Uniformidade de aplicação de água

Utilizou-se neste estudo o coeficiente de uniformidade de Christiansen (Christiansen, 1942), descrito pela seguinte equação:

$$CUC = 100 \times \left[1 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n |h_m - h_i| \right)}{N \cdot h_m} \right] \quad (5)$$

Em que: CUC = Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (%);
 h_i = lâmina de água coletada em cada emissor (mm);
 h_m = lâmina média coletada (mm);
 N = número de observações.

Este método foi utilizado para determinar o valor do CUC, para as diferentes condições do ensaio (variação de bocal, defletor e pressão). Estes valores foram obtidos junto ao aplicativo CACTH-3D (2004).

Outra medida de uniformidade utilizada foi a razão entre a média de 25% dos menores valores de lâmina de irrigação (q_{25}), ou média do menor quartil, e a lâmina média coletada. Segundo Frizzone & Dourado Neto (2003), sua origem é creditada ao S.C.S-USPA, tendo sido denominada uniformidade de distribuição e calculada a partir de:

$$UD = \frac{h_{25}}{h_a} \quad (6)$$

Em que: UD = Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (%);
 h_{25} = lâmina média dos emissores que constituem os 25% dos menores valores de vazão (mm);
 h_a = lâmina média de todos os emissores ensaiados (mm).

Estes dois índices de uniformidade trabalham bem em conjunto, complementando-se, pois, segundo Benami & Hore (1964), os valores de CUC não dão ênfase aos desvios abaixo da média, que são mais críticos na prática.

3.6 Intensidade de aplicação de água

Seguindo recomendações da norma ABNT (1999b) e de Pereira (2003), a Intensidade de aplicação de água para os diferentes espaçamentos estudados foi calculada através da seguinte equação:

$$I_a = \frac{q \cdot 1000}{S_1 \cdot S_m} \quad (7)$$

Em que: I_a = Intensidade de aplicação de água (mm/h);

q = Vazão do emissor (m^3/h);

S_1 = espaçamento entre linhas laterais (m);

S_m = espaçamento dos aspersores ao longo da linha lateral (m).

3.7 Perfil de distribuição

Com os ensaios realizados, foram determinados 52 perfis radiais diferentes, referentes às diferentes condições operacionais atribuídas ao aspersor, variando-se pressão, bocal e defletor.

O perfil médio de distribuição foi obtido através dos valores médios da distribuição de água das 2 repetições realizadas, para cada pressão.

O software computacional SURFER 8.02 (SURFER 8.02, 2002) foi utilizado para a caracterização, em três dimensões, do perfil de molhamento individual de cada conjunto bocal x defletor do aspersor, para cada pressão estudada e para os perfis referentes às sobreposições analisadas.

3.7.1 Perfil de distribuição adimensional

Os 52 perfis médios obtidos foram submetidos ao processo matemático de adimensionalização de perfis radiais de distribuição de água, desenvolvido

por Solomon & Bezdek (1980) e também descrita por Colombo (1996) e Prado (2004).

O processo consiste em expressar as distâncias relativas aos pontos de coleta dos dados (coletores) em função de uma distância relativa adimensional, dada por:

$$dr = \frac{r}{R} \quad (8)$$

Em que: dr = Distância relativa (adimensional);
 r = Distância do coletor ao aspersor (m);
 R = Raio de alcance do aspersor (m).

Foram adotadas vinte distâncias relativas, representativas ao intervalo de $x=0$ a $x=1$, espaçadas, de forma uniforme, em frações de 5% do raio molhado:

$$dr_i = i \cdot (0.05) - 0.025 \quad (9)$$

Em que: dr_i = Fração da distância relativa (adimensional);
 i = intervalo analisado ($1 \leq i \leq 20$).

Ainda segundo Solomon & Bezdek (1980), valores de intensidade média de aplicação foram adimensionalizados segundo a equação:

$$i = \frac{I}{I_m} \quad (10)$$

Em que: i = Fração da intensidade média de aplicação de água (adimensional);
 I = Intensidade de aplicação de água, coletada nos ensaios (mm.h^{-1});
 I_m = Intensidade média de aplicação de água (mm/h).

Nos pontos em que a intensidade de aplicação relativa não era conhecida, pelo fato de a distância relativa não coincidir com a posição de um

dos coletores, foi realizada a interpolação entre dois pontos de intensidade conhecida.

Segundo indicação de Solomon & Bezdek (1980), que avaliaram diferentes algoritmos de agrupamentos, o agrupamento dos perfis obtidos nos ensaios de campo foi realizado através do algoritmo “K-means” (Tou & Gonzáles, 1974), descrito pelos autores. Para aplicação do algoritmo, foi utilizado um programa desenvolvido por Prado (2004), programado em *Visual Basic* e utilizado em planilha do *Excel*.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Grau de pulverização

O grau de pulverização, característico do aspersor LF1200TM, pode ser classificado como de dimensões “Finíssimas”, em relação ao tamanho de gotas, pois todos os valores encontrados para o grau de pulverização apresentaram-se superiores a 6, conforme demonstrado na Tabela 5. Os espaços hachurados representam valores de pressão não amostrados.

TABELA 5. Grau de pulverização (Gp) do aspersor LF1200TM.

Diâmetro do Bocal (mm)	Pressão (kPa)						
	170	210	240	280	310	340	410
2,18		10		13		16	19
2,39	7	9		12		14	17
2,59	7		9	11	12		

De acordo com a classificação, o aspersor pode ser usado em culturas de alto valor econômico e que apresentem elevada sensibilidade aos efeitos ou danos oriundos do impacto das gotas.

Seginer (1965) destaca que existiu uma relação entre o diâmetro das gotas e a trajetória percorrida em relação ao aspersor. Contudo, a determinação do Gp não leva em consideração a influência do ângulo do defletor utilizado, e como para o aspersor ensaiado o bocal não se encontrava na saída do jato aspergido, recomendado-se que estudos sejam realizados para averiguar a influência do

ângulo de saída do jato d'água sobre a pulverização e sobre o diâmetro de gotas produzidas.

4.2 Curva Característica dos emissores

As equações 11, 12 e 13 a seguir são representativas às equações de ajuste da relação vazão x pressão para os Bocais Laranja (2,18 mm), Roxo (2,39 mm) e Amarelo (2,59 mm), respectivamente, obtidas através da média das vazões registradas para cada Bocal e sua respectiva pressão de serviço.

$$Q = 0,0150. p^{0,5361} \quad R^2 = 0,9992 \quad (11)$$

$$Q = 0,0195. p^{0,5251} \quad R^2 = 0,9999 \quad (12)$$

$$Q = 0,0218. p^{0,5311} \quad R^2 = 0,9983 \quad (13)$$

Os valores de R^2 demonstram o elevado grau de determinação entre os valores de pressão e vazão, caracterizando que as maiorias das variações ocorridas na vazão, decorrente da alteração da pressão, são explicadas pelas equações potenciais apresentadas.

A seguir, na Tabela 6 são apresentados os valores médios da vazão em função da pressão obtidos durante os ensaios, juntamente com os erros estimados entre as vazões observadas e as fornecidas pelo fabricante. A vazão média corresponde à média das vazões observadas em cada ensaio com os mesmos bocais.

TABELA 6. Vazão (L.h⁻¹) observada durante os ensaios e erro referente aos valores fornecidos pelo fabricante.

Bocal (mm)	Pressão (kPa)	Vazão Fabricante	Defletor Roxo		Defletor Branco		Defletor Azul		Defletor Vermelho		Vazão Média	Erro Médio (%)
			Vazão Observada	Erro (%)	Vazão Observada	Erro (%)	Vazão Observada	Erro (%)	Vazão Observada	Erro (%)		
Laranja (2,18)	210	266,00	256,50	(-) 3,57	260,73	(-) 1,98	267,65	(+) 0,62	265,12	(-) 0,33	262,50	(-) 1,32
	280	307,00	306,38	(-) 0,20	305,36	(-) 0,53	315,05	(+) 2,62	310,08	(+) 1,00	309,22	(+) 0,72
	340	343,00	337,83	(-) 1,51	338,50	(-) 1,31	348,83	(+) 1,7	338,83	(-) 1,22	341,00	(-) 0,58
	410	379,00	373,80	(-) 1,37	375,75	(-) 0,86	384,43	(+) 1,43	370,45	(-) 2,26	376,11	(-) 0,76
Roxo (2,39)	170	289,00	282,40	(-) 2,28	284,12	(-) 1,69	292,95	(+) 1,37	292,65	(+) 1,26	288,03	(-) 0,34
	210	316,00	311,55	(-) 1,41	323,97	(+) 2,52	329,40	(+) 4,24	327,73	(+) 3,71	323,16	(+) 2,27
	280	356,00	366,98	(+) 3,08	369,30	(+) 3,74	384,28	(+) 7,94	381,85	(+) 7,26	375,60	(+) 5,51
	340	409,00	405,00	(-) 0,98	408,00	(-) 0,24	427,65	(+) 4,56	419,28	(+) 2,51	414,98	(+) 1,46
	410	450,00	446,82	(-) 0,71	452,90	(+) 0,64	469,15	(+) 4,26	462,80	(+) 2,84	457,92	(+) 1,76
Amarelo (2,59)	170	339,00	320,98	(-) 5,32	342,03	(+) 0,89	338,40	(-) 0,18	332,13	(-) 2,03	333,39	(-) 1,66
	240	402,00	388,48	(-) 3,36	403,40	(+) 0,35	403,36	(+) 0,34	403,80	(+) 0,45	399,76	(-) 0,56
	280	429,00	439,85	(+) 2,53	437,13	(+) 1,9	440,83	(+) 2,76	435,20	(+) 1,45	438,25	(+) 2,16
	310	454,00	441,34	(-) 2,79	461,68	(+) 1,69	461,38	(+) 1,63	461,30	(+) 1,61	456,43	(+) 0,53

Conforme apresentado na Tabela 6, somente para os conjuntos Defletor Roxo, Bocal Amarelo com pressão de 170 kPa e Defletores Azul e Vermelho, com Bocal Roxo e pressão de 280 kPa, foram encontrados erros superiores a 5%, que é o limite aceitável pela norma adotada (ABNT, 1999b), Contudo, de forma geral, estes resultados podem ser considerados satisfatórios.

4.3 Ensaio sem campânula

Contraopondo os resultados de testes utilizando mesmo bocais, defletores e pressão, porém com e sem campânula, foi possível constatar que alguns dos coletores situados a até 3m desta receberam uma lâmina superior à aplicada pelo aspersor, durante a primeira situação. Isto ocorreu devido ao fato de que, quando o aspersor lançava o jato para o interior da campânula, ocorriam “respingos”, provenientes do impacto deste com a superfície da campânula, que saiam pela abertura e eram interceptadas pelos coletores mais próximos, mesmo tendo sido tomadas providências para se evitar tal situação (colocação de uma espuma absorvente no interior da campânula para retenção deste jato).

Como se pode observar na Figura 9, referente a um perfil adimensional ensaiado, este fato não influenciou os coletores mais distantes.

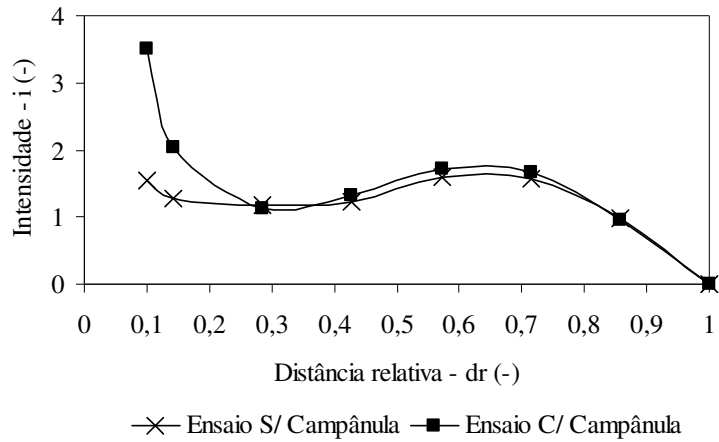


FIGURA 9. Representação dos perfis radiais de um ensaio com e sem campânula.

Fischer & Wallender (1988) concluíram haver uma maior variabilidade das lâminas em coletores situadas próximas ao aspersor e no final do raio de alcance, em estudo realizado para determinar a influência dos efeitos do tamanho do coletor e do tempo de duração do ensaio, utilizando-se a amostragem radial.

Como foram realizados novos ensaios para todas as situações, substituíram-se todos os resultados de ensaios com campânula que apresentaram erros superiores a 10%, em relação ao ensaio sem campânula. Esta análise foi realizada individualmente para os 52 perfis, utilizando-se os dados adimensionalizados.

4.4 Raio de alcance

As Tabelas 7 a 10 apresentam os valores dos raios de alcance, caracterizados para cada conjunto avaliado.

TABELA 7. Alcance do aspersor (m) utilizando o Defletor Roxo.

Bocal (mm)	Pressão (kPa)	Defletor Roxo		
		Catálogo	Raio Obs.	Erro (%)
Laranja (2,18)	210	7,32	8,08	(+) 9,40
	280	7,92	8,70	(+) 8,97
	340	8,23	8,77	(+) 6,16
	410	8,23	8,84	(+) 6,90
Roxo (2,39)	170	7,32	7,83	(+) 6,51
	210	7,92	8,35	(+) 5,15
	280	8,53	8,73	(+) 2,29
	340	8,84	8,88	(+) 0,45
Amarelo (2,59)	410	8,84	8,89	(+) 0,56
	170	7,32	7,97	(+) 8,16
	240	8,53	8,82	(+) 3,29
	280	8,84	9,19	(+) 3,81
	310	8,84	9,19	(+) 3,81

TABELA 8. Alcance do aspersor (m) utilizando o Defletor Branco.

Bocal (mm)	Pressão (kPa)	Defletor Branco		
		Catálogo	Raio Obs.	Erro (%)
Laranja (2,18)	210	7,92	9,22	(+) 14,10
	280	8,23	9,46	(+) 13,00
	340	8,23	9,59	(+) 14,18
	410	8,23	9,32	(+) 11,70
Roxo (2,39)	170	7,92	8,83	(+) 10,31
	210	8,23	9,25	(+) 11,03
	280	8,54	9,57	(+) 10,76
	340	8,84	9,75	(+) 9,33
Amarelo (2,59)	410	8,84	9,71	(+) 8,96
	170	8,23	8,97	(+) 8,25
	240	8,53	9,64	(+) 11,51
	280	9,14	9,74	(+) 6,16
	310	9,14	9,90	(+) 7,68

TABELA 9. Alcance do aspersor (m) utilizando o Defletor Azul.

Bocal (mm)	Pressão (kPa)	Defletor Azul		
		Catálogo	Raio Obs.	Erro (%)
Laranja (2,18)	210	8,23	9,30	(+) 11,51
	280	8,84	9,31	(+) 5,05
	340	8,84	9,05	(+) 2,32
	410	9,14	9,09	(-) 0,55
Roxo (2,39)	170	8,23	8,95	(+) 8,04
	210	8,84	9,53	(+) 7,24
	280	9,45	9,81	(+) 3,67
	340	9,45	9,86	(+) 4,16
Amarelo (2,59)	410	9,75	9,95	(+) 2,01
	170	8,53	9,42	(+) 9,45
	240	9,45	10,19	(+) 7,26
	280	9,75	10,29	(+) 5,25
	310	9,75	10,56	(+) 7,67

TABELA 10. Alcance do aspersor (m) utilizando o Defletor Vermelho.

Bocal (mm)	Pressão (kPa)	Defletor Vermelho		
		Catálogo	Raio Obs.	Erro (%)
Laranja (2,18)	210	9,45	9,99	(+) 5,41
	280	9,75	9,84	(+) 0,91
	340	9,75	9,74	(-) 0,10
	410	9,75	9,75	0,00
Roxo (2,39)	170	9,14	10,03	(+) 8,87
	210	9,45	10,17	(+) 7,08
	280	10,06	10,10	(+) 0,40
	340	10,36	10,36	0,00
Amarelo (2,59)	410	10,36	10,32	(-) 0,39
	170	9,14	9,38	(+) 2,56
	240	10,06	10,47	(+) 3,92
	280	10,06	10,30	(+) 2,33
	310	10,06	10,32	(+) 2,52

Conforme mencionado, o raio de alcance foi obtido com base no coletor que apresentava uma lâmina precipitada de 0,25 mm/h. A posição do coletor indicava a distância deste até o aspersor.

Observa-se que o raio de alcance aumenta com a inclinação do defletor, tendo o Defletor Vermelho apresentado os maiores valores de alcance, conforme indicado no catálogo do fabricante.

Dentro do intervalo de pressão utilizado nos ensaios, para um mesmo conjunto defletor e bocal, pode-se observar relação direta entre o aumento do raio de alcance com a elevação de pressão, para o Defletor Roxo (ambos os bocais), Defletor Branco (Bocal Amarelo) e Defletor Azul (Bocais Roxo e Amarelo). Para os demais conjuntos, o aumento na pressão pode ter ocasionado uma maior pulverização do jato d'água, o que ocasionaria uma conseqüente diminuição no raio de alcance, como mencionam Bernardo et al. (2005) e Pereira (2003).

Esta característica pôde ser observada para o Defletor Branco (Bocais Laranja e Roxo), Defletor Azul (Bocal Laranja) e Defletor Vermelho (ambos os bocais), sendo melhor visualizada quando se analisam os perfis característicos destes aspersores (Figuras 11 a 15 e correspondência na Tabela 12). Nota-se, ainda, que estes apresentaram perfis do tipo II, IV e V, que são caracterizados por uma maior concentração da lâmina próxima ao aspersor.

Quando analisados os raios de alcance observados e os fornecidos pelo fabricante, os menores erros encontrados foram obtidos para o Defletor Vermelho, para ambos os Bocais, tendo o Defletor Branco apresentado os maiores valores, também para todos os Bocais. Este último apresentou todos os valores superiores a 5%, que é a variação máxima permitida pela norma adotada (ABNT, 1999a).

Os demais defletores apresentaram valores de erros variáveis, entre 0,45 a 9,40 % para o Defletor Roxo, e de 0,55 a 11,51 % para o Defletor Azul. Deve-

se destacar que este erro entre os valores observados e os declarados pelo fabricante podem ser decorrentes da altura de instalação do aspersor durante o ensaio. Porém, como o fabricante não recomenda uma altura de utilização do aspersor em seu catálogo, não cabem discussões mais profundas sobre o assunto.

Pino (1998) encontrou redução de até 64,1% no raio de alcance do aspersor estudado, quando comparado com os dados fornecidos pelo fabricante. Este menciona que diferenças obtidas entre repetições, para mesmos modelos de aspersores, podem ser atribuídas ao processo de fabricação destes ou de seus componentes, como os bocais.

4.5 Velocidade de rotação

Analisou-se, através do teste de média de Scott_knott, a 5% de probabilidade, as velocidades de rotação do aspersor. Foram confrontados os resultados obtidos para um mesmo diâmetro de bocal, sendo estes apresentados na Tabela 11.

TABELA 11. Velocidade de rotação (r.p.m.) do aspersor.

Teste	Bocal (mm)	Pressão (kPa)	Defletor Roxo	Defletor Branco	Defletor Azul	Defletor Vermelho
1	Laranja (2,18)	210	2,8 Aa	2,6 Ba	2,0 Ca	2,5 Da
		280	2,7 Aa	2,6 Ba	2,0 Ca	2,5 Da
		340	2,7 Aa	2,5 Bb	1,8 Cb	2,6 Db
		410	2,9 Ab	2,4 Bc	2,0 Ca	2,5 Da
2	Roxo (2,39)	170	3,0 Aa	2,4 Ba	2,2 Ca	3,5 Da
		210	3,1 Ab	2,5 Bb	2,2 Ca	3,5 Da
		280	3,0 Aa	3,0 Ac	2,0 Bb	3,5 Ca
		340	2,9 Ac	2,7 Bd	1,9 Cc	3,5 Da
3	Amarelo (2,59)	170	3,7 Aa	3,6 Ba	2,6 Ca	3,7 Aa
		240	3,5 Ab	3,5 Ab	2,7 Ba	3,7 Ca
		280	3,4 Ab	3,4 Bc	2,6 Ca	3,6 Db
		310	3,4 Ab	3,3 Bd	2,5 Cb	3,4 Ac

Obs: *Os coeficientes seguidos pela mesma letra, em maiúsculo, não deferiram estatisticamente entre si na mesma linha, a 5% de probabilidade pelo teste de Scott_Knott.

**Os coeficientes seguidos pela mesma letra, em minúsculas, não deferiram estatisticamente entre si na mesma coluna, a 5% de probabilidade pelo teste de Scott_Knott.

De forma geral, os bocais de maior diâmetro apresentaram maiores velocidades de rotação. Observa-se que dentre estes, os Bocais Laranja e Amarelo apresentaram uma menor variação decorrente do aumento da pressão, para um mesmo defletor. Já o Bocal Roxo apresentou-se instável frente a essas variações, tendo somente o Defletor Vermelho demonstrado baixa variação.

Embora não haja uma clara dependência do comportamento da velocidade com relação aos diferentes defletores, quando comparadas às variações decorrentes do uso destes, para uma mesma pressão, nota-se que praticamente todos resultados demonstraram variações significativas. Isto demonstra a influência que o uso de diferentes ângulos nos defletores proporcionaram a velocidade de rotação, que pode ser atribuída à forma com que o jato d'água entra em contato com o braço oscilante.

Coelho (1990) verificou que a velocidade de rotação do aspersor influencia a distribuição espacial de água e a produtividade das culturas. Porém, ele conclui que a velocidade ideal depende do espaçamento entre aspersores, e menciona que em espaçamentos reduzidos, uma maior velocidade de rotação (1 rotação entre 7-30 segundos) é favorável, e em maiores espaçamentos, o ideal é que se utilize menores velocidades de rotação (em torno de 30-90 segundos).

4.6 Perfis radiais de aplicação de água

Na Figura 10 é apresentada a variação do erro médio obtido no cálculo da intensidade de precipitação adimensional, em função do número (K) de perfis considerados.

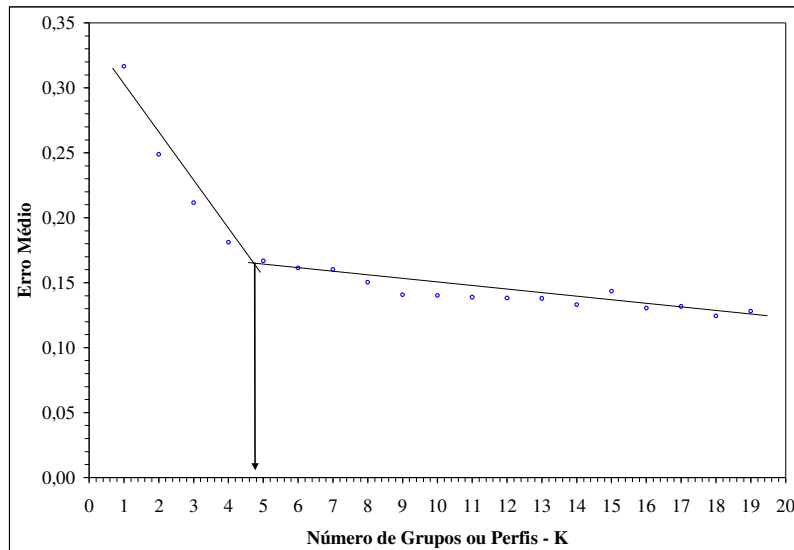


FIGURA 10. Variação do erro médio da estimativa da intensidade adimensional da aplicação de água em função do número de perfis representativos adotados.

Adotou-se como número de grupos o ponto onde a redução no valor do erro médio se torna menos acentuada. Através da Figura 13 pondera-se que um valor de K de aproximadamente cinco grupos ($K = 5$), ou perfis representativos, é apropriado para representar os 52 perfis levantados, obtendo-se um erro médio na intensidade de precipitação adimensional de 0,167.

Este erro médio apresentou-se maior do que os encontrados por Solomom & Bezdek (1980), Colombo (1996) e Prado (2004), quais são 0,116, 0,119 e 0,147, respectivamente. Os autores realizaram o agrupamento de 42, 18 e 45 perfis típicos, obtendo como repostas, nesta ordem, 3, 2 e 3 perfis adimensionais característicos.

No trabalho em questão foram analisados 52 perfis, referentes às combinações entre pressão-defletor-Bocal. Aplicando-se a metodologia descrita por Solomom & Bezdek (1980), também foram realizados estudos para caracterizar os perfis em números maiores de agrupamentos (6, 7, 8 e 9), sendo o agrupamento de 5 perfis o que melhor se adequou os resultados obtidos.

Na Figura 11 são apresentados os perfis radiais adimensionais de distribuição de água característicos do aspersor Rain Bird LF1200. As barras verticais, presentes ao longo do perfil, representam a faixa de variação entre os perfis agrupados, com comprimento equivalente a ± 1 desvio padrão de cada agrupamento. Os perfis são identificados como perfis I, II, III, IV e V. Na TABELA 12 é apresentada a correspondência entre a combinação Defletor-Bocal-Pressão, referente a cada perfil radial característico.

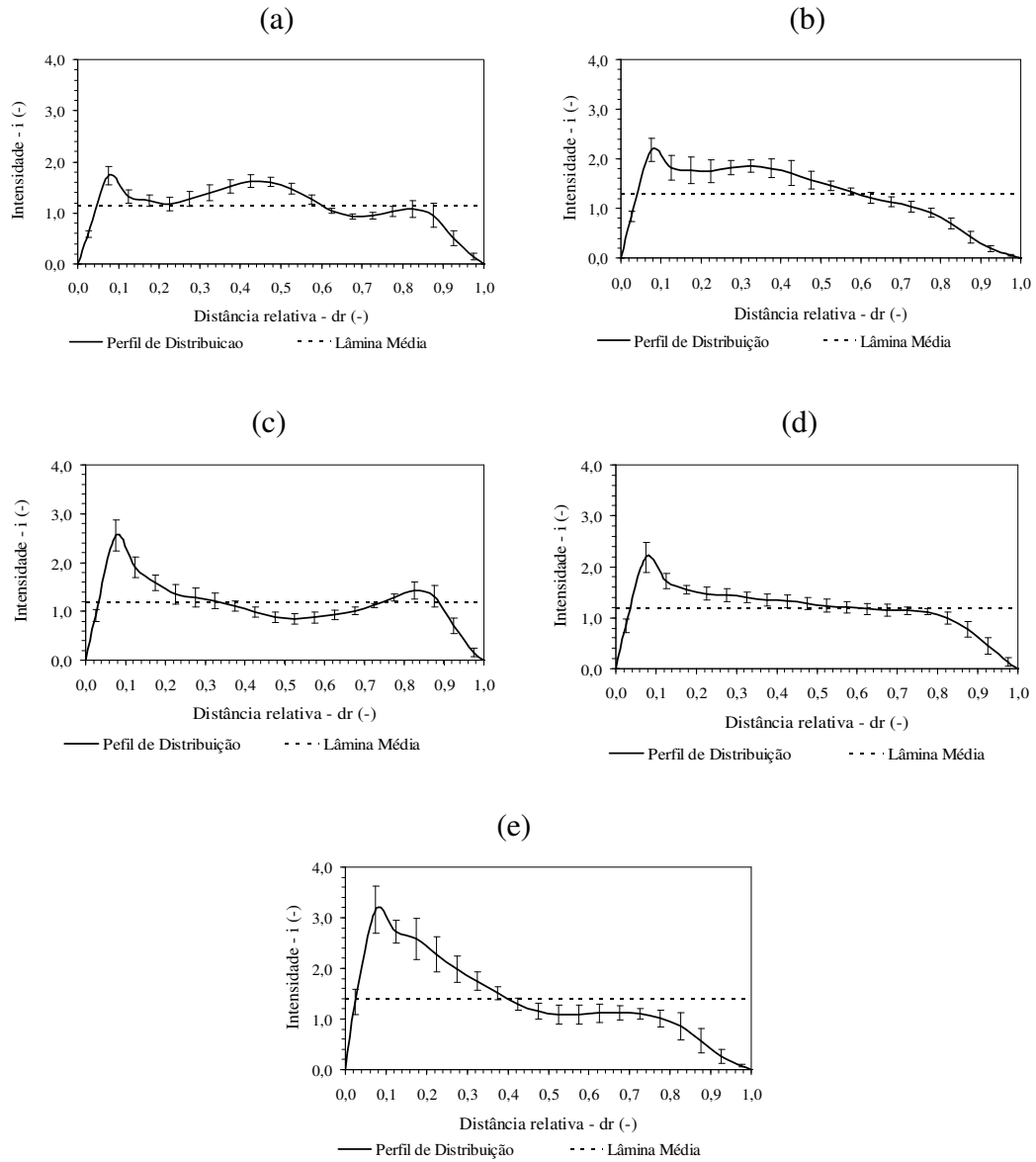


FIGURA 11. Representação do perfil adimensional I (a), perfil adimensional II (b), perfil adimensional III (c), perfil adimensional IV (d) e perfil adimensional V (e).

TABELA 12. Ocorrência dos perfis adimensionais I, II, III, IV e V, em função das condições operacionais ensaiadas.

Pressão (kPa)	Defletor Roxo			Defletor Branco			Defletor Azul			Defletor Vermelho		
	Bocal Laranja	Bocal Roxo	Bocal Amarelo	Bocal Laranja	Bocal Roxo	Bocal Amarelo	Bocal Laranja	Bocal Roxo	Bocal Amarelo	Bocal Laranja	Bocal Roxo	Bocal Amarelo
170		I	I		III	III		III	III		III	V
210	I	I		IV	III		V	III		V	V	
240			I			III			IV			V
280	I	I	I	IV	IV	IV	II	IV	IV	V	II	V
310			I			IV			II			V
340	II	II		IV	IV		II	II		V	V	
410	II	II		II	IV		II	II		V	II	

*Os espaços que se encontram hachurados compreendem faixas de pressões não estudadas, para determinado Bocal.

O perfil I manifesta um comportamento irregular, sendo seu formato de difícil classificação. É característico do Defletor roxo e encontra-se presente quando este é utilizado em pressões inferiores a 340 kPa, para todos os Bocais. Segundo Pereira (2003), baixa pressão de operação e uma elevada velocidade de rotação são fatores que contribuem para a distribuição irregular do jato aplicado.

De acordo com referências de Keller & Bliesner (1990) e Pereira (2003), nota-se que os perfis II e V são do tipo triangular, resultante do uso de elevado valor de pressão, ocasionando um maior espalhamento da lâmina próximo ao aspersor.

Com referência ao perfil II, percebe-se sua predominância para pressões de 340 e 410 kPa, nos Defletores Roxo e Azul. Neste último, este também se encontra sobre pressões de 280 e 310 kPa (Bocais Laranja e Amarelo, respectivamente) e no Defletor Vermelho sobre pressões de 280 e 410 kPa (Bocal Roxo). Já o perfil V é bem característico do Defletor Vermelho.

Pode-se observar que, com exceção do Defletor Branco, o aumento de pressão, para um mesmo conjunto defletor x bocal, proporciona uma maior concentração de lâmina próxima ao aspersor, predominando os perfis II e V.

A mesma observação pode ser feita com relação ao aumento da angulação dos defletores. Observa-se que, para um mesmo valor de pressão, os perfis que se obtêm para o Defletor Vermelho (16°), são os mesmos mencionados acima.

Ainda segundo as recomendações de Keller & Bliesner (1990) e Pereira (2003), o perfil III pôde ser caracterizado como do tipo “*Doughnut* ou *Rosquilla*”, apresentado formato irregular e presente quando o aspersores é utilizado sobre baixa pressão, o que provoca uma menor pulverização do jato d’água aspergido e conseqüente aumento no tamanho de gotas, possibilitando um maior alcance destas. Este perfil foi obtido para a pressão de 170 kPa nos Defletores Branco e Azul (Bocais Roxo e Amarelo), e Vermelho (Bocal Roxo).

Para os dois primeiros, este também esteve presente sobre a pressão 210 kPa no Bocal Roxo.

O perfil IV se apresentou bem representativo ao Defletor Branco, operando sobre pressões superiores a 240 kPa. Este descreve um formato próximo ao retangular, que tende a apresentar uma distribuição mais uniforme da lâmina aplicada ao longo de todo o raio de alcance.

4.6.1 Representação espacial dos perfis radiais

As Figuras 12 a 16 ilustram a distribuição espacial de um aspersor operando isoladamente, relativo a cada um dos perfis adimensionais encontrados.

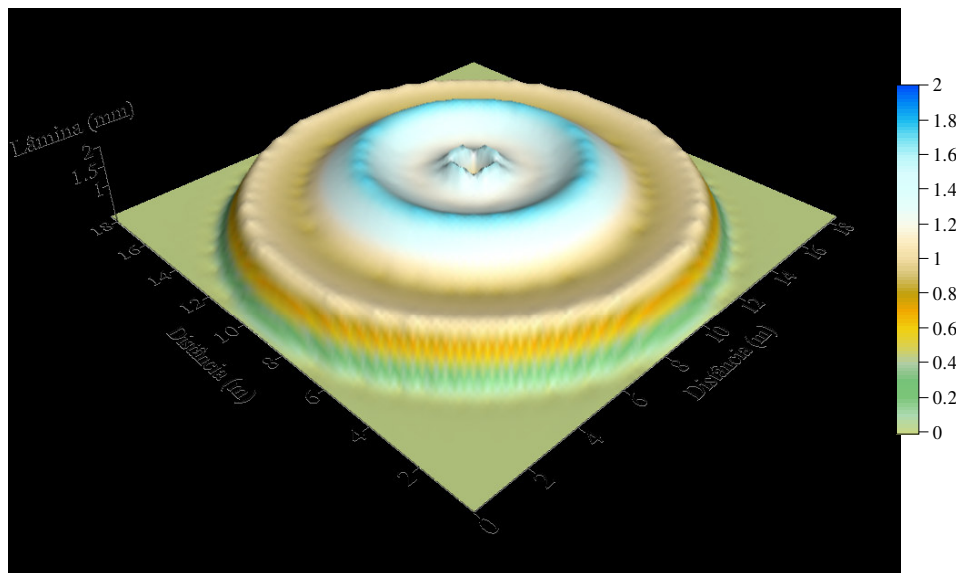


FIGURA 12. Distribuição espacial de água característica do perfil radial I.

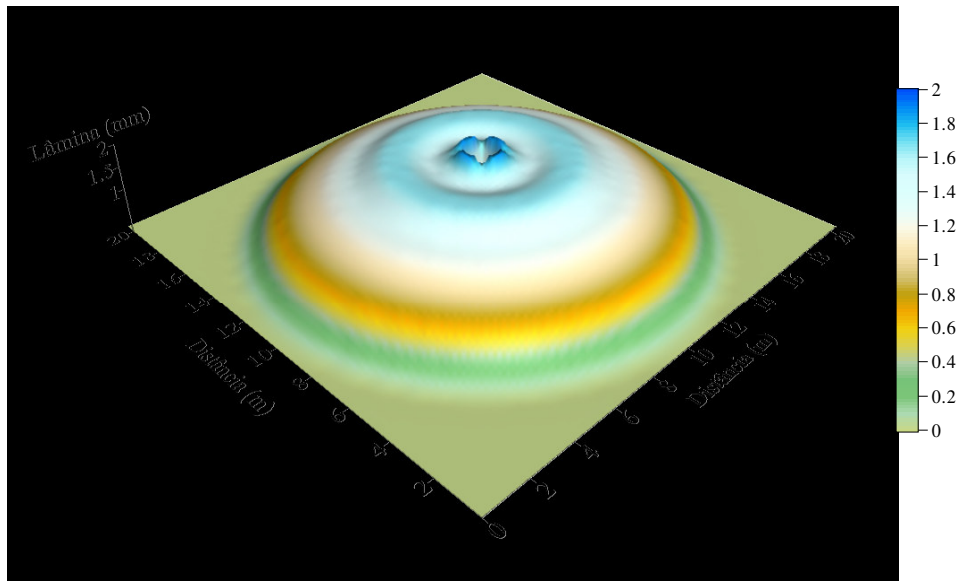


FIGURA 13. Distribuição espacial de água característica do perfil radial II.

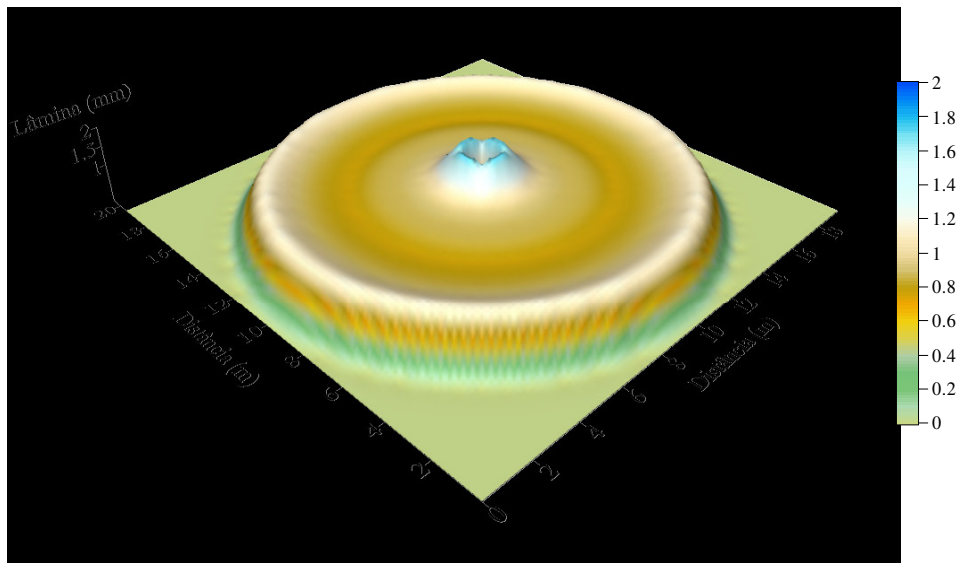


FIGURA 14. Distribuição espacial de água característica do perfil radial III.

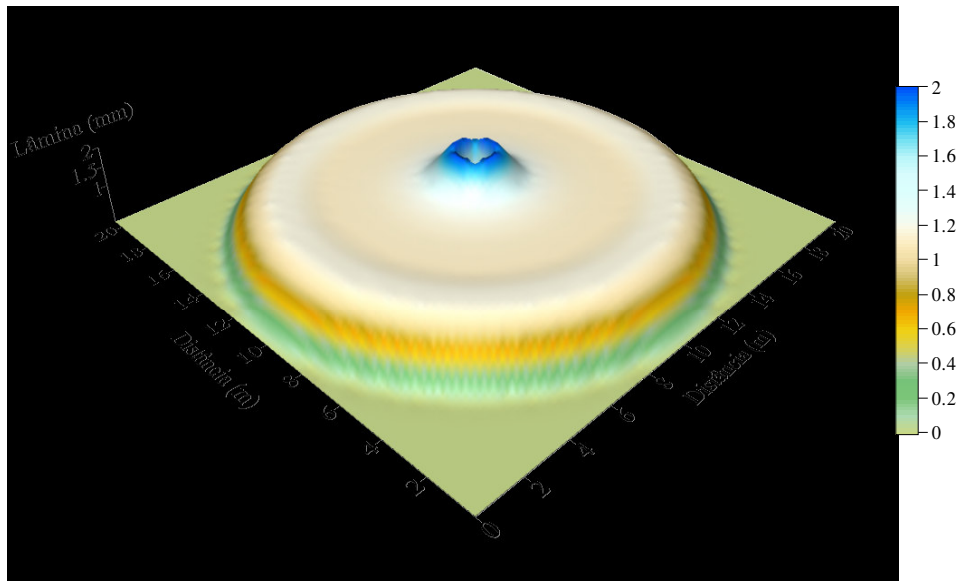


FIGURA 15. Distribuição espacial de água característica do perfil radial IV.

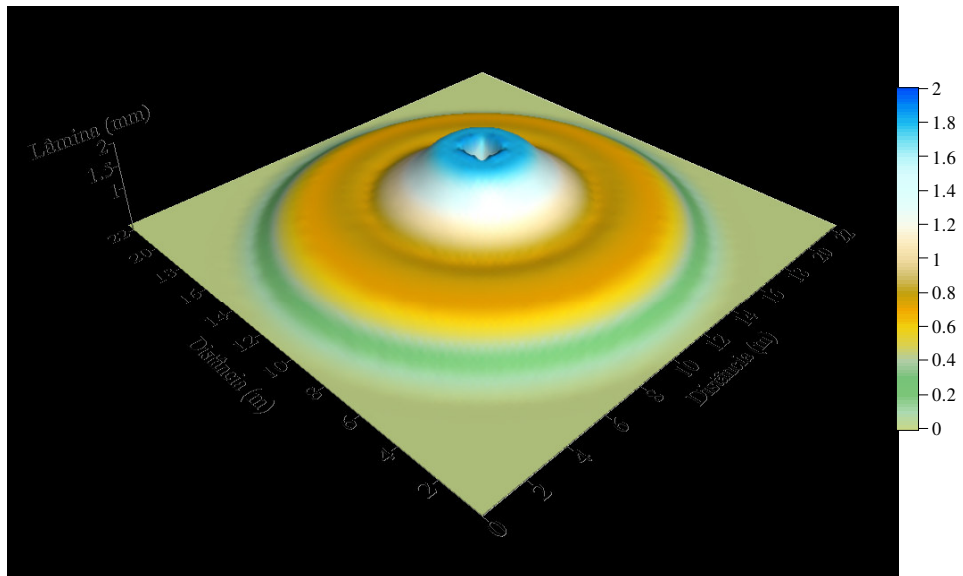


FIGURA 16. Distribuição espacial de água característica do perfil radial V.

O perfil I (Figura 12) é representado pelo ensaio do Defletor Roxo, Bocal Amarelo, pressão de 240 kPa; o Perfil II (Figura 13) pelo conjunto Defletor Azul, Bocal Laranja, pressão de 410 kPa; o Perfil III (Figura 14) pelo Defletor Branco, Bocal Roxo, operando a 210 kPa; o Perfil IV (Figura 15) foi exemplificado através do Defletor Branco, Bocal Amarelo, a 280 kPa e o Perfil V (Figura 16) pelo Defletor Vermelho, Bocal Laranja sobre pressão de 210 kPa.

Para caracterizar a sobreposição destes perfis, as Figuras 17 a 21 demonstram a sobreposição proporcionada por um conjunto de apenas 4 aspersores, operando simultaneamente, espaçados em 35% do diâmetro de alcance do aspersor, em formato quadrangular (o que proporciona um espaçamento equivalente a 100% do raio de alcance entre aspersores na mesma diagonal), para os mesmos exemplos mencionados acima.

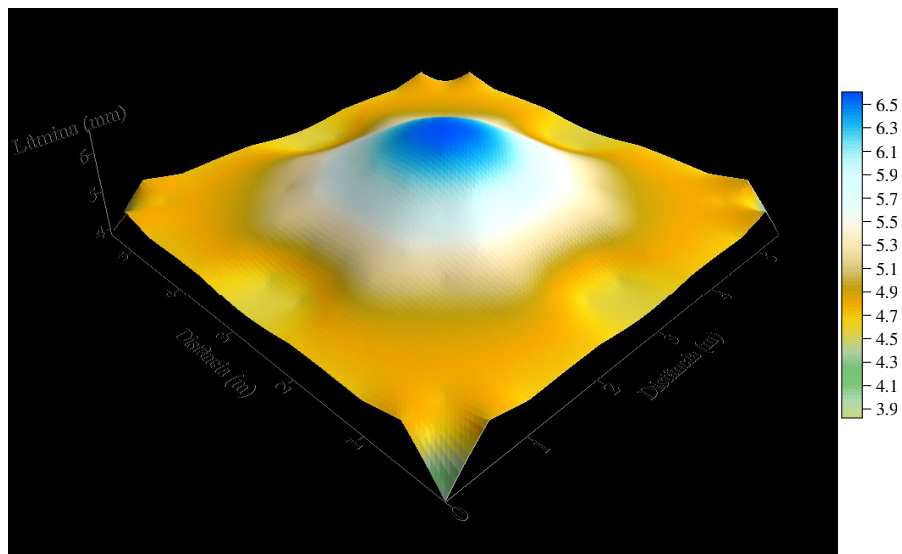


FIGURA 17. Sobreposição da lâmina aplicada por quatro aspersores, espaçados em 35% do diâmetro de alcance, característico do Perfil I.

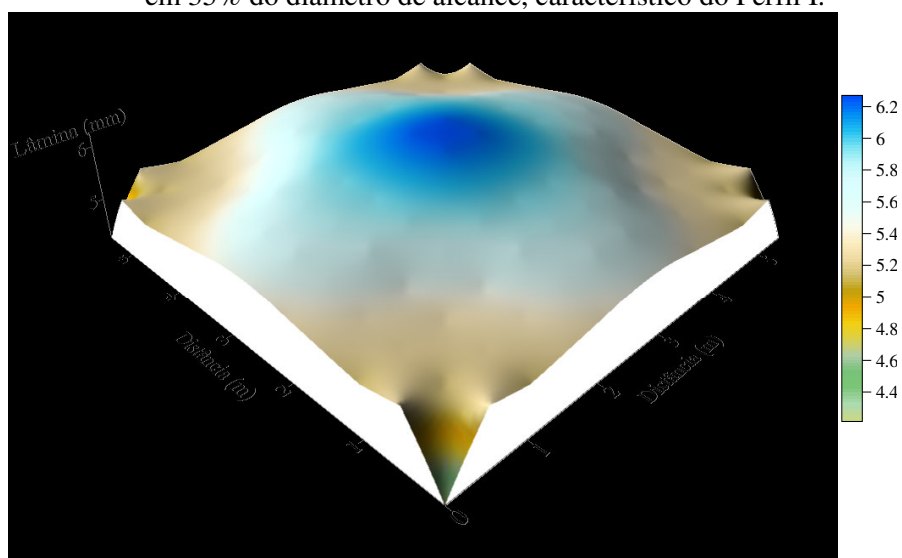


FIGURA 18. Sobreposição da lâmina aplicada por quatro aspersores, espaçados em 35% do diâmetro de alcance, característico do Perfil II.

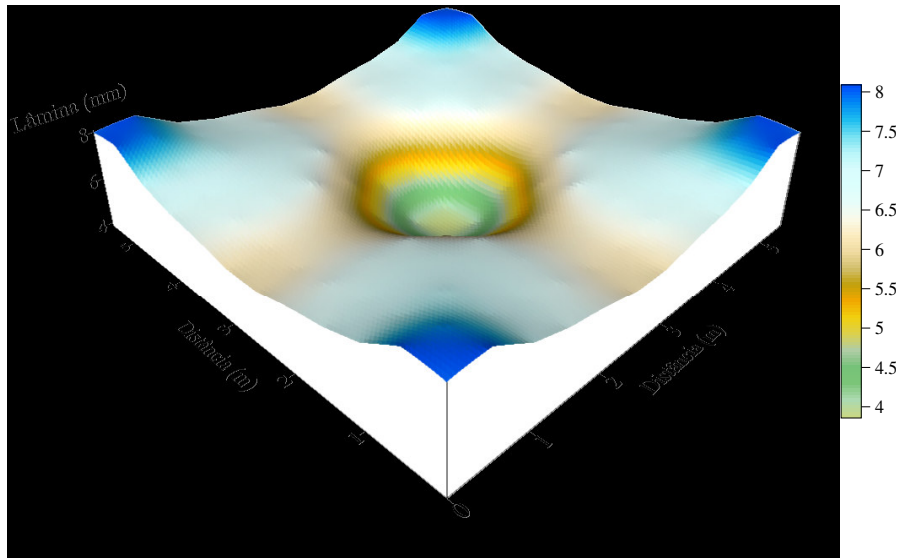


FIGURA 19. Sobreposição da lâmina aplicada por quatro aspersores, espaçados em 35% do diâmetro de alcance, característico do Perfil III.

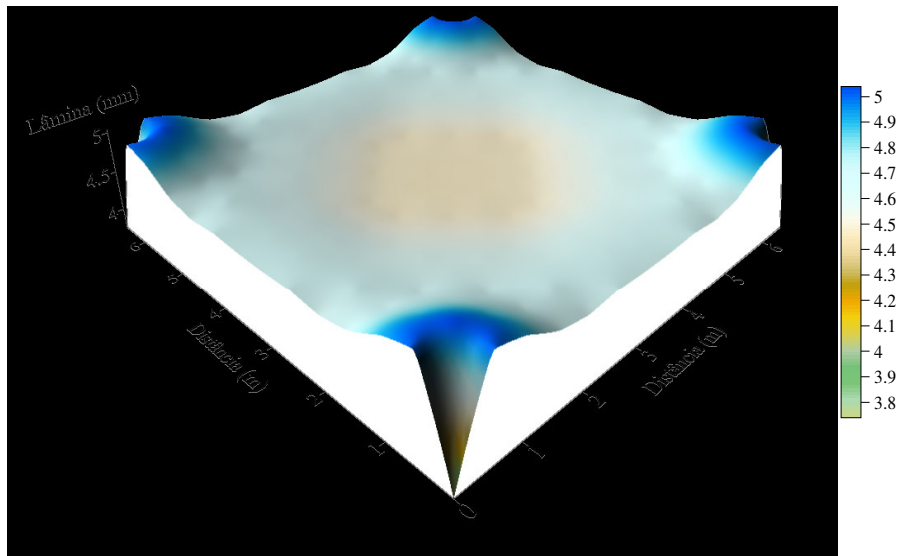


FIGURA 20. Sobreposição da lâmina aplicada por quatro aspersores, espaçados em 35% do diâmetro de alcance, característico do Perfil IV.

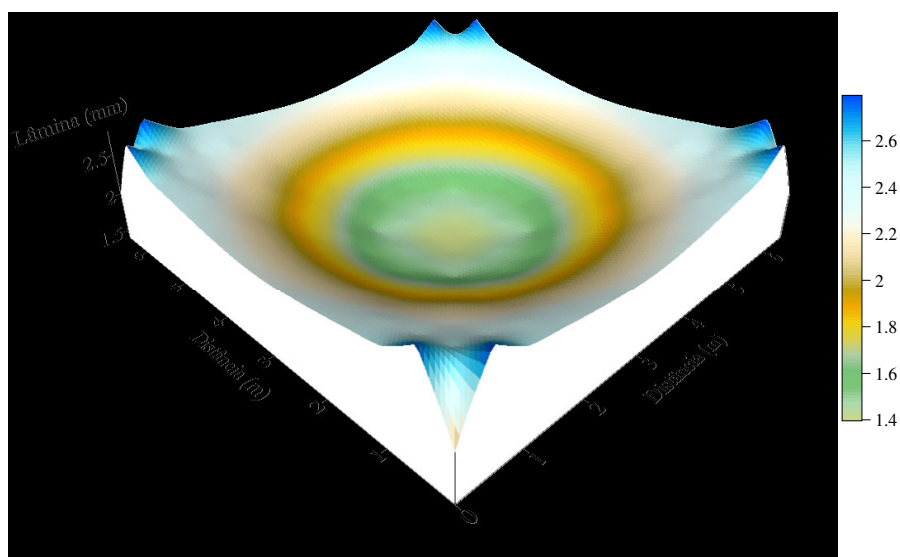


FIGURA 21. Sobreposição da lâmina aplicada por quatro aspersores, espaçados em 35% do diâmetro de alcance, característico do Perfil V.

O perfil IV apresentou a distribuição mais uniforme, coincidindo com valor mais elevado de CUC (Figura 24). Somente o perfil V apresentou uma uniformidade inferior a 85%, como pode ser observado na Tabela 13.

TABELA 13. Uniformidade de aplicação de água dos perfis característicos, espaçados em 35% do diâmetro de alcance.

Perfil	Espaçamento (m)	CUC (%)
I	6 x 6	95,2
II	6 x 6	96,9
III	6 x 6	91,3
IV	7 x 7	97,5
V	7 x 7	83,0

A distribuição obtida pela sobreposição dos perfis radiais característicos de dois aspersores adjacentes, equidistantes em 50% do diâmetro de alcance, pode ser observada na Figura 5B (no ANEXO B).

4.7 Uniformidade de aplicação de água

Utilizando o programa computacional CACTH3D (2004) foram obtidos o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e de Uniformidade de Distribuição (UD) para diferentes espaçamentos entre aspersores. Não foram adotados somente espaçamentos múltiplos de 6 metros, pois o porte físico do aspersor e suas condições operacionais possibilitam que este seja utilizado acoplado a diferentes tubulações, como PVC, aço ou polietileno.

Os espaçamentos adotados foram de 4x4; 4x5; 4x6, 5x5; 5x6; 6x6; 6x7; 6x8; 7x7; 6x9; 6x10; 8x8; 6x11; 6x12; 9x9; 7x12; 8x12; 10x10; 9x12; 10x12; 11x11; 11x12; 12x12; 12x13; 12x14; 12x15; 12x16; 12x17; 12x18; 13x18; 14x18; 15x18 ;16x18; 17x18 e 18x18.

A simulação da uniformidade de aplicação de água (CUC e UD), para diferentes espaçamentos, esta representada graficamente nas Figuras 22 a 29.

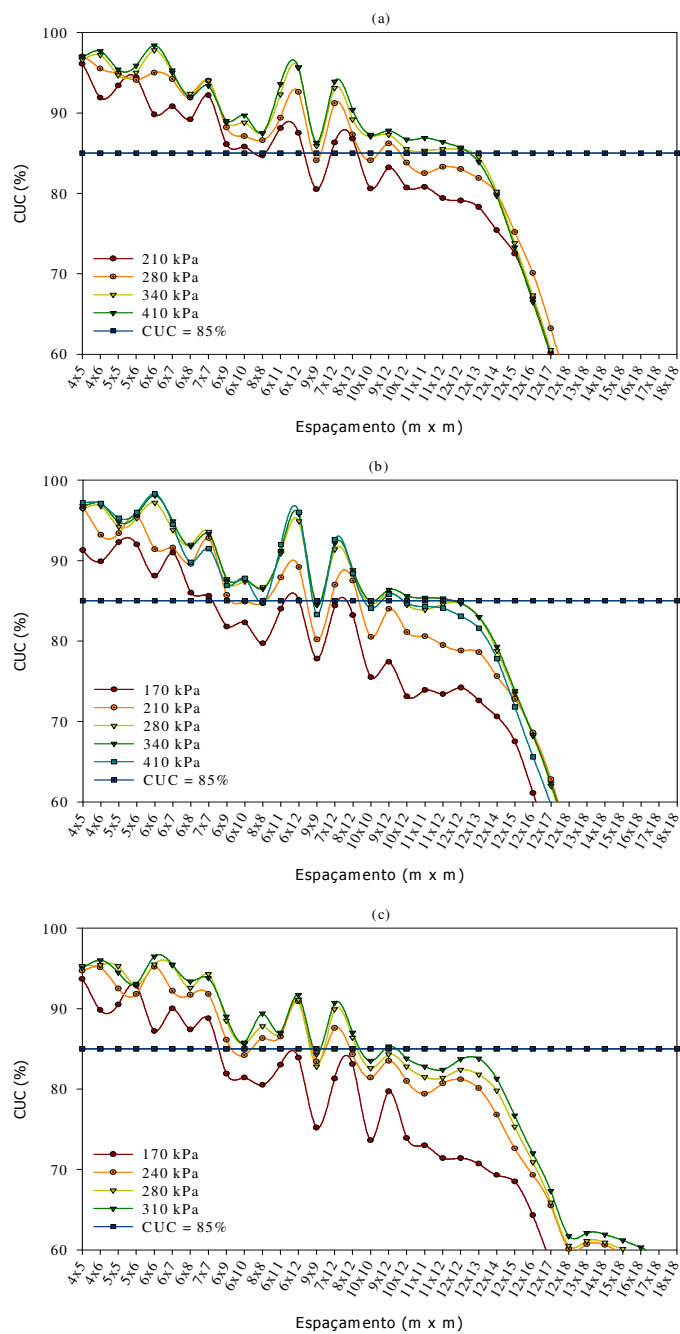


FIGURA 22. Representação dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), para o Defletor Roxo, Bocais Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c).

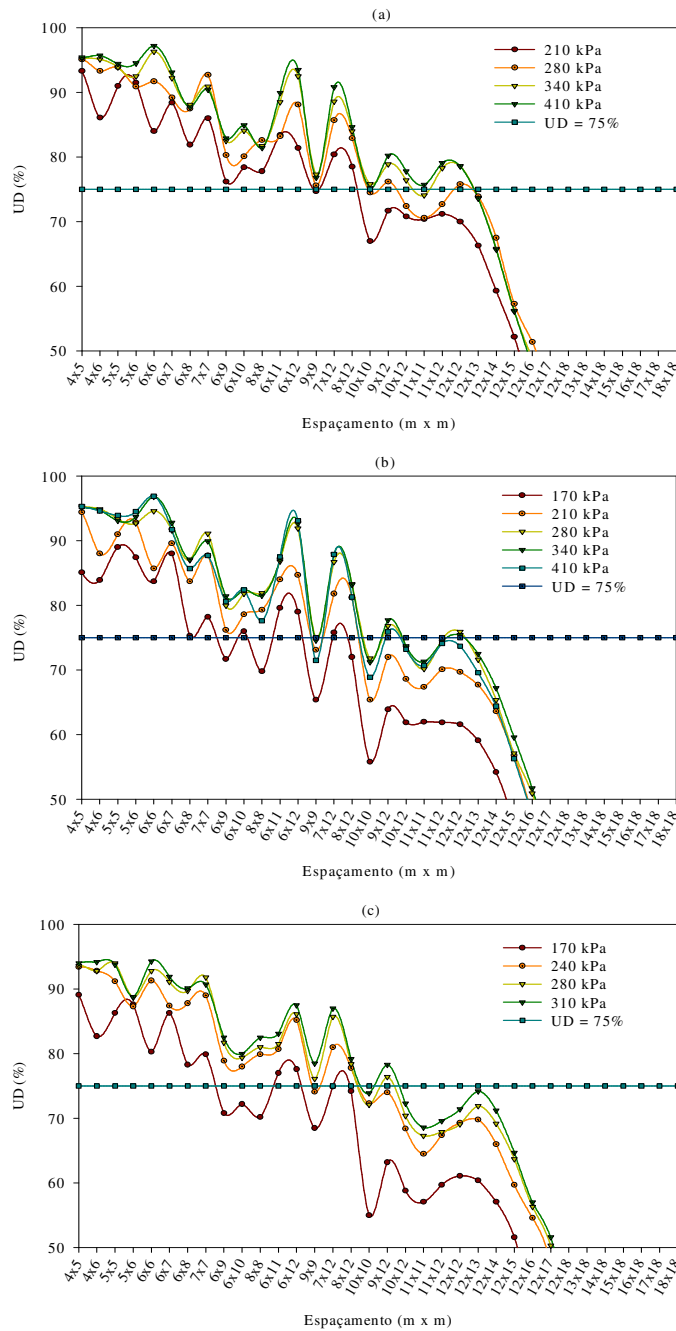


FIGURA 23. Representação dos Coeficientes de Uniformidade de Distribuição (UD), para o Defletor Roxo, Bocais Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c).

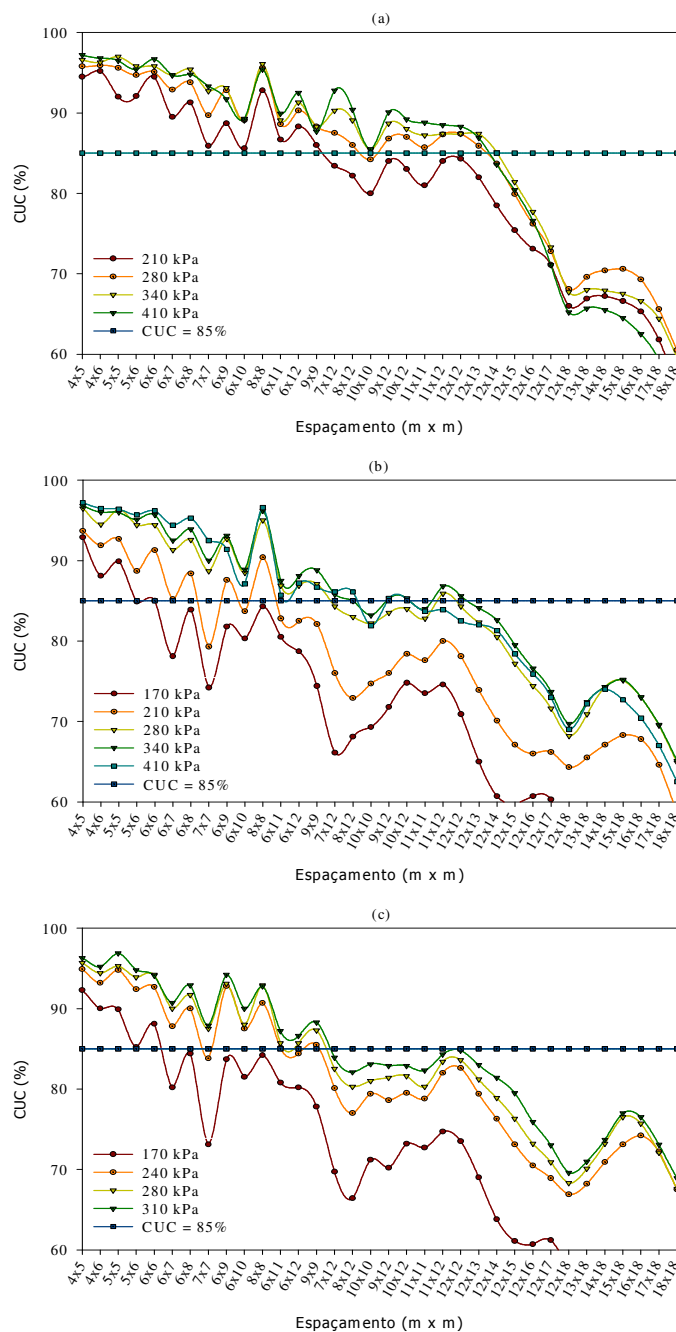


FIGURA 24. Representação dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), para o Defletor Branco, Bocais Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c).

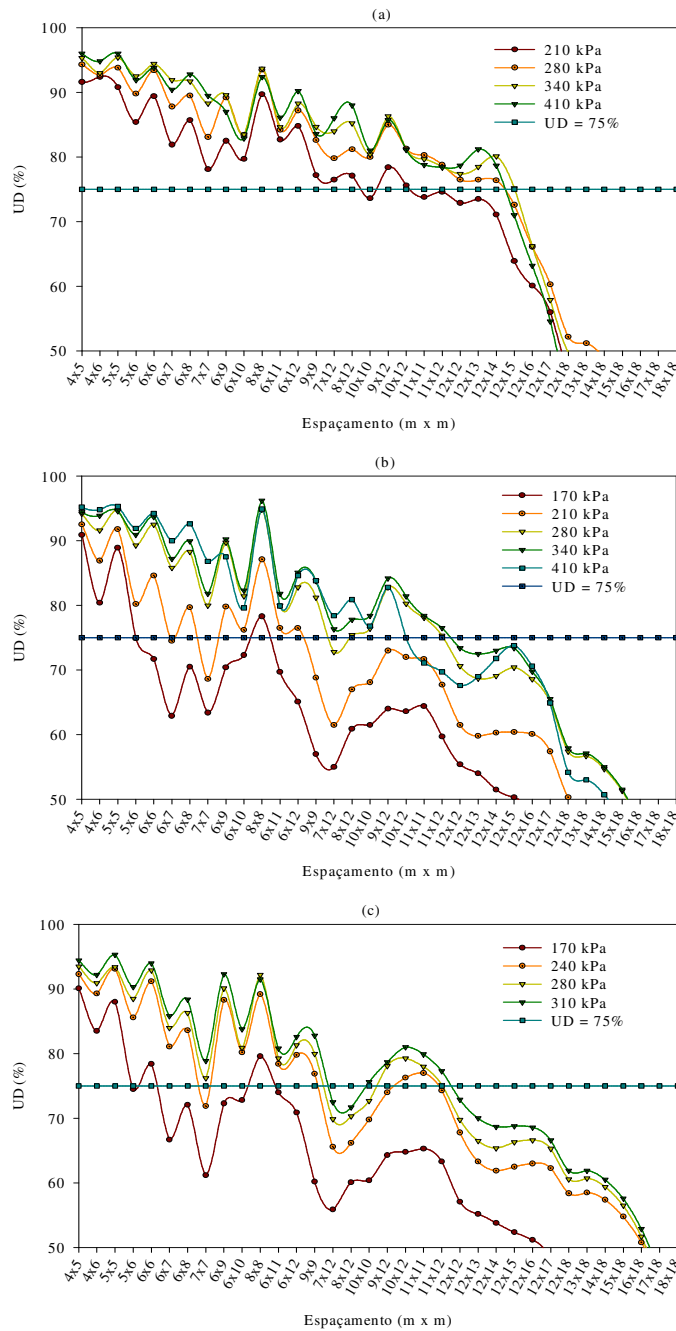


FIGURA 25. Representação dos Coeficientes de Uniformidade de Distribuição (UD), para o Defletor Branco, Bocais Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c).

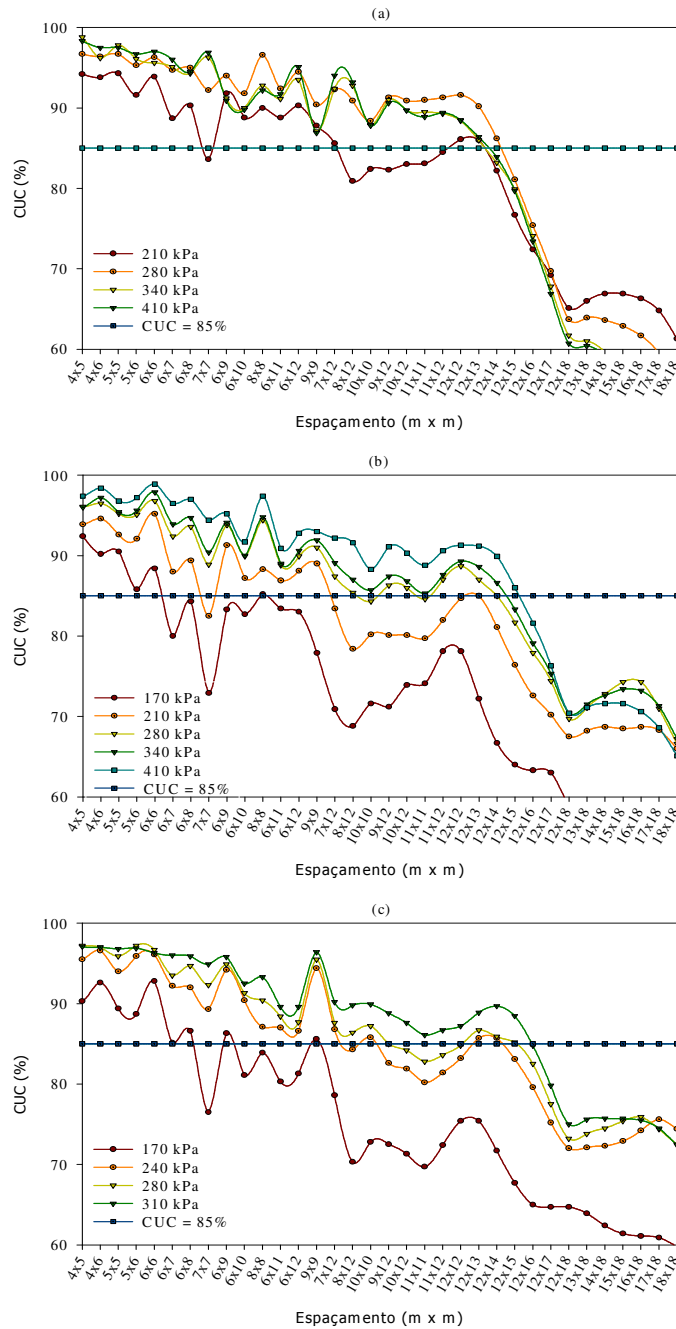


FIGURA 26. Representação dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), para o Defletor Azul, Bocais Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c).

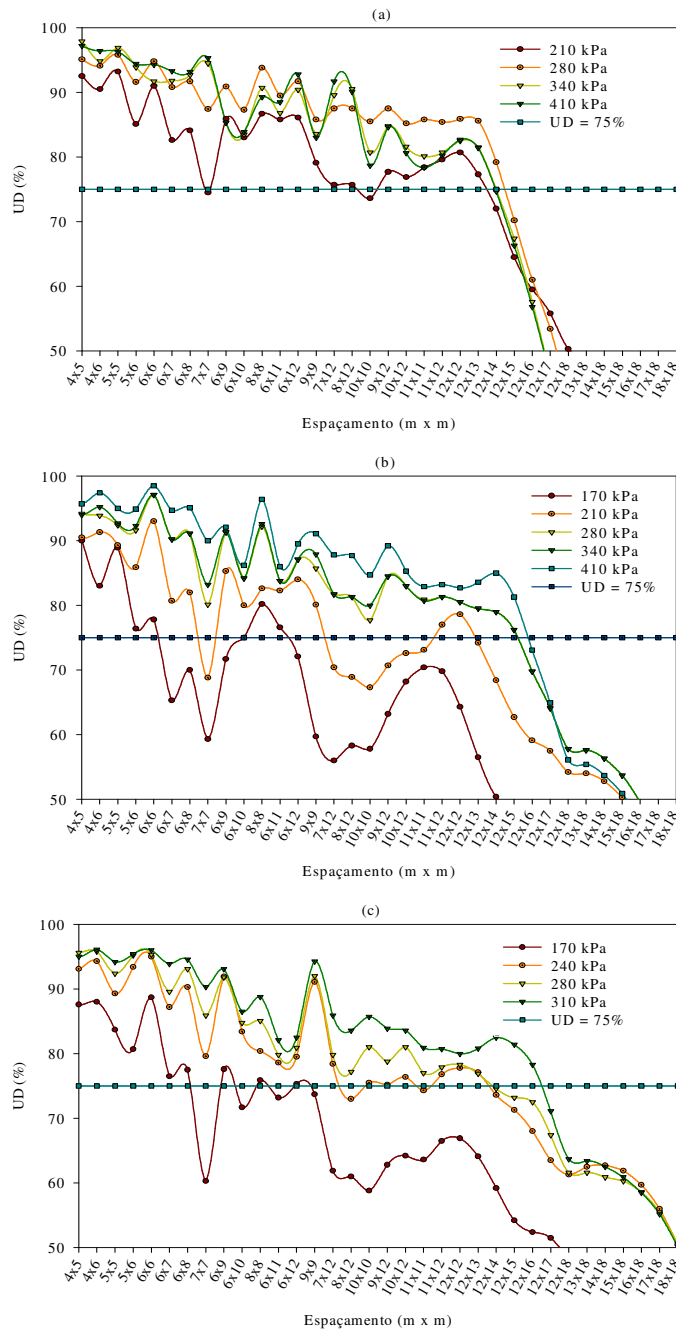


FIGURA 27. Representação dos Coeficientes de Uniformidade de Distribuição (UD), para o Defletor Azul, Bocais Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c).

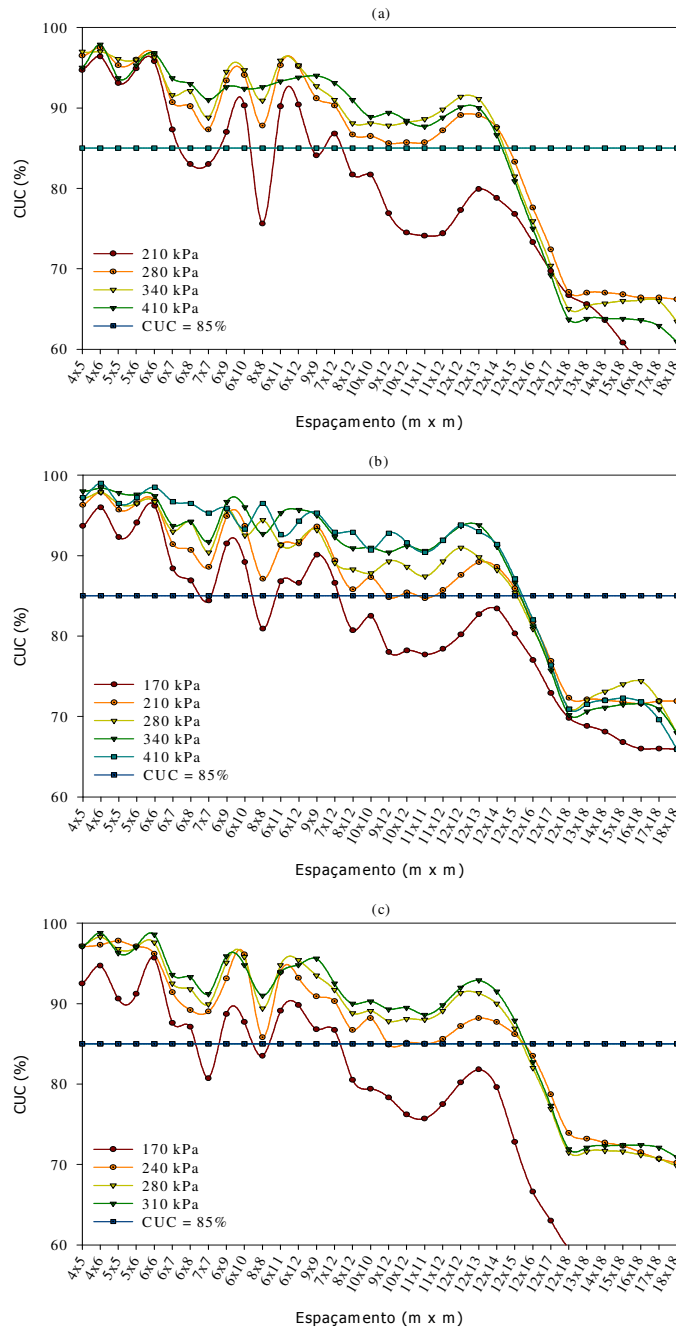


FIGURA 28. Representação dos Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), para o Defletor Vermelho, Bocais Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c).

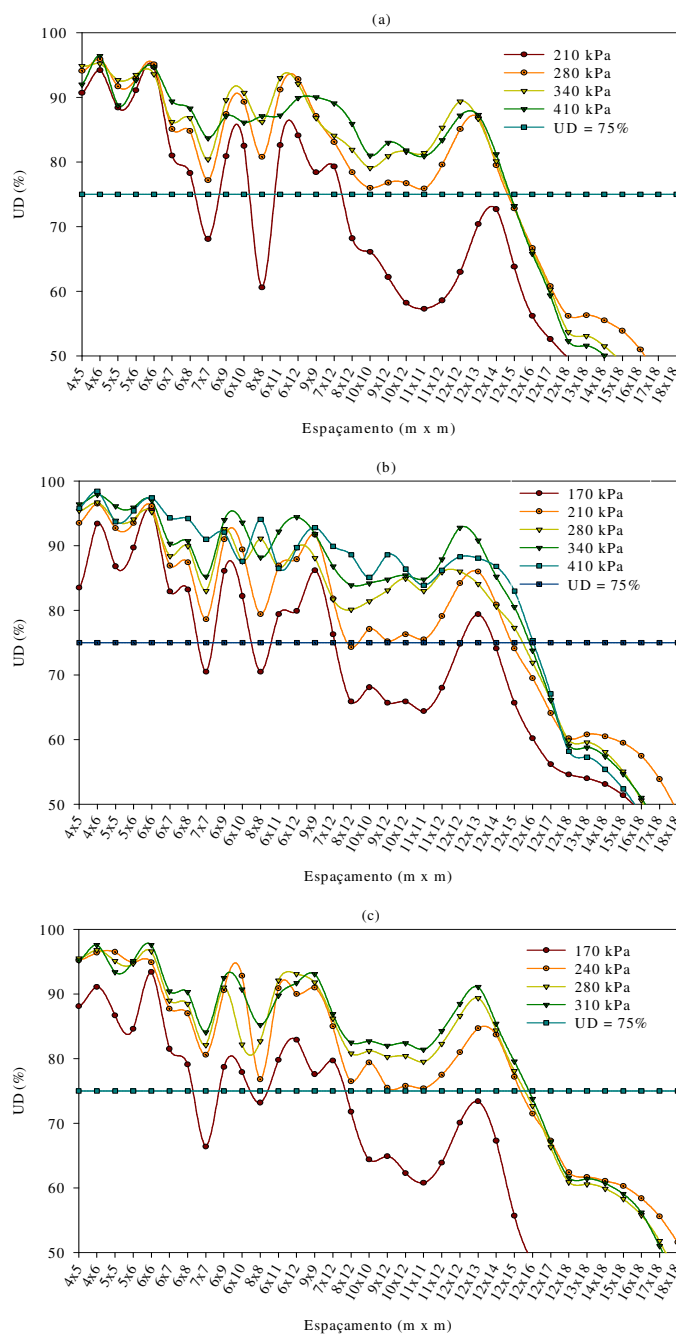


FIGURA 29. Representação dos Coeficientes de Uniformidade de Distribuição (UD), para o Defletor Vermelho, Bocais Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c).

Observa-se que, em geral e para ambos os Defletores, a uniformidade apresentou declínio com o aumento dos espaçamentos e com a diminuição da pressão, sendo este comportamento encontrado para os diferentes bocais.

Pode-se observar que esse comportamento é quebrado em alguns pontos, ocorrendo um aumento no valor da uniformidade (CUC e UD) com o aumento do espaçamento, sendo notado a variação em todas as curvas e ocorrendo mais acentuadamente para os menores níveis de pressão. Esta oscilação acontece pois, em determinados espaçamentos, ocorre uma melhor interação entre perfil-espaçamento, proporcionando uma melhor distribuição da lâmina aplicada sobre a área irrigada, melhorando a uniformidade. Esta interação relaciona-se à intervalos em que áreas de maior precipitação sobrepõem pontos de menor valor. Característica semelhante foi encontrada por César (2001).

As curvas representativas das maiores pressões apresentam valores mais elevados de CUC e UD, ocorrendo uma redução deste com a diminuição da pressão. Estas curvas apresentam comportamento semelhantes frentes às oscilações decorrentes do aumento dos espaçamentos.

Coelho (1990), concluindo estudo sobre o efeito de regulagens de aspersores na uniformidade de aplicação de água e produtividade das culturas, destaca que a pressão de operação dos aspersores interfere na distribuição de água e na produtividade das culturas. Ele observou que entre espaçamentos reduzidos (6x12 e 12x12 m), maiores valores de pressões (300 e 400 kPa) apresentaram melhores CUC, e espaçamentos maiores (12x18 e 18x18), não houve diferença significativa entre os valores de CUC, sobre pressões de 200, 300 e 400 kPa.

Em uma análise da variação da uniformidade junto aos diferentes Defletores, observa-se que os Defletores de maior angulação apresentaram melhores valores, quando comparados os mesmos espaçamentos e bocais (maior número de pontos acima da linha horizontal, equivalente a CUC = 85% e UD =

75%). Como já demonstrado nas Tabelas 8, 9, 10 e 11, os maiores alcances também foram obtidos para os Defletores de maior angulação, o que pode ter proporcionado uma melhor cobertura da área quando se analisa mesmos intervalos de espaçamentos.

Os valores de CUC para os espaçamentos relacionados podem ser encontrados nas Tabelas 1A, 2A, 3A E 4A, no ANEXO A. Logo após, são apresentados os valores de UD, (Tabelas 5A, 6A, 7A e 8A).

Não se devem adotar exclusivamente os valores de CUC para escolha do espaçamento a utilizar. Deve-se procurar atingir uma boa relação entre estes e as principais características do aspersor, da cultura e do solo, procurando atingir um bom grau de adequação entre a área efetivamente irrigada.

Coelho (1990) destaca que os resultados de uniformidade de aplicação de água obtidos a partir de um só aspersor variam significativamente, sendo os coeficientes obtidos dependentes de determinadas variáveis do sistema, tais como modelo do aspersor, tamanho e tipo de bocal, pressão de serviço e velocidade de rotação, não sendo possível desprezá-las no processo de escolha dos aspersores.

É sempre bom salientar que a água aplicada sofre uma redistribuição ao se infiltrar no solo (Hart, 1972 e Paiva, 1980), e conforme relato de Vanzela (2002), elevados valores de CUC em pequenos intervalos de espaçamentos podem ocasionar uma maior perda de água por percolação.

Esta característica também pode ser observada em estudo realizado por Sinai & Zalasusky (1980), citados por Solomon (1984), que demonstraram que devido à anisotropia do solo e das condições superficiais, uma aplicação uniforme de água pode não corresponder à mesma uniformidade quando se analisa a umidade do solo.

A seguir é demonstrada a distribuição espacial da lâmina aplicada pelos aspersores estudados, operando sobre a mesma pressão (280 kPa), resultante da operação de um conjunto de aspersores operando simultaneamente. Foram utilizados espaçamentos quadrangulares, equivalentes a 35% e a 70% do diâmetro de alcance do aspersor. Os resultados da sobreposição de 35% do diâmetro são apresentados nas Figuras 30, 31, 32 e 33.

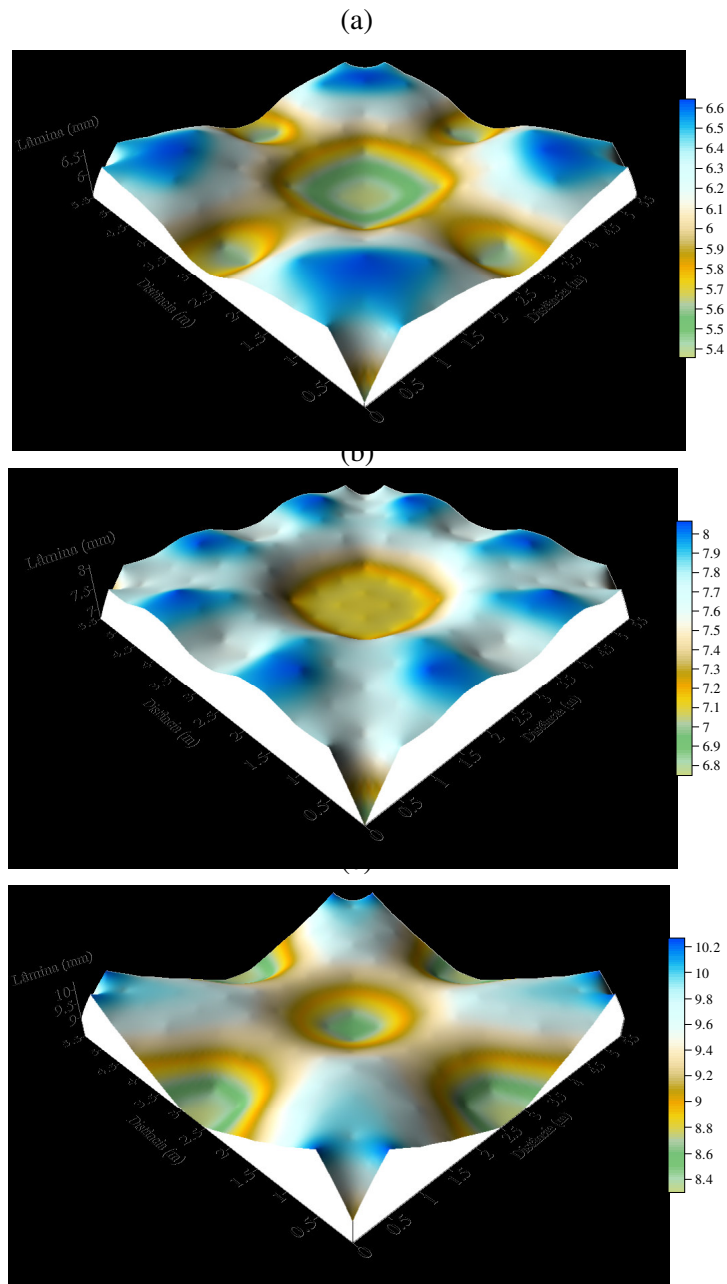


FIGURA 30. Distribuição espacial de um conjunto de aspersores operando simultaneamente, sobre espaçamento de 35% do diâmetro de alcance, para o conjunto Defletor Roxo, Bocal Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c), sobre pressão de 280 kPa.

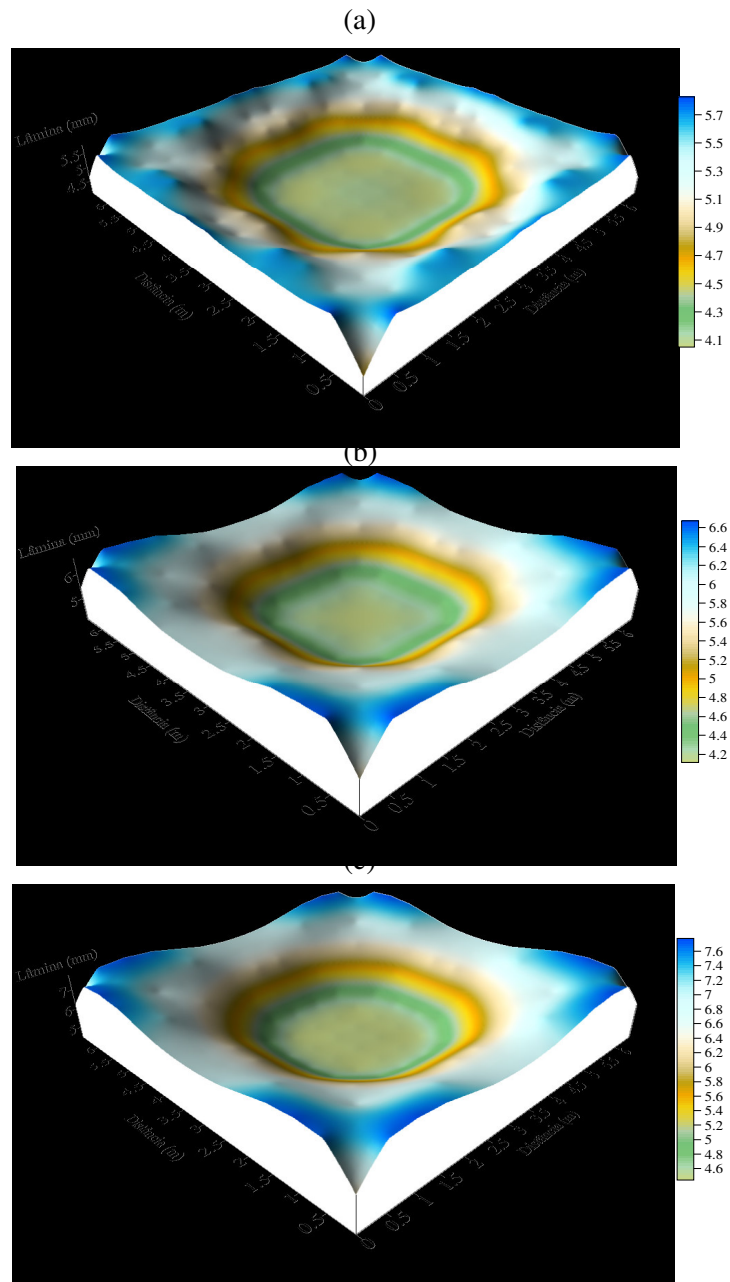


FIGURA 31. Distribuição espacial de um conjunto de aspersores operando simultaneamente, sobre espaçamento de 35% do diâmetro de alcance, para o conjunto Defletor Branco, Bocal Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c), sobre pressão de 280 kPa.

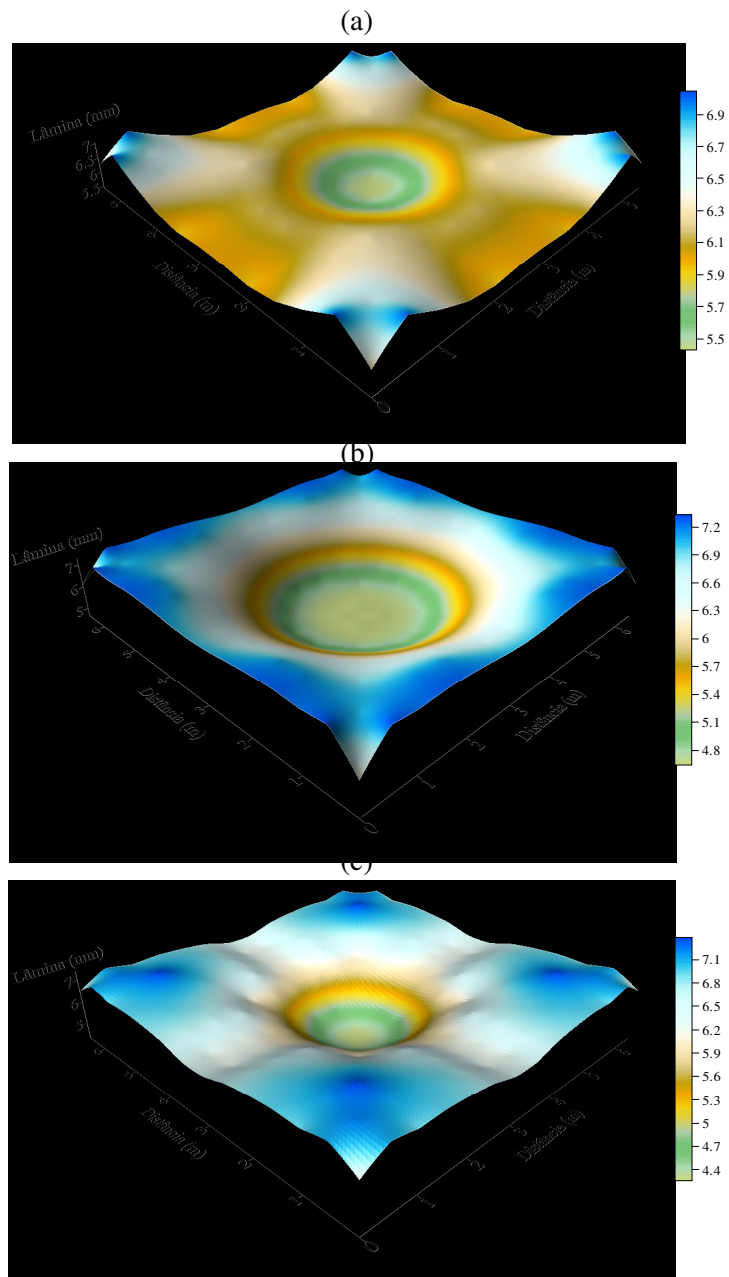


FIGURA 32. Distribuição espacial de um conjunto de aspersores operando simultaneamente, sobre espaçamento de 35% do diâmetro de alcance, para o conjunto Defletor Azul, Bocal Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c), sobre pressão de 280 kPa.

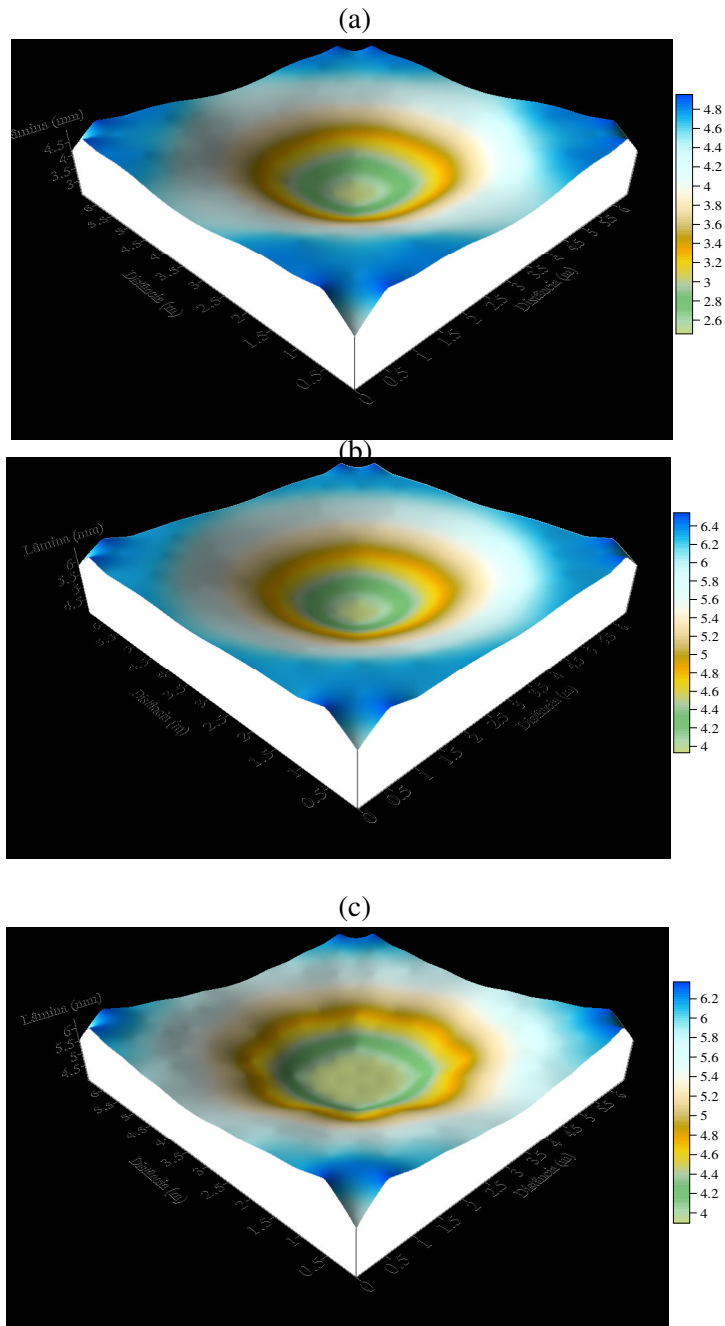


FIGURA 33. Distribuição espacial de um conjunto de aspersores operando simultaneamente, sobre espaçamento de 35% do diâmetro de alcance, para o conjunto Defletor Vermelho, Bocal Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c), sobre pressão de 280 kPa.

Os espaçamentos encontrados foram de 6x6 (m), para o Defletor Roxo (ambos os bocais) e para o Defletor Azul, Bocal Laranja, e de 7x7 (m) para os demais. Os maiores valores de CUC foram obtidos para o Defletor Roxo, que apresentava menores espaçamentos. Todos os valores encontrados estavam acima dos 85%. Os valores podem ser encontrados nas Tabelas 1A, 2A, 3A e 4A, em anexo.

Pode-se observar que a parte central da área coberta pelos aspersores apresenta-se com deficiência com relação à periferia. Esta ocorrência é característica dos espaçamentos inferiores a 50% do diâmetro de alcance (menor do que o raio de alcance do aspersor). A lâmina recebida na periferia da área coberta pelo espaçamento entre 4 aspersores sofre influência dos demais emissores que se encontram na mesma linha e entre linhas de irrigação, sendo que a região central desta recebe apenas a lâmina aplicada pelos 4 aspersores ao seu redor. Esta particularidade pode ser observada na Figura 6B, em anexo, onde se observa a simulação de um sistema de irrigação operando sobre o espaçamento de 35% do diâmetro de alcance do aspersor.

A distribuição espacial de 4 aspersores, operando isoladamente, foi retratado nas Figuras 1B, 2B, 3B E 4B, em anexo, utilizando-se a mesma pressão (280 kPa) e os mesmos espaçamentos amostrados acima, onde se observa uma melhor distribuição espacial da lâmina, diminuição da lâmina aplicada e um aumento na uniformidade de distribuição de água, para quase todas as situações.

As Figuras 34 a 37 apresentam a sobreposição obtida para o conjunto de aspersores operando sobre espaçamento equivalente a 70% do diâmetro de alcance.

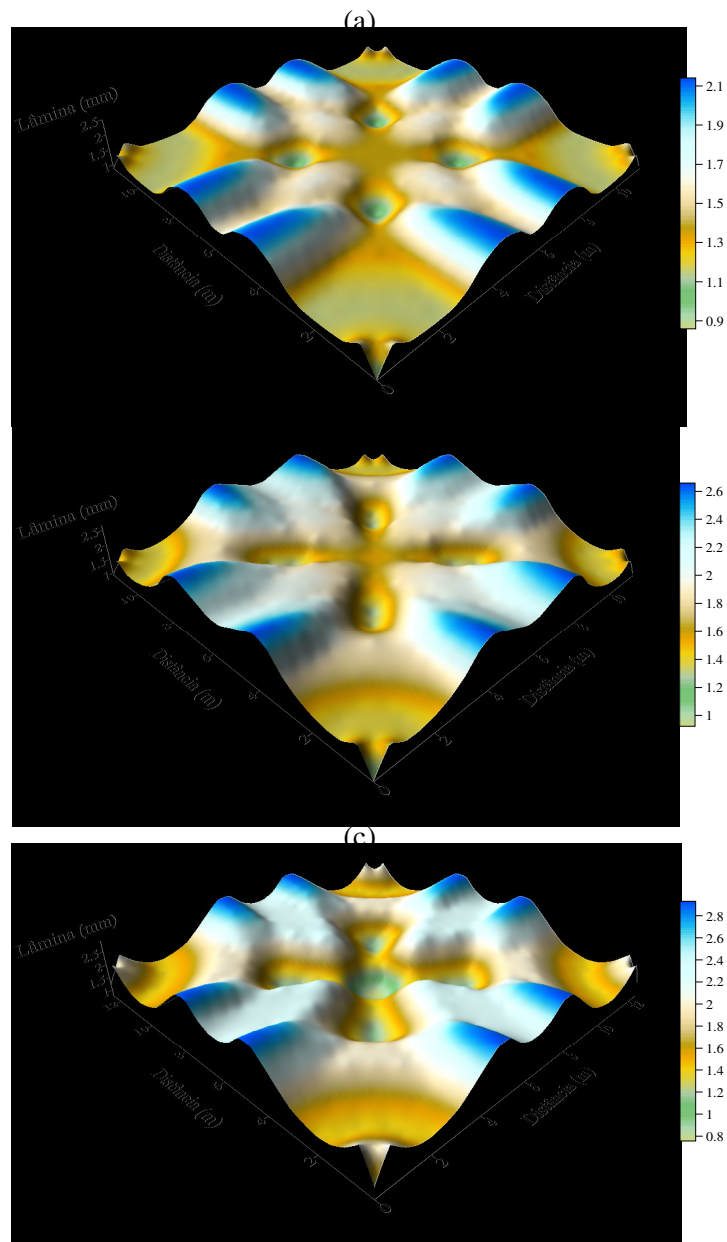


FIGURA 34. Distribuição espacial de um conjunto de aspersores operando simultaneamente, sobre espaçamento de 70% do diâmetro de alcance, para o conjunto Defletor Roxo, Bocal Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c), sobre pressão de 280 kPa.

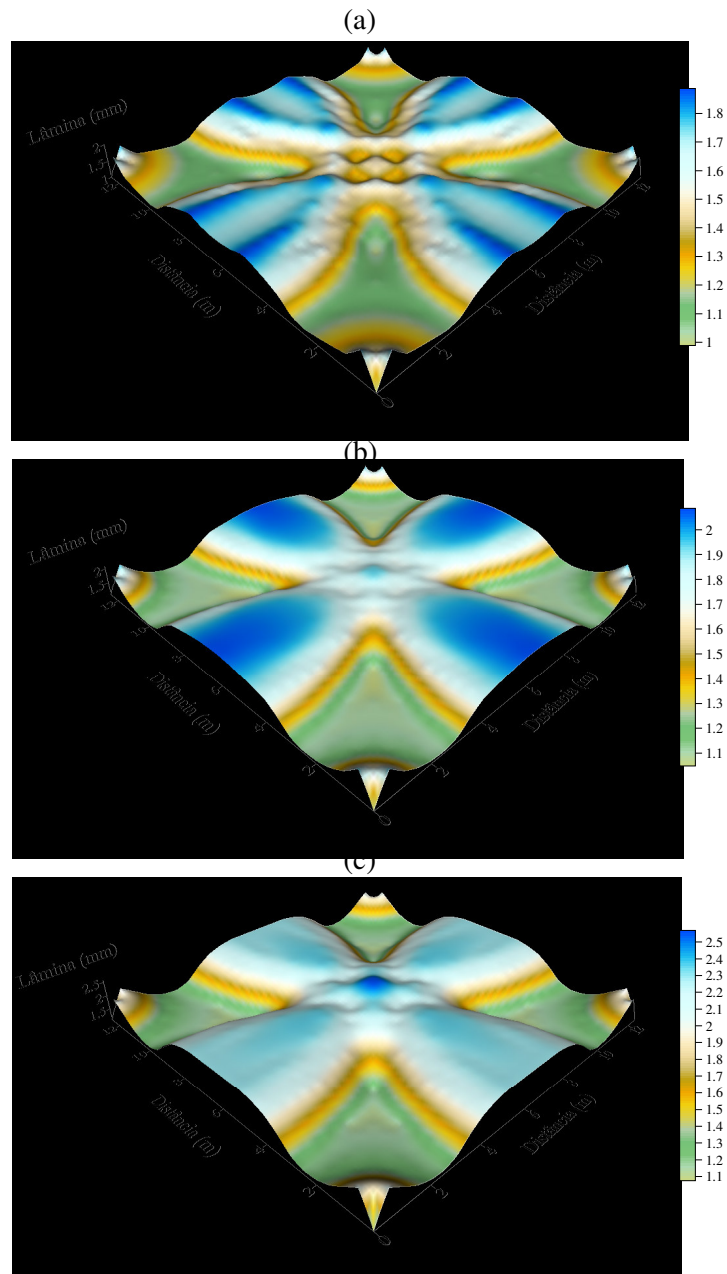


FIGURA 35. Distribuição espacial de um conjunto de aspersores operando simultaneamente, sobre espaçamento de 70% do diâmetro de alcance, para o conjunto Defletor Branco, Bocal Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c), sobre pressão de 280 kPa.

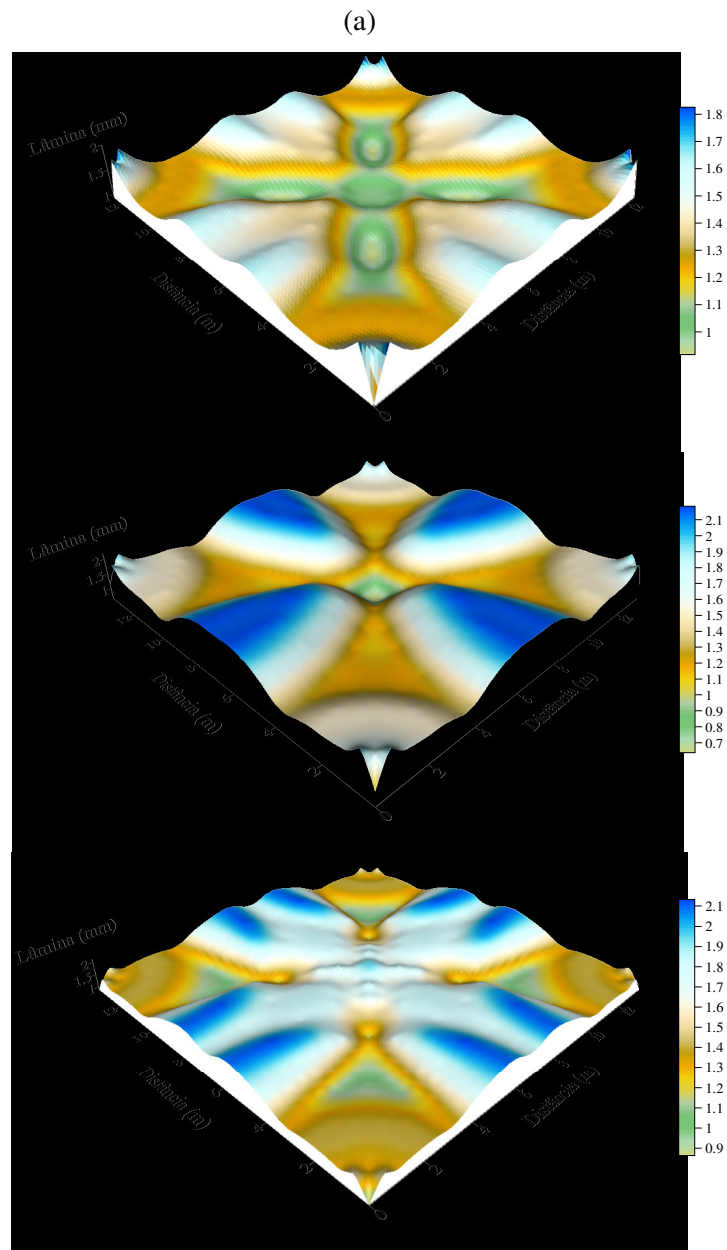


FIGURA 36. Distribuição espacial de um conjunto de aspersores operando simultaneamente, sobre espaçamento de 70% do diâmetro de alcance, para o conjunto Defletor Azul, Bocal Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c), sobre pressão de 280 kPa.

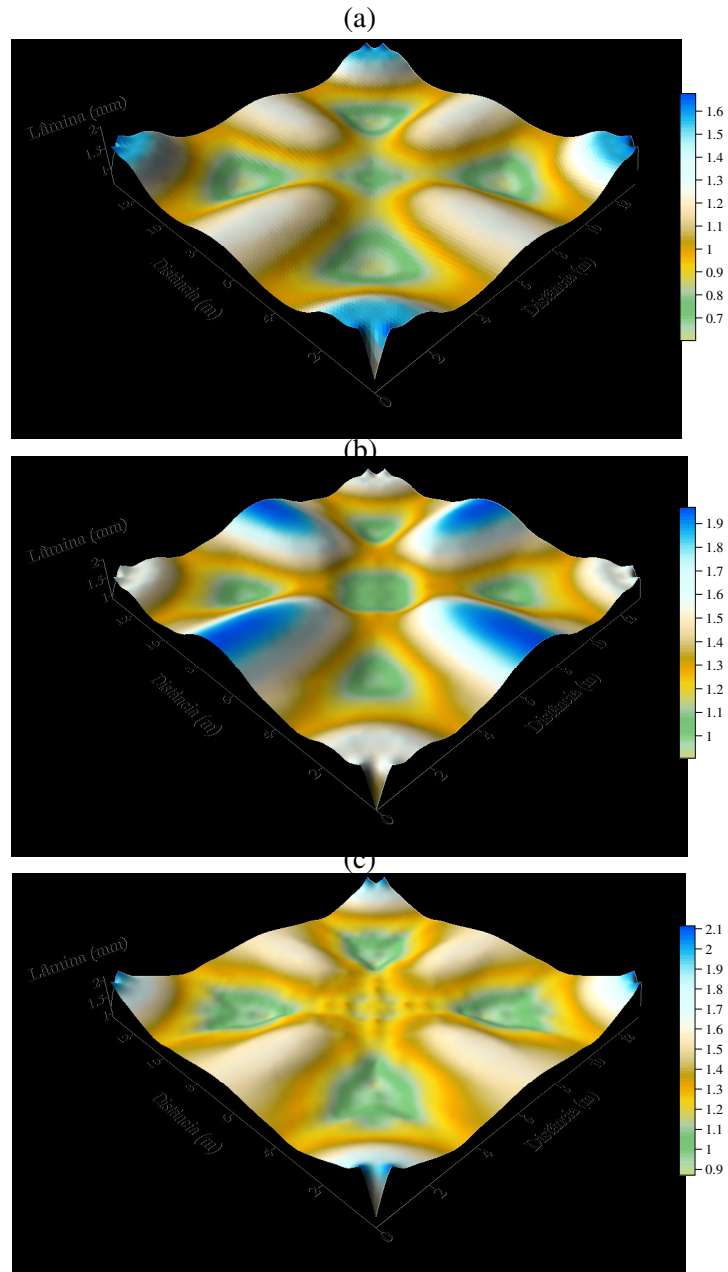


FIGURA 37. Distribuição espacial de um conjunto de aspersores operando simultaneamente, sobre espaçamento de 70% do diâmetro de alcance, para o conjunto Defletor Vermelho, Bocal Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c), sobre pressão de 280 kPa.

Para estes espaçamentos, observa-se a formação de um “Trevo”, com quatro partes, que representa a área que sofre sobreposição dos perfis. Esta característica pode ser observada através da Figura 7B, em anexo. Como o espaçamento empregado é superior ao raio de alcance do aspersor, somente os pontos de menor distância entre estes sofrem sobreposição, deixando com que as regiões centrais e as próximas ao aspersor recebam aplicação da lâmina de apenas um emissor.

Mesmo a área compreendida pela formação descrita acima (formato de uma “Trevo”), apresenta-se irregular, devido a pontos de sobreposição nos perfis que apresentam baixos valores de lâmina.

A uniformidade de aplicação de água e os espaçamentos utilizados acima podem ser observados na Tabela 14.

TABELA 14. Uniformidade de aplicação de água para sobreposição de 75% do diâmetro de alcance.

Bocal (mm)	Defletor Roxo		Defletor Branco		Defletor Azul		Defletor Vermelho	
	Espaçamento (m x m)	CUC (%)	Espaçamento (m x m)	CUC (%)	Espaçamento (m x m)	CUC (%)	Espaçamento (m x m)	CUC (%)
Laranja (2,18)	12 x 12	83,0	13 x 13	84,4	13 x 13	82,8	14 x 14	82,8
Roxo (2,39)	12 x 12	84,7	13 x 13	80,2	14 x 14	81,1	14 x 14	85,0
Amarelo (2,59)	13 x 13	80,8	14 x 14	73,4	14 x 14	83,9	14 x 14	88,0

Adotando-se como limite mínimo de espaçamentos entre aspersores, valores equivalentes a 35% do diâmetro de alcance do aspersor, e como limites máximos o maior valor de alcance do aspersor, capaz de cobrir toda área irrigada (Figura 7B), equivalente a 70% do diâmetro de alcance de aspersor, utilizou-se o índice indicado por Keller & Bliesner (1990) (CUC > 84% e UD > 75%) para caracterizar os espaçamentos recomendados para a utilização do aspersor Rain Bird® LF1200™, descritos nas Tabelas 15, 16, 17 e 18.

TABELA 15. Espaçamentos recomendados para utilização do Defletor Roxo.

Pressão (kPa)												
Bocal Laranja				Bocal Roxo					Bocal Amarelo			
210	280	340	410	170	210	280	340	410	170	240	280	310
6x6	6x6	6x6	6x6	6x6	6x6	6x6	6x6	6x6	6x6	6x6	6x6	6x6
6x7	6x7	6x7	6x7	6x7	6x7	6x7	6x7	6x7	6x7	6x7	6x7	6x7
6x8	6x8	6x8	6x8	6x8	6x8	6x8	6x8	6x8	6x8	6x8	6x8	6x8
7x7	7x7	7x7	7x7	7x7	7x7	7x7	7x7	7x7	7x7	7x7	7x7	7x7
6x9	6x9	6x9	6x9		6x9	6x9	6x9	6x9		6x9	6x9	6x9
6x10	6x10	6x10	6x10			6x10	6x10	6x10			6x10	6x10
	8x8	8x8	8x8			8x8	8x8			8x8	8x8	8x8
6x11	6x11	6x11	6x11		6x11	6x11	6x11	6x11		6x11	6x11	6x11
6x12	6x12	6x12	6x12	6x12	6x12	6x12	6x12	6x12		6x12	6x12	6x12
		9x9	9x9									
7x12	7x12	7x12	7x12		7x12	7x12	7x12	7x12		7x12	7x12	7x12
8x12	8x12	8x12	8x12		8x12	8x12	8x12	8x12		8x12	8x12	8x12
		10x10	10x10				10x10					
	9x12	9x12	9x12			9x12	9x12	9x12				9x12
		10x12	10x12									
		11x11	11x11									
		11x12	11x12				11x12					
		12x12	12x12									

TABELA 16. Espaçamentos recomendados para utilização do Defletor Branco.

Pressão (kPa)												
Bocal Laranja				Bocal Roxo					Bocal Amarelo			
210	280	340	410	170	210	280	340	410	170	240	280	310
6x6			6x6		6x6				6x6			
6x7			6x7		6x7							
6x8			6x8		6x8							
7x7	7x7	7x7	7x7			7x7	7x7	7x7			7x7	7x7
6x9	6x9	6x9	6x9		6x9	6x9	6x9	6x9		6x9	6x9	6x9
6x10	6x10	6x10	6x10		6x10	6x10	6x10	6x10		6x10	6x10	6x10
8x8	8x8	8x8	8x8		8x8	8x8	8x8	8x8		8x8	8x8	8x8
6x11	6x11	6x11	6x11			6x11	6x11	6x11		6x11	6x11	6x11
6x12	6x12	6x12	6x12			6x12	6x12	6x12			6x12	6x12
9x9	9x9	9x9	9x9			9x9	9x9	9x9		9x9	9x9	9x9
	7x12	7x12	7x12				7x12	7x12				
	8x12	8x12	8x12				8x12	8x12				
		10x10	10x10									
	9x12	9x12	9x12				9x12	9x12				
	10x12	10x12	10x12				10x12	10x12				
	11x11	11x11	11x11									
	11x12	11x12	11x12			11x12	11x12					
	12x12	12x12	12x12									
	12x13	12x13	12x13									
		13 x 13	13 x 13									

TABELA 17. Espaçamentos recomendados para utilização do Defletor Azul.

Pressão (kPa)												
Bocal Laranja				Bocal Roxo					Bocal Amarelo			
210	280	340	410	170	210	280	340	410	170	240	280	310
6x6	6x6	6x6	6x6	6x6								
6x7	6x7	6x7	6x7			7x7	7x7	7x7		7x7	7x7	7x7
6x8	6x8	6x8	6x8						6x9	6x9	6x9	6x9
	7x7	7x7	7x7									
6x9	6x9	6x9	6x9		6x9	6x9	6x9	6x9		6x10	6x10	6x10
6x10	6x10	6x10	6x10		6x10	6x10	6x10	6x10				
8x8	8x8	8x8	8x8	8x8	8x8	8x8	8x8	8x8		8x8	8x8	8x8
6x11	6x11	6x11	6x11		6x11	6x11	6x11	6x11		6x11	6x11	6x11
6x12	6x12	6x12	6x12		6x12	6x12	6x12	6x12		6x12	6x12	6x12
9x9	9x9	9x9	9x9		9x9	9x9	9x9	9x9		9x9	9x9	9x9
7x12	7x12	7x12	7x12			7x12	7x12	7x12		7x12	7x12	7x12
	8x12	8x12	8x12			8x12	8x12	8x12			8x12	8x12
	10x10	10x10	10x10				10x10	10x10		10x10	10x10	10x10
	9x12	9x12	9x12			9x12	9x12	9x12			9x12	9x12
	10x12	10x12	10x12			10x12	10x12	10x12				10x12
	11x11	11x11	11x11				11x11	11x11				11x11
	11x12	11x12	11x12			11x12	11x12	11x12				11x12
12x12	12x12	12x12	12x12			12x12	12x12	12x12				12x12
12x13	12x13	12x13	12x13		12x13	12x13	12x13	12x13		12x13	12x13	12x13
	13 x 13	13 x 13	13 x 13			13 x 13	13 x 13	13 x 13		13 x 13	13 x 13	13 x 13
						12x14	12x14	12x14			12x14	12x14
								12x15				12x15
								14 x 14				14 x 14

TABELA 18. Espaçamentos recomendados para utilização do Defletor Vermelho.

Pressão (kPa)												
Bocal Laranja				Bocal Roxo					Bocal Amarelo			
210	280	340	410	170	210	280	340	410	170	240	280	310
	7x7	7x7	7x7		7x7	7x7	7x7	7x7		7x7	7x7	7x7
6x9	6x9	6x9	6x9	6x9	6x9	6x9	6x9	6x9	6x9	6x9	6x9	6x9
6x10	6x10	6x10	6x10	6x10	6x10	6x10	6x10	6x10	6x10	6x10	6x10	6x10
	8x8	8x8	8x8		8x8	8x8	8x8	8x8		8x8	8x8	8x8
6x11	6x11	6x11	6x11	6x11	6x11	6x11	6x11	6x11	6x11	6x11	6x11	6x11
6x12	6x12	6x12	6x12	6x12	6x12	6x12	6x12	6x12	6x12	6x12	6x12	6x12
	9x9	9x9	9x9	9x9	9x9	9x9	9x9	9x9	9x9	9x9	9x9	9x9
7x12	7x12	7x12	7x12	7x12	7x12	7x12	7x12	7x12	7x12	7x12	7x12	7x12
	8x12	8x12	8x12		8x12	8x12	8x12	8x12		8x12	8x12	8x12
	10x10	10x10	10x10		10x10	10x10	10x10	10x10		10x10	10x10	10x10
	9x12	9x12	9x12			9x12	9x12	9x12			9x12	9x12
	10x12	10x12	10x12		10x12	10x12	10x12	10x12		10x12	10x12	10x12
	11x11	11x11	11x11			11x11	11x11	11x11		11x11	11x11	11x11
	11x12	11x12	11x12		11x12	11x12	11x12	11x12		11x12	11x12	11x12
	12x12	12x12	12x12		12x12	12x12	12x12	12x12		12x12	12x12	12x12
	12x13	12x13	12x13		12x13	12x13	12x13	12x13		12x13	12x13	12x13
	13 x 13	13 x 13	13 x 13	13 x 13	13 x 13	13 x 13	13 x 13	13 x 13		13 x 13	13 x 13	13 x 13
	12x14	12x14	12x14		12x14	12x14	12x14	12x14		12x14	12x14	12x14
					12x15	12x15	12x15	12x15		12x15	12x15	12x15
					14 x 14	14 x 14	14 x 14	14 x 14		14 x 14	14 x 14	14 x 14

O Bocal Laranja apresentou bons resultados, em ambos os defletores. O mesmo ocorreu para o Defletor Vermelho, em todos os bocais. Para os menores valores de pressão ensaiados (170 e 210 kPa), poucos espaçamentos se adequaram, assim como para Defletor Branco, (Bocais Roxo e Amarelo).

César (2001) comenta que, de um modo geral, as combinações entre espaçamentos que resultem em coeficientes de uniformidade (CUC) acima de 80% são recomendados. O autor relaciona estes valores, para diferentes espaçamentos, com dados de intensidade de precipitação (mm/h), obtidos para um aspersor canhão do tipo turbina, concluindo que o fabricante deva acrescentar estes dados ao seu catálogo.

Os valores de intensidade de aplicação (mm/h), para o aspersor LF1200, podem ser visualizados na Tabela 19.

TABELA 19. Valores da Intensidade de Aplicação média de água (mm/h).

Espaçamento (m)	Pressão (kPa)												
	Bocal Laranja				Bocal Roxo					Bocal Amarelo			
	210	280	340	410	170	210	280	340	410	170	240	280	310
4x4	16,4	19,3	21,3	23,5	18,0	20,2	23,5	25,9	28,6	20,8	25,0	27,4	28,5
4x5	13,1	15,5	17,1	18,8	14,4	16,2	18,8	20,7	22,9	16,7	20,0	21,9	22,8
4x6	10,9	12,9	14,2	15,7	12,0	13,5	15,7	17,3	19,1	13,9	16,7	18,3	19,0
5x5	10,5	12,4	13,6	15,0	11,5	12,9	15,0	16,6	18,3	13,3	16,0	17,5	18,3
5x6	8,8	10,3	11,4	12,5	9,6	10,8	12,5	13,8	15,3	11,1	13,3	14,6	15,2
6x6	7,3	8,6	9,5	10,4	8,0	9,0	10,4	11,5	12,7	9,3	11,1	12,2	12,7
6x7	6,3	7,4	8,1	9,0	6,9	7,7	8,9	9,9	10,9	7,9	9,5	10,4	10,9
6x8	5,5	6,4	7,1	7,8	6,0	6,7	7,8	8,6	9,5	6,9	8,3	9,1	9,5
7x7	5,4	6,3	7,0	7,7	5,9	6,6	7,7	8,5	9,3	6,8	8,2	8,9	9,3
6x9	4,9	5,7	6,3	7,0	5,3	6,0	7,0	7,7	8,5	6,2	7,4	8,1	8,5
6x10	4,4	5,2	5,7	6,3	4,8	5,4	6,3	6,9	7,6	5,6	6,7	7,3	7,6
8x8	4,1	4,8	5,3	5,9	4,5	5,0	5,9	6,5	7,2	5,2	6,2	6,8	7,1
6x11	4,0	4,7	5,2	5,7	4,4	4,9	5,7	6,3	6,9	5,1	6,1	6,6	6,9
6x12	3,6	4,3	4,7	5,2	4,0	4,5	5,2	5,8	6,4	4,6	5,6	6,1	6,3
9x9	3,2	3,8	4,2	4,6	3,6	4,0	4,6	5,1	5,7	4,1	4,9	5,4	5,6
7x12	3,1	3,7	4,1	4,5	3,4	3,8	4,5	4,9	5,5	4,0	4,8	5,2	5,4
8x12	2,7	3,2	3,6	3,9	3,0	3,4	3,9	4,3	4,8	3,5	4,2	4,6	4,8
10x10	2,6	3,1	3,4	3,8	2,9	3,2	3,8	4,1	4,6	3,3	4,0	4,4	4,6
9x12	2,4	2,9	3,2	3,5	2,7	3,0	3,5	3,8	4,2	3,1	3,7	4,1	4,2
10x12	2,2	2,6	2,8	3,1	2,4	2,7	3,1	3,5	3,8	2,8	3,3	3,7	3,8
11x11	2,2	2,6	2,8	3,1	2,4	2,7	3,1	3,4	3,8	2,8	3,3	3,6	3,8
11x12	2,0	2,3	2,6	2,8	2,2	2,4	2,8	3,1	3,5	2,5	3,0	3,3	3,5
12x12	1,8	2,1	2,4	2,6	2,0	2,2	2,6	2,9	3,2	2,3	2,8	3,0	3,2
12x13	1,7	2,0	2,2	2,4	1,8	2,1	2,4	2,7	2,9	2,1	2,6	2,8	2,9
12x14	1,6	1,8	2,0	2,2	1,7	1,9	2,2	2,5	2,7	2,0	2,4	2,6	2,7
12x15	1,5	1,7	1,9	2,1	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	1,9	2,2	2,4	2,5
12x16	1,4	1,6	1,8	2,0	1,5	1,7	2,0	2,2	2,4	1,7	2,1	2,3	2,4
12x17	1,3	1,5	1,7	1,8	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	1,6	2,0	2,1	2,2
12x18	1,2	1,4	1,6	1,7	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	1,5	1,9	2,0	2,1
13x18	1,1	1,3	1,5	1,6	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	1,4	1,7	1,9	2,0
14x18	1,0	1,2	1,4	1,5	1,1	1,3	1,5	1,6	1,8	1,3	1,6	1,7	1,8
15x18	1,0	1,1	1,3	1,4	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,2	1,5	1,6	1,7
16x18	0,9	1,1	1,2	1,3	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,2	1,4	1,5	1,6
17x18	0,9	1,0	1,1	1,2	0,9	1,1	1,2	1,4	1,5	1,1	1,3	1,4	1,5
18x18	0,8	1,0	1,1	1,2	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,0	1,2	1,4	1,4

5 CONCLUSÕES

Segundo as condições ensaiadas, conclui-se que:

- De modo geral, os dados obtidos durante o experimento apresentaram boa adequação com os fornecidos pelo fabricante, segundo as recomendações da norma ABNT (1999a e 1999b);
- O uso da campânula durante os ensaios demonstrou-se como fator de erro nas leituras do volume aplicado, sendo recomendado que em ensaios que utilizem a mesma metodologia sejam realizados testes para a averiguação desta influência;
- A utilização de diferentes diâmetros de bocais influenciou a velocidade de rotação e a vazão do aspersor, conseqüentemente proporcionou uma grande amplitude nos valores de intensidade de aplicação de água, não exercendo grande influência sobre as demais características estudadas;
- A utilização de diferentes defletores e pressões influenciou no alcance do aspersor, no tipo de perfil de distribuição e na uniformidade de aplicação de água;
- Os valores da uniformidade de aplicação de água (CUC) apresentaram redução com o aumento dos espaçamentos utilizados, sendo que, para mesmos espaçamentos, os valores de CUC foram superiores para as maiores pressões e para os defletores que apresentaram maiores raios de alcance;
- A utilização de baixos valores de pressão mostrou-se inviável, para a maioria das situações ensaiadas, sendo recomendado a utilização de valores superiores a 280 kPa;

- Quando se apresentam estudos descritivos sobre o desempenho do aspersor, como no caso aqui mencionado, a utilização de diferentes bocais e defletores, acoplados ao corpo de um aspersor, torna-se viável, pois, o equipamento ou conjunto demonstra um comportamento diferenciado, caracterizando o produto para uma ampla margem de utilização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Equipamentos de irrigação agrícola: aspersores rotativos. Parte 1: Requisitos para projetos e operação.** Projeto 04:015.08-012. Rio de Janeiro, 1999a. 14p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Equipamentos de irrigação agrícola: aspersores rotativos. Parte 2: Uniformidade de distribuição e métodos de ensaio.** Projeto 04:015.08-013. Rio de Janeiro, 1999b. 8p.

ARRUDA, N.T. **Análise de uniformidade de distribuição da água no sistema de irrigação por aspersão em linha.** 1981. 80p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BARRETO, A.C. **Efeito da forma do orifício do bocal de um aspersor de baixa pressão no coeficiente de uniformidade de Christiansen.** 1997. 45p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

BENAMI, A.; HORE, F.R. A new irrigation-sprinkler distribution coefficient. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v.7, n.2, p.157-158, Mar./Apr. 1964.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação.** Viçosa, MG: UFV, 2005. 611p.

BILASKI, W.K.; KIDDER, E.H. Factors that affect the distribution of water from a medium-pressure rotary irrigation sprinkler. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v.1, n.1, p.19-28, 1958.

CATCH-3D. **Sprinkler application uniformity and efficiency calculation software, version 3,50b.** Developed at the Biological & Irrigation Engineering Department, Utah State University/ Research & Extension Center of the University of Idaho, 2004.

CESAR, J.H.F. **Avaliação técnica do aspersor canhão do tipo turbina.** 2001. 57p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

CHEN, D.; WALLENDER, W.W. Economic sprinkler selection, spacing and orientation. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v.27, n.3, p.737-743, May/July 1984.

CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of California Agricultural Experiment Station, 1942. 124p. (Bulletin, 670).

COELHO, R.D. **Regulagens de aspersores e seus efeitos sobre a uniformidade de aplicação de água e produtividade das culturas**. 1990. 141p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

COLOMBO, A.; YAMAGI JÚNIOR, T.; GRIMARÃES, K.H. Perfis adimensionais de distribuição de água de aspersores e sua utilização em estudos de equipamentos autopropelidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25., 1996, Bauru. **Anais...** Jaboticabal: SBEA, 1996. p.226.

FINKEL, H.J. **Handbook of irrigation technology**. Boca Raton, Florida: CRC, 1982. v.1, 2.

FISCHER, G.R.; WALLENDER, W. W. Collector size and test duration effects on sprinkler water distribution measurement. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v.31, n.92, p.538-542, Mar./Apr. 1988.

FRIZZONE, J.A. **Irrigação por aspersão: uniformidade e eficiência**. Piracicaba, SP: ESALQ. Departamento de Engenharia Rural. 1992. 53p. (Série Didática 3).

FRIZZONE, J. A.; DOURADO NETO, D. Avaliação de sistemas de irrigação. In: MIRANDA, J.H. de; PIRES, R.C. de M. **Irrigação**. Piracicaba, SP: FUNEP/SBEA, 2003. v.2, 703p.

GOMIDE, D. J. L. **Determinação e análise da uniformidade de distribuição de água no sistema de irrigação por aspersão**. 1978. 87p. (Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

HART, W.E. Subsurface distribution of nonuniformly applied surface waters. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v.15, n.4, p.656-661, 666, 1972.

KELLER, J. BLIESNER, R.D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora, Rain Bird Sprinkler, 1975. 182p.

KINCAID, D.C. Sprinkler pattern radius. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v.25, n.6, p.1668-1672, Nov./Dec. 1982.

KINCAID, D.C. Impact Sprinkler pattern modification. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v.34, n.6, p.2397-2402, Nov./Dec. 1991.

MAROUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R. **Irrigação por aspersão em hortaliças**: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. 111p.

MARTÍN-BENITO, J.M.T.; GÓMEZ, M.V.; PARDO, J.L. Working conditions of sprinkler to optimize application of water. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, ASCE, New York, v.118, n.6, p.895-914, 1992.

OLITTA, A.F.L. **Os métodos de irrigação**. São Paulo: Nobel, 1987. 267p.

PAIVA, J.B.D. **Uniformidade de aplicação de água, abaixo da superfície do solo, utilizando irrigação por aspersão**. 1980. 333 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem)-Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos.

PEREIRA, G.M. **Irrigação por aspersão convencional**. Lavras: FAEPE, 2000. 90p.

PEREIRA, G.M. Aspersão convencional. In: MIRANDA, J.H. de; PIRES, R.C. de M. **Irrigação**. Piracicaba, SP: FUNEP/ SBEA, 2003. v.2, 703p.

PINO, M.A.T.I.D. **Análise do desempenho de três modelos de aspersores escamoteáveis utilizados em irrigação de projetos paisagísticos**. 1998. 66p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola, área de concentração em Irrigação e Drenagem)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG

PRADO, G. **Aplicativo computacional para simulação da distribuição de água pelo aspersor PLONA-RL300 em sistemas autopropelidos de**

irrigação. 2004. 86p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem)-
Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

RAIN BIRD. **Aspersor Série LF1200™**: especificações técnicas. Disponível em: <http://www.rainbird.com/pdf/ag/ts_LF1200_po.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2006.

SEGINER, I. et al. Indoor measurement of single-radius sprinkler patterns. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v.35, n.2, p.523-533, Mar./Apr. 1992.

SEGINER, I. Tangencial velocity of sprinkler drops. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v.8, n.1, p.90-93, 1965.

SOLOMON, K.; BEZDEK, J.C. Characterizing sprinkler distribution patterns with a clustering algorithm. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, v.23, n.4, p.899-906, July/Aug. 1980.

SOLOMON, K.H. Yield related interpretations of irrigation uniformity and efficiency measurements. **Irrigation Science**, New York, v.5, p.161-172, 1984.

SURFER 8.02. **Surface mapping system, version 8.02**. Copyright © 1993-2002, Golden Software, Inc. Golden, Colorado, 2002.

TOU, J.T.; GONZALES, R.C. **Pattern recognition principles**. London: A.Wesley, 1974. 377 p.

VANZELA, L.S.; ZOCOLER, J.L.; HERNANDEZ, F.B.T. Uniformidade de distribuição da água acima e abaixo da superfície do solo em um sistema de irrigação por aspersão convencional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** Salvador, 2002. CD-Rom.

VICTORIA, F.R.B. **Avaliação de aspersores para operação em baixa pressão**. 1992. 130p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

VILAS BOAS, M.A. **Análise de métodos de amostragem de distribuição água em aspersores rotativos**. 1994. 121p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

ANEXOS A

	Página
TABELA 1A Valores de CUC para os espaçamentos amostrados, utilizando-se o Defletor Roxo.....	86
TABELA 2A Valores de CUC para os espaçamentos amostrados, utilizando-se o Defletor Branco.....	87
TABELA 3A Valores de CUC para os espaçamentos amostrados, utilizando-se o Defletor Azul.....	88
TABELA 4A Valores de CUC para os espaçamentos amostrados, utilizando-se o Defletor Vermelho.....	89
TABELA 5A Valores de UD para os espaçamentos amostrados, utilizando-se o Defletor Roxo.....	90
TABELA 6A Valores de UD para os espaçamentos amostrados, utilizando-se o Defletor Branco.....	91
TABELA 7A Valores de UD para os espaçamentos amostrados, utilizando-se o Defletor Azul.....	92
TABELA 8A Valores de UD para os espaçamentos amostrados, utilizando-se o Defletor Vermelho.....	93

TABELA 1A. Valores de CUC para os espaçamentos do Defletor Roxo.

Espaçamento (m)	Pressão (kPa)												
	Bocal Laranja				Bocal Roxo					Bocal Amarelo			
	210	280	340	410	170	210	280	340	410	170	240	280	310
4x4	95,4	95,7	96,8	97,9	94,7	96,2	97,5	97,7	97,9	94,1	94,8	94,4	94,8
4x5	96,1	97,0	96,6	97,0	91,3	96,5	96,5	96,8	97,2	93,7	94,7	95,3	95,1
4x6	91,9	95,5	97,2	97,7	89,9	93,2	96,8	97,1	97,1	89,8	95,1	95,4	96,0
5x5	93,4	94,9	94,7	95,4	92,3	93,4	94,2	94,8	95,3	90,5	92,5	95,3	94,5
5x6	94,4	94,1	95,0	95,9	92,0	95,6	95,3	95,7	96,0	92,9	91,8	92,9	93,1
6x6	89,8	95,0	97,8	98,4	88,1	91,4	97,2	98,1	98,3	87,2	95,2	95,5	96,5
6x7	90,8	94,2	95,0	95,3	91,0	91,6	93,8	94,9	94,5	90,0	92,2	95,4	95,5
6x8	89,2	91,9	92,4	92,0	86,0	89,6	92,0	91,8	89,8	87,4	91,7	92,6	93,4
7x7	92,2	94,0	94,0	93,4	85,6	92,8	93,6	93,3	91,5	88,8	91,8	94,3	93,8
6x9	86,1	88,2	88,8	89,0	81,8	85,7	87,4	87,7	86,9	81,9	86,1	88,5	89,0
6x10	85,8	87,1	88,8	89,7	82,3	84,9*	87,4	87,7	87,8	81,4	84,2*	85,6	85,8
8x8	84,7	96,6	87,5	87,5	79,7	84,7	86,7	86,5	84,8	80,5	86,3	87,8	89,4
6x11	88,1	89,4	92,3	93,6	84,0	87,9	90,9	91,2	92,0	83,0	86,5	86,9	87,0
6x12	87,5	92,6	95,6	95,7	85,1*	89,2	94,9	95,8	96,0	83,9	90,9	91,1	91,7
9x9	80,5	84,1	85,9	86,3	77,8	80,2	84,5	84,5	83,3	75,2	83,4	82,8	84,3
7x12	86,3	91,2	93,1	93,9	84,4	87,0	91,4	92,1	92,6	81,3	87,6	89,9	90,7
8x12	86,8	87,3	89,2	90,4	83,2	87,5	88,4	88,8	88,4	83,1	84,3	86,4	87,0
10x10	80,6	84,1	87,1	87,3	75,5	80,5	84,6	85,0	84,1	73,6	81,4	82,6	83,5
9x12	83,2	86,2	87,3	87,8	77,4	84,0	86,0	86,4	85,8	79,7	83,5	84,3	85,3
10x12	80,7	83,8	85,5	86,7	73,1	81,1	84,5	85,6	84,7	73,9	81,0	82,8	83,8
11x11	80,8	82,5	85,3	86,9	73,9	80,6	83,9	85,4	84,3	73,0	79,4	81,5	82,8
11x12	79,4	83,3	85,5	86,4	73,4	79,5	84,6	85,3	84,1	71,4	80,7	81,4	82,4
12x12	79,1	83,0	85,5	85,7	74,2	78,8	84,7	84,7	83,1	71,4	81,2	82,4	83,7
12x13	78,3	81,9	84,5	83,9	72,6	78,6	83,0	83,0	81,6	70,7	80,1	81,8	83,8
12x14	75,4	80,0	80,2	79,7	70,6	75,6	78,8	79,3	77,8	69,3	76,8	79,8	81,3
12x15	72,5	75,2	73,8	73,3	67,5	72,8	73,5	73,8	71,8	68,5	72,6	75,3	76,7
12x16	67,0	70,1	67,3	66,5	61,1	68,6	68,2	68,3	65,6	64,3	69,3	70,9	72,0
12x17	60,2	63,2	60,5	59,8	54,6	62,8	62,0	62,3	59,6	58,2	65,5	65,9	67,3
12x18	53,4	56,8	54,2	53,6	48,3	56,5	55,9	56,4	53,7	52,1	60,1	60,5	61,7
13x18	51,7	56,5	53,6	52,9	45,6	55,1	55,7	56,1	53,1	51,0	60,7	61,1	62,1
14x18	49,1	56,0	52,7	51,7	41,4	52,4	55,2	55,3	51,8	47,8	60,6	60,9	61,9
15x18	45,1	54,9	51,1	49,9	36,1	48,5	54,1	53,9	49,9	43,1	59,4	60,1	61,2
16x18	39,4	52,4	49,0	47,0	28,8	43,1	51,2	51,2	46,7	36,5	56,9	59,0	60,3
17x18	32,0	47,3	45,2	42,1	21,7	36,0	45,8	46,3	41,3	29,0	52,1	55,5	58,2
18x18	25,3	40,2	39,3	36,7	15,5	29,2	38,9	40,0	35,6	22,3	44,7	48,8	51,9

Obs: 1 – Valores hachurados identificam CUCs inferiores à 85%;
 2 – Valores assinalados com * indicam exceções à regra acima.

TABELA 2A. Valores de CUC para os espaçamentos do Defletor Branco.

Espaçamento (m)	Pressão (kPa)												
	Bocal Laranja				Bocal Roxo				Bocal Amarelo				
	210	280	340	410	170	210	280	340	410	170	240	280	310
4x4	97,2	96,6	96,9	98,0	95,7	94,3	96,5	97,4	97,9	92,3	94,8	96,0	95,9
4x5	94,5	95,8	96,6	97,2	92,9	93,7	96,5	96,8	97,2	92,3	94,9	95,7	96,3
4x6	95,2	95,9	96,3	96,8	88,1	91,9	94,5	96,0	96,5	90,0	93,2	94,4	95,2
5x5	92,0	95,6	97,0	96,5	89,9	92,7	96,4	96,0	96,4	89,9	94,8	95,3	96,9
5x6	92,1	94,7	95,8	95,4	84,9	88,7	94,4	95,1	95,7	85,2	92,4	93,9	94,8
6x6	94,5	95,1	95,8	96,7	85,0	91,3	94,4	95,7	96,2	88,1	92,7	94,2	94,1
6x7	89,5	92,9	94,7	94,7	78,1	85,2	91,3	92,5	94,4	80,2	87,8	90,0	90,7
6x8	91,3	93,8	95,4	94,8	83,9	88,4	92,6	93,9	95,3	84,4	90,0	91,7	92,9
7x7	85,9	89,7	92,7	93,3	74,2	79,3	88,7	90,0	92,5	73,1	83,8	97,5	87,9
6x9	88,7	92,8	93,1	91,7	81,8	87,6	92,7	93,1	91,4	83,7	92,8	93,1	94,2
6x10	85,6	89,1	89,1	89,3	80,3	83,7*	88,5	88,9	87,1	81,5	87,5	88,0	90,0
8x8	92,8	95,6	96,1	95,4	84,3	90,4	95,0	96,2	96,6	84,2	90,7	92,9	92,8
6x11	86,7	88,6	89,1	89,9	80,5	82,8	86,9	87,5	85,7	80,8	85,1	85,7	87,2
6x12	88,3	90,3	91,3	92,5	78,7	82,5	86,9	88,1	87,2	80,2	84,4*	85,7	86,6
9x9	86,0	88,3	88,3	87,7	74,4	82,1	87,1	88,8	86,7	77,8	85,5	87,3	88,3
7x12	83,4	87,5	90,3	92,8	66,1	76,0	84,3	85,8	86,1	69,7	80,1	82,5	83,9
8x12	82,2	86,0	89,1	90,4	68,1	72,9	83,0	85,0	86,1	66,4	77,0	80,3	82,1
10x10	80,0	84,2	85,4	85,5	69,3	74,7	82,2	83,2	81,9	71,2	79,4	81,0	83,1
9x12	84,0	86,8	88,7	90,1	71,8	76,0	83,5	85,3	85,3	70,2	78,6	81,4	82,9
10x12	83,0	87,0	88,0	89,2	74,8	78,4	84,0	85,3	85,2	73,2	79,5	81,6	82,9
11x11	81,0	85,7	87,2	88,8	73,5	77,6	82,8	84,0	83,7	72,7	78,8	80,3	82,3
11x12	84,0	87,3	87,4	88,5	74,6	80,0	85,9	86,8	83,9	74,7	82,0	83,4	84,3
12x12	84,3	87,4	87,4	88,3	70,9	78,1	84,3	85,6	82,5	73,5	82,6	83,6	84,8
12x13	82,0	85,9	87,4	86,9	65,0	73,9	82,3	84,1	82,0	69,0	79,4	81,2	83,0
12x14	78,5	83,7	85,1	83,6	60,7	70,1	80,5	82,6	81,3	63,8	76,3	78,9	81,4
12x15	75,4	79,9	81,4	80,4	59,8	67,1	77,2	79,5	78,4	61,1	73,1	76,3	79,5
12x16	73,1	76,2	77,7	76,6	60,7	66,0	74,4	76,6	75,9	60,7	70,5	73,2	75,9
12x17	71,1	72,8	73,3	71,1	60,3	66,2	71,6	73,7	73,0	61,2	68,9	70,9	73,0
12x18	66,0	68,1	67,7	65,2	55,9	64,3	68,2	69,7	69,0	58,0	66,9	68,3	69,6
13x18	66,9	69,6	68,0	65,7	55,5	65,5	70,9	72,4	72,2	57,7	68,2	70,1	71,0
14x18	67,2	70,4	67,9	65,5	54,8	67,1	74,3	74,3	74,0	57,7	70,9	73,2	73,7
15x18	66,6	70,6	67,5	64,5	54,5	68,3	75,1	75,2	72,7	58,1	73,1	76,5	77,0
16x18	65,3	69,3	66,6	62,5	53,6	67,8	73,0	73,0	70,4	57,9	74,2	75,7	76,5
17x18	61,8	65,6	64,4	59,3	50,6	64,6	69,5	69,6	67,0	56,0	72,2	72,1	73,1
18x18	56,0	60,5	59,6	53,6	44,9	58,6	64,9	65,1	62,5	51,6	67,5	67,6	68,9

Obs: 1 – Valores hachurados identificam CUCs inferiores à 85%;
 2 – Valores assinalados com * indicam exceções à regra acima.

TABELA 3A. Valores de CUC para os espaçamentos do Defletor Azul.

Espaçamento (m)	Pressão (kPa)												
	Bocal Laranja				Bocal Roxo				Bocal Amarelo				
	210	280	340	410	170	210	280	340	410	170	240	280	310
4x4	94,4	96,9	98,8	98,9	94,5	95,4	97,5	97,3	98,6	92,9	96,7	98,0	98,3
4x5	94,2	96,7	98,8	98,3	92,4	93,9	96,1	96,0	97,4	90,3	95,5	97,2	97,1
4x6	93,8	96,4	96,2	97,5	90,2	94,6	96,5	97,2	98,4	92,6	96,6	97,0	97,0
5x5	94,3	96,7	97,8	97,5	90,5	92,6	95,2	95,4	96,8	89,4	94,0	95,9	96,8
5x6	91,6	95,3	96,1	96,7	85,8	92,1	95,1	95,6	97,2	88,7	95,9	97,2	96,9
6x6	93,9	96,3	95,6	97,0	88,4	95,2	96,8	97,9	98,9	92,8	96,1	96,7	96,3
6x7	88,7	94,7	95,1	96,0	80,0	88,0	92,4	93,9	96,5	85,1	92,2	93,5	96,0
6x8	90,3	95,0	94,3	94,5	84,3	89,4	93,6	94,7	97,0	86,6	92,0	94,7	95,9
7x7	83,6	92,2	96,3	96,9	72,9	82,5	88,9	90,4	94,4	76,5	89,3	92,3	94,9
6x9	91,8	94,0	91,2	90,9	83,3	91,3	93,8	94,1	95,2	86,3	94,2	94,9	95,8
6x10	88,8	91,8	90,0	89,8	82,7	87,2	89,9	90,0	91,7	81,1	90,4	91,3	92,5
8x8	90,0	96,6	92,8	92,2	85,2*	88,3	94,4	94,8	97,4	83,9	87,1	90,4	93,3
6x11	88,8	92,4	91,1	91,7	83,4	86,9	88,8	89,0	90,9	80,3	87,0	88,4	89,6
6x12	90,3	94,5	93,5	95,1	83,0	88,1	89,9	90,6	92,8	81,3	86,6	87,7	89,6
9x9	87,8	90,4	87,1	86,9	77,9	89,0	91,0	91,9	93,0	85,6*	94,4	95,5	96,4
7x12	85,6	92,3	92,4	94,0	70,9	83,4	87,4	89,1	92,2	78,6	86,8	87,6	90,2
8x12	80,9	90,9	92,8	93,2	68,8	78,4	85,4	87,0	91,6	70,3	84,3*	86,4	89,8
10x10	82,4	88,4	87,9	87,8	71,6	80,2	84,3	85,7	88,3	72,8	85,8	87,2	89,9
9x12	82,3	91,3	91,0	90,6	71,2	80,1	86,3	87,4	91,1	72,5	82,6	85,0	88,8
10x12	83,0	90,9	89,7	89,7	73,9	80,1	86,0	86,8	90,3	71,3	81,9	84,2	87,6
11x11	83,1	91,0	89,5	88,9	74,1	79,7	84,6	85,3	88,8	69,7	80,2	82,8	86,1
11x12	84,5	91,3	89,3	89,4	78,1	82,0	87,0	87,6	90,6	72,4	81,4	83,6	86,7
12x12	86,1*	91,6	88,4	88,5	78,1	84,7	88,7	89,3	91,3	75,4	83,2	84,8	87,2
12x13	86,0*	90,2	86,0	86,4	72,2	85,0*	87,0	88,6	91,2	75,4	85,7	86,7*	88,9
12x14	82,2	86,2	83,2	83,9	66,7	81,1	85,0	86,6	89,9	71,7	85,7	85,9*	89,7
12x15	76,7	81,1	79,9	79,7	64,0	76,4	81,7	83,3	86,0	67,7	83,1	85,2*	88,5
12x16	72,4	75,4	74,1	73,4	63,3	72,6	77,9	79,1	81,6	65,0	79,6	82,5	84,8
12x17	69,2	69,7	67,8	66,9	63,0	70,2	74,4	75,3	76,3	64,7	75,2	77,5	79,8
12x18	65,1	63,7	61,7	60,7	58,9	67,5	69,7	70,4	70,4	64,7	72,0	73,2	75,0
13x18	66,0	63,9	61,0	60,4	57,0	68,2	71,1	71,5	71,1	63,9	72,1	73,8	75,6
14x18	66,9	63,6	59,7	59,2	55,5	68,7	72,8	72,6	71,6	62,4	72,3	74,5	75,7
15x18	66,9	62,9	57,6	57,3	55,3	68,5	74,3	73,4	71,6	61,4	72,9	75,4	75,7
16x18	66,3	61,7	54,6	54,4	55,1	68,7	74,3	73,2	70,6	61,1	74,2	75,9	75,5
17x18	64,8	59,5	50,4	50,1	53,7	68,3	71,0	71,3	68,6	60,9	75,6	74,4	74,5
18x18	61,3	55,6	44,3	44,0	49,6	66,0	66,6	67,2	65,1	59,8	74,4	72,5	72,4

Obs: 1 – Valores hachurados identificam CUCs inferiores à 85%;
 2 – Valores assinalados com * indicam exceções à regra acima.

TABELA 4A. Valores de CUC para os espaçamentos do Defletor Vermelho.

Espaçamento (m)	Pressão (kPa)												
	Bocal Laranja				Bocal Roxo				Bocal Amarelo				
	210	280	340	410	170	210	280	340	410	170	240	280	310
4x4	96,5	99,2	99,3	97,9	96,0	97,7	99,1	99,1	98,8	94,6	97,0	98,3	99,2
4x5	94,7	96,5	97,0	95,0	93,7	96,3	97,1	98,0	97,2	92,5	97,1	97,2	97,1
4x6	96,4	97,5	97,0	97,9	96,0	97,9	97,9	98,4	99,0	94,7	97,3	98,3	98,8
5x5	93,1	95,3	96,1	93,7	92,3	95,7	96,4	97,8	96,5	90,6	97,8	96,8	96,3
5x6	94,9	96,0	96,0	95,3	94,1	96,5	96,5	97,6	97,2	91,2	97,1	97,0	97,1
6x6	95,8	96,7	96,3	96,8	96,2	96,8	96,7	97,4	98,5	95,7	96,2	97,6	98,6
6x7	87,3	90,7	91,6	93,7	88,4	91,4	93,0	93,7	96,7	87,6	91,4	92,5	93,6
6x8	83,0	90,2	92,1	93,0	86,9	90,7	94,2	94,2	96,5	87,1	89,2	91,8	93,3
7x7	83,0	87,3	88,8	91,0	84,4	88,6	90,4	91,7	95,3	80,7	89,0	89,9	91,2
6x9	87,0	93,4	94,5	92,6	91,5	94,9	95,7	96,7	95,9	88,7	93,1	95,1	95,9
6x10	90,3	94,1	94,7	92,4	89,2	93,7	92,5	96,0	93,3	87,7	96,1	95,8	94,8
8x8	75,6	87,8	90,9	92,6	80,9	87,1	94,4	92,7	96,5	83,5	85,8	89,4	91,0
6x11	90,2	95,3	95,9	93,3	86,8	91,3	91,3	95,3	92,6	89,1	93,9	94,8	93,9
6x12	90,4	95,2	95,3	93,8	86,6	91,5	91,8	95,7	94,3	89,8	93,2	95,4	94,8
9x9	84,1	91,2	92,7	94,0	90,1	93,6	93,2	95,0	95,3	86,8	90,9	93,5	95,6
7x12	86,8	90,3	91,0	93,1	86,6	89,4	89,1	92,3	92,9	86,7	90,3	91,7	92,5
8x12	81,7	86,7	88,1	91,0	80,7	85,8	88,3	90,9	92,9	80,5	86,7	88,8	90,0
10x10	81,7	86,5	88,1	88,9	82,5	87,3	87,8	91,0	90,7	79,4	88,2	89,1	90,3
9x12	76,9	85,6	87,8	89,4	78,0	84,8	89,3	90,4	92,8	78,3	84,9*	87,8	89,3
10x12	74,5	85,7	88,2	88,4	78,2	85,4	88,6	91,2	91,6	76,2	85,1	88,1	89,5
11x11	74,1	85,7	88,6	87,7	77,7	84,7*	87,4	90,6	90,4	75,7	85,0	88,0	88,6
11x12	74,4	87,2	89,8	88,8	78,4	85,7	89,3	92,0	91,9	77,5	85,6	89,1	89,8
12x12	77,3	89,1	91,4	90,1	80,2	87,6	91,0	93,7	93,8	80,2	87,2	91,3	92,0
12x13	79,9	89,1	91,1	90,0	82,7	89,2	89,8	93,8	93,0	81,8	88,2	91,3	92,9
12x14	78,8	87,6	87,5	86,6	83,4	88,6	88,2	91,1	91,4	79,6	87,7	90,0	91,5
12x15	76,8	83,3	81,5	80,9	80,3	85,9	85,4	86,6	87,1	72,8	86,2	86,9	87,9
12x16	73,3	77,6	75,9	75,0	77,0	81,8	80,9	81,2	82,0	66,6	83,5	82,0	82,7
12x17	69,7	72,4	70,4	69,2	72,9	76,9	76,3	75,7	76,4	63,0	78,7	76,9	77,3
12x18	66,7	67,1	65,0	63,7	69,8	72,3	71,0	70,2	70,9	59,6	73,9	71,5	71,9
13x18	65,6	67,0	65,3	63,8	68,8	72,1	72,0	70,6	71,5	59,1	73,2	71,6	72,1
14x18	63,6	67,0	65,7	63,8	68,1	72,0	73,1	71,1	72,0	58,0	72,7	71,7	72,3
15x18	60,8	66,8	66,0	63,8	66,8	71,8	74,0	71,5	72,3	56,4	72,3	71,6	72,4
16x18	58,4	66,4	66,1	63,6	66,0	71,6	74,4	71,6	71,8	55,0	71,5	71,2	72,4
17x18	57,5	66,4	66,0	62,9	66,0	71,9	71,9	70,9	69,6	54,2	70,7	70,7	72,1
18x18	57,3	66,2	63,4	60,9	65,9	71,9	67,9	67,9	65,9	52,9	70,2	69,8	70,9

Obs: 1 – Valores hachurados identificam CUCs inferiores à 85%;
 2 – Valores assinalados com * indicam exceções à regra acima.

TABELA 5A. Valores de UD para os espaçamentos amostrados.

Espaçamento (m)	Pressão (kPa)												
	Bocal Laranja				Bocal Roxo					Bocal Amarelo			
	210	280	340	410	170	210	280	340	410	170	240	280	310
4x4	91,7	92,7	94,4	96,5	91,4	93,5	96,1	95,6	96,2	91,1	91,5	89,9	91,5
4x5	93,3	95,1	95,2	95,4	85,1	94,4	95,3	95,1	95,3	89,1	93,4	93,6	94,0
4x6	86,1	93,3	95,1	95,7	83,9	88,0	94,9	94,7	94,6	82,7	92,8	92,8	94,2
5x5	91,0	93,9	93,9	94,4	89,0	91,0	93,4	93,1	93,9	86,3	91,2	94,0	93,8
5x6	91,5	90,9	92,5	94,5	87,4	92,8	92,7	93,7	94,5	87,6	87,3	88,7	88,8
6x6	84,0	91,7	96,3	97,2	83,7	85,7	94,6	96,8	96,9	80,3	91,3	92,8	94,3
6x7	88,4	89,2	92,2	93,1	88,0	89,6	91,6	92,8	91,7	86,3	87,4	91,1	91,9
6x8	81,9	87,5	88,1	87,7	75,3	83,7	87,0	87,1	85,7	78,3	87,8	89,7	90,1
7x7	86,0	92,7	90,9	90,4	78,2	87,7	91,1	89,9	87,7	79,9	89,0	91,8	90,7
6x9	76,2	80,3	82,5	82,9	71,7	76,2	80,0	81,4	80,6	70,8*	78,9	81,7	82,5
6x10	78,4	80,1	84,1	84,9	76,0	78,6	81,8	82,4	82,4	72,2*	78,0	79,4	80,0
8x8	77,8	82,6	81,7	81,4	69,8*	79,3	81,9	81,5	77,6	70,2*	79,9	81,0	82,5
6x11	83,4	83,2	88,5	89,9	79,6	84,0	86,8	87,1	87,5	77,0	80,7	81,5	83,1
6x12	81,4	88,1	92,5	93,5	79,0	84,7	91,9	92,7	93,1	77,6	85,2	86,1	87,5
9x9	74,7	75,6	77,3	76,8	65,4*	73,1*	75,0	74,6	71,5	68,5	74,1*	76,1	78,5
7x12	80,4	85,7	88,6	90,8	75,8	81,8	86,7	87,9	87,9	74,9	81,0	85,7	87,0
8x12	78,5	82,9	84,0	84,6	72,0	81,2	83,3	83,2	81,3	74,2	77,8	78,4	79,2
10x10	67,0	74,5	75,8	75,2	55,8	65,4	71,8*	71,2*	68,9*	55,0	72,3	72,1*	73,9
9x12	71,7	76,2	78,9	80,2	63,9	72,0	76,8	77,7	75,9	63,2	74,0	76,4	78,3
10x12	70,8	72,4	76,4	77,8	61,9	68,6	73,5	73,7	73,2	58,8	68,4	70,4	72,3
11x11	70,4	70,6	74,1	75,7	62,0	67,4	70,2	71,3	70,7	57,1	64,5	67,3	68,6
11x12	71,2	72,7	78,3	79,1	61,9	70,1	74,7	74,4	74,1	59,7	67,4	67,9	69,6
12x12	70,0	75,8*	78,6	78,6	61,6	69,7	75,9*	75,4*	73,7	61,1	69,3	69,1	71,4
12x13	66,3	73,9	73,7	73,6	59,1	67,7	71,6	72,5	69,6	60,4	69,8	71,9	74,2
12x14	59,3	67,5	65,8	65,7	54,2	63,6	65,4	67,2	64,4	57,1	66,0	69,2	71,2
12x15	52,2	57,3	56,1	56,2	45,8	56,8	57,1	59,6	56,3	51,6	59,7	63,7	64,7
12x16	41,5	51,4	48,8	47,6	30,8	47,2	50,9	51,7	47,4	39,9	54,6	56,3	57,0
12x17	27,1	42,3	40,0	37,6	15,1	32,5	40,7	41,3	36,5	24,9	47,8	50,3	51,6
12x18	13,9	30,0	28,6	27,1	3,9	18,3	28,4	29,5	25,6	10,7	35,5	39,4	41,9
13x18	9,9	27,2	26,2	25,0	1,9	14,3	25,5	27,0	23,4	6,4	32,9	37,4	40,4
14x18	5,7	23,0	22,5	22,0	0,2	9,8	21,3	23,2	20,4	2,4	29,0	34,0	37,5
15x18	2,8	17,4	17,7	18,0	0,0	6,4	15,8	18,5	16,7	1,0	23,5	28,8	32,8
16x18	0,7	11,5	12,8	13,8	0,0	3,5	10,1	13,9	12,7	0,3	15,9	22,8	26,8
17x18	0,0	6,0	8,4	9,5	0,0	1,6	5,2	10,1	8,9	0,0	8,4	16,5	19,3
18x18	0,0	1,7	4,6	5,3	0,0	0,4	1,5	7,0	5,2	0,0	2,4	10,1	11,1

Obs: 1 – Valores hachurados identificam UD's inferiores à 75%;
 2 – Valores assinalados com * indicam exceções à regra acima.

TABELA 6A. Valores de UD para os espaçamentos amostrados.

Defletor Branco													
Espaçamento (m)	Pressão (kPa)												
	Bocal Laranja				Bocal Roxo					Bocal Amarelo			
	210	280	340	410	170	210	280	340	410	170	240	280	310
4x4	94,5	94,2	94,9	97,4	94,4	92,3	95,7	96,9	97,1	90,3	93,0	94,7	94,7
4x5	91,6	94,3	95,3	96,0	90,9	92,5	94,2	94,4	95,2	90,1	92,3	93,5	94,4
4x6	92,4	92,7	93,0	94,8	80,4	86,9	91,6	93,9	94,8	83,5	89,3	90,9	92,2
5x5	90,8	93,8	95,4	96,0	88,9	91,8	94,7	94,6	95,3	88,0	93,1	93,4	95,3
5x6	85,4	89,8	92,5	91,9	74,9	80,2	89,3	90,9	91,9	74,5*	85,6	88,5	90,3
6x6	89,4	93,4	94,4	93,8	71,7	84,6	92,5	93,7	94,2	78,4	91,2	92,9	94,0
6x7	81,9	87,8	91,9	90,4	62,9	74,5	85,8	87,2	90,0	66,7	81,1	84,0	85,8
6x8	85,7	89,5	91,7	92,8	70,5	79,7	88,3	89,9	92,6	72,1	83,6	86,3	88,4
7x7	78,1	83,1	88,3	89,5	63,4	68,6	80,0	81,8	86,8	61,2	71,9*	76,2	78,9
6x9	82,5	89,2	89,6	87,0	70,4	79,8	89,7	90,2	87,5	72,3	88,3	90,1	92,3
6x10	79,7	83,4	83,5	82,9	72,3	76,2	81,4	82,3	79,6	72,8	80,2	80,9	83,8
8x8	89,7	93,5	93,7	92,4	78,3*	87,1	94,8	96,2	94,9	79,6*	89,2	92,2	91,5
6x11	82,7	84,2	84,6	86,1	69,7	76,5	80,0	81,8	79,9	74,0	78,4	79,3	80,8
6x12	84,8	87,2	88,3	90,2	65,1	76,5	82,8	85,1	84,6	70,9	79,8	81,3	82,6
9x9	77,2	82,6	84,7	83,6	57,0	68,8	81,2	83,8	83,8	60,2	76,9	80,0	82,8
7x12	76,5	79,8	84,0	86,0	55,0	61,5	72,8	76,3	78,4	55,9	65,6	69,9*	72,5*
8x12	77,1	81,2	85,2	88,0	60,9	67,0	75,4	77,8	80,9	60,1	66,2	70,3*	71,7*
10x10	73,6	80,0	80,4	81,0	61,5	68,1	76,4	78,4	76,8	60,4	69,8	72,7*	75,6
9x12	78,4	85,0	86,3	85,7	64,0	73,0	82,8	84,2	82,8	64,3	74,0	78,1	78,7
10x12	75,6	81,3	81,2	81,1	63,6	72,0	80,3	81,4	75,0	64,8	76,3*	79,3	81,0
11x11	73,8	80,3	79,7	78,8	64,4	71,7	78,1	78,4	71,1	65,3	77*	78,0	79,9
11x12	74,6	78,8	78,5	78,4	59,7	67,7	75,3	76,5	69,7	63,3	74,3	75,2	77,3
12x12	72,9	76,5	77,4	78,7	55,4	61,5	70,6	73,4	67,6	57,1	67,8	69,8	72,9
12x13	73,5	76,5	78,5	81,2	54,0	59,8	68,7	72,5	69,0	55,2	63,3	66,5	70,0
12x14	71,1	76,4	80,1	78,7	51,5	60,3	69,1	73,0	71,8	53,8	61,9	65,4	68,7
12x15	63,9	72,6	75,2	71,0	50,3	60,4	70,4	73,4	73,8	52,4	62,5	66,3	68,8
12x16	60,1	66,1	66,2	63,2	48,7	60,1	68,6	69,8	70,6	51,2	63,0	66,6	68,6
12x17	56,0	60,3	57,9	54,6	43,7	57,4	65,0	65,5	64,9	48,1	62,3	65,3	66,6
12x18	46,9	52,2	49,8	43,6	33,6	50,3	57,4	57,9	54,2	40,4	58,4	60,6	61,9
13x18	45,6	51,2	48,9	42,1	31,2	49,2	56,7	57,1	53,0	38,8	58,5	60,7	61,9
14x18	42,8	48,9	46,7	39,4	28,2	46,8	54,7	55,0	50,7	36,1	57,4	59,4	60,5
15x18	38,7	45,0	43,0	35,2	24,1	42,9	51,3	51,5	47,0	32,4	54,8	56,5	57,6
16x18	32,4	39,2	37,8	29,8	18,6	37,4	46,0	46,2	42,0	27,5	50,8	51,7	52,9
17x18	25,1	32,1	31,2	23,5	11,1	29,1	39,1	39,5	35,5	20,5	44,5	44,4	46,2
18x18	17,4	25,4	24,0	16,6	3,2	17,4	30,4	31,4	27,9	10,4	35,3	35,2	37,9

Obs: 1 – Valores hachurados identificam UD's inferiores à 75%;
 2 – Valores assinalados com * indicam exceções à regra acima.

TABELA 7A. Valores de UD para os espaçamentos amostrados.

Defletor Azul													
Espaçamento (m)	Pressão (kPa)												
	Bocal Laranja				Bocal Roxo					Bocal Amarelo			
	210	280	340	410	170	210	280	340	410	170	240	280	310
4x4	92,6	95,7	98,3	98,8	92,5	94,7	96,9	96,8	98,2	91,2	96,0	97,1	97,8
4x5	92,5	95,1	97,9	97,2	90,0	90,5	94,2	94,0	95,7	87,6	93,1	95,6	95,0
4x6	90,5	94,1	94,8	96,4	83,0	91,3	93,9	95,2	97,4	88,0	94,3	95,8	96,1
5x5	93,2	95,8	96,9	96,3	88,9	89,3	92,4	92,7	95,0	83,7	89,3	92,4	94,2
5x6	85,1	91,6	93,9	94,4	76,4	85,9	91,6	92,3	94,9	80,7	93,4	95,2	95,4
6x6	91,0	94,8	91,7	94,3	77,8	93,0	97,1	97,1	98,5	88,7	95,0	95,3	96,0
6x7	82,6	90,8	91,8	93,3	65,3	80,7	90,2	90,2	94,7	76,5	87,2	89,6	93,9
6x8	84,1	91,7	92,7	93,2	70,0	82,0	91,1	91,1	95,1	77,5	90,3	93,1	94,6
7x7	74,5*	87,4	94,5	95,3	59,3	68,8	80,1	83,2	90,0	60,3*	79,6	85,9	90,3
6x9	85,9	90,9	85,3	85,3	71,7	85,3	91,3	91,3	92,1	77,6	91,9	91,8	93,1
6x10	83,0	87,3	83,5	83,9	75,0	80,0	84,2	84,2	86,2	71,7*	83,4	84,8	86,5
8x8	86,7	93,8	90,7	89,3	80,2*	82,6	92,2	92,6	96,4	75,9	80,4	85,1	88,8
6x11	85,8	89,5	86,8	88,5	76,6*	82,3	83,8	83,8	86,0	73,2*	78,6	79,8	82,1
6x12	86,1	91,7	90,4	92,8	72,1	84,0	87,1	87,1	89,5	75,3	79,5	80,9	82,5
9x9	79,1	85,8	83,6	83,0	59,7	80,1	85,7	87,9	91,1	73,7	91,1	92,0	94,3
7x12	75,7	97,5	89,6	91,7	56,0	70,4	81,7	81,7	87,8	61,9	78,4	79,8	85,9
8x12	75,7	87,5	90,5	90,1	58,3	68,9	81,3	81,3	87,7	61,0	73*	77,2	83,6
10x10	73,6*	85,5	80,7	78,7	57,8	67,3	77,7	80,0	84,7	58,8	75,5	81,0	85,7
9x12	77,7	87,5	84,8	84,6	63,2	70,7	84,5	84,5	89,2	62,8	75,2	78,8	83,9
10x12	76,9	85,2	91,6	80,6	68,2	72,6	83,0	83,0	85,3	64,2	76,4	81,0	83,6
11x11	78,4	85,8	80,1	78,4	70,4	73,1	80,9	80,7	82,9	63,6	74,3	77,0	80,9
11x12	79,6	85,4	80,7	80,2	69,8	77*	81,3	81,3	83,2	66,5	76,8	77,9	80,7
12x12	80,7	85,9	82,5	82,7	64,3	78,6*	80,5	80,5	82,7	66,9	77,8	78,3	80,0
12x13	77,3	85,6	81,5	81,4	56,5	74,2	79,5	79,5	83,6	64,1	77,1	76,9	80,8
12x14	72,0	79,2	75,0	74,7	50,4	68,4	79,0	79,0	85,0	59,2	73,6	74,6	82,5
12x15	64,5	70,2	67,4	66,3	49,3	62,7	76,2	76,2	81,3	54,2	71,3	73,2	81,4
12x16	59,5	61,0	57,6	56,8	48,7	59,1	69,8	69,8	73,1	52,4	68,0	72,5	78,3
12x17	55,8	53,4	45,9	45,6	45,8	57,5	64,1	64,1	64,9	51,5	63,5	67,4	71,1
12x18	50,3	44,7	34,1	33,9	38,3	54,2	57,8	57,8	56,1	48,6	61,3	61,6	63,7
13x18	49,6	43,8	32,2	32,0	36,8	54,0	57,6	57,6	55,4	48,5	62,5	61,6	63,4
14x18	47,8	41,6	29,4	29,1	34,6	52,8	56,3	56,3	53,7	47,5	62,7	60,9	62,5
15x18	44,8	37,9	25,6	25,3	31,2	50,3	53,7	53,7	50,9	45,4	61,9	60,3	60,9
16x18	40,1	32,9	21,2	21,0	26,4	46,8	49,5	49,5	46,8	41,9	59,7	58,6	58,5
17x18	33,3	26,6	16,2	16,0	19,3	41,4	43,1	43,1	41,4	36,9	56,0	55,5	55,2
18x18	23,7	19,5	10,9	10,9	9,2	33,8	35,1	35,1	34,9	29,6	50,5	50,6	50,2

Obs: 1 – Valores hachurados identificam UD's inferiores à 75%;
 2 – Valores assinalados com * indicam exceções à regra acima.

TABELA 8A. Valores de UD para os espaçamentos amostrados.

Defletor Vermelho													
Espaçamento (m)	Pressão (kPa)												
	Bocal Laranja				Bocal Roxo					Bocal Amarelo			
	210	280	340	410	170	210	280	340	410	170	240	280	310
4x4	95,1	98,6	98,7	96,9	95,1	96,5	98,5	98,5	97,8	92,7	95,3	97,6	98,5
4x5	90,7	94,1	94,9	92,0	83,5	93,5	95,4	96,4	95,8	88,1	95,2	95,5	95,2
4x6	94,2	95,9	95,2	96,4	93,4	96,5	96,7	97,9	98,4	91,1	96,4	96,8	97,6
5x5	88,4	91,7	92,7	88,8	86,8	92,7	93,9	96,1	93,7	86,7	96,5	95,1	93,4
5x6	91,1	92,9	93,5	92,7	89,7	93,5	94,1	95,9	95,4	84,6	94,9	94,7	95,1
6x6	94,7	95,1	93,6	94,7	95,6	96,1	95,2	97,0	97,4	93,4	94,9	96,6	97,6
6x7	81,0	85,1	86,2	89,4	82,9	86,9	88,4	90,3	94,3	81,5	87,7	89,0	90,4
6x8	78,3	84,8	86,8	88,3	83,2	87,4	89,9	90,7	94,2	79,1	87,0	88,5	90,3
7x7	68,1*	77,2	80,4	83,7	70,5	78,6	83,0	85,2	91,0	66,4	80,6	82,1	84,1
6x9	80,9	87,4	89,6	87,1	86,1	91,0	92,6	94,0	92,1	78,7	90,6	91,0	92,5
6x10	82,5	89,3	90,7	86,1	82,2	89,4	87,6	93,6	87,6	77,9	92,8	82,2	90,7
8x8	60,6*	80,8	86,2	87,1	70,5	79,4	91,1	88,2	94,1	73,2*	76,8	82,7	85,2
6x11	82,6	91,2	93,0	87,2	79,4	86,9	86,6	92,2	86,5	79,8	90,9	92,1	89,8
6x12	84,1	92,8	92,1	89,9	79,9	87,9	89,8	94,4	89,7	82,9	90,0	93,1	91,7
9x9	78,4	87,1	86,8	90,0	86,2	91,7	88,1	91,8	92,8	77,6	91,0	91,8	93,1
7x12	79,3	83,1	84,1	89,1	76,3	81,8	81,7	86,8	89,9	79,7	85,0	86,2	86,9
8x12	68,2	78,4	81,9	85,9	65,9	74,3	80,1	83,9	88,6	71,8	76,5	80,8	82,5
10x10	66,1	76,0	79,1	81,0	68,1	77,1	81,4	84,2	85,1	64,4	79,4	81,2	82,7
9x12	62,2	76,8	80,9	83,0	65,7	75,2	83,1	84,8	88,6	64,9	75,5	80,3	82,0
10x12	58,2	76,7	81,6	81,8	65,9	76,3	84,9	85,4	86,4	62,3	75,8	80,4	82,4
11x11	57,3	75,9	81,4	80,9	64,4	75,5	83,0	84,8	83,9	60,8	75,4	79,5	81,4
11x12	58,6	79,6	85,3	83,4	68,0	79,1	85,9	87,9	86,2	63,9	77,5	82,3	84,3
12x12	63,0	85,1	89,4	87,2	74,8	84,2	86,0	92,8	88,3	70,1	81,0	86,6	88,5
12x13	70,4	86,9	86,7	87,3	79,4*	86,0	84,1	90,8	88,1	73,4	84,7	89,4	91,1
12x14	72,7	79,5	80,1	81,2	74,1	80,9	80,6	85,2	86,8	67,3	83,7	84,4	85,4
12x15	63,8	72,8	73,2	73,2	65,7	74,1	77,3	80,5	83,0	55,7	77,2	78,1	79,6
12x16	56,2	66,7	66,2	65,8	60,2	69,5	71,9	73,8	75,3	48,7	71,5	72,7	73,8
12x17	52,6	60,8	60,3	59,4	56,2	64,1	66,1	66,1	67,1	46,0	67,3	66,3	67,2
12x18	49,7	56,2	53,7	52,3	54,6	60,2	59,9	59,1	58,2	42,7	62,4	60,9	61,6
13x18	48,5	56,3	53,1	51,6	54,0	60,8	59,6	58,8	57,3	41,7	61,7	60,6	61,4
14x18	47,2	55,5	51,5	50,1	53,1	60,5	58,1	57,4	55,4	40,2	61,1	59,9	60,7
15x18	45,8	53,9	48,9	47,4	51,4	59,5	55,1	54,7	52,4	37,9	60,3	58,3	59,1
16x18	44,0	51,0	44,9	43,6	48,9	57,5	50,6	51,0	48,5	34,4	58,4	55,8	56,2
17x18	41,7	46,4	39,5	38,6	46,4	53,9	44,4	46,0	43,6	30,5	55,6	51,8	51,0
18x18	39,4	39,8	33,0	32,5	42,5	48,9	37,3	39,9	38,1	24,8	51,6	45,9	45,3

Obs: 1 – Valores hachurados identificam UD's inferiores à 75%;
 2 – Valores assinalados com * indicam exceções à regra acima.

ANEXOS B

	Página
FIGURA 1B Distribuição espacial de quatro aspersores operando simultaneamente, sobre espaçamento de 35% do diâmetro de alcance, para o conjunto Defletor Roxo, Bocal Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c), sobre pressão de 280 kPa.....	96
FIGURA 2B Distribuição espacial de quatro aspersores operando simultaneamente, sobre espaçamento de 35% do diâmetro de alcance, para o conjunto Defletor Branco, Bocal Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c), sobre pressão de 280 kPa.....	97
FIGURA 3B Distribuição espacial de quatro aspersores operando simultaneamente, sobre espaçamento de 35% do diâmetro de alcance, para o conjunto Defletor Azul, Bocal Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c), sobre pressão de 280 kPa.....	98
FIGURA 4B Distribuição espacial de quatro aspersores operando simultaneamente, sobre espaçamento de 35% do diâmetro de alcance, para o conjunto Defletor Vermelho, Bocal Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c), sobre pressão de 280 kPa.....	99
FIGURA 5B A distribuição obtida pela sobreposição dos perfis radiais característicos de dois aspersores adjacentes, para os perfis I (a), II (b), III (c), IV (d) e V (e).....	100
FIGURA 6B Simulação de um sistema de irrigação operando em espaçamento quadrangular e com sobreposição de 35% do diâmetro de alcance do aspersor.....	102

FIGURA 7B Simulação de um sistema de irrigação operando em
espaçamento quadrangular e com sobreposição de 70%
do diâmetro de alcance do aspersor103

FIGURA 1B. Distribuição espacial de quatro aspersores operando simultaneamente, sobre espaçamento de 35% do diâmetro de alcance, para o conjunto Defletor Roxo, Bocal Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c), sobre pressão de 280 kPa.

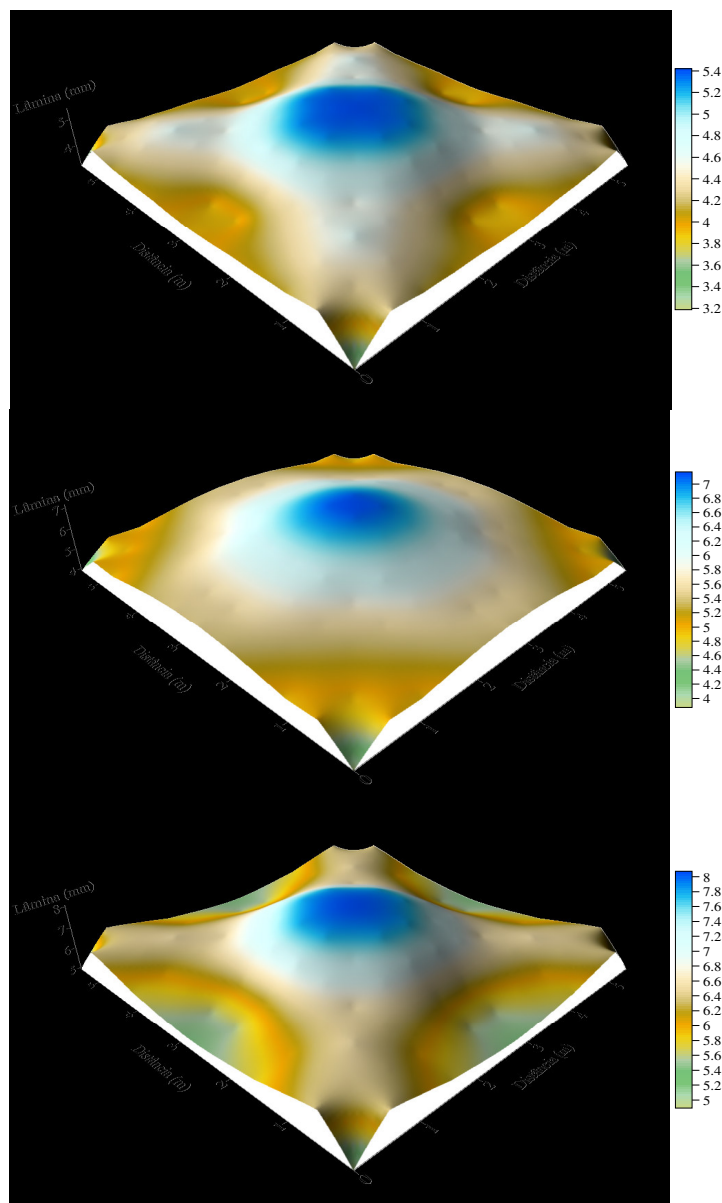


FIGURA 2B. Distribuição espacial de quatro aspersores operando simultaneamente, sobre espaçamento de 35% do diâmetro de alcance, para o conjunto Defletor Branco, Bocal Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c), sobre pressão de 280 kPa.

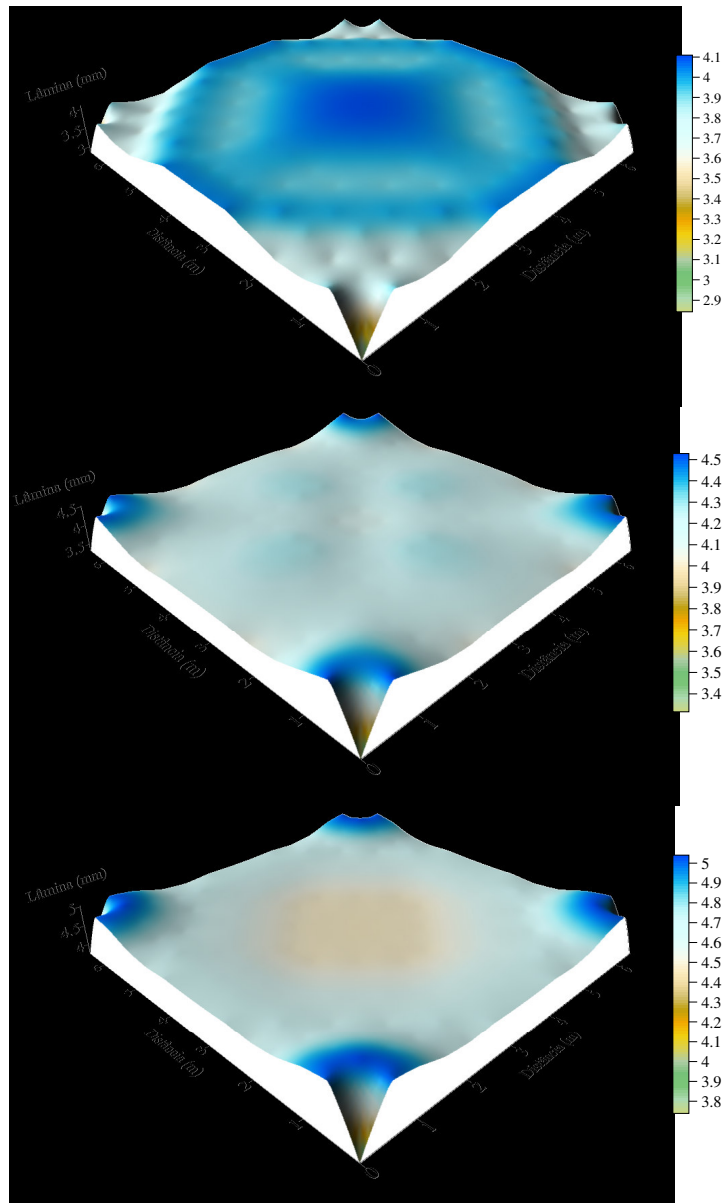


FIGURA 3B. Distribuição espacial de quatro aspersores operando simultaneamente, sobre espaçamento de 35% do diâmetro de alcance, para o conjunto Defletor Azul, Bocal Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c), sobre pressão de 280 kPa.

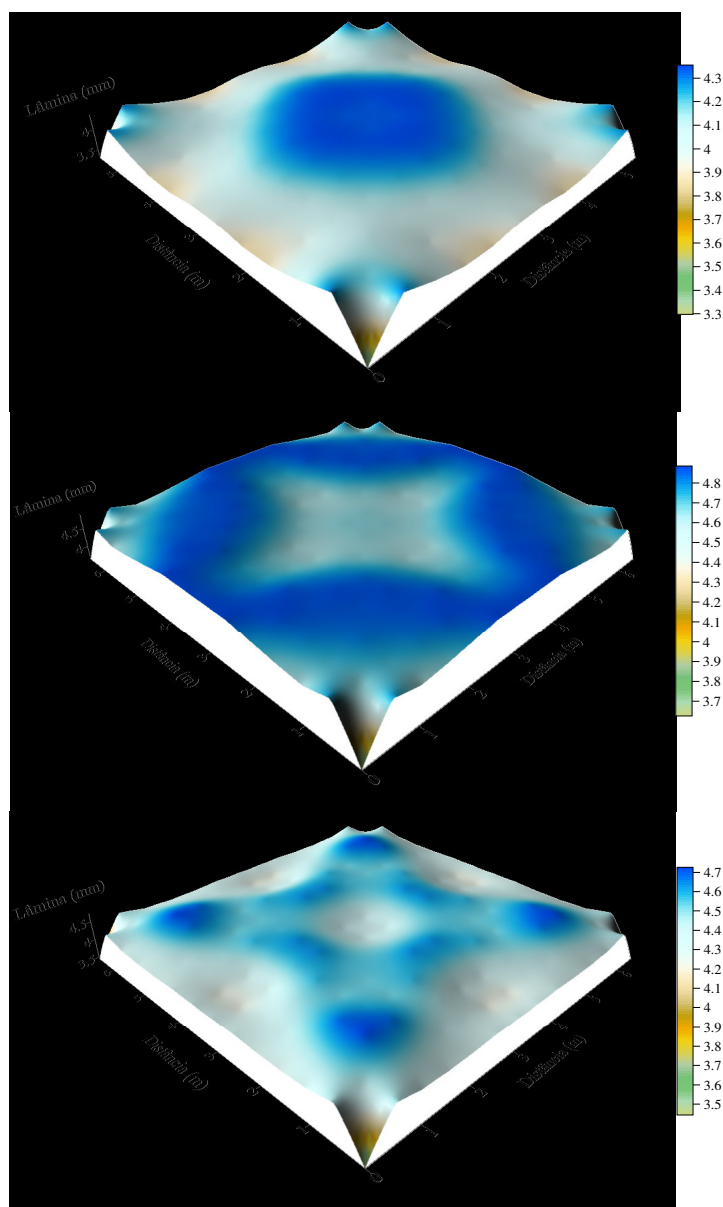


FIGURA 4B. Distribuição espacial de quatro aspersores operando simultaneamente, sobre espaçamento de 35% do diâmetro de alcance, para o conjunto Defletor Vermelho, Bocal Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c), sobre pressão de 280 kPa.

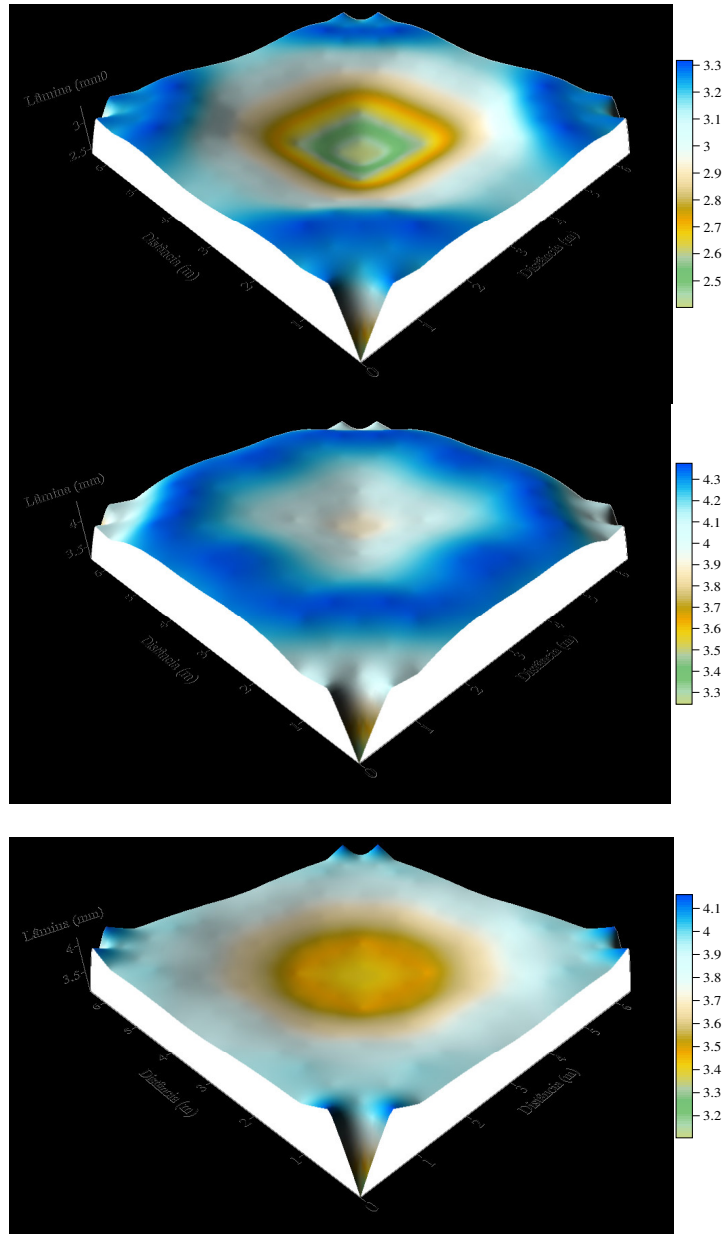
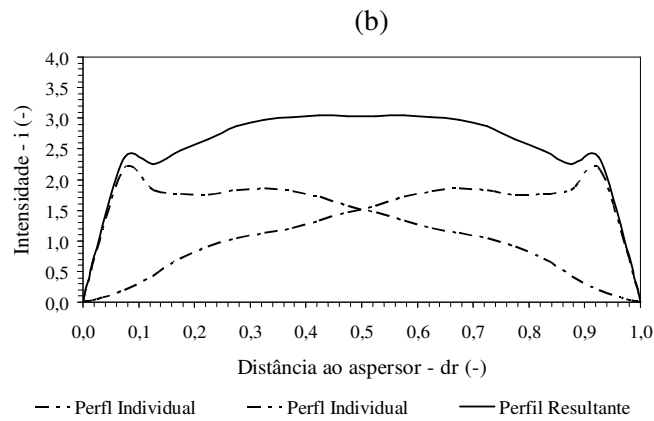
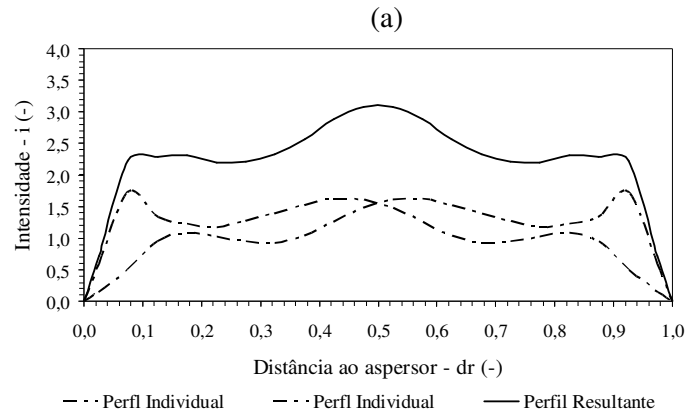


FIGURA 5B. A distribuição obtida pela sobreposição dos perfis radiais característicos de dois aspersores adjacentes, para os perfis I (a), II (b), III (c), IV (d) e V (e).



...continua...

FIGURA 5B, Cont.

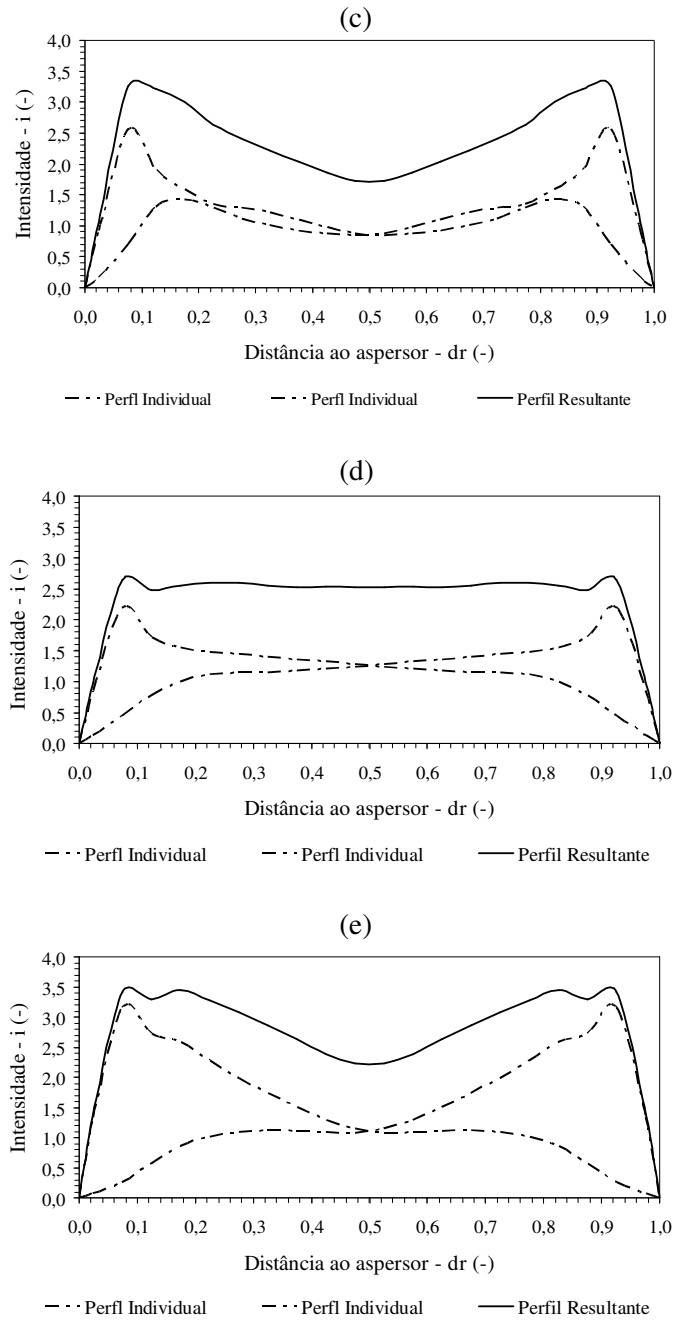


FIGURA 6B. Simulação de um sistema de irrigação operando em espaçamento quadrangular e com sobreposição de 35% do diâmetro de alcance do aspersor.

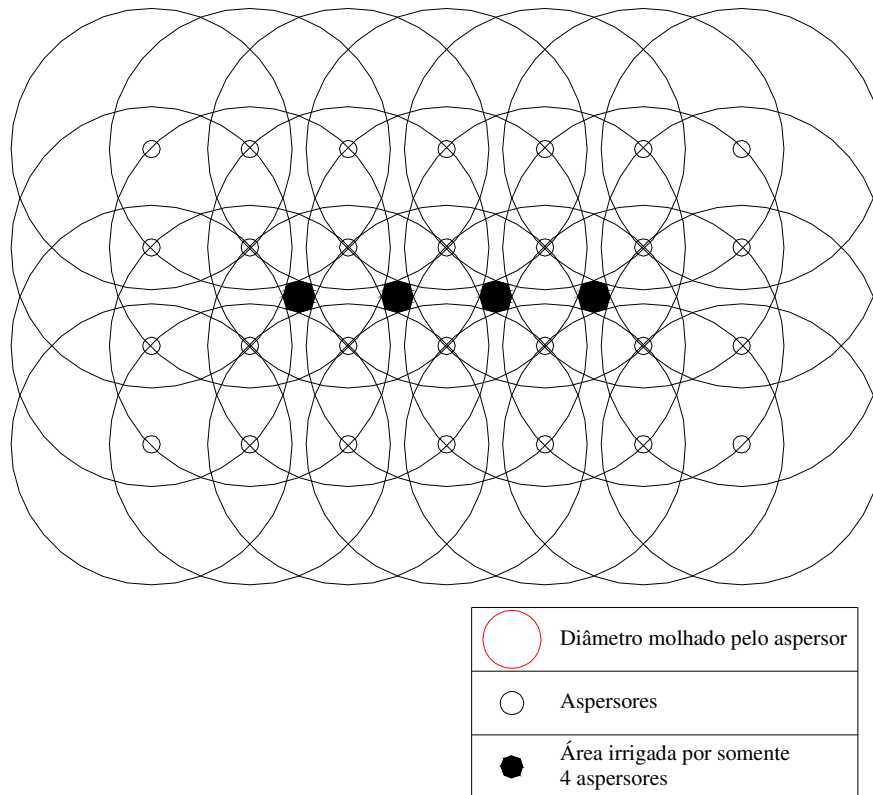


FIGURA 7B. Distribuição espacial de um conjunto de aspersores operando simultaneamente, sobre espaçamento de 35% do diâmetro de alcance, para o conjunto Defletor Vermelho, Bocal Laranja (a), Roxo (b) e Amarelo (c), sobre pressão de 280 kPa.

